



Допоміжні системи котлів і реакторів

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>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити, 120 годин: 54 години лекції, 66 самостійна робота</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	http://roz.kpi.ua/
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н, Філатов Володимир Іванович</i> , vladimirfilat55@gmail.com Практичні / Семінарські: <i>не передбачено</i> Лабораторні: <i>не передбачено</i>
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua , https://campus.kpi.ua

Програма навчальної дисципліни

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

Предмет навчальної дисципліни

Галузь енергетичного машинобудування пов'язана з процесами та пристроями виробництва електричної енергії на атомних та теплових електростанціях. Для надійної та безпечної роботи основного обладнання електростанцій (реакторів, парових котлів, турбін) використовують спеціальне допоміжне обладнання – насоси, вентилятори, димососи, компресори, золоуловлювачі, електрофільтри та ін. Саме правильний вибір та вміння розраховувати допоміжне обладнання визначає витрати на власні потреби при роботі основного обладнання та корисний ККД виробництва електричної енергії. Таким чином, надійна та економічна робота допоміжного обладнання неможлива без досконалого розуміння закономірностей протікання процесів в ньому, вміння проводити розрахунки та створювати відповідні конструкції.

Предмет дисципліни – конструкції допоміжного обладнання електростанцій: насосів, вентиляторів, димососів, золоуловлювачів, процеси які протікають в них, основи розрахунків та вибору допоміжного обладнання електростанцій.

При вивченні курсу «Допоміжні системи котлів і реакторів» студент має: 1) отримати основні поняття про принципи роботи допоміжного обладнання ТЕС і АЕС; 2) опанувати основи теорії лопатевих машин – відцентрових та осьових насосів та основ їх розрахунку; 3) розраховувати та обирати допоміжне обладнання ТЕС і АЕС: насоси, вентилятори, димососи, золоуловлювачі і т.д.; 4) Вирішувати різноманітні проблеми, які зустрічаються на практиці при експлуатації допоміжного обладнання.

Метою навчальної дисципліни є формування здатностей (компетентностей):

- Здатність аналізувати, оцінювати та застосовувати науково-технічну інформацію в галузі енергетичного машинобудування (ФК-4).

- *Здатність приймати ефективні рішення з виробництва і експлуатації енергетичного та теплотехнологічного обладнання з урахуванням вимог щодо якості, екологічності, надійності, конкурентноздатності та охорони праці (ФК-7).*

У результаті вивчення курсу «Допоміжні системи котлів і реакторів» студенти набувають наступних результатів у навчанні:

- *Розробляти і реалізовувати проекти у галузі енергетичного машинобудування та пов'язані з нею міждисциплінарні проекти з урахуванням технічних, економічних, правових, соціальних та екологічних аспектів (ПРН-4).*
- *Формулювати та вирішувати інноваційні задачі галузі енергетичного машинобудування з урахуванням вимог до результатів, технічних стандартів, а також нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, інтелектуальна власність, навколишнє середовище, економіка і виробництво) аспектів (ПРН-9).*

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

Курс є базовим для вивчення студентами освітньої програми «Інженерія і комп'ютерні технології теплоенергетичних систем». На результатах вивчення дисципліни базується дисципліна: Допоміжні системи котлів і реакторів. Курсовий проект

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Допоміжне устаткування котельних і реакторних установок.

Тема 1.1. Допоміжне устаткування котельних і реакторних установок. Принципи дії та основні класи насосів і компресорів.

Допоміжне устаткування котельних установок на ТЕС. Основні елементи допоміжного устаткування: насоси, компресори, вакуумні насоси. Принципи дії та основні класи насосів і компресорів.

Розділ 2. Основи теорії лопатевих відцентрових машин.

Тема 2.1. Основні положення та визначення, що характеризують роботу відцентрових машин.

Продуктивність машин або подача. Тиск, що розвивається насосом. Напір насосу. Корисна питома робота машини. Питома робота машини. Корисна потужність машини. Потужність машини. К.к.д. машини. К.к.д. установки. Характеристики гідравлічних машин (насосів).

Тема 2.2. Основи теорії лопатевих відцентрових машин.

Схема відцентрової машини. Діаграма швидкостей потоку рідини на вході та виході із каналів колеса. Основне рівняння лопатевих машин (рівняння Ейлера). Вплив скінченного числа лопатів на напір. Вплив на напір вихідного кута β_2 .

Тема 2.3. Втрати енергії при роботі відцентрових машин. Коефіцієнти корисної дії. Гідравлічні втрати. Об'ємні втрати. Механічні втрати енергії. Коефіцієнти корисної дії.

Тема 2.4. Характеристики вентиляторів.

Аеродинамічні характеристики. Безрозмірні аеродинамічні характеристики. Коефіцієнти: витрати, тисків, потужності. Вентилятори, що виконані за одною аеродинамічною схемою.

Тема 2.5. Умови та закони подібності для лопатевих машин.

Геометрична подібність. Кінематична подібність. Динамічна подібність. Подібність за кавітацією. Закони подібності для лопатевих машин. Питома частота обертання і коефіцієнт швидкохідності. Параметри роботи відцентрових вентиляторів.

Тема 2.6. Регулювання насосів. Нестійка робота насосу.

Регулювання дроселюванням. Регулювання подачі зміненням частоти обертання валу машини. Регулювання зміненням кута установки лопатів робочого колеса. Нестійка робота насосу. Помпаж.

Тема 2.7. Кавітація.

Кавітація. Кавітаційні характеристики та критерії кавітації. Критерії кавітації: Руднева, Інституту гідромашинобудування. Вплив температури, щільності та в'язкості на кавітаційний запас насосу. Заходи по відверненню або ослабленню кавітації.

Тема 2.8. Осьова сила у відцентровому насосі. Засоби врівноваження осьової сили на валу відцентрового насосу.

Осьова сила у відцентровому насосі. Засоби врівноважування осьової сили на валу відцентрового насосу.

Тема 2.9. Корпус насосу. Кожух вентилятора.

Корпус насосу. Схеми підводів та відводів відцентрових насосів. Форми перерізів спірального відводу. Кожух вентилятора.

Розділ 3. Осьові насоси і вентилятори.

Тема 3.1. Будова осьових насосів. Пряма плоска решітка профілів. Будова осьового вентилятора. Методи підвищення напору, що створюється осьовим вентилятором.

Будова осьових насосів. Рівняння Ейлера для осьового насосу. Пряма плоска решітка профілів. Геометричні і гідродинамічні параметри профілю та решітки профілів. Сили, що діють на профіль у решітці. Застосування осьових насосів. Будова осьового вентилятора. Схеми осьових вентиляторів. Застосування осьових вентиляторів.

Розділ 4. Тягодуттьові установки.

Тема 4.1. Схеми газоповітряного тракту котлів. Вибір тягодуттьових машин.

Схеми газоповітряного тракту котлів. Типи тягодуттьових машин. Відцентрові вентилятори, що застосовуються в якості ТДМ. Робота відцентрових машин на запиленому потоці. Регулювання вентиляторів та димососів. Осьовий спрямовуючий апарат. Конструкції вентиляторів та димососів. Ходова частина вентиляторів і димососів. Компоновка тягодуттьових машин. Дійсний об'єм димових газів у димососа. Сумарний опір газового тракту. Дійсний об'єм повітря, що подається дуттьовим вентилятором. Опір повітряного тракту. Розрахункова продуктивність і розрахунковий тиск тягодуттьової машини.

Розділ 5. Золоуловлювання.

Тема 5.1. Основи золоуловлювання. Механічні (інерційні) золоуловлювачі.

Ступінь уловлювання золи. Ступінь проскакування. Концентрація золи у димових газах. Розрахункова витрата палива. Механічні (інерційні) золоуловлювачі: сухий циклонний, батарейний циклон, мокрий циклонний.

Тема 5.2. Електрофільтри. Очищення димових газів від сірчистого ангідриду SO₂. Димові труби.

Електрофільтри. Очищення димових газів від сірчистого ангідриду SO₂. Димові труби. Вибір обладнання та компоновка тракту відхідних газів.

Розділ 6. Шлакозоловидалення (ШЗВ).

Тема 6.1. Класифікація систем ШЗВ. Системи гідравлічного ШЗВ. Системи пневматичного ШЗВ. Елементи ШЗВ.

Системи ШЗВ: гідравлічні, пневматичні, пневмогідравлічні, механічні, ручні. Вимоги до систем ШЗВ. Шлакозливні шахти і ванни. Золозливні і золоспускні пристрої. Шлакозолові канали. Гідроапарат, багерний і шламовий насоси.

Розділ 7. Розрахунки на міцність елементів котлоагрегата з урахуванням температурних навантажень та тиску.

Тема 7.1. Розрахунки на міцність під дією температурних навантажень та тиску.

Тема 7.2. Поняття термічної втоми. Тепловий удар. Вплив температури та радіації на механічні характеристики матеріалів.

Тема 7.3. Розрахунки на міцність з урахуванням повзучості матеріалу. Поняття повзучості матеріалу та релаксації напружень.

Тема 7.4. Рівняння кривих повзучості. Залежності мінімальної швидкості деформацій повзучості від напружень та температури.

Тема 7.5. Функціональні залежності між напруженнями, деформаціями (швидкостями деформацій) та часом за основними гіпотезами повзучості. Руйнування матеріалу внаслідок повзучості.

Тема 7.6. Розрахунок товстостінних труб. Розрахунок циліндрів та тонкостінних труб під дією внутрішнього тиску.

Тема 7.7. Температурні напруження в трубах.

Тема 7.8. Проектувальний розрахунок складених циліндрів. Перевірочний розрахунок складених циліндрів.

Тема 7.9. Розрахунок циліндричних барабанів. Розрахунки на міцність колекторів екранів.

Тема 7.10. Розрахунки колін. Розрахунки змійовиків.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова (підручники, навчальні посібники) література

1. Ніколова Р.О. Гідравлічні та аеродинамічні машини : Навчальний посібник .- Одеса , ОДАБА. 2006. – 210 с.

2. Мандрус В.І. Гідравлічні та аеродинамічні машини (Насоси, вентилятори, газодуви, компресори) : підручник. Львів : Магнолія, 2006. – 340 с.

3. Степанов Д.В., Корженко Є.С., Боднар Л.А. Котельні установки промислових підприємств.: Навчальний посібник. – Вінниця : Внту, 2011. – 120 с.

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

4. Конструювання і розрахунок елементів тонкостінних посудин та апаратів, які знаходяться під зовнішніми навантаженнями [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв» / І. А. Андреев; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 6,65 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 121 с.

Допоміжна література

5. Парогенераторы: Учебник для вузов / А.П. Ковалев, Н.С. Лелеев, Т.В. Виленский; Под общ. ред. А.П. Ковалева. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 376 с., ил.

6. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 416 с., ил.

7. Поляков В.В., Скворцов Л.С. Насосы и вентиляторы. – М.: Стройиздат, 1990. –336 с., ил.

8. Малюшенко В.В., Михайлов А.К. Энергетические насосы: Справочное пособие. – М.: Энергоиздат, 1981. – 200 с., ил.

9. Яценко Я.В. Вспомогательное оборудование котельных установок. – К.: НТУУ "КПИ", 2009. – 344с., ил.

10. Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Котельные установки промышленных предприятий: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 528 с., ил.
11. Вентиляторы и дымоходы котельных установок. Справочник/ Н.Л. Лане, В.В. Семов, В.А. Яковенко; Под ред. Е.Э. Гильде. – Санкт – Петербург.: НПО ЦКТИ, 1993. – 216с., ил..
12. Роддатис К.Ф. Котельные установки. – М.: "Энергия", 1977. – 432 с., ил.
13. Гусев Ю.Л. Основы проектирования котельных установок. – М.: Из-во литературы по строительству, 1973.– 248 с., ил.
14. Рихтер Л.А. Тепловые электрические станции и защита атмосферы.– М.: "Энергия", 1975.– 312 с., ил.
15. Виленский Е.В. Расчет систем золоулавливания и шлакозолоудаления.– М.– Л.: "Энергия", 1964.– 200 с., ил.
16. Теория горения и топочные устройства/ Д.М. Хзмалян, Я.А. Каган; Под ред. Д.М. Хзмаляна. – М.: Энергия, 1976 – 488 с., ил.
17. Рихтер Л.А. и др. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций.– М.: Энергоатомиздат, 1987.– 216с., ил.
18. Справочник по пыли –и золоулавливаю/ Под ред. А.А. Русанова. – М.: 1983.– 312 с., ил.
19. Биргер И.А., Балашов Б.Ф. Прочность материалов и деталей газотурбинных двигателей.-М.: Машиностроение, 1981.-222 с.
20. ОСТ 108.031.08-85. Котлы стационарные и трубопроводы пара и горячей воды. Нормы расчета на прочность. Общие положения по обоснованию толщины стенки.
21. ОСТ 108.031.09-85. Котлы стационарные и трубопроводы пара и горячей воды. Нормы расчета на прочность. Методы определения толщины стенки.
22. ОСТ 108.031.10-85. Котлы стационарные и трубопроводы пара и горячей воды. Нормы расчета на прочность. Определение коэффициентов прочности.
23. Писаренко Г.С., Можаровский Н.С. Уравнения и краевые задачи теории пластичности и ползучести.-К.: Наук. думка, 1981.- 496 с.
24. Прочность материалов и элементов конструкций в экстремальных условиях: в 2 т./ Под общ.ред. Писаренко Г.С.-К.: Наук. думка,1980.-Т.1 535с., Т.2 771с.
25. Серенсен С.В., Когаев В.В., Шнейдерович Р.М. Несущая способность и расчеты на прочность деталей машин,-М,: Машиностроение, 1975.-488 с.

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)
Розділ 1. Допоміжне устаткування котельних і реакторних установок.	
1.	<p>Тема 1.1. Допоміжне устаткування котельних і реакторних установок. Принципи дії та основні класи насосів і компресорів.</p> <p>Лекція 1. Допоміжне устаткування котельних установок на ТЕС. Принципи дії та основні класи насосів і компресорів.</p> <p>Перелік основних питань. Допоміжне устаткування котельних установок на ТЕС.Основні елементи допоміжного устаткування: насоси, компресори, вакуумнасоси. Принципи дії та основні класи насосів і компресорів.</p> <p>Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.</p> <p>Література основна: [1], [2].</p> <p>Завдання на СРС: Класифікація насосів: за властивостями рідини, що перекачується; за призначенням; за конструктивними ознаками</p>

Розділ 2. Основи теорії лопатевих відцентрових машин.

2.	<p><i>Тема 2.1. Основні положення та визначення, що характеризують роботу відцентрових машин.</i></p> <p><i>Лекція 2. Основні положення та визначення, що характеризують роботу машин.</i></p> <p><i>Перелік основних питань. Продуктивність машин або подача. Тиск, що розвивається насосом. Напір насосу. Корисна питома робота машини. Питома робота машини. Корисна потужність машини. Потужність машини. К.к.д. машини. К.к.д. установки. Характеристики гідравлічних машин (насосів).</i></p> <p><i>Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.</i></p> <p><i>Література основна: [2]</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Основні параметри насосів та їх характеристики.</i></p>
3.	<p><i>Тема 2.2. Основи теорії лопатевих відцентрових машин.</i></p> <p><i>Лекція 3. Основи теорії лопатевих відцентрових машин.</i></p> <p><i>Перелік основних питань. Схема відцентрової машини. Діаграма швидкостей потоку рідини на вході та виході із каналів колеса. Основне рівняння лопатевих машин (рівняння Ейлера).</i></p> <p><i>Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.</i></p> <p><i>Література основна: [1, 2]</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Теоретичний і дійсний напори насосу.</i></p> <p><i>Лекція 4. Вплив скінченного числа лопатів на напір. Вплив на напір вихідного кута β_2.</i></p> <p><i>Перелік основних питань. Вплив скінченного числа лопатів на напір. Вплив на напір вихідного кута β_2.</i></p> <p><i>Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.</i></p> <p><i>Література основна: [2].</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Типи лопатів робочого колеса.</i></p>
4.	<p><i>Тема 2.3. Втрати енергії при роботі відцентрових машин. Коефіцієнти корисної дії.</i></p> <p><i>Лекція 5. Втрати енергії. Коефіцієнти корисної дії.</i></p> <p><i>Перелік основних питань. Гідравлічні втрати. Об'ємні втрати. Механічні втрати енергії. Коефіцієнти корисної дії.</i></p> <p><i>Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.</i></p> <p><i>Література основна: [2]</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Потужність. Коефіцієнти корисної дії (літ. основна: [4]).</i></p>
5.	<p><i>Тема 2.4. Характеристики вентиляторів.</i></p> <p><i>Лекція 6. Характеристики вентиляторів.</i></p> <p><i>Перелік основних питань. Аеродинамічні характеристики. Безрозмірні аеродинамічні характеристики. Коефіцієнти: витрати, тисків, потужності. Вентилятори, що виконані за одною аеродинамічною схемою.</i></p> <p><i>Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.</i></p> <p><i>Література основна: [2];</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Дійсна та повна характеристика вентилятора.</i></p>
6.	<p><i>Тема 2.5. Умови та закони подібності для лопатевих машин.</i></p> <p><i>Лекція 7. Умови та закони подібності для лопатевих машин.</i></p> <p><i>Перелік основних питань. Геометрична подібність. Кінематична подібність.</i></p>

	<p><i>Динамічна подібність. Подібність за кавітацією. Закони подібності для лопатевих машин. Питома частота обертання і коефіцієнт швидкохідності. Параметри роботи відцентрових вентиляторів</i></p> <p><i>Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.</i></p> <p><i>Література основна: [2].</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Подібність лопатевих машин..</i></p>
7.	<p><i>Тема 2.6. Регулювання насосів. Нестійка робота насосу.</i></p> <p><i>Лекція 8. Регулювання насосів та вентиляторів. Нестійка робота насосу. Помпаж.</i></p> <p><i>Перелік основних питань. Регулювання дроселюванням. Регулювання подачі змінням частоти обертання валу машини. Регулювання змінням кута установки лопатів робочого колеса. Нестійка робота насосу. Помпаж.</i></p> <p><i>Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.</i></p> <p><i>Література основна: [2]..</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Регулювання поворотними напрямними лопатями на вході в робоче колесо..</i></p>
8.	<p><i>Тема 2.7. Кавітація.</i></p> <p><i>Лекція 9. Кавітація.</i></p> <p><i>Перелік основних питань. Кавітація. Кавітаційні характеристики та критерії кавітації. Критерії кавітації: Руднева, Інституту гідромашинобудування. Вплив температури, щільності та в'язкості на кавітаційний запас насосу. Заходи по відверненню або ослабленню кавітації.</i></p> <p><i>Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.</i></p> <p><i>Література основна: [2].</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Кавітаційні характеристики та критерії кавітації (літ. основна [2]; [4].</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Засоби врівноважування осьової сили на валу відцентрового насосу</i></p>
9.	<p><i>Лекція 10. Осьова сила у відцентровому насосі. Засоби врівноваження осьової сили на валу відцентрового насосу.</i></p> <p><i>Перелік основних питань. Осьова сила у відцентровому насосі. Засоби врівноважування осьової сили на валу відцентрового насосу.</i></p> <p><i>Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.</i></p> <p><i>Література основна: [1, 2]</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Засоби врівноважування осьової сили на валу відцентрового насосу.</i></p>
10	<p><i>Тема 2.9. Корпус насосу. Кожух вентилятора.</i></p> <p><i>Лекція 11. Корпус насосу. Кожух вентилятора.</i></p> <p><i>Перелік основних питань. Корпус насосу. Схеми підводів та відводів відцентрових насосів. Форми перерізів спірального відводу. Кожух вентилятора.</i></p> <p><i>Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.</i></p> <p><i>Література основна: [1].</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Підвідні та відвідні пристрої насосів. Конструкції відцентрових насосів.</i></p>
<p><i>Розділ 3. Осьові насоси і вентилятори.</i></p>	

11	<p><i>Тема 3.1. Будова осьових насосів. Пряма плоска решітка профілів. Будова осьового вентилятора. Методи підвищення напору, що створюється осьовим вентилятором.</i></p> <p><i>Лекція 12. Будова осьових насосів. Пряма плоска решітка профілів. Будова осьового вентилятора. Застосування осьових насосів та осьових вентиляторів.</i></p> <p><i>Перелік основних питань.Будова осьових насосів.Рівняння Ейлера для осьового насосу. Пряма плоска решітка профілів. Геометричні і гідродинамічні параметри профіля та решітки профілів. Сили, що діють на профіль у решітці. Застосування осьових насосів. Будова осьового вентилятора. Схеми осьових вентиляторів. Застосуванняосьових вентиляторів.</i></p> <p><i>Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.</i></p> <p><i>Література основна: [2].</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Конструкції осьових насосів і вентиляторів.</i></p>
<p><i>Розділ 4. Тягодуттьові установки.</i></p>	
12	<p><i>Тема 4.1. Схеми газоповітряного тракту котлів. Вибір тягодуттьових машин.</i></p> <p><i>Лекція 13. Схеми газоповітряного тракту котлів. Типи тягодуттьових машин.</i></p> <p><i>Перелік основних питань.Схеми газоповітряного тракту котлів. Типи тягодуттьових машин. Відцентрові вентилятори, що застосовуються в якості ТДМ. Робота відцентрових машин на запиленому потоці.</i></p> <p><i>Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.</i></p> <p><i>Література основна: [1, 2].</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Абразивне зношення димососів.</i></p> <p><i>Лекція 14.Регулювання вентиляторів та димососів. Конструкції вентиляторів та димососів. Компоновка тягодуттьових машин.</i></p> <p><i>Перелік основних питань.Регулювання вентиляторів та димососів. Осьовий спрямовуючий апарат. Конструкції вентиляторів та димососів. Ходова частина вентиляторів і димососів. Компоновка тягодуттьових машин.</i></p> <p><i>Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.</i></p> <p><i>Література основна: [1, 2].</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Тягодуттьові вентилятори ТЕС (літ. основна [2]).</i></p> <p><i>Лекція 15. Вибір тяго дуттьових машин для схеми газоповітряного тракту з урівноваженою тягою та дуттям.</i></p> <p><i>Перелік основних питань.Дійсний об'єм димових газів у димососа. Сумарний опір газового тракту. Дійсний об'єм повітря, що подається дуттьовим вентилятором. Опір повітряного тракту. Розрахункова продуктивність і розрахунковий тиск тягодуттьові машини.</i></p> <p><i>Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.</i></p> <p><i>Література основна: [1]/.</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Методика аеродинамічних розрахунків газового та повітряного трактів котельних установок.</i></p> <p><i><u>Модульна контрольна робота – Частина 1</u></i></p>
<p><i>Розділ 5.Золоуловлювання.</i></p>	
13	<p><i>Тема 5.1. Основи золоуловлювання.Механічні (інерційні) золоуловлювачі.</i></p> <p><i>Лекція 16. Основи золоуловлювання. Механічні (інерційні) золоуловлювачі.</i></p> <p><i>Перелік основних питань.Ступінь уловлювання золи. Ступінь проскакування.</i></p>

	<p>Концентрація золи у димових газах. Розрахункова витрата палива. Механічні (інерційні) золоуловлювачі: сухий циклонний, батарейний циклон, мокрий циклонний.</p> <p>Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.</p> <p>Література основна: [1], с. 36 – 58; [11], с. 11 – 43, с. 65 – 84.</p> <p>Завдання на СРС: Мокрі циклонні золоуловлювачі (літ. основна [5], с. 265 – 268); [11], с. 65 – 84).</p>
14	<p>Тема 5.2. Електрофільтри. Очищення димових газів від сірчистого ангідриду SO₂. Димові труби.</p> <p>Лекція 17. Електрофільтри. Очищення димових газів від сірчистого ангідриду SO₂. Димові труби.</p> <p>Перелік основних питань. Електрофільтри. Очищення димових газів від сірчистого ангідриду SO₂. Димові труби. Вибір обладнання та компоновка тракту відхідних газів.</p> <p>Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.</p> <p>Література основна: [3].</p> <p>Завдання на СРС: Вибір обладнання та компоновка тракту відхідних газів..</p>
<p>Розділ 6. Шлакозоловидалення (ШЗВ).</p>	
15	<p>Тема 6.1. Класифікація систем ШЗВ. Системи гідравлічного ШЗВ. Системи пневматичного ШЗВ. Елементи ШЗВ.</p> <p>Лекція 18. Класифікація систем ШЗВ. Системи гідравлічного ШЗВ. Системи пневматичного ШЗВ. Елементи ШЗВ.</p> <p>Перелік основних питань. Системи ШЗВ: гідравлічні, пневматичні, пневмогідравлічні, механічні, ручні. Вимоги до систем ШЗВ. Шлакозмівні шахти і ванни. Золозмівні і золопускні пристрої. Шлакозолові канали. Гідроапарат, багерний і шламований насоси.</p> <p>Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора.</p> <p>Література основна: [3].</p> <p>Завдання на СРС: Шлакозолопроводи (пульпопроводи) для подачі шлака і золи на золо відвал.</p>
<p>Розділ 7. Розрахунки на міцність елементів котлоагрегата з урахуванням температурних навантажень та тиску.</p>	
16	<p>Тема 7.1. Розрахунки на міцність під дією температурних навантажень та тиску.</p> <p>Лекція 19. Розрахунки на міцність під дією температурних навантажень та тиску.</p> <p>Література: [4]</p> <p>Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора.</p> <p>Завдання на СРС: Особливості розрахунку ПК різної паропроодуктивності</p>
17	<p>Тема 7.2. Поняття термічної втоми. Тепловий удар. Вплив температури та радіації на механічні характеристики метеріалів.</p> <p>Лекція 20. Поняття термічної втоми. Тепловий удар. Вплив температури та радіації на механічні характеристики метеріалів.</p> <p>Література: [4], с 232-305;</p> <p>Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора.</p> <p>Завдання на СРС: Види навантаження елементів ПК</p>

18	<p>Тема 7.3. Розрахунки на міцність з урахуванням повзучості матеріалу. Поняття повзучості матеріалу та релаксації напружень.</p> <p>Лекція 21. Розрахунки на міцність з урахуванням повзучості матеріалу. Поняття повзучості матеріалу та релаксації напружень.</p> <p>Література: [4]</p> <p>Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора.</p> <p>Завдання на СРС: повзучість в елементах ПК</p>
19	<p>Тема 7.4. Рівняння кривих повзучості. Залежності мінімальної швидкості деформацій повзучості від напружень та температури.</p> <p>Лекція 22. Рівняння кривих повзучості. Залежності мінімальної швидкості деформацій повзучості від напружень та температури.</p> <p>Література: [4]</p> <p>Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора.</p> <p>Завдання на СРС: Розрахунок за рівняннями кривих повзучості елементів ПК</p>
20	<p>Тема 7.5. Функціональні залежності між напруженнями, деформаціями (швидкостями деформацій) та часом за основними гіпотезами повзучості. Руйнування матеріалу внаслідок повзучості.</p> <p>Лекція 23. Функціональні залежності між напруженнями, деформаціями (швидкостями деформацій) та часом за основними гіпотезами повзучості. Руйнування матеріалу внаслідок повзучості.</p> <p>Література: [4]</p> <p>Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора.</p> <p>Завдання на СРС: Експериментальне визначення параметрів повзучості</p>
21	<p>Тема 7.6. Розрахунок товстостінних труб. Розрахунок циліндрів та тонкостінних труб під дією внутрішнього тиску.</p> <p>Лекція 24. Розрахунок товстостінних труб. Розрахунок циліндрів та тонкостінних труб під дією внутрішнього тиску.</p> <p>Література: [4]</p> <p>Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора.</p> <p>Завдання на СРС: Розрахунок даного елемента ПК</p>
22	<p>Тема 7.7. Температурні напруження в трубах.</p> <p>Лекція 25. Температурні напруження в трубах.</p> <p>Література: [4];</p> <p>Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора.</p> <p>Завдання на СРС: Розрахунок елемента ПК з урахуванням температури</p>
23	<p>Тема 7.7. Проектувальний розрахунок складених циліндрів. Перевірочний розрахунок складених циліндрів</p> <p>Лекція 26. Проектувальний розрахунок складених циліндрів. Перевірочний розрахунок складених циліндрів.</p> <p>Література: [4]</p>

	<p>Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора.</p> <p>Завдання на СРС: Переваги складених циліндрів</p> <p><u>Модульна контрольна робота – Частина 2</u></p>
24	<p>Тема 7.8. Проектувальний розрахунок складених циліндрів. Перевірочний розрахунок складених циліндрів. Розрахунок циліндричних барабанів. Розрахунки на міцність колекторів екранів. Розрахунки колін. Розрахунки змієвиків.</p> <p>Лекція 26. Проектувальний розрахунок складених циліндрів. Перевірочний розрахунок складених циліндрів. Розрахунок циліндричних барабанів. Розрахунки на міцність колекторів екранів. Розрахунки колін. Розрахунки змієвиків.</p> <p>Література: [4]</p> <p>Лекція супроводжується показом відповідних таблиць і рисунків за допомогою проектора.</p>
25	<p>Лекція 27.</p> <p>Залік</p>

6. Самостійна робота студента

Теми до самостійної роботи по лекційним заняттям:

1. Класифікація насосів: за властивостями рідини, що перекачується; за призначенням; за конструктивними ознаками (2 год.).
2. Основні параметри насосів та їх характеристики (2 год.).
3. Теоретичний і дійсний напори насосу(2 год.).
4. Типи лопатів робочого колеса (2 год.).
5. Потужність. Коефіцієнти корисної дії (2 год.).
6. Дійсна та повна характеристика вентилятора (2 год.).
7. Подібність лопатевих машин (2 год.).
8. Регулювання поворотними напрямними лопатями на вході в робоче колесо (2 год.).
9. Засоби врівноважування осьової сили на валу відцентрового насосу (2 год.).
10. Засоби врівноважування осьової сили на валу відцентрового насосу(2 год.).
11. Підвідні та відвідні пристрої насосів. Конструкції відцентрових насосів (2 год.).
12. Конструкції осьових насосів і вентиляторів (2 год.).
13. Абразивне зношення димососів (1год.).
14. Тягодуттьові вентилятори ТЕС (2год.).
15. Методика аеродинамічних розрахунків газового та повітряного трактів котельних установок (1год.).
16. Мокрі циклонні золоуловлювачі (2 год.).
17. Вибір обладнання та компоновка тракту відхідних газів(2год.).
18. Шлакозолопроводи (пульпопроводи) для подачі шлаку і золи на золо відвал (2год.).
19. Задачі спецкурсу та його місце у підготовці майбутніх фахівців теплоенергетичних спеціальностей. Об'єкти вивчення. Конструкції ПК різної паропроодуктивності (2 год.).
20. Розрахунки на міцність під дією температурних навантажень та тиску (2год.).
21. Поняття термічної втоми. Тепловий удар. Вплив температури та радіації на механічні характеристики матеріалів (2год.).
22. Розрахунки на міцність з урахуванням повзучості матеріалу. Поняття повзучості матеріалу та релаксації напружень (2 год.).
23. Залежності мінімальної швидкості деформацій повзучості від напружень та температури (1год.).
24. Руйнування матеріалу внаслідок повзучості (2 год.).
25. Поняття довготривалої міцності (2 год.).

26. Товстостінні труби , циліндри та тонкостінні труби під дією внутрішнього тиску (2 год.).

27. Розрахунок температурних напружень в трубах (2 год.).

28. Визначення НДС в складених циліндрах (2год.).

29. Розрахунки на міцність циліндричних барабанів та колекторів екранів(2год.).

30. Розрахунки колін та змійовиків (2год.).

31. Конічні переходи під внутрішнім тиском (2 год.).

32. Розрахунки плоских та випуклих днищ (2год.).

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Викладачі курсу очікують від студентів активного залучення та безпосередньої участі у опануванні дисципліни, зокрема:

- відвідування занять (лекцій);
- дотримання правил поведінки на заняттях (активність, уникнення телефонних розмов під час аудиторних занять, зосередженість на матеріалі заняття, відключення телефонів, використання відповідних засобів для оперативного пошуку інформації);
- регулярний перегляд повідомлень та виконання призначених завдань; регулярний перегляд та обробка повідомлень на електронну пошту у корпоративному домені @kpi.ua;
- оперативне реагування на запити та питання викладача;
- вчасною здачею індивідуальних завдань є захист отриманих результатів на протязі 2 занять з моменту виконання лабораторної роботи згідно розкладу.
- розуміння та дотримання рейтингової системи оцінювання (PCO);
- дотримання політики дедлайнів та перескладань;
- дотримання політики щодо академічної доброчесності;
- інші вимоги, що не суперечать законодавству України та нормативним документам університету.

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

Поточний контроль: опитування за темами, опитування за СРС, МКР

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: Залік

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за опитуваннями, виконання СРС, семестровий рейтинг більше 30 балів.

	кількість	бали		сума балів
Лекційні заняття	27	відповіді на занятті	9 x 2	18
		виконана СРС	9 x 2	18
МКР	2	2 x 12		24
Сума вагових балів контрольних заходів				60

Шкала балів за відповідні рівні оцінювання з кожного виду контролю.

1. МКР:

Модульна контрольна робота. Частина I (12 балів)

-«відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 12-10 балів;

-«добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 8-9 балів;

-«задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 7-4 балів;

«незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам) – 3-0 балів.

2. Опитування за темами на занятті, опитування за СРС

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 2 бали;

- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями –1 бал;

- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки –0,5 бали;

- незадовільна відповідь (не відповідає вимогам) – 0 балів.

Заохочувальні і штрафні бали:

Ведення конспекту лекцій	1...5
Сума заохочувальних і штрафних балів RS	5

Залікова складова шкали складає 40 балів.

На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три питання. Перше і друге питання оцінюється у 13 третє – 14 балів.

Система оцінювання теоретичних питань:

– «повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 12 – 14 балів;

– достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 10 - 11 балів;

– неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 7-9 балів;

– відповідь містить суттєві помилки 5-7 балів;

– незадовільна відповідь 1-4 бали;

– відсутня відповідь 0 балів.

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/code>).

5. 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

Перелік залікових питань

1. Допоміжне устаткування котельних установок на ТЕС.
2. Принципи дії та основні класи насосів і компресорів.
3. Основні положення та визначення, що характеризують роботу машин.
4. Схема відцентрової машини. Діаграма швидкостей потоку рідини на вході та виході із каналів колеса.
5. Основне рівняння лопатевих машин (рівняння Ейлера).
6. Вплив скінченного числа лопатів на напір. Вплив на напір вихідного кута β_2 .
7. Втрати енергії: Гідравлічні втрати. Об'ємні втрати. Механічні втрати енергії. Коефіцієнти корисної дії.
8. Характеристики вентиляторів: Аеродинамічні характеристики. Безрозмірні аеродинамічні характеристики. Коефіцієнти: витрати, тисків, потужності. Вентилятори, що виконані за одною аеродинамічною схемою.
9. Умови та закони подібності для лопатевих машин.
10. Регулювання дроселюванням. Регулювання подачі зміненням частоти обертання валу машини. Регулювання зміненням кута установки лопатів робочого колеса.
11. Нестійка робота насосу. Помпаж.
12. Кавітація. Кавітаційні характеристики та критерії кавітації. Критерії кавітації: Руднева, Інституту гідромашинобудування.
13. Вплив температури, щільності та в'язкості на кавітаційний запас насосу. Заходи по відверненню або ослабленню кавітації.
14. Осьова сила у відцентровому насосі. Засоби врівноважування осьової сили на валу відцентрового насосу.
15. Корпус насосу. Кожух вентилятора.
16. Будова осьових насосів. Пряма плоска решітка профілів.
17. Будова осьового вентилятора. Застосування осьових насосів та осьових вентиляторів.
18. Схеми газоповітряного тракту котлів. Типи тягодуттьових машин.

19. Регулювання вентиляторів та димососів.
20. Конструкції вентиляторів та димососів. Компонівка тягодуттьових машин.
21. Вибір тяго дуттьових машин для схеми газоповітряного тракту з урівноваженою тягою та дуттям.
22. Дійсний об'єм повітря, що подається дуттьовим вентилятором.
23. Опір повітряного тракту.
24. Розрахункова продуктивність і розрахунковий тиск тягодуттьові машини.
25. Основи золоуловлювання.
26. Механічні (інерційні) золоуловлювачі.
27. . Електрофільтри.
28. Очищення димових газів від сірчастого ангідриду SO₂. Димові труби.
29. Класифікація систем ШЗВ. Системи гідравлічного ШЗВ. Системи пневматичного ШЗВ. Елементи ШЗВ.
30. Розрахунки на міцність під дією температурних навантажень та тиску.
31. Поняття термічної втоми. Тепловий удар. Вплив температури та радіації на механічні характеристики матеріалів.
32. Розрахунки на міцність з урахуванням повзучості матеріалу. Поняття повзучості матеріалу та релаксації напружень.
33. Рівняння кривих повзучості. Залежності мінімальної швидкості деформацій повзучості від напружень та температури.
34. Функціональні залежності між напруженнями, деформаціями (швидкостями деформацій) та часом за основними гіпотезами повзучості. Руйнування матеріалу внаслідок повзучості.
35. Розрахунок товстостінних труб. Розрахунок циліндрів та тонкостінних труб під дією внутрішнього тиску.
36. Температурні напруження в трубах.
37. Проектувальний розрахунок складених циліндрів. Перевірочний розрахунок складених циліндрів.
38. Проектувальний розрахунок складених циліндрів. Перевірочний розрахунок складених циліндрів.
39. Розрахунок циліндричних барабанів. Розрахунки на міцність колекторів екранів. Розрахунки колін. Розрахунки змійовиків.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено старшим викладачем каф. АЕ, к.т.н., Воробйовим Микитою Валерійовичем

Ухвалено кафедрою АЕС і ІТФ (протокол № 15/а від 30.06.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією ТЕФ (протокол № 9 від 30.06.2022 р.)