



Інфраструктура технологій виробництва та акумулювання водню для енергетики та транспорту

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>G – Інженерія, виробництво та будівництво</i>
Спеціальність	<i>G 1 – Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Енергоефективні хімічні технології та системна інженерія біопаливних і водневих виробництв</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Заочна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 рік навчання, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>2,0 кредити 60 годин (4 год лекцій, 6 год практичні (семінарські), 50 СРС)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, МКР</i>
Розклад занять	<i>http://roz.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., професор, Бойченко Сергій Валерійович, тел. 093-457-01-13, E-mail: boichenko.sergii@kpi.ua , chemmotology1@gmail.com ¹ Практичні / Семінарські: Коровушкін Віталій Олексійович. E-mail: v.korovushkin@kpi.ua
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс: Google Classroom: надається у разі вибору студентами дисципліни Код курсу - -//-

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Інфраструктура технологій виробництва та акумулювання водню для енергетики та транспорту», як і інші спеціальні дисципліни, виконує як основну загально-виховну, так і розвиваючу та загальноосвітню функції, сутність яких полягає у формуванні інтегрованих знань і умінь, необхідних для майбутньої творчої інженерної діяльності фахівця водневих енергетичних систем і технологій.

Основною метою викладення навчальної дисципліни «Інфраструктура технологій виробництва та акумулювання водню для енергетики та транспорту» є вивчення технологій виробництва та обладнання для акумулювання та зберігання водню, його фізико-хімічні, експлуатаційні та екологічні властивості паливно-енергетичних ресурсів, а також сутності

технологічних процесів, пов'язаних з виробництвом, інфраструктурою та подальшим раціональним використанням водню в енергетиці та як моторного палива.

Предметом навчальної дисципліни є інфраструктура технологій виробництва та акумулювання водню.

Програмні компетентності: Головним завданням навчальної дисципліни є отримання студентами на базі практичного та теоретичного матеріалів професійних навичок щодо основних технологічних процесів виробництва, акумулювання та зберігання водню. Здатність застосовувати методи системного аналізу, прийняття інженерного та управлінського рішення щодо раціонального використання водню в енергетиці та як моторного палива.

Програмні результати навчання:

використовувати теоретичні знання для вирішення практичних завдань інженерного забезпечення раціонального застосування технологічних процесів виробництва водню, його акумулювання та зберігання; автоматизувати технологічні процеси; встановлювати взаємозв'язок між фізико-хімічними, експлуатаційними та екологічними властивостями водню; аналізувати технологічні процеси, їх оптимізувати через автоматизацію; визначати найважливіші, найоптимальніші технологічні параметри та обґрунтовувати оптимальні технологічні процеси, а також експлуатаційні умови для раціонального використання водню та формувати інфраструктуру для раціональної експлуатації технологічного обладнання.

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

Пререквізити: дисципліна базується на знанні студентами основних понять з фізики, математики, економіки, філософії, соціології, екології та дисциплін професійної підготовки, спрямованих на надбання навичок системного підходу до вивчення й вирішення поточних і перспективних завдань енергетики, раціонального використання енергоресурсів та інженерно-технологічних прийомів у вирішенні конкретних практичних ситуацій, а також здатності правильно оцінювати локальні й віддалені наслідки прийнятих управлінських і інженерних рішень щодо використання водню.

Постреквізити. Компетенції, що будуть отримані студентами під час вивчення цієї дисципліни мають застосовуватись ними під час виконання магістерської дисертації, а також майбутніх інженерних завдань у сфері енергетики, зокрема, електротехніки, відновлювальних джерел енергії, альтернативної енергетики в цілому тощо.

3. Зміст навчальної дисципліни

Частина 1. Нормативно-правові, технічні та організаційні засади інженерного забезпечення раціонального використання енергоресурсів:

Тема 1.1. Місце та роль науки про раціональне використання енергоресурсів у комплексній системі знань. Основні терміни та поняття.

Тема 1.2. Інфраструктура, класифікація та характеристики товарних енергоносіїв.

Тема 1.3. Технологічні основи виробництва товарних енергоносіїв і технологічне обладнання для їх зберігання та використання.

Тема 1.4. Сучасні зелені та інноваційні технології.

Тема 1.5. Основні технологічні процеси продукування водню.

Частина 2. Властивості та технології виробництва, акумулювання, зберігання та використання водню:

Тема 2.1. Основні властивості та класифікація водню як енергоносія.

Тема 2.2. Технології акумулювання водню.

Тема 2.3. Технології зберігання водню.

Тема 2.4. Технології транспортування водню.

Тема 2.5. Технології використання водню в енергетиці та транспорті.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Основи енерготехнологій в екологістичному аспекті: навч. посіб. для здобувачів освітніх ступенів «Бакалавр», «Магістр» за освітніми програмами «Енергетичний менеджмент та інжиніринг теплоенергетичних систем», «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» спеціальностей 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», 144 «Теплоенергетика» / С.В.

Бойченко, О.Е. Максименко, А.В. Яковлева, В.О. Хрутьба, В.І. Зюзюн, О.В. Данілін; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 229 с..

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

3. Кудря С.О., Кузнецов М.П., Морозов Ю.П., та ін.// Відновлювані джерела енергії, Монографія: За ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с.

4. Джерела енергії. Практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів, спеціальностей 144 «Теплоенергетика» та 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. В. Дубровська, В. І. Шкляр. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,49 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 71 с. (URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41491>).

5. Маляренко В. А. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія виробництва електроенергії» / В. А. Маляренко, С. І. Доценко, І. О. Темнохунд; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х. : ХНУМГ, 2014. – 164 с.

6. Дослідження роботи електролізера та паливного елементу. Лабораторна робота [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» / В.В. Дубровська, В.І. Шкляр, В.І. Дешко, Д.В. Бірюков; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 0,83 МБ). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 35 с. (URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48279>).

7. Фундаментальні аспекти відновлювано-водневої енергетики і паливно-комірчанних технологій / за загальною редакцією Ю.М. Солоніна. – К.: «КІМ», 2018. – 260 с.

Допоміжна література:

1. Моторні палива: властивості та якість. Підручник / Сергій Бойченко, Андрій Пушак, Петро Топільницький, Казимир Лейда; за заг. ред. проф. С. Бойченка. – К.: «Центр учбової літератури». 2017. – 324 с. (URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/49646>).

2. Vorrath S. BNEF: Renewable hydrogen can replace gas in power generation. URL: <https://ieefa.org/bnefrenewable-hydrogen-can-replace-gas-in-power-generation/> (дата звернення 01.09.20).

3. Основи системного аналізу: підручник для ВНЗ / М.З. Згуровський, Н.Д. Панкратова. – К.: Вид. група BHV, 2007. – 544 с.

4. Енерго- та ресурсоощадні установки: підручник для здобувачів ступеня бакалавра за спец. 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / С.П.Шевчук, С.В.Бойченко та ін.; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 380 с. <https://doi.org/10.20535/978-966-990-139-2>

5. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / за заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. – 82 с.

6. Shabani B., Andrews J. Hydrogen and fuel cells // Energy Sustainability through Green Energy. New Delhi: Springer, 2015. – P. 453–491.

7. М. В. Яцков, Н. М. Корчик, О. А. Пророк. Основні технологічні схеми базових неорганічних виробництв: навч. посібник. – Рівне : НУВГП, 2020. – 212 с.

8. Chunshan S., Wei P. Tri-reforming of methane: a novel concept for catalytic production of industrially useful synthesis gas with desired H₂/CO ratios. – Catalysis Today, 2004. – p. 128–131.

9. Дубровська, В. В. Технологія виробництва електричної енергії [Електронний ресурс] : підручник для студ., які навчаються за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / В. В. Дубровська, В. І. Шкляр ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 6,59 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 316 с. (URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48258>).

Інформаційні ресурси:

1. Дистанційний курс «Інфраструктура технологій виробництва та акумулювання водню для енергетики та транспорту» – <https://classroom.google.com/c/ODQzMtKwODEMDqgw?cjc=f3ny275w>.

Літературу, бібліографія якої подана із посиланням, можна знайти в інтернеті або в електронній бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського. Літературу, бібліографія якої не містить посилання, можна знайти в бібліотеці або в інтернеті.

Обов'язковим для прочитання є базова література [1-7]. Усі інші літературні джерела є факультативними, з ними рекомендується ознайомитись

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Методика викладання дисципліни поєднує наочні методи навчання з поясненням. Викладання проводиться у формі лекцій та практичних (семінарських) занять.

Лекційні заняття

№ з/п	Найменування теми лекції та перелік основних питань (посилання на літературу)
1	Інфраструктура, класифікація та характеристика товарних енергоносіїв. <i>Література: 1–5, дод.літ. 2,4,5,7,9.</i>
2	Основні властивості та класифікація водню як енергоносія. Основні технологічні процеси продукування водню. <i>Література: 2–7, дод.літ. 1,4,7,9.</i>

Практичні (семінарські) заняття

Основні завдання циклу практичних занять полягають у закріпленні та поглибленні знань, отриманих на лекційних заняттях, ознайомлення з окремими розділами у практичному контексті.

Також для набуття студентами умінь і досвіду оперувати сучасними поняттями в сфері раціонального використання енергоресурсів, що необхідні для правильного сприйняття напряму руху суспільного прогресу та забезпечення безпечних умов існування людства в майбутньому.

№ з/п	Завдання, що виносяться на практичні заняття
1	Вступ у дисципліну. Предмет дисципліни. Основні терміни та поняття. Вимоги охорони праці та техніки безпеки
2	Альтернативні технології та інфраструктура виробництва електричної енергії. Основні поняття та визначення. Приклади практичних кейсів
3	Дослідження роботи паливного елементу у промисловості та транспорті (на прикладі транспортної мехатронної системи на базі автомобіля марки Toyota Mirai).

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента охоплює такі елементи як підготування до поточних опитувань, підготування до практичних занять, зокрема підготування доповіді та співдоповіді, електронних коротких інформаційних звітів у вказаний викладачем термін, підготування до модульної контрольної роботи.

Самостійна робота студента передбачає:

підготовку до аудиторних занять – 40 год;

підготовку до модульної контрольної роботи – 6 год;

підготовку до заліку – 4 год.

Контрольні роботи

Метою проведення модульної контрольної роботи (МКР) є виявлення ступеню засвоєння студентами знань з дисципліни, одержаних під час лекційних і практичних занять.

Головною метою МКР є формування у студентів комплексного уявлення про організацію системних заходів раціонального природокористування у контексті доктрин сталого розвитку в Україні.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Під час проходження курсу 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» згідно Закону України «Про академічну доброчесність» – <https://www.rada.gov.ua/news/razom/269207.html>.

Порушення Кодексу академічної доброчесності Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» є серйозним порушенням, навіть якщо воно є ненавмисним. Кодекс доступний за посиланням: <https://kpi.ua/code>.

Зокрема, дотримання Кодексу академічної доброчесності означає, що вся робота на іспитах та заліках має виконуватися індивідуально. Під час виконання самостійної роботи студенти можуть консультуватися з викладачами та з іншими студентами, але повинні самостійно розв'язувати завдання, керуючись власними знаннями, уміннями та навичками. Посилання на всі ресурси та джерела (наприклад, у звітах, самостійних роботах чи презентаціях) повинні бути чітко визначені та оформлені належним чином. У разі спільної роботи з іншими студентами над виконанням індивідуальних завдань, ви повинні зазначити ступінь їх участі в роботі.

Академічна доброчесність: Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу. Норми етичної поведінки: Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2.

Вимоги, що ставляться перед студентом дисципліни:

- відвідування лекційних та лабораторних занять є обов'язковою складовою вивчення матеріалу, викладач фіксує присутність на заняттях;
- викладач використовує *Google classroom* для викладання матеріалу поточної лекції, додаткових ресурсів, лабораторних робіт, практичних занять та ін.;
- на лекції викладач користується власним презентаційним матеріалом; що по закінченні лекції викладає у *Google classroom* з відповідної дисципліни, де присутній потік студентів;
- на лекції заборонено відволікати викладача від подання матеріалу студентам, усі питання, уточнення та ін. студенти ставлять в кінці лекції у відведений для цього час;
- МКР виконується на лекційному або практичному занятті та надсилається у *Google classroom* або електронну пошту викладача;
- у відповідності до «Кодексу честі» МКР, РР, Тести та Звіти студенти виконують самостійно;
- заохочувальні бали виставляються за: активну участь на лекціях; підготовка оглядів наукових праць; презентацій по одній із тем, створенні навчально-методичних матеріалів;
- штрафні бали виставляються за: несвоєчасне складання МКР, переписування МКР.

На момент проведення кожного заняття, як лекційного, так і практичного, у студента на пристрої, з якого він працює, має бути відкрито курс у *Google classroom* на платформі «Сікорський» (код доступу до курсу надається на першому занятті згідно з розкладом). Силабус; лекційний матеріал; завдання до кожного практичного заняття; варіанти МКР; методичні рекомендації до виконання практичних робіт; варіанти залікової контрольної роботи можуть також розміщуватись на платформі «Сікорський» та у системі «Електронний Кампус КПІ».

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».

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

Поточний контроль: URL: https://kpi.ua/document_control

Опитування на лекціях, участь у роботі семінарів, доповіді (презентації), співдоповіді, МКР.

Семестровий контроль: Залік.

Розмір шкали PCO (https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/downloads/Pologennia_RSO_2025.pdf) складає 100 балів, з яких 40 балів – стартовий рейтинг, що формується протягом семестру за результатами виконання наступних робіт:

- підготування доповіді і виступ на семінарі (10 балів);
- електронне звітування (підготовка електронного реферату до 20 сторінок формату A4 стандартним шрифтом Times New Roman 14 пт з одинарним інтервалом, 10 балів);
- написання МКР (20 балів).

2. Критерії нарахування балів у стартовий рейтинг:

2.1 Підготування доповіді і виступ на семінарі: ваговий бал – 10. Максимальна кількість балів – 10 балів * 1 доповідь = 10 балів. Доповідь на задану тему, як правило, супроводжується презентацією (до 10 слайдів). Критерії оцінювання:

- «відмінно»: творче розкриття завдання, вільне володіння матеріалом, доречні презентаційні матеріали – 10 балів;
- «добре»: глибоке розкриття завдання, актуальна інформація – 8–9 балів;
- «задовільно»: обґрунтоване розкриття завдання – 6–7 балів;
- «незадовільно»: тему не розкрито – 0 балів.

2.2 Електронне звітування: ваговий бал – 10. Максимальна кількість балів – 10 балів * 1 реферат = 10 балів.

У рамках вивчення дисципліни кожен студент готує електронний реферат за обраною темою самостійного опанування теоретичним або практичним матеріалом. Критерії оцінювання:

– «відмінно»: реферат виконано відповідно до вимог, містить посилання на сучасну літературу та необхідні висновки – 10 балів;

– «добре»: реферат виконано відповідно до вимог, містить посилання на сучасну літературу, частина висновків невичерпні – 8–9 балів;

– «задовільно»: – реферат виконано відповідно до вимог, не містить посилання на сучасну літературу, висновки відсутні – 6–7 балів;

– «незадовільно»: реферат не відповідає встановленим вимогам – 0 балів.

2.3 Написання МКР: ваговий бал – 20 балів. Максимальна кількість балів – 20 балів * 1 МКР = 20 балів.

МКР містить 10 комплексних питань тестового, розрахункового або відкритого типу, що оцінюються в 2 бали. За правильну відповідь на питання студент отримує 2 бал, неправильну – 0 балів.

3. Залікова контрольна робота оцінюється у 60 балів, виконується письмово протягом 2 академічних годин. Завдання містить три питання теоретичного, системного і розрахунково-аналітичного характеру за кожним із розділів навчальної дисципліни. Кожне питання оцінюється в 20 балів. Критерії оцінювання:

– «відмінно»: творче, системне і повне розкриття питання, вільне володіння матеріалом – 20 балів;

– «дуже добре»: розкриття питання, вільне володіння матеріалом – 17–19 балів;

– «добре»: достатнє розкриття питання, володіння матеріалом – 15–16 балів;

– «задовільно»: обґрунтоване розкриття питання, неповне володіння матеріалом – 12–14 балів;

– «достатньо»: часткове розкриття питання – 10–11 балів.

Для виставлення оцінок до екзаменаційної відомості рейтинг переводиться у традиційні та ECTS оцінки відповідно до таблиці

Кількість балів	Оцінка
95–100	Відмінно
85–94	Дуже добре
75–84	Добре
65–74	Задовільно
60–64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, що виносяться на семестровий контроль представлено у дистанційному курсі.

Здобувач вищої освіти має можливість пройти онлайн курс(и) за однією або декількома темами, передбаченими силабусом навчальної дисципліни. Онлайн курс здобувач може обрати самостійно або за рекомендацією викладача. У рейтинг здобувача можуть бути зараховані сертифікати проходження очних або дистанційних курсів за тематикою дисципліни відповідно до вимог Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті, затвердженого наказом від 09.05.2023 р. № НОН/157/2023.

Інклюзивне навчання:

Дана дисципліна може викладатися для більшості студентів з особливими освітніми потребами, окрім студентів з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

Навчання іноземною мовою:

Враховуючи специфіку навчальної дисципліни, деякі поняття та навчальний матеріал можуть вивчатись англійською мовою (фрагментарно).

Враховуючи студентоцентризований підхід, за бажанням студентів, допускається вивчення окремих тем за допомогою відповідних англomовних електронних ресурсів (наприклад, на платформі Coursera «RenewableEnergy Technologies and Implementation» - <https://www.coursera.org/specializations/renewable-energy>, «The Global Energy and Climate Policy» - <https://www.coursera.org/learn/globalenergyandclimatepolicy>).

Консультації (індивідуальні та групові) з даної навчальної дисципліни та самостійна робота студентів можуть проводитись за попередньою згодою у науковій лабораторії, в науково-технічній бібліотеці університету та/або у домашніх умовах, відповідно. Навчальний матеріал, передбачений для засвоєння студентом у процесі самостійної роботи, виноситься на підсумковий контроль разом з навчальним матеріалом, що вивчався при проведенні аудиторних навчальних занять.

У рейтинг здобувача можуть бути зараховані сертифікати проходження очних або дистанційних курсів за тематикою дисципліни відповідно до вимог Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті, затвердженого наказом від 09.05.2023 р. № НОН/157/2023 (URL: <https://kpi.ua/informal-education>). На початку семестру викладач інформує студентів/слухачів про можливість пройти відповідні безкоштовні (або платні) курси на свій розсуд за тематикою навчальної дисципліни. Онлайн курс здобувач може обрати самостійно або за рекомендацією викладача (наприклад, на платформі Prometheus «Європейський зелений курс та Україна» - https://prometheus.org.ua/course/course-v1:Prometheus+GREEN101+2023_T1, «Добробут планети: що має знати й може вміти кожен» - https://prometheus.org.ua/course/course-v1:WWF+WF101+2023_T1, «Інтеграція кліматичних політик в Україні» - <https://prometheus.org.ua/prometheus-free/climate-policies-mainstreaming>, курс на платформі Moodle «Green transport technology» (5 ECTS) - <https://ukrdigital.hnee.de/>, на платформі Prometheus «Стала та відновлювальна енергетика» - <https://prometheus.org.ua/prometheus-free/renewable-energy-basics/>, «Біоенергетика для викладачів» - <https://prometheus.org.ua/prometheus-free/bioenergy-for-teachers/>, на платформі Dieret «Технології використання відновлювальних джерел енергії» - <https://dieret.rea.org.ua/uk/>).

Інші рекомендації щодо дистанційних курсів викладач може надавати протягом семестру. Після отримання студентом офіційного сертифікату проходження відповідних курсів, викладач має право зарахувати відповідну частину курсу (або курс в цілому).

1 год прослуханого курсу оцінюється у 1 бал.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: д.т.н., професор, Бойченко С.В.

Ухвалено: рішенням кафедри АЕМК НН ІЕЕ (протокол № 27 від 23.06.2026 р.).

Погоджено: методичною комісією НН ІЕЕ (протокол № 43 від 29.06.2026 р.).