

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Джерела розосередженої генерації енергії

**методичні рекомендації до виконання самостійної роботи
здобувачів вищої освіти всіх форм навчання
першого (бакалаврського) рівня
за спеціальністю G3 Електрична інженерія
ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**

Кропивницький
2026

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Джерела розосередженої генерації енергії

**методичні рекомендації до виконання самостійної роботи
здобувачів вищої освіти всіх форм навчання
першого (бакалаврського) рівня
за спеціальністю G3 Електрична інженерія
ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**

*Затверджено на засіданні
кафедри електротехнічних
систем та енергетичного
менеджменту Протокол № 11
від 08.01.2026 р.*

Кропивницький
2026

Джерела розосередженої генерації енергії: метод. рекомендації до виконання самост. роб. здобувачів всіх форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю G3 Електрична інженерія ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / [уклад.: А. Ю. Орлович, О. В. Співак], Центральноукр. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2026 – 50 с.

Укладачі: А.Ю. Орлович – проф., к.т.н. кафедри ЕТС та ЕМ, О. В. Співак – асистент каф.ЕТС та ЕМ.

Рецензент: А. М. Мацуї – професор, д.т.н. кафедри АВП, ЦНТУ

© Орлович А.Ю., Співак О.В. 2026
© Центральноукраїнський
національний технічний
університет, 2026

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ.....	5
1 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ.....	6
2 ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОБСЯГ ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ.....	7
3 ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.....	20
4 ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ	21
5 ПОЛІТИКА ДИСЦИПЛІНИ.....	40
6 СИСТЕМА ПОТОЧНОГО Й ПІДСУМКОВОГО ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ.....	42
ВИСНОВОК.....	46
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	48

ВСТУП

Сучасний розвиток світової енергетики характеризується активним переходом до низьковуглецевих технологій, підвищенням енергоефективності та широким впровадженням відновлюваних джерел енергії. Зростання вартості традиційних паливно-енергетичних ресурсів, необхідність забезпечення енергетичної безпеки держави, скорочення викидів парникових газів та виконання міжнародних екологічних зобов'язань обумовлюють стрімкий розвиток розосередженої генерації енергії на базі сонячних, вітрових, гідроенергетичних, геотермальних, біоенергетичних та інших альтернативних джерел.

Для України питання розвитку відновлюваної енергетики є особливо актуальним у зв'язку з необхідністю диверсифікації джерел енергопостачання, підвищення стійкості енергетичної інфраструктури та інтеграції до європейського енергетичного простору. Використання розосереджених джерел генерації дозволяє підвищити надійність електропостачання споживачів, зменшити втрати електричної енергії в мережах та забезпечити ефективне використання місцевих енергетичних ресурсів.

Методичні рекомендації призначені для організації самостійної роботи здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності G3 «Електрична інженерія» освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». У рекомендаціях наведено перелік тем для самостійного опрацювання, питання для самоконтролю, індивідуальні завдання та вказівки щодо виконання лабораторних робіт.

Самостійна робота здобувачів є важливою складовою освітнього процесу та спрямована на поглиблення теоретичних знань, розвиток навичок аналізу енергетичних процесів, виконання інженерних розрахунків і формування професійних компетентностей, необхідних для майбутньої діяльності в галузі електроенергетики та відновлюваної енергетики.

Вивчення дисципліни «Джерела розосередженої генерації енергії» сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти загальних компетентностей, необхідних для професійної діяльності сучасного фахівця в галузі електричної інженерії: набувають здатності до абстрактного мислення, аналізу та синтезу, застосування теоретичних знань у практичних ситуаціях, пошуку, оброблення та критичного аналізу інформації з різних джерел, виявлення та розв'язання інженерних проблем. Значна увага приділяється розвитку навичок роботи в колективі під час виконання групових завдань і проєктів, а також формуванню

здатності до самостійного навчання, професійного самовдосконалення та автономного виконання поставлених завдань.

Опанування дисципліни забезпечує формування спеціальних (фахових) компетентностей, пов'язаних із вирішенням комплексних задач виробництва, передачі та розподілу електричної енергії, дотриманням вимог технічної безпеки, охорони праці та навколишнього середовища, підвищенням ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання, а також готовністю до постійного оновлення знань щодо сучасних технологій електроенергетики. У результаті вивчення дисципліни здобувачі повинні знати принципи роботи біоенергетичних, вітроенергетичних, гідроенергетичних і сонячних енергетичних установок, розуміти вимоги технічної та екологічної безпеки, усвідомлювати роль традиційної та відновлюваної енергетики в економічному розвитку держави, а також уміти застосовувати сучасні методи підвищення енергоефективності та зменшення втрат електричної енергії на всіх етапах її виробництва, передачі, розподілу та використання.

1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ

Метою вивчення дисципліни «Джерела розосередженої генерації енергії» є формування у здобувачів вищої освіти теоретичних знань і практичних навичок щодо принципів роботи, конструктивних особливостей, режимів функціонування та розрахункового оцінювання можливостей використання різних видів відновлюваних і традиційних джерел енергії в системах електропостачання.

Завдання навчальної дисципліни

вивчення сучасного стану та перспектив розвитку енергетики України і світу; ознайомлення з фізичними основами перетворення різних видів енергії; дослідження принципів роботи установок на базі відновлюваних та невідновлюваних джерел енергії; набуття навичок оцінювання енергетичного потенціалу природних ресурсів; вивчення особливостей експлуатації сонячних, вітрових, гідроенергетичних, біоенергетичних, геотермальних та інших енергетичних установок; освоєння методів розрахунку параметрів джерел розосередженої генерації та аналізу їхньої ефективності; формування компетентностей щодо вибору та обґрунтування технічних рішень при проектуванні сучасних систем енергозабезпечення.

Набути соціальних навичок (soft-skills):

- здійснювати професійну комунікацію, ефективно пояснювати і презентувати матеріал, взаємодіяти в проектній діяльності;
- небайдуже ставлення до участі у громадських суспільних заходах, спрямованих на підтримку здорового способу життя оточуючих.

Пререквізити

Ефективність засвоєння змісту дисципліни «Джерела розосередженої генерації енергії» значно підвищиться, Враховуючи послідовність накопичення знань та інформації, дисципліна вивчається після викладання наступних дисциплін: Фізика; Основи метрології та електричних вимірювань; Теоретичні основи електротехніки; Енергетична електроніка і мікросхемотехніка.

Політика курсу та академічна доброчесність

Очікується, що здобувачі вищої освіти будуть дотримуватися принципів академічної доброчесності, усвідомлювати наслідки її порушення.

При організації освітнього процесу в Центральноукраїнському національному технічному університеті здобувачі вищої освіти, викладачі та адміністрація діють відповідно до: Положення про організацію освітнього процесу; Положення про організацію вивчення вибіркових навчальних дисциплін та формування індивідуального навчального плану ЗВО; Кодексу академічної доброчесності ЦНТУ.

2. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОБСЯГ ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ

Змістовний модуль 1

Тема 1. Основні фізичні властивості енергії.

Основні поняття про джерела енергії. Світові тенденції у відновлюваній енергетиці. Розвиток відновлюваних джерел енергії в Європі. Відновлювані джерела енергії в Україні. Теплоенергетика в Україні. Індивідуальне опалення. Централізоване опалення. Розвиток відновлюваних джерел енергії в Україні. Сонячна енергетика. Вітрова енергетика. Малі ГЕС. Біомаса. Біогаз. Термінологія, основні поняття дисципліни. Основна термінологія.

? Питання для самоконтролю (Тема 1)

1. Фізична сутність енергії: Сформулюйте фундаментальний закон збереження енергії. Яким чином діла першого та другого законів термодинаміки обмежують ефективність (ККД) перетворення енергії в технічних системах?

2. Класифікація джерел: У чому полягає принципова різниця між *первинними* та *вторинними*, а також між *відновлюваними* та *невідновлюваними* джерелами енергії? Наведіть приклади для кожної категорії.

3. Глобальні тренди ВДЕ: Які основні світові тенденції зараз спостерігаються у розвитку відновлюваної енергетики? Яку роль у цьому процесі відіграє концепція декарбонізації (зменшення викидів CO²)?

4. Європейський досвід: Охарактеризуйте стратегічні цілі Європейського Союзу щодо переходу на ВДЕ (зокрема, в рамках програми *European Green Deal*). Які технології генерації є пріоритетними для Європи?

5. Специфіка ВДЕ в Україні: Оцініть потенціал та сучасний стан розвитку відновлюваних джерел енергії в Україні. Які фактори найбільше стримують або, навпаки, стимулювали їх масштабування протягом останніх років?

6. Теплоенергетика України: Опишіть поточний стан та ключові проблеми традиційної теплоенергетики в Україні (на базі ТЕС та ТЕЦ). Які екологічні та економічні виклики вона створює?

7. Порівняльний аналіз систем опалення: Проаналізуйте переваги та недоліки *централізованого* та *індивідуального* опалення в міських умовах України. Як розвиток ВДЕ може трансформувати ці системи?

8. Особливості сонячної та вітрової генерації: Порівняйте сонячну (СЕС) та вітрову (ВЕС) енергетику за критеріями стабільності генерації. Що таке стохастичний (непередбачуваний) характер роботи цих джерел і як він впливає на об'єднану енергосистему?

9. Малі ГЕС та Біоенергетика: У чому полягає екологічна специфіка використання малих ГЕС на малих річках України? Які переваги дає використання біомаси та біогазу (наприклад, відходів агросектору) для забезпечення базового навантаження в мережі?

10. Термінологічний апарат: Дайте визначення базовим поняттям дисципліни: що таке «розосереджена генерація», «*decentralized energy*», та чим «біомаса» як паливо технологічно відрізняється від «біогазу»?

Тема 2. Природні енергетичні ресурси України. Газовий сектор.

Стимулювання вітчизняного газовидобутку. Закупівля природного газу. Споживання природного газу. Транзит природного газу територією України. Ринок нафти і нафтопродуктів. Видобуток нафти. Виробництво нафтопродуктів. Закупівля нафти та нафтопродуктів. Споживання нафтопродуктів. Транзит нафти та нафтопродуктів територією України. Вугільний сектор. Закупівля вугілля. Запаси вугілля та його споживання. Атомна енергетика. Ресурсне забезпечення розвитку ядерної енергетики у світі. Видобуток і переробка уранової руди в Україні. Гідроенергетичний ресурс. Енергія сонця. енергія вітру. Сучасний стан та перспективи вітроелектростанцій в Україні. Потенціал біогазу в Україні.

? Питання для самоконтролю (Тема 2)

1. Газовий сектор та самозабезпечення: Які заходи та технологічні рішення здатні ефективно стимулювати вітчизняний газовидобуток? Проаналізуйте баланс між власним видобутком, закупівлею (імпортом) та реальним споживанням природного газу в Україні в сучасних умовах.

2. Транзитний потенціал ГТС: Як історично та геополітично змінювалася роль України як транзитера природного газу? Охарактеризуйте виклики, з якими стикається газотранспортна система (ГТС) України у зв'язку зі зміною обсягів транзиту.

3. Ринок нафти та нафтопродуктів: Оцініть стан вітчизняної нафтопереробної галузі (виробництва нафтопродуктів). Чому Україна залишається залежною від закупівлі готового палива з-за кордону, і які існують шляхи диверсифікації цих поставок?

4. Транзит та логістика нафти: Опишіть функціонування нафтотранспортної системи України. Які ключові напрямки транзиту нафти її територією та яке значення має нафтопровід «Одеса-Броди» в контексті енергетичної безпеки?

5. Вугільна промисловість: Яка роль вугільного сектора в паливно-енергетичному балансі України? Оцініть наявні запаси вугілля, динаміку його споживання ТЕС та екологічні наслідки поступової відмови (виведення з експлуатації) від вугільної генерації.

6. Ядерно-промисловий комплекс: Україна входить до переліку країн із повним циклом виробництва ядерної енергії, але має розірвані ланцюжки. Охарактеризуйте стан видобутку та переробки уранової руди в Україні (зокрема, роботу СхідГЗК) та ресурсне забезпечення галузі у світі.

7. Атомна енергетика як базис: Яку частку в загальному виробництві електроенергії України займає атомна енергетика (АЕС) і чому вона вважається основою енергосистеми? З якими режимними обмеженнями стикаються АЕС при спробах маневрування потужністю?

8. Гідроенергетичний потенціал: Оцініть гідроенергетичний ресурс України. У чому полягає різниця у використанні потенціалу великих річок (Дніпровський та Дністровський каскади ГЕС/ГАЕС) та малих водотоків з погляду розосередженої генерації?

9. Потенціал СЕС та ВЕС: Проаналізуйте природно-кліматичний потенціал України для розвитку сонячної та вітрової енергетики. Які регіони мають найвищі показники інсоляції та середньої швидкості вітру, і які перспективи будівництва нових ВЕС на суші та шельфі?

10. Агроресурс та біогаз: Чому Україна вважається однією з найперспективніших країн Європи щодо потенціалу виробництва біогазу та біометану? Які галузі вітчизняного агросектору здатні забезпечити стабільну сировинну базу для таких установок розосередженої генерації?

Тема 3. Невідновлювальні джерела енергії.

Загальна характеристика електростанцій. ККД циклу Ренкіна. Зворотній цикл Ренкіна. Поняття генерації електроенергії. Теплова електростанція (ТЕС). Принцип роботи й основні енергетичні характеристики ТЕС. Переваги і недоліки ТЕС. Приклади застосування передових технологій виробництва електроенергії в Європі, США, Японії та Китаї. Комбіноване вироблення електроенергії та теплоти. Теплові електростанції України.

? Питання для самоконтролю (Тема 3)

1. Загальна характеристика ЕС: За якими ключовими техніко-економічними та експлуатаційними показниками класифікують сучасні електричні станції? Яке місце серед них посідають об'єкти базового та маневрового навантаження?

2. Прямий цикл Ренкіна: Опишіть термодинамічну сутність та основні етапи прямого циклу Ренкіна, який лежить в основі роботи паротурбінних ТЕС. Які чинники (температура, тиск пари) найбільше впливають на його термічний ККД?

3. Зворотний цикл Ренкіна: У чому полягає термодинамічна відмінність зворотного циклу Ренкіна від прямого? У яких сучасних енергетичних установках (зокрема, в системах тепlopостачання та кондиціонування) він застосовується?

4. Фізика генерації на ТЕС: Детально опишіть ланцюжок перетворення енергії на тепловій електростанції: від хімічної енергії палива до електричної енергії в мережі. Які вузли станції відповідають за кожен етап перетворення?

5. Енергетичні характеристики ТЕС: Що розуміють під поняттями «питома витрата палива» та «встановлена потужність» ТЕС? Як режим

роботи станції (недовантаження, пуски, зупинки) впливає на її реальну ефективність?

6. Плюси та мінуси ТЕС: Проаналізуйте ключові переваги (наприклад, незалежність від погодних умов, масштабованість) та недоліки (низький ККД, значний екологічний слід) традиційних ТЕС у порівнянні з об'єктами ВДЕ.

7. Світовий технологічний досвід: Наведіть приклади передових технологій спалювання палива та підвищення ККД ТЕС, які використовуються в Європі, США, Японії та Китаї (наприклад, суперкритичні та ультрасуперкритичні параметри пари, технології уловлювання вуглецю CCS).

8. Комбіноване виробництво (Когенерація): У чому полягає сутність та термодинамічна перевага когенерації (одночасного виробництва електроенергії та тепла) порівняно з роздільним їх виробництвом на ТЕС та в котельнях? Як когенерація пов'язана з концепцією розосередженої генерації?

9. Специфіка ТЕС України: Охарактеризуйте сучасний стан, структуру та технологічний рівень теплових електростанцій України. Які види палива (марки вугілля, природний газ) є основними для вітчизняних ТЕС, і з якими критичними викликами стикається галузь?

10. Екологічний моніторинг традиційної генерації: Які основні шкідливі речовини (SO_2 , NO_x , зола, парникові гази) виділяються при роботі ТЕС? Які існують сучасні технічні рішення для очищення димових газів і як вони впливають на собівартість генерації?

Тема 4. Ядерна енергетика.

Поняття ланцюгові ядерні реакції. Ядерний (атомний) реактор . ВВЕР-1000 принцип роботи, основні елементи. Реактор РБМК. Принципові відмінності ВВЕР і РБМК. Реактор CANDU – принцип роботи, основні властивості. Ядерна безпека. Стратегія глибокоешелюваного захисту. На прикладі ЮУ АЕС – робота станції, Зберігання свіжого ядерного палива у вузлі свіжого палива (ВСП). Експлуатація ядерного палива. Внутрішньореакторний контроль палива. Зберігання відпрацьованого ядерного палива (ВЯП).

? Питання для самоконтролю (Тема 4)

1. Фізичні основи ланцюгової реакції: Що таке керована ланцюгова ядерна реакція поділу? Яку роль у забезпеченні її стабільності відіграють коефіцієнт розмноження нейтронів (k), речовина-уповільнювач та органи регулювання (поглинаючі стержні)?

2. ВВЕР-1000 - основа української генерації: Опишіть будову та детальний принцип роботи двоконтурної установки з реактором ВВЕР-1000. Які функції виконує вода першого контуру і чому вона знаходиться під високим тиском?

3. Реактор РБМК та Чорнобильський слід: У чому полягають конструктивні особливості одноконтурного каналного реактора РБМК? Які фізичні недоліки (зокрема, позитивний паровий коефіцієнт реактивності) притаманні цій технології порівняно з ВВЕР?

4. Порівняльний аналіз ВВЕР та РБМК: Проведіть порівняльну характеристику реакторів ВВЕР та РБМК за такими критеріями: тип теплоносія та уповільнювача, можливість перевантаження палива «на ходу» (без зупинки реактора), наявність захисної оболонки (контайнмента).

5. Технологія CANDU: Охарактеризуйте канадський реактор CANDU. Які переваги та експлуатаційні особливості дає використання важкої води (D_2O) як уповільнювача та теплоносія, а також застосування природного (незбагаченого) урану?

6. Концепція глибокоешелюваного захисту: У чому полягає суть фундаментальної стратегії глибокоешелюваного захисту (*Defense-in-Depth*) в ядерній безпеці? Опишіть 5 фізичних бар'єрів на шляху розповсюдження радіоактивних речовин у навколишнє середовище.

7. Практичний кейс – Південноукраїнська АЕС: На прикладі ПАЕС (ЮУ АЕС) опишіть склад та взаємодію основних цехів станції (реакторний, турбінний, електричний тощо). Яку роль відіграє Ташлицька ГАЕС та Олександрівське водосховище в забезпеченні надійної роботи цього енергокомплексу?

8. Початковий етап паливного циклу (ВСП): Які технічні вимоги, критерії безпеки та правила радіаційного захисту висуваються до зберігання та транспортування свіжого ядерного палива у вузлі свіжого палива (ВСП) на АЕС?

9. Внутрішньореакторний контроль (ВРК): Як здійснюється експлуатація ядерного палива безпосередньо в активній зоні реактора? Які параметри відстежує система внутрішньореакторного контролю (СВРК) для запобігання локальному перегріву та пошкодженню паливних елементів (ТВЕЛів)?

10. Поводження з ВЯП та екологічний аспект: Опишіть етапи та технології поведінки з відпрацьованим ядерним паливом (ВЯП) після його вивантаження з реактора. У чому полягає різниця між «мокрим» зберіганням у приреакторних басейнах витримки та «сухим» зберіганням (на прикладі СХОВЯП)?

Змістовний модуль 2

Тема 5. Магнітогідродинамічні генератори.

Перший магнітогідродинамічний генератор. Принципова схема дії сучасного МГД-генератора. Спрощена схема пристрою магнітогідродинамічного генератора. Термоядерна енергія Основні принципи реакції ядерного синтезу. Конструкція електростанції. Цикл пального. Токамак. Походження терміну. Перші розробки. Друге покоління Токамака. Третє покоління токамака. Токамаки сьогодні. Принцип роботи.

? Питання для самоконтролю (Тема 5)

1. Історія МГД-технологій: Коли і ким був створений перший магнітогідродинамічний (МГД) генератор? Які фундаментальні фізичні відкриття передували його появі?

2. Фізичний принцип дії МГД-генератора: На якому базовому законі фізики ґрунтується робота МГД-генератора? Яку роль у процесі генерації струму відіграють низькотемпературна плазма (або рідкий метал) та сильне магнітне поле?

3. Конструкція та схема МГД: Опишіть спрощену схему пристрою та принципову схему дії сучасного МГД-генератора. Які функції виконують сопло, канал з електродами та магнітна система?

4. Переваги та обмеження МГД: Чому МГД-генератори вважаються перспективними для використання у складі комбінованих енергетичних установок високої потужності? Які технічні проблеми (наприклад, стійкість матеріалів каналу до надвисоких температур) стримують їх масове комерційне використання?

5. Фізика термоядерного синтезу: У чому полягає принципова фізична відмінність між реакцією *поділу* важких ядер (яка використовується на сучасних АЕС) та реакцією *ядерного синтезу* (термоядерною енергією)? Які умови (температура, тиск, критерій Лоусона) необхідні для початку керованого синтезу?

6. Цикл термоядерного палива: Які ізотопи є основними компонентами паливного циклу для перспективних термоядерних реакторів? Звідки людство може отримувати дейтерій та тритій у промислових масштабах?

7. Конструкція термоядерної ЕС: Опишіть концептуальну конструкцію майбутньої термоядерної електростанції. Як саме кінетична енергія виділених під час синтезу нейтронів має перетворюватися на теплову, а потім – на електричну енергію?

8. Еволюція концепції ТОКАМАК: Поясніть походження терміну «ТОКАМАК». Хто стояв біля витоків розробки цієї магнітної пастки і в чому полягала принципова ідея утримання плазми?

9. Покоління Токамаків: Охарактеризуйте технологічну еволюцію токамаків від перших експериментальних лабораторних зразків (перше покоління) через установки з надпровідними магнітами (друге і третє покоління) до сучасних систем. Які головні наукові завдання вирішувалися на кожному етапі?

10. Токамаки сьогодні та проєкт ITER: Як працюють найсучасніші токамаки світу? Які завдання покладені на міжнародний проєкт ITER (Міжнародний термоядерний експериментальний реактор) і яка роль подібних установок у майбутній структурі децентралізованої чи глобальної енергетики?

Тема 6. Енергія водяних потоків. Енергія вітру.

Гідроенергія. Принцип роботи. Приклади найбільших у світі гребель станцій. Гідроелектростанції. Принцип роботи гідроелектростанції. Гідроакумулявальні електростанції. ГЕС з використанням енергії припливів. Хвильові станції. Негативні екологічні наслідки ГЕС. Енергія вітру. Бофорта шкала. Класифікація ВЕС. Складові частини ВЕС. Типи вітряних генераторів. Класифікація вітрогенераторів. Промислові вітряні турбіни. Комерційні вітрові генератори. Побутові вітряні пристрої. Різновиди конструкцій вітряків. Класичні горизонтальні вітрогенератори. Вертикальні вітрові турбіни. Вітрогенератори «ротор дарині». Вітрильні вітрові установки. Переваги вітряних пристроїв. Головні недоліки вітряків. Схеми і способи підключення. Деякі нюанси застосування вітрогенераторів.

? Питання для самоконтролю (Тема 6)

1. Фізика гідроенергії та класичні ГЕС: Опишіть принцип перетворення потенційної та кінетичної енергії водяного потоку на електричну енергію. Які функції виконують основні гідротехнічні споруди та обладнання ГЕС (гребля, водовод, гідротурбіна, генератор)? Наведіть приклади найбільших за потужністю гідроелектростанцій світу.

2. Гідроакумулявання (ГАЕС): У чому полягає унікальна технологічна роль гідроакумулявальних електростанцій в об'єднаній енергосистемі? Опишіть роботу ГАЕС у двох основних режимах – насосному (закачування) та турбінному (генерація) – та поясніть, як це допомагає згладжувати добові піки споживання.

3. Енергія океану (Припливні та хвильові ЕС): Які фізичні явища лежать в основі роботи припливних електростанцій (ПЕС) та хвильових станцій? Які конструктивні особливості та географічні обмеження заважають їх масовому будівництву в усьому світі?

4. Екологічний слід гідроенергетики: Проаналізуйте негативні екологічні наслідки будівництва та експлуатації великих рівнинних ГЕС. Як створення масштабних водосховищ впливає на місцеву екосистему, мікроклімат, якість води та міграцію риби?

5. Метеорологічні основи вітроенергетики: Що таке шкала Бофорта і як вона використовується для оцінки сили вітру? Поясніть, чому для ефективної роботи вітрогенератора критично важлива не просто наявність вітру, а його стабільна швидкість, і з якої мінімальної швидкості (V_{start}) зазвичай починається генерація.

6. Класифікація ВЕС за призначенням та масштабом: Проаналізуйте відмінності між побутовими вітряними пристроями, комерційними та потужними промисловими вітряними турбінами. Чим відрізняється логістика та умови підключення наземних (*Onshore*) та офшорних (*Offshore*) вітропарків?

7. Анатомія віротурбіни: Перерахуйте та опишіть функції основних складових частин сучасної ВЕС (гондола, лопаті, ротор, мультиплікатор/редуктор, інвертор, башта). Навіщо сучасним турбінам потрібна система орієнтації на вітер (система «якоріння» та зміни кроку лопатей)?

8. Горизонтальні проти Вертикальних ВЕУ: Порівняйте класичні горизонтальні вітрогенератори з вертикальними вітровими турбінами за такими критеріями: ККД (коефіцієнт використання енергії вітру), залежність від напрямку вітру, рівень шуму та експлуатаційні витрати.

9. Специфічні конструкції (Ротор Дар'є та Вітрильні ВЕУ): Які аеродинамічні принципи лежать в основі роботи вітрогенераторів типу «ротор Дар'є»? У чому полягає особливість вітрильних вітрових установок та для яких умов використання вони розробляються?

10. Інтеграція в мережу та нюанси експлуатації: Опишіть основні схеми і способи підключення вітрогенераторів до локальних або загальних електричних мереж (автономні системи з АКБ, гібридні системи, робота за «зеленим» або нетто-тарифом). Які ключові недоліки вітряків (шум, інфразвук, мерехтіння тіней, загроза для птахів) слід враховувати при проектуванні?

Тема 7. Характеристики та ресурси сонячної енергії.

Сонячна енергетика. Сумарне річне надходження сонячної радіації на територію України. Класифікація методів та засобів перетворення

енергії сонячної радіації. Принцип дії та основні характеристики сонячних фотоперетворювачів. Типова мережева сонячна електростанція складається з наступних елементів. Базові схеми підключення сонячного колектора. Зимовий варіант підключення сонячного колектора для гарячого водопостачання. Зимовий варіант підключення сонячного колектора для опалення. Зимовий варіант підключення сонячного колектора для опалення та гарячого водопостачання. Схема підключення сонячного колектора для підігріву води в басейні.

? Питання для самоконтролю (Тема 7)

1. Метеорологічний потенціал України: Охарактеризуйте географічний розподіл та сумарне річне надходження сонячної радіації (в кВт·год/м²) на територію України. Які регіони мають найвищий потенціал і як сезонність (зима/літо) впливає на стабільність сонячної генерації?

2. Класифікація методів перетворення: На які дві основні групи поділяються методи та засоби перетворення енергії сонячної радіації (фотоелектричні та геліотермальні)? У чому полягає їхня принципова технологічна відмінність?

3. Фізика фотоперетворювачів (ФЕП): Опишіть принцип дії сонячного фотоперетворювача на основі р-п переходу. Які основні характеристики (ККД, напруга холостого ходу, струм короткого замикання) визначають ефективність сонячної панелі?

4. Склад мережевої СЕС: Перерахуйте та опишіть функції ключових елементів, з яких складається типова мережева сонячна електростанція (сонячні модулі, мережевий інвертор, система захисту АС/DC, двонаправлений лічильник). Чому в такій схемі відсутні акумуляторні батареї?

5. Базові геліосистеми: Опишіть базові схеми підключення сонячного колектора. У чому полягає різниця між *одноконтурними* (прямими) та *двоконтурними* (непрямими) геліосистемами, і чому останні є більш універсальними?

6. Зимове ГВП (Гаряче водопостачання): Опишіть зимовий варіант підключення сонячного колектора для гарячого водопостачання. Який теплоносій має використовуватися в першому контурі та яку роль відіграє дублююче (традиційне) джерело тепла в похмурі дні?

7. Зимове опалення через геліосистему: Які особливості має зимовий варіант підключення сонячного колектора для потреб опалення будинку? Чому в таких схемах обов'язковим є використання теплоакумулятора (буферної ємності) великого об'єму?

8. Комбіновані зимові схеми (Опалення + ГВП): Накресліть або детально опишіть принципову схему підключення сонячного колектора для одночасного забезпечення опалення та гарячого водопостачання взимку (наприклад, із використанням бака «бак у баці» або двома змійовиками). Як пріоритетність контурів регулюється автоматикою?

9. Геліосистеми для басейнів: Опишіть схему підключення сонячного колектора для підігріву води в басейні. Які типи колекторів (наприклад, недорогі безкорпусні пластикові або абсорбери) найчастіше використовуються для цієї мети і чому тут рідко потрібен проміжний теплообмінник високого тиску?

10. Експлуатаційні виклики геліосистем: Що таке ефект «стагнації» (перегріву) сонячного колектора влітку, коли розбір тепла відсутній, і які існують технічні методи боротьби з цим явищем? Як захистити систему від замерзання взимку в разі аварійного вимкнення електроенергії?

Тема 8. Отримання біомаси.

Хімічні джерела струму. Бродіння. Біогаз. Піроліз. Термохімічні процеси. Газогенератори. Використання етанолу в якості палива. Форми біомаси. Види біопалива. Тверде біопаливо. Одержання енергії з твердої біомаси. Рідке біопаливо. Газогенератор. Типи газогенераторів.

? Питання для самоконтролю (Тема 8)

1. Форми та класифікація біомаси: Які існують основні форми біомаси (деревна, сільськогосподарська, промислові та побутові відходи) та які критерії визначають її придатність для енергетичного використання?

2. Види біопалива: Наведіть класифікацію біопалива за агрегатним станом (*тверде, рідке, газоподібне*) та за поколіннями його виробництва (перше, друге, третє покоління). У чому полягає етична та екологічна проблема палива першого покоління?

3. Енергія з твердої біомаси: Які технологічні процеси використовуються для одержання енергії з твердої біомаси (пряме спалювання, когенерація, пелетування/брикетування)? Як підготовка палива (сушка, грануляція) впливає на його теплотворну здатність?

4. Біохімічне перетворення (Бродіння): Опишіть фізико-хімічну суть процесу анаеробного (бездоступу кисню) бродіння органічних речовин. Які температурні режими (мезофільний, термофільний) використовуються в біогазових установах?

5. Склад та властивості біогазу: Який хімічний склад має якісний біогаз і який його компонент є основним енергоносієм? Що таке

«біометан» і чим технологічно відрізняється процес його отримання від звичайного біогазу?

6. Термохімічні процеси (Піроліз): Дайте визначення процесу піролізу біомаси. У чому полягає різниця між *швидким* та *повільним* піролізом, і які кінцеві продукти (біовугілля, рідке піролізне масло, синтез-газ) отримують у кожному випадку?

7. Принцип роботи газогенератора: Опишіть фізико-хімічні зони (сушки, сувої/піролізу, горіння, відновлення), які виникають всередині газогенератора під час газифікації твердого палива. Що таке «генераторний газ» та де його використовують?

8. Типи газогенераторів: Порівняйте між собою три основні типи газогенераторів за напрямком руху газу та палива: *прямого процесу* (низхідний/прямоточний), *зворотного процесу* (протиточний) та *поперечного процесу*. Який із них виробляє газ із найменшим вмістом смол?

9. Рідке біопаливо (Біостанол та Біодизель): Опишіть технологію використання етанолу в якості палива для двигунів внутрішнього згорання. Які технічні модифікації необхідні автомобілю для роботи на чистому біостанолі (паливо E85/E100)?

10. Хімічні джерела струму: Який принцип дії лежить в основі хімічних джерел струму (гальванічних елементів, акумуляторів, паливних елементів)? Як інтеграція потужних електрохімічних накопичувачів (ESS) впливає на автономність та стабільність систем розосередженої генерації на базі ВДЕ?

Тема 9. Теплові насоси.

Тепловий насос "повітря - вода". Функція охолодження. Принцип роботи теплового насосу. Гальванічний елемент. Джерела струму з використанням електролізу. Акумулятори. Паливні елементи й електрохімічні генератори. Електрохімічні генератори.

? Питання для самоконтролю (Тема 9)

1. Термодинаміка теплового насоса: Опишіть фізичний принцип роботи теплового насоса. На базі якого термодинамічного циклу він функціонує і за рахунок чого здатний переносити теплову енергію від менш нагрітого тіла до більш нагрітого? Що таке коефіцієнт трансформації тепла ($\$SCOP\$$)?

2. Система «повітря-вода»: Охарактеризуйте конструктивні та експлуатаційні особливості теплового насоса типу «повітря-вода». Як зміна температури зовнішнього повітря взимку впливає на його ефективність та теплову потужність?

3. Функція реверсу (охолодження): Яким чином у теплових насосах реалізується функція охолодження (кондиціонування) приміщень у ліній період? Які зміни в напрямку руху холодоагенту відбуваються всередині системи завдяки реверсивному клапану?

4. Електрохімічні основи (Гальванічний елемент): Що таке гальванічний елемент і який фізико-хімічний механізм лежить в основі прямого перетворення хімічної енергії в електричну? Опишіть ролі анода, катода та електроліту в цьому процесі.

5. Електроліз в енергетиці: Опишіть принцип роботи джерел струму та систем накопичення, що використовують процес електролізу. Як електроліз води застосовується для виробництва «зеленого» водню у зв'язці з розосередженими об'єктами ВДЕ?

6. Класичні та сучасні акумулятори: Проаналізуйте принципову відмінність між первинними (гальванічними) та вторинними (акумуляторами) джерелами струму. Порівняйте свинцево-кислотні, літій-іонні (Li-ion) та літій-залізо-фосфатні (LiFePO₄) акумулятори за критеріями енергоємності, ресурсу (кількості циклів) та безпеки.

7. Паливні елементи: У чому полягає принципова відмінність паливного елемента від звичайного хімічного акумулятора? Опишіть процес генерації струму в водневому паливній елементі з протоннообмінною мембраною (PEM). Що є єдиним побічним продуктом цієї реакції?

8. Електрохімічні генератори (ЕХГ): Дайте визначення електрохімічному генератору як енергетичній установці. З яких основних систем (очищення палива, батарея паливних елементів, система терморегулювання, інвертор) він складається?

9. Масштабування та застосування ЕХГ: Які переваги мають електрохімічні генератори (високий ККД, екологічність, безшумність) для використання в якості резервних або автономних джерел енергії в системах розосередженої генерації?

10. Комплексна інтеграція в Smart Grid: Сформулюйте загальну концепцію взаємодії: як теплові насоси (як кероване навантаження) та акумуляторні системи разом із паливними елементами (як буфери енергії) допомагають згладжувати графік навантаження в локальних енергосистемах із високою часткою сонячних та вітрових станцій?

3.ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Успішне освоєння навчального матеріалу компоненти «Джерела розосередженої генерації енергії» вимагає від здобувачів активної самостійної роботи (СР) з навчальною літературою, науковими працями українських та іноземних експертів. СР є ключовим інструментом для поглиблення знань у час, вільний від аудиторних занять.

Самостійна робота здобувачів повинна включати такі пріоритетні види діяльності:

- ✓ Опрацювання лекційних записів: Ретельне вивчення та засвоєння матеріалу, поданого на лекціях.

- ✓ Робота з джерелами: Вивчення рекомендованої основної та додаткової літератури.

- ✓ Підготовка до занять: Теоретична підготовка до лабораторних і практичних робіт.

- ✓ Виконання індивідуальних завдань: Поглиблена робота над дослідницькими та проєктними завданнями.

- ✓ Контроль знань: Самоперевірка та підготовка до поточних і підсумкових контрольних заходів.

- ✓ Дискусійна підготовка: Формування аргументованої позиції та матеріалів для обговорення вивчених тем в аудиторії.

Лекція слугує первинним і головним пусковим елементом навчального процесу. Викладач окреслює фундаментальні теоретичні положення, актуальні проблеми галузі та задає вектор для подальшої самостійної роботи.

Взаємодія "Лекція – самостійна робота" здійснюється у трьох напрямках:

1. Лекція визначає базовий зміст і необхідний обсяг матеріалу для подальшого автономного вивчення.

2. Методичні прийоми, використані під час читання, стимулюють здобувачів до активної пізнавальної діяльності.

3. Поглиблення: самостійна робота, своєю чергою, дозволяє ґрунтовно закріпити та розширити розуміння матеріалу, висвітленого на лекції.

Конспектування є найдієвішим методом фіксації навчальної інформації. Студент має усвідомити, що конспект – це лаконічний, тезовий виклад основних ідей і положень. Якісний конспект є основою для раціональної підготовки до всіх видів контролю та допомагає визначити необхідний напрямок поглибленої роботи з літературними

джерелами, оскільки більшість вузькоспеціалізованих питань виносяться на СР.

Підготовка до практичних робіт починається з опрацювання відповідного розділу робочої програми та методичних матеріалів, що стосуються майбутнього заняття.

Практичні заняття мають на меті збагатити теоретичну базу, розвинути творчий підхід та забезпечити здобуття практичних навичок у сфері альтернативної енергетики. Саме тому автономна підготовка до них є обов'язковою і невід'ємною умовою для успішного та якісного освоєння навчальної компоненти.

Викладач надає необхідні методичні вказівки та графік консультацій, де здобувачі можуть отримати додаткові пояснення щодо питань, які не вдалося освоїти самостійно. Така систематична консультативна підтримка спрямовує самостійну роботу в потрібне русло, роблячи процес навчання максимально раціональним та ефективним.

4. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Питання 1. Законодавчо-правова та нормативна база відновлювальної енергетики України – 3 год.

1. Базове законодавство у сфері ВДЕ: Проаналізуйте ключові положення Закону України «Про альтернативні джерела енергії». Які правові, економічні та організаційні засади діяльності у сфері відновлюваної енергетики він визначає?

2. Еволюція систем стимулювання (від «зеленого» тарифу до аукціонів): Охарактеризуйте сутність механізму «зеленого» тарифу (*Green Tariff*) в Україні. Які законодавчі зміни зумовили перехід від фіксованого тарифу до системи «зелених» аукціонів (*Feed-in Premium*) та системи розподілу квот підтримки?

3. Механізми підтримки малої децентралізованої генерації: Що таке система *Net Billing* (чистий облік) та *Net Metering*, які закріплені в українському законодавстві для активних споживачів (просьюмерів)? У чому їхня принципова відмінність від класичного «зеленого» тарифу для домогосподарств?

4. Енергетична стратегія та євроінтеграція: Які цілі щодо частки відновлюваних джерел енергії в енергобалансі країни встановлені Енергетичною стратегією України на період до 2050 року? Як ці цілі корелюють із зобов'язаннями України в рамках Договору про заснування Енергетичного Співтовариства та інтеграцією до ENTSO-E?

5. Нормативне регулювання біометану та «зеленого» водню: Які законодавчі акти регулюють розвиток та інтеграцію ринку біометану в

газотранспортну систему України? Охарактеризуйте стан формування нормативної бази для використання водневих технологій.

6. Ліцензування та приєднання до мереж: Опишіть нормативно-правовий порядок приєднання об'єктів розосередженої генерації (на базі ВДЕ) до електричних мереж операторів систем розподілу (ОСР). Яку роль у цьому процесі відіграє Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП)?

Питання 2. Використання сонячної енергії в промисловості – 3 год.

7. Промислові СЕС та їх класифікація: Охарактеризуйте особливості проектування та будівництва великих наземних і дахових сонячних електростанцій (СЕС) для промислових підприємств. Які типи сонячних панелей (монокристалічні, двосторонні/*Bifacial*, тонкоплівкові) є найбільш економічно вигідними для промислового сектору?

8. Централізовані та стрінгові інвертори: Проаналізуйте архітектуру побудови промислової СЕС. У чому полягає різниця між використанням потужних *централізованих інверторів* та масиву *стрінгових (мережевих) інверторів*? Які чинники впливають на вибір інверторного обладнання для заводів чи фабрик?

9. Системи трекінгу (сонячні трекери): Опишіть принцип роботи та економічну доцільність використання одновісних та двовісних систем стеження за сонцем (трекерів) на промислових об'єктах. На скільки відсотків трекери здатні збільшити річну генерацію енергії порівняно зі статичними конструкціями і які їхні головні експлуатаційні недоліки?

10. Промислове геліотермальне тепло (SHIP): Як сонячна енергія використовується для генерації технологічного тепла в промисловості (*Solar Heat for Industrial Processes*)? Опишіть технології застосування високотемпературних сонячних колекторів (параболоциліндричних, вакуумних, дзеркальних концентраторів) для виробництва промислової пари та гарячої води в хімічній, харчовій чи текстильній галузях.

11. Енергетичний самобаланс та системи BESS: Як промислові підприємства використовують СЕС для покриття власних технологічних потреб (зниження операційних витрат на закупівлю електроенергії з мережі)? Яку роль у цьому процесі відіграють промислові системи накопичення енергії батарейного типу (*BESS - Battery Energy Storage Systems*) для згладжування піків споживання та забезпечення безперервності виробництва?

12. Концепція Net Billing для бізнесу: Проаналізуйте, як промислове підприємство в Україні може функціонувати в ролі активного споживача

(просьюмера). Опишіть економічний механізм продажу надлишків сонячної генерації в загальну мережу за системою *Net Billing* та алгоритм взаєморозрахунків із постачальником електроенергії.

Питання 3. Техніко-економічні та екологічні показники використання сонячної енергії – 3 год.

13. Структура капітальних витрат (CAPEX) та операційних витрат (OPEX): Проаналізуйте структуру інвестицій у будівництво промислової або комерційної СЕС. Яку частку у CAPEX займає вартість сонячних модулів, інверторів, опорних конструкцій та будівельно-монтажних робіт? Що входить до складу OPEX під час експлуатації сонячної станції?

14. Розрахунок терміну окупності (Payback Period): Опишіть методику розрахунку простого (PBP) та дисконтованого (DPBP) термінів окупності для сонячної електростанції. Як зміна тарифів на електроенергію для промислових споживачів в Україні впливає на фінансову привабливість та швидкість повернення інвестицій у сонячну генерацію?

15. Показники LCOE та коефіцієнт місткості (Capacity Factor): Дайте визначення поняттю нормованої вартості енергії (*LCOE - Levelized Cost of Electricity*) для сонячної енергетики. Що таке коефіцієнт використання встановленої потужності (КВВП, або *Capacity Factor*) сонячних станцій в умовах клімату України, і чому він суттєво нижчий, ніж у традиційної чи ядерної генерації?

16. Екологічний життєвий цикл (LCA) сонячних панелей: Охарактеризуйте повний екологічний слід сонячної енергетики за методологією аналізу життєвого циклу (*LCA - Life Cycle Assessment*). Які обсяги шкідливих викидів та енергії витрачаються на етапах видобутку кремнію, кварцу та безпосереднього виробництва фотоелектричних елементів?

17. Показник EPBT (Energy Payback Time): Що таке час енергетичної окупності (*EPBT - Energy Payback Time*) сонячної панелі? За скільки років безперервної роботи сучасний фотоелектричний модуль здатний згенерувати таку кількість чистої електроенергії, яка була витрачена на його виробництво, транспортування та монтаж?

18. Утилізація та рециклінг сонячних модулів: Проаналізуйте екологічну проблему виведення з експлуатації та подальшої утилізації сонячних панелей після закінчення їхнього 25-30 річного терміну служби. Які технології рециклінгу існують сьогодні для вилучення цінних матеріалів (скла, алюмінію, срібла, кремнію, а також токсичних свинцю

чи кадмію) та як це регулюється міжнародними екологічними стандартами (наприклад, директивою WEEE в ЄС)?

Питання 4. Характеристики малих вітрових станцій – 4 год.

19. Класифікація та критерії «малої» вітроенергетики: Які вітроелектростанції за міжнародними стандартами (наприклад, ІЕС 61400-2) відносять до категорії малих та мікро-ВЕС (за критеріями встановленої потужності, діаметра ротора та вихідної напруги)? Які особливості їх розміщення у порівнянні з великими промисловими вітротурбінами?

20. Аеродинамічні характеристики та закон Беца: Проаналізуйте залежність вихідної потужності малої вітротурбіни від швидкості вітру та площі ометання ротора. Що таке коефіцієнт використання енергії вітру (ζ або C_p), як закон Беца обмежує його максимальне теоретичне значення (59.3%) та яких реальних показників досягають малі горизонтальні й вертикальні вітряки?

21. Робочі швидкості та побудова кривої потужності (Power Curve): Охарактеризуйте ключові швидкісні параметри малої ВЕС: швидкість страгивання (cut-in), номінальну швидкість (rated) та швидкість обмеження/вимкнення (cut-out). Як будується індивідуальна крива потужності вітрогенератора і чому її знання є критичним для розрахунку річного виробітку енергії?

22. Механічні та електричні системи захисту від буревію: Які технічні рішення використовуються в малих ВЕС для захисту конструкції від руйнування при штормовому вітрі? Опишіть принципи роботи системи «складання» хвоста (фурлінг / *furling*), зміни кроку лопатей (пітч-контроль), а також методів електромагнітного (гальмування інвертором на баластний опір) та механічного гальмування ротора.

23. Архітектура автономних та гібридних систем (Wind-Solar-Battery): Опишіть склад обладнання типової автономної малої ВЕС (турбіна, щогла, контролер заряду, акумуляторна батарея, інвертор). Чому в умовах помірного клімату України найбільш ефективними є саме гібридні вітро-сонячні системи з АКБ, і як вони взаємно компенсують сезонні коливання генерації?

24. Проблема турбулентності та вибір щогли в умовах щільної забудови: Як приземна турбулентність, спричинена деревами та будівлями, впливає на ККД та термін служби малої вітротурбіни? Обґрунтуйте залежність висоти щогли від рельєфу місцевості та розкрийте особливості експлуатації вітряків на дахах будівель (рівень вібрацій, інфразвуковий шум, міцність кріплення).

Питання 5. Техніко-економічні та екологічні показники використання енергії вітру – 3 год.

25. Капітальні витрати (CAPEX) у вітроенергетиці: Проаналізуйте структуру початкових інвестицій у будівництво промислової ВЕС. Яку частку витрат займає сама вітротурбіна (ротор, гондола, башта), а яку - логістика, підготовка фундаменту, будівництво підстанцій та прокладання кабельних ліній? Порівняйте CAPEX для наземних (*Onshore*) та офшорних (*Offshore*) вітроелектростанцій.

26. Операційні витрати (OPEX) та сервісне обслуговування: Що входить до складу експлуатаційних витрат ВЕС протягом її життєвого циклу (планове ТО, моніторинг, ремонт механічних вузлів, страхування)? Чому вартість обслуговування офшорних ВЕС є значно вищою і як це впливає на загальну фінансову модель проєкту?

27. Розрахунок виробітку та КВВП (Capacity Factor) для ВЕС: Як визначається коефіцієнт використання встановленої потужності (КВВП) для об'єктів вітроенергетики? Чому для сучасних промислових ВЕС цей показник є вищим, ніж для сонячних станцій (в умовах України він становить близько 30 - 40 %), і як він залежить від висоти башти та географічного розташування об'єкта?

28. Вплив ВЕС на довкілля (Шум та інфразвук): Охарактеризуйте акустичний вплив вітрогенераторів на навколишнє середовище. У чому полягає небезпека низькочастотного шуму та інфразвуку для здоров'я людини та тварин? Які нормативні вимоги (санітарно-захисні зони, мінімальна відстань до житлової забудови) діють в Україні та ЄС для мінімізації цього впливу?

29. Орнітологічний аспект та локальні екосистеми: Проаналізуйте проблему взаємодії ВЕС із дикою природою. Як робота лопатей впливає на популяції птахів та кажанів (ризик зіткнень, порушення міграційних маршрутів)? Які сучасні технічні рішення (радарні системи виявлення, фарбування лопатей, ультразвукові відлякувачі) використовуються для зниження орнітологічних ризиків?

30. Утилізація лопатей як глобальний виклик галузі: Опишіть екологічну проблему переробки та утилізації лопатей вітрогенераторів після завершення терміну їх експлуатації (20 – 25 років). Чому композитні матеріали (скловолокно, вуглеволокно, епоксидні смоли) важко піддаються рециклінгу і які альтернативні методи (піроліз, подрібнення для цементної промисловості) або нові типи біорозкладних лопатей розробляються сьогодні у світі?

Питання 6. Техніко-економічні та екологічні показники використання геотермальної енергії– 3 год.

31. Класифікація геотермальних ресурсів: Охарактеризуйте поділ геотермальних джерел за температурним потенціалом (низько-, середньо- та високотемпературні) та за глибиною залягання. Які регіони України (наприклад, Закарпаття, Причорноморська низовина) мають найбільші запаси термальних вод?

32. Технології промислової геотермальної генерації (ГеоТЕС): Проаналізуйте принципові схеми роботи геотермальних електростанцій. У чому полягає різниця між станціями на *прямому сухому парі* (Dry Steam), *сепараційній парі* (Flash Steam) та станціями з *бінарним циклом* (Binary Cycle)? Чому саме бінарні ГеоТЕС є найбільш перспективними для низькотемпературних резервуарів?

33. Економічні показники (CAPEX та OPEX) геотермальних проєктів: Опишіть структуру капітальних витрат на будівництво ГеоТЕС або потужної системи геотермального теплопостачання. Чому етап геологорозвідки та буріння свердловин займає до 50-70% від усього CAPEX і як це підвищує інвестиційні ризики проєкту? Якими є операційні витрати (OPEX) у порівнянні з ТЕС чи ВЕС?

34. Коефіцієнт використання потужності та стабільність: Чому геотермальна енергетика має найвищий коефіцієнт використання встановленої потужності (КВВП/Capacity Factor) серед усіх відновлюваних джерел енергії (часто понад 80-90%)? Як ця властивість дозволяє використовувати ГеоТЕС для покриття базового (а не лише пікового чи маневрового) навантаження в енергосистемі?

35. Екологічні ризики та хімічне забруднення: Проаналізуйте негативні екологічні аспекти геотермальної енергетики. Які шкідливі гази (сірководень H_2S , аміак, парникові гази CO_2) та токсичні речовини (миш'як, ртуть, бор, солі важких металів) можуть виноситися на поверхню разом із геотермальним флюїдом? Які технологічні методи використовуються для їх уловлювання?

36. Технологія реінжекції та сейсмічна безпека: Що таке зворотнє закачування (реінжекція) відпрацьованого геотермального флюїду назад у підземний резервуар і чому воно є обов'язковим для збереження тиску в пласті та екологічної безпеки? Як інтенсивний відбір та закачування води на великих глибинах пов'язані з ризиками наведеної (техногенної) мікросейсмічності (на прикладі проєкту петротермальної енергетики EGS)?

Питання 7. Техніко-економічні та екологічні показники використання біоенергії – 3 год.

37. Економіка сировинної логістики: Проаналізуйте, чому логістика (збирання, транспортування, подрібнення та зберігання) біомаси є ключовим чинником, що впливає на собівартість біоенергії. Що таке «радіус збору сировини» і чому для біомаси з низькою енергетичною щільністю (наприклад, соломи чи гною) цей радіус зазвичай обмежений 30–50 км від енергооб'єкта?

38. Структура витрат БГУ та біометанових заводів: Охарактеризуйте структуру капітальних (CAPEX) та операційних (OPEX) витрат на будівництво біогазової установки (БГУ). Які додаткові технологічні вузли необхідні для модернізації БГУ в біометановий завод (системи очищення газу від H_2S та сірководню) і як це впливає на фінансові показники проєкту?

39. Концепція вуглецевої нейтральності біомаси: Обґрунтуйте, чому пряме спалювання біомаси (тріски, пелет) або спалювання біогазу вважається вуглецево-нейтральним процесом, попри виділення CO_2 в атмосферу. Як це пов'язано з природним циклом кругообігу вуглецю та фотосинтезом?

40. Вплив на продовольчу безпеку (Food vs Fuel): У чому полягає соціально-економічна та екологічна проблема використання сільськогосподарських земель під вирощування «енергетичних культур» (кукурудза на силос, ріпак для біодизелю, міскантус)? Проаналізуйте компроміс між виробництвом відновлюваної енергії та забезпеченням продовольчої безпеки.

41. Дигестат як комерційний продукт: Що таке дигестат (залишок після анаеробного зброджування в біореакторі) і яка його техніко-економічна цінність? Як використання дигестату в якості високоякісного органічного добрива дозволяє замінити дорогі мінеральні добрива та покращити екологічні показники агропідприємства?

42. Екологічні ризики та викиди біоенергетики: Незважаючи на відновлюваність, біоенергетичні установки мають локальний екологічний вплив. Які шкідливі речовини (оксиди азоту NO_x , чадний газ CO , тверді мікрочастинки $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$) викидаються при спалюванні твердої біомаси? Які існують технологічні методи контролю та зниження цих викидів?

Питання 8. Техніко-економічні та екологічні показники використання

43. Економічний життєвий цикл та структура CAPEX/OPEX: Проаналізуйте структуру інвестицій у будівництво великих ГЕС та ГАЕС. Чому гідроенергетика має один із найвищих показників початкових капітальних витрат (CAPEX) через масштабне капітальне будівництво, але водночас мінімальні операційні витрати (OPEX)? Як рекордний термін експлуатації гідротехнічних споруд (100 і більше років) впливає на показник нормованої вартості енергії (*LCOE*)?

44. Економічна ефективність гідроакумуляції: Опишіть економічний механізм роботи ГАЕС в умовах сучасного ринку електроенергії («на добу наперед» та балансуєчому ринку). Як різниця між нічним (мінімальним) та денним/вечірнім (піковим) тарифами на електроенергію забезпечує окупність ГАЕС, попри те, що ККД циклу акумуляції становить близько 70 - 80%?

45. Трансформація річкових екосистем та гідрологічного режиму: Проаналізуйте негативний екологічний вплив створення руслових водосховищ великих ГЕС. Як уповільнення течії та замулення впливають на процеси самоочищення води, температурний режим річки та евтрофікацію (цвітіння води)?

46. Вплив на біорізноманіття та іхтіофауну: Охарактеризуйте проблему фрагментації річкових систем греблями ГЕС. Як будівництво гідроспоруд впливає на міграційні шляхи прохідних та напівпрохідних видів риб? Оцініть технічну та економічну ефективність сучасних рибозахисних споруд та рибходів.

47. Соціально-екологічні наслідки та ризики затоплення: Оцініть масштабні гуманітарні та екологічні наслідки, пов'язані з вилученням родючих заплачних земель під водосховища та необхідністю переселення населених пунктів. Які ризики техногенного характеру (наприклад, руйнування гребель унаслідок воєнних дій або землетрусів) слід враховувати при оцінці безпеки гідроенергетичних комплексів?

48. Екологічні переваги та економіка малих ГЕС: Порівняйте техніко-економічні та екологічні показники великих ГЕС та об'єктів малої децентралізованої гідроенергетики (дериваційних малих ГЕС). Чому малі ГЕС вважаються більш екологічно дружніми об'єктами розосередженої генерації і з якими обмеженнями (сезонне маловоддя, залежність від паводків) вони стикаються в умовах України?

Питання 9. Структурна схема, принцип роботи, продуктивність та вартість вітрогенераторів, що працюють на централізовану мережу – 3 год.

49. Детальна структурна схема мегаватної ВЕУ: Накресліть або детально опишіть структурну схему промислового вітрогенератора, що працює на централізовану мережу. Які ключові компоненти розміщуються всередині гондоли (ротор, головний вал, мультиплікатор, механічне гальмо, генератор, система охолодження, анемометр) та яка їх взаємодія?

50. Типи генераторів та синхронізація з мережею: Які типи електричних машин використовуються в потужних ВЕУ (асинхронні генератори подвійного живлення - DFIG, або синхронні генератори на постійних магнітах - PMSG)? Як здійснюється стабілізація частоти та напруги змінного струму за допомогою потужних силових інверторів (перетворювачів частоти) для відповідності вимогам стандарту мережі (Grid Code)?

51. Прямий привід проти редукторних систем: Проаналізуйте дві основні конструктивні концепції промислових вітрогенераторів: класичні системи з мультиплікатором (редуктором) та системи з прямим приводом ротора (*Direct Drive*). Які їхні техніко-економічні переваги та недоліки за критеріями надійності, ваги гондоли та експлуатаційних витрат?

52. Розрахунок річної продуктивності (AEP): Опишіть методику визначення річного виробітку електроенергії (*AEP - Annual Energy Production*) вітрогенератора. Чому для цього недостатньо знати лише номінальну потужність турбіни, а необхідно будувати математичне поєднання кривої потужності (*Power Curve*) ВЕУ та статистичного розподілу швидкостей вітру на майданчику (розподіл Вейбулла)?

53. Вартість мегавата потужності та сучасний ринок ВЕУ: Яка орієнтовна ринкова вартість 1 МВт встановленої потужності промислового вітрогенератора «під ключ» для наземних (*Onshore*) та офшорних (*Offshore*) проєктів? Які світові виробники (наприклад, Vestas, Siemens Gamesa, Goldwind, GE Renewable Energy) домінують на цьому ринку і які технологічні тренди визначають зниження вартості обладнання?

54. Робота у складі вітропарку та ефект затінення (*Wake Effect*): Як взаємодіють десятки вітрогенераторів у складі однієї великої ВЕС, що працює на централізовану мережу? Що таке аеродинамічний «ефект затінення» (*Wake Effect / Слід вітрогенератора*) і як його враховують при просторовому розміщенні вітряків на місцевості для мінімізації втрат продуктивності?

Питання 10. Структурна схема, принцип роботи, продуктивність та вартість вітрогенераторів із дублюванням дизель генератором. – 4 год.

55. Структурна схема гібридної ВДЕС: Опишіть та обґрунтуйте структурну схему взаємодії компонентів автономної системи: вітрогенератор, дизель-генераторна установка (ДГУ), акумуляторна батарея (АКБ) та двонаправлений гібридний інвертор. Яку функцію виконує блок автоматичного введення резерву (АВР) та центральний контролер керування мікромережею?

56. Принцип роботи та пріоритетність джерел: Детально опишіть логіку роботи системи за різних погодних умов та рівнів навантаження. Яке джерело енергії має найвищий пріоритет (пряме споживання ВЕУ), коли підключається буфер (АКБ) і за яких умов подається сигнал на запуск дизель-генератора?

57. Режими роботи дизель-генератора та паливна ефективність: Чому тривала робота дизель-генератора на низькому навантаженні (менше 30-40% від номінальної потужності) є вкрай неефективною та шкідливою для його ресурсу? Як інтеграція вітрогенератора та АКБ дозволяє оптимізувати питому витрату дизельного палива (л/кВт·год) та забезпечити роботу ДГУ виключно у зоні максимального ККД?

58. Розрахунок продуктивності та заміщення палива (Fuel Displacement): Як оцінюється загальна продуктивність вітро-дизельної системи? Що таке коефіцієнт заміщення палива (*Fuel Displacement Ratio*) і як він розраховується на основі профілю вітрової генерації та добового графіка споживання потужності об'єктом?

59. Економічні показники (CAPEX/OPEX) та вартість володіння (TCO): Проаналізуйте структуру вартості такої системи. Капітальні витрати (CAPEX) гібридної системи є вищими через купівлю кількох різнорідних генераторів, але чому операційні витрати (OPEX) та повна вартість володіння (*TCO - Total Cost of Ownership*) за 10 років будуть значно нижчими, ніж у чисто дизельної станції?

60. Екологічний баланс та зменшення викидів: Оцініть екологічний ефект від впровадження дублюючих вітро-дизельних систем. На скільки відсотків у середньому вдається знизити викиди вуглекислого газу (CO₂), оксидів азоту (NO_x) та твердих частинок (сажі) в локальну атмосферу у порівнянні з традиційним автономним дизельним живленням?

Питання 11. Структурна схема, принцип роботи, продуктивність та вартість автономних вітрогенераторів на акумуляторах. – 4 год.

1. Елементна база автономної ВЕУ: Накресліть або детально опишіть структурну схему повністю автономної системи. Які функції

виконують: вітрогенератор (генератор змінного або постійного струму), випрямляч, спеціалізований контролер заряду з функцією PWM або MPPT, акумуляторний банк та автономний інвертор (*Off-Grid*)?

2. Логіка роботи та керування зарядом: Як саме контролер заряду взаємодіє з вітрогенератором? Опишіть фізичний механізм захисту АКБ від перезаряду за допомогою баластного (дампового) опору (*Dump Load*). Чому не можна просто «відімкнути» вітрогенератор від акумулятора під час сильного вітру, як це робиться із сонячними панелями?

3. Режими розряду АКБ та глибина розряду (DoD): Як режим споживання навантаження впливає на життєвий цикл акумуляторів? Поясніть поняття «глибини розряду» (*DoD - Depth of Discharge*) та обґрунтуйте, чому для автономних ВЕУ використовують саме акумулятори глибокого розряду (*Deep Cycle* - гелеві, AGM або LiFePO_4), а не класичні автомобільні стартерні батареї.

4. Розрахунок місткості буфера та автономність системи: Опишіть інженерну методику розрахунку необхідної місткості акумуляторного банку (в А·год або кВт·год). Які коефіцієнти (коефіцієнт безпеки, ККД інвертора, температурний коефіцієнт) слід враховувати, щоб забезпечити задану кількість днів повної автономності об'єкта під час тривалого штилю (*days of autonomy*)?

5. Продуктивність в умовах автономного обмеження: Чому реальна корисна продуктивність автономної ВЕУ на акумуляторах часто є нижчою за її теоретичний потенціал генерації на даному майданчику? Як впливає ефект «повного заряду АКБ», коли контролер змушений скидати надлишкову енергію вітру на баластні тенти через відсутність поточного споживання на об'єкті?

6. Капітальні витрати та вартість заміни АКБ: Проаналізуйте техніко-економічну структуру вартості автономної системи. Яку частку в CAPEX займає акумуляторний банк? Чому при розрахунку тривалого економічного показника OPEX (або повної вартості володіння - TCO) саме періодична заміна акумуляторів (кожні 3 – 5 років для Lead-Acid або 10 – 12 років для Lithium) є головною статтею витрат і як це впливає на вартість одного кВт·год автономної енергії?

Питання 12. Сучасний "Зелений тариф" в Україні та шляхи його отримання.– 4 год.

7. Нормативно-правова база та обмеження за потужністю: Охарактеризуйте чинні законодавчі обмеження щодо максимальної встановленої потужності генеруючих установок приватних домогосподарств для отримання «зеленого» тарифу (до 30 кВт для СЕС та

до 50 кВт для ВЕС і комбінованих систем). До якого року за законом України гарантується викуп електроенергії за цією програмою?

8. Динаміка тарифних ставок та постанови НКРЕКП: Проаналізуйте, як змінювалися фіксовані ставки «зеленого» тарифу залежно від року введення об'єкта в експлуатацію. Які актуальні розцінки діють для СЕС до 30 кВт, введених у період з 2025 по 2029 роки, відповідно до діючих нормативних актів регулятора (зокрема, постанови НКРЕКП №498)?

9. Покроковий алгоритм оформлення («Шлях до тарифу»): Детально опишіть процедуру отримання «зеленого» тарифу для фізичної особи. Які етапи вона включає: від монтажу обладнання та подачі заяви-повідомлення до Оператора системи розподілу (ОСР) до підписання додаткової угоди з Постачальником універсальних послуг (ПУП)?

10. Технічні вимоги до комерційного обліку (АСКОЕ): Які жорсткі технічні вимоги висуваються до вузла обліку генеруючої установки? Опишіть призначення та принцип роботи двонаправленого лічильника з модулем дистанційної передачі даних (системи АСКОЕ/ЛУЗОД) і поясніть, чому без його встановлення продаж надлишків у мережу неможливий.

11. Трансформація ринку та перехід до Net Billing: Проаналізуйте паралельне впровадження механізму *Net Billing* (системи чистого обліку / самовиробництва) в Україні. У чому полягає його головна відмінність від класичного «зеленого» тарифу (продаж надлишків за ринковою ціною РДН на особовий рахунок замість фіксованої субсидованої ставки)? Хто з активних споживачів (бізнес, промисловість, нові домогосподарства) має право на участь у цій програмі?

12. Економічні ризики та проблема небалансів: З якими фінансовими та регуляторними викликами стикаються власники СЕС в Україні під час воєнного та поствоєнного стану (затримки виплат, обмеження генерації з боку НЕК «Укренерго» в пікові години)? Як концепція «відповідальності за небаланси» впливає на загальний термін окупності комерційних та приватних об'єктів фотоелектричної генерації?

Питання 13. Сонячні колектори для нагрівання води своїми руками. – 4 год.

13. Конструктивна анатомія саморобного плоского колектора: Опишіть детальний устрій та призначення основних елементів класичного плоского сонячного колектора, який можна виготовити в кустарних умовах (корпус/короб, теплоізоляція, абсорбер, трубний контур, прозоре захисне покриття). Які геометричні пропорції вважаються оптимальними?

14. Вибір матеріалів для абсорбера та трубного лабіринту: Проаналізуйте матеріали для виготовлення теплосприймальної пластини

(абсорбера) та зміювика (мідь, алюміній, сталь, полімерні труби PE-RT або PEX). Порівняйте їх за критеріями теплопровідності, тривалості експлуатації та технологічності збирання (пайка, зварювання, склеювання). Чому використання пластикових труб різко обмежує ККД та температурний режим геліоколектора?

15. Оптичні властивості та селективні покриття: Які вимоги висуваються до покриття абсорбера та прозорого верхнього шару короба? Чому звичайна чорна глянцева фарба є неефективною порівняно з матовою термостійкою фарбою? Які матеріали (віконне скло, загартоване скло, стільниковий або монолітний полікарбонат) найкраще підходять для світлопрозорої ізоляції за критеріями світлопропускання та стійкості до УФ-випромінювання?

16. Теплоізоляція короба та мінімізація втрат: Обґрунтуйте вибір термоізоляційного матеріалу (мінеральна вата, пінополістирол, пінополіуретан) для задньої та бічних стінок колектора. Які фізичні явища (конвекція, кондукція, випромінювання) спричиняють втрати тепла саморобного колектора у навколишнє середовище під час вітру чи низьких температур і як герметизація корпусу допомагає боротися з цим?

17. Гідравлічні схеми та термосифонний ефект: Опишіть принцип побудови самопливної (гравітаційної) геліосистеми, що працює на основі термосифонного ефекту (природної циркуляції води). Які жорсткі правила щодо взаємного просторового розташування бака-акумулятора і сонячного колектора, а також ухилів труб необхідно витримати, щоб система стабільно працювала без циркуляційного насоса?

18. Розрахунок площі та захист від критичних режимів: За якими базовими параметрами розраховується необхідна площа саморобного колектора (об'єм бака для гарячої води, бажана температура нагріву, рівень інсоляції)? З якими загрозами (замерзання води взимку, закипання та стагнація влітку, утворення конденсату всередині короба) стикається конструктор-аматор і які прості інженерні рішення допомагають захистити саморобну геліосистему?

Питання 14. Структурна схема, принцип роботи, продуктивність та вартість сонячних геліосистем. – 4 год.

19. Елементний склад промислової геліосистеми: Накресліть або детально опишіть структурну схему двоконтурної геліосистеми примусової циркуляції. Які функції виконують: масив сонячних колекторів, насосна станція, геліоконтролер, датчики температури (Pt1000), бак-непрямого нагріву (бойлер з одним або двома теплообмінниками) та мембранний розширювальний бак?

20. Плоскі проти Вакуумних колекторів (Heat Pipe): Проаналізуйте конструктивну та принципову відмінність між високоефективними плоскими селективними колекторами та вакуумними трубчатими колекторами з тепловими трубками (*Heat Pipe*). За яких погодних умов та температурних режимів кожен тип демонструє максимальну ефективність? Чому вакуумні колектори є більш продуктивними взимку в умовах клімату України?

21. Фізика теплоносія та захист від стагнації: Які вимоги висуваються до теплоносія першого (гелію) контуру? Чому використання звичайної води заборонено і які особливості застосування розчинів пропіленгліколю? Опишіть фізичну сутність процесу *стагнації* (закипання) геліосистеми влітку за відсутності теплоспоживання: які температурні та тискові навантаження діють на обладнання і як автоматика контролера запобігає руйнуванню системи?

22. Методика розрахунку теплової продуктивності: Як оцінюється корисна теплова продуктивність геліосистеми (у кВт·год) за місяць або рік? Як на цей показник впливає орієнтація колекторів по сторонах світу, оптимальний кут нахилу до горизонту (чому кут нахилу для зимового використання має бути більшим на 15-20° за географічну широту) та загальний оптичний ККД колектора?

23. Капітальні витрати (CAPEX) та порівняльна вартість обладнання: Проаналізуйте структуру вартості геліосистеми «під ключ» для комерційного об'єкта (наприклад, готелю, лікарні або виробництва). Яку частку у CAPEX займають самі колектори, а яку - баки-акумулятори, насосні групи та монтажні матеріали? Порівняйте ринкову вартість європейського та азійського обладнання за критерієм «ціна/надійність».

24. Економіка заміщення традиційного палива: Опишіть методику оцінки економічної ефективності геліосистеми через обсяг заміщеного палива (природного газу, електроенергії чи твердого палива). Яким є середній термін окупності промислової геліосистеми для гарячого водопостачання в Україні в умовах чинних тарифів на енергоносії для підприємств?

Питання 15. Потенціал малої гідроенергетики України. – 4 год.

25. Гідрологічний потенціал та класифікація малих річок: Дайте визначення поняттям «мала ГЕС», «міні-ГЕС» та «мікро-ГЕС» відповідно до класифікації, прийнятої в Україні. Який загальний техніко-економічний потенціал малих річок країни (в МВт чи млрд кВт·год/рік) і як він оцінюється в розрізі сучасного гідрологічного кадастру?

26. Географічний розподіл гідроресурсів: Проаналізуйте географічну карту гідроенергетичного потенціалу України. Чому Карпатський регіон (Закарпатська, Івано-Франківська, Чернівецька, Львівська області) та регіон Центрального Поділля (басейни Південного Бугу та Дністра) мають найвищі показники, і які перспективи використання малих водотоків на рівнинній частині України?

27. Конструктивні типи об'єктів малої гідроенергетики: Порівняйте між собою *греблеві (руслові), пригреблеві та дериваційні* малі ГЕС. Чому для гірських річок Карпат із великими похилами русла найбільш технологічно та екологічно виправданим є саме будівництво дериваційних ГЕС із використанням дериваційних труб або каналів?

28. Сучасне низьконапірне обладнання та гідротурбіни: Які типи гідравлічних турбін (Каплана, Френсіса, Пелтона, Банкі-Мічелла) використовуються на вітчизняних малих ГЕС? Які інноваційні низьконапірні технології (наприклад, гвинтові турбіни Архімеда чи занурювальні капсульні агрегати) дозволяють генерувати енергію на малих падіннях води (до 1.5–3 метрів) без значного перекриття русла?

29. Екологічні обмеження та конфлікт інтересів: Проаналізуйте, чому будівництво нових малих ГЕС в Україні часто викликає гострі дискусії та супротив екологічних організацій та місцевих громад. Які жорсткі вимоги висуваються екологічним законодавством України щодо збереження «санітарного стоку» (екологічних витрат води) в руслах річок нижче за течією після водозабору?

30. Економіка та інтеграція в локальні розподільчі мережі: Охарактеризуйте роль малих ГЕС як класичних джерел розосередженої генерації. Які техніко-економічні переваги вони дають для енергозабезпечення віддалених гірських населених пунктів або локальних промислових об'єктів? Яким є середній термін окупності малої ГЕС в Україні в умовах сучасних регуляторних правил ринку?

Питання 16. Структурна схема, принцип роботи, продуктивність та вартість малих ГЕС в Україні. – 4 год.

31. Елементна архітектура малої ГЕС: Опишіть детальну структурну схему дериваційної або пригреблевої малої ГЕС. Які функції виконують: водозабірний споруда (аванкамера), сміттєутримувальні решітки, дериваційний трубопровід (або канал), напірна засувка, гідротурбінний агрегат, система автоматичного регулювання частоти обертання та відвідний канал?

32. Електрична схема та синхронізація з розподільчою мережею: Які типи генераторів (асинхронні чи синхронні) найчастіше використовуються на малих ГЕС в Україні? Опишіть принцип роботи системи видачі потужності: як здійснюється підвищення напруги через локальний трансформатор (0.4/10 кВ або 0.4/35 кВ) та захист об'єкта від аварійних режимів у централізованій мережі (наприклад, при зникненні напруги в зовнішній мережі)?

33. Гідралічний напір та регулювання виробітку: Поясніть, як розраховується номінальна потужність малої ГЕС на основі двох головних чинників: розрахункової витрати води (Q , м³/с) та чистого напору (H , м). Які системи регулювання (наприклад, зміна кута повороту лопаток направляючого апарату або робочого колеса турбіни Каплана) дозволяють станції підтримувати високий ККД при сезонних змінах рівня води в українських річках?

34. Розрахунок річної продуктивності за графіком гідрографа: Опишіть методику прогнозування річного виробітку електроенергії малої ГЕС. Чому для цього необхідно будувати криву тривалості витрат води (на основі багаторічних спостережень за конкретним водотоком) і як враховується період літньої та зимової межени (маловоддя), характерний для малих річок України?

35. Структура капітальних витрат (CAPEX) вітчизняних проєктів: Проаналізуйте структуру інвестицій у будівництво малої ГЕС «під ключ» в Україні. Яку частку у CAPEX займають гідротехнічні та будівельні роботи (особливо у гірській місцевості), а яку - вартість силового та гідросилового обладнання? Порівняйте економічну доцільність відновлення зруйнованих/закинутих малих ГЕС (радянського періоду) та будівництва нових об'єктів на дериваційних схемах.

36. Операційні витрати (OPEX) та терміни окупності: Що входить до складу операційних витрат сучасної малої ГЕС? Оскільки більшість нових об'єктів повністю автоматизовані і працюють без постійної присутності персоналу (дистанційний моніторинг), як це впливає на OPEX? Яким є середній термін окупності таких об'єктів в Україні з урахуванням сучасних тарифних моделей?

Питання 17. Структурна схема, принцип роботи, продуктивність та вартість малих ГЕС за кордоном. – 4 год.

37. Інноваційні закордонні технологічні схеми: Опишіть структурні схеми та принципи роботи новітніх типів мікро- та міні-ГЕС, які активно впроваджуються за кордоном (наприклад, технологія *Turbulent* - безреблеві ГЕС на базі штучного водяного вихору, або контейнерні

готові рішення *Plug-and-Play*). Які їхні конструктивні переваги для швидкого монтажу?

38. Цифровізація та повністю автономне керування: Як на сучасних малих ГЕС у країнах ЄС та США реалізується концепція *Unmanned Operation* (робота без обслуговуючого персоналу)? Яку роль відіграють хмарні SCADA-системи, штучний інтелект для прогнозування паводків та інтернет речей (IoT) у забезпеченні максимальної безпеки та надійності роботи закордонних об'єктів?

39. Гідродинаміка та закордонні стандарти ККД: Проаналізуйте, за рахунок яких матеріалів та технологій закордонним виробникам гідросилового обладнання (наприклад, *Voith, Andritz Hydro, Cink Hydro-Energy*) вдається підтримувати ККД мікротурбін на рівні понад 90-93% навіть у режимах мінімальної витрати води.

40. Світові методики розрахунку екологічного стоку: Які міжнародні екологічні стандарти (наприклад, директиви ЄС щодо відновлення природного стану річок або стандарти США *Low Impact Hydropower Institute - LIHI*) регулюють діяльність малих ГЕС за кордоном? Опишіть закордонні підходи до розрахунку динамічного екологічного попуску, який змінюється залежно від сезону, на відміну від фіксованого «санітарного стоку».

41. Структура CAPEX та порівняльний аналіз вартості: Якою є середня вартість 1 кВт встановленої потужності малої ГЕС у країнах Європи, США та Китаю? Чому європейський CAPEX є значно вищим (через надсуперві екологічні вимоги, будівництво капітальних підземних дериваційних тунелів та дорогі системи рибиходів) і як це компенсується тривалістю експлуатації обладнання?

42. Міжнародні фінансові моделі та інвестиційний клімат: Які економічні механізми стимулювання малої гідроенергетики використовуються за кордоном (наприклад, податкові пільги *Investment Tax Credit* у США, довгострокові контракти *PPA* або системи «зелених сертифікатів» в ЄС)? Яким є середній інвестиційний термін окупності проєктів малих ГЕС у розвинених країнах?

Питання 18. Нетрадиційні типи генераторів для трансформації енергії вітру. – 4 год.

43. Безлопатеві вітрогенератори на основі коливальних (Vortex Bladeless): Опишіть принцип роботи безлопатевих вітрогенераторів, які використовують явище *вихрового розходження* (аеродинамічного резонансу). Як коливання вертикальної щогли під дією вітру

перетворюються на електричну енергію за допомогою магнітних лінійних генераторів?

44. Вітрогенератори на основі флаттеру (Windstall): Що таке аеродинамічний флаттер і як цей фізичний ефект, який раніше вважався суто руйнівним для авіації, використовується в нетрадиційній вітроенергетиці? Опишіть будову та принцип дії гнучких вітрогенераторів-«стебел», що генерують струм завдяки п'єзоелектричним матеріалам під час розгойдування вітром.

45. Повітряні (висотні) вітрогенератори (Airborne Wind Energy - AWE): Проаналізуйте концепцію висотної вітроенергетики з використанням керованих повітряних зміїв (кайтів) або дронів, закріплених на тросах. Чому вітер на висотах понад 300–500 метрів є значно ефективнішим для генерації і за якими схемами (генерація на землі за рахунок натягу троса чи генерація в повітрі мікротурбінами) працюють такі системи?

46. Турбіни з концентруванням потоку (лінзові та дифузорні вітряки): Опишіть конструкцію вітрогенераторів, навколо ротора яких встановлено спеціальний захисний кожух або дифузор (лінза). Як за законами аеродинаміки такий пристрій дозволяє штучно збільшити швидкість повітряного потоку, що проходить через лопаті, і як це впливає на коефіцієнт використання енергії вітру (C_p)?

47. Ротори Угринського та інші маловідомі форми: Охарактеризуйте геометрію та аеродинамічні переваги ротора Угринського (різновид вертикально-осьового вітряка з внутрішнім перетіканням повітряного потоку). Чому такі нетрадиційні конструкції демонструють високий крутний момент при наднизьких швидкостях вітру і є надзвичайно стійкими до різких змін його напрямку?

48. Порівняльний техніко-економічний аналіз нетрадиційних ВЕУ: Порівняйте класичні трьохлопатеві вітряки та нетрадиційні системи (наприклад, *Vortex Bladeless*) за такими критеріями: матеріаломісткість, простота обслуговування (через відсутність деталей, що обертаються і труться), рівень інфразвукового шуму, безпека для орнітофауни та питома вартість одного вата встановленої потужності. Чому більшість із цих технологій досі знаходяться на стадії стартапів або дослідних зразків?

Питання 19. Особливості ДВС для споживання біопалива. – 4 год.

49. Фізико-хімічні відмінності біопалива від нафтопродуктів: Порівняйте фізико-хімічні властивості біоетанолу з бензином та біодизелем з нафтовим дизельним паливом за такими критеріями: цетанове та октанове числа, теплотворна здатність (нижча теплота згорання),

в'язкість, густина та вміст кисню в молекулі палива. Як ці відмінності впливають на робочий процес у циліндрі ДВЗ?

50. Особливості роботи ДВЗ на біоетанолі (Flex-Fuel): Які технічні модифікації необхідні бензиновому ДВЗ для надійної роботи на сумішах із високим вмістом спирту (наприклад, паливі E85 або E100)? Опишіть роботу датчика складу палива (*Fuel Composition Sensor*) та принципи коригування кута випередження запалювання й часу впорскування блоком керування двигуном (ЕБУ).

51. Хімічна агресивність та матеріалознавчі виклики: Чому використання біоетанолу та біодизелю вимагає заміни стандартних конструкційних матеріалів паливної системи двигуна? Охарактеризуйте проблеми корозії алюмінієвих та мідних деталей, а також деструкції (розчинення, втрати еластичності) гумових ущільнювачів, шлангів та пластикових елементів під дією біопалива.

52. Адаптація дизельних ДВЗ під біодизель та рослинні олії: Опишіть проблеми, що виникають при тривалій експлуатації дизельного ДВЗ на чистому біодизелі (FAME) або сирих рослинних оліях (висока в'язкість, закоксування форсунок, розрідження моторної оливи, проблеми з холодним пуском взимку). Які системи підігріву палива та двопаливні схеми (*Dual-Fuel*) використовуються для подолання цих проблем?

53. Конверсія ДВЗ на біогаз та біометан: Опишіть конструктивні особливості газових двигунів або конвертованих ДВЗ для роботи на компресованому біометані чи очищеному біогазі. Які вимоги висуваються до ступеня очищення біогазу від сірководню (H_2S) та вологи перед подачею в ДВЗ для запобігання прискореному зносу циліндропоршневої групи та моторної оливи?

54. Екологічні показники та токсичність відпрацьованих газів: Проаналізуйте зміну екологічного профілю ДВЗ при переході на біопаливо. Як наявність зв'язаного кисню в структурі біопалива впливає на повноту згоряння та викиди чадного газу (CO), незгорілих вуглеводнів (HC) та твердих частинок (сажі)? Чому при цьому можуть дещо зростати викиди оксидів азоту (NOx) і як із цим борються в сучасних екологічних системах очищення вихлопу?

Питання 20. Споживання електроенергії приватними садибами та його розрахунок. – 4 год.

55. Структура та категорії побутових споживачів: Проаналізуйте основні групи електроспоживачів у сучасній приватній садибі. Як вони класифікуються за характером навантаження (освітлення, побутова

техніка, силові установки, кліматичне обладнання/опалення) та за режимом роботи (тривалі, короткочасні, циклічні)?

56. Встановлена проти Максимальної одночасної потужності: У чому полягає принципова інженерна відмінність між сумарною встановленою потужністю всіх електроприладів у будинку (P_{vst}) та максимально-очікуваною піковою потужністю (P_{max})? Що таке коефіцієнт одночасності (K_0), від чого залежить його значення і чому він завжди менший за одиницю?

57. Методика побудови добового графіка навантаження: Опишіть алгоритм складання та побудови добового графіка споживання потужності приватної садиби (з годинною дискретизацією). Чому для розрахунку автономної системи (наприклад, автономної СЕС на АКБ) необхідно обов'язково розрізняти літній та зимовий профілі добового графіка споживання?

58. Розрахунок пускових струмів та реактивної потужності: Які побутові прилади мають високі пускові струми (насоси водопостачання, компресори холодильників та кондиціонерів, інструменти з асинхронними двигунами)? Як наявність реактивної складової (коефіцієнта потужності $\cos\varphi$) у таких приладах впливає на розрахунок і підбір пікової потужності інвертора автономної чи гібридної системи?

59. Енергоаудит та оцінка середньодобового споживання (кВт·год): Опишіть методику проведення експрес-енергоаудиту приватного будинку. Як на основі рахунків за електроенергію, показань лічильника або розрахункових таблиць енергоємності приладів визначити середньодобове та середньомісячне споживання енергії для правильного масштабування накопичувачів (АКБ)?

60. Керування попитом (Demand Side Management) та оптимізація: Які існують організаційні та технічні методи оптимізації енергоспоживання в садибі (використання енергоефективної техніки класу A+++; перехід на багатотарифний облік «день/ніч»)? Як концепція «розумного будинку» (Smart Home) дозволяє автоматично зміщувати роботу енергоємних приладів (бойлерів, пральних машин, зарядних пристроїв електромобілів) на години максимальної генерації сонячної чи вітрової станції, знижуючи навантаження на акумулятори?

5. ПОЛІТИКА ДИСЦИПЛІНИ

Академічна доброчесність/норми академічної етики .
Очікується, що здобувачі будуть дотримуватися принципів академічної доброчесності, усвідомлювати наслідки її порушення. Здобувач вищої

освіти має дотримуватись «Кодексу академічної доброчесності», який визначає цінності, якими керуються учасники університетської спільноти Центральноукраїнського національного технічного університету і встановлює етичні норми відносин в академічному середовищі.

Відвідування занять

Регулярна присутність на заняттях є невід'ємною частиною навчального процесу. Передбачається, що всі студенти братимуть участь у лекціях та практичних заняттях цього курсу.

Пропущені контрольні заходи

Завдання з теми, подане після встановленого строку виконання, не підлягає оцінюванню.

Позааудиторні заняття

Передбачено можливість в межах вивчення навчальної дисципліни виїзних занять – участь в конференціях, форумах, круглих столах тощо. Поведінка на заняттях Недопустимість: запізнь на заняття, прояви академічної недоброчесності, несвоєчасне виконання поставленого завдання. Під час організації освітнього процесу в Центральукраїнському національному технічному університеті здобувачі, викладачі та адміністрація діють відповідно до: Положення про організацію освітнього процесу в ЦНТУ; Положення про організацію вивчення вибіркового навчальних дисциплін у Центральукраїнському національному технічному університеті; Положення про систему забезпечення якості 21 освітньої діяльності та якості вищої освіти у ЦНТУ; Положення про рубіжний контроль успішності та сесійну атестацію здобувачів вищої освіти Центральноукраїнського національного технічного університету; Положення про дотримання академічної доброчесності НПП та здобувачами вищої освіти ЦНТУ; Положення про критерії оцінювання ЦНТУ.

6. СИСТЕМА ПОТОЧНОГО Й ПІДСУМКОВОГО ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ

Методи навчання

Під час опанування навчальних компонентів застосовують такі методи навчання залежно від джерел отримання знань:

словесні – лекція, пояснення, розповідь, інструктаж;

наочні – ілюстрування та демонстрація;

практичні – виконання практичних робіт і розв'язання задач.

За логічним підходом до пізнання використовують методи: аналітичний, синтетичний, аналітико-синтетичний, індуктивний і дедуктивний.

З огляду на ступінь самостійності мислення застосовують такі методи: проблемний, частково-пошуковий та дослідницький.

Методи контролю

Система внутрішнього забезпечення якості вищої освіти включає наступні види контролю: самоконтроль, вхідний, поточний та семестровий, ректорський контроль залишкових знань, підсумковий контроль та атестацію здобувачів вищої освіти. Для курсу «Виробництво та розподіл електроенергії» застосовують у період навчання самоконтроль, вхідний, поточний та семестровий контроль, у вигляді семестрового екзамену.

Самоконтроль призначений для самооцінки здобувачами вищої освіти якості засвоєння навчального матеріалу з розділу або теми дисципліни. З цією метою в методичних вказівках передбачаються питання для самоконтролю а на сайті дистанційної освіти ЦНТУ розміщені тести для самоконтролю.

Вхідний контроль проводиться на початку вивчення дисципліни. За результатами вхідного контролю розробляються заходи з надання необхідної індивідуальної допомоги, організації додаткових занять і консультацій.

Поточний контроль здійснюється протягом семестру під час проведення аудиторних занять і оцінюється сумою набраних балів за навчальний семестр. Основне завдання поточного контролю - перевірка рівня підготовки здобувачів вищої освіти до виконання конкретної роботи

на занятті та засвоєння навчального матеріалу. Основна мета - забезпечення зворотного зв'язку між науково-педагогічними працівниками та здобувачами вищої освіти денної форми навчання.

Критерії поточного оцінювання знань здобувачів вищої освіти приведені в табл. 1

Доповнення до усної відповіді:

2 бали - отримують здобувачі вищої освіти, які глибоко володіють матеріалом, чітко визначили його зміст; зробили глибокий системний аналіз змісту відповіді, виявили нові ідеї та положення, що не були розглянуті, але суттєво впливають на зміст відповіді, надали власні аргументи щодо основних положень даної теми;

1 бал - отримують здобувачі вищої освіти, які виклали матеріал з обговорюваної теми, що доповнює зміст виступу, поглиблює знання з цієї теми та висловили власну думку.

Суттєві запитання до доповідачів:

1 бал - отримують студенти, які своїм запитанням до виступаючого суттєво і конструктивно можуть доповнити хід обговорення теми;

0,5 балів - отримують здобувачі вищої освіти, які у своєму запитанні до виступаючого вимагають додаткової інформації з ключових проблем теми, що розглядається.

Таблиця 1 – Критерії поточного оцінювання знань здобувачів вищої освіти

Усний виступ, письмове завдання, тестування (бали)	Критерії оцінювання
5	В повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно самостійно та аргументовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, використовуючи при цьому обов'язкову та додаткову літературу. Правильно вирішив усі тестові завдання.
4	Достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, в основному розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, використовуючи при цьому обов'язкову літературу. Але при викладанні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки. Правильно вирішив більшість тестових завдань.

3	В цілому володіє навчальним матеріалом викладає його основний зміст під час усних виступів та письмових відповідей, але без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, без використання необхідної літератури допускаючи при цьому окремі суттєві неточності та помилки. Правильно вирішив половину тестових завдань.
2	Не в повному обсязі володіє навчальним матеріалом. Фрагментарно, поверхово (без аргументації та обґрунтування) викладає його під час усних виступів та письмових відповідей, недостатньо розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, допускаючи при цьому суттєві неточності, правильно вирішив меншість тестових завдань.
1	Частково володіє навчальним матеріалом не в змозі викласти зміст більшості питань теми під час усних виступів та письмових відповідей, допускаючи при цьому суттєві помилки. Правильно вирішив окремі тестові завдання.
0	Не володіє навчальним матеріалом та не в змозі його викласти, не розуміє змісту теоретичних питань та практичних завдань. Не вирішив жодного тестового завдання.

Експрес-контроль:

1 бал - нараховуються здобувачам вищої освіти, які вільно володіють усім навчальним матеріалом, орієнтуються в темі та аргументовано висловлюють свої думки;

0,5 балів - отримують здобувачі вищої освіти, які частково володіють матеріалом та можуть окреслити лише деякі проблеми теми.

Ведення опорного конспекту лекцій:

Опорний конспект лекції (ОКЛ) - вид навчально-методичного посібника, в якому у стисло і системно викладено основний теоретичний матеріал у формі основних понять і положень, що структурно й логічно пов'язані між собою. Кожен здобувач повинен мати ОКЛ на лекціях і вести в ньому записи власноруч. Під час аудиторної роботи з ОКЛ здобувачі вищої освіти записують основні тези лекції та пояснення викладача. Під час самостійної роботи рекомендується доповнити записи лекції.

1 бал - нараховується здобувачам вищої освіти, які в повному обсязі самостійно і творчо опрацювали всі питання лекції і вільно володіють її змістом;

0,5 балів - нараховується здобувачам вищої освіти, які опрацювали лише окремі питання лекції і не достатньо вільно володіють її змістом.

Семестровий підсумковий контроль проводиться з метою визначення рівня результатів навчання за дисципліною у формі екзамену. Здобувач вищої освіти вважається допущеним до підсумкового контролю з навчальної дисципліни «Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії», якщо він виконав усі види робіт, передбачені навчальним планом.

Підсумкова (загальна оцінка) курсу навчальної дисципліни є сумою рейтингових оцінок (балів), одержаних за окремі оцінювані форми навчальної діяльності: поточне та підсумкове тестування рівня засвоєння теоретичного матеріалу під час аудиторних занять та самостійної роботи; оцінка (бали) за виконання практичних індивідуальних завдань. Підсумкова оцінка виставляється після повного вивчення навчальної дисципліни, яка виводиться як сума проміжних оцінок за змістові модулі. Остаточна оцінка рівня знань складається з рейтингу з навчальної роботи, для оцінювання якої призначається 60 балів, і рейтингу з атестації (екзамен) - 40 балів.

За системою ЦНТУ	За шкалою ECTS	За національною системою	Визначення
90-100	A	5 (відмінно)	Повно та ґрунтовно засвоїв всі теми навчальної програми вміє вільно та самостійно викласти зміст всіх питань програми навчальної дисципліни, розуміє її значення для своєї професійної підготовки, повністю виконав усі завдання кожної теми та рубіжного контролю в цілому. Брав участь в олімпіадах, конкурсах, конференціях.
82-89	B	4 (дуже добре)	Недостатньо повно та ґрунтовно засвоїв окремі питання робочої програми. Вміє самостійно викласти зміст основних питань програми навчальної дисципліни, виконав завдання кожної теми та рубіжного контролю в цілому.

74-81	C	4 (добре)	Недостатньо повно та ґрунтовно засвоїв деякі теми робочої програми, не вмів самостійно викласти зміст деяких питань програми навчальної дисципліни. Окремі завдання кожної теми та рубіжного контролю в цілому виконав не повністю.
64-73	D	3 (задовільно)	Засвоїв лише окремі теми робочої програми. Не вмів вільно самостійно викласти зміст основних питань навчальної дисципліни, окремі завдання кожної теми рубіжного контролю не виконав.
60-63	E	3 (достатньо)	Засвоїв лише окремі питання навчальної програми. Не вмів достатньо самостійно викласти зміст більшості питань програми навчальної дисципліни. Виконав лише окремі завдання кожної теми та рубіжного контролю в цілому.
< 60	F x	2 (незадовільно)	Не засвоїв більшості тем навчальної програми не вмів викласти зміст більшості основних питань навчальної дисципліни. Не виконав більшості завдань кожної теми та рубіжного контролю в цілому.

Семестровий залік проводять відповідно до розкладу екзаменаційної сесії.

ВИСНОВОК

Методичні вказівки з організації самостійної роботи здобувачів з навчальної дисципліни «Джерела розосередженої генерації енергії» розроблені відповідно до вимог освітньо-професійної програми (ОПП) першого (бакалаврського) рівня вищої освіти «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Самостійна робота у межах цієї дисципліни є невід'ємною частиною освітнього процесу і становить вагомий частку загального навчального часу. Запропонований комплекс набору наскрізних питань для самостійного вивчення охоплює повний спектр сучасних знань: від національної нормативно-правової бази та систем стимулювання (*Net Billing*, «зелений» тариф) до глибокого інженерного аналізу структурних схем, принципів роботи, продуктивності та фінансово-екологічних показників мережевих, автономних та гібридних об'єктів децентралізованої генерації (СЕС, ВЕС, ГеоТЕС, БГУ, малих ГЕС, накопичувачів енергії та нетрадиційних систем).

У результаті опрацювання теоретичного матеріалу, виконання розрахунково-аналітичних завдань та підготовки підсумкового звіту із самостійної роботи, здобувач вищої освіти третього курсу (G3) має продемонструвати такі результати навчання (РН), що інтегровані у загальні та спеціальні компетентності ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»..

ПІСЛЯ ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧ ЗНАЄ ТА ВМІЄ:

Теоретична база та розуміння технологій

Закони та правила енергоринку: Ти розберешся в актуальних законах України та Європейського Союзу, які регулюють «зелену» енергетику. Зрозумієш, за якими правилами (*Grid Codes*) нові приватні чи промислові електростанції підключаються до єдиної енергомережі країни.

Фізика процесів «під капотом»: Ти чітко зрозумієш фізичні, хімічні та теплові принципи, на яких працює сучасне обладнання: від сонячних панелей та вітряків до водневих паливних елементів, літєвих акумуляторів та теплових насосів.

Устрій та схеми обладнання: Ти навчишся «читати» внутрішню будову та електричні схеми видачі потужності для різних типів станцій. Побачиш, як взаємодіють кілька різних джерел енергії (наприклад, вітряк, дизель-генератор та акумулятори) всередині однієї замкненої автономної системи (*Microgrid*).

Практичні інженерні навички:

Енергоаудит та підбір обладнання: Ти зможеш самостійно оцінити споживання приватного будинку чи невеликого підприємства. Навчишся будувати графіки навантаження по годинах і правильно обирати потужність інвертора, враховуючи важкі пускові струми побутової техніки (насосів, кондиціонерів тощо).

Прогнозування генерації: Ти навчишся розраховувати, скільки реальних кіловат-годин за рік здатна видати конкретна сонячна, вітрова чи мала гідроелектростанція. Для цього ти поєднаєш технічні паспорти обладнання з реальними кліматичними даними місцевості (рівнем сонця, статистикою вітрів чи графіком розливу річок).

Економічні розрахунки: Ти опануєш базову економіку енергетичних проєктів. Навчишся рахувати стартові інвестиції (CAPEX), майбутні витрати на обслуговування (OPEX), визначати реальну собівартість одного кВт·год (LCOE) та прогнозувати, за скільки років окупиться станція в умовах сучасного ринку.

Екологічна свідомість та робота з інформацією

Критичний погляд на «зелений» слід: Ти навчишся оцінювати повний життєвий цикл технологій і бачити приховані екологічні виклики. Сюди належать: складність рециклінгу сонячних панелей, утилізація пластикових лопатей вітряків, вплив гребель малих ГЕС на річкову рибу, ризики мікроземлетрусів від геотермальних свердловин та якість вихлопу двигунів на біопаливі.

Навички інженерного пошуку: Ти навчишся самостійно шукати та аналізувати складну технічну інформацію. Зможеш вільно орієнтуватися в актуальних постановках регулятора (НКРЕКП), користуватися інженерними довідниками та професійними базами даних виробників обладнання.

Резюме для здобувача: Самостійна робота з даного курсу трансформує теоретичні знання лекційного матеріалу у практичний інструментарій інженера-енергетика. Набуті компетентності дозволять майбутнім фахівцям успішно вирішувати завдання з проєктування, експлуатації та автоматизації об'єктів децентралізованої генерації, що є критично важливим для відбудови, декарбонізації та забезпечення енергетичної незалежності і стійкості енергосистеми України.

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України Про альтернативні джерела енергії. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15>
2. Конспект лекцій по дисципліні «Джерела енергії» для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 141 Електротехніка, електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Укл. А.Ю. Орлович. – Кропивницький: ЦНТУ, 2019. – 70 с
3. Альтернативні джерела енергії та технології їх використання: підруч. / [Клименко В. В., Солдатенко В. П., Плешков С. П., Скрипник О. В., Саченко А.І.]; за редакцією доктора технічних наук, професора Клименка В. В. – М-во освіти і науки України, Центральноукр. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : ПП Ексклюзив-Систем, 2023. – 268с.
4. Конспект лекцій з дисципліни „Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії” для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Укл.Клименко В.В.,Солдатенко В.П.- Кропивницький ЦНТУ, 2018. - 61с.-електронний варіант.
5. Відновлювана енергетика в аграрному виробництві [Скидан О.В., Голуб Г.А., Кухарець С.М., Ярош О.Д., Чуба В.В., Медведський О.В.,

Цивенкова Н.М., Соколовський О.Ф., Кухарець В.В.]; за ред. О.В. Скидана і Г.А. Голуба. Житомир. ЖНАЕУ, 2018. – 338 с.

6. Відновлювані джерела електричної енергії в структурах систем електропостачання залізорудних підприємств (аналіз, перспективи, проекти). Монографія / Бойко С.М., Сінчук І.О., Караманиць Ф.І. [та ін.]; під ред. Сінчука О.М. – Кривий Ріг, 2017. – 152 с.

7. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с.

8. Енергетична стратегія України до 2035 року: «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». // Сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua>.

9. Енергозбереження та використання поновлюваних джерел енергії. Частина I / Уклад.: О.П. Голик, Р.В. Жесан, І.В. Волков [та ін.]. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2020 – 192 с.

10. Ковальов, І.О. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії України: навч. посіб. / І.О. Ковальов, О.В. Ратушний. – Суми: СумДУ, 2016. - 201 с.

11. Комплексне використання відновлюваних джерел енергії [Текст] : підручник / Бойко С. М. [та ін.] ; під ред. д-ра техн. наук, проф. Сінчука О. М.-Кременчук : Щербатих О. В. [вид.], 2021. - 202 с.

12. Немикіна О.В. Поновлювальні та альтернативні джерела енергії. Для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»: навч. посібник / О.В. Немикіна – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 188 с.

13. Низькопотенційні та альтернативні джерела енергії. Навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА Енергетичного напрямку всіх форм навчання/ Укладачі: Бердищев М.Ю, Чейлитко А.О., Назаренко О.М. Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2015. – 270 с.

14. Основи вітроенергетики: підручник / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, Н. Нойбергер, Д. Ципленков. – Дніпропетровськ: НГУ, 2015. – 335 с.

15. Сегеда М.С. Нетрадиційні та відновлювані джерела електроенергії: навч. посібник / М.С. Сегеда, М.Й. Олійник, О.Б. Дудурич. – Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2019. – 204 с.

16. Синєглазов В. М. Відновлювальна енергетика: навчальний посібник / В.М.Синєглазов, О. А. Зеленков, Ш. І. Аскеров, Б. І. Дмитренко

– К.: НАУ, 2015. – 278с.

17. Сиротюк С.В. Альтернативні джерела енергії. Енергія вітру: Навч.посіб. / С.В. Сиротюк, В.М. Боярчук, В.П. Гальчак. – Львів: «Магнолія 2006», 2018. – 182 с.

18. Сонячна енергетика: теорія та практика : монографія / Й. С. Мисак, О. Т.Возняк, О. С. Дацько, С. П. Шаповал ; Нац. ун-т «Львівська політехніка». – Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2014. – 340 с.

19. І.О. Сінчук, С.М. Бойко Системи накопичення електричної енергії. Підручник / І.О. Сінчук, С.М. Бойко; під ред. доктора технічних наук, професора О.М. Сінчука. – Кривий Ріг, 2020. – 219 с.

20. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с.

21. Електроенергетика України. Структура, керування, інновації : монографія / І. В. Хоменко, О. А. Плахтій, В. П. Нерубацький, І. В. Стасюк. – Харків: НТУ «ХП», ТОВ «Планета-Прінт», 2020. – 132 с.

22. Електричне обладнання підстанцій систем електропостачання / [Орлович А.Ю., Плешков П.Г., Козловський О.А., Співак О.В., Котиш А.І., Величко Т.В.]; М-во освіти і науки України, Центральноукр. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : Видавець Лисенко В.Ф., 2019. – 272 с.

23. Електрична частина станцій та підстанцій: курс лекцій [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/уклад.: О.В. Остапчук, П.Л. Денисюк, Ю.П. Матеєнко/КПІ ім. Ігоря Сікорського, – Електронні текстові дані (1 файл: 4,62 Мбайт). – Київ: КПІ ім Ігоря Сікорського, 2022. – 183 с.

24. Особливості роботи генераторів ВЕС та міні-ГЕС. Контрольні питання, розрахункове завдання і методичні вказівки з дисципліни «Електричні генератори ВЕС та міні-ГЕС» для магістрантів за фахом 141 «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка» за спеціалізацією «Електричні машини» / Укладачі: Шевченко В. В., Єгоров А. В. – Харків: НТУ «ХП», 2020. – 28 с.

25. Альтернативні джерела енергії та технології їх використання: підруч. / [Клименко В. В., Солдатенко В. П., Плешков С. П., Скрипник О. В., Саченко А.І.]; за редакцією доктора технічних наук, професора Клименка В. В. – М-во освіти і науки України, Центральноукр. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : ПП Ексклюзив-Систем, 2023. – 268с.

26. Альтернативні енергоресурси. Вступ до спеціальності: навчальний посібник / С.В. Бойченко, А.В. Яковлева, О.О. Вовк, Казимир Лейда, С.Й. Шаманський; за заг. редакцією С.В. Бойченка. – К.: НАУ, 2021. – 397 с.