



КОМП'ЮТЕРНИЙ РОЗРАХУНОК ВОДНЕВОГО ТА БІОГАЗОВОГО ОБЛАДНАННЯ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (Бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>G – Інженерія, виробництво та будівництво</i>
Спеціальність	<i>G11 – Машинобудування (спеціалізація G11.03 Технологічні машини та обладнання); G1 – Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Енергоощадне обладнання біопаливних та водневих технологій</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна/ дистанційна/ змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>III осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS (120 год.: 30 год.- лекції, 30 год.- практичні роботи, 60 год. - СРС)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, МКР</i>
Розклад занять	<i>roz.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доц. Лістовицький Леонід Костянтинович, <i>listovshchyk.leonid@ill.kpi.ua</i> Практичні роботи: к.т.н., доц. Лістовицький Леонід Костянтинович, <i>listovshchyk.leonid@ill.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>Google classroom</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна закладає основи для вивчення інших дисциплін: «Процеси та обладнання хімічної технології», «Моделювання процесів під час виробництва водню» та подібних, в яких передбачено розрахунки машин та обладнання, зокрема також біогазового та водневого обладнання з використання систем автоматизованого проектування.

Метою вивчення дисципліни є формування у студентів здатностей вирішення прикладних задач з розрахунку та проектування машин та обладнання, зокрема також біогазового та водневого обладнання.

Предметом вивчення дисципліни є водневе та біогазове обладнання, його влаштування, особливості функціонування, розрахунки та раціональний вибір вузлів і агрегатів в залежності від способу їх використання. Вивчення цих питань базується на освітніх компонентах «Інформаційні технології» та «Механіка матеріалів і конструкцій».

В результаті вивчення дисципліни «Комп'ютерний розрахунок водневого та біогазового обладнання» студенти отримують такі **фахові компетентності**:

1) ФК 05 - Здатність застосовувати комп'ютеризовані системи проектування та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в галузі машинобудування;

та програмні результати навчання:

1) ПРН 07 - Використовувати сучасні обчислювальну техніку, спеціалізоване програмне забезпечення та інформаційні технології для розв'язання складних задач і практичних проблем у галузі хімічної інженерії, зокрема, для розрахунків устаткування і процесів хімічних виробництв

2) ПРН 19 - Розробляти деталі та вузли машин із застосуванням систем автоматизованого проектування.

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

Вивчення дисципліни базується на освітніх компонентах «Інформаційні технології» та «Механіка матеріалів і конструкцій». Суміжними дисциплінами є: «Основи інженерних розрахунків перенесення рідин і газів», «Загальна хімічна технологія».

3. Зміст навчальної дисципліни

1. Тема 1. Вступ. Загальні відомості про виробництво і застосування біопалив та водню в Україні та світі. Основні поняття, терміни та визначення.

2. Тема 2. Основи виробництва і використання біодизеля.

3. Тема 3. Основи виробництва і використання біоетанолу.

4. Тема 4. Основи виробництва і використання біогазу.

5. Тема 5. Виробництво водню.

6. Тема 6. Використання водню.

7. Тема 7. Транспортування та зберігання водню.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література

1. Біоенергетика: Курс лекцій. Частина 1 [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М. О. Будько. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,84 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 109 с.

2. Гібридні та електричні транспортні засоби. Підрозділ: «Водневий транспорт та водневі технології»: конспект лекцій з дисципліни «Гібридні та електричні транспортні засоби», для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівня денної та заочної форм навчання спеціальності 015.38 «Професійна освіта» освітньої професійної програми «Транспорт»/ В. О. Колесніков ; Держ. закл. «Луган. нац. ун-т імені Тараса Шевченка». Полтава : Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2023. 118 с.

3. Колосов, О. Є. Високоєфективні засоби приготування біопалива / О. Є. Колосов, Г. Л. Рябцев, В. І. Сівецький, Д. Е. Сідоров, С. О. Пристайлов. – К. : Січка, 2010. – 152 с.

4. Альтернативна енергетика: [навч. посібник для студ. вищ. навч. закл.] / М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко, І.П. Григорюк, В.М. Поліщук, Г.А. Голуб, В.С. Таргоня, С.В. Драгнев, І.В. Свистунова, С.М. Кухарець. – К.: «Аграр Медіа Груп», 2012. – 244 с.

5. Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні. Практичний посібник/За ред. Г. Гелетухи. – К.: «Поліграф плюс», 2016. – 104 с.

6. Біоенергетичні системи в аграрному виробництві / [Голуб Г.А., Кухарець С.М. Марус О.А. та ін.]; за ред. Г.А. Голуба. – К.: НУБіП України, 2017. – 229 с.

7. Серьогін О.О. Ресурсоощадні технології у харчовій промисловості [Електронний ресурс]: підручник. О.О. Серьогін, О.О. Осьмак, Д.В. Риндюк. – К.: НУХТ, 2018. – 414 с.

8. Mazloomi, K.; Gomes, C. Hydrogen as an energy carrier: Prospects and challenges. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2012, 16, 3024–3033

9. *Виробництво і використання біопалив в агроєкосистемах. Механіко-технологічні основи: монографія / Голуб Г.А., Кухарець С.М., Чуба В.В., Марус О.А. – К.: НУБіП України, 2018. – 254 с.]*
10. *Водень в альтернативній енергетиці та новітніх технологіях/ за ред. В.В. Скорохода, Ю.М. Солоніна. – К.: «KIM», 2015. – 294 с.*
11. Ram B. Gupta, Angelo Basile and T. Nejat Veziroglu Compendium of Hydrogen Energy Volume 2: Hydrogen Storage, Distribution and Infrastructure / 2016 Elsevier Ltd. – 416 p.
12. S. S. Makgridis, Hydrogen storage and compression, Department of Mechanical Engineering, University of Western Macedonia, Kozani, Greece, 2016

Додаткова література

13. *Suleman F. Comparative Study of Various Hydrogen Production Methods for Vehicles. A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Applied Science in Mechanical Engineering (2014)*
14. *Kothari, R., Buddhi, D. and Sawhney, R. (2008) Comparison of Environmental and Economic Aspects of Various Hydrogen Production Methods. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12, 553-563.]*
15. S. Molina, R. Novella, J. Gomez-Soriano, and M. Olcina-Girona. Study on hydrogen substitution in a compressed natural gas spark-ignition passenger car engine. Energy Conversion and Management 291, 2023, p. 117259.
16. Aljamali, S., Abdullah, S., Wan Mahmood, W.M.F. & Ali, Y. 2016. Effect of fuel injection timings on performance and emissions of stratified combustion CNGDI engine. Applied Thermal Engineering 109: 619–629.
17. Mitu, M.; Razus, D.; Schroeder, V. Laminar Burning Velocities of Hydrogen-Blended Methane–Air and Natural Gas–Air Mixtures, Calculated from the Early Stage of p(t) Records in a Spherical Vessel. Energies 2021, 14, 7556.
18. В.Г. Доброногов, І.О. Мікульонюк . Конструювання та розрахунок фланцевих з'єднань. Навчальний посібник. - К.: НПК ВО, 1992.-104 с. 54.1.А. Андреев. Конструювання та розрахунок опор колонних апаратів. Навч. Посібник.- К.: ВПН, 1997.-80с.
19. Проектування елементів мехатронних систем у середовищі SolidWorks [Текст]: метод. вказівки до викон. комп. практикуму для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» / Уклад.: Л.К. Лістовщик, В.О. Поліщук, М.П. Калюш. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. - 76 с.
20. Козяр М.М., Фещук Ю.В., Парфенюк О.В. Комп'ютерна графіка: SolidWorks: навчальний посібник, Ю.В. Фещук, О.В. Парфенюк. - Херсон: Олді-плюс, 2018. – 252
21. Tickoo S. SolidWorks 2017 for Designers / S. Tickoo // CADCIM Technologies, 2017. - 2023 р.
22. Лістовщик Л.К. Основи геометричного моделювання в програмі SolidWorks. Частина 1: навчальний посібник/ Л.К. Лістовщик. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 69 с.
23. Холодняк Ю. В. Комп'ютерне проектування промислових виробів: навчально-методичний посібник з виконання практичних робіт / Ю. В. Холодняк; ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2020. – 152 с
24. Tickoo S. SolidWorks 2017 for Designers / S. Tickoo // CADCIM Technologies, 2017. - 2223 р.
25. Сайт компанії Dassault System SolisWorks. <http://www.solidworks.com>.

Інформаційні ресурси

1. <https://classroom.google.com/>
2. <https://aemk.kpi.ua>

5.Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Навчальні заняття реалізуються у формі лекцій, практичних робіт, самостійної роботи, у тому числі з використанням дистанційних технологій навчання (гуґл-клас, зум-конференції, тощо)

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин			
	Всього	у тому числі		
		Лекції	Практичні роботи	СРС
Вступ. Загальні відомості про виробництво і застосування біопалив та водню в Україні та світі. Основні поняття, терміни та визначення.	11	2	2	7
Основи виробництва і використання біодизеля.	15	4	4	7
Основи виробництва і використання біоетанолу.	16	4	4	8
Основи виробництва і використання біогазу	16	4	4	8
Виробництво водню.	16	4	4	8
Використання водню.	18	4	6	8
Транспортування та зберігання водню.	18	4	6	8
МКР за пройденим матеріалом	6	4		2
Залік	4			4
Всього годин	120	30	30	60

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Вступ. Загальні відомості про виробництво і застосування біопалив та водню в Україні та світі. Основні поняття, терміни та визначення. Актуальність виробництва та використання альтернативних джерел енергії в Україні. Стан та перспективи виробництва та споживання біопалив та водню в Україні та світі. Рекомендована література: [1, 4, 5, 6, 7, 8, 12].
2	Основи виробництва і використання біодизеля. Технічне забезпечення, розрахунок основних параметрів. Рекомендована література: [1, 7, 9].
3	Основи виробництва і використання біоетанолу. Технічне забезпечення, розрахунок основних параметрів. Рекомендована література: [3, 4].
4	Основи виробництва і використання біогазу. Технічне забезпечення, розрахунок основних параметрів. Рекомендована література: [1, 5, 6].
5	Виробництво водню. Обладнання та способи отримання водню, кольори водню, розрахунок елементів обладнання для виробництва водню. Рекомендована література: [2, 8, 10, 11, 13, 14].
6	Використання водню. Використання водню в двигунах внутрішнього згорання. Водневі паливні комірки. Конструкції, принцип дії, розрахунок елементів.

	<i>Рекомендована література: [2, 15, 16].</i>
7	Транспортування та зберігання водню. Обладнання для транспортування та зберігання водню. Конструкції, принцип дії, розрахунок елементів обладнання. <i>Рекомендована література: [2, 10, 12, 17, 18].</i>

Практичні роботи

Основним завданням циклу практичних робіт є формування компетентностей в розрахунках та проектуванні об'єктів водневого та біопаливного обладнання для визначення основних характеристик цих об'єктів з використанням CAD засобів (програми SolidWorks).

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Створення ескізу в програмі SolidWorks. Створення 2-вимірної моделі деталі, з моделюванням її геометричних властивостей. Дидактичні засоби: методичні вказівки, які дозволяють сформулювати вхідні дані для виконання та пояснюють хід виконання роботи, відеоурок. Рекомендована література: [19 - 25] CPC: Виконання завдань за варіантами за даною темою.
2	Створення 3D деталі в програмі SolidWorks. Створення віртуальної тривимірної моделі деталі, з моделюванням її геометричних властивостей методом витягування контуру. Створення моделі деталі методом обертання контуру навколо вісі. Дидактичні засоби: методичні вказівки, які дозволяють сформулювати вхідні дані для виконання та пояснюють хід виконання роботи, відеоурок. Рекомендована література: [19 - 25] CPC: Виконання завдань за варіантами за даною темою.
3	Створення збірки деталей в програмі SolidWorks. Створення віртуальної тривимірної моделі збірки деталей. Дидактичні засоби: методичні вказівки, які дозволяють сформулювати вхідні дані для виконання та пояснюють хід виконання роботи, відеоурок. Рекомендована література: [19 - 25] CPC: Виконання завдань за варіантами за даною темою.
4	Основи створення креслень в програмі SolidWorks . Створення документації на деталі у вигляді креслення. Дидактичні засоби: методичні вказівки, які дозволяють сформулювати вхідні дані для виконання та пояснюють хід виконання роботи, відеоурок. Рекомендована література: [19 - 25] CPC: Виконання завдань за варіантами за даною темою.
5	Розрахунок напружено-деформованого стану деталі. Дослідження моделі деталі за допомогою Simulation Express програмного середовища SolidWorks. Дидактичні засоби: матеріали лекцій, методичні вказівки, які дозволяють сформулювати вхідні дані для виконання та пояснюють хід виконання роботи, відеоурок. Рекомендована література: [19 - 25] CPC: Виконання завдань за варіантами за даною темою.
6	Розрахунок напружено-деформованого стану ємності під тиском. Дослідження моделі водневого балону за допомогою Simulation Express програмного середовища SolidWorks. Дидактичні засоби: матеріали лекцій, методичні вказівки, які дозволяють сформулювати вхідні дані для виконання та пояснюють хід виконання роботи, відеоурок. Рекомендована література: [19 - 25] CPC: Виконання завдань за варіантами за даною темою.

7	<i>Розрахунок кулачкового механізму водневого компресора.</i> <i>Дослідження кулачкового механізму водневого компресора за допомогою модуля SolidWorks Motion.</i> <i>Дидактичні засоби: матеріали лекцій, методичні вказівки, які дозволяють сформулювати вхідні дані для виконання та пояснюють хід виконання роботи, відеоурок.</i> <i>Рекомендована література: [19 - 25]</i> <i>СРС: Виконання завдань за варіантами за даною темою.</i>
8	<i>Розрахунок редукційного клапана водневого балона</i> <i>Дослідження редукційного клапана водневого балона за допомогою модуля SolidWorks FlowWorks.</i> <i>Дидактичні засоби: матеріали лекцій, методичні вказівки, які дозволяють сформулювати вхідні дані для виконання та пояснюють хід виконання роботи, відеоурок.</i> <i>Рекомендована література: [19 - 25]</i> <i>СРС: Виконання завдань за варіантами за даною темою.</i>
9	<i>Розрахунок процесу теплопередачі у системі «воднева паливна комірка – радіатор».</i> <i>Дослідження процесу теплопередачі у системі «воднева паливна комірка – радіатор» за допомогою програмного середовища SolidWorks Simulation.</i> <i>Дидактичні засоби: матеріали лекцій, методичні вказівки, які дозволяють сформулювати вхідні дані для виконання та пояснюють хід виконання роботи, відеоурок.</i> <i>Рекомендована література: [19 - 25]</i> <i>СРС: Виконання завдань за варіантами за даною темою.</i>

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента передбачає:

підготовку до аудиторних та практичних занять – 54 год;

підготовку до модульної контрольної роботи – 2 год;

підготовку до заліку – 4 год.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Вивчення навчальної дисципліни “Енергоощадне обладнання біопаливних та водневих технологій ” потребує від здобувача вищої освіти:

- дотримання навчально-академічної етики;
- дотримання графіку навчального процесу;
- бути зваженим, уважним на заняттях;
- систематично опрацьовувати теоретичний матеріал;
- дотримання графіку захисту практичних робіт. Відповідь здобувача повинна демонструвати ознаки самостійності виконання поставленого завдання, відсутність ознак повторюваності та плагіату.

Якщо здобувач вищої освіти був відсутній на лекції, то йому слід відпрацювати цю лекцію у інший час (з іншою групою, на консультації).

Якщо здобувач вищої освіти був відсутній на практичних заняттях, то йому слід відпрацювати ці заняття у інший час (з іншою групою, на консультації).

Студент може отримати додаткових до 10 балів у разі отримання сертифікату по курсу «Autodesk CAD/CAM/CAE for Mechanical Engineering» на сайті Coursera за адресою: <https://www.coursera.org/specializations/autodesk-cad-cam-cae-mechanical-engineering> або подібних за узгодженням з викладачем.

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

Поточний контроль:

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, що він отримує за:

- 1) виконання та захисту 9 практичних робіт;
- 2) виконання 1 модульної контрольної роботи.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

	вчасна здача	1 перездача (протягом двох тижнів від початкового контролю)	2 перездача (без дотримання термінів виконання)
1. Виконання модульної контрольної роботи:			
- повністю правильно виконана робота	19	15	11
- робота виконана з незначними помилками	15	11	8
- робота не зарахована	0	0	0
2. Виконання практичних завдань:			
- завдання захищено з відмінним володінням матеріалу	9	6	4
- завдання виконано з відмінним володінням матеріалу	6	4	2
- завдання не виконано	0	0	0

Розрахунок шкали (RC) рейтингу

$$Rc(max)=9 \times 9 + 1 \times 19 = 100 \text{ балів}$$

$$Rc(min)=9 \times 9 \times 0,5 + 1 \times 19 \times 0,5 = 50 \text{ балів}$$

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів максимальна сума набраних балів складає **45 балів (6 п. р.)**. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг **не менше $0,5 \times 45 = 22$ бали**.

Максимальна сума балів складає 100. Для отримання заліку з кредитного модуля потрібно мати рейтинг не менше 50 балів, а також виконані всі практичні роботи та модульні контрольні роботи.

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

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 50 балів виконують залікову контрольну роботу. При цьому до загального рейтингу додаються бали за контрольну роботу і ця рейтингова оцінка є остаточною. Завдання контрольної роботи складається з трьох питань з лекційного матеріалу.

Кожне питання оцінюється наступним чином:

- творчий підхід, повністю розкриті завдання – 9 балів;
- глибоке розкриття завдання, незначні помилки – 7 балів;
- обґрунтоване розкриття, з незначними помилками – 5 балів;

- завдання розкрито неповністю, є помилки – 3 бали;
- завдання не вирішене – 0 балів.

Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Контрольні запитання

5. Дайте визначення терміну технічна біоенергетика
6. Які види рідких біопалив можливо отримати в аграрному виробництві?
7. У яких напрямках повинен здійснюватися розвиток виробництва біопалива?
8. У яких напрямках повинен здійснюватися розвиток використання біопалива?
9. Які основні механіко-технологічні особливості виробництва біопалива та отримання енергії?
10. Опишіть технологічну схему агропромислового виробництва дизельного біопалива із використанням двохступінчатого віджимання олії.
11. Які основні переваги невеликих заводів для агропромислового виробництва дизельного біопалива?
12. Як залежать оберти гідромеханічної мішалки від частоти струму, що подається на електродвигун?
13. Як змінюється температура спалаху дизельного біопалива в залежності від часу його відстоювання з доступом повітря?
14. Як визначається коефіцієнт виходу дизельного біопалива?
15. Як змінюється при застосуванні дизельного біопалива та його сумішей з дизельним паливом потужність і крутний момент, який розвиває двигун?
16. Як змінюється при застосуванні дизельного біопалива та його сумішей з дизельним паливом питома і годинна витрата палива?
17. За рахунок чого підвищення температури дизельного біопалива перед впорскуванням покращує його згорання?
18. Як впливає використання системи двоступеневого підігріву дизельного біопалива на перевитрату дизельного біопалива у порівнянні з дизельним паливом нафтового походження?
19. Як визначається витрата палива при роботі дизельного двигуна за допомогою обкатувально-гальмівного стенду?
20. Дайте характеристику біоетанолу
21. Вкажіть основні етапи технологічного процесу виробництва біоетанолу.
22. При яких значеннях кута випередження запалення досягається мінімальна витрата бензину із 10% та 20% добавкою біоетанолу?
23. Наскільки збільшується годинна та питома витрата палива при застосуванні суміші з вмістом 10% біоетанолу?
24. Чим біогаз вироблений із біомаси відрізняється від природного газу?
25. Які основні типи мішалок використовуються для перемішування біомаси при рідкофазному анаеробному зброджуванні?
26. Який вихід біогазу можна отримати з 1 т біомаси при рідкофазному анаеробному зброджуванні?
27. Розкажіть про будову та принцип роботи біогазової установки.
28. Чим відрізняється паливник котла призначеного для спалювання біогазу?
29. Чим обумовлені відмінності паливників що працюють на біогазі від паливників що працюють на природному газі?
30. Яка потреба в біомасі для отримання 1 м³ біометану за час зброджування?
31. Яка потреба в біомасі для отримання 1 кВт год. електроенергії за час зброджування?
32. Які матеріали можуть бути сировиною для виробництва водню?
33. Який спосіб отримання водню є найбільш ефективним?
34. Який спосіб отримання водню спричиняє викиди вуглекислого газу?
35. В чому особливість парової конверсії органічного палива?
36. Як отримують водень із біомаси?

37. Яким чином поділений водень по кольорам?
38. З чого складається воднева паливна комірка?
39. Опишіть спосіб отримання електроенергії за допомогою водневої паливної комірки.
40. Як змінюються енергетичні показники двигуна внутрішнього згорання при додаванні водню до паливної суміші?
41. Наведіть приклади взаємодії водню з матеріалами, яка призводить до їх деградації.
42. Опишіть методи транспортування водню.
43. Опишіть типовий набір обладнання для транспортування водню.
44. Опишіть обладнання та його особливості для зберігання водню.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено к.т.н., доц. Лістовщик Л.К

Ухвалено кафедрою АЕМК (протокол № 27 від 24.06.2026)

Ухвалено Методичною радою НН ІЕЕ (протокол №43 від 29.06.2026)