

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»

Навчально-науковий інститут нафти і газу
Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор із науково-педагогічної роботи

Богдан КОРОБКО

2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«ДЖЕРЕЛА ЧИСТОЇ ЕНЕРГІЇ ТА ВТОРИННІ ЕНЕРГОРЕСУРСИ»

(назва навчальної дисципліни)

Підготовки

Бакалавр

(назва ступеня вищої освіти)

Освітньої програми

Теплоенергетика

(назва освітньої програми)

Спеціальності

144 Теплоенергетика

(код і назва спеціальності)

Полтава
2025 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Джерела чистої енергії та вторинні енергоресурси» для студентів спеціальності 144 Теплоенергетика першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
Складена відповідно до освітньої програми бакалавра «Теплоенергетика» 2022 р.


Розробник: Чернецька І.В., доцент кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики, кандидат технічних наук

Погоджено

Гарант освітньої програми  (Кутний Б.А.)

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

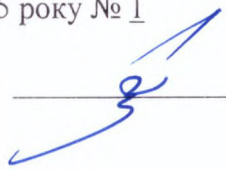
Протокол від « 28 » серпня 2025 року № 1

Завідувач кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики  (Голік Ю.С.)

« 28 » серпня 2025 року

Схвалено навчально-методичною комісією навчально-наукового інституту нафти і газу

Протокол від « 29 » серпня 2025 року № 1

Голова навчально-методичної комісії  (Гаврик С.Ю.)

« 29 » серпня 2025 року

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		форма здобуття освіти денна
Кількість кредитів – 5	Галузь знань <u>14</u> <u>Електрична</u> <u>інженерія</u>	вибіркова
Загальна кількість годин – 150		
Модулів – 1	Спеціальність <u>144</u> <u>Тепло-</u> <u>енергетика</u>	Рік підготовки:
		4-й
Змістових модулів – 1		Семестр
		8-й
Індивідуальне завдання: розрахунково-графічна робота «Розрахунок системи тепlopостачання з альтернативним джерелом енергії або ВЕР»	Ступінь вищої освіти <u>Бакалавр</u>	Лекції
		28 год
		Практичні заняття
		24 год
		Лабораторні заняття
		-
		Самостійна робота
		68
		Індивідуальна робота:
		30 год
Вид контролю:		
	Диференційований залік	

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
для денної форми здобуття освіти – 52/98.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: формування у здобувачів вищої освіти системного уявлення про технології отримання енергії з чистих (низьковуглецевих) джерел та про потенціал, методи і засоби використання вторинних енергетичних ресурсів у теплоенергетичних і промислових системах; набуття знань і вмінь щодо ідентифікації джерел чистої енергії й вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР), оцінювання їх енергетичного та екологічного ефекту, вибору раціональних схем інтеграції, виконання базових техніко-економічних розрахунків і підготовки обґрунтувань впровадження; формування професійних компетентностей із проектування та експлуатації систем, орієнтованих на підвищення енергоефективності та зменшення викидів у навколишнє середовище.

Компетентності за ОПП:

- здатність розв'язувати складні загальні, спеціалізовані задачі та практичні проблеми у сфері теплоенергетики або у процесі навчання, що передбачає

застосування теорій та методів електричної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- здатність визначати, досліджувати та розв'язувати проблеми у сфері теплоенергетики, а також ідентифікувати обмеження, включаючи ті, що пов'язані з інженерними аспектами і проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в теплоенергетичній галузі;
- здатність враховувати знання і розуміння комерційного та економічного контексту при прийнятті рішень в теплоенергетичній галузі;
- здатність використовувати наукову і технічну літературу та інші джерела інформації у професійній діяльності в теплоенергетичній галузі;
- здатність використовувати сучасні напрацювання для розробки засобів альтернативного енергопостачання та рекомендацій щодо зменшення енергоспоживання.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовою вивчення навчальної дисципліни є попередньо опановані дисципліни першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

4. Очікувані результати навчання з дисципліни

Очікувані результати навчання:

- аналізувати і використовувати сучасні інженерні технології, процеси, системи і обладнання у сфері теплоенергетики;
- виявляти, формулювати і вирішувати інженерні завдання у теплоенергетиці; розуміти важливість нетехнічних (суспільство, здоров'я, безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) обмежень;
- застосовувати передові досягнення електричної інженерії та суміжних галузей при проектуванні об'єктів і процесів теплоенергетики;
- вміти знаходити необхідну інформацію в технічній літературі, наукових базах даних та інших джерелах інформації, критично оцінювати і аналізувати її;
- мати лабораторні/технічні навички, планувати і виконувати експериментальні дослідження в теплоенергетиці за допомогою сучасних методик і обладнання, оцінювати точність і надійність результатів, робити обґрунтовані висновки;
- розуміти основні методики проектування і дослідження в теплоенергетиці, а також їх обмеження;
- розуміти та вміти застосовувати принципи альтернативного енергопостачання та застосування енергозберігаючих технологій.

5. Критерії оцінювання результатів навчання

Критерієм успішного проходження здобувачем освіти підсумкового оцінювання може бути досягнення ним мінімальних порогових рівнів оцінок за кожним запланованим результатом вивчення навчальної дисципліни.

Мінімальний пороговий рівень оцінки варто визначати за допомогою якісних критеріїв і трансформувати в мінімальну позитивну оцінку числової (рейтингової) шкали.

Сума балів	Значення ЄКТС	Оцінка	Критерій оцінювання	Рівень компетентності
90 – 100	А	Відмінно	Здобувач демонструє повні й міцні знання навчального матеріалу в обсязі, що відповідає робочій програмі дисципліни, правильно й обґрунтовано приймає необхідні рішення в різних нестандартних ситуаціях. Власні пропозиції Здобувача в оцінках і вирішенні практичних задач підвищує його вміння використовувати знання, які він отримав при вивченні інших дисциплін.	Високий , що повністю забезпечує вимоги до знань, умінь і навичок, що викладені в робочій програмі дисципліни.
82 – 89	В	Добре	Здобувач демонструє гарні знання, добре володіє матеріалом, що відповідає робочій програмі дисципліни, робить на їх основі аналіз можливих ситуацій та вміє застосовувати теоретичні положення при вирішенні практичних задач, але допускає окремі неточності. Вміє самостійно виправляти допущені помилки, кількість яких є незначною.	Достатній , що забезпечує здобувачу самостійне вирішення основних практичних задач.
74 - 81	С	Добре	Здобувач загалом добре володіє матеріалом, знає основні положення матеріалу, що відповідають робочій програмі дисципліни, робить на їх основі аналіз можливих ситуацій та використовує для рішення характерних/типових практичних завдань на професійному рівні. Додаткові питання про можливість використання теоретичних положень для практичного використання викликають ускладнення.	Достатній , конкретний рівень, за вивченим матеріалом робочої програми дисципліни.
64 - 73	Д	Задовільно	Здобувач засвоїв основний теоретичний матеріал, передбачений робочою програмою дисципліни, та розуміє постанову стандартних практичних завдань, має пропозиції щодо напрямку їх вирішень.	Середній , що забезпечує достатньо надійний рівень відтворення основних

			Розуміє основні положення, що є визначальними в курсі, може вирішувати подібні завдання тим, що розглядалися з викладачем, але допускає значну кількість неточностей і грубих помилок, які може усувати за допомогою викладача.	положень дисципліни.
60 – 63	Е	Достатньо	Здобувач засвоїв основний теоретичний матеріал, передбачений робочою програмою дисципліни, та розуміє постанову стандартних практичних завдань, має пропозиції щодо напрямку їх вирішень. володіє основними положеннями на рівні, який визначається як мінімально допустимий. Правила вирішення практичних завдань з використанням основних теоретичних положень пояснюються з труднощами. Виконання практичних завдань значно формалізовано: є відповідність алгоритму, але відсутнє глибоке розуміння роботи та взаємозв'язків з іншими дисциплінами.	Середній, що є мінімально допустимим у всіх складових навчальної дисципліни.
35 - 59	FX	Незадовільно з можливістю повторного складання екзамену/ заліку	Здобувач може відтворити окремі фрагменти з курсу. Незважаючи на те, що програму навчальної дисципліни Здобувач виконав, працював він пасивно, його відповіді під час практичних і лабораторних робіт в більшості є невірними, необґрунтованими. Цілісність розуміння матеріалу з дисципліни у здобувача відсутні.	Низький, не забезпечує практичної реалізації задач, що формуються при вивченні дисципліни.
0 – 34	F	Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	Здобувач повністю не виконав вимог робочої програми навчальної дисципліни. Його знання на підсумкових етапах навчання є фрагментарними. Здобувач не допущений до здачі екзамену/заліку.	Незадовільний, Здобувач не підготовлений до самостійного вирішення задач, які окреслює мета та завдання дисципліни.

6. Засоби діагностики результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з дисципліни є:
- **поточний контроль:**

- тестування;
- виконання практичних завдань;
- виконання завдань самостійної роботи;
- виконання РГР;
- **підсумковий контроль:**
 - залік.

7. Програма навчальної дисципліни

Тема 1. Вступ. Концепція чистої енергії та роль ВЕР у декарбонізації. Класифікація джерел чистої енергії та вторинних енергоресурсів.

Поняття “чиста/низьковуглецева енергія”, зв’язок із енергоефективністю та кліматичними цілями. Місце чистих джерел і вторинних енергоресурсів у енергобалансі, енергоефективності та скороченні викидів CO₂; ключові терміни й показники. Типи ВДЕ та ВЕР; критерії класифікації.

Тема 2. Методи енергетичного аудиту та виявлення потенціалу вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР). Міжнародний досвід

Підходи до енергообстеження, енергобаланси, інструменти вимірювання; визначення точок втрат і пріоритетів утилізації. Побудова енергобалансів і “карти втрат” підприємства/будівлі з виділенням точок утворення ВЕР. Збір вихідних даних: витрати, температури, тиски, графіки навантажень, режимність і простої. Пріоритизація заходів за технічним потенціалом і простотою інтеграції. Приклади.

Практичне заняття № 1, 2.

Тема 3. Відхідне тепло: джерела, температурні рівні та можливості використання.

Джерела високого/середнього/низького потенціалу в промисловості та інженерних системах будівель (димові гази, компресори, холодильні установки, вентиляція, стоки). Вибір напрямів використання: підігрів повітря/води, технологічні процеси, підготовка палива, теплові насоси. Обмеження інтеграції.

Тема 4. Технології рекуперації теплоти: теплообмінники та утилізатори.

Типи утилізаторів і теплообмінників (пластинчасті, трубчасті, роторні, економайзери, конденсаційні). Підбір схеми за температурою, агресивністю середовища, допустимими втратами тиску і вимогами до очищення поверхонь. Вузли безпеки та експлуатаційні аспекти: обмерзання, конденсат, корозійний захист.

Практичні заняття № 3.

Тема 5. Системи вентиляції та рекуперація: енергоефективні рішення для будівель.

Пластинчасті та роторні рекуператори, Порівняння рекуператорів за ефективністю, опором, гігієнічними вимогами і можливістю переносу вологи. Вплив рекуперації на тепловий баланс будівлі, комфорт і навантаження на системи опалення та охолодження. Підходи до керування: погодозалежність, bypass, захист від обмерзання, балансування повітрообміну.

Практичне заняття № 4.

Тема 6. Теплові насоси як ключова технологія використання низькопотенційних ВЕР.

Принцип роботи та показники COP/SCOP у прив’язці до температур джерела і споживача. Джерела низькопотенційного тепла: ґрунт, повітря, вода, стоки, конденсаційне тепло, та критерії вибору. Інтеграція в системи теплопостачання: низькотемпературні контури, буферні ємності, бівалентні схеми.

Практичне заняття № 5.

Тема 7. Сонячні теплові системи: колектори, схеми, режими роботи.

Плоскі та вакуумні колектори, особливості конструкції, придатність до ГВП, підтримки опалення та технологічного тепла. Схеми підключення з баком-

акумулятором, теплообмінником, насосними групами й автоматикою. Ключові експлуатаційні питання: стагнація, вибір теплоносія, захист від перегріву та замерзання.

Практичне заняття № 6.

Тема 8. Сонячні фотоелектричні системи та їх інтеграція в енергосистеми об'єктів.

Структура СЕС: модулі, інвертори, захист, моніторинг, режими on-grid/off-grid/hybrid. Поняття власного споживання, керування навантаженням та взаємодія з накопичувачами й тепловими споживачами (тепловий насос, електродкотел). Обмеження приєднання та якість електроенергії як фактор проєктування.

Практичне заняття № 7.

Тема 9. Акумулявання енергії: теплові акумулятори та накопичувачі електроенергії.

Теплова акумуляція (водяні баки, РСМ, сезонні сховища) як інструмент згладжування нерівномірності ВДЕ/ВЕР. Електронакопичення (батареї) для підвищення власного споживання СЕС/ВЕС і зменшення піків. Критерії вибору.

Практичні заняття № 8.

Тема 10. Вітроенергетика для енергозабезпечення та теплопостачання.

Типи вітроустановок і ключові параметри вибору. Схеми “вітер → тепло”: електродкотел/ТЕН + теплоакумулятор, вітер → тепловий насос, гібрид із мережею/СЕС. Вплив вітроресурсу на реальний тепловий ефект.

Практичне заняття № 9.

Тема 11. Біоенергетика та використання ВЕР у біопаливних системах.

Котельні на біомасі та біогазові рішення як керовані джерела тепла й електроенергії. Утилізація теплоти димових газів та інтеграція з теплоакумуляцією для підвищення ККД і гнучкості. Екологічні аспекти: викиди, зола, очищення газів і вимоги до палива.

Практичне заняття № 10.

Тема 12. Органічний цикл Ренкіна (ORC) та інші перетворювачі ВЕР у електроенергію.

Органічний цикл Ренкіна як спосіб отримання електроенергії з низько- та середньотемпературних джерел теплоти. Підбір робочого тіла, параметрів циклу та базові показники ефективності й обмеження. Типові сфери застосування: промислові ВЕР, біомаса, геотермальне тепло, когенераційні схеми.

Практичне заняття № 11.

Тема 13. ТЕО проєктів чистої енергії: структура та рекомендації з розрахунків.

Структура техніко-економічного обґрунтування ТЕО та вихідні дані. CAPEX/OPEX, прогноз виробітку та відпуску енергії для проєктів з використанням джерел чистої енергії. Показники ефективності NPV, IRR, окупність.

Практичне заняття № 12.

Тема 14. ВДЕ в будівлях з нульовим енергоспоживанням.

Базова концепція nZEB. Інтеграція ВДЕ в системи опалення, ГВП, електроспоживання. Особливості та приклади реалізації з використанням альтернативних джерел енергії.

8. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
Тема 1. Вступ. Концепція чистої енергії та роль ВЕР у декарбонізації. Класифікація джерел чистої енергії та вторинних енергоресурсів	4	2	-	-	-	2
Тема 2. Методи енергетичного аудиту та виявлення потенціалу вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР). Міжнародний досвід	14	2	4	-	-	8
Тема 3. Відхідне тепло: джерела, температурні рівні та можливості використання.	8	2	-	-	-	6
Тема 4. Технології рекуперації теплоти: теплообмінники та утилізатори.	8	2	2	-	-	4
Тема 5. Системи вентиляції та рекуперація: енергоефективні рішення для будівель.	8	2	2	-	-	4
Тема 6. Теплові насоси як ключова технологія використання низькопотенційних ВЕР.	12	2	2	-	-	8
Тема 7. Сонячні теплові системи: колектори, схеми, режими роботи.	12	2	2	-	-	8
Тема 8. Сонячні фотоелектричні системи та їх інтеграція в енергосистеми об'єктів.	6	2	2	-	-	2
Тема 9. Акумуляування енергії: теплові акумулятори та накопичувачі електроенергії.	6	2	2	-	-	2
Тема 10. Вітроенергетика для енергозабезпечення та теплопостачання.	6	2	2	-	-	2
Тема 11. Біоенергетика та використання ВЕР у біопаливних системах.	10	2	2	-	-	6
Тема 12. Органічний цикл Ренкіна (ORC) та інші перетворювачі ВЕР у електроенергію.	10	2	2	-	-	6
Тема 13. ТЕО проєктів чистої енергії: структура та рекомендації з розрахунків	10	2	2	-	-	6
Тема 14. ВДЕ в будівлях з нульовим енергоспоживанням.	6	2	-	-	-	4
Розрахунково-графічна робота «Розрахунок системи теплопостачання з альтернативним джерелом енергії або ВЕР»	30	-	-	-	30	-
Усього годин	150	28	24	-	30	68

9. Перелік питань для семінарських занять

Тема заняття та перелік питань	Кількість годин
Семінарські заняття не передбачені	-

10. Перелік питань для практичних занять

Тема заняття та перелік питань	Кількість годин
<p>Практичне заняття 1. Енергетичний аудит об'єкта: збір вихідних даних і побудова енергобалансу.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Формування переліку потрібних даних (споживання, графіки навантаження, параметри теплоносіїв, режимність роботи) та їх структуризація. 2. Побудова спрощеного енергобалансу з виділенням основних потоків енергії та втрат. 3. Підготовка висновку щодо “зон найбільшого впливу” для подальших заходів. 	2
<p>Практичне заняття 2. Карта втрат і потенціал ВЕР: ідентифікація джерел, ранжування заходів. Приклади міжнародної практики. SWOT-аналіз.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ідентифікація джерел вторинних енергоресурсів на об'єкті та їх класифікація за температурним рівнем, стабільністю й доступністю для утилізації. 2. Формування “карти втрат” і ранжування заходів використання ВЕР за технічним потенціалом, складністю впровадження та очікуваним енергетичним/екологічним ефектом. 3. Аналіз 1–2 міжнародних кейсів із подібними умовами та виконання SWOT-аналізу для обраного пріоритетного рішення з підсумковою рекомендацією. 	2
<p>Практичне заняття 3. Підбір технології рекуперації та теплообмінника під задане джерело відхідного тепла.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вибір типу утилізатора (економайзер/рекуператор/конденсаційний) за температурою, складом і забрудненістю потоку та вимогами до кінцевих параметрів. 2. Оцінка теплового ефекту та допустимих втрат тиску, визначення потреби в очищенні/матеріалах корозійного захисту. 3. Обґрунтування схеми включення в існуючу систему. 	2
<p>Практичне заняття 4. Рекуперація у вентиляції будівель: вибір типу рекуператора та оцінка енергетичного ефекту і режимів керування.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Порівняння пластинчастого й роторного рекуператорів за ефективністю, опором, ризиками обмерзання та гігієнічними обмеженнями. 2. Розрахунок/оцінка економії тепла на підігрів припливного повітря та вплив на навантаження системи тепlopостачання. 3. Вибір режимів керування (bypass, антиобмерзання) під зимові/перехідні умови. 	2
<p>Практичне заняття 5. Тепловий насос для низькопотенційних ВЕР: вибір джерела теплоти та розрахунок COP/SCOP.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вибір джерела (грунт/повітря/вода/стоки/вентвикиди) за температурним рівнем, стабільністю, доступністю та 	2

<p>експлуатаційними обмеженнями.</p> <ol style="list-style-type: none"> Оцінка COP/SCOP для заданих температур подачі та умов джерела, аналіз чутливості до підвищення температурного графіка. Висновок щодо оптимальної схеми підключення (буфер, бівалентний догрів). 	
<p>Практичне заняття 6. Сонячна тепла система: розрахунок площі колекторів і підбір бака-акумулятора.</p> <ol style="list-style-type: none"> Розрахунок теплопродуктивності колекторного поля за інсоляцією та заданими температурами, оцінка добового/сезонного виробітку. Підбір площі колекторів і об'єму бака-акумулятора під задане навантаження (ГВП/підтримка опалення). Формування висновку щодо частки покриття та ключових обмежень (стагнація, затінення, сезонність). 	2
<p>Практичне заняття 7. СЕС: підбір модулів/інвертора та аналіз режимів on-grid/off-grid/hybrid.</p> <ol style="list-style-type: none"> Підбір конфігурації PV-стрінгів, інвертора та захистів під задану потужність і напруги. Оцінка генерації та частки власного споживання для типового добового профілю навантаження, аналіз обмежень приєднання. Порівняння варіантів роботи з накопиченням/без нього з точки зору енергоефекту та доцільності. 	2
<p>Практичне заняття 8. Акумулявання енергії: підбір теплового акумулятора і/або BESS за графіками навантаження та генерації.</p> <ol style="list-style-type: none"> Визначення цілі накопичення (згладжування піків, зсув споживання, підвищення self-consumption, резервування) за добовими графіками. Підбір орієнтовної енергоємності та потужності заряд/розряд для теплоакумулятора і/або батареї. Оцінка очікуваного ефекту та втрат, формування рекомендацій щодо режимів керування. 	2
<p>Практичне заняття 9. Вітроенергетика для теплопостачання: вибір ВЕУ та розрахунок теплового ефекту.</p> <ol style="list-style-type: none"> Вибір вітроустановки за вітровим ресурсом і кривою потужності, оцінка річного виробітку та КВВП. Розрахунок теплового ефекту для схем “вітер→електрокотел/ТЕН→теплоакумулятор” або “вітер→ТН”, оцінка потреби резервування. Висновок щодо умов, за яких рішення є технічно та економічно виправданим. 	2
<p>Практичне заняття 10. Біоенергетичні системи з ВЕР: вибір рішення та інтеграція утилізації теплоти й теплоакумуляції.</p> <ol style="list-style-type: none"> Вибір між котельнею на біомасі та біогазовою СНР за ресурсною базою, режимом теплоспоживання і потребою в електроенергії. Формування схеми з утилізацією теплоти (економайзер/конденсаційний утилізатор) і теплоакумулятором для підвищення ККД та гнучкості. Оцінка ключових ризиків: якість палива, логістика, викиди, експлуатаційна складність. 	2
<p>Практичне заняття 11. ОРС для ВЕР: побудова циклу, вибір робочого тіла, терморозрахунок і ефективність.</p> <ol style="list-style-type: none"> Побудова принципової схеми ОРС під задане джерело теплоти та охолодження, вибір робочого тіла за температурним діапазоном і безпекою. 	2

2. Спрощений терморозрахунок основних точок циклу та визначення потужності/ККД.	
3. Аналіз впливу параметрів (тиски, температури, ефективність турбіни/насоса) на результат.	
Практичне заняття 12. Техніко-економічне обґрунтування проєктів чистої енергії	2
1. Формування вихідних даних: CAPEX/OPEX, виробіток/економія, тарифи, ставка дисконту.	
2. Розрахунок окупності, NPV, IRR за заданою ставкою дисконту.	
3. Порівняння варіантів і підготовка підсумкової презентації.	
Усього	24

11. Перелік питань для лабораторних занять

Тема заняття та перелік питань	Кількість годин
Лабораторні заняття не передбачені	-

12. Самостійна робота

Метою самостійної роботи студента є: навчитися користуватися бібліотечними фондами і каталогами, працювати з літературними джерелами, складати конспекти, аналізувати матеріал, порівнювати різні наукові концепції та робити висновки.

Види самостійної роботи студента:

- опрацювання лекційного матеріалу;
- підготовка до практичних занять;
- опрацювання тем курсу, які виносяться на самостійне вивчення, за списками літератури, рекомендованими в робочій навчальній програмі дисципліни;
- підготовка до тестування;
- підготовка до виконання РГР;
- підготовка до складання заліку.

Питання для самостійного вивчення студентами

№ з/п	Тема заняття та перелік питань	Кількість годин
1	2	3
	Тема 1. Вступ. Концепція чистої енергії та роль ВЕР у декарбонізації. Класифікація джерел чистої енергії та вторинних енергоресурсів	
1	Поняття «чиста/низьковуглецева енергія» та «вторинні енергетичні ресурси (ВЕР)»: ключові визначення й приклади для будівель і промисловості.	1
2	Класифікація джерел чистої енергії та ВЕР (теплові/тискові/матеріальні; керовані/некеровані): критерії та приклади.	1
	Тема 2. Методи енергетичного аудиту та виявлення потенціалу вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР). Міжнародний досвід	
4	Етапи енергетичного аудиту для виявлення потенціалу ВЕР: збір даних, енергобаланс, визначення точок втрат.	2
5	Параметри, що підлягають вимірюванню при обстеженні ВЕР (t, витрата, p, склад газів) та типові засоби вимірювання.	2
6	Методика оцінювання та ранжування заходів утилізації ВЕР: технічний потенціал, інтеграційні обмеження, CAPEX/OPEX.	2
7	Приклади міжнародної практики з утилізації ВЕР і підтвердження ефекту (енергоменеджмент, M&V, типові кейси).	2
	Тема 3. Відхідне тепло: джерела, температурні рівні та можливості використання.	
8	Класифікація відхідного тепла за температурним рівнем (високо-/середньо-/низькопотенційне) та типові джерела.	2
9	Відповідність «джерело–споживач» для відхідного тепла: підбір напрямів використання з урахуванням температурних графіків.	2
10	Обмеження використання відхідного тепла (забруднення, корозія, віддаленість, сезонність) та способи їх мінімізації.	2
	Тема 4. Технології рекуперації теплоти: теплообмінники та утилізатори.	
11	Типи теплообмінників/утилізаторів (пластинчасті, кожухотрубні, рекуператори, економайзери, конденсаційні) та сфери застосування.	2
12	Критерії вибору рекуператора: ΔT , допустиме падіння тиску, матеріали, вимоги до очищення поверхонь і відведення конденсату.	1
13	Схеми включення утилізаторів у системи теплопостачання/технологічні процеси та контрольні параметри експлуатації.	1
	Тема 5. Системи вентиляції та рекуперація: енергоефективні рішення для будівель.	
14	Порівняння рекуператорів у вентиляції (пластинчасті/роторні): ефективність, опір, ризики обмерзання, перетікання/перенесення вологи.	2
15	Алгоритми керування рекуперацією (bypass, антиобмерзання, регулювання витрат) та вплив на енергоспоживання і комфорт.	2

1	2	3
	Тема 6. Теплові насоси як ключова технологія використання низькопотенційних ВЕР.	
16	Принцип роботи теплового насоса (парокомпресійний цикл) та показники COP/SCOP.	2
17	Класифікація теплових насосів за джерелом/споживачем і сфери застосування у теплопостачанні.	2
18	Вибір джерела низькопотенційного тепла: критерії оцінки (температура, стабільність, доступність, обмеження, вартість підключення).	2
19	Вплив температурного графіка системи опалення та гідравлічної компоновки (буфер, ГВП) на SCOP і окупність.	2
	Тема 7. Сонячні теплові системи: колектори, схеми, режими роботи.	
20	Порівняння плоских і вакуумних сонячних колекторів: конструкція, робочі температури, переваги та обмеження.	2
21	Типові схеми сонячних теплових систем для ГВП і підтримки опалення: одноконтурна/двоконтурна, з теплообмінником, з баком-акумулятором.	2
22	Фактори теплопродуктивності: інсоляція, орієнтація/кут нахилу, затінення, температурний режим і витрата теплоносія.	2
23	Стагнація та заходи захисту від перегріву/замерзання: вибір теплоносія, автоматика, конструктивні рішення.	2
	Тема 8. Сонячні фотоелектричні системи та їх інтеграція в енергосистеми об'єктів.	
24	Склад фотоелектричної системи та режими роботи (on-grid/off-grid/hybrid): модулі, інвертор, захист, моніторинг.	1
25	Підвищення частки власного споживання СЕС: керування навантаженням, інтеграція з ТН/електрокотлом, використання накопичувачів.	1
	Тема 9. Акумуляування енергії: теплові акумулятори та накопичувачі електроенергії.	
26	Порівняння теплових акумуляторів (водяні баки, PCM) та електронакопичувачів (BESS): призначення, ефективність, втрати, сценарії.	1
27	Підбір ємності та режимів заряд/розряд для згладжування піків і переносу споживання (нічний тариф/ВДЕ): приклад добового алгоритму.	1
	Тема 10. Вітроенергетика для енергозабезпечення та теплопостачання.	
28	Типи вітроустановок (горизонтальної/вертикальної осі) та ключові параметри: крива потужності, cut-in/rated/cut-out, КВВП.	1
29	Схеми «вітер→тепло» (електрокотел/ТН/акумуляція) та вимоги до резервування/балансування за змінного вітроресурсу.	1
	Тема 11. Біоенергетика та використання ВЕР у біопаливних системах.	
30	Види біопалива та критерії вибору для котелень/СНР (вологість, зольність, НТЗ, фракція, логістика).	2
31	Інтеграція ВЕР у біопаливних системах: утилізація теплоти димових газів, конденсаційні утилізатори, теплоакумуляція.	2

32	Екологічні та експлуатаційні аспекти біоенергетики: викиди, зола, очищення газів, пожежна безпека складування.	2
	Тема 12. Органічний цикл Ренкіна (ORC) та інші перетворювачі ВЕР у електроенергію.	
33	Принцип ORC та типові джерела теплоти для його застосування (ВЕР промисловості, біомаса, геотермальне тепло) і температурні межі.	2
34	Критерії вибору робочого тіла ORC (температурний діапазон, безпека, екологічність) та вплив на ефективність.	2
35	Порівняння ORC з альтернативами використання ВЕР (рекуперація в тепло, теплові насоси, інші перетворювачі): коли який підхід доцільний.	2
	Тема 13. ТЕО проєктів чистої енергії: структура та рекомендації з розрахунків	
36	Структура ТЕО проєктів чистої енергії/ВЕР: вихідні дані, межі системи, припущення, КРІ.	2
37	Розрахунок ключових економічних показників (CAPEX/OPEX, LCOE/LCOH, окупність, NPV/IRR) та аналіз чутливості.	2
38	M&V і EnPI: базова лінія, план вимірювань, підтвердження досягнутого ефекту та формат звітності.	2
	Тема 14. ВДЕ в будівлях з нульовим енергоспоживанням.	
39	Поняття будівель NZEB та баланс «попит–генерація»: роль огорожувальних конструкцій, вентиляції та систем теплопостачання.	2
40	Типові інтегровані рішення NZEB: PV + ТН + рекуперація + акумулювання (тепло/електро); критерії вибору конфігурації.	2
	Разом	68

13. Індивідуальні завдання

Індивідуальне завдання:

розрахунково-графічна робота «Розрахунок системи теплопостачання з альтернативним джерелом енергії або ВЕР» – 30 год. Обсяг розрахунково-графічної роботи 10-15 сторінок пояснювальної записки.

Методичні вказівки до виконання:

1. Чернецька І.В. Методичні вказівки до розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Джерела чистої енергії та вторинні енергоресурси» студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 144 «Теплоенергетика» усіх форм навчання / І.В. Чернецька. – Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2024 – 30 с.

14. Методи навчання

При викладанні дисципліни застосовуються словесні, наочні та практичні методи навчання.

Словесні та наочні методи навчання використовуються під час лекцій, практичних занять, індивідуальних та групових консультацій, практичні – при проведенні практичних занять.

Під час проведення лекцій і практичних занять використовуються такі словесні методи як розповідь і пояснення. Широко використовуються методи активізації мислення

студентів, наприклад метод "мозкового штурму" при аналізі кейсів та виконанні SWOT-аналізу, а також методи дискусії та роботи в команді, які дозволяють формувати soft skills.

До числа наочних методів, які застосовуються при викладанні дисципліни, належать: ілюстрація, демонстрація.

15. Методи контролю

Поточний контроль успішності засвоєння студентами навчального матеріалу може здійснюватися шляхом опитування й оцінювання знань студентів під час практичних занять, оцінювання виконання студентами самостійної роботи та індивідуальних завдань, або в ході індивідуальних співбесід зі студентами під час консультацій, тестування. Вибір конкретних форм і методів поточного контролю знань студентів доводиться до їхнього відома на першому практичному занятті. На підставі результатів поточного контролю здійснюється міжсесійний контроль (атестація).

Підсумковий контроль здійснюється у формі диференційованого заліку.

**16. Розподіл балів, які отримують студенти впродовж семестру
Схема нарахування балів* з навчальної дисципліни
«Джерела чистої енергії та вторинні енергоресурси»
за видами робіт**

	Перелік тем													
	Тема 1	Тема 2	Тема 3	Тема 4	Тема 5	Тема 6	Тема 7	Тема 8	Тема 9	Тема 10	Тема 11	Тема 12	Тема 13	Тема 14
Виконання завдань самостійної роботи	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Виконання практичних завдань	<i>Практичне заняття</i>													
		<i>1</i>	<i>2</i>		<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Тестування							4							
Всього за темами	1	3	1	2	2	2	6	2	2	2	2	2	2	1
Виконання завдань індивідуальної роботи (РГР)	40													
Залік	30													
Всього за результатами вивчення навчальної дисципліни	100													

Шкала та критерії оцінювання виконання практичних завдань

Бали	Критерії оцінювання
1	Виконано завдання практичної роботи в повному обсязі, належним чином оформлено висновки, в яких відображено здатність до практичного застосування отриманих знань.
0,5	Виконано завдання практичної роботи із несуттєвими помилками або не в повному обсязі, оформлено висновки, які частково розкривають практичне завдання.
0	Не виконано практичну роботу або виконано із суттєвими помилками.

Шкала та критерії оцінювання виконання завдань індивідуальної роботи РГР

Бали	Критерії оцінювання
31-40	Виконання завдань індивідуальної роботи здійснене у повному обсязі, не містить помилок, що дає можливість оцінити формування компетентностей та отримання програмних результатів навчання у здобувача вищої освіти на високому рівні.
21-30	Завдання вирішено із незначними неточностями, викладено у логічній послідовності, відповідь достатньо обґрунтована, що свідчить про достатній рівень засвоєння матеріалу відповідно до програмних результатів навчання та здатності його застосування під час вирішення практичних завдань.
11-20	Виконання завдань індивідуальної роботи здійснене не у повному обсязі, містить несуттєві помилки, що дає можливість оцінити рівень формування компетентностей та отримання програмних результатів навчання у здобувача вищої освіти як достатній.
0-10	Завдання індивідуальної роботи не виконано та/або результати не відповідають поставленим завданням та/або завдання виконано із суттєвими помилками.

Шкала та критерії оцінювання виконання завдань самостійної роботи

Бали	Критерії оцінювання
1	Виконання завдань самостійної роботи здійснене у повному обсязі, не містить помилок, що дає можливість оцінити формування компетентностей та отримання програмних результатів навчання у здобувача вищої освіти на високому рівні.
0,5	Виконання завдань самостійної роботи здійснене не у повному обсязі, містить несуттєві помилки, що дає можливість оцінити рівень формування компетентностей та отримання програмних результатів навчання у здобувача вищої освіти як достатній.
0	Завдання самостійної роботи не виконано та/або результати не відповідають поставленим завданням та/або завдання виконано із суттєвими помилками.

Оцінювання тестування:

- кожна правильна відповідь оцінюється у фіксовану кількість балів (наприклад, $0,2 \times 20 = 4$);
- правильність відповідей перевіряється відповідно до ключа тестів.

Шкала та критерії оцінювання знань здобувачів вищої освіти за результатами складання заліку

Завдання	Бали	Критерії оцінювання
Тестування	0-30	Кожна правильна відповідь оцінюється у фіксовану кількість балів ($1 \times 30 = 30$), правильність відповідей перевіряється автоматично системою Moodle.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

100-бальна рейтингова система оцінювання	Оцінка за шкалою ЄКТС	Оцінка за національною шкалою для екзамену
90 – 100	A – відмінно	5 – відмінно
82 – 89	B – дуже добре	4 – добре
74 – 81	C – добре	
64 – 73	D – задовільно	3 – задовільно
60 – 63	E – достатньо	
35 – 59	FX – незадовільно з можливістю повторного складання	2 – незадовільно
0 – 34	F – незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	

Правила модульно-рейтингового оцінювання знань

Загальна трудомісткість дисципліни – 100 балів, із них при підсумковому контролі у вигляді заліку 70 балів відведено на поточний контроль і 30 балів – на підсумковий.

1. Поточний контроль.

Бали, отримані впродовж семестру, за видами навчальної діяльності розподіляються наступним чином: робота на практичних заняттях (виконання практичних завдань, захист РГР, тестування, а в разі пропусків із поважної причини – індивідуальні співбесіди на консультаціях за темами відповідних занять), самостійна робота – до 70 балів.

Присутність на лекціях і практичних заняттях не оцінюється в балах. Пропуски занять підлягають обов’язковому відпрацюванню в індивідуальному порядку під час консультацій. Пропущене практичне заняття має бути відпрацьоване впродовж двох наступних тижнів, при тривалій відсутності студента з поважної причини встановлюється індивідуальний графік відпрацювання пропусків, але не пізніше початку екзаменаційної сесії. Студент, який повністю виконав програму навчальної дисципліни й отримав достатню рейтингову оцінку (не менше 35 балів), допускається до підсумкового контролю з дисципліни.

2. Підсумковий контроль Підсумковим контролем є диференційований залік, що проводиться відповідно до вимог «Положення про організацію освітнього процесу в Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

17. Методичне забезпечення

1. Чернецька І.В. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисципліни «Джерела чистої енергії та вторинні енергоресурси» для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 144 «Теплоенергетика» усіх форм навчання. – Полтава: Полтавська політехніка, 2024. – 18 с.
2. Чернецька І.В. Методичні вказівки до розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Джерела чистої енергії та вторинні енергоресурси» студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 144 «Теплоенергетика» усіх форм навчання / І.В. Чернецька. – Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2024 – 25 с.

3. Чернецька І.В. Конспект лекцій із курсу «Джерела чистої енергії та вторинні енергоресурси» для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» усіх форм навчання. – Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2025 – 65 с.

18. Рекомендована література

Базова

1. Дудюк Д. Л., Мазепа С. С., Гнатишин Я. М. Нетрадиційна енергетика: основи теорії та задачі: навчальний посібник. – Львів: Магнолія, 2022. – 188 с.
2. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії: [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» / В.В. Дубровська, В.І. Шкляр КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 244 с.
3. Системи централізованого теплопостачання з інтеграцією відновлювальних джерел енергії: монографія / О.П. Арсеньєва, В.М. Бабаєв, І.В. Білецький, І.В. Блінов, В.В. Гранкіна, С.І. Планковський, В.Є. Плюгін, Т.Є. Романова, А.Ю. Старостіна, М.К. Сухонос, Н.О. Телюра, Є.В. Цегельник; [за ред. О.П. Арсеньєвої]; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 217 с.
4. Когенераційні технології в малій енергетиці. Монографія / В.А. Малярєнко, О.Л. Шубенко, С.Ю. Андрєєв., М.Ю. Бабак, О.В. Сенецький./ Харків. Нац. ун-т міськ. Госп-ва ім. О.М. Бекетова Ін-т проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного. Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2024. – 454 с.
5. Краснянський М.Ю. Енергозбереження навчальний посібник. К.: Видавничий дім «Кондор», 2022. – 136 с.
6. John Twidell. Renewable Energy Resources / 5-th Edition – Routledge, 2021. – 774 p.
7. John A. Duffie, William A. Beckman, Nathan Blair Solar Engineering of Thermal Processes, Photovoltaics and Wind / 5-th Edition – Wiley, 2020. – 919 p.
8. Альтернативні джерела енергії. Енергія вітру : навч. посіб. / С. В. Сиротюк, В. М. Боярчук, В. П. Гальчак. – Львів : Магнолія , 2018. – 182 с.
9. Клименко В. В., Кравченко В. І., Боков В. М., Гуцул В. І. Технологічні основи виготовлення біопалива з рослинних відходів та їх композитів: Монографія.: «Ексклюзив-Систем», 2017. – 162 с.
10. Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні». Практичний посібник / За ред. Г. Гелетухи. – К.: «Поліграф плюс», 2016. – 104 с.
11. Низькопотенційна енергетика: навчальний посібник/ А.О. Редько та ін.: під ред. Академіка НАНУ А.А. Долинського. – Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид». 2016. – 412 с.
12. Інноваційні джерела енергії: навч. посіб. / О.О. Азюковський, Д.В. Циценков, О.В. Бобров, Н.С. Дрешпак, С.І. Федоров; Мін-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». Дніпро: НТУ "ДП", 2024. – 336 с.
13. Коленко А.Г. Підготовка проектних пропозицій із чистої енергії. Практичний посібник. – К.: ТОВ «Поліграфплюс», 2015. – 174 с.
14. Waste Heat Recovery in Process Industries / Hussam Jouhara. December 2021. – 288 p.
15. Heat Energy Recovery for Industrial Processes and Wastes/David Borge-Diez, Enrique Rosales-Asensio// Springer Cham, 2023. – 243 p.

Допоміжна

1. Про енергетичну ефективність будівель: Закон України № 2118-VIII. Ред від 15.11.2024р. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text>
2. Системи централізованого теплопостачання з інтеграцією відновлювальних джерел енергії: монографія / О.П. Арсеньєва, В.М. Бабаєв, І.В. Білецький, І.В. Блінов, В.В.

Гранкіна, С.І. Планковський, В.Є. Плюгін, Т.Є. Романова, А.Ю. Старостіна, М.К. Сухонос, Н.О. Телюра, Є.В. Цегельник; [за ред. О.П. Арсенєвої]; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 217 с.

3. Комбіновані системи з поновлювальними джерелами енергії. Конспект лекцій: [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» / В.І. Шкляр, В.В. Дубровська – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 337 с.

4. Альтернативна енергетика з використанням сонячних елементів : навч. вид. / В. Ю. Єрохов; Нац. ун-т "Львів. політехніка". – Львів : Сполом, 2015. – 116 с.

5. Колієнко А.Г. Біоенергетичні проекти: від ідеї до втілення. К.: АВЕ, 2015. – 206 с.

6. Сонячна енергетика: теорія та практика: монографія / Й. С. Мисак, О. Т. Возняк, О. С. Дацько, С. П. Шаповал ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2014. – 340 с.

Титко Р., Калініченко В. Відновлювані джерела енергії (досвід Польщі для України). Варшава: Видавництво OWG, 2012. – 653 с.

7. Кустовська А., Іванов С., Бережний Є. Альтернативні палива. Підручник. К.: Національний авіаційний університет, 2014. – 624 с.

8. Нетрадиційні джерела енергії: теорія і практика : монографія / Й. С. Мисак, І. М. Озарків, М. Г. Адамовський та ін.; за ред. Й. С. Мисака, І. М. Озарківа ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. ун-т "Львів. політехніка", Нац. лісотехн. ун-т України. – Л. : НВФ "Укр. технології", 2013. – 356 с.

9. Виробництво і використання біопалив в агроєкосистемах.: монографія / Голуб Г.А., Кухарець, С.М., Чуба В.В., Марус О.А. – К.: НУБіП України, 2018. – 254 с.

10. Екологічний моніторинг: альтернативні джерела енергії : навч. посіб. / [В.Г. Сліпченко, О.В. Коваль, Л.Г. Полягушко та ін.]. - Київ : КПІ ім. І. Сікорського : Політехніка, 2019. – 368с.

11. Голік Ю.С., Калініченко В.М. Методичні вказівки до лабораторних занять із дисципліни «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії в системах теплопостачання, вентиляції та кондиціонування повітря» для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» денної форми навчання. – Полтава: ПолтНТУ, 2018. – 32 с.

12. Krot O.P., Kutnyi B.A., Chernetska I.V. Intensification of Hydrate Formation by Microbubbles // Problemele energeticii regionale 4 (64) 2024. – P. 200 – 213. <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2024.4-64.17>.

13. Кутний Б.А., Чернецька І.В., Шнейдер С.В. Порівняння ефективності застосування фотоелектричних панелей та геліоколекторів для теплопостачання індивідуального будинку // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського Серія: Технічні науки Том 35 (74) № 1 2024 Частина 2. – с. 45-49. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.1.2/08>

14. Yurii Holik; Olga Krot; Iryna Chernetska; Iuliia Shepurko; Tetiana Serha. Comprehensive assessment of the energy potential of biomass and municipal wastes in the Poltava region: ENERGY SYSTEMS AND ALTERNATIVE ENERGY SOURCES (ESAES2024). – AIP Conf. Proc. 5 June 2025; 3238 (1): 070002. <https://doi.org/10.1063/5.0248956>

15. Теплофотоелектричні панелі: сучасний досвід та майбутні можливості / Євтушенко Е.О., Кутний Б.А., Чернецька І.В. // «Екологія. Довкілля. Енергозбереження» – 2024»: Збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Довкілля. Енергозбереження» (19 грудня 2024 року, Полтава). Полтава: НУПП, 2024. – с. 170 – 173.

16. Чернецька І.В., Панченко В.О. Підвищення енергоефективності біогазового комплексу // Матеріали III Міжнар. наук.-практ. конференції «Green Construction» («Зелене будівництво»), 16 – 17 квітня, м. Київ. – К. : КНУБА, 2024. – С. 381-386.

19. Інформаційні ресурси

1. Дистанційний курс навчальної дисципліни «Джерела чистої енергії та вторинні енергоресурси»: <https://dist.nupp.edu.ua/course/view.php?id=5803>.
2. Біомаса як паливна сировина Характеристики і властивості Олійник О.І. К., Біоенергетична асоціація, 2020, 27: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2023/11/2.-Olijnyk-YE.-N.-Osnovni-vydytverdoyi-biomasy-yak-palyvnoyi-syrovyny-ta-yih-vlastyvosti.pdf>
3. Приклади реалізованих проєктів в ЄС (житлові і громадські будівлі). <https://www.energy.gov/eere/buildings/zero-energy-buildings-resource-hub>
4. П. Шамілов. Огляд вимог nZEB В Європі. Аналітичний звіт. – К.: Опора, 2024. – 59 с. Режим доступу: https://rehouse.org.ua/sites/default/files/1.zvit_nzeb.pdf
5. В. Литвин. Огляд будівельних технологій для забезпечення відповідності стандартам NZEB. Аналітичний звіт. К.: Опора, 2024. – 16 с. Режим доступу: https://rehouse.org.ua/sites/default/files/5_oglyad_budivelnykh_tekhnologii_litvin_ekf.pdf
6. Курс для неформальної освіти «Renewable Energy Courses». Режим доступу: <https://www.udemy.com/topic/renewable-energy/>
7. Курс для неформальної освіти «Спеціалізація Відновлювана енергетика». Режим доступу: <https://www.coursera.org/specializations/renewable-energy>