

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ ТА
БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГИЖИЦЬКОГО**

Факультет механіки, енергетики та інформаційних технологій
Кафедра енергетики

ПОГОДЖЕНО

Гарант ОПП «Відновлювані
джерела енергії та
гідроенергетика»
Сергій КОРОБКА _____
(ім'я та прізвище, підпис)
«28» серпня 2025 року

ЗАТВЕРДЖЕНО

Декан факультету механіки,
енергетики та інформаційних
технологій
Степан КОВАЛИШИН _____
(ім'я та прізвище, підпис)
«28» серпня 2025 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА»**

рівень вищої освіти	<u>перший (бакалаврський)</u> (назва освітнього рівня)
галузь знань	<u>14 Електрична інженерія</u> (назва галузі знань)
спеціальність	<u>145 «Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика»</u> (назва спеціальності)
освітня програма	<u>«Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика»</u> (назва)
вид дисципліни	<u>обов'язкова</u> (обов'язкова / за вибором)
програма навчання	_____ (повна/ скорочена)

2025–2026 навчальний рік

Робоча програма «Сонячна енергетика»

(назва навчальної дисципліни)

Укладач: Гальчак В.П. – к.ф.-м.н., доцент кафедри енергетики, Сиротюк С.В. – к.т.н., доцент кафедри енергетики, Коробка С.В. – к.т.н., доцент кафедри енергетики, Станицький Т.О. – старший викладач кафедри енергетики

(вказати укладачів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри енергетики

Протокол № 2 від «26.08.2025 року»

Завідувач кафедри енергетики _____



(Сергій СИРОТЮК)

(підпис, ім'я та прізвище)

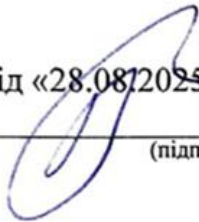
Погоджено навчально-методичною комісією спеціальності «Відновлювані джерела

(назва спеціальності)

енергії та гідроенергетика»

Протокол № 1 від «28.08.2025 року»

Голова НМКС _____



Віталій БОЯРЧУК

(підпис, ім'я та прізвище)

Схвалено рішенням навчально-методичної ради факультету МЕІТ

(назва факультету)

Протокол № 1 від «28.08.2025 року»

Голова НМРФ _____



Степан КОВАЛИШИН

(підпис, ім'я та прізвище)

Ухвалено вченою радою факультету МЕІТ протокол №1 від «28.08.2025 року»

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Всього годин	
	денна форма здобуття освіти	заочна форма здобуття освіти
Семестр	6, 7	6, 7
Кількість кредитів/годин	4+4/120+120	5+5/150+150
Усього годин аудиторної роботи	64+42	26+26
в т.ч.:		
• лекційні заняття, год.	32+14	12+12
• практичні заняття, год.	—	
• лабораторні заняття, год.	32+28	14+14
• семінарські заняття, год.	—	
Усього годин самостійної роботи	56+78	124+124
Форма контролю	Іспит, іспит	Іспит, іспит

Примітка.

Частка аудиторного навчального часу студента у відсотковому вимірі:

для денної форми здобуття освіти – 53 %

для заочної форми здобуття освіти – 17 %

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою навчальної дисципліни Сонячна енергетика є формування у майбутніх фахівців теоретичних основ та практичних умінь і навиків з конструкції засобів перетворення променистої енергії сонячного випромінювання у теплову та електричну енергію й обґрунтування технологічних рішень її раціонального використання залежно від поставлених цілей, природних умов та інших впливових чинників, з метою зниження рівня споживання традиційних енергетичних ресурсів, підвищення рівня надійності енергозабезпечення.

Завдання навчальної дисципліни передбачають:

- формування у здобувачів вищої освіти теоретичних знань та практичних умінь щодо основ конструкції засобів перетворення променистої енергії сонячного випромінювання у теплову та електричну енергію й обґрунтування технологічних рішень її раціонального використання;
- набуття навичок з оцінки ефективності засобів перетворення променистої енергії сонячного випромінювання у теплову та електричну енергію;
- набуття навичок використання сучасних програмних засобів для розрахунку параметрів засобів перетворення променистої енергії сонячного випромінювання у теплову та електричну енергію;
- підготовка майбутніх фахівців до прийняття інженерних рішень, спрямованих на підвищення ефективності, надійності та конкурентоспроможності енергетичних систем традиційної та відновлюваної енергетики.

Пререквізити: для успішного опанування курсу «Сонячна енергетика» необхідно володіти знаннями із суміжних курсів: Вища математика, Фізика, Хімія, Теплотехніка, Теоретичні основи електротехніки, Електричні машини та апарати, Інформаційні та комунікаційні технології, Потенціал відновлюваних джерел енергії.

Постреквізити: вивчення дисципліни «Сонячна енергетика» створює підґрунтя для опанування низки спеціальних фахових дисциплін, серед яких: Проектування, монтаж та експлуатація систем відновлюваної енергетики, Економіка енергетики, завершальної освітньої компоненти – підготовки бакалаврської кваліфікаційної роботи (проекту).

Відповідно до освітньо-професійної програми «Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика» вивчення дисципліни забезпечує набуття здобувачами таких компетентностей та програмних результатів навчання:

Індекс в матриці ОПП	Програмні компоненти
1	2
Інтегральна компетентність	Здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми під час професійної діяльності у галузі відновлюваних джерел енергії та гідроенергетики або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів фізики та інженерних наук і характеризуються комплексністю та невизначеністю умов.
Загальні компетентності	➤ Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій ➤ Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел ➤ Здатність приймати обґрунтовані рішення
Фахові (спеціальні) компетентності	• Здатність застосовувати відповідні методи математики, природничих та технічних наук і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань з відновлюваних джерел енергії та гідроенергетики • Здатність застосовувати і інтегрувати знання і розуміння інженерних дисциплін для розв'язання складних задач з відновлюваних джерел енергії та гідроенергетики • Здатність розуміти і застосовувати фізичні принципи і математичні методи, необхідні в галузі відновлюваних джерел енергії та гідроенергетики • Здатність виявляти, класифікувати і описувати ефективність систем і компонентів енергосистеми на основі використання аналітичних методів, моделювання та експериментальних досліджень • Здатність оцінювати енергетичну ефективність об'єктів, розробляти та впроваджувати енергоощадні технології • Здатність розробляти проекти з урахуванням особливостей виробництва, експлуатації, технічного обслуговування та утилізації обладнання відновлюваних джерел енергії та гідроенергетики • Здатність застосовувати методики вибору енергетичного обладнання та устаткування об'єктів відновлюваних джерел енергії та гідроенергетики • Здатність вирішувати практичні задачі, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії • Здатність здійснювати діагностику обладнання та устаткування, організовувати обслуговування і ремонт, проводити сертифікацію й експертизу електроенергетичних та електротехнічних систем об'єктів відновлюваної енергетики
Програмні результати навчання	○ Встановлювати зв'язок між інженерною діяльністю та впливом її на навколишнє середовище, застосовувати ефективні заходи щодо охорони навколишнього середовища ○ Використовувати сучасні інформаційні технології та спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач професійної діяльності ○ Знання і розуміння наукових принципів, що лежать в основі енергетичної галузі, навички застосування сучасних математичних, фізичних та інженерних методів для розв'язання складних задач

	професійної діяльності о Систематизовані знання і розуміння ключових аспектів та концепцій в галузі відновлюваної енергетики та гідроенергетики, технології виробництва, передачі, розподілу і використання енергії о Експлуатувати енергетичне обладнання у відповідності до виробничих цілей, законодавства і нормативних документів, зокрема, технічних регламентів та правових норм в галузі охорони здоров'я людей і забезпечення безпеки інженерної діяльності о Обирати та використовувати придатні методи та засоби вимірювань для визначення значень технологічних параметрів процесів та режимів роботи енергетичного обладнання відповідно до стандартів і вимог метрологічної служби України о Вміти виконувати енергетичні розрахунки енергетичних об'єктів відновлюваної енергетики та гідроенергетики, вибирати тип і розміри основного і допоміжного обладнання о Знати існуючі конструкції обладнання та устаткування призначеного для перетворення енергії відновлюваних джерел в електричну та інші види енергій о Знати заходи підтримки та зміни режимів роботи систем електроживлення, об'єктів відновлюваної енергетики, систем блискавкозахисту та захисту від перенапруг о Знати фактори, що призводять до виникнення незворотних процесів в устаткуванні та обладнанні електричних станцій та об'єктів відновлюваної енергетики та гідроенергетики
--	---

3. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Модуль 1. Сонячна електроенергетика

Назви тем	Кількість годин											
	денна форма здобуття освіти (ДФЗО)						заочна форма здобуття освіти (ЗФЗО)					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с.р.		л	п	лаб.	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тема 1	6	2		2		2	10	1				9
Тема 2	6	4				2	10	1				9
Тема 3	6	2		2		2	12	1		1		10
Тема 4	11	4		4		3	17	1		6		10
Тема 5	5	2				3	10	1				9
Тема 6	9	2		4		3	10	1				9
Тема 7	13	2		8		3	12	1		1		10
Тема 8	21	6		12		3	19	3		6		10
Тема 9	7	4				3	10	1				9
Тема 10	6	4				2	10	1				9
Підготовка до навчальних занять та контрольних заходів	30					30	30					30
Усього годин	120	32		32		56	150	12		14		124

Модуль 2. Сонячна теплоенергетика

Назви тем	Кількість годин											
	денна форма здобуття освіти (ДФЗО)						заочна форма здобуття освіти (ЗФЗО)					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с.р.		л	п	лаб.	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тема 11	10	2		2		6	13	1				12
Тема 12	13	2		4		7	18	1		4		13
Тема 13	9	2				7	15	2				13
Тема 14	13	2		4		7	18	2		2		14
Тема 15	23	2		14		7	22	2		6		14
Тема 16	13	2		4		7	18	2		2		14
Тема 17	9	2				7	16	2				14
Підготовка до навчальних занять та контрольних заходів	30					30	30					30
Усього годин	120	14		28		78	150	12		14		124

4. ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

Модуль 1. Сонячна електроенергетика

№ з/п	Назви тем та їх короткий зміст	Кількість годин	
		ДФЗО	ЗФЗО
1	Тема 1. Вступ до сонячної електроенергетики 1.1. Історія зародження галузі сонячної електроенергетики. 1.2. Тенденції розвитку сонячної електроенергетики в світі. 1.3. Стан галузі сонячної електроенергетики в Україні. 1.4. Розвиток малої сонячної електроенергетики. 1.5. Економіка сонячної електроенергетики.	2	1
2	Тема 2. Енергетична структура діелектриків, металів та напівпровідників 2.1. Енергетичні стани електронів у вільних атомах. 2.2. Енергетичні зони електронів у зв'язаних атомах(у молекулах та кристалічних ґратках). 2.3. Заборонена зона. Рівень Фермі. Термо- і фотостимульовані переходи. Внутрішній і зовнішній фотоэффект. 2.4. Власна та домішкова провідність. Енергетичні зони легованих напівпровідників. 2.5. Контактна різниця потенціалів.	4	1
3	Тема 3. Електронно-дірковий $p-n$-перехід 3.1. Утворення $p-n$ переходу. Динамічна рівновага розподілу зарядів. 3.2. Довжина пробігу та рекомбінація зарядів в області $p-n$ переходу. 3.3. Зміщення рівноваги $p-n$ -переходу зовнішньою напругою. 3.4. Зміщення рівноваги зарядів освітленням $p-n$ переходу. 3.5. Електронні прилади на базі $p-n$ -переходу: фотодіод, фотоелемент і фотоелектрична комірка. Вольт-амперна характеристика (ВАХ) діода.	2	1

4	Тема 4. Електричні властивості освітленого р–п-переходу (фотоелементу) 4.1. Конструктивне виконання фотоелемента та його заступна електрична схема. 4.2. Електричне коло освітленого фотоелемента та режими його навантаження. 4.3. Ідеальна фотоелектрична комірка та її вольт-амперна характеристика. 4.4. Залежність параметрів ВАХ від конструкційних матеріалів. 4.5. Спектральна чутливість та показники енергетичної ефективності фотоелектричного перетворення.	4	1
5	Тема 5. Сонячні елементи (фотоелектричні комірки) 5.1. Сонячний елемент як реальна фотоелектрична комірка. Заступна схема та рівняння Шоклі. 5.2. Особливі точки вольт амперної та вольт-ватної характеристик. 5.3. Зміни ВАХ з температурою та освітленістю. 5.4. Зміни ВАХ від послідовного та шунтового опорів. 5.5. Коефіцієнт корисної дії та фактор заповнення ВАХ.	2	1
6	Тема 6. Фотоелектричний модуль (сонячна панель) 6.1. Конструкція типових сонячних панелей (фотомодулів). 6.2. Вимоги до конструкційних матеріалів. 6.3. Залежність експлуатаційних характеристик фотомодуля від способів комутації фотокомірок. 6.4. Залежність експлуатаційних характеристик фотомодуля від режимів інсоляції і температури довкілля. 6.5. Види та схеми навантаження сонячних панелей.	2	1
7	Тема 7. Оцінка експлуатаційних характеристик фотомодуля за довільних режимів інсоляції і температури довкілля 7.1. Стандарти випробування фотомодулів. 7.2. Технічні характеристики фотомодулів та їх маркування. 7.3. Обґрунтування методики оцінки характеристик фотомодуля при відхиленні від стандартних умов випробувань. 7.4. Врахування зміни освітленості фотомодуля протягом дня. 7.5. Оцінка поточної температури фотомодуля.	2	1
8	Тема 8. Конфігурація фотоелектричних установок 8.1. Послідовне і паралельне сполучення фотомодулів. 8.2. Фотоелектрична установка автономного електропостачання. Комплектація та алгоритм роботи обладнання. 8.3. Шунтова і послідовна схеми комутації елементів електричного кола. Засоби захисту акумулятора і фотомодуля. 8.4. Узгодження параметрів і режимів роботи фотомодуля, акумулятора і корисного навантаження. 8.5. Типи та характеристики сонячних контролерів. 8.6. Методи і засоби керування енергетичним потоками. Режим максимальної фотоелектричної і генерації. 8.7. Типова структура комутація елементів мережевої системи. 8.8. Типова структура комутація елементів гібридної системи. 8.9. Критерії обґрунтування вибору інвертора. 8.10. Критерії обґрунтування вибору акумулятора. 8.11. Засоби автоматичного перемикавання джерел живлення.	6	3

	8.12. Гібридні мікромережі.		
9	Тема 9. Моделювання потоків сонячної енергії до стаціонарного фотомодуля за ясного неба 9.1. Наближення ясного неба для потоків сонячної радіації 9.2. Поточний кут освітлення стаціонарного фотомодуля протягом дня. 9.3. Моделювання поточної інтенсивності прямого та дифузного потоків сонячної енергії до горизонтальної поверхні за ясного неба. 9.4. Розрахунок потоків сонячної енергії до стаціонарного фотомодуля за припущення рівномірно яскравого неба. 9.5. Розрахунок потоків сонячної енергії до стаціонарного фотомодуля за неізотропними моделями яскравості неба.	4	1
10	Тема 10. Оптимізація енергетичної освітленості фотомодуля протягом дня 10.1. Поворотні пристрої стеження за Сонцем. 10.2. Неперервний та дискретний алгоритми керування поворотом. 10.3. Засоби керування пристроями стеження за Сонцем. 10.4. Пакети програм з розрахунку сонячних координат і радіаційних потоків. 10.5. Методи оцінки ефективності режимів стеження за Сонцем.	4	1
Усього годин		32	12

Модуль 2. Сонячна теплоенергетика

№ з/п	Назви тем та їх короткий зміст	Кількість годин	
		ДФЗО	ЗФЗО
11	Тема 11. Сонячні промені та їх енергія 11.1. Природа сонячних променів. 11.2. Спектр сонячного випромінювання. 11.3. Просторово часові параметри прямих сонячних променів біля земної поверхні. 11.4. Фізичні механізми послаблення сонячних променів земною атмосферою. 11.5. Стандартні стани атмосфери і сонячні спектри 11.6. Кількісні та якісні характеристики приземних потоків сонячної радіації. 11.7. Оцінка потенціалу сонячної енергії за вітчизняними та міжнародними базами даних актинометричних величин. 11.8. Моделювання параметрів потоків сонячної енергії до освітленої поверхні у наближенні "ясного неба". 11.9. Лабораторний пакет програм для моделювання параметрів інсоляції приймачів сонячної енергії.	2	1
12	Тема 12. Взаємодія сонячних променів з геліотехнічними матеріалами 12.1. Схема взаємодії світла з геліотехнічними матеріалами. 12.2. Коефіцієнти відбивання, поглинання пропускання і випромінювання. 12.3. Залежність коефіцієнта відбивання прозорого покриття від кута освітлення. 12.4. Селективне поглинання сонячних променів. Селективно поглинаючі матеріали.	2	1

	12.5. Селективне теплове випромінювання нагрітою поверхнею.		
13	Тема 13. Енергетичний баланс освітленої поверхні 13.1. Вхідні та вихідні енергетичні потоки. 13.2. Потік до тильної поверхні. Рівняння Фур'є. Коефіцієнт і опір теплопровідності. 13.3. Потік тепловтрат випромінюванням до неба і довкілля. Ступінь чорноти поверхні і опір радіаційної тепловіддачі. 13.4. Потік тепловіддачі до прилеглого шару твердого тіла. Коефіцієнт і опір тепловіддачі. 13.5. Процеси теплообміну на межі твердого тіла з рідиною і повітрям. Рівняння подібності. Коефіцієнти та опори конвективної тепловіддачі.	2	2
14	Тема 14. Енергетичний баланс теплових потоків 14.1. Складання потоків теплопереносу. Ефективні коефіцієнти та опори теплопередачі. 14.2. Графічне моделювання теплових потоків. 14.3. Модель електротеплової аналогії у теплових розрахунках. 14.4. Моделювання теплових потоків у середовищі Excel. 14.5. Уточнення параметрів рівноважних теплових потоків методом послідовних наближень.	2	2
15	Тема 15. Сонячні рідинні колектори 15.1. Базова конструкція плоского сонячного колектора. 15.2. Тепло- і масо-обмінні процеси. Коефіцієнти тепловтрат. 15.3. Номінальні та критичні режими. Стаціонарний процес. 15.4. Вимоги до конструкційних та функціональних матеріалів. Оптичний к.к.д. колектора. 15.5. Рівняння теплопродуктивності трубчастого колектора. 15.6. Коефіцієнт ефективності сприймаючої поверхні. 15.7. Коефіцієнт тепловідводу трубчастого колектора. 15.8. К.к.д. трубчастого колектора 15.9. Годинна теплопродуктивність трубчастого колектора 15.10. Сонячні водогрійні установки	2	2
16	Тема 16. Повітряний сонячний колектор 16.1. Варіанти конструкцій повітряних колекторів. 16.2. Вимоги до скляного покриття колектора. 16.3. Форма і матеріал поглинаючої поверхні. 16.4. Мінімізація верхніх та нижніх потоків тепловтрат. 16.5. Математична модель енергетичних перетворень і теплових потоків.	2	2
17	Тема 17. Теплоенергетичні установки з дзеркальними концентраторами 17.1. Елементи геометричної оптики. Коефіцієнт відбивання та концентрації сонячної енергії. 17.2. Плоско дзеркальний концентратор. Коефіцієнт підсилення. 17.3. Парабоциліндричний концентратор. Площа сприймаючої поверхні. 17.4. Параболічний фацетний концентратор. Коефіцієнт концентрації. 17.5. Сонячна піч.	2	2
Усього годин		14	12

5. ЛАБОРАТОРНІ ЗАНЯТТЯ
Модуль 1. Сонячна електроенергетика

№ з/п	Назви тем та їх короткий зміст	Кількість годин	
		ДФЗО	ЗФЗО
1	Вступне заняття. Ввідний інструктаж з техніки безпеки. Ознайомлення з методикою та засобами досліджень сонячних панелей та установок.	2	
2	Дослідження фотоелектричного модуля в польових умовах.	2	1
3	Дослідження світлових вольт-амперних характеристик фотоелектричного модуля.	2	2
4	Дослідження темнових вольт-амперних характеристик фотоелектричного модуля.	2	2
5	Дослідження впливу освітленості та температури на параметри вольт-амперної характеристики фотоелектричного модуля.	4	2
6	Моделювання поточної потужності та годинної продуктивності фотоелектричного модуля.	4	
7	Дослідження ефективності фотоелектричного модуля з плоским дзеркальним концентратором потоку сонячної енергії.	4	1
8	Дослідження структури та експлуатаційних характеристик автономної фотоелектричної установки.	4	2
9	Дослідження структури та експлуатаційних характеристик мережевої та гібридної фотоелектричної установки.	4	2
10	Обґрунтування структури і параметрів комутаційної та захисної апаратури фотоелектричної установки.	4	2
Усього годин		32	14

Модуль 2. Сонячна теплоенергетика

№ з/п	Назви тем та їх короткий зміст	Кількість годин	
		ДФЗО	ЗФЗО
11	Приведення актинометричних величин до шкали локального сонячного часу	2	
12	Дослідження теплових характеристик абсорберів сонячних колекторів	2	2
13	Дослідження оптичних характеристик прозорого покриття сонячних колекторів	2	2
14	Математичне моделювання радіаційних тепловтрат абсорбером сонячного колектора	4	2
15	Ознайомлення з конструкцією та параметрами сонячних колекторів різних типів	4	2
16	Дослідження структури сонячних водогрійних установок	2	2
17	Дослідження гідравлічного опору рідинного сонячного колектора	2	
18	Дослідження сталої часу рідинного сонячного колектора	2	
19	Дослідження експлуатаційних характеристик сонячної водогрійної установки	4	2
20	Розрахунок робочих характеристик повітряного сонячного колектора	4	2
Усього годин		28	14

6. САМОСТІЙНА РОБОТА

Модуль 1. Сонячна електроенергетика

№ з/п	Назви тем та їх короткий зміст	Кількість годин	
		ДФЗО	ЗФЗО
1	Перспективи розвитку сонячної електроенергетики	2	9
2	Контактна різниця потенціалів напівпровідників	2	9
3	Вольт-амперна характеристика (ВАХ) діода.	2	10
4	Спектральна чутливість та показники енергетичної ефективності фотоелектричного перетворення	3	10
5	Коефіцієнт корисної дії та фактор заповнення ВАХ	3	9
6	Види та схеми навантаження сонячних панелей	3	9
7	Оцінка поточної температури фотомодуля	3	10
8	Гібридні мікромережі	3	10
9	Методи моделювання потоків сонячної енергії	3	9
10	Методи оцінки ефективності режимів стеження за Сонцем	2	9
Підготовка до навчальних занять та контрольних заходів		30	30
Усього годин		56	124

Модуль 2. Сонячна теплоенергетика

№ з/п	Назви тем та їх короткий зміст	Кількість годин	
		ДФЗО	ЗФЗО
11	Оцінка потенціалу сонячної енергії за вітчизняними та міжнародними базами даних актинометричних величин	6	12
12	Селективне теплове випромінювання нагрітою поверхнею	7	13
13	Процеси теплообміну в абсорбері сонячного колектора	7	13
14	Побудова енергетичного балансу сонячного колектора	7	14
15	Сонячні водогрійні установки	7	14
16	Види теплових втрат у повітряному колекторів та способи їх мінімізації	7	14
17	Застосування та особливості експлуатації сонячної печі	7	14
Підготовка до навчальних занять та контрольних заходів		30	30
Усього годин		78	124

7. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Навчання з дисципліни «Сонячна енергетика» здійснюється із застосуванням сучасних інтерактивних та практикоорієнтованих методів, що поєднують словесні (лекція, пояснення, дискусія), наочні (демонстрація, робота з мультимедійними матеріалами) та активні форми (групові проєкти, семінари-дискусії, моделювання ситуацій, аналіз кейсів). Використання методів мозкового штурму, проблемно-орієнтованих і дослідницьких підходів сприяє розвитку критичного та креативного мислення, уміння працювати в команді й приймати ефективні управлінські рішення. Ефективність забезпечується залученням сучасних цифрових інструментів, програмних засобів для планування й контролю, а також роботи з професійною літературою та науковими публікаціями.

8. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Оцінювання результатів навчання студентів здійснюється проведенням поточного та підсумкового контролю.

Поточний контроль здійснюється під час лабораторних занять і має на меті перевірку рівня підготовленості студента до виконання відповідної роботи. Форми проведення поточного контролю – усне та письмове опитування, тестовий контроль.

Підсумковий контроль проводиться з метою оцінювання результатів навчання на завершальному етапі вивчення дисципліни. Підсумковий контроль здійснюється у формі екзамену.

9. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Успішність студента оцінюється шляхом проведення поточного та підсумкового контролю.

Максимальна кількість балів з дисципліни «Сонячна енергетика», яку може отримати студент протягом семестру за всі види роботи, становить 100, при цьому 50 балів за результатами поточного оцінювання, та 50 – за результатами екзаменаційного контролю.

Результати **поточного контролю** оцінюються за чотирибальною («2», «3», «4», «5») шкалою. В кінці семестру обчислюється середнє арифметичне значення (САЗ) усіх отриманих студентом оцінок з наступним переведенням його у 50-ти бальну шкалу за формулою:

$$ПК = 10 \cdot САЗ$$

Критерії оцінювання знань студентів

Оцінка	Критерії оцінювання
5 («відмінно»)	У повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно, самостійно та аргументовано його викладає, глибоко і всебічно розкриває зміст, використовуючи обов'язкову та додаткову літературу. Правильно вирішив 90% тестових завдань.
4 («добре»)	Достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає, в основному розкриває зміст завдань, використовуючи обов'язкову літературу. При викладанні окремих питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються несуттєві неточності й незначні помилки. Правильно вирішив більшість тестових завдань.
3 («задовільно»)	У цілому володіє навчальним матеріалом, викладає його основний зміст, але без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, допускаючи окремі суттєві неточності та помилки. Правильно вирішив близько половини тестових завдань.
2 («незадовільно»)	Не в повному обсязі володіє навчальним матеріалом. Викладає матеріал фрагментарно та поверхово, без аргументації й обґрунтування, недостатньо розкриває зміст теоретичних і практичних завдань, допускає суттєві неточності. Правильно вирішив меншість тестових завдань.

Переведення підсумкових рейтингових оцінок з дисципліни, виражених у балах за 100-бальною шкалою, у оцінки за національною шкалою та шкалою ECTS.

Таблиця 1 – Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, диференційованого заліку, курсового проєкту (роботи), практики	для заліку
90–100	A	відмінно	зараховано
82–89	B	добре	
74–81	C		

64–73	D	задовільно	
60–63	E		
35–59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0–34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

10. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Модуль 1. Сонячна електроенергетика

1. Сиротюк С. В., Гальчак В.П., Станицький Т. О. Ознайомлення з методикою та засобами досліджень сонячних панелей та установок. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Сонячна енергетика". Львів, 2025. 16 с.
2. Сиротюк С. В., Гальчак В.П., Станицький Т. О. Дослідження фотоелектричного модуля в польових умовах. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Сонячна енергетика". Львів, 2025. 8 с.
3. Сиротюк С. В., Гальчак В.П., Станицький Т. О. Дослідження світлових вольт-амперних характеристик фотоелектричного модуля. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Сонячна енергетика". Львів, 2025. 11 с.
4. Сиротюк С. В., Гальчак В.П., Станицький Т. О. Дослідження темнових вольт-амперних характеристик фотоелектричного модуля. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Сонячна енергетика". Львів, 2025. 14 с.
5. Сиротюк С. В., Гальчак В.П., Станицький Т. О. Дослідження впливу освітленості та температури на параметри вольт-амперної характеристики фотоелектричного модуля. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Сонячна енергетика". Львів, 2025. 11 с.
6. Сиротюк С. В., Гальчак В.П., Станицький Т. О. Моделювання поточної потужності та годинної продуктивності фотоелектричного модуля. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Сонячна енергетика". Львів, 2025. 8 с.
7. Сиротюк С. В., Гальчак В.П., Станицький Т. О. Дослідження ефективності фотоелектричної панелі з плоским дзеркальним концентратором потоку сонячної енергії. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Сонячна енергетика". Львів, 2025. 10 с.
8. Сиротюк С. В., Гальчак В.П., Станицький Т. О. Дослідження структури та експлуатаційних характеристик автономної фотоелектричної установки. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Сонячна енергетика". Львів, 2025. 11 с.
9. Сиротюк С. В., Гальчак В.П., Станицький Т. О. Дослідження структури та експлуатаційних характеристик мережевої та гібридної фотоелектричної установки. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Сонячна енергетика". Львів, 2025. 17 с.

10. Сиротюк С. В., Гальчак В.П., Станицький Т. О. Обґрунтування структури і параметрів комутаційної та захисної апаратури фотоелектричної установки. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Сонячна енергетика". Львів, 2025. 23 с.

Модуль 2. Сонячна теплоенергетика

11. Гальчак В.П., Сиротюк С.В., Коробка С. В., Станицький Т.О. Приведення актинометричних величин до шкали локального сонячного часу. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни «Сонячна енергетика». Львів, 2025. 7 с.
12. Гальчак В.П., Сиротюк С.В., Коробка С. В., Станицький Т.О. Дослідження теплових характеристик абсорберів сонячних колекторів. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни «Сонячна енергетика». Львів, 2025. 13 с.
13. Гальчак В.П., Сиротюк С.В., Коробка С. В., Станицький Т.О. Дослідження оптичних характеристик прозорого покриття сонячних колекторів. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни «Сонячна енергетика». Львів, 2025. 10 с.
14. Гальчак В.П., Сиротюк С.В., Коробка С. В., Станицький Т.О. Математичне моделювання радіаційних тепловтрат абсорбером сонячного колектора. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни «Сонячна енергетика». Львів, 2025. 7 с.
15. Гальчак В.П., Сиротюк С.В., Коробка С. В., Станицький Т.О. Ознайомлення з конструкцією та параметрами сонячних колекторів різних типів. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни «Сонячна енергетика». Львів, 2025. 14 с.
16. Гальчак В.П., Сиротюк С.В., Коробка С. В., Станицький Т.О. Дослідження структури сонячних водогрійних установок. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни «Сонячна енергетика». Львів, 2025. 16 с.
17. Гальчак В.П., Сиротюк С.В., Коробка С. В., Станицький Т.О. Дослідження гідравлічного опору рідинного сонячного колектора. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни «Сонячна енергетика». Львів, 2025. 8 с.
18. Гальчак В.П., Сиротюк С.В., Коробка С. В., Станицький Т.О. Дослідження сталої часу рідинного сонячного колектора. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни «Сонячна енергетика». Львів, 2025. 11 с.
19. Гальчак В.П., Сиротюк С.В., Коробка С. В., Станицький Т.О. Дослідження експлуатаційних характеристик сонячної водогрійної установки. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни «Сонячна енергетика». Львів, 2025. 10 с.
20. Гальчак В.П., Сиротюк С.В., Коробка С. В., Станицький Т.О. Розрахунок робочих характеристик повітряного сонячного колектора. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни «Сонячна енергетика». Львів, 2025. 12 с.

11. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Гальчак В. П., Боярчук В. М. Альтернативні джерела енергії. Енергія Сонця. Львів : Вид-во ЛНАУ, 2008. 135 с.

2. Гальчак В.П., Боярчук В.М., Сиротюк С.В., Коробка С.В., Станицький Т.О. Сонячна енергія та інсоляція: Монографія. Львів : Магнолія 2006, 2024. 242 с.
3. Jastrzębska G. Ogniwa słoneczne. Budowa, technologia i zastosowanie. Sulejówek : WKL, 2024. 574 s.
4. Tytko R. Fotowoltaika. Podręcznik dla studentów, uczniów, instalatorów, inwestorów. VI uzupełnione. Kraków, 2022. 520 s.
5. Sibiński M., Znajdek K. Postępy w fotowoltaice. Warszawa : Wydawnictwo Naukowe PWN, 2021. 302 p.
6. Кудря С.О., Головка В.М. Основи конструювання енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії: навч. посіб. К.: НТУУ "КПІ", 2011. 184 с.
7. Luque A., Hegedus S. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. San Francisco: John Wiley & Sons Ltd, 2003. 1115 p.
8. Мисак Й. С., Возняк О. Т., Дацько О. С., Шаповал С.П. Сонячна енергетика: теорія та практика: монографія. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. 340 с.
9. Сиворакша В. Ю., Марков В. П., Петров Б. Є. та ін. Теплові розрахунки геліосистем. Моногр. Д.: Вид-во Дніпропетр. ун-ту, 2003. 132 с.
10. Wisniewski G., Golebiowski S., Gruciuk M., Kurowski K., Wiecka A. Kolektory słoneczne: Energia słoneczna w mieszkalnictwie, hotelarstwie i drobnym przemyśle. Warszawa: Medium, 2008. 201 s.
11. Tytko R., Goralczyk I. Urządzenia, instalacje fotowoltaiczne i elektryczne. Krakow: Wydawnictwo i Drukarnia Towarzystwa Słowaków w Polsce, 2013. 347 s.
12. Szymanski B. Instalacje fotowoltaiczne. Edycja 2023. Krakow: Redakcja GLOBEnergia, 2023. 376 s.
13. Zawadzki M. Kolektory Słoneczne, Pompy Ciepła – Na Tak. Warszawa: Polska Ekologia, 2003. 276 s.

12. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського: <http://www.nbuv.gov.ua/>;
2. Львівська національна наукова бібліотека України імені Василя Стефаника: <http://www.lsl.lviv.ua/>;
3. Національна наукова сільськогосподарська бібліотека Національної академії аграрних наук: <http://www.dnsgb.com.ua/>;
4. Львівська обласна універсальна наукова бібліотека: <http://lounb.org.ua/>.
5. Бібліотечно-інформаційні ресурси – [книжковий фонд](#), періодика та фонди на [електронних носіях](#) бібліотеки ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького, державних органів науково-технічної інформації, наукових, науково-технічних бібліотек та інших наукових бібліотек України.
6. «Сонячна енергетика». [Електронний ресурс] : офіційний сайт. – URL: <https://moodle.lnup.edu.ua/course/view.php?id=10830>.
7. <http://www.viessmann.ua>
8. <http://www.sintsolar.com.ua>
9. <https://aseu.org.ua/>