



ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ВІДНОВЛЮВАНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>НЕТРАДИЦІЙНІ ТА ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ</i>
Статус дисципліни	<i>Варіативна</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>I курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>135 години / 4,5 кредити ECTS (лекцій – 36, практичних занять – 18, самостійна робота - 81)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/МКР /ДКР</i>
Розклад занять	<i>Лекційні заняття – 2,5 рази на два тижні; практичні заняття – 1 раз на два тижні</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н. Вишневська Юлія Павлівна Практичні: к.т.н. Вишневська Юлія Павлівна</i>
Розміщення курсу	<i>https://discord.gg/bsuVrYy</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програма навчальної дисципліни «Перспективні технології у відновлюваній енергетиці» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів чіткого розуміння основних методів отримання, зберігання та використання водню, фундаментальних аспектів відновлювано-водневої енергетики, перспективних розробок систем на основі паливно-комірчаних технологій.

Предмет навчальної дисципліни – формування у студентів чіткого розуміння процесів отримання, зберігання та використання водню. Це дозволить ефективно застосовувати отримані знання при дослідних, проектно-конструкторських, технологічних та експлуатаційних роботах в області відновлювано-водневих систем.

Програмні результати навчання: Компетенції: (ЗК1-10) Здатність застосовувати знання на практиці; Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово; Здатність спілкуватися іноземною мовою; Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій; Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми; Здатність приймати обґрунтовані рішення; Готовність та здатність високоякісно виконувати роботу як самостійно так і колективно та приймати рішення в межах своїх професійних знань та компетенцій; Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня; Здатність діяти соціально відповідально та свідомо.

(ФК 2, 4, 11-13) Здатність вирішувати практичні задачі із залученням апарату вищої математики, загальної фізики та технічної термодинаміки; Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних для використання в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці; Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки; Здатність планувати, організовувати та проводити наукові дослідження в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки; Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів та систем.

Знання: про основні закони та принципи функціонування електрохімічних систем, систем акумулявання енергії, визначати та оцінювати енергетичні показники систем акумулявання енергії; оцінювати ефективність різних методів акумулявання енергії та знаходити оптимальні інженерні рішення при проектуванні систем акумулявання енергії; знаходити ефективні технологічні рішення комплексного використання різних систем акумулявання енергії.

Уміння: знаходити ефективні технологічні рішення комплексного використання різних систем акумулявання енергії, розуміння можливостей використання відновлювано-водневих технологій. Розробляти рекомендації, що сприяють розгортанню водневих систем на енергетичних ринках. Розбудова «розумних енергетичних» мереж на основі використання відновлювано-водневих систем. Пікове управління потужністю та вплив на викиди при використанні відновлювано-водневих технологій.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти: теоретичною базою дисциплін «Технічна термодинаміка», «Основи конструювання енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії», «Екологія нетрадиційної енергетики», «Акумулявання енергії».

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на **3 розділи**, а саме:

1. **Загальні основи водневої енергетики**, до якого ввійшли термінологічні питання водневої енергетики, основні традиційні та перспективні методи отримання, зберігання та транспортування водню. Електроліз води. Катодний та анодний процеси електролізу. Електроліт, електроди, діафрагма. Показники процесу електролізу.
2. **Паливно-комірчані технології**, до якого ввійшли питання класифікації та характеристики основних типів паливних елементів (ПЕ). Фосфорно-кислотні ПЕ, лужні ПЕ, біологічні ПЕ, твердооксидні ПЕ, розплавно-карбонатні ПЕ, протонообмінні ПЕ, паливні елементи з прямим окисненням метанолу. Визначення ККД та ЕРС електрохімічних систем.
3. **Водневе акумулявання енергії**, до якого ввійшли питання водневого акумулявання енергії та особливості його використання в комплексі з відновлюваними джерелами енергії. Вітроводнева станція акумулявання енергії. Принцип її роботи та особливості експлуатації. Комплексна система водневого акумулявання енергії з використання сонячних фотоперетворювачів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Байрачний Б. І. Технічна електрохімія: підручник для вищ. навч. закл. за напр. підготовки: «Технічна електрохімія» Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».- Харків.: Прапор, 2003.
2. Горбачов А. К. Технічна електрохімія: підручник для вищ. навч. закл. за напр. підготовки: «Технічна електрохімія». Під ред. Б. І. Байрачного. – Харків .: Прапор, 2002.
3. М.Д. Кошель Теоретичні основи електрохімічної енергетики, 2002. – Дніпропетровськ.: УДХТУ, 430 с.

4. Козин Л.Ф., Волков С.В. Современная энергетика и экология: проблемы и перспективы. – Киев.: Наукова думка, 2006, 775 с..

Додаткові:

1. Ramesh K. SHAH, Umberto DESIDERI, Kan-Lin HSUEH and Anil V. VIKAR RESEARCH OPPORTUNITIES AND CHALLENGES IN FUEL CELL SCIENCE AND ENGINEERING 4 th Baltic Heat Transfer Conference Kaunas, Lithuania, August 25-27, 2003, pp. 1-23
2. Thynell, S.: Summary of Research Needs for Fuel Cells, Keynote Oral Presentation at the International Workshop on Fuel Cell Technology for Advanced Vehicles, Rochester Institute of Technology, Rochester, New York, April 2002.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1-2	Вступ до дисципліни «Перспективні технології у відновлюваній енергетиці». Методи одержання водню. Промислові способи одержання водню. Лабораторні способи одержання водню. Фізичні методи отримання (очищення) водню. літературні джерела [3]; дистанційний курс «Перспективні технології у відновлюваній енергетиці» лекція 1-2 https://discord.gg/bsuVrYy
3-4	Виробництво водню електролізом води. Вибір електроліту та конструкційних матеріалів. Катодний та анодний процеси електролізу. Електроліт, електроди, діафрагма. Електроліз з біокатализаторами. Електроліз при високому тиску. Електроліз при високих температурах. літературні джерела [1-3]; дистанційний курс «Перспективні технології у відновлюваній енергетиці» лекція 3-4 https://discord.gg/bsuVrYy
5-6	Класифікація методів зберігання водню. Фізичні та хімічні методи зберігання водню. літературні джерела [3]. дистанційний курс «Перспективні технології у відновлюваній енергетиці» лекція 5-6 https://discord.gg/bsuVrYy
7	Основи електрохімічної термодинаміки. Рівняння Нернста, рівняння Гіббса-Гельмгольца, ЕРС та ККД електрохімічної системи. літературні джерела [1-3]. дистанційний курс «Перспективні технології у відновлюваній енергетиці» лекція 7 https://discord.gg/bsuVrYy
8,9	Класифікація паливних елементів. Низькотемпературні паливні елементи. Фосфорно-кислотні та лужні паливні елементи. Електродні реакції, матеріали електродів, електроліт та мембрана літературні джерела [1, 3]. дистанційний курс «Перспективні технології у відновлюваній енергетиці» лекція 8-9 https://discord.gg/bsuVrYy
10	Біологічні паливні елементи. Медіаторний та безмедіаторний паливні елементи. Електродні реакції, матеріали електродів, електроліт та мембрана. літературні джерела [1, 3]. дистанційний курс «Перспективні технології у відновлюваній енергетиці» лекція 10 https://discord.gg/bsuVrYy

11-12	<p>Паливні елементи з протонообмінною мембраною. Мембранно-електродний вузол. Паливні елементи з прямим окисненням метанолу. Принципова схема кислотних та лужних паливних елементів з прямим окисненням метанолу. Електродні реакції, матеріали електродів, електроліт.</p> <p>літературні джерела [1].</p> <p>дистанційний курс «Перспективні технології у відновлюваній енергетиці» лекція 11-12 https://discord.gg/bsuVrYy</p>
13-14	<p>Високотемпературні паливні елементи. Твердооксидні паливні елементи. Структура твердооксидних паливних елементів. Розплавнокарбонатні паливні елементи. Структура розплавнокарбонатного паливного елемента. Електродні реакції, матеріали електродів, електроліт та мембрана.</p> <p>літературні джерела [1, 3].</p> <p>дистанційний курс «Перспективні технології у відновлюваній енергетиці» лекція 13 https://discord.gg/bsuVrYy</p>
15	<p>Типи водневих двигунів та принцип їх роботи. Конструктивні схеми водневих силових установок на транспортних засобах. Заправні водневі станції. “Mother” - “daughter” method.</p> <p>літературні джерела [1].</p> <p>дистанційний курс «Перспективні технології у відновлюваній енергетиці» лекція 15 https://discord.gg/bsuVrYy</p>
16-17	<p>Поняття водневого акумулювання енергії та особливості його використання в комплексі з відновлюваними джерелами енергії. Комплексні системи акумулювання енергії на базі відновлюваних джерел енергії. Вітроводнева станція акумулювання енергії. Принцип роботи та особливості експлуатації вітроводневих станцій.</p> <p>літературні джерела [4].</p> <p>дистанційний курс «Перспективні технології у відновлюваній енергетиці» лекція 16-17 https://discord.gg/bsuVrYy</p>
18	<p>Комплексна система водневого акумулювання енергії з використанням сонячних перетворювачів. Принцип роботи та особливості експлуатації сонячноводневих станцій.</p> <p>літературні джерела [4].</p> <p>дистанційний курс «Перспективні технології у відновлюваній енергетиці» лекція 18 https://discord.gg/bsuVrYy</p>

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1-3	Термодинаміка електрохімічних процесів. Рівняння Нернста. Розв'язання задач. літературні джерела [1-3]. дистанційний курс «Перспективні технології у відновлюваній енергетиці» підбірка задач за темою 1-3 https://discord.gg/bsuVrYy
4	Рівняння Гіббса-Гельмгольца, ЕРС електрохімічної системи. Розв'язання задач. літературні джерела [1, 3]. дистанційний курс «Перспективні технології у відновлюваній енергетиці» підбірка задач за темою 4 https://discord.gg/bsuVrYy
5, 6	Типові приклади розрахунків систем акумулювання енергії з використанням водню. Розв'язання задач. літературні джерела [1, 3]. дистанційний курс «Перспективні технології у відновлюваній енергетиці» підбірка задач за темою 5,6 https://discord.gg/bsuVrYy
7	Типові приклади розрахунків систем водневого акумулювання енергії в комплексі з вітроелектричною станцією. Розв'язання задач. літературні джерела [1, 3]. дистанційний курс «Перспективні технології у відновлюваній енергетиці» підбірка задач за темою 7 https://discord.gg/bsuVrYy
8-9	Типові приклади розрахунків систем водневого акумулювання енергії в комплексі з фотоелектричною станцією. Розв'язання задач. літературні джерела [1, 3]. дистанційний курс «Перспективні технології у відновлюваній енергетиці» підбірка задач за темою 8-9 https://discord.gg/bsuVrYy

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	12
2	Розв'язок задач	10
3	Виконання розрахунково-графічної роботи	12
4	Підготовка до МКР	7
5	Підготовка до заліку	10

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних

заняттях. Відпрацювання лабораторних робіт з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до заліку;

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Discord здійснюється за умови вказівки викладача;
- правила захисту лабораторних робіт: допускається як індивідуальний захист лабораторних робіт, так і колективний (у складі бригади, склад якої визначають на першому лабораторному занятті). В обох випадках оцінюють індивідуальні відповіді кожного студента.
- правила захисту індивідуальних завдань: захист розрахунково-графічної роботи з дисципліни здійснюється індивідуально;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Штрафні бали нараховують за несвоєчасне виконання РГР та несвоєчасний захист лабораторних робіт.
- політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасне виконання РГР та несвоєчасний захист лабораторних робіт передбачають нарахування штрафних балів. Якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання захисту лабораторних робіт та результатів МКР не передбачено;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Технічна термодинаміка»;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц.мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: експрес-опитування, МКР, розв'язання задач

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за розрахунково-графічну роботу, зарахування усіх лабораторних робіт, семестровий рейтинг більше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- розв'язання задач на практичних заняттях (додаткові бали);

- виконання та захист чотирьох лабораторних робіт;
- виконання індивідуальної роботи (РГР);
- виконання двох контрольних робіт у рамках модульної контрольної роботи (МКР).

Доповідь	РГР	МКР	Rc	Рекз	R
10	20	30	60	40	100

Розв'язання задач на практичних заняттях

Ваговий бал – 0,5.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях –
0,5 бали * 18 = 9 балів.

Критерії оцінювання

- самостійне розв'язання задачі, вільне володіння темою заняття – 0,5;
- розв'язання задачі за допомогою викладача, володіння окремими розділами теми заняття – 0,25;

Виступ з доповіддю

Ваговий бал – 10.

Максимальна кількість балів – 10 балів.

Критерії оцінювання

- повне розкриття теми, якісне оформлення презентації – 10 балів;
- неактуальна тема доповіді, що опосередковано стосується дисципліни – 4... 6 балів;
- відсутність доповіді – 0 балів;

Індивідуальне семестрове завдання (ДКР)

Згідно з робочою навчальною програмою кожен студент виконує розрахунково-графічну роботу.
Максимальна кількість балів за виконання РГР – 20.

Критерії оцінювання

- повне, точне і вчасне виконання – 20 балів;
- розрахунок неточний є окремі несуттєві помилки – 7...11 балів;
- розрахунок неповний, є окремі суттєві помилки – 1...6 балів;
- розрахунок неправильний – 0 балів;
- на виконання РГР відводять 8 тижнів з моменту видачі завдання; здача РГР після встановленого терміну передбачає нарахування штрафного балу -2 за кожен тиждень понад встановлений термін.

Модульна контрольна робота

Завдання кожної контрольної роботи складається з трьох питань.

Ваговий бал кожної частини МКР – 5.

Максимальний бал за дві МКР – $(5 * 3) * 2 = 30$.

Критерії оцінювання

- правильна відповідь на 3 питання – 15 балів;
- часткова відповідь на питання, наявність незначних помилок – 7-14 балів;
- відсутність відповіді – 0 балів.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Форма семестрового контролю – залік

Залікова робота складається з двох теоретичних запитань та задачі.

Критерії оцінювання екзамену

Рейтинг $R_c \geq 0,6 * R$, тобто 60 балів – зараховується автоматично.

Рейтинг R_c в межах $(0,4 - 0,59) * R$, тобто 40 – 59 балів – студенти складають залік.

Максимальний рейтинг заліку $R_z = 40$ балів.

Рейтинг заліку $R_z = 33 - 40$ балів – студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг заліку $R_3 = 25 - 32$ балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть процесів в об'єктах, які вивчав.

Рейтинг заліку $R_3 = 16 - 24$ балів – студент частково відповідає на залікові питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть понять та процесів. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг заліку $R_3 \leq 15$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті процесів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

1. Сучасний стан розвитку водневої енергетики.
2. Традиційні методи отримання водню.
3. Отримання водню із застосування нетрадиційних джерел енергії.
4. Методи зберігання та транспортування водню.
5. Методи перетворення водню в теплову та електричну енергію.
6. Виробництво водню електролізом води. Загальні відомості. Вибір електроліту та конструкційних матеріалів.
7. Катодний та анодний процеси електролізу. Електроліт, електроди, діафрагма. Показники процесу електролізу.
8. Конструкції сучасних електролізерів. Електроліз води під тиском.
9. Електроліз води з твердо полімерним електролітом.
10. Високотемпературний електроліз.
11. Паливні елементи (електрохімічні генератори енергії (ЕХГЕ). Загальна характеристика та класифікація.
12. Твердооксидний паливний елемент.
13. Розплавно-карбонатні паливні елементи
14. Фосфорно-кислотні паливні елементи
15. Лужні паливні елементи
16. Біологічні паливні елементи.
17. Особливості будови протон-обмінних (PEM) та твердо-окисних (SOFC) паливних елементів.
18. Принципові схеми автономного електропостачання. Комбіноване застосування хімічних джерел енергії та відновлюваних джерел енергії.
19. Поняття водневого акумулювання енергії та особливості його використання в комплексі з відновлюваними джерелами енергії.
20. Вітро-воднева станція акумулювання енергії. Принцип її роботи та особливості експлуатації.
21. Комплексна система водневого акумулювання енергії з використанням сонячних фотоперетворювачів.
22. Переваги та недоліки водневого акумулювання енергії
23. Комплексна система водневого акумулювання енергії з використанням теплових насосів.
24. Паливні елементи з прямим окисненням метанолу.
25. Принципи роботи та типи водневих двигунів.

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 від 01.10.2020 ПРО ЗАТВЕРДЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ВИЗНАННЯ В КПІ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено старшим викладачем кафедри відновлюваних джерел енергії ФЕА, к.т.н. Вишневською Ю.П.

Ухвалено кафедрою відновлюваних джерел енергії ФЕА (протокол № 10 від 17.05.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № 10 від 16.06.2022)

¹Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.