



ЕНЕРГО- І РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕНЕРГЕТИЦІ

Робоча програма навчальної дисципліни (силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>G Інженерія, виробництво та будівництво</i>
Спеціальність	<i>G4 Енерговиробництво</i>
Спеціалізація	<i>G4.02 Теплоенергетика</i>
Освітня програма	Інженерія енергогенеруючого обладнання та системи термостабілізації
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 кредитів / 120 годин / 30 год лекцій, 14 год практичних занять, 76 год СРС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	залік, модульна контрольна робота, реферат
Розклад занять	http://roz.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент, Новаківський Євген Валерійович, 067 798 10 37, enovakivsky@gmail.com Практичні / Семінарські: к.т.н., доцент, Новаківський Євген Валерійович, 067 798 10 37, enovakivsky@gmail.com
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua , https://drive.google.com/drive

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 Переддипломна практика, Дипломне проектування.

3. Зміст навчальної дисципліни

Найменування розділів і тем
Розділ 1. Енергозбереження – як частина сталого розвитку
Тема 1.1. Основні поняття сталого розвитку, та місце енергозбереження в розвитку суспільства .
Тема 1.2. Глобальне потепління та зміни клімату.
Тема 1.3. Помякшення змін клімату : проблеми та рішення.
Тема 1.4. Державне управління та регулювання в сфері енергозбереження.
Тема 1.5. Управління енергоефективністю на рівні підприємства.
Розділ 2. Джерела енергії.
Тема 2.1. Вископні палива.
Тема 2.2. Вторинні джерела енергії.
Тема 2.3. Нетрадиційні джерела енергії
2.4 Рекуперація теплоти на промислових підприємствах. Точка Пінча
2.5 Енергозабезпечення та енергозбереження на комерційних об'єктах.
2.6 Техніко-економічні основи комбінованого енергозабезпечення промислових об'єктів.
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. Теплообмінники для утилізації та отримання низькопотенційної теплоти.
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. Энергозбереження - 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. Энергозбереження 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.
7. Основи енергоефективності: навчально-методичний посібник для ПТНЗ /Задорожна І.П. – Львів – 2011 / с.78
8. Гічов Ю.О. Вторинні енергоресурси промислових підприємств. Частина І: Конспект лекцій: Дніпропетровськ: НМетАУ, 2012. – 56 с

Додаткова література:

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

22. Бекман Г., Гилли П. Тепловое аккумуляирование энергии. - М.: Мир, 1987.
23. ДСТУ 2339-94. Енергозбереження. Основні положення - Київ, Держстандарт України, 1994.
24. ДСТУ 2420-94. Енергозбереження. Терміни та визначення - Київ, Держстандарт України, 1994.
25. ДСТУ 2804-94. Енергобаланс промислового підприємства. Загальні положення. Терміни та визначення - Київ, Держстандарт України, 1994.
26. ДСТУ 3682-98. Енергозбереження. Повна енергоемність продукції, робіт і послуг. Методи визначення. - Київ, Держстандарт України, 1998.
27. ДСТУ 3755-98. Енергозбереження. Номенклатура показників енергоефективності та порядок її внесення в нормативну документацію. - Київ, Держстандарт України, 1998.
28. ДСТУ 3635-98. Енергозбереження. Установка теплоутилізаційні. Загальні технічні вимоги. - Київ, Держстандарт України, 1998.
29. ДСТУ 2155-93. Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів з енергозбереження. - Київ, Держстандарт України, 1993.
30. 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
31. Петренко В.П. Теплотехнологічні процеси та установки/ В.П. Петренко / - К. НУХТ, 2013. - 188 с.
32. 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
33. 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
34. 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>
35. 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
36. James E. McClellan III, Harold Dorn. Science and Technology in World History. Second Edition. Johns Hopkins university press, 2006. p.193
37. 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>

Інформаційні ресурси:

1. Кампус <http://login.kpi.ua>.
2. Науково-технічна бібліотека КПІ ім. Ігоря Сікорського <http://library.kpi.ua>.

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 – як частина сталого розвитку	
1.	Тема 1.1. Основні поняття сталого розвитку, та місце енергозбереження в розвитку суспільства Лекція 1. Основні поняття сталого розвитку та місце енерго- і ресурсозбереження. Основні пріоритетні напрями енергетичної стратегії та забезпечення енергетичної безпеки, включаючи енергозбереження. Основні визначення та поняття в сфері енергозбереження. Актуальність і стратегія енергозбереження.
2.	Тема 1.2. Глобальне потепління та зміни клімату. Тема 1.3. Помякшення змін клімату : проблеми та рішення. Лекція 2. Причини зміни клімату та основні наслідки. Основні заходи для зменшення впливу на навколишнє середовище.
3.	Тема 1.4. Державне управління та регулювання в сфері енергозбереження. Тема 1.5. Управління енергоефективністю на рівні підприємства. Лекція 3 Короткий аналіз організації державного управління та регулювання в сфері енергозбереження в економічно розвинених країнах світу. 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.
Розділ 2. Джерела енергії.	
4.	Тема 2.1. Основні традиційні методи вироблення тепла та електроенергії. Лекція 4 Основні проблеми та напрями енергозбереження та енергоефективності при виробленні тепла та електроенергії. Роздільне вироблення тепла та електроенергії. Комбіноване вироблення тепла та електроенергії. Коефіцієнт використання палива. Методи підвищення використання
5.	Тема 2.2. Високі палива. Основні втрати при використанні палив. Лекція 5 Основні традиційні джерела енергії які застосовуються при виробленні тепла та електроенергії в енергетиці та промисловості. Енергоефективність при спалюванні вугілля, газу, мазуту та торфу, уран. Питома вартість тепла від різних джерел енергії. Методи підвищення ефективності використання органічних палив
6.	Тема 2.3. Вторинні джерела енергії. Лекція 6 Скидне тепло від промислових об'єктів. Скидне тепло від газових турбін. Методи утилізації

	скидного тепла для отримання тепла та електроенергії. Котли утилізаторі. Установки на ОСР циклі.
7.	Тема 2.4 Відновлювані джерела енергії Лекція 7 Основні види відновлювальних джерел енергії. Основні проблеми використання відновлюваних джерел енергії в порівнянні з традиційними джерелами енергії. Сумісна робота відновлюваних джерел енергії з традиційними джерелами енергії
8.	Лекція 8 Енергія Сонця. Теплові сонячні колектори. Будова сонячних колекторів плоского та вакуумного типу. Принципові схеми систем теплозабезпечення а базі теплових сонячних колекторів. Фотоенергетика. Принцип дії фотоелементів -р-n-перехід. Мережеві фотостанції. Зелений тариф. Мережеві фотостанції для власних потреб. Автономні фотостанції, їх будова. <u>Модульна контрольна робота. Частина I.</u>
9.	Лекція 9 Принцип дії теплових насосів. Робочі тіла теплових насосів. Техіко-економічні показники роботи холодильних та теплонасосних машин. Сумісний виробіток тепла та холода
10.	Тема 2.4 Рекуперація теплоти на промислових підприємствах. Точка Пінча Лекція 10 Тепло та холодо забезпечення промислових підприємств. Температурний потенціал тепло та холодо забезпечення. Максимальний потенціал енергозбереження, теплові потоки, Точка Пінча.
11.	Тема 2.5 Енергозабезпечення та енергозбереження на комерційних об'єктах. Лекція 11 Баланс теплового навантаження тепло та холодо забезпечення комерційних підприємств. Джерела тепло та електропостачання комерційних підприємств. Оцінка потенціалу та можливості енергозбереження. 2.6 Техіко-економічні основи комбінованого енергозабезпечення промислових об'єктів. Питома вартість теплоти та електроенергії від різних джерел енергії. Залежність вартості та кількості енергії від різного обладнання в залежності від кліматичних умов для різного типу обладнання. Визначення терміну окупності впровадження різних типів джерел енергії
Розділ 3. Практична реалізація систем утилізації тепла на паливо- та енерговикористовуючому обладнанні	
12.	Тема 3.1. Основні вимоги до розробки, виготовлення та експлуатації теплоутилізаторів Лекція 12. 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).
13.	Тема 3.2. Теплоутилізатори - водопідігрівачі Лекція 13. Класифікація теплоутилізаторів-водопідігрівачів. Характеристика чавунних ребристих 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". Тема 3.3. Теплоутилізатори-повітропідігрівачі 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".

14.	Тема 3.5. Застосування теплових насосів для утилізації низькопотенційної теплоти Лекція 14. Актуальність застосування теплових насосів. Принцип дії теплового насосу і основні конструктивні рішення. Основна термодинамічна характеристика теплового насосу. Приклади застосування теплових насосів в системах теплопостачання (включення теплонасосної установки в теплофікаційну схему ТЕЦ, теплофікаційні теплонасосні станції, тепловий насос в схемі утилізації теплоти викидних димових газів котла, тепловий насос в схемі теплопостачання багатоповерхового житлового будинку. Тема 3.4. Теплоутилізатори на теплових трубах 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.
Розділ 4. Енергоекономічна ефективність енергозберігаючих заходів	
15.	Тема 4.1. Характеристики енергозберігаючого ефекту Тема 4.2. Визначення економічної ефективності від впровадження енергозберігаючих заходів Лекція 15. 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). 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. <u>Модульна контрольна робота. Частина II.</u>

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.	Заняття 1. Державне управління та регулювання в сфері енергозбереження. 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.
Розділ 2. Джерела енергії.	
2.	Заняття 2. Аналіз роботи парових та парогазових блоків. Методи підвищення ККД блоку.
3.	Заняття 3. Управління енергоефективністю на рівні підприємства. Організація енергетичних обстежень підприємств. Практичний досвід управління енергоефективністю на підприємствах України. Досвід проведення аудиту теплоенергетичних систем на підприємствах України.
4.	Заняття 4. Аналіз роботи котельного обладнання. Методи підвищення ефективності.
5.	Заняття 5. Утилізація теплоти скидного тепла. Аналіз потенціалу скидного тепла димових газів. 2 години.

6.	Заняття 6. Аналіз роботи теплонасосного обладнання. Економічні показники теплонасосного та холодильного обладнання.
7.	Заняття 7. Утилізація скидного тепла на базі органічного циклу Ренкіна. 2 години.
8.	Заняття 8, 9 Аналіз роботи відновлюваних джерел енергії. Кліматичні бази. Нормативні документи. Техніко-економічне порівняння традиційних джерел з відновлюваними джерелами енергії . 4 години.

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
2.	Показники ефективності впровадження основних енергозберігаючих заходів в системах генерації і передачі теплової енергії [4].	2
3.	Основні державні стандарти України в сфері енергозбереження [25-31].	2
4.	Типовий алгоритм проведення енергетичного аудиту на підприємстві.	2
5.	Нормативно-технічні вимоги до показників енергоефективності паливо- та енерговикористовуючого устаткування.	2
6.	Характеристики і методи інтенсифікації теплообміну в теплообмінниках при вимушеній конвекції однофазового теплоносія [8], [9], [20].	2
7.	Характеристики і методи інтенсифікації теплообміну в теплообмінниках в умовах кипіння та конденсації теплоносіїв [8], [9], [20].	2
8.	Формули для коефіцієнта теплопередачі за період (цикл) на основі вирішення системи рівнянь.	2
9.	Характеристики інтенсивності тепломасопереносу в контактних теплообмінниках "газ-рідина" [11].	2
10.	Теплофізичні властивості повітря. Id -діаграма.	2
11.	Розрахункове визначення температури точки роси продуктів спалювання метану для коефіцієнта надлишку повітря в викидних газах $\alpha=1,0$; $\alpha=1,2$; $\alpha=1,4$.	2
12.	Фактори, що обмежують теплопередаючу здатність теплових труб [14].	2
13.	Теплофізичні властивості тепло- та холодо носіїв .	2
14.	Теплофізичні властивості неорганічних та органічних робочих тіл.	2
15.	Вимоги ДСТУ 3635-98.	2
16.	Особливості процесів теплообміну і гідродинаміки в пластинчастих теплообмінниках "вода-вода".	2
17.	МКР	4
18.	Реферат	30
19.	Залік	6
20.	Всього	76

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- 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)

Види контролю знань студента з дисципліни:

- виконання та захист практичних робіт;
- виконання МКР;
- календарний контроль (проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог PCO);
- відповідь на заліку.

За результатами навчальної роботи за перші 6 тижнів «ідеальний студент» має набрати 38 балів. На першій атестації (7-й тиждень) студент отримує «атестовано», якщо його поточний рейтинг не менше 18 балів.

За результатами 12 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 72 балів. На другій атестації

- (13-й тиждень) студент отримує «атестовано», якщо його поточний рейтинг не 36.

Рейтинг з дисципліни враховує роботу студента продовж семестру та рівень знань і навичок, виявлених ним на заліку.

Рейтинг з дисципліни формується як сума балів, нарахованих студенту за:

- відповіді на лекційних та практичних заняттях;
- виконання МКР (дві частини);
- захист практичних робіт;
- підготовка та захист реферату;

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

Відповіді на лекційних та практичних заняттях (Рлпр):

Ваговий бал — 5. Максимальна кількість балів студента на всіх заняттях: $r1=5 \text{ балів} \times 2 = 10 \text{ балів}$.

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 -підготовка та захист реферату (Рреф):

Ваговий бал — $R_{реф} = 30$. Критерії оцінювання:

Захист реферату це підготовка презентації та прилюдний захист:

Підготовка реферату та презентації. Реферат має повну інформацію та чітко відображена в презентації (не менше 90% потрібної інформації) – 27-30 балів;

Підготовка реферату та презентації. Реферат має достатньо інформації та достатньо чітко відображена в презентації (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 20-26 балів;

неповна відповідь, рішення з помилками (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 15-19 балів;

незадовільна підготовка реферату, або відсутність його (менше 60% потрібної інформації та помилки) – менше 15 балів.

Модульна контрольна робота (МКР) (R_{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 та захист практичних робіт (R_{пр}):

Ваговий бал — 8. Максимальна кількість балів студента: $r_{1пр} = 8 \text{ бали} \times 5 = 40$ балів.

Критерії оцінювання:

Виконане завдання надається викладачу на перевірку у електронному вигляді (формат xls або xlsx) , виконання практичних робіт обов'язкове.

Критерії оцінювання: **7-8 бали** — практична виконана в повному об'ємі, здана та захищена викладачу, **5-6 бали** — практична виконана не в повному об'ємі, здана та захищена викладачу, **2-4 бал** — практична виконана не в повному об'ємі задовільно захищена .

— Не захищена практична робота **0 балів**.

Максимальна кількість балів $R = R_{пр} + R_{лпр} + R_{мкр} + R_{реф} = 40 + 10 + 20 + 30 + 20 = 100$ балів.

Заохочувальні бали

— участь у наукових та/або науково-практичних конференціях, семінарах, симпозіумах за тематикою

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: виконані та захищені практичні роботи, здачі реферату, виконання МКР та загальний бал за всі види робіт не менше 25 балів.

До заліку допускаються студенти, які за результатами поточного контролю набрали не менше 25 балів. За результатами заліку студент може набрати 60 балів.

В разі підвищення оцінки застосовується «м'яка» РСО — здобувач отримує більшу з оцінок, що отримані за результатами залікової контрольної роботи або за рейтингом

Студенти виконують і захищають залікову роботу, яка складається з трьох теоретичних питань.

Залік проводиться в усній формі. Перелік питань наведений у додатку до силабусу дисципліни. Два питання оцінюються по 17 балів третє 14,. Тобто, максимальна кількість балів за виконану залікову роботу: $R_3 = 17 \times 2 + 20 + 14 = 50$ балів.

Критерії оцінювання:

Кожне питання залікової роботи оцінюється згідно до системи оцінювання:

— правильне раціональне рішення, або повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 16-17 (13-14) балів;

— достатньо повна відповідь, правильне рішення (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 12-15 балів (10-12);

— неповна відповідь, рішення з помилками (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 8—11 (7-9) балів;

— незадовільна відповідь, або відсутність рішення (менше 60% потрібної інформації та помилки) – менше 8 (7) балів.

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (R_D):

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

$$R_c = R_{np} + R_{лпp} + R_z = 10 + 40 + 50 = 100 \text{ балів},$$

Необхідною умовою допуску до заліку є позитивна оцінка з виконання всіх завдань СРС та стартовий рейтинг не менше $0,25 \times R_c = 25$ балів.

Якщо в продовж семестру студент отримав більше 60 балів, він має право отримати оцінку «автоматом» згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою (див. нижче).

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

Залікова складова R_z шкали дорівнює: $R_z = 50$ балів (не враховуються бали з МКР та реферат (СРС))

Якщо студент бажає підвищити свій заліковий бал отриманий за семестр, він складає залік. Здобувач отримує оцінку за результатами залікової контрольної роботи, при цьому рейтингові бали анулюються окрім балів за індивідуальне завдання.

Таким чином, максимальна кількість балів при здачі заліку (у стартовій складовій не враховуються бали за модульні контрольні) за рейтинговою шкалою з дисципліни складає

$$R_D = R_c + R_z = 50 + 50 = 100 \text{ балів}.$$

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

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 залік

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.
7. Основні енергозберігаючі заходи у на енергетичних блоках.
7. Основні положення Закону України "Про енергозбереження".
8. Державне управління з енергозбереження України.
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 перевірконого теплового розрахунку рекуператорів.
22. Особливості теплового розрахунку регенераторів.
23. Загальна характеристика контактних теплообмінників "газ-рідина".
24. Основні термодинамічні характеристики тепловлажностного стану вологого газу контактних теплообмінників.
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 змійовікові).
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.
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.

Додаток №2

Список питань до МКР Частина №1

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.
7. Основні енергозберігаючі заходи у на енергетичних блоках.
7. Основні положення Закону України "Про енергозбереження".
8. Державне управління з енергозбереження України.
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.

Частина №2

21. Основні положення та закономірності перевірконого теплового розрахунку рекуператорів.
 22. Особливості теплового розрахунку регенераторів.
 23. Загальна характеристика контактних теплообмінників "газ-рідина".
 24. Основні термодинамічні характеристики тепловлажностного стану вологого газу контактних теплообмінників.
 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 змійовікові).
 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).

Додаток №3

Теми рефератів

1. Аналіз втрат тепла через вихлопні гази котла та методи їх мінімізації. (Детальний розбір причин, розрахунки, методи утилізації теплоти, вибір оптимальних режимів)
2. Оптимізація режимів горіння палива в котлі для мінімізації втрат з механічним та хімічним недопалом. (Вплив коефіцієнта надлишку повітря, якості підготовки палива, конструкції пальника).
3. Сучасні методи очищення поверхонь нагріву котлів від забруднень для підвищення теплопередачі. (Хімічні, механічні, пневматичні, ультразвукові методи, порівняльна ефективність).
4. Енергозберігаючі технології водопідготовки для котельних установок. (Мінімізація втрат тепла з продувкою, оптимізація хімічного режиму, використання альтернативних методів очищення).
5. Впровадження частотного регулювання приводів допоміжних механізмів котельних агрегатів (дутьові вентилятори, дімососи, живильні насоси). (Розрахунок економії електроенергії, вибір обладнання).
6. Можливості утилізації вторинних енергоресурсів котельних (ВЕР): використання теплоти продувки, конденсату, скидних вод. (Технічні рішення, теплові схеми, економічна доцільність).
7. Підвищення енергоефективності котельних шляхом вдосконалення теплової ізоляції. (Аналіз стану ізоляції, вибір сучасних матеріалів, методика розрахунку оптимальної товщини, оцінка втрат).

8. Аналіз та оптимізація теплових схем котельних з урахуванням змінних навантажень. (Моделювання режимів роботи, вибір оптимальної кількості працюючих агрегатів, використання байпасів).
9. Енергоаудит котельної установки: методика проведення, аналіз результатів, розробка енергозберігаючих заходів. (Практичний кейс на основі реальних або модельних даних).
10. Вплив якості палива на енергоефективність роботи котла та шляхи адаптації обладнання. (Аналіз при роботі на альтернативних або некондиційних паливах, методи стабілізації горіння).
11. Системи автоматизованого управління технологічним процесом (АСУ ТП) котельних як інструмент енергозбереження. (Алгоритми оптимізації, адаптивне регулювання, прогнозування навантажень).
12. Комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (КТЕ) на базі котельних: технології, переваги, енергозберігаючий ефект. (ПГУ на базі котлів-утилізаторів, парові турбіни з протитиском, оцінка ефективності).
13. Інтеграція відновлюваних джерел енергії (сонячні колектори, теплові насоси) з традиційними котельними установками. (Схеми включення, режими спільної роботи, економічний ефект).
14. Енергозберігаючі заходи при проектуванні нових та реконструкції існуючих котельних. (Використання сучасних конструкцій поверхонь нагріву, ефективних горелок, систем рекуперації).
15. Нормативно-правове забезпечення енергозбереження в котельній галузі України. (Аналіз вимог законодавства, стандартів (ДСТУ, ISO 50001), системи енергетичного менеджменту)

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри *Новаківським Євгеном Валерійвичем*,

Ухвалено: кафедрою АЕ (протокол № 26 від 23.06. 2025 р.)

Погоджено: Методичною комісією НН ІАТЕ (протокол № 9 від 27. 06. 2025 р.)

