

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра теплоенергетики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження

 (В.В. Каплун)

2023 р.



«СХВАЛЕНО»

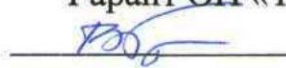
на засіданні кафедри теплоенергетики
Протокол № 5 від «14» червня 2023 р.

В.о. завідувача кафедри

 (Є.О. Антипов)

«РОЗГЛЯНУТО»

Гарант ОП «Теплоенергетика»

 (В.Г. Горобець)

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«ВОДНЕВА ЕНЕРГЕТИКА»

спеціальність 144 – «Теплоенергетика»

освітня програма «Теплоенергетика»

ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження

Кафедра «Теплоенергетики»

Розробник: доцент, к.т.н., доцент Антипов Євген Олексійович

1. Опис навчальної дисципліни

Воднева енергетика

(назва)

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь		
Освітній ступінь	Бакалавр	
Спеціальність	144 «Теплоенергетика»	
Освітня програма	Теплоенергетика	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Вибіркова	
Загальна кількість годин	120	
Кількість кредитів ECTS	4,0	
Кількість змістових модулів	3	
Форма контролю	Екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки (курс)	3-й	-
Семестр	6-й	-
Лекційні заняття	30 год.	-
Практичні, семінарські заняття	30 год.	-
Лабораторні заняття	-	-
Самостійна робота	60 год.	-
Індивідуальні завдання	-	-
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	4 год.	-

2. Мета, завдання та компетентності навчальної дисципліни

Мета вивчення дисципліни – формування у студентів уявлення про системи та види водневої генерації енергії, питомі та кількісні енергетичні характеристики, переваги та недоліки використання, а також роль систем водневої генерації енергії в житті людини та у функціонуванні всього суспільства.

Завдання дисципліни – полягає у формуванні у студентів вміння застосовувати отриману систему знань для визначення оптимальних варіантів використання систем водневої генерації енергії для систем автономного електропостачання; практичних навичок розрахунку систем водневої генерації; їх поєднання із впровадженням енергозберігаючих заходів для ефективного енергопостачання об'єктів АПК і комунального

сектору країни та зведення до мінімуму шкідливого впливу на навколишнє середовище.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен **знати**:

- нормативні документи та термінологію, яка стосується основних понять дисципліни;
- основи на яких базуються технології водневої генерації енергії;
- класифікацію систем та методів водневої генерації енергії;
- сучасний стан, тенденції та перспективи розвитку методів водневої генерації енергії;
- кількісні та якісні характеристики кожного із відомих технічних пристроїв водневої генерації енергії;
- рівні та пріоритети використання технологій водневої генерації енергії у світі та в Україні.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен **вміти**:

- на практиці проводити розрахунки систем водневої генерації енергії;
- визначати та оцінювати енергетичні показники систем водневої генерації енергії;
- визначати кількість енергії, отриманої при перетворенні водневої генерації в теплову та електричну енергію;
- оцінювати переваги та недоліки різних технологій водневої генерації енергії;
- знаходити оптимальні рішення застосування кожної системи окремо та технологічні рішення комплексного використання різних систем водневої генерації енергії;
- оцінювати вплив, що виникає у процесі використання кожної із відомих технологій водневої генерації енергії, на навколишнє середовище;
- користуватися науково-технічною, довідниковою літературою та володіти навиками роботи зі спеціалізованим програмним забезпеченням.

Набуття компетентностей:

<i>Інтегральна компетентність</i>	ІК 1	Здатність розв'язувати складні загальні, спеціалізовані задачі та практичні проблеми у сфері теплоенергетики або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів електричної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов
<i>Загальні компетентності</i>	ЗК 1	Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні
	ЗК 3	Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями
	ЗК 4	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях
	ЗК 6	Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з

		різних джерел
	ЗК 7	Здатність працювати в команді
	ЗК 8	Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово
	ЗК 9	Здатність приймати обґрунтовані рішення
Фахові (спеціальні) компетентності	ФК 1	Здатність застосовувати відповідні кількісні математичні методи, методи природничих та технічних наук і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в теплоенергетичній галузі
	ФК 2	Здатність застосовувати і інтегрувати знання і розуміння інших інженерних дисциплін для вирішення професійних проблем
	ФК 4	Здатність виявляти, класифікувати і оцінювати ефективність систем і компонентів на основі використання аналітичних методів і методів моделювання в теплоенергетичній галузі
	ФК 5	Здатність визначати, досліджувати та розв'язувати проблеми у сфері теплоенергетики, а також ідентифікувати обмеження, включаючи ті, що пов'язані з інженерними аспектами і проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в теплоенергетичній галузі
	ФК 6	Здатність враховувати знання і розуміння комерційного та економічного контексту при прийнятті рішень в теплоенергетичній галузі
	ФК 7	Здатність враховувати ширший міждисциплінарний інженерний контекст у професійній діяльності в сфері теплоенергетики
	ФК 8	Здатність використовувати наукову і технічну літературу та інші джерела інформації у професійній діяльності в теплоенергетичній галузі
	ФК 9	Здатність розробляти плани і проєкти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів вирішуваної проблеми, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію теплоенергетичного обладнання
	ФК 10	Здатність дотримуватися професійних і етичних стандартів високого рівня у діяльності в теплоенергетичній галузі
	ФК 12	Здатність забезпечувати захист інтелектуальної власності, готувати, оформлювати і виконувати контракти в теплоенергетичній галузі

Програмні результати навчання (ПРН):

Знання і розуміння

ПРН-1. Знання і розуміння математики, фізики, хімії, газодинаміки, тепломасообміну, технічної термодинаміки, міцності, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки, що лежать в основі спеціальності «Теплоенергетика» на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми.

ПРН-2. Знання і розуміння інженерних дисциплін, що лежать в основі спеціальності «Теплоенергетика», на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях науки і техніки.

ПРН-4. Розуміння міждисциплінарного контексту спеціальності «Теплоенергетика».

Інженерний аналіз

ПРН-5. Здатність розуміти складні інженерні процеси, системи, обладнання і технології, відповідно до спеціальності «Теплоенергетика»; обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати такого аналізу та досліджень.

ПРН-7. Здатність виявляти, формулювати і вирішувати інженерні завдання відповідно до спеціальності «Теплоенергетика»; розуміти важливість нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) обмежень.

Проектування

ПРН-8. Здатність розробляти і проектувати складні технічні вироби у сфері теплоенергетики, процеси і системи, що задовольняють встановленим вимогам, які можуть включати обізнаність про нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти; обрання і застосовування адекватної методології проектування.

ПРН-9. Здатність використовувати певне розуміння передових досягнень при проектуванні об'єктів сфери теплоенергетики.

Дослідження

ПРН-11. Здатність здійснювати пошук необхідної інформації в технічній літературі, використовувати наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації, здійснювати моделювання з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань спеціальності «Теплоенергетика»

ПРН-12. Здатність застосовувати кодекси практики і правила техніки безпеки для спеціальності «Теплоенергетика»

ПРН-13. Лабораторні/технічні навички та вміння планувати і виконувати експериментальні дослідження за допомогою інструментальних засобів (вимірювальних приладів), оцінювати похибки проведення досліджень, робити висновки.

Інженерна практика

ПРН-14. Здатність продемонструвати систематичне розуміння ключових аспектів та концепцій у сфері теплоенергетики, технології виробництва, передачі, розподілу і використання енергії.

ПРН-15. Розуміння застосовуваних методик проектування і дослідження для побудови систем енергозабезпечення об'єктів сфери теплоенергетики та агросектору.

ПРН-16. Розуміння застосовуваних методик проектування і дослідження, а також їх обмежень відповідно спеціальності «Теплоенергетика».

ПРН-17. Практичні навички вирішення завдань, що передбачають реалізацію інженерних проектів і проведення досліджень відповідно.

ПРН-18. Розуміння застосовуваних матеріалів, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів, а також їх обмежень відповідно спеціальності «Теплоенергетика».

ПРН-19. Здатність застосовувати норми інженерної практики відповідно до спеціальності «Теплоенергетика».

Судження

ПРН-21. Здатність збирати й інтерпретувати відповідні дані і аналізувати складності в межах спеціальності «Теплоенергетика» для донесення суджень, які відбивають відповідні соціальні та етичні проблеми.

ПРН-22. Здатність керувати професійною діяльністю, приймати участь у роботі над проектами відповідно до спеціальності «Теплоенергетика», беручи на себе відповідальність за прийняття рішень.

Комунікація та командна робота

ПРН-23. Здатність ефективно спілкуватися з питань інформації, ідей, проблем та рішень з інженерним співтовариством і суспільством загалом.

ПРН-24. Здатність ефективно працювати в національному та міжнародному контексті, як особистість і як член команди, і ефективно співпрацювати з інженерами та не інженерами.

Навчання протягом життя

ПРН-25. Здатність розпізнавати необхідність і самостійно навчатися протягом життя.

ПРН-26. Здатність відстежувати сучасні напрямки розвитку науки і техніки.

3. Програма та структура навчальної дисципліни для:

- повного терміну денної форми навчання.

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин													
	денна форма							Заочна форма						
	тижні	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	14	
Змістовий модуль 1. Національні стратегії та законодавство у сфері водневої енергетики														

Тема 1. Національні водневі стратегії та законодавство		4	2	2									
Тема 2. Воднева енергетика як галузь майбутнього		4	2	2									
Тема 3. Переваги та недоліки водневої енергетики		4	2	2									
Тема 4. Рівень впровадження водневої енергетики в країнах ЄС та світу		4	2	2									
Тема 5. Впровадження водневої енергетики в Україні		24	2	2			20						
Разом за змістовим модулем 1		40	10	10			20						
Змістовий модуль 2. Технічні аспекти водневої енергетики													
Тема 6. Технічні аспекти водневої енергетики		4	2	2									
Тема 7. Технології отримання водню		4	2	2									
Тема 8. Технології виготовлення паливних елементів		4	2	2									
Тема 9. Водневі станції генерації та акумулявання енергії		24	2	2			20						
Тема 10. Вплив водневої енергетики на навколишнє природне середовище		4	2	2									
Разом за змістовим		40	10	10			20						

модулем 2													
Змістовий модуль 3. Водневе акумулювання енергії													
Тема 11. Поняття водневого акумулювання енергії та особливості його використання в комплексі з ПДЕ		4	2	2									
Тема 12. Акумулювання водневої енергії з використанням свинцево- кислотних акумуляторних батарей		14	2	2			10						
Тема 13. Акумулювання водневої енергії з використанням лужних нікель- залізних та нікель- кадмієвих акумуляторних батарей		14	2	2			10						
Тема 14. Акумулювання водневої енергії з використанням срібно-цинкових акумуляторних батарей		4	2	2									
Тема 15. Порівняння та аналіз характеристик електрохімічних акумуляторів для систем накопичення водневої енергії		4	2	2									
Разом за змістовим модулем 3		40	10	10			20						
Усього годин		120	30	30			60						

4. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
----------	------------	--------------------

1	Електроліз води	2
2	Конструкції та характеристики електролізерів	2
3	Способи підвищення ККД електролізера	2
4	Вплив водневої енергетики на атмосферне повітря	2
5	Вплив водневої енергетики на ґрунти та водні ресурси	2

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розрахунок процесу електролізу за законами Фарадея	4
2	Розрахунок концентрації електроліту	4
3	Розрахунок водневої магістралі	4
4	Вибір матеріалу пластин	4
5	Енергетичний баланс комірки	4
6	Розробка принципових схем установки	4
7	Розрахунки на міцність елементів установки	2
8	Розрахунок побутового генератора водню для систем енергозабезпечення від вітрових та сонячних енергоустановок	4

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

7. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Застосування та режими роботи електролізерів	10
2	Вивчення процесів водневого акумулювання енергії	10
3	Вивчення процесів акумулювання енергії з використанням свинцево-кислотних акумуляторних батарей	10
4	Вивчення процесів акумулювання енергії з використанням лужних нікель-кадмієвих акумуляторних батарей	10
5	Вивчення процесів акумулювання енергії з використанням лужних нікель-залізних акумуляторних батарей	10
6	Вивчення процесів акумулювання енергії з використанням срібно-цинкових акумуляторних батарей	10

8. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами

1. Електрохімічні генератори. Паливо, окиснювач, електроліти. Електричні характеристики та електроди паливних елементів.
2. Визначення ХДС, їх класифікація.
3. Будова ХДС та їх електричні характеристики.
4. Хімічні реакції, які мають місце при розряді ХДС.
5. Електрорушійна сила, напруга розімкнутого кола. Напруга при розряді та заряді. Види поляризації, пасивність електродів, вольт–амперні характеристики.
6. Ємність, вплив на неї різних факторів. Коефіцієнти використання активних мас, струму енергії, потужності.
7. Марганець – цинкові первинні ХДС.
8. Сухі марганець–цинкові (МЦ) елементи та батареї. Механізми струмоутворюючих процесів у слабо кислому та лужному середовищах на позитивному та негативному електродах.
9. Особливості роботи цинкового електрода (аноду) в лужних електролітах
10. Експлуатаційні характеристики МЦ елементів різних типів. Конструкція та технологія виробництва МЦ елементів та батарей.
11. Повітряно–цинкові (ПЦ) та повітряно–марганець – цинкові (ПМЦ) елементи. Конструкційні та експлуатаційні особливості. Розрядні характеристики, струмоутворюючі реакції. Области використання.
12. Окисно–ртутні первинні ХДС. Струмоутворюючі реакції. Розрядні характеристики. Конструктивні особливості. Переваги та недоліки по відношенню до других первинних ХДС.
13. Первинні ХДС з магнієвими анодами та з літєвими анодами. Особливості роботи магнієвих анодів. Експлуатація, характеристики, конструкції ХДС з магнієвими анодами; переваги та недоліки у порівнянні з ХДС з цинковими анодами.
14. Особливості фізико–хімічних властивостей літію і роботи літєвих анодів. Катодні активні маси, електроліти. Струмоутворюючі реакції в електролітах на основі апротонних розчинників; розрядні характеристики.
15. Засоби активації ХДС. Особливості устрою та експлуатації резервних ХДС різних типів, області їх використання.
16. Мідно–окисні елементи наливного типу довгого періоду дії. Конструктивні особливості. Струмоутворюючі реакції. Експлуатаційні характеристики, області використання.
17. Паливні елементи. Можливості прямого перетворення хімічної енергії у електричну. Принципова схема устрою паливного елемента.
18. Конструкції електродів паливних елементів, двошарові електроди. Переваги та недоліки паливних елементів. Принципова схема, струмоутворюючі процеси, області використання паливних елементів кожного класу.

19. Побічні процеси, саморозряд, розрядно–зарядні характеристики позитивного електрода, механізм процесів, які мають місце на негативних електродах НЗ та НК акумуляторів.

20. Акумулятори водню. Принципова схема, струмоутворюючі процеси, області використання. Можливості прямого перетворення хімічної енергії у теплову.

9. Методи навчання

Структура дисципліни передбачає надання студентам навчальної інформації та закріплення отриманих знань шляхом здачі іспиту. Викладання дисципліни ґрунтується на поєднанні модульних технологій навчання та залікових освітніх одиниць (залікових кредитів) з використанням інформаційно-ілюстраційного матеріалу у вигляді:

- лекцій у форматі діалогу, з елементами проблемності;
- візуалізації лекцій (Power Point презентації тощо).

Під час обробки експериментальних та розрахункових даних, студенти активно використовують ПЕОМ і відповідні програми для побудови та розрахунків математичних моделей (рівнянь регресії), розрахунку теплових втрат, режиму руху рідини тощо.

10. Форми контролю

Контрольні заходи щодо оцінювання навчальних досягнень студентів з дисципліни включають поточний та підсумковий контроль.

Поточне оцінювання здійснюється у процесі вивчення змістового модулю. Його основними завданнями є: встановлення й оцінювання рівнів розуміння і первинного засвоєння окремих елементів змісту теми, встановлення зв'язків між ними та засвоєним змістом попередніх тем, закріплення знань, умінь і навичок.

Поточний контроль здійснюється під час проведення лабораторних занять і має на меті перевірку рівня підготовленості студента до виконання розрахункових робіт.

Формою проведення поточного контролю є оцінювання рівня теоретичної підготовки до них, правильність виконання індивідуальних завдань з вивченої теми та оформлення звіту з лабораторної роботи.

Підсумковий контроль з навчальної дисципліни включає семестровий контроль.

Семестровий контроль проводиться у формі диференційованого заліку в обсязі навчального матеріалу, визначеного навчальною програмою, і в терміни, встановлені навчальним планом та розкладом заліково-екзаменаційної сесії.

Оцінювання знань студентів з навчальної дисципліни здійснюється за чотирибальною шкалою, стобальною шкалою і шкалою ЄКТС.

11. Розподіл балів, які отримують студенти

Оцінювання знань студента відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 «Положення про екзамен та заліки у НУБіП України» (наказ про уведення в дію від 03.03.2021 р. № 7)

Рейтинг студента, бали	Оцінка національна за результати складання	
	екзаменів	заліків
90 – 100	Відмінно	Зараховано
74 – 89	Добре	
60 – 73	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни $R_{\text{дис}}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи $R_{\text{нр}}$ (до 70 балів):

$$R_{\text{дис}} = R_{\text{нр}} + R_{\text{ат}}$$

12. Навчально-методичне забезпечення

1. Антипов Є.О. Комплексне використання поновлювальних джерел та акумуляторів енергії. Методичні вказівки для виконання практичних робіт / Є.О. Антипов. – Київ: РВВ НУБіП України, 2019. – 75 с.
2. Методичні вказівки до лабораторно-практичних робіт з дисципліни «Енергозбереження та поновлювані джерела енергії» / С.Є. Тарасенко, Є.О. Антипов, В.І. Мельник. – Київ: ЦП «КОМПРИНТ», 2019. – 49 с.
3. Методичні вказівки до лабораторно-практичних робіт з дисципліни «Енергоощадність та альтернативні джерела енергії» / Є.О. Антипов, О.В. Шеліманова. – Київ: РВВ НУБіП України, 2018. – 84 с.

13. Рекомендована література

- основна:

1. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» від 20 лютого 2003 р. № 555-IV // Відомості Верховної Ради України. – 2003. – № 24. – Ст. 155.
2. Закон України «Про альтернативні види палива» від 14 січня 2000 р. № 1391-XIV // Відомості Верховної Ради України. – 2000. – № 12. – Ст. 94.
3. Закон України «Про енергозбереження» від 01.07.1994 № 74/94-ВР // Відомості Верховної Ради України. – 1994. – № 30. – Ст. 283
4. Антипов Є.О. Комплексне використання поновлюваних джерел і акумуляторів енергії. – К.: «ЦП «Компринт», 2017. – 471 с.
5. Горобець В.Г. Антипов Є.О. Акумулятори теплоти на основі фазоперехідних акумулюючих матеріалів – К.: «ЦП «Компринт», 2016. – 165 с.

6. Основи будови та експлуатації акумуляторних батарей : навчальний посібник / М. Б. Шелест, П. І. Гайда. – Суми : Сумський державний університет, 2014. – 210 с.

7. Антропов Л. І. Теоретична електрохімія: підруч. для студ. вищ. навч. закл. / Л. І. Антропов; переклад з рос. В. П. Ріжко; МОН України. – Київ : Либідь, 1993. – 544 с.

- допоміжна:

1. Технічна електрохімія 2: Хімічні джерела струму [Електронний ресурс] : підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Електрохімічні технології неорганічних та органічних матеріалів» / М. В. Бик, С. В. Фроленкова, О. І. Букет, Г. С. Васильєв; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 8,3 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 321 с.

2. Кудря С.О. Основи конструювання енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії / С.О. Кудря, В.М. Головка. – Київ, 2009. – 201 с.

3. Соловей О.І. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії: навч. посіб. / О.І. Соловей, Ю.Г. Лега, В.П. Розен [та ін.]; за заг. ред. О.І. Солов'я. – Черкаси: ЧДТУ, 2007. – 484 с.

4. Кошель М. Д Теоретичні основи електрохімічної енергетики: підруч. / М. Д. Кошель МОН України. – Дніпропетровськ : УДХТУ, 2002. – 430 с.

5. Бекман Г., Гилли П. Тепловое аккумуляирование энергии: Перевод с англ. В. Я. Сидорова, Е. В. Сидорова. Под ред. В. М. Бродянского / Г. Бекман, П. Гилли – М.: Мир, 1987. – 272 с.

14. Інформаційні ресурси

<https://elearn.nubip.edu.ua>

<https://yasno.com.ua/tekhnolohii-storage-systems>