

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки**

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ОК 22 «ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ГЕНЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ»**

ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ	14 Електрична інженерія
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
РІВЕНЬ ВИЩОЇ ОСВІТИ	Перший (бакалаврський)
ФАКУЛЬТЕТ	Агробіотехнологічний

Робоча програма з навчальної дисципліни «Відновлювані джерела генерування електроенергії» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Укладачі: М. І. Трегуб, Біла Церква: БНАУ, 2022. 21 с.

Розробники: М. І. Трегуб, доктор техн. наук, професор

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

Протокол № 1 від 29.08.2022 р.

Завідувач кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, професор

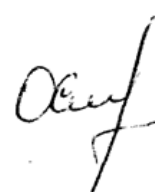


М. І. Трегуб

Схвалено методичною комісією агробіотехнологічного факультету

Протокол № 1 від 31.08.2022 р.

Голова методичної комісії,  
декан агробіотехнологічного факультету, доцент



В. С. Хахула

Гранат ОП 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» доктор технічних наук, професор



М.І. Трегуб

## ЗМІСТ

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	4
2. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ	5
3. КОМПЕТЕНТНОСТІ ВІДПОВІДНО ДО СТАНДАРТУ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 141 «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА »	5
4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ	5
5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ГЕНЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ»	6
6. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛІНИ	7
7. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	9
7.1. Лекції	9
7.2. Практичні заняття	11
7.3. Лабораторні роботи	12
7.4. Самостійна робота	13
7.4. Орієнтовна тематика індивідуальних та групових завдань	14
8. МЕТОДИ НАВЧАННЯ	15
9. ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ	15
10. ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ	16
11. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ	16
12. ПЕРЕЛІК НАОЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ НАВЧАННЯ	18
РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ	19

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Згідно з навчальним планом на 2022–2023 навчальний рік, на вивчення дисципліни «Відновлювані джерела генерування електроенергії» для денної форми навчання виділено 150 академічних годин (5 кредитів ECTS), у т.ч. аудиторних — 76 години (лекції — 30, практичні заняття — 30, лабораторні роботи — 16), самостійна робота студентів — 74 годин.

Опис навчальної дисципліни за показниками та формами навчання наведено в таблиці:

Найменування показників	Шифр та найменування галузі знань, спеціальності, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів, відповідних ECTS – 5	Галузь знань 14 «Електрична інженерія»	Обов'язкова	
Змістових модулів – 2	Спеціальність: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»	<i>Рік підготовки:</i>	
Індивідуальне науково-дослідне завдання – розрахункове		3-й	4-й
Загальна кількість академічних годин – 150		<i>Семестр</i>	
		5, 6-й	7, 8-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2,3 самостійної роботи студента – 2		<i>Лекції</i>	
		30 год.	6 год.
	<i>Практичні</i>		
	30 год.	6 год.	
	<i>Лабораторні</i>		
Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти	16 год.	4 год.	
	<i>Самостійна робота</i>		
	74 год.	134 год.	
	<i>Підсумковий контроль:</i> 5-й семестр – залік 6-й семестр – іспит		

**Метою** вивчення дисципліни «Відновлювані джерела генерування електроенергії» є отримання бакалаврами в галузі електричної інженерії базових знань та набуття умінь і навичок застосування відновлюваних джерел електроживлення, встановлення взаємозв'язків комплексу автономного і централізованого електропостачання, обґрунтування використання комбінованих схем з відновлюваними джерелами електроживлення, використання схем автоматичного резервування навантажень, методик вибору та узгодження параметрів джерел електроживлення з навантаженням, вивченню конструктивних особливостей систем електроживлення. Все це дає змогу підготувати студентів до

діяльності в електроенергетичних службах підприємств в умовах формування та розвитку енергоринку України».

## 2. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Обов'язковий освітній компонент «Відновлювані джерела генерування електроенергії» базується на знаннях таких дисциплін, як «Фізика» (Електрика і магнетизм), «Електрохімія», «Електричні машини та апарати», «Теоретичні основи електротехніки», які вивчаються на 1-му та паралельно на 2 курсі.

## 3. КОМПЕТЕНТНОСТІ ВІДПОВІДНО ДО СТАНДАРТУ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 141 «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»

### Загальні компетентності

ЗК02. Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях.

ЗК05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

### Спеціальні компетентності

СК9. Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.

СК10. Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

## 4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Програмний результат навчання відповідно до стандарту вищої освіти спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»	Результати навчання з дисципліни «ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ГЕНЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ»
<b>ПРН04.</b> Знати принципи роботи біоенергетичних, вітроенергетичних, гідроенергетичних та сонячних енергетичних установок.	РН04.1 Оволодіти основами розрахунків систем електропостачання з відновлюваними джерелами енергії (ВДЕ); РН04.2 Мати здатність виконувати необхідні технічні розрахунки параметрів відновлюваних джерел генерування електроенергії; РН 04.3 Здобути навички щодо підбору обладнання для електростанцій з ВДЕ.
<b>ПРН12.</b> Розуміти основні принципи і завдання технічної та екологічної безпеки об'єктів електротехніки та	РН12. 1 Знати основні принципи функціонування систем відновлюваної енергетики і завдання технічної та екологічної безпеки об'єктів електротехніки та електромеханіки, враховувати

електромеханіки, враховувати їх при прийнятті рішень.	їх при прийнятті рішень.
<b>ПРН13.</b> Розуміти значення традиційної та відновлюваної енергетики для успішного економічного розвитку країни.	РН13.1 Розуміти значення традиційної та відновлюваної енергетики для успішного економічного розвитку країни.
<b>ПРН18.</b> Вміти самостійно вчитися, опанувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірювальною технікою та прикладним програмним забезпеченням.	РН18. 1 Вміти самостійно вчитися, опанувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірювальною технікою та прикладним програмним забезпеченням.

## **5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ГЕНЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ»**

### ***Змістовий модуль 1. Техніко-економічні, технічні, технологічні та правові аспекти впровадження малих електростанцій з відновлюваними джерелами.***

Тема 1. Техніко-економічні, технічні, технологічні та правові аспекти впровадження малих електростанцій з відновлюваними джерелами в Україні та світі. Енергетичні ресурси відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в Україні та світі. Стан та основні напрямки розвитку відновлюваної електроенергетики. Класифікація електростанцій за видом ВДЕ. Особливості впровадження відновлюваних джерел електричної енергії з поновлюваними джерелами енергії. Технічні засоби застосування ВДЕ на електростанціях. Особливості режимів роботи малих електростанцій. Основні параметри та техніко-економічні показники малих електростанцій.

Тема 1.2. Енергоресурси малої гідроенергетики в Україні. Розрахунок гідроенергетичного потенціалу в місцях гребель водосховищ на річках. Дерираційні системи на річках. Типи гідротурбін та сучасні системи регулювання роботи гідрогенераторів. Техніко-економічні, технічні, технологічні та правові аспекти роботи місцевих ГЕС.

Тема 1.3. Техніко-економічні, технічні, технологічні та правові аспекти використання енергії вітру. Вітроенергетичний кадастр території України. Основи аеродинамічних розрахунків вітроустановок. Основні типи вітроелектричних установок малої та середньої потужності для децентралізованого енергозабезпечення. Переваги безтрансмійних вітроелектричних установок (ВЕУ) та їх основні типи. Залежність потужності від швидкості вітру та геометричних розмірів вітрової турбіни (ВТ). Темпи щорічного зростання встановленої потужності ВЕУ загалом у світі та, зокрема, в країнах-лідерах.

Тема 1.4. Методи розрахунку потужності ВЕУ для заданої швидкості вітру. Прогнозування робочої швидкості вітру за її багаторічними метеорологічними значеннями та статистичною градацією Вейбула. Основи проектування електрогенераторів безтрансмійних ВЕУ з горизонтальною та вертикальною віссю обертання.

Тема 1.5. Фізичні принципи сонячної фотовольтаїки. Принципи функціонування фотоелектричних панелей (ФЕП). Прогрес зростання фотоелектричного ККД в сучасних гетерогенних структурах напівпровідникових фотоелементів. Зовнішні характеристики фотоелектричних батарей. Залежність ефективності фотоелектричного генерування від місця встановлення ФЕП та методів азимутального і зенітного орієнтування. Конструкції трекерних систем для встановлення блоків ФЕП.

Тема 1.6. Біоенергетичні ресурси в Україні та перспективи їх використання для децентралізованого енергозабезпечення. Паливно-енергетичні технології використання твердих рослинних палив та біогазу для генерування електроенергії і тепла. Технології виробництва біопалива з енергетичних рослин, рослинних решток сільськогосподарських культур та органічних відходів тваринництва, харчових виробництв і комунального господарства. Системи відновлюваних джерел енергії для розосередженого генерування і без карбонових технологій водню.

### **Змістовий модуль 2. Принципи обґрунтування типів та встановленої потужності відновлюваних джерел генерування електроенергії для децентралізованого енергозабезпечення**

Тема 2.1. Розрахунок місцевих енергоресурсів відновлюваних джерел генерування електроенергії та врахування умов приєднання до централізованої електромережі. Розробка загальної схеми керування роботою генеруючих установок і режимів енергоспоживання. Вибір типів інверторів за числом каналів енергопостачання і параметрами вхідних струмів та напруги. Розрахунок робочих акумуляторів енергії та резервного навантаження.

Тема 2.2. Обґрунтування поліджерельних комплексів відновлюваних джерел генерування електроенергії методом суміщення місцевих графіків добової інсоляції та прогнозованих швидкостей вітру і наявних резервів запасів органічних енергоносіїв. Принципи розробки системи управління поліджерельними комплексами ВДЕ.

Тема 2.3. Застосування геліоколекторів для гарячого водопостачання в комунальному та сільськогосподарському виробництві. Розрахунок теплоенергетичних показників різних типів геліоколекторів. Правила встановлення геліоколекторів та системи водо нагрівання. Захист від аварійних режимів. Автоматизація водо нагрівання.

Тема 2.4. Застосування теплових насосів для утилізації теплових виділень технологічних процесів та комунальних каналізаційних стоків і тепла підповерхневих шарів ґрунту. Принцип роботи теплових насосів. Автоматизована система керування теплого насоса.

Тема 2.5. Акумуляування електричної енергії, виробленої з ВДЕ в періоди максимумів потужності. Типи електрохімічних акумуляторів, їх вольт амперні характеристики. Режими передачі виробленої електроенергії в централізовану електромережу. Нові технології акумуляування енергії виробництвом водню. Процеси виробництва електроенергії паливними елементами.

## 6. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	всього	у тому числі					всього	у тому числі				
		л	п	лб	інд	СРС		л	п	лб	інд	СРС
<b>Змістовий модуль 1. Техніко-економічні, технічні, технологічні та правові аспекти впровадження малих електростанцій з відновлюваними джерелами енергії.</b>												
<b>Тема 1.1</b>	12	2	2		4	4	13	1	1		4	7
<b>Тема 1.2</b>	8	2	2		2	2	17	1	1		6	9
<b>Тема 1.3.</b>	18	4	4	2	4	4	13	1	1		4	7
<b>Тема 1.4</b>	10	2	2	2	2	2	12			1	4	7
<b>Тема 1.5</b>	18	4	4	2	4	4	12			1	4	7
<b>Тема 1.6</b>	10	2	2	2	2	2	11				4	7
Разом за модуль 1	76	16	16	8	18	18	78	3	3	2	26	44
<b>Змістовий модуль 2. Принципи обґрунтування типів та встановленої потужності відновлюваних джерел генерування електроенергії для децентралізованого енергозабезпечення</b>												
<b>Тема 2.1</b>	16	4	4		4	4	17	1	1		6	9
<b>Тема 2.2</b>	16	4	4		4	4	17	1	1		6	9
<b>Тема 2.3</b>	16	2	2	4	4	4	17	1		1	6	9
<b>Тема 2.4</b>	12	2	2		4	4	12		1		4	7
<b>Тема 2.5</b>	14	2	2	4	2	4	9			1	4	4
Разом за модуль 2	74	14	14	8	18	20	72	3	3	2	26	38
<b>Всього годин</b>	<b>150</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>16</b>	<b>36</b>	<b>38</b>	<b>150</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>52</b>	<b>82</b>

Примітка: л – лекції, п – практичні заняття, лб – лабораторна робота; інд – індивідуальні завдання, СРС – самостійна робота студентів.



## 7. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 7.1. Лекції

Тема і зміст лекції	Кільк. годин
<b>Змістовий модуль 1. Техніко-економічні, технічні, технологічні та правові аспекти впровадження малих електростанцій з відновлюваними джерелами.</b>	
<p><b>1.1.</b> Техніко-економічні, технічні, технологічні та правові аспекти впровадження малих електростанцій з відновлюваними джерелами в Україні та світі. Енергетичні ресурси відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в Україні та світі. Стан та основні напрямки розвитку відновлюваної електроенергетики. Класифікація електростанцій за видом ВДЕ . Особливості впровадження відновлюваних джерел електричної енергії з поновлюваними джерелами енергії. Технічні засоби застосування ВДЕ на електростанціях. Особливості режимів роботи малих електростанцій. Основні параметри та техніко-економічні показники малих електростанцій.</p>	2
<p><b>1.2.</b> Енергоресурси малої гідроенергетики в Україні. Розрахунок гідроенергетичного потенціалу в місцях гребель водосховищ на річках. Дериваційні системи на річках. Типи гідротурбін та сучасні системи регулювання роботи гідрогенераторів. Техніко-економічні, технічні, технологічні та правові аспекти роботи місцевих ГЕС.</p>	2
<p><b>1.3.</b> Техніко-економічні, технічні, технологічні та правові аспекти використання енергії вітру. Вітроенергетичний кадастр території України. Основи аеродинамічних розрахунків вітроустановок. Основні типи вітроелектричних установок малої та середньої потужності для децентралізованого енергозабезпечення. Переваги безтрансмійних вітроелектричних установок (ВЕУ) та їх основні типи. Залежність потужності від швидкості вітру та геометричних розмірів вітрової турбіни (ВТ). Темпи щорічного зростання встановленої потужності ВЕУ загалом у світі та, зокрема, в країнах-лідерах.</p>	4
<p><b>1.4.</b> Методи розрахунку потужності ВЕУ для заданої швидкості вітру. Прогнозування робочої швидкості вітру за її багаторічними метеорологічними значеннями та статистичною градацією Вейбула. Основи проектування електрогенераторів безтрансмійних ВЕУ з горизонтальною та вертикальною віссю обертання.</p>	2
<p><b>1.5.</b> Фізичні принципи сонячної фотовольтаїки. Принципи функціонування фотоелектричних панелей (ФЕП). Прогрес зростання фотоелектричного ККД в сучасних гетерогенних структурах напівпровідникових фотоелементів. Зовнішні характеристики фотоелектричних батарей. Залежність ефективності фотоелектричного генерування від місця встановлення ФЕП та методів азимутального і зенітного орієнтування. Конструкції</p>	4

трекерних систем для встановлення блоків ФЕП.	
<b>1.6.</b> Біоенергетичні ресурси в Україні та перспективи їх використання для децентралізованого енергозабезпечення. Паливно-енергетичні технології використання твердих рослинних палив та біогазу для генерування електроенергії і тепла. Технології виробництва біопалива з енергетичних рослин, рослинних решток сільськогосподарських культур та органічних відходів тваринництва, харчових виробництв і комунального господарства. Системи відновлюваних джерел енергії для розосередженого генерування і без карбонових технологій гідрогену.	2
<b>Разом за змістовий модуль 1</b>	16
<b>Змістовий модуль 2. Принципи обґрунтування типів та встановленої потужності відновлюваних джерел генерування електроенергії для децентралізованого енергозабезпечення</b>	
<b>2.1</b> Принципи розрахунку місцевих енергоресурсів відновлюваних джерел генерування електроенергії та врахування умов приєднання до централізованої електромережі. Розробка загальної схеми керування роботою генеруючих установок і режимів енергоспоживання. Вибір типів інверторів за числом каналів енергопостачання і параметрами вхідних струмів та напруги. Розрахунок робочих акумуляторів енергії та резервного навантаження.	4
<b>2.2</b> . Обґрунтування поліджерельних комплексів відновлюваних джерел генерування електроенергії методом суміщення місцевих графіків добової інсоляції та прогнозованих швидкостей вітру і наявних резервів запасів органічних енергоносіїв. Принципи розробки системи управління поліджерельними комплексами ВДЕ.	4
<b>2.3.</b> Застосування геліоколекторів для гарячого водопостачання в комунальному та сільськогосподарському виробництві. Розрахунок теплоенергетичних показників різних типів геліоколекторів. Правила встановлення геліоколекторів та системи водо нагрівання. Захист від аварійних режимів. Автоматизація водо нагрівання.	2
<b>2.4.</b> Застосування теплових насосів для утилізації теплових виділень технологічних процесів та комунальних каналізаційних стоків і тепла підповерхневих шарів ґрунту. Принцип роботи теплових насосів. Автоматизована система керування теплого насоса.	2
<b>2.5.</b> Акумуляування електричної енергії, виробленої з ВДЕ в періоди максимумів потужності. Типи електрохімічних акумуляторів, їх вольт амперні характеристики. Режими передачі виробленої електроенергії в централізовану електромережу. Нові технології акумуляування енергії виробництвом гідрогену. Процеси виробництва електроенергії паливними елементами.	2
<b>Разом за змістовий модуль 2</b>	14
<b>Всього</b>	30

## 7.2. Практичні заняття

№ з/п	Назва теми	К-ть годин
<b>Змістовий модуль 1. Техніко-економічні, технічні, технологічні та правові аспекти впровадження малих електростанцій з відновлюваними джерелами.</b>		
1	Визначення енергетичних ресурсів відновлюваних джерел вибраної місцевості. Розрахунок сонячної інсоляції та побудова графіків суміщення потужностей. Оцінка факторів ризику побудови електростанцій на різних видах ВДЕ.	2
2	Розрахунок гідроенергетичного потенціалу за показниками гідро стоку річки та існуючого перепаду рівнів води після греблі. Виконання загальної схеми ГЕС.	2
3	Виконання аеродинамічних розрахунків вітроустановок. Основні типи вітроелектричних установок малої та середньої потужності для децентралізованого енергозабезпечення. Вивчення конструкцій механізмів орієнтації.	4
4	Розрахунок потужності ВЕУ для заданої швидкості вітру. Прогнозування робочої швидкості вітру за її багаторічними метеорологічними значеннями та статистичною градацією Вейбула. Основи проектування електрогенераторів безтрансмійних ВЕУ з горизонтальною та вертикальною віссю обертання.	2
5	Дослідження будови фотоелектричних елементів панелей. Зовнішні характеристики фотоелектричних батарей. Залежність ефективності фотоелектричного генерування від місця встановлення ФЕП та методів азимутального і зенітного орієнтування. Конструкції трекерних систем для встановлення блоків ФЕП.	4
6	Розрахунок процесів використання твердих рослинних палив та біогазу для генерування електроенергії і тепла. Технології виробництва біопалива з енергетичних рослин, рослинних решток сільськогосподарських культур та органічних відходів тваринництва, харчових виробництв і комунального господарства.	2
<b>Разом за змістовий модуль 1</b>		<b>16</b>
<b>Змістовий модуль 2. Принципи обґрунтування типів та встановленої потужності відновлюваних джерел генерування електроенергії для децентралізованого енергозабезпечення</b>		
1	Розрахунок місцевих енергоресурсів відновлюваних джерел генерування електроенергії та врахування умов приєднання до централізованої електромережі. Розробка загальної схеми керування роботою генеруючих установок і режимів енергоспоживання. Вибір типів інверторів за числом каналів	4

	енергопостачання і параметрами вхідних струмів та напруги.	
2	Методи побудови комплексів відновлюваних джерел генерування електроенергії методом суміщення місцевих графіків добової інсоляції та прогнозованих швидкостей вітру і наявних резервів запасів органічних енергоносіїв. Принципи розробки системи управління поліджерельними комплексами ВДЕ	4
3	Розрахунки теплоенергетичних показників різних типів геліоколекторів. Правила встановлення геліоколекторів та системи водо нагрівання. Захист від аварійних режимів. Автоматизація водо нагрівання.	2
4	Оцінка теплових насосів для утилізації теплових виділень технологічних процесів та комунальних каналізаційних стоків і тепла підповерхневих шарів ґрунту. Принцип роботи теплових насосів. Автоматизована система керування теплого насоса.	2
5	Порівняння різних типів електрохімічних акумуляторів, їх вольт амперні характеристики. Режими передачі виробленої електроенергії в централізовану електромережу.	
<b>Разом за змістовий модуль 2</b>		<b>14</b>
<b>Всього</b>		<b>30</b>

### 7.3. Лабораторні роботи

№ з/п	Назва теми	К-ть годин
<b>Змістовий модуль 1. Техніко-економічні, технічні, технологічні та правові аспекти впровадження малих електростанцій з відновлюваними джерелами.</b>		
1	Визначення енергетичних та аеродинамічних показників вітроустановок. Оцінка основних типів вітроелектричних установок малої та середньої потужності для децентралізованого енергозабезпечення.	2
2	Визначення потужності ВЕУ для заданої швидкості вітру. Прогнозування робочої швидкості вітру за її багаторічними метеорологічними значеннями та статистичною градацією Вейбула. Побудова зовнішніх та частотних характеристик електрогенераторів безтрансмійних ВЕУ з горизонтальною та вертикальною віссю обертання.	2
3	Дослідження функціонування фотоелектричних елементів панелей. Зовнішні характеристики фотоелектричних батарей. Залежність ефективності фотоелектричного генерування від місця встановлення ФЕП та методів азимутального і зенітного орієнтування.	2
4	Дослідження теплоенергетичних процесів використання твердих рослинних палив та біогазу для генерування електроенергії і тепла.	2

<b>Разом за змістовий модуль 1</b>		<b>8</b>
<b><i>Змістовий модуль 2. Принципи обґрунтування типів та встановленої потужності відновлюваних джерел генерування електроенергії для децентралізованого енергозабезпечення</i></b>		
1	Дослідження теплоенергетичних показників різних типів геліоколекторів. Залежності потужності геліоколекторів від азимутального та зенітного орієнтування. Дослідження систем автоматики геліоколекторів.	4
2	Побудова вольт амперних характеристик різних типів електрохімічних акумуляторів. Дослідження режимів заряджання акумуляторів та визначення їх ККД.	4
<b>Разом за змістовий модуль 2</b>		<b>8</b>
<b>Всього</b>		<b>16</b>

#### 7.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	К-ть годин
<b><i>Змістовий модуль 1. Техніко-економічні, технічні, технологічні та правові аспекти впровадження малих електростанцій з відновлюваними джерелами.</i></b>		
1	Визначення енергетичних ресурсів відновлюваних джерел вибраної місцевості. Розрахунок сонячної інсоляції та побудова графіків суміщення потужностей. Оцінка факторів ризику побудови електростанцій на різних видах ВДЕ.	6
2	Розрахунок гідроенергетичного потенціалу за показниками гідро стоку річки та існуючого перепаду рівнів води після греблі. Виконання загальної схеми ГЕС.	6
3	Виконання аеродинамічних розрахунків вітроустановок. Основні типи вітроелектричних установок малої та середньої потужності для децентралізованого енергозабезпечення. Вивчення конструкцій механізмів орієнтації.	6
4	Прогнозування робочої швидкості вітру за її багаторічними метеорологічними значеннями та статистичною градацією Вейбула. Основи проектування електрогенераторів безтрансмійних ВЕУ з горизонтальною та вертикальною віссю обертання..	6
5	Зовнішні характеристики фотоелектричних батарей. Залежність ефективності фотоелектричного генерування від місця встановлення ФЕП та методів азимутального і зенітного орієнтування. Конструкції трекерних систем для встановлення блоків ФЕП.	6
6	Технології виробництва біопалива з енергетичних рослин, рослинних решток сільськогосподарських культур та	6

	органічних відходів тваринництва, харчових виробництв і комунального господарства.	
<b>Разом за змістовий модуль 1</b>		<b>36</b>
<i>Змістовий модуль 2. Електромагнітні процеси в колах змінного струму</i>		
1	Розробка загальної схеми керування роботою генеруючих установок і режимів енергоспоживання. Вибір типів інверторів за числом каналів енергопостачання і параметрами вхідних струмів та напруги.	8
2	Суміщення місцевих графіків добової інсоляції та прогнозованих швидкостей вітру і наявних резервів запасів органічних енергоносіїв. Принципи розробки системи управління поліджерельними комплексами ВДЕ	8
3	Розрахунки теплоенергетичних показників різних типів геліоколекторів. Правила встановлення геліоколекторів та системи водонагрівання. Захист від аварійних режимів. Автоматизація водо нагрівання.	8
4	Схеми теплових насосів для утилізації теплових виділень технологічних процесів та комунальних каналізаційних стоків і тепла підповерхневих шарів ґрунту. Принцип роботи теплових насосів. Автоматизована система керування теплого насоса.	8
5	Порівняння технічних показників різних типів електрохімічних акумуляторів, їх вольт амперні характеристики. Режими передачі виробленої електроенергії в централізовану електромережу.	6
<b>Разом за змістовий модуль 2</b>		<b>38</b>
<b>Всього годин</b>		<b>74</b>

**Примітка:** У розрахунку годин на виконання самостійної роботи передбачено час на виконання індивідуальних завдань

### **7.5. Орієнтовна тематика індивідуальних та групових завдань**

1. Ретроспектива періодів вітроенергетики та порівняння темпів її розвитку.
2. Фізичні принципи функціонування вітроустановок різного типу.
4. Переваги та недоліки різних типів вітроустановок.
5. Новітні напрями розвитку вітроенергетики.
6. Прогнозовані масштаби освоєння відновлюваних джерел для генерування електроенергії.

## 8. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Лекційні заняття проводяться крім традиційних методів пояснень теми також з використанням підібраних на сайтах відеоматеріалів, слайдових презентацій у програмі Microsoft Office Power Point, графічних матеріалів, дискусійного обговорення проблемних питань.

Практичні заняття проводяться шляхом виконання розрахункових та графічних завдань – індивідуальних та в групах; конференцій; захисту та обговорень отриманих результатів.

Лабораторні роботи – виконуються в навчальних лабораторіях шляхом складання схем, електричних вимірювань для отримання експериментальних результатів та обробки отриманих даних.

У разі дистанційного і змішаного навчання використовуються навчальна платформа Moodle Білоцерківського НАУ, онлайн-платформи ZOOM, Microsoft Team, Google Meet, електронна пошта, мобільні додатки Viber, Telegram.

Самостійна робота студентів (СРС) виконується за технологією групового навчання під керівництвом рівного (*Peer-led team learning*), оцінка рівних (*Peer assessment*). Алгоритм:

1. Студенти отримують завдання для групової СРС та критерії оцінювання. Термін виконання — 2 тижні. Кількість груп залежить від суті завдання.

2. Студенти мають розподілити функції між учасниками групи (керівні, виконавчі, технічна підтримка тощо); сформулювати комунікаційну стратегію; визначитися з лідером; підготувати матеріал для презентації; забезпечити, щоб усі члени групи володіли інформацією на достатньому для проведення дискусії рівні.

3. Оцінювання: студенти отримують бали за кожним критерієм з обґрунтуванням, загальна сума множиться на кількість студентів у групі, що працювала над проектом, а потім колективно розподіляють бали відповідно до внеску кожного учасника.

Студент може брати участь у виконанні завдання і не бути присутнім на презентаційній частині, якщо його функції, як члена групи, не вимагають присутності.

## 9. ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

Поточний контроль з предмету «Відновлювані джерела генерування електроенергії» включає тематичне оцінювання та модульний контроль.

Тематичне оцінювання аудиторної та самостійної роботи студентів здійснюється на основі отриманих ними поточних оцінок за усні та письмові відповіді з предмету, самостійні, практичні та контрольні роботи.

Поточний контроль за виконанням ІНДЗ здійснюється відповідно до графіку виконання завдання.

Модульний контроль проводиться у формі комп'ютерного тестування.

Кількість отриманих балів з кожного виду навчальних робіт за різними формами поточного контролю виставляється студентам у журнал академічної групи та електронний журнал після кожного контрольного заходу.

Підсумковий контроль навчальної діяльності студентів в 5-семестрі здійснюється у формі заліку за результатами поточного контролю (тематичного

оцінювання, виконання ІНДЗ та модульного контролю) і не передбачає обов'язкової присутності студентів. Результати заліку оприлюднюються в журналі академічної групи до початку екзаменаційної сесії.

Підсумковий контроль навчальної діяльності студентів в 6-семестрі здійснюється у формі іспиту, який включає результати поточного контролю (тематичного оцінювання, виконання ІНДЗ та модульного контролю) та результати іспиту, що проводиться у формі комп'ютерного тестування у системі дистанційного навчання Moodle.

## 10. ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Оцінка за лекційне заняття виставляється за відповіді на тематичні запитання та активність студента у обговоренні навчальної і наукової інформації.

Оцінку на практичному занятті студент отримує за виконані розрахункові завдання, лабораторні роботи, командні проєкти, зроблені доповіді, презентації, есе, активність під час дискусій.

Під час модульного та підсумкового контролю засобами оцінювання результатів навчання з дисципліни є стандартизовані комп'ютерні тести.

## 11. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Поточний контроль успішності здобувачів вищої освіти здійснюється за чотирирівневою шкалою – «2», «3», «4», «5».

### Критерії оцінювання результатів навчання за чотирирівневою шкалою

Бали	Критерії оцінювання
«Відмінно»	Отримують за роботу, в якій повністю і правильно виконано завдання. Водночас здобувач вищої освіти демонструє вміння аналізувати і оцінювати явища, факти і процеси, застосовувати агрохімічні методи для аналізу ґрунту, рослин, добрив, робити самостійні висновки, на основі яких прогнозувати можливий розвиток подій і процесів, докладно обґрунтувати свої твердження та висновки.
«Добре»	Отримують за роботу, в якій повністю і правильно виконано 75 % завдань. Водночас здобувач вищої освіти виявляє навички аналізувати і оцінювати явища, факти і процеси, робити самостійні висновки, на основі яких прогнозувати можливий розвиток подій і процесів та докладно обґрунтувати свої твердження та висновки.
«Задовільно»	Отримують за роботу, в якій правильно виконано 60 % завдань. При цьому здобувач вищої освіти не виявив вміння аналізувати і оцінювати явища, факти та недостатньо обґрунтував твердження та висновки, недостатньо певно орієнтується у навчальному матеріалі.



<b>«Незадовільно»</b>	Отримують за роботу, в якій виконано менш як 60 % завдань. При цьому здобувач вищої освіти демонструє невміння аналізувати явища, факти, події, робити самостійні висновки та їх обґрунтувати, що свідчить про те, що студент не оволодів програмним матеріалом.
-----------------------	--

### Критерії оцінювання за дворівневою шкалою

Під час проведення заліку навчальні досягнення студентів оцінюються за дворівневою шкалою: зараховано, незараховано.

Оцінка «зараховано» (60–100 балів) ставиться студентові, який виявив знання основного навчального матеріалу з теоретичних основ живлення та особливостей удобрення рослин, основних характеристик та способів використання органічних та мінеральних добрив, засобів хімічної меліорації, основ безпечного використання агрохімікатів в обсязі, необхідному для подальшого навчання і майбутньої роботи фахівця садово-паркового господарства, здатний виконувати завдання, передбачені програмою, ознайомлений з основною рекомендованою літературою; під час виконання завдань припускається помилок, але демонструє спроможність їх усувати.

Оцінка «незараховано» (1–59 балів) ставиться студентові, який допускає принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань, не може продовжити навчання чи розпочати професійну діяльність без додаткових занять з агрохімії.

Підсумкова оцінка з дисципліни виставляється за 100-бальною шкалою. Вона обчислюється як середнє арифметичне значення (САЗ) всіх отриманих студентом оцінок з наступним переведенням їх у бали за такою формулою:

$$БПК = \frac{САЗ \times \max ПК}{5},$$

де *БПК* – бали з поточного контролю; *САЗ* – середнє арифметичне значення усіх отриманих студентом оцінок (з точністю до 0,01); *max ПК* – максимально можлива кількість балів з поточного контролю.

Відсутність студента на занятті у формулі приймається як «0».

### Шкала оцінювання успішності здобувачів вищої освіти

За 100-бальною шкалою	За шкалою ECTS	За національною шкалою	
		іспит	Залік
90–100	A	Відмінно	Зараховано
82–89	B	Добре	
75–81	C	Задовільно	
64–74	D		
60–63	E		
35–59	FX	Незадовільно (незараховано) з можливістю повторного складання	
1–34	F	Незадовільно (незараховано) з обов'язковим повторним вивченням	

## Розподіл балів, що присвоюється здобувачам вищої освіти за підсумкового контролю

Види робіт	Лекції	Практичні заняття	Самостійна робота	Модульний контроль	ІНДЗ	Підсумковий контроль	Загальний бал
залік	10	30	10	40	10		100
екзамен	10	20	10	20	10	30	100

## 12. ПЕРЕЛІК ІНФОРМАЦІЙНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ НАВЧАННЯ

### *Інформаційні засоби:*

1. Відеоматеріали з відкритих сайтів навчальних тем предмета
2. Слайдові презентації у програмі Microsoft Office Power Point
3. Інформаційні стенди у навчальній аудиторії
4. Нормативно-технічна документація
5. Зразки енергетичних рослин.

### *Технічні засоби:*

Технічне обладнання:

1. Повнокомплектна Сонячна електростанція потужністю 3кВт;
2. Блок сонячний фотогальванічний панелей SOLAR- S120/NH із автоматичним регулюванням зенітного і азимутального положення ;
3. Установки на гнучких сонячний фотогальванічний панелей потужністю 0,4 кВт;
4. Безтрансмійнів вітро-електрична установка з горизонтальною та вертикальною віссю безконтактного перетворенням механічної енергії в електричну;
5. Когенераційна установка потужністю 50 кВт для виробництва електричної і теплової енергії з органічних видів палив;
6. Модульна біодизельна установка;
7. Автономні електростанції на основі ДВЗ
8. Геліоколектор водогрівальний;
9. Лабораторна установка для виробництва гідрогену;
10. Експериментальні лабораторні моделі безконтактних електрогенераторів індукторного та магнітоелектричного типу;
11. Стенд асинхронного генератора із конденсаторним збудженням;
12. Випрямлячі струму;
13. Інвертор гібридний Ахіота 3.2кВт;
14. Інвертор 12/200 Tesla 1кВт;

## 15. Акумуляторні батареї Li-Fe-PO<sub>4</sub>.

Вимірювальні прилади:

1. Ватметри лабораторні (різні);
2. Вольтметри лабораторні (різні);
3. Амперметри лабораторні (різні);
4. Люксометр 3 в одному (світло. ультрафіолет. сонячна енергія) ТМ - 208 - ;
5. Тестер напруженості електричного та магнітного поля GM3120;
6. Мілітесламетр МТП .
7. анемометр з трубкою;
8. багатофункціональний мультиметр РМ8229

### **РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ** **Основна література**

1. Скидан О.В., Голуб Г.А., Кухарець С.М., Ярош Я.Д., Чуба В.В., Цивенкова Н.М., Марус О.А., Павленко М.Ю.; за ред. О.В. Скидана і Г.А. Голуба. Відновлювана енергетика в аграрному виробництві: Підручник. Київ-Житомир: Поліський університет – НУБіП України, 2022. 422 с.
2. Imran Khan, Renewable Energy and Sustainability, Elsevier, 2022, 420p.
3. Відновлювана енергетика в аграрному виробництві / Скидан О.В., Голуб Г.А., Кухарець С.М., Ярош Я.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. – Київ-Житомир: НУБіП України-ЖНАЕУ, 2018. 320 с.
4. Виробництво і використання біопалив в агроecosистемах. Механіко-технологічні основи: монографія / Голуб Г. А., Кухарець С.М., Чуба В. В., Марус О.А.; за ред. Г. А. Голуба. – К.: НУБіП України, 2018. 254 с.
5. Виробництво і використання біопалив в агроecosистемах. Механіко-технологічні основи: монографія / Голуб Г. А., Кухарець С.М., Чуба В. В., Марус О.А.; за ред. Г. А. Голуба. – К.: НУБіП України, 2018. 254 с.
6. Подгуренко В. С. Нетрадиційні джерела енергії: навч. посіб. Миколаїв: НУК, 2007. 116 с.
7. В.В. Козирський, М.І. Трегуб Безтрансмісійні вітроелектричні комплекси з дуго статорним генератором: монографія/В.В. Козирський, М.І. Трегуб; Національний університет біоресурсів і природокористування України.– К: ФОП Ямчинський О.В., 2019 –286с.
8. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії: Навчальний посібник / за заг. ред. О.І. Солов'я. Черкаси: ЧДТУ, 2007. 480 с.
9. Кривцов В. С., Олейников А. М., Яковлев А. И. Неисчерпаемая энергия. Кн. 1. Ветроэлектрогенераторы: учебник. Харьков: Нац.аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», Севастополь: Севаст. нац. техн. ун-т, 2003. 400 с.

10. Кривцов В. С., Олейников А. М., Яковлев А. И. Неисчерпаемая энергия. Кн. 2. Ветроэнергетика : учебник. Харьков: Нац.аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», Севастополь: Севаст. нац. техн. ун-т, 2004. 519 с.
11. Каплун В. В., Козирський В.В., Петренко А.В. Комбіновані системи електроживлення з поновлюваними джерелами енергії. К.: ЦТІ "Аграр Медіа Груп", 2011. 330 с.
12. Козирський В. В., Трегуб М. І., Петренко А. В. Методичні вказівки щодо виконання практичних робіт з дисципліни "Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії" спеціальності "Енергетика сільськогосподарського виробництва". К.: ЦП "Компринт", 2016. 72 с.
13. Handbook on Renewable Energy Sources / [http://www.ener-supply.eu/downloads/ENER\\_handbook\\_en.pdf](http://www.ener-supply.eu/downloads/ENER_handbook_en.pdf)

### Рекомендований список стандартів

#### Вітроенергетика.

1. ДСТУ 3896-99 (від 01.07.00) Вітроенергетика. Вітроенергетичні установки і вітроелектричні станції. Терміни та визначення. *(Цей стандарт установлює терміни та визначення основних понять стосовно вітроенергетики і поширюється на всі види вітроенергетичних установок та вітроелектричних станцій, їхні параметри, робочі характеристики та складові частини. Систематизує термінологію для науково-технічної документації).*

2. ДСТУ 4037-2001 (від 01.01.02) Вітроенергетика. Установки електричні вітрові. Загальні технічні вимоги. *(Дозволяє узагальнити вимоги до проектної документації).*

3. ДСТУ 4051-2001 (від 01.04.02) Вітроенергетика. Станції електричні вітрові. Загальні технічні вимоги. *(Узагальнює вимоги до розроблення проектів ВЕС).*

4. ДСТУ 4225-2003 Вітроенергетика. Установки електричні вітрові. Методи випробування. *(Дає змогу стандартизувати методику випробування ВЕУ).*

5. ДСТУ ІЕС 61400-2-2001 (01.01.03.) Системи турбогенераторні вітряні. Частина 2: Вимоги безпечності малих вітряних турбін. (ІЕС61400-2:1996, ІДТ). *(Поширюється на МВТГС з площею обмаху менше 40 м).*

6. ДСТУ ІЕС 61400-11-2001 01.07.04. Системи турбогенераторні вітряні. Частина 11: Методика вимірювання акустичного шуму. (ІЕС61400-1:199, ІДТ). *(Дає змогу оцінити рівень акустичного шуму ВТГС).*

12. ДСТУ ІЕС 61400-21-2001 (від 01.07.04) Системи турбогенераторні вітряні. Частина 21: Вимірювання та оцінювання характеристик якості енергії вітряних турбін, під'єднаних до мережі. (ІЕС61400-21:2001, ІДТ). *(Дозволяє запровадити єдину методику для оцінки характеристик якості енергії вітряних турбін).*

13. ДСТУ ІЕС / TS 61400-22-2003 Системи турбогенераторні вітряні. Частина 22: Сертифікація вітряних турбін. (ІЕС61400-22:1999, ІДТ). *(Дає змогу сертифікувати обладнання ВЕС).*

14. ДСТУ ІЕС / TS 61400-23-2003 Системи турбогенераторні вітряні.

Частина 23: Повне випробування конструкцій лопатей ротора. (IEC61400-23:2001, IDT). *(Характеризує надійність ВЕУ).*

15. ДСТУ IEC 61400-24-2001 (01.07.03) Системи турбогенераторні вітряні. Частина 24: Захист вітряних турбін. (IEC61400-24:2000, IDT). *(Узагальнює та систематизує методи захисту ВТ від блискавки).*

Галузеві керівні документи (вітроенергетика):

16. ГКД 3-001-2000 Вітроенергетика. Установки електричні вітряні. Порядок проведення приймальних випробувань дослідних зразків.

17. ГКД 3-002-2000 Київ 2001. Вітрові електричні установки. Основні положення щодо складання та монтажу. (Цей документ (ГКД) поширюється на горизонтально- та вертикально-осьові вітроелектричні установки (ВЕУ) і встановлює порядок та основні положення щодо складання, монтажу, випробування, пуску, комплексної перевірки та обкатки ВЕУ на місці експлуатації).

18. ГКД 3-003-2000 Вітроенергетика. Установки електричні вітряні. Порядок поставлення на серійне виробництво.

19. ГКД 3-004-2000 Вітроенергетика. Установки електричні вітряні.

20. характеристик вітру. Чинний від 2000-11-12. (Цей нормативний документ (НД) встановлює порядок проведення метеорологічних досліджень на стадіях, що передують розробці техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) інвестицій у нове будівництво вітрових електростанцій (ВЕС) на території України).

21. ГКД 341.003.004.002-2000 Організаційні структури управління вітряних електричних станцій. Рекомендації. Питання будівництва (вітроенергетика):

22. ДБН 360-92\*\* Містобудування. Планування та забудова міських і сільських поселень в частині умов розташування ВЕС.

23. ВБН Д.2.6-МПП-01-2005 Ресурсні елементні кошторисні норми на пусконаладжувальні роботи. Вітроелектричні установки типу USW56-100.

24. ВБН Д.2.6-МПП-02-2005 Ресурсні елементні кошторисні норми на сонячна енергетика.

25. ДСТУ 4034-2001 Енергозбереження. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії. Колектори сонячні. Методи випробувань. (Характеризує якість роботи СК).

26. ДСТУ EN 12975-1-2001 Системи теплові сонячні та їхні компоненти. Колектори сонячні. Частина 1: Загальні технічні вимоги. (Використовується при розробленні технічної документації на СТС).

27. ГОСТ 28976-91 (МЭК-891-87) Фотоэлектрические приборы из кристаллического кремния. Методика коррекции по температуре и облученности результатов измерения вольт-амперной характеристики. (Використовується при розробці сонячних фотоперетворювачів).

28. ГОСТ 28977-91 (МЭК-904-1-87) Фотоэлектрические приборы. Измерения фотоэлектрических вольт-амперных характеристик. (Дозволяє оцінити якість СФ).