



ЕНЕРГО- І РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕНЕРГЕТИЦІ

Робоча програма навчальної дисципліни (силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>142 Енергетичне машинобудування</i>
Освітня програма	<i>ОПП Інженерія і комп'ютерні технології теплоенергетичних систем</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>5 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>3,5 кредитів / 105 годин / 36 год лекцій, 18 год практичних занять, 51 год СРС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Еказмен, модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	http://roz.kpi.ua/
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н, ст. викладач Воробійов Микита Валерійович, vorobiov.niky@gmail.com Практичні: к.т.н, ст. викладач Воробійов Микита Валерійович, vorobiov.niky@gmail.com
Розміщення курсу	https://do.ipu.kpi.ua/course/

Програма навчальної дисципліни

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

Питання енерго- та ресурсозбереження в енергетиці України набуло особливо значення, оскільки за різними оцінками галузь енергетики та комунальне господарство України споживає близько 40% природного газу та 60% вугілля. Для подальшого розуміння ситуації треба відмітити що 90% вугілля, що було використано в Україні, імпортовано з російської федерації, як і 50% природного газу.

В умовах, коли російська федерація скоїла воєнну агресію проти України, питання зменшення споживання імпортованих енергоресурсів стає загальнодержавним пріоритетом та прямим питанням безпеки та незалежності країни.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей (компетентності):

ФК 3 Здатність аналізувати та комплексно інтегрувати сучасні знання з природничих, інженерних, суспільно-економічних та інших наук для розв'язання складних задач і проблем, пов'язаних з проектуванням та експлуатацією енергетичного і теплотехнологічного обладнання.

ФК 5 Здатність розробляти та впроваджувати інноваційні проекти і програми, забезпечувати конкурентоздатність продукції, здійснювати техніко-економічне обґрунтування проектів у галузі енергетичного машинобудування.

ФК 6 Здатність проектувати та експлуатувати енергетичне і теплотехнологічне обладнання.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

ПРН1 Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у галузі енергетичного машинобудування для розв'язування складних задач професійної діяльності.

ПРН9 Формулювати та вирішувати інноваційні задачі галузі енергетичного машино-будування з урахуванням вимог до результатів, технічних стандартів, а також нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, інтелектуальна власність, навколишнє середовище, економіка і виробництво) аспектів.

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

Пререквізити: дисципліна базується на вивченні дисциплін «Комбіноване виробництво енергії».

Постреквізити: знання, набуті студентами при засвоєнні цієї дисципліни, використовуються в подальшому при проходженні Практики.

3. Зміст навчальної дисципліни

Найменування розділів і тем
Розділ 1. Енергозбереження – важлива умова економічного розвитку держави
Тема 1.1. Енергозбереження – пріоритетний напрям забезпечення енергетичної стратегії та енергетичної безпеки.
Тема 1.2. Основні напрямки та потенціал енергозбереження.
Тема 1.3. Державне управління та регулювання в сфері енергозбереження.
Тема 1.4. Управління енергоефективністю на рівні підприємства.
Тема 1.5. Утилізація теплоти – один з найважливіших науково-технічних і організаційно-технологічних заходів з енергозбереження.
Розділ 2. Теплотехнічні основи забезпечення утилізації теплоти.
Тема 2.1. Теплообмінні апарати, їх класифікація та основні теплотехнічні характеристики.
Тема 2.2. Основи теплового розрахунку рекуперативних теплообмінників.
Тема 2.3. Особливості теплового розрахунку регенераторів.
Тема 2.4. Основи теплового розрахунку контактних теплообмінників.
Тема 2.5. Особливості конденсаційного режиму роботи теплоутилізаторів.
Тема 2.6. Теплообмінники з промінним теплоносієм. Основи теорії теплообмінників на основі високоефективних теплопередаючих елементів -теплових труб.
Тема 2.7. Гідро- і аеромеханічні розрахунки теплообмінних апаратів.
Розділ 3. Практична реалізація систем утилізації теплоти на паливо- та енерговикористовуючому обладнанні.
Тема 3.1. Основні вимоги до розробки, виготовлення та експлуатації теплоутилізаторів.
Тема 3.2. Теплоутилізатори -водопідігрівачі.
Тема 3.3. Теплоутилізатори -повітропідігрівачі.
Тема 3.4. Теплоутилізатори на теплових трубах.
Тема 3.5. Застосування теплових насосів для утилізації низькопотенційної теплоти.
Тема 3.6. Сучасний стан і шляхи удосконалення теплоенергетичних технологій.
Розділ 4. Енергоекономічна ефективність енергозберігаючих заходів.
Тема 4.1. Характеристики енергозберігаючого ефекту.
Тема 4.2. Визначення економічної ефективності від впровадження енергозберігаючих заходів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова (підручники, навчальні посібники) література.

1. Закон України "Про енергозбереження". Відомості ВР України, № 30, 1994;
2. Ковалко М.П., Денисюк С.П. Енергозбереження - пріоритетний напрямок державної політики України. - Київ, 1998;
3. Державне регулювання ресурсозберігаючої політики // Стратегія ресурсозбереження регіональних економічних систем: монографія / Н. О. Кондратенко. – Х. : НТМГ, 2010
4. Мельник Л.Г. Економіка природних ресурсів: Навч. посіб / Л.Г. Мельник, І.М. Сотник, О.Ю. Чигрин. Суми, 2010. 346 с;
5. Зеркалов Д.В. Енергозбереження в Україні: монографія/ Д.В. Зеркалов. – К: Основа.– 2012 – Електронний ресурс. Режим доступу: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.14.2017.108774>
6. Довгань Л. Є., Каракай Ю. В., Артеменко Л. П. Стратегічне управління: Навчальний посібник. — К.: Центр учбової літератури, 2011. — 440 с.

Додаткова (монографії, статті, документи, електронні ресурси) література.

7. Энергосбережение в Украине. Оборудование, материалы, услуги. Справочник /Под ред. Гололобова О.И.. - Киев, 2000.
8. Гольдстрем В.А., Кузнецов Ю.Л. Справочник по экономии ТЭР. -Киев, Техника, 1985.
9. Теплотехнический справочник. Том 1 /Под ред. Юренева В.Н. Лебедева П.Д. - М.: Энергия, 1975.
10. Теплотехнический справочник. Том 2 /Под ред. Юренева В.Н. Лебедева П.Д. - М.: Энергия, 1976.
11. Промышленная теплотехника и теплотехника. Справочник /Под ред. Григорьева В.А., Зорина В.М. - М.: Энергоатомиздат, 1983.
12. Справочник по теплообменникам. Том 1 /Под ред. Петухова Б.С., Шикова В.К. - М.: Энергоатомиздат, 1987.
13. Справочник по теплообменникам. Том 2 /Под ред. Мартышенко О.Г., Михалевича А.А., Шикова В.К. - М.: Энергоатомиздат, 1987.
14. Бакластов А.М., Горбенко В.А., Удыма П.Г. Проектирование, монтаж и эксплуатация теплообменных установок - М.: Энергоиздат, 1981.
15. Таубман Е.И. и др. Контактные теплообменники. - М.: Химия, 1988.
16. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. - М.: Энергия, 1975.
17. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод). Изд. третье, Санкт-Петербург, 1998.
18. Семена М.Г., Гершуни А.Н., Зарипов В.К. Тепловые трубы с металловолоконными капиллярными структурами. - Киев, Вища школа, 1984.
19. Рихтер Л.А., Елизаров Д.П., Лавыгин В.М. Вспомогательное оборудование тепловых электрических станций. - М.: Энергоатомиздат, 1987.
20. Шерстюк А.Н. Насосы, вентиляторы, компрессоры. - М.: Высшая школа, 1972.
21. Роддатис К.Ф., Полтарецкий А.Н. Справочник по котельным установкам малой производительности. - М.: Энергоатомиздат, 1989.
22. Праховник А.В. Малая энергетика: распределенная генерация в системах энергоснабжения. - Киев.: Освіта України, 2007.
23. Ковалев А.П., Лелеев Н.С., Виленский Т.В. Парогенераторы. - М.: Энергоатомиздат, 1985.
24. Коваленко Л.М., Глушков А.Ф. Теплообменники с интенсификацией теплоотдачи. - М.: Энергоатомиздат, 1986.
25. Украина: Эффективность малой энергетика. Энергетический центр ЕС в Киеве, Про-грамма Тасіс, 1995.
26. Гершуни А.Н., Зарипов В.К. Энергосберегающее оборудование на базе тепловых труб. Методическое пособие, 1999.
27. Литовский Е.И., Левин Л.А. Промышленные тепловые насосы. - М.: Энергоатомиздат, 1989.
28. Бекман Г., Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии. - М.: Мир, 1987.
29. ДСТУ 2339-94. Енергозбереження. Основні положення - Київ, Держстандарт України, 1994.

30. ДСТУ 2420-94. Енергозбереження. Терміни та визначення - Київ, Держстандарт України, 1994.
31. ДСТУ 2804-94. Енергобаланс промислового підприємства. Загальні положення. Терміни та визначення - Київ, Держстандарт України, 1994.
32. ДСТУ 3682-98. Енергозбереження. Повна енергоемність продукції, робіт і послуг. Методи визначення. - Київ, Держстандарт України, 1998.
33. ДСТУ 3755-98. Енергозбереження. Номенклатура показників енергоефективності та порядок її внесення в нормативну документацію. - Київ, Держстандарт України, 1998.
34. ДСТУ 3635-98. Енергозбереження. Установка теплоутилізаційні. Загальні технічні вимоги. - Київ, Держстандарт України, 1998.
35. ДСТУ 2155-93. Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів з енергозбереження. - Київ, Держстандарт України, 1993.
36. Основні залежності та приклади розрахунків теплообмінних апаратів. [Електронний ресурс]: навчальний посібник / НТУУ „КПІ”; уклад. Л.Г. Воронін, А.Р. Степанюк, Л.І. Ружинська,. - Київ : НТУУ „КПІ”, 2011. - 68 с
37. Петренко В.П. Теплотехнологічні процеси та установки/ В.П. Петренко / - К. НУХТ, 2013. - 188 с.
38. Кожухотрубний теплообмінник: Методичні вказівки до виконання розрахункової частини курсового проекту з дисципліни “Теплотехнічні процеси та установки” для студентів усіх форм навчання спеціальності “Енергетичний менеджмент” /Укл. Т.О. Ринкова, В. П. Баб’як, В. І. Шкляр. – К.: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2005. - 50 с
39. Туз В.О. Утилізація теплоти відпрацьованих газів котлів в комбінованих тепло- і масообмінних апаратах/ В.О.Туз, Я.Є.Трокоз, Н.Л.Лебедь// Проблеми загальної енергетики. – 2011. – № 1(24) – С. 46 – 50
40. Федоров Д.О. Моделі прогнозування в енергетиці // Д.О.Федоров, В.О. Туз, С.В.Клевцов // ЕНЕРГЕТИКА: економіка, техніка, екологія. – 2021. – №1. – С.81-87 – DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.1.2021.242182>
41. Туз В.О. Використання особливостей процесів переносу при нагріві і випарному охолодженні плівки рідини на стадії проектування тепломасообмінних апаратів // В.О. Туз, Н.Л.Лебедь // Проблеми загальної енергетики. – 2014.- №4(39). – С.42-45
42. James E. McClellan III, Harold Dorn. Science and Technology in World History. Second Edition. Johns Hopkins university press, 2006. p.193
43. Battelle's Top 10 Strategic Technologies For 2020/ Electronic design. – Режим доступу: <http://electronicdesign.com/article/components/battelle-s-top-10-strategic-technologies-for-20201>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Енерго- і ресурсозбереження – це синтетична науково-практична діяльність, оскільки вона здійснюється на стику природничих, технічних, економічних і правових наук, а сфери застосування отриманих результатів є багатограними. Зокрема, при реалізації задач утилізації тепла від фахівця вимагається вміння вирішувати складні питання розробки (чи вибору і адаптації) теплоутилізаційних систем, їх виготовлення, монтажу і випробувань, експлуатації на об'єктах застосування, визначення показників енергоекономічної ефективності.

Тому програми з цієї дисципліни мають забезпечувати гармонійне поєднання: 1) базових лекційних занять, які супроводжуються значною кількістю ілюстрацій (конструкції, схеми, таблиці); 2) практичних занять, які розширюють і поглиблюють обсяг науково-технічної інформації, моделюють ситуації, наближені до реальних практичних умов щодо реалізації знань, знайомлять студентів з ефективними енергозберігаючими технологіями; 3) виконання індивідуальних завдань, що сприяють підвищенню кваліфікації і становленню фахівця.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
Розділ 1. Енергозбереження – важлива умова економічного розвитку держави	
1.	<p>Тема 1.1. Енергозбереження – пріоритетний напрям забезпечення енергетичної стратегії та енергетичної безпеки</p> <p>Лекція 1. Основні стратегічні завдання в сфері енергетичної безпеки. Фактори загрози енергетичній безпеці. Основні пріоритетні напрями енергетичної стратегії та забезпечення енергетичної безпеки, включаючи енергозбереження. Основні визначення та поняття в сфері енергозбереження. Актуальність і стратегія енергозбереження.</p> <p>Література: [1]с.1-2, [2]ч.1, [25], [26].</p> <p>Завдання на СРС. Вивчити та проаналізувати основні необхідні поняття, що вживаються в Законі України "Про енергозбереження" [1], [3], [5], [29], [30].</p>
2.	<p>Тема 1.2. Основні напрямки та потенціал енергозбереження</p> <p>Лекція 2. Ознаки класифікації напрямків діяльності в сфері енергозбереження. Заходи непрямого енергозбереження. Заходи прямого енергозбереження. Основні заходи з енергозбереження в енергетиці. Теоретичний потенціал енергозбереження. Технологічно доступний потенціал енергозбереження. Економічно доцільний потенціал енергозбереження. Кількісні оцінки потенціалу енергозбереження. Основні енергозберігаючі заходи в котельних установках і теплових мережах та їх ефективність.</p> <p>Література: [1]с.1-2, [2]гл.IV-VI, [8]гл.5, [29], [30].</p> <p>Завдання на СРС. Вивчити та проаналізувати показники ефективності впровадження основних енергозберігаючих заходів в системах генерації і передачі теплової енергії [8].</p>
3.	<p>Тема 1.3. Державне управління та регулювання в сфері енергозбереження</p> <p>Лекція 3. Короткий аналіз організації державного управління та регулювання в сфері енергозбереження в економічно розвинених країнах світу. Мета та основні положення Закону України "Про енергозбереження". Основні принципи державної політики в сфері енергозбереження. Об'єкти та суб'єкти правового регулювання в сфері енергозбереження. Державні програми з енергозбереження. Органи державного управління в сфері енергозбереження та їх основні завдання. Державна експертиза з енергозбереження. Державна стандартизація в сфері енергозбереження. Економічний механізм забезпечення енергозбереження.</p> <p>Література: [1] р.I-IV, [2] гл.VIII-IX, [29], [30].</p> <p>Завдання на СРС. Вивчити та проаналізувати основні державні стандарти України в сфері енергозбереження [3-5, 29-35].</p>
4.	<p>Тема 1.4. Управління енергоефективністю на рівні підприємства</p> <p>Лекція 4. Організація енергоменеджменту на підприємстві. Енергоаудит підприємства та методика його проведення. Структура енергоменеджменту підприємства.</p> <p>Література: [2]гл.XIV, [7], [31], [32].</p> <p>Завдання на СРС. Засвоїти типовий алгоритм проведення енергетичного аудиту на підприємстві.</p>
5.	<p>Тема 1.5. Утилізація тепла – один з найважливіших науково-технічних і організаційно-технологічних заходів з енергозбереження</p> <p>Лекція 5. Визначення утилізації теплоти. Класифікація теплових викидів за температурним рівнем. Причини значних резервів утилізації теплоти. Актуальність утилізації теплоти.</p>

	<p>Критерій оцінки доцільності та ефективності утилізації теплоти. Визначення та призначення теплоутилізаторів.</p> <p>Література: [2]гл.Х, [7], [25], .</p> <p>Завдання на СРС. Аналіз нормативно-технічних вимог до показників енергоефективності паливо- та енерговикористовуючого устаткування.</p>
<p>Розділ 2. Теплотехнічні основи забезпечення утилізації тепла</p>	
<p>6.</p>	<p>Тема 2.1. Теплообмінні апарати, їх класифікація та основні теплотехнічні характеристики</p> <p>Лекція 6. Ознаки класифікації теплообмінних апаратів. Класифікація за принципом дії (регулятори, регенератори, контактні апарати). Класифікація за взаємним напрямком руху теплоносіїв. Класифікація за типом взаємодіючих теплоносіїв. Класифікація за конструктивними ознаками. Основні теплотехнічні характеристики теплообмінників: конструктивні та енергетичні. Конструктивні характеристики: інтегральні та питомі (визначення та аналіз). Енергетичні характеристики: інтегральні та питомі (визначення та аналіз).</p> <p>Література: [9]р.5, [10]р.8, [11]р.1-2, [12]ч.1, [13]ч.3, [37].</p> <p>Завдання на СРС. Проаналізувати характеристики і методи інтенсифікації теплообміну в теплообмінниках при вимушеній конвекції однофазового теплоносія [8], [9], [20].</p>
<p>7.</p>	<p>Тема 2.2. Основи теплового розрахунку рекуперативних теплообмінників</p> <p>Лекція 7. Конструкторські та повірочні розрахунки теплообмінників. Цілі та завдання конструкторського і повірочного теплового розрахунку теплообмінників. Основні положення теплового розрахунку рекуператорів. Рівняння теплового балансу та його аналіз. Рівняння теплопередачі та його аналіз. Визначення та аналіз величини середнього температурного напору. Основні розрахункові залежності при конструкторському та повірочному тепловому розрахунку рекуператорів. Порівняння ефективності різних схем взаємного напрямку руху теплоносіїв.</p> <p>Література: [9]р.5, [10]р.8, [11]р.1-2, [12]ч.1, [13]ч.3, [16]гл.19, [17]гл.7, [36].</p> <p>Завдання на СРС. Проаналізувати характеристики і методи інтенсифікації теплообміну в теплообмінниках в умовах кипіння та конденсації теплоносіїв [12], [13], [24].</p>
<p>8.</p>	<p>Тема. 2.3. Особливості теплового розрахунку регенератора</p> <p>Лекція 8. Основні положення теплового розрахунку регенераторів. Визначення середнього коефіцієнта теплопередачі за період (цикл). Рекомендації по тепловому розрахунку регенеративних обертових повітропідігрівачів.</p> <p>Література: [20] гл.19, [21]гл.7, [36], [39]</p> <p>Завдання на СРС. Вивести формули для коефіцієнта теплопередачі за період (цикл) на основі вирішення системи рівнянь.</p>
<p>9.</p>	<p>Тема 2.4. Основи теплового розрахунку контактних теплообмінників</p> <p>Лекція 9. Переваги та недоліки контактних теплообмінників в порівнянні з поверхневими. Характерні конструктивні особливості контактних теплообмінників "газ-рідина". Основні термодинамічні характеристики тепловологісного стану вологого газу в контактних теплообмінниках. Основні закономірності процесів в контактних теплообмінниках "газ-рідина". Основні закономірності теплового розрахунку контактних теплообмінників.</p> <p>Література: [14]гл.3-4, [15]гл.1-2, [25]гл.4, [41].</p> <p>Завдання на СРС. Проаналізувати характеристики інтенсивності тепломасопереносу в контактних теплообмінниках "газ-рідина" [15].</p>

10.	<p>Тема 2.5. Особливості конденсаційного режиму роботи теплоутилізаторів</p> <p>Лекція 10. Сухий та конденсаційний режими роботи теплоутилізаторів вологих газових потоків. Фактори, що впливають на ефект конденсаційного режиму. Основні термодинамічні характеристики процесу глибокої утилізації теплоти викидних продуктів спалювання природного газу. Проблеми, що виникають при здійсненні глибокої утилізації теплоти парогазових потоків.</p> <p>Література: [11]гл.1-2, [21]гл.4.</p> <p>Завдання на СРС. Визначити (розрахунково) температуру точки роси продуктів спалювання метану для коефіцієнта надлишку повітря в викидних газах $\alpha=1,0$; $\alpha=1,2$; $\alpha=1,4$.</p>
11.	<p>Тема 2.6. Теплообмінники з проміжним теплоносієм. Основи теорії теплообмінників на основі високоефективних теплопередаючих елементів - теплових труб</p> <p>Лекція 11. Принципова схема теплообмінників з проміжним теплоносієм та їх основні теплотехнічні характеристики. Переваги та недоліки теплообмінників з проміжним теплоносієм. Теплообмінники на основі теплопередаючих пристроїв випарувально-конденсаційного типу (теплових труб). Загальна інформація про теплові труби (принцип дії, основні конструктивні елементи, призначення, достоїнства, класифікація, застосування, основні теплофізичні та фізико-хімічні процеси в них). Основи теорії теплообмінників на теплових трубах (теплова схема, принципи роботи, особливості процесів теплопередачі в них, порівняльна оцінка їх теплотехнічних характеристик з характеристиками традиційних рекуператорів). Основні положення теплового розрахунку теплообмінників на теплових трубах.</p> <p>Література: [14]гл.1,7, [38].</p> <p>Завдання на СРС. Вивчити та проаналізувати фактори, що обмежують теплопередаючу здатність теплових труб [14].</p> <p><u>Модульна контрольна робота. Частина I.</u></p>
12.	<p>Тема 2.7. Гідро- і аеромеханічні розрахунки теплообмінних апаратів</p> <p>Лекція 12. Основне завдання гідро (аеро) механічного розрахунку – визначення сумарного перепаду тиску. Опір тертя та його визначення. Місцевий опір та його визначення. Опір, пов'язаний з прискоренням потоку, та його визначення. Опір самотяги та його визначення. Визначення потужності для прокачування теплоносія в теплообмінному обладнанні. Вибір засобу для прокачування теплоносія в теплообмінному обладнанні.</p> <p>Література: [16]гл.20, [19]гл.8-9, [20]р.1, [36]</p> <p>Завдання на СРС. Вивести формулу для визначення опору самотяги.</p>
<p>Розділ 3. Практична реалізація систем утилізації тепла на паливо- та енерговикористовуючому обладнанні</p>	
13.	<p>Тема 3.1. Основні вимоги до розробки, виготовлення та експлуатації теплоутилізаторів</p> <p>Лекція 13. Основні загальні вимоги до теплоутилізаційної систем. Основні вимоги до технічного рівня та якості теплоутилізаційних установок. Визначення та аналіз основних стадій комплексу робіт з практичної реалізації систем утилізації теплоти на паливо- та енерговикористовуючому обладнанні (13 стадій).</p> <p>Література: [34].</p> <p>Завдання на СРС. Вивчити та проаналізувати вимоги ДСТУ 3635-98.</p>
14.	<p>Тема 3.2. Теплоутилізатори - водопідігрівачі</p> <p>Лекція 14. Класифікація теплоутилізаторів-водопідігрівачів. Характеристика чавунних</p>

	<p>ребрих водопідігрівачів. Характеристика змійовикових водопідігрівачів. Характеристика водотрубних водопідігрівачів. Характеристика газотрубних водопідігрівачів. Характеристика контактних теплоутилізаторів "газ-вода". Захист димових труб. Кожухотрубчаті теплоутилізатори "вода-вода". Спіральні теплоутилізатори "вода-вода". Водопідігрівачі "труба в трубі". Характеристика пластинчастих теплоутилізаторів "вода-вода".</p> <p>Література: [9]р.5, [10]р.8, [11]р.1-2, [12]ч.1, [13]ч.3, [14]гл.3-4, [15]гл.1-2, [21]р.9, [23]гл.2, [24]гл.3-4, [25]гл.4.</p> <p>Завдання на СРС. Аналіз особливостей процесів теплообміну і гідродинаміки в пластинчастих теплообмінниках "вода-вода".</p>
15.	<p>Тема 3.3. Теплоутилізатори-повітропідігрівачі</p> <p>Лекція 15. Класифікація теплоутилізаторів-повітропідігрівачів. Характеристика рекуперативних трубчатих теплоутилізаторів "газ-повітря". Характеристика теплоутилізаторів "газ-повітря" з проміжним теплоносієм. Характеристика пластинчастих теплоутилізаторів "газ-повітря". Характеристика регенеративних обертових теплоутилізаторів "газ-повітря".</p> <p>Література: [9]р.5, [10]р.8, [11]р.1-2, [12]ч.1, [13]ч.3, [21]р.9, [23]гл.2.</p> <p>Завдання на СРС. Систематизація і аналіз заходів з недопущення низькотемпературної корозії теплообмінних поверхонь.</p>
16.	<p>Тема 3.4. Теплоутилізатори на теплових трубах</p> <p>Лекція 16. Призначення теплоутилізаторів на теплових трубах. Типові конструктивні рішення. Теплотехнічні особливості та переваги теплоутилізаторів на теплових трубах. Експлуатаційні переваги теплоутилізаторів на теплових трубах. Досвід розробки та впровадження теплоутилізаторів на теплових трубах.</p> <p>Література: [18]гл.7, [26].</p> <p>Завдання на СРС. Систематизація і аналіз теплофізичних та експлуатаційних переваг теплоутилізаторів на теплових трубах.</p>
17.	<p>Тема 3.5. Застосування теплових насосів для утилізації низькопотенційної теплоти</p> <p>Лекція 16. Актуальність застосування теплових насосів. Принцип дії теплового насосу і основні конструктивні рішення. Основна термодинамічна характеристика теплового насосу. Приклади застосування теплових насосів в системах тепlopостачання (включення теплонасосної установки в теплофікаційну схему ТЕЦ, теплофікаційні теплонасосні станції, тепловий насос в схемі утилізації теплоти викидних димових газів котла, тепловий насос в схемі тепlopостачання багатоповерхового житлового будинку. Приклади застосування теплових насосів в сушінні.</p> <p>Література: [12]гл.5, [27]гл.1,3,5.</p> <p>Завдання на СРС. Вивчити та проаналізувати принцип дії і напрями застосування абсорбційного теплового насоса.</p>
18.	<p>Тема 3.6. Сучасний стан і шляхи удосконалення теплоенергетичних технологій</p> <p>Лекція 17. Стан і шляхи підвищення енергоефективності паротурбінних теплоенергетичних технологій (основні напрямки розвитку, сучасні зарубіжні досягнення і стан в Україні, енергоблоки підвищеної ефективності, додатковий відбір теплоти від енергоблоків, модернізація газомазутних енергоблоків, когенерація.</p> <p>Стан і шляхи підвищення енергоефективності парогазових теплоенергетичних технологій (бінарні ПГУ на природному газі, бінарні ПГУ на вугіллі, монарні ПГУ з додатковою</p>

	<p>утилізацією теплоти).</p> <p>Підвищення ефективності спалювання низькоякісних палив. Енергозберігаючі комплекси на основі перепаду тиску на газопроводах. Енергетичні підприємства майбутнього.</p> <p>Література: [3], [4], [5], [25]гл.5, [32], [33], [34], [35], [36].</p> <p>Завдання на СРС. Проаналізувати науково-технічні заходи для підвищення енергоефективності в малій енергетиці [18], [21].</p>
--	--

Розділ 4. Енергоекономічна ефективність енергозберігаючих заходів

19.	<p>Тема 4.1. Характеристики енергозберігаючого ефекту</p> <p>Лекція 18. Основні показники ступеня енергоефективності (на рівні національної економіки, підприємства, енергетичної або технологічної установки, процесу перетворення та використання енергії).</p> <p>Визначення та аналіз характеристик енергозберігаючого ефекту від утилізації теплоти на паливо- та енерговикористовуючому обладнанні (утилізований тепловий потік, підвищення коефіцієнта корисної дії, зменшення витрати палива, зменшення питомих витрат палива, коефіцієнт утилізації теплоти).</p>
20.	<p>Тема 4.2. Визначення економічної ефективності від впровадження енергозберігаючих заходів</p> <p>Лекція 18. Економічний ефект енергозбереження. Основний критерій оцінки економічної ефективності енергозберігаючих заходів. Фактори позитивного та негативного впливу на прибуток підприємства при проведенні енергозберігаючих заходів. Визначення та аналіз складових величини збільшення прибутку від впровадження енергозберігаючих заходів. Визначення та аналіз величини терміну окупності енергозберігаючих заходів. Розгляд на конкретному прикладі основних положень техніко-економічного обґрунтування оснащення котла теплоутилізатором-повітропідігрівачем.</p> <p>Література: [8]гл.1,5,7, [32], [33], [35].</p> <p>Завдання на СРС. Використання вторинних енергоресурсів [4]гл.7</p> <p><u>Модульна контрольна робота. Частина II.</u></p>

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
Розділ 1. Енергозбереження – важлива умова економічного розвитку держави	
1.	<p>Заняття 1. Державне управління та регулювання в сфері енергозбереження.</p> <p>Роль енергозбереження в енергозабезпеченні економіки України. Комплексна державна програма енергозбереження України та хід її виконання. Органи державного управління в сфері енергозбереження, їх основні функції, завдання та результати діяльності.</p> <p>Література: [1]р.I-IV, [2]гл.VIII-IX, [25], [26].</p> <p>Завдання на СРС. Вивчити та проаналізувати основні державні стандарти України в сфері енергозбереження [25-31].</p>
2.	<p>Заняття 2. Експертиза та фінансово-економічне забезпечення енергозберігаючих проектів.</p> <p>Державна експертиза з енергозбереження. Способи та методи фінансового забезпечення та економічного стимулювання енергозберігаючих проектів.</p> <p>Література: [1]р.I-IV, [2]гл.VIII-IX, [25], [26].</p>

	Завдання на СРС. Вивчити та проаналізувати основні державні стандарти України в сфері енергозбереження [25-31].
3.	<p>Заняття 3. Управління енергоефективністю на рівні підприємства.</p> <p>Організація енергетичних обстежень підприємств. Практичний досвід управління енергоефективністю на підприємствах України. Досвід проведення аудиту теплоенергетичних систем на підприємствах України.</p> <p>Література: [2]гл.XIV, [3], [27], [28].</p> <p>Завдання на СРС. Засвоїти типовий алгоритм проведення енергетичного аудиту на підприємстві.</p>
Розділ 2. Теплотехнічні основи забезпечення утилізації тепла	
4.	<p>Заняття 4. Актуальні питання забезпечення теплотехнічної ефективності теплоутилізаторів.</p> <p>Характеристики та методи інтенсифікації теплообмінних процесів в теплообмінниках при вимушеній конвекції однофазного теплоносія. Характеристики та методи інтенсифікації теплообмінних процесів в теплообмінниках в умовах кипіння та конденсації теплоносіїв. Визначення гідро-аеродинамічного опору при поперечному омиванні пучків труб. Визначення повного необхідного тиску та вибір засобу для прокачування теплоносія в теплообмінному обладнанні.</p> <p>Література: [5]р.5, [6]р.8, [7]р.1-2, [8]ч.1, [9]ч.3, [12]гл.19, [13]гл.7.</p> <p>Завдання на СРС. Проаналізувати характеристики і методи інтенсифікації теплообміну в теплообмінниках при вимушеній конвекції однофазового теплоносія [8], [9], [20]. Проаналізувати характеристики і методи інтенсифікації теплообміну в теплообмінниках в умовах кипіння та конденсації теплоносіїв [8], [9], [20].</p>
Розділ 3. Практична реалізація систем утилізації тепла на паливо- та енерговикористовуючому обладнанні	
5.	<p>Заняття 5. Енергозберігаюче теплообмінне обладнання.</p> <p>Кожухотрубчаті та спіральні теплообмінники (призначення, конструкції, експлуатація). Теплові акумулятори (призначення, типи, конструкції, характеристики, застосування). Способи компенсації лінійних розширень конструктивних елементів теплообмінників - утилізаторів. Сучасні енергоефективні розробки в галузі опалювальної техніки.</p> <p>Література: [5-10], [15], [24].</p> <p>Завдання на СРС. Систематизація і аналіз теплофізичних та експлуатаційних переваг теплоутилізаторів на теплових трубах.</p>
6.	<p>Заняття 6. Сучасні енергозберігаючі технології.</p> <p>Когенераційні технології в енергопостачанні. Ефективність застосування перетворювачів частоти для приводів засобів прокачування. Теплові насоси та їх застосування.</p> <p>Література: [23], [37, 38].</p> <p>Завдання на СРС. Вивчити та проаналізувати принцип дії і напрями застосування абсорбційного теплового насоса.</p>
7.	<p>Заняття 7. Сучасні енергозберігаючі технології.</p> <p>Біоенергетика та перспективи її розвитку. Газові радіаційні нагрівачі для опалення і технологічних цілей. Монарні ПГУ і підвищення їх ефективності.</p> <p>Література: [2, 3].</p> <p>Завдання на СРС. Вивчити та проаналізувати характеристики і конструкції твердопаливних</p>

	котлів.
8.	<p>Заняття 8. Результати впровадження ефективної системи утилізації теплоти на енергетичному об'єкті.</p> <p>Ознайомлення з конструктивними параметрами, компоновочними рішеннями та аналіз теплотехнічних характеристик системи утилізації теплоти викидних газів на основі теплових труб на діючому котлі одного з підприємств м. Києва.</p> <p>Література: [14], [22].</p> <p>Завдання на СРС. Вивчити та проаналізувати достоїнства і переваги теплообмінників на теплових трубах.</p>
9.	<p>Заняття 9. Алгоритм комплексу робіт із впровадження систем утилізації тепла.</p> <p>Практичне відпрацювання основних положень комплексу робіт з розробки та впровадження теплоутилізатора для конкретного об'єкта застосування.</p>

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання
1.	Основні необхідні поняття, що вживаються в Законі України "Про енергозбереження" [1], [25], [26].
2.	Показники ефективності впровадження основних енергозберігаючих заходів в системах генерації і передачі теплової енергії [4].
3.	Основні державні стандарти України в сфері енергозбереження [25-31].
4.	Типовий алгоритм проведення енергетичного аудиту на підприємстві.
5.	Нормативно-технічні вимоги до показників енергоефективності паливо- та енерговикористовуючого устаткування.
6.	Характеристики і методи інтенсифікації теплообміну в теплообмінниках при вимушеній конвекції однофазового теплоносія [8], [9], [20].
7.	Характеристики і методи інтенсифікації теплообміну в теплообмінниках в умовах кипіння та конденсації теплоносіїв [8], [9], [20].
8.	Формули для коефіцієнта теплопередачі за період (цикл) на основі вирішення системи рівнянь.
9.	Характеристики інтенсивності тепломасопереносу в контактних теплообмінниках "газ-рідина" [11].
10.	Розрахункове визначення температури точки роси продуктів спалювання метану для коефіцієнта надлишку повітря в викидних газах $\alpha=1,0$; $\alpha=1,2$; $\alpha=1,4$.
11.	Фактори, що обмежують теплопередаючу здатність теплових труб [14].
12.	Визначення опору самотяги.
13.	Вимоги ДСТУ 3635-98.
14.	Особливості процесів теплообміну і гідродинаміки в пластинчастих теплообмінниках "вода-вода".
15.	Заходи з недопущення низькотемпературної корозії теплообмінних поверхонь.
16.	Теплофізичні та експлуатаційні переваги теплоутилізаторів на теплових трубах.

17.	Принцип дії і напрями застосування абсорбційного теплового насоса.
18.	Науково-технічні заходи для підвищення енергоефективності в малій енергетиці [18], [21].
19.	Використання вторинних енергоресурсів [4] гл.7

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- обов'язкове відвідування лекцій, а також готовність відповідей при опитуванні;
- необхідне виконання таких вимог: активність, підготовка коротких доповідей чи текстів, відключення мобільних телефонів; відповідно до завдання викладача використання засобів зв'язку для пошуку інформації в Інтернеті;
- заохочувальні бали надаються у відповідності до «системи оцінювання результатів», штрафні бали є засобом протидії плагіату та несамотійному виконанню робіт;
- політика дедлайнів та перескладань полягає у виконанні поточних модульних робіт і реферату до початку сесії;
- політика щодо академічної доброчесності відповідає загальним положенням, прийнятим у «КПІ ім. Сікорського» (детальніше: <https://kpi.ua/code>);
- політика навчальної дисципліни спрямована на розвиток індивідуальних здібностей в напрямку набуття компетентностей щодо впровадження енергозберігаючих заходів в енергетиці, а також в напрямку розширення сфер застосування отриманих знань, умінь і досвіду;
- за бажанням студентів, допускається вивчення матеріалу за допомогою онлайн-курсів за тематикою, яка відповідає тематиці конкретних занять.

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

Передбачено наступні види контролю знань студента з дисципліни:

- відповіді на лекційних та практичних заняттях;
- виконання завдань СРС;
- виконання МКР (дві частини);
- виконання екзаменаційної роботи при виконанні умов допуску.

При цьому, кінцевий рейтинг студента з кредитного модуля становить максимум 100 балів, з них 50 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- відповіді на лекційних або практичних заняттях;
- виконання завдань СРС;
- виконання двох частин МКР;

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

Робота на заняттях (відповіді)

Ваговий бал — 5. Максимальна кількість балів студента на всіх заняттях: $r_1 = 5 \text{ балів} \times 2 = 10$ балів.

Критерії оцінювання:

5 балів — повна вірна відповідь на поставлене запитання; 4 бали — відповідь має несуттєві помилки; 3 бали — неповна відповідь; 2 бали — наявність несуттєвих помилок в неповній відповіді, 1 бал — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді, 0 балів — відсутність відповіді.

Виконання СРС

Ваговий бал — 1. Максимальна кількість балів студента за 20 завдань (завдання СРС видаються після лекції, строк задачі завдання – не пізніше ніж наступне лекційне заняття): $r_2 = 1 \text{ бали} \times 20 = 20$ балів. Виконане завдання надається викладачу у вигляді конспекту, виконання завдань СРС обов'язкове.

Критерії оцінювання: 1 бал — в повному об'ємі і вчасно надане завдання; 0 балів — не вчасно надане завдання.

Штрафні бали: несвоєчасне представлення виконаного завдання СРС без поважної причини (хвороба) — 0,5 балу.

Модульна контрольна робота (МКР)

Проводиться дві частини МКР. Ваговий бал кожної частини — 10. Максимальна кількість балів за МКР дорівнює $r_3=2 \times 10 = 20$ балів.

Критерії оцінювання:

10 балів — повна вірна відповідь на завдання; 8..9 бали — відповідь має несуттєві помилки; 5..7 бали — неповна відповідь; 3..4 бали — неповна відповідь з несуттєвими недоліками; 0...2 балів — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді, МКР не зараховано.

Виконання екзаменаційної роботи.

Екзамен проводиться у письмовій формі. Екзаменаційна робота складається з трьох теоретичних питань (перше – 20 балів, друге та третє - по 15 балів). Тобто, максимальна кількість балів за виконану екзаменаційну роботу: $r_4=15+10+10 = 50$ балів.

Критерії оцінювання:

Кожне питання залікової роботи оцінюється згідно до системи оцінювання:

правильне раціональне рішення, або повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 10 (14..15) балів;

достатньо повна відповідь, правильне рішення (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 8...9 (11...13) балів;

неповна відповідь, рішення з помилками (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 4...7 (8...11) балів;

незадовільна відповідь, або відсутність рішення (менше 60% потрібної інформації та помилки) – менше 3 (8) балів.

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (R_D):

Сума вагових балів стартового рейтингу в семестрі (стартовий рейтинг) складає:

$$R_C = r_1 + r_2 + r_3$$

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

Максимально можливий рейтинг: $R_C = 10 + 20 + 20 = 50$ балів.

Необхідною умовою допуску до виконання екзаменаційної роботи є позитивна оцінка з виконання всіх завдань СРС, та кількість балів за семестр не менше 25.

Студенти, які набрали в семестрі рейтинг з дисципліни менше, ніж 25 балів або не виконали умов допуску на екзамен, зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до заліку з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість.

Екзаменаційна складова R_3 шкали дорівнює: $R_3 = 50$ балів

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

$$R_D = R_C + R_3 = 50 + 50 = 100 \text{ балів.}$$

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають право і можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами (детальніше: https://osvita.kpi.ua/2020_7-170 , https://document.kpi.ua/files/2020_7-170.pdf).

Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (детальніше: https://kpi.ua/files/honorcode_2021.pdf).

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

1. Дистанційне навчання:

В умовах дистанційного режиму організація освітнього процесу здійснюється з використанням технологій дистанційного навчання: платформи дистанційного навчання «Сікорський» та «Електронний кампус». Навчальний процес у дистанційному режимі здійснюється відповідно до затвердженого розкладу навчальних занять. Заняття проходять з використанням сучасних ресурсів проведення онлайн-зустрічей (організація відео-конференцій на платформі zoom).

2. Навчання в умовах правового режиму воєнного стану:

– передбачає проведення усіх видів занять дистанційно (з використанням синхронної або асинхронної моделі освітньої взаємодії), у відповідності до Регламенту організації освітнього процесу в дистанційному режимі та Положення про дистанційне навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського;

– кінцеві терміни виконання індивідуальних завдань і завдань самостійної роботи переносяться на кінець семестру (з обов'язковим виконанням і захистом);

– у рейтингову систему оцінювання вносяться зміни стосовно нарахування штрафних балів за не своєчасне виконання завдань: штрафні бали не нараховуються.

3. Для студентів існує можливість зарахування (у вигляді додаткових балів до рейтингу до 20 балів):

- сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за тематикою дисципліни;
- сертифікатів, які підтверджують участь у науково–практичних і наукових конференціях за тематикою дисципліни;
- публікація статті у науковому журналі за тематикою дисципліни.

Додаток 1

Список питань на екзамен

1. Актуальність та стратегія енергозбереження.
2. Основні визначення та поняття у сфері енергозбереження.
3. Основні напрями енергозбереження.
4. Заходи непрямого та прямого енергозбереження.
5. Потенціал енергозбереження.
6. Основні енергозберігаючі заходи у котельних установках та теплових мережах та їх ефективність.

7. Основні положення Закону України "Про енергозбереження".
 8. Державне управління з енергозбереження України.
 9. Державна експертиза у сфері енергозбереження.
 10. Державна стандартизація у сфері енергозбереження.
 11. Способи та методи фінансового забезпечення енергозберігаючих проектів.
 12. Управління енергоефективністю лише на рівні підприємства. Структура енергоменеджменту підприємства
 13. Енергоаудит підприємства.
 14. Утилізація теплоти – один із найважливіших енергозберігаючих заходів. Актуальність та критерії оцінки доцільності та ефективності утилізації теплоти.
 15. Характеристики енергозберігаючого ефекту.
 16. Показники енергозберігаючого ефекту від утилізації теплоти.
 17. Визначення економічної ефективності від запровадження енергозберігаючих заходів.
- Інші питання
18. Класифікація теплообмінних апаратів та його основні конструктивні характеристики.
 19. Енергетичні характеристики теплообмінних апаратів.
 20. Основні положення та закономірності конструкторського теплового розрахунку рекуператорів.
 21. Основні положення та закономірності перевірного теплового розрахунку рекуператорів.
 22. Особливості теплового розрахунку регенераторів.
 23. Загальна характеристика контактних теплообмінників "газ-рідина".
 24. Основні термодинамічні характеристики тепловлажностного стану вологого газу контактних теплообмінниках.
 25. Основні закономірності процесів у контактних теплообмінниках "газ-рідина".
 26. Основні закономірності теплового розрахунку контактних теплообмінників.
 27. Особливості конденсаційного режиму роботи теплоутилізаторів.
 28. Температура точки роси вологих газів та її визначення.
 29. Особливості та основні характеристики теплообмінників із проміжним однофазним теплоносієм.
 30. Основи теорії теплообмінників на термічних трубах.
 31. Особливості процесів теплопередачі у теплообмінниках на теплових трубах.
 32. Основні положення та закономірності гідро- та аеромеханічних розрахунків теплообмінних апаратів.
 33. Визначення потужності для прокачування теплоносія у теплообмінному устаткуванні.
 34. Вибір засобу для прокачування теплоносія у теплообмінному устаткуванні.
- Треті питання
35. Основні вимоги до розробки, виготовлення та експлуатації теплоутилізаторів.
 36. Характеристика рекуперативних теплоутилізаторів "газ-вода" (чавунні ребристі та змієвікові).
 37. Характеристика рекуперативних теплоутилізаторів "газ-вода" (водотрубні та газотрубні).
 38. Характеристика контактних теплоутилізаторів "газ-вода". Захист димових труб.
 39. Характеристика рекуперативних теплоутилізаторів "вода-вода" (кожухотрубчасті, спіральні, труба в трубі).
 40. Характеристика рекуперативних теплоутилізаторів "вода-вода" (пластинчасті).
 41. Характеристика рекуперативних трубчастих теплоутилізаторів "газ-повітря".
 42. Характеристика рекуперативних теплоутилізаторів "газ-повітря" (з проміжним теплоносієм та пластинчасті).
 43. Характеристика регенеративних обертових теплоутилізаторів "газ-повітря".
 44. Характеристика теплоутилізаторів на теплових трубах.
 45. Використання теплових насосів для утилізації низькопотенційної теплоти.
 46. Сучасний стан та шляхи підвищення енергоефективності паротурбінних теплоенергетичних технологій.
 47. Енергоблоки підвищеної ефективності.

48. Сучасний стан та шляхи підвищення енергоефективності парогазових теплоенергетичних технологій.
49. Когенераційні технології у енергопостачанні.
50. Підвищення ефективності спалювання низькоякісного палива.
51. Енергозберігаючі комплекси на основі утилізації перепаду тиску на газопроводах.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри *Саф'янцем Артемом Сергійовичем*,

Ухвалено: кафедрою АЕС і ІТФ (протокол № 15/а від 30.06. 2022 р.)

Погоджено: Методичною комісією ТЕФ (протокол № 9 від 30. 06. 2022 р.)