



ОСНОВИ ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силлабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістр професійний)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>144 Теплоенергетика</i>
Освітня програма	<i>ОНП Теплоенергетика</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/ очна(вечірня)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів, 150 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен</i>
Розклад занять	<i>Лекційні заняття – один раз на тиждень; практичні заняття – один раз на два тижні</i>
Мова викладання	<i>Українська, англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектори: укр. мова -д.т.н, проф. Варламов Геннадій Борисович, varlamovgb@gmail.com ¹ англ. мова -к.т.н., доц. Романова Катерина Олександрівна romanova_ko@ukr.net Практичні: д.т.н, проф. Варламов Геннадій Борисович, varlamovgb@gmail.com
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&create&filter=&sd=10188&cm=14307

Програма навчальної дисципліни

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

Метою вивчення та засвоєння магістрантами навчальної дисципліни «Основи водневої енергетики» є формування у студента таких компетенцій:

-здатність застосовувати та інтегрувати сучасні знання з інших природничих, суспільно-економічних наук та інших інженерних дисциплін для розв'язання складних задач і проблем теплоенергетики.

-здатність експлуатувати та проектувати теплоенергетичне обладнання, застосовуючи системний підхід, сучасні технології і методи

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 силлабусу дисципліни, яку викладає багато викладачів (наприклад, історія, філософія тощо) можна зазначити сторінку сайту де представлено контактну інформацію викладачів для відповідних груп, факультетів, інститутів.

-здатність запропонувати і обґрунтувати заходи з підвищення енергоефективності теплоенергетичних об'єктів і систем з урахуванням наявних обмежень, включаючи ті, що пов'язані з проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в теплоенергетиці.

-здатність застосовувати технічну літературу та інші джерела інформації для розв'язання складних задач і проблем в теплоенергетиці

-здатність розробляти, реалізовувати, впроваджувати і супроводжувати проекти з урахуванням всіх аспектів проблеми, яка вирішується, включаючи етапи проектування, виробництва, експлуатації, технічного обслуговування та утилізації теплоенергетичного обладнання.

-здатність приймати рішення щодо матеріалів, обладнання, процесів в теплоенергетиці з урахуванням їх властивостей та характеристик.

-здатність аргументовано доносити та презентувати результати.

-здатність аналізувати і розробляти заходи з підвищення ефективності систем і їх компонентів на основі використання аналітичних методів і методів моделювання (математичних, фізичних, комп'ютерних) в теплоенергетичній галузі.

Предметом² навчальної дисципліни «Основи водневої енергетики» є методи, процеси і технології одержання та використання теплової та електричної енергії з використанням екологічно чистого енергетичного джерела-водню.

Метою навчальної дисципліни є формування здатностей (компетентностей), які магістрант набуде після вивчення дисципліни:

ЗК1	Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
ЗК2	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
ФК1	Здатність застосовувати та удосконалювати математичні та комп'ютерні моделі, наукові і технічні методи та сучасне комп'ютерне програмне забезпечення для розв'язання складних інженерних задач в теплоенергетиці.
ФК2	Здатність аналізувати та комплексно інтегрувати сучасні знання з природничих, інженерних, суспільно-економічних та інших наук для розв'язання складних задач і проблем теплоенергетики.
ФК3	Здатність застосовувати релевантні математичні методи для розв'язання складних задач в теплоенергетиці.
ФК8	Здатність здійснювати наукові та прикладні дослідження в теплоенергетиці.
ФК11	Здатність виконувати математичний опис процесів теплообміну в складних системах з урахуванням фізичної сутності процесу та методу моделювання, використовувати в професійній діяльності основні поняття і твердження теорії ймовірності, виконувати математичний опис термодинамічних, теплових і гідродинамічних характеристик систем, в яких відбуваються комплексні процеси тепло- і масопереносу з урахуванням їх внутрішньої структури .

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми магістранти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі **програмні результати навчання**:

ПРН2	Аналізувати і обирати ефективні аналітичні, розрахункові та експериментальні методи розв'язання складних задач теплоенергетики.
------	---

² Для нормативних дисциплін зазначається згідно матриці відповідності програмних компетентностей та результатів навчання в освітній програмі.

- ПРН5 Розробляти і досліджувати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів та процесів теплоенергетики, перевіряти адекватність моделей, порівнювати результати моделювання з іншими даними та оцінювати їх точність і надійність.*
- ПРН7 Знати, розуміти і застосовувати у практичній діяльності ключові концепції, сучасні знання та кращі практики в теплоенергетичній галузі, технології виробництва, передачі, розподілу і використання енергії.*
- ПРН9 Вільно спілкуватися державною мовою з професійних питань, обговорювати результати виробничої, наукової та інноваційної діяльності з фахівцями та нефахівцями.*
- ПРН18 Виконувати наукові дослідження, аналізувати, обробляти, оцінювати та презентувати результати досліджень, аргументувати висновки.*
- ПРН23 Розробляти фізичні та математичні моделі теплотехнічних процесів та явищ; проводити планування експериментального дослідження; оцінювати точність отримання експериментальних даних; обробляти та узагальнювати результати експерименту; складати звіт з науково-дослідницької роботи.*

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

Для вивчення дисципліни необхідні знання з предмету «Методи термодинамічного аналізу установок і систем». На результатах навчання з даної дисципліни базується виконання науково-дослідних робіт, інженерних і дипломних проектів, магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Основи водневої енергетики

Тема 1.1. Загальні особливості водневої енергетики

Тема 1.2. Фізико-хімічні властивості водню

Тема 1.3. Основні напрямки застосування водню у промисловості

Розділ 2. Особливості виробництва та зберігання водню

Тема 2.1. Загальні методи та особливості виробництва водню

Тема 2.2. Виробництво водню за допомогою електролізу

Тема 2.3. Особливості транспортування і зберігання водню

Тема 2.5. Методи та засоби забезпечення техніки безпеки при використанні водню

Розділ 3. Використання водню у системах енерговиробництва

Тема 3.1. Властивості водню як палива

Тема 3.2. Загальні відомості про спалювання водню

Тема 3.3. Основні установки для спалювання водню

Тема 3.4. Паливні елементи у системах енергозабезпечення

Розділ 4. Особливості систем теплозабезпечення з використанням водню

Тема 4.1. Загальні особливості водневих систем теплозабезпечення

Тема 4.2. Приклади застосування водню у системах теплозабезпечення

Розділ 5. Екологічні аспекти водневої енергетики

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Варламов Г.Б. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії: Підручник / Варламов Г.Б., Любчик Г.Н., Маляренко В. А.. – К.:ІВЦ Видавництво Політехніка, 2003.-232с.: іл.
2. Фундаментальні проблеми водневої енергетики // Під редакцією В.Д. Походенка, В.В. Скорохода, Ю.М. Солоніна / видавництво НАН УКРАЇНИ, К.- 2010.
3. Дудник О.М. Процеси газифікації твердого палива для отримання водню. За заг. ред. П. Омеляновського, Й. Мисака. Теплова енергетика - Нові виклики часу. Львів: НВФ «Українські технології» ; 2009. с. 133-146.
4. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Маляренко В.А. Теплоенергетика та екологія. Підручник. Харків: «Видавництво САГА» 2008. – 234с.:іл.
5. Дудник О.М. Напрями використання та розвитку енергетичних установок на паливних елементах: За заг. ред. П. Омеляновського, Й. Мисака. Теплова енергетика - Нові виклики часу. Львів: НВФ «Українські технології».- 2009. -с. 331-343.
6. Жовтянський В.А., Кулик М.М., Стогній Б.С. Стратегія енергозбереження в Україні: Аналітично-довідкові матеріали. Колективна монографія в 2-х томах. – Т.1: Загальні засади енергозбереження. К.: Академперіодика; 2006. 510 с.; Т. 2: Механізми реалізації політики енергозбереження. К.: Академперіодика; 2006. 600 с.
7. Base Power Generation Facilities and Technologies: Principles, Design and Environmental Aspects / G.A. Biliavskij, V.A. Maliarenko, G.N. Lubchik, G.B. Varlamov / Edited by V.A. Maliarenko. –Kharkiv: Printing & Publishing Division. – 2002. – 284с.
8. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. V. Стратегія розвитку вугільної промисловості. Інформаційно-аналітичний бюлетень «Відомості Міністерства палива та енергетики України». Спеціальний випуск. м. Київ; 2006. 115 с.
9. Жовтянський В.А., Кириченко В.І. Інтеграція плазмової газифікації й мембранних систем розділення газів у виробництві водню. В кн.: Наукова звітна сесія «Фундаментальні проблеми водневої енергетики» (Київ, 18-19 грудня 2007 р.). К.: Ін-т проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України; 2007. с. 42.
10. G. Varlamov, K. Romanova, O. Daschenko, M. Ocheretyanko, S. Kasyanchuk. The use of contact heat generators of the new generation for heat production// Eastern-European journal of enterprise technologies №6 (2016) – p.52 -59.
11. Варламов Г.Б., Варламов Д.Г., Романова К.О., Касянчук С.Л., Очеретянко М.Д. Спосіб мікрофакельного спалювання водневого палива. Патент України заявка №01 2016 12385, стр.5, поданий 05.12.2016 р.
12. Biliavskij Georgij., Hetman V.V., Varlamov Gennadij B., Assessment of the impacts of power engineering on the environment. Kharkov State Academy of Municipal Economy – Printing & Publishing Division.– Kharkiv.–2002.–318 с.
13. Варламов Г.Б., Касянчук Л.С., Очеретянко М.Д. Теплозабезпечення корпусу університету з використанням водневого контактного теплогенератора// XV Міжнародна науково – практична конференція аспірантів, магістрантів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», Київ, 25-28 квітня 2017 р. – С. 130.
14. Haryanto A., Fernando S., Murali N., Adhikari S. Current Status of Hydrogen Production Techniques by Steam Reforming of Ethanol. Energy and Fuels 2005;19:2098-2106.
15. 2. Frusteri F., Freni S. Bio-ethanol a suitable fuel to produce hydrogen for a molten carbonate fuel cell. J.Power Sources 2007;173:200-209.
16. 3. Ni M., Leung Y.C., Leung M.K.H. A review on reforming bio-ethanol for hydrogen production. Int. J. Hydrogen Energy 2007;32:3238-3247.

17. 4. Dolgykh L., Stolyarchuk I., Deynaga I., Strizhak P. The Use of Industrial Dehydrogenation Catalysts for Hydrogen Production from Bioethanol. *Int.J.Hydrogen Energy*. 2006;31:1607-1610.
18. Вовченко Д.І., Цзе Ши., Варламов Г.Б. Особливості застосування водневого палива у контактному теплогенераторі / XVII міжнародна науково-практична конференція молодих вчених та студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики». КПІ ім. Ігоря Сікорського, м.Київ; 23.04.2019. с.285.
19. Вовченко Д.І., Романова К.О., Варламов Г.Б. Переваги теплозабезпечення приватних будівель з використанням водневого палива. // Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених та студентів 2020 року. У 2 т. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – Т. 1.с.166.

Допоміжна література

20. Неисчерпаемая энергия. Кн.4. Ветроводородная энергетика: учебное пособие. / В.С. Кривцов, В.И. Кривцова, А.М. Олейников [и др.] – Харьков- Севастополь : ХАИ/СНТУ, 2007. – 680 с.
21. Варламов Г.Б., Романова Е.А., Дашенко О.П., Касянчук С.Л., Очеретянко Н.Д. Использование контактных теплогенераторов нового поколения для теплопроизводства. – Восточно-европейский журнал передовых технологий, 2016, №6, с. 52-58.
22. Haryanto A., Fernando S., Murali N., Adhikari S. Current Status of Hydrogen Production Techniques by Steam Reforming of Ethanol. *Energy and Fuels* 2005;V.19:pp.2008-2016.
23. Frusteri F., Freni S. Bio-ethanol a suitable fuel to produce hydrogen for a molten carbonate fuel cell. *J.Power Sources* 2007;V.173:pp.200-209.
24. Гуров В.И. Продвижение водорода в энергетику - плацдарм реализации прорывных инноваций // Энергия: экономика, техника, экология. – 2011. – № 8. – С. 7-9 .
25. Г.Б. Варламов, К.А. Романова, Д.Г. Варламов, Д.И. Вовченко Преимущества использования водородного топлива в системах теплообеспечения / Актуальные проблемы транспорта и энергетики:пути их инновационного решения: VIII Международная научно–практическая конференция, Нур-Султан, 20 марта 2020 /Подгот. Г.Т. Мерзадинова, Т.Б. Сулейменов, Т.Т. Султанов–Нур-Султан, 2020.–С.408-412.
26. Ni M., Leung Y.C., Leung M.K.H. A review on reforming bio-ethanol for hydrogen production. *Int. J. Hydrogen Energy* 2007;V.3,p.3238-3247.
27. Dolgykh L., Stolyarchuk I., Deynaga I., Strizhak P. The Use of Industrial Dehydrogenation Catalysts for Hydrogen Production from Bioethanol. *Int.J.Hydrogen Energy*. 2006;V.31,pp.1607-1610.
28. Bak T., Nowotny J., Rekas M. and et.al. Photoelectrochemical hydrogen generation from water using solar energy. Materials-related aspects. *International J. Hydrogen Energy* 2002;V.27:p.985-1111.
29. Miller E.L., Paluselli D., Marsen B. and et.al. Development of reactively sputtered metal oxide films for hydrogen-producing hybrid multijunction photoelectrodes. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 2005; V.88:p.131-144.
30. Fujishima A., Zhang X., Tryk D.A. Heterogeneous photocatalysis: From water photolysis to applications in environmental cleanup. *International J. Hydrogen Energy* 2007;V.32:p.2664-2672.
31. Плесков Ю.В. Фотоэлектрохимическое преобразование солнечной энергии. М.: Химия; 1990. 176 с.
32. Тарасов Б.П., Лотоцкий М.В., Водородная энергетика: прошлое, настоящее, виды на будущее. *Рос. хим. ж.* 2006;L: с.5-18.
33. 2. Orecchini F. The era of energy vectors, *Int. J.Hydrogen Energy* 2006; V.31: p. 1951-1954.
34. Козин Л.Ф., Волков С.В. Водородная энергетика и экология. – Киев: Наукова думка, 2002.- 286с.
35. Gabriele Centi and Rutger A. van Santen. *Renewable Catalytic Technologies – a Perspective. Catalysis for Renewables: From Feedstock to Energy Production*. 2007.
36. Clark, W.W. and Rifkin, J. A Green Hydrogen Economy, *Energy Policy*, 2006,V.34(17:p.2630-2639.

37. Rostrup-Nielsen JR. Fuels and energy for the future. Catal Rev 46 (2004)247.

38. Козин Л.Ф., Волков С.В., Гончаренко С.Г., Данильцев Б.И. // Наук. звітна сесія "Фундаментальні проблеми водневої енергетики", 12–13 листопада 2008 року. – Київ, 2008.

Рекомендації

Сайт наукової бібліотеки НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» <http://library.kpi.ua> в розділі «Електронні ресурси», підрозділі «Загальний електронний каталог НТБ» дозволяє знайти та замовити рекомендовану літературу до навчальної дисципліни та отримати доступ до електронних ресурсів бібліотеки та роботи з ними

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 літературу та завдання на СРС)
1	Лекція 1, 2,3 Загальні особливості водневої енергетики Фізико-хімічні властивості водню Основні напрямки застосування водню у промисловості Література: [1,2,6,8,14-17,20,22-24].
2	Лекції 4,5,6,7 Загальні методи та особливості виробництва водню Виробництво водню за допомогою електролізу Особливості транспортування і зберігання водню Методи та засоби забезпечення техніки безпеки при використанні водню Література: [2,3,5-9,12,20,26-38]. Завдання на СРС: Детальні особливості методу, форма та технологічна схема виробництва водню (конкретний метод визначається викладачем).
3	Лекції 8,9,10,11 Властивості водню як палива Загальні відомості про спалювання водню Основні установки для спалювання водню Паливні елементи у системах енергозабезпечення Література: [4,5,7-13,15,18,21,25,26-28,32,38]. Завдання на МКР: розрахувати енерго-економічні характеристики теплозабезпечення об'єкту за допомогою водневого теплогенератора (конкретний тип, метод генерування водню визначається викладачем).
4	Лекції 12,13,14 Загальні особливості водневих систем теплозабезпечення Приклади застосування водню у системах теплозабезпечення Література: [1,6-8,10-13,18,19,21,25,38].
5	Лекції 15,16, Екологічні аспекти водневої енергетики. Література: [1,4,7,12,25,28,32].
6	Лекції 17,18 Воднева енергетика в Україні і Європі Література: [5,6,8,10,13,18,19,24,25,29,35-38].

Практичні заняття

Основним завданням циклу проведення практичних занять є закріплення студентами знань з лекційної частини дисципліни щодо визначення та практичного застосування умов та засобів моделювання та оптимізації аеродинамічних та теплових процесів у пристроях та

апаратах складних теплоенергетичних установок і систем з метою їх вдосконалення та підвищення ефективності.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Практичне заняття 1 Загальні засади та особливості застосування водню в енергетиці і промисловості Література: [1,2,6,8,14-17,20,22-24].
2	Практичне заняття 2 Особливості виробництва водню, електролізні технології. Транспортування, зберігання водню та методи забезпечення техніки безпеки Література: [2,3,5-9,12,20,26-38].
3	Практичне заняття 3 Особливості спалювання водню, основні установки. Паливні елементи. Література: [4,5,7-13,15,18,21,25,26-28,32,38].
4	Практичне заняття 4 Аналіз властивостей водню як палива, особливості та установки для спалювання водню Література: [2,3-6, 13-16].
5	Практичне заняття 5 Паливні елементи у системах енергозабезпечення Література: [2,3-6, 13-16].
6	Практичне заняття 6 Транспортування, зберігання водню та методи забезпечення техніки безпеки Література: [2,3,5-9,12,20,26-38].
7	Практичне заняття 7 Загальні особливості водневих систем теплозабезпечення Література: [1,6-8,10-13,18,19,21,25,38].
8	Практичне заняття 8 Загальні особливості водневих систем теплозабезпечення Приклади застосування водню у системах теплозабезпечення Література: [1,6-8,10-13,18,19,21,25,38].
9	Практичне заняття 9 Екологічні аспекти застосування водню в енергетиці. Література: [1,4,7,12,25,28,32].

6. Самостійна робота магістранта

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Загальні особливості водневої енергетики Фізико-хімічні властивості водню Основні напрямки застосування водню у промисловості Література: [1,2,6,8,14-17,20,22-24]. Завдання на СРС: Порівняльні характеристики газоподібних палив та особливості водню.	16
2	Загальні методи та особливості виробництва водню Технології виробництва водню за допомогою електролізера Література: [2,3,5-9,12,20,26-38]. Завдання на СРС: Детальні особливості методу, форма та технологічна схема виробництва водню (конкретний метод визначається викладачем).	16
3	Особливості транспортування і зберігання водню	16

	Методи та засоби забезпечення техніки безпеки при використанні водню Література: [2,3,5-9,12,20,26-38]. Завдання на СРС: описати особливості застосування водню на транспорті (вид транспорту задається викладачем)	
4	Загальні особливості водневих систем теплозабезпечення Література: [1,6-8,10-13,18,19,21,25,38]. Завдання на СРС: обґрунтувати та навести переваги водневої системи тепло забезпечення підприємства, будинку (за завданням викладача)	16
5	Приклади застосування водню у системах теплозабезпечення Література: [1,6-8,10-13,18,19,21,25,38]. Завдання на СРС: проаналізувати та порівняти системи тепло забезпечення приватного будинку з використанням водню і інших видів палива (вид палива за завданням викладача)	12
6	Екологічні аспекти водневої енергетики. Література: [1,4,7,12,25,28,32]. Завдання на СРС: навести екологічні переваги застосування систем тепло забезпечення приватного будинку з використанням водню і інших видів палива (вид палива за завданням викладача)	10
7	Воднева енергетика в Україні і Європі Література: [5,6,8,10,13,18,19,24,25,29,35-38]. Завдання на СРС: навести конкретний приклад застосування водню на різних підприємствах у Європі	10
	<u>Всього</u>	96

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Зазначається система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- на заняттях дозволяється використання засобів зв'язку для пошуку інформації та виконання індивідуальних завдань;
- захист практичних завдань відбувається на практичному занятті у виділений для цього викладачем час;
- штрафні та заохочувальні бали:
 - відсутність на практичному занятті без поважної причини - мінус 5 балів;
 - несвоєчасне (пізніше ніж на тиждень) подання МКР - мінус 5 балів;
 - участь в розробці ситуаційних вправ, тестових завдань та задач з дисципліни, виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни надається від 5 до 10 заохочувальних балів.

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

Види контролю знань студентів з дисципліни:

- відповіді на лекційних заняттях;
- відповіді на практичних заняттях;
- виконання завдань СРС;
- виконання МКР ;
- відповідь на екзамені – максимально 40 балів.

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, які він отримує за:

1) шість відповідей в середньому кожного студента на лекційних заняттях (на одному занятті опитуються приблизно 3 студента; при середній чисельності групи 10 осіб і вісімнадцяти лекційних занять (36 годин) отримуємо: $3 \cdot 18 / 10 \approx 6$ відповідей);

- 2) три відповіді в середньому кожного студента на практичних заняттях (на одному занятті опитуються приблизно 3 студента; при середній чисельності групи 10 осіб і дев'яти практичних занять (18 годин) отримуємо: $3 \cdot 9 / 10 \approx 3$ відповіді);
- 3) виконання завдань СРС;
- 4) виконання однієї МКР;
- 5) відповідь на екзамені – максимально 40 балів.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

1. Робота на лекційних заняттях

Ваговий бал — 3. Максимальна кількість балів студента на всіх заняттях:

$$r_1 = 3 \text{ бали} \times 6 = 18 \text{ балів.}$$

Критерії оцінювання:

3 бали — повна вірна відповідь на поставлене запитання; **2 бали** — відповідь має несуттєві похибки, або є неповною відповіддю; **0 балів** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді.

2. Робота на практичних заняттях

Ваговий бал – 3. Максимальна кількість балів студента на всіх заняттях:

$$r_2 = 3 \text{ бал} \times 3 = 9 \text{ балів.}$$

Критерії оцінювання:

3 бали — повна вірна відповідь на поставлене запитання; **2 бали** — похибки, або неповна відповідь; **0 балів** — відповідь має помилки або відсутність відповіді.

3. Виконання завдань СРС

Ваговий бал – 3. Максимальна кількість балів студента 21 (видається сім завдань на СРС, строк задачі завдання – не пізніше ніж через два тижні після видачі): $r_3 = 3 \text{ бал} \times 7 = 21 \text{ бал.}$ Виконане завдання надається викладачу у вигляді конспекту, виконання завдань СРС обов'язкове.

Критерії оцінювання:

2 бали – в повному об'ємі і вчасно надана відповідь; **1 бал** – відповідь не в повному об'ємі; **0 балів** – не вчасно надана відповідь або ненадана відповідь.

Штрафні бали:

- несвоєчасне представлення виконаного завдання СРС без поважної причини (хвороба) – **-2 бали.**

Заохочувальні бали

- участь у наукових та/або науково-практичних конференціях, семінарах, симпозіумах **2 бали.**

4. Модульна контрольна робота (МКР)

Ваговий бал МКР – 12. Максимальна кількість балів за МКР дорівнює $r_4 = 12 \times 1 = 12 \text{ балів.}$

Критерії оцінювання:

12 балів – повна вірна відповідь на завдання; **8 балів** – відповідь має несуттєві похибки; **6 балів** – неповна відповідь; **0...2 бали** – наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді, МКР не зараховано.

5. Відповіді на екзамені

Екзамен проводиться у письмово-усній формі. Екзаменаційний білет складається з трьох теоретичних питань. Перелік питань наведений у додатку до силабусу дисципліни. Перші два теоретичних питання оцінюються по 10 балів, а третє – 20 балів. Тобто, максимальна кількість балів за виконане завдання $10 + 10 + 20 = 40 \text{ балів.}$

Критерії оцінювання:

Кожне питання екзаменаційної роботи оцінюється згідно до системи оцінювання:

правильне раціональне рішення, або повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації)

– **9...10 балів;**

достатньо повна відповідь, правильне рішення (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – **7...8 балів;**

неповна відповідь, рішення з помилками (не менше 50% потрібної інформації та деякі помилки) – **5...6 балів**;

незадовільна відповідь, або відсутність рішення (менше 50% потрібної інформації та помилки) – менше **5 балів**.

Штрафні бали:

додаткове питання з тем лекційного курсу отримують студенти, які не брали участі у роботі певного заняття. Незадовільна відповідь з додаткового питання знижує загальну оцінку на **3 бали**.

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (R_d):

Сума вагових балів контрольних заходів в семестрі (стартовий рейтинг) складає:

$$R_i = r_1 + r_2 + r_3 + r_4.$$

де R_i — рейтингові або вагові бали за кожний вид робіт з дисципліни.

Максимально можливий стартовий рейтинг: **$R_c = 18+9+21+12 = 60$ балів**.

Необхідною умовою допуску до екзамену є позитивна оцінка з виконання всіх завдань СРС, захист розрахункової роботи та стартовий рейтинг не менше $0,4 \times R_c = 24$ балів.

Студенти, які набрали в семестрі рейтинг з дисципліни менше, ніж 24 бали, зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до екзамену з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість.

Екзаменаційна складова R_E шкали дорівнює: **$R_E = 40$ балів**.

Таким чином, максимальна кількість балів за рейтинговою шкалою з дисципліни складає

$$R_D = R_c + R_E = 60 + 40 = 100 \text{ балів}.$$

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

За рішенням кафедри, згідно Тимчасового регламенту проведення семестрового контролю в дистанційному режимі (Наказ № 7/86 від 08.05 2020 року), допускається застосувати підхід щодо виставлення оцінки з кредитного модуля «автоматом» шляхом пропорційного перерахунку стартових балів у підсумкові за 100-бальною шкалою. При цьому обов'язковим залишається виконання студентом умов допуску до екзамену. Студентам, які набрали фактичний стартовий рейтинг не менший, ніж 0,9 від максимально можливого (тобто $R_c \geq 54$), екзаменатор може запропонувати виставити оцінку «Дуже добре». Найвища оцінка «автоматом» не виставляється.

Переведення стартових балів у підсумкові здійснюється за формулою

$$R = 60 + \frac{40 \cdot (R_i - R_D)}{(R_c - R_D)},$$

де R – оцінка за 100-бальною шкалою;

R_i – сума балів, набраних студентом продовж семестру;

R_c – максимальна сума вагових балів контрольних заходів продовж семестру;

R_D – бал допуску до екзамену.

Студенти, які хочуть підвищити оцінку з кредитного модуля, виконують екзаменаційну роботу. При цьому переведення стартових балів у підсумкові не здійснюється.

Робочу програму навчальної дисципліни (силлабус):

склав д.т.н., проф. Варламов Геннадій Борисович

Ухвалено кафедрою теоретичної і промислової теплотехніки (протокол № 16 від 23.06.2021 р.)

Погоджено Методичною комісією теплоенергетичного факультету (протокол № 11 від 24.06.2021р.)