



Водневі транспортні технології

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів</i>
Сертифікатна програма	<i>Інжиніринг та автоматизація водневих енергетичних систем і технологій</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)/ заочна/дистанційна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 рік навчання, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити 120 годин (36 лекцій, 18 практичних занять, , 66 СРС)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, МКР</i>
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: доцент, к.т.н., ст. дослідник Яковлева Анна Валеріївна, тел. +38 063 630 89 59, e-mail: a.v.iakovlieva@iit.kpi.ua¹</i> <i>Практичні / Лабораторні: доцент, к.т.н., ст. дослідник Яковлева Анна Валеріївна, тел. +38 063 630 89 59, e-mail: a.v.iakovlieva@iit.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>Доступний на платформі «Google Classroom». Код доступу надається викладачем на першому занятті.</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Перехід на альтернативні джерела енергії та живлення став невід'ємною основою розвитку сучасного суспільства у контексті Сталого розвитку. Одним із найновітніших завдань сучасної енергетики є планомірний та безпечний перехід на використання водню як джерела енергії. Використання водневої енергії на об'єктах транспортного комплексу є шляхом скорочення імпорту енергоресурсів, забезпечення енергетичної незалежності держави та мінімізації негативного впливу транспорту та промисловості на навколишнє середовище.

Мета вивчення дисципліни – формування у студента теоретичних знань і практичних навичок у сфері використання водню для живлення транспортних засобів. Вивчення матеріалу даної дисципліни орієнтовано на поглиблене засвоєння основ інжинірингової діяльності у сфері виробництва та використання водню на транспорті.

¹ Електронна пошта викладача або інші контакти для зворотного зв'язку, можливо зазначити прийомні години або години для комунікації у разі зазначення контактних телефонів. Для силабусу дисципліни, яку викладає багато викладачів (наприклад, історія, філософія тощо) можна зазначити сторінку сайту де представлено контактну інформацію викладачів для відповідних груп, факультетів, інститутів.

Предметом навчальної дисципліни є системи виробництва та використання водню на транспортних засобах.

Програмні результати навчання:

Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з виробництвом, акумулюванням та зберіганням водню для енергетики та транспорту.

Розробляти та впроваджувати системи акумулювання, зберігання, транспортування та використання водню різного виду та потужності в традиційній енергетиці для накопичення пікової електроенергії. Будувати компоненти трансмісії на паливних елементах, використовуючи відповідні пристрої безпеки водневих транспортних технологій.

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

Навчальна дисципліна «Водневі транспортні технології» викладається на основі знань та умінь, одержаних студентами під час вивчення кредитних модулів таких дисциплін як Транспортні системи електромеханічних комплексів, Гідравліка та гідропневмопривод, Електричні машини та Технічна механіка.

Знання та уміння, одержані в процесі вивчення дисципліни «Водневі транспортні технології», є необхідними для фахівців даної спеціальності, які вирішують інженерні завдання у сфері електроенергетики та електротехніки та при вивченні дисциплін «Інфраструктура технологій виробництва та акумулювання водню для енергетики та транспорту», «Інжиніринг і технічне регулювання у сфері виробництва та використання водню» тощо.

3. Зміст навчальної дисципліни

- **Розділ 1. Вступ до курсу «Водневі транспортні технології»:**

Тема 1. Загальні поняття виробництва та використання водню в паливно-енергетичному секторі.

Тема 2. Класифікація водню за методами виробництва та ступенем екологічності

- **Розділ 2. Використання водню на транспортних засобах**

Тема 2.1. Використання водню у двигунах внутрішнього згорання.

Тема 2.2. Використання паливних елементів для живлення транспортних засобів.

Тема 2.3. Використання водневого палива на авіаційному транспорті

- **Розділ 3. Інфраструктура використання водню:**

Тема 3.1. Системи зберігання та транспортування водню.

Тема 3.2. Безпека зберігання та використання водневого палива

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Альтернативні енергоресурси. Вступ до спеціальності: навчальний посібник / С. В. Бойченко, А. В. Яковлева, О. О. Вовк, Казимир Лейда, С. Й. Шаманський; за заг. редакцією С. В. Бойченка. – К.: НАУ, 2021. – 397 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/49236>

2. Воднева стратегія України : проєкт / Інститут відновлюваної енергетики НАН України. Київ, 2021, 91 с. <https://hydrogen.ua/images/about/Vodneva-Strategia-Cover.pdf>

3. Проєкт Дорожньої карти використання водню в Україні у сфері дорожнього транспорту. – Українська воднева рада, 2021, 50 с. <https://hydrogen.ua/images/about/Draft-Roadmap-for-production-and-use-of-hydrogen-in-Ukraine-March-2021-ua.pdf>

4. Правова база для розвитку водневої енергетики: міжнародний досвід та ситуація в Україні. – Аналітична записка. – 2021. 24 с. [DiXi Group - Правова база для розвитку водневої енергетики: міжнародний досвід та ситуація в Україні](https://www.dixi-group.com/ua/press-releases/2021/04/2021-04-20-dixi-group-ukraine-hydrogen-energy-law-base-international-experience-and-situation-in-ukraine/)

5. Електрохімічна технологія неорганічних речовин : навчальний посібник / Волошин М. Д., Іванченко А. В. — Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2012. — 325 с. <https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/5/7/2-7-b1.pdf>

6. В.А. Яртись, О.Б. Рябов, М.В. Лотоцький. Матеріалознавство та структурна хімія інтерметалічних гідридів. – Львів: СПОЛОМ, 2006. – 288 с.

Допоміжна література:

1. Двигуни внутрішнього згорання. Теорія [Текст]: Підручник / В.Г. Дяченко; За ред. А.П.Марченка. - Харків: НТУ "ХП", 2008. – 488 с

Літературу, бібліографія якої подана із посиланням, можна знайти в інтернеті. Літературу, бібліографія якої не містить посилання, можна знайти в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського. Обов'язковим для прочитання є окремі розділи базової літератури [1]-[5]. Розділи базової літератури, що є обов'язковими для прочитання, а також зв'язок цих ресурсів з конкретними темами дисципліни наводиться нижче, в методиці опанування навчальної дисципліни. Усі інші літературні джерела є факультативними, з ними рекомендується ознайомитись

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Застосовуються стратегії активного навчання, які визначаються такими методами та технологіями: методи проблемного навчання (дослідницький метод); особистісно-орієнтовані технології, засновані на таких формах і методах навчання як кейс-технологія і проектна технологія; візуалізація та інформаційно-комунікаційні технології, зокрема електронні презентації для лекційних занять. Методика викладання дисципліни поєднує наочні методи навчання з поясненням. Викладання проводиться у формі лекцій, лабораторних та практичних занять. При виконанні розрахункової роботи застосовується проблемно-пошуковий метод.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (посилання на літературу)
1	Лекція 1. Тема 1.1. Сучасний стан водневої енергетики в Україні та світі. Перспективи розвитку. Сильні та слабкі сторони розроблення та упровадження водневої енергетики. Література: [3], [4].
2	Лекція 2. Тема 1.1. Нормативно-правове регулювання у галузі водневої енергетики у провідних країнах світу та в Україні.
3	Лекція 3. Тема 1.1. Загальні поняття про водень та водневе паливо. Властивості водню. Структура виробництва та використання водню у світі. Література: [1], [3], [4].
4	Лекція 4. Тема 2.1. Способи одержання водню. Класифікація водню за способами виробництва. Сировина для одержання водню. Література: [1], [2], [3].
5	Лекція 5-6. Тема 2.1. Огляд технологічних процесів виробництва водню. Електроліз води. Парова конверсія метану. Газифікація вугілля. Конверсія біомаси. Альтернативні методи виробництва водню. Література: [1], [2], [3].
6	Лекція 7-8. Тема 2.1. Світовий досвід виробництва та використання двигунів внутрішнього згорання, що працюють на водні. Використання водню у двигунах внутрішнього згорання. Конструкція водневого ДВЗ. Принцип роботи ДВЗ на водні. Показники роботи ДВЗ з використанням водню. Література: [1], [3], [4].
7	Лекція 9-10. Тема 2.2. Паливні елементи. Світовий досвід виробництва та сфери застосування сучасних паливних елементів. Класифікація паливних елементів. Конструкція та принцип роботи. Переваги та недоліки сучасних паливних елементів. Література: [1], [2], [4].
8	Лекція 11-12. Тема 2.3. Використання водню на авіаційному транспорті. Газотурбінні двигуни з використанням стисненого та/або рідкого водню. Паливні елементи на авіаційному транспорті. Використання гібридних силових установок на борту літаків. Література: [1], [2], [5].

8	Лекція 13-14. Тема 3.2. Інфраструктура водневих транспортних технологій. Стаціонарні та мобільні системи зберігання водню. Системи транспортування та постачання водню. Література: [1], [3], [4].
9	Лекція 15-16. Тема 3.2. Альтернативні методи накопичення та зберігання водню для забезпечення потреб транспортної галузі. Системи зберігання водню у гідридах металів. Хімічне зберігання водню. Використання наноматеріалів для зберігання водню. Література: [5], [6].
10	Лекція 17. Тема 3.3. Безпека зберігання та використання водневого палива на транспортних засобах. Заходи безпеки на об'єктах інфраструктури використання водню. Література: [1], [2], [6].
11	Лекція 18. Тема 3.3. Екологічні аспекти використання водневого палива на автомобільному та авіаційному транспорті Література: [1], [3], [4].

Практичні заняття

№ з/п	Завдання, які виносяться на практичні заняття
Практичне заняття 1	Принцип роботи електролізера та вивчення процесу одержання водню електролізом
Практичне заняття 2	Принцип роботи двигунів внутрішнього згорання
Практичне заняття 3	Конструкція двигуна внутрішнього згорання, що працює на водні
Практичне заняття 4	Оцінка показників ефективності роботи автомобілів, обладнаних водневими двигунами
Практичне заняття 5	Будова, принцип роботи та основні типи паливних елементів.
Практичне заняття 6	Системи зберігання газоподібного та рідкого водню на борту повітряних суден
Практичне заняття 7	Оцінка об'ємно-масових характеристик резервуарів для зберігання водню на борту повітряних суден
Практичне заняття 8	Системи зберігання водню у гідридах металів
Практичне заняття 9	Взаємодія водню з конструкційними матеріалами та заходи безпеки для його зберігання і транспортування Модульна контрольна робота

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента передбачає:

підготовку до аудиторних занять – 56 год;

підготовку до модульної контрольної роботи – 2 год;

підготовку до заліку – 8 год.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

На момент проведення кожного заняття, як лекційного, так і практичного, у студента на пристрої, з якого він працює, має бути встановлено додаток Google meet (у випадку дистанційного навчання), а також відкрито курс «Водневі транспортні технології» на платформі «Сікорський» (код доступу до курсу надається на першому занятті згідно з розкладом). Силабус; лекційний матеріал; завдання до кожного практичного заняття; варіанти модульної контрольної роботи; методичні рекомендації до виконання практичних робіт та розрахунково-графічної роботи; варіанти залікової

контрольної роботи розміщено на платформі «Сікорський» та у системі «Електронний Кампус КП».

Під час проходження курсу «Водневі транспортні технології» студенти зобов'язані дотримуватись загальних моральних принципів та правил етичної поведінки, зазначених у Кодексі честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Дедлайни виконання кожного завдання зазначено у курсі «Водневі транспортні технології» на платформі «Сікорський».

Усі без виключення студенти зобов'язані дотримуватись вимог Положення про систему запобігання академічному плагіату в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

За участь у Всеукраїнській олімпіаді (конкурсі наукових робіт) студенту нараховується 5 (I тур) або 10 (II тур) балів. За написання статті та її публікацію студенту нараховується 10 балів (видання, що входить до Scopus або Web of Science) або 6 балів (фахове видання України). За публікацію тез доповіді на науковій конференції – 3 бали. Загальна сума заохочувальних балів не може перевищувати 10 балів.

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

Поточний контроль: завдання в рамках практичного заняття (9 практичних занять × 10 балів = 90 балів) МКР (проводиться безпосередньо на практичному занятті, у присутності викладача, 10 балів). МКР виконується у вигляді тесту. По закінченню заняття тест закривається і не підлягає переписуванню або виконанню дома. Тест містить двадцять запитань і декілька відповідей до кожного з них, одна з яких вірна. Кожна правильна відповідь оцінюється в 0,5 бала.

Завдання в рамках практичного та лабораторного заняття оцінюються в 10 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 10 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 9-8 бали;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 7-5 бали;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0-2 бали.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умовою позитивного першого та другого календарного контролів є отримання не менше 50 % максимально можливого на момент відповідного календарного контролю рейтингу.

Семестровий контроль: залік. Умови допуску до семестрового контролю: виконані і зараховані практичні та МКР. Студенти, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань. Сума рейтингових балів, отриманих студентом протягом семестру, переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею. Якщо сума балів менша за 60, але виконані і зараховані практичні та МКР, студент виконує залікову роботу. У цьому разі сума балів за практичні, МКР та за залікову роботу переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею. Студент, який у семестрі отримав більше 60 балів, але бажає підвищити свій результат, може взяти участь у заліковій роботі. У цьому разі остаточний результат складається із балів, що отримані на заліковій роботі, та балів за практичні, МКР.

Залікова робота оцінюється у 40 балів. Контрольне завдання цієї роботи складається з трьох теоретичних запитань з переліку, що наданий у додатку до силабусу.

Кожне запитання та задача оцінюються в 13 балів (в разі отримання 39 балів за кожне запитання, до оцінки додається 1 бал) за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 13 – 11 бали;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 12 – 10 балів;

- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 9 – 7 балів;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль, наведено у додатку до силабусу.

Здобувач вищої освіти має можливість пройти онлайн курс(и) за однією або декількома темами, передбаченими робочою програмою навчальної дисципліни. Онлайн курс здобувач може обрати самостійно або за рекомендацією викладача. 1 год прослуханого курсу оцінюється у 0,83 бали. Максимальна кількість годин, яка може бути зарахована за результатами неформальної освіти, становить 12 год, відповідно максимальна кількість балів за такі результати становить – 10 балів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доц., к. т. н., ст. досл. Яковлевою Анною Валеріївною

Ухвалено кафедрою автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів протокол №17 від 31.05.23р.

Ухвалено методичною радою ННІЕЕ протокол №9 від 22.06.23 р.

Додаток до syllabusу освітнього компонента
«Цифрові та нелінійні системи керування електротехнічними комплексами»
Перелік завдань, що виносяться на семестровий контроль

1. Опишіть принцип роботи електролізера
2. Розкрийте особливості криогенного зберігання водню
3. Опишіть інфраструктуру використання водню
4. Опишіть стан розвитку водневої енергетики в Україні
5. Особливості роботи та застосування високотемпературних паливних елементів
6. Наведіть напрями використання водню в авіації
7. Розкрийте особливості використання водневого паливних сумішей у ДВЗ автомобілів
8. Опишіть зберігання водню у стисненому вигляді
9. Опишіть процес одержання водню паровою конверсією метану
10. Особливості застосування паливних елементів на борту літаків
11. Опишіть зберігання водню у гідридах металів або їх сплавів
12. Опишіть процес одержання водню газифікацією вугілля
13. Розкрийте особливості використання водню у ДВЗ автомобілів
14. Опишіть зберігання водню у вуглецевих наноматеріалах
15. Особливості застосування водню у газотурбінних двигунах літаків
16. Опишіть процеси руйнування металів під дією водню
17. Охарактеризуйте поняття "сірий водень", "блакитний водень", "зелений водень", "рожевий водень"
18. Опишіть зберігання водню у органічних рідинах
19. Опишіть процеси руйнування полімерних матеріалів під дією водню
20. Опишіть зберігання водню у вигляді розчинних солей
21. Наведіть основні загрози, пов'язані зі зберіганням стисненого водню
22. Які основні типи електролізерів Вам відомі. У чому їх відмінності?
23. Наведіть основні загрози, пов'язані зі зберіганням водню у металогідридах
24. Застосування гібридних силових установок на водні в авіації
25. Особливості роботи та застосування низькотемпературних паливних елементів
26. Опишіть процес одержання водню газифікацією біомаси
27. Опишіть процес одержання водню паровою конверсією метану
28. Опишіть принцип роботи паливного елементу
29. Розкрийте особливості криогенного зберігання водню