



Допоміжні системи енергогенеруючого обладнання

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	<i>Інженерія енергогенеруючого обладнання та системи термостабілізації</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4,0 кредитів ЕКТС (120 годин), 30 годин лекцій, 16 годин практичних занять, 74 годин самостійної роботи</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н, Воробйов Микита Валерійович, vorobiov.nikv@gmail.com Практичні: к.т.н, Воробйов Микита Валерійович, vorobiov.nikv@gmail.com
Розміщення курсу	Платформа дистанційного навчання «Сікорський» https://do.ipk.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 лопатей 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.

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 2.5. Корпус насосу. Кожух вентилятора.

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

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.

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. Компонівка 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, бажерний і шламовий насоси.

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.

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.	Тема 1.1. Допоміжне устаткування котельних і реакторних установок. Принципи дії та основні класи насосів і компресорів. Тема 2.1. Основні поняття лопатевих машин. Основні положення та визначення, що характеризують роботу відцентрових машин. Лекція 1. Допоміжне устаткування котельних установок на ТЕС. Принципи дії та основні класи насосів і компресорів. Перелік основних питань. Допоміжне устаткування котельних установок на ТЕС. Основні елементи допоміжного устаткування: насоси, компресори, вакуумнасоси. Принципи дії та основні класи насосів і компресорів. 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. ККД машини. ККД. установки. Характеристики гідравлічних машин (насосів). Завдання на СРС: Класифікація насосів: за властивостями рідини, що перекачується; за призначенням; за конструктивними ознаками.
№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
Розділ 2. Основи теорії лопатевих відцентрових машин.	
2.	Тема 2.1. Основні поняття лопатевих машин. Основні положення та визначення, що характеризують роботу відцентрових машин. Лекція 2. Основні положення та визначення, що характеризують роботу машин. Основи теорії лопатевих відцентрових машин. Перелік основних питань. Схема відцентрової машини. Діаграма швидкостей потоку рідини на вході та виході із каналів колеса. Основне рівняння лопатевих машин (рівняння Ейлера). Завдання на СРС: Основні параметри насосів та їх характеристики.
3.	Тема 2.2. Основи теорії лопатевих відцентрових машин. Лекція 3. Вплив скінченного числа лопатів на напір. Вплив на напір вихідного кута β_2. Перелік основних питань. Вплив скінченного числа лопатів на напір. Вплив на напір вихідного кута β_2.

	<i>Завдання на СРС: Типи лопатів робочого колеса.</i>
4.	<i>Тема 2.3.Втрати енергії при роботі відцентрових машин.</i> <i>Тема 2.4. Характеристики вентиляторів. Коефіцієнти корисної дії.</i> <i>Лекція 4. Втрати енергії. Коефіцієнти корисної дії.</i> <i>Перелік основних питань. Гідравлічні втрати. Об'ємні втрати. Механічні втрати енергії. Коефіцієнти корисної дії.</i> <i>Завдання на СРС: Потужність. Коефіцієнти корисної дії (літ. основна: [4]).</i>
5.	<i>Лекція 5. Характеристики вентиляторів.</i> <i>Перелік основних питань. Аеродинамічні характеристики. Безрозмірні аеродинамічні характеристики. Коефіцієнти: витрати, тисків, потужності. Вентилятори, що виконані за одною аеродинамічною схемою.</i> <i>Завдання на СРС: Дійсна та повна характеристика вентилятора.</i>
6.	<i>Тема 2.5. Умови та закони подібності для лопатевих машин.</i> <i>Тема 2.6. Корпус насосу. Кожух вентилятора</i> <i>Лекція 6. Умови та закони подібності для лопатевих машин. Корпус насосу. Кожух вентилятора</i> <i>Перелік основних питань. Геометрична подібність. Кінематична подібність. Динамічна подібність. Подібність за кавітацією. Закони подібності для лопатевих машин. Питома частота обертання і коефіцієнт швидкохідності. Параметри роботи відцентрових вентиляторів. Корпус насосу. Схеми підводів та відводів відцентрових насосів. Форми перерізів спірального відводу. Кожух вентилятора</i> <i>Завдання на СРС: Подібність лопатевих машин. Підвідні та відвідні пристрої насосів. Конструкції відцентрових насосів.</i>
7.	<i>Тема 2.7. Кавітація.</i> <i>Лекція 7. Кавітація.</i> <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. Осьова сила у відцентровому насосі. Засоби врівноваження осьової сили на валу відцентрового насосу. Перелік основних питань. Осьова сила у відцентровому насосі. Засоби врівноважування осьової сили на валу відцентрового насосу</i> <i>Завдання на СРС: Кавітаційні характеристики та критерії кавітації. Засоби врівноважування осьової сили на валу відцентрового насосу. Засоби врівноважування осьової сили на валу відцентрового насосу.</i>
8.	<i>Тема 2.8. Осьова сила у відцентровому насосі</i> <i>Лекція 8. Осьова сила у відцентровому насосі</i> <i>Осьова сила у відцентровому насосі. Засоби врівноваження осьової сили на валу відцентрового насосу. Перелік основних питань. Осьова сила у відцентровому насосі. Засоби врівноважування осьової сили на валу відцентрового насосу</i> <i>Завдання на СРС: Засоби врівноважування осьової сили на валу відцентрового насосу. Засоби врівноважування осьової сили на валу відцентрового насосу.</i>
№ з/п	<i>Назва теми лекції та перелік основних питань</i> <i>(перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)</i>
<i>Розділ 3. Осьові насоси і вентилятори.</i>	
9.	<i>Тема 3.1. Будова осьових насосів. Пряма плоска решітка профілів. Будова осьового вентилятора. Методи підвищення напору, що створюється осьовим вентилятором.</i> <i>Лекція 9. Будова осьових насосів. Пряма плоска решітка профілів. Будова осьового вентилятора. Застосування осьових насосів та осьових вентиляторів.</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. Застосування осьових вентиляторів. Завдання на СРС: Конструкції осьових насосів і вентиляторів.
Розділ 4. Тягодуттєві установки.	
10.	Тема 4.1. Схеми газоповітряного тракту котлів. Вибір тягодуттєвих машин. Лекція 10. Схеми газоповітряного тракту котлів. Типи тягодуттєвих машин. Перелік основних питань. Схеми газоповітряного тракту котлів. Типи тягодуттєвих машин. Відцентрові вентилятори, що застосовуються в якості ТДМ. Робота відцентрових машин на запиленому потоці. Лекція забезпечується показом відповідних рисунків за допомогою проектора. Завдання на СРС: Абразивне зношення димососів. Тема 4.1. Схеми газоповітряного тракту котлів. Вибір тягодуттєвих машин. Лекція 11. Регулювання вентиляторів та димососів. Конструкції вентиляторів та димососів. Компонівка тягодуттєвих машин. Перелік основних питань. Регулювання вентиляторів та димососів. Осьовий спрямовуючий апарат. Конструкції вентиляторів та димососів. Ходова частина вентиляторів і димососів. Компонівка тягодуттєвих машин. Завдання на СРС: Тягодуттєві вентилятори ТЕС (літ. основна [2]). Лекція 12. Вибір тяго дуттєвих машин для схеми газоповітряного тракту з урівноваженою тягою та дуттям. Перелік основних питань. Дійсний об'єм димових газів у димососа. Сумарний опір газового тракту. Дійсний об'єм повітря, що подається дуттєвим вентилятором. Опір повітряного тракту. Розрахункова продуктивність і розрахунковий тиск тягодуттєвих машин. Завдання на СРС: Методика аеродинамічних розрахунків газового та повітряного трактів котельних установок.
Розділ 5. Золоуловлювання.	
11.	Тема 5.1. Основи золоуловлювання. Механічні (інерційні) золоуловлювачі. Лекція 13. Основи золоуловлювання. Механічні (інерційні) золоуловлювачі. Перелік основних питань. Ступінь уловлювання золи. Ступінь проскакування. Концентрація золи у димових газах. Розрахункова витрата палива. Механічні (інерційні) золоуловлювачі: сухий циклонний, батарейний циклон, мокрий циклонний. Завдання на СРС: Мокрі циклонні золоуловлювачі.
№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
12.	Тема 5.2. Електрофільтри. Очищення димових газів від сірчистого ангідриду SO₂. Димові труби. Лекція 14. Електрофільтри. Очищення димових газів від сірчистого ангідриду SO₂. Димові труби. Перелік основних питань. Електрофільтри. Очищення димових газів від сірчистого ангідриду SO₂. Димові труби. Вибір обладнання та компоновка тракту відхідних газів. Завдання на СРС: Вибір обладнання та компоновка тракту відхідних газів..
Розділ 6. Шлакозоловидалення (ШЗВ).	
13.	Тема 6.1. Класифікація систем ШЗВ. Системи гідравлічного ШЗВ. Системи пневматичного ШЗВ. Елементи ШЗВ. Лекція 15. Класифікація систем ШЗВ. Системи гідравлічного ШЗВ. Системи пневматичного ШЗВ. Елементи ШЗВ. Перелік основних питань. Системи ШЗВ: гідравлічні, пневматичні, пневмогідравлічні, механічні, ручні. Вимоги до систем ШЗВ. Шлакозмівні шахти і ванни.

	<i>Золозмивні і золоспускні пристрої. Шлакозолові канали. Гідроапарат, багерний і шламовий насоси.</i> <i>Завдання на СРС: Шлакозолопроводи (пульпопроводи) для подачі шлака і золи на золо-відвал.</i>
--	---

6. Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Кількість годин
Розділ 1 Допоміжне устаткування котельних і реакторних установок		
1	<i>Визначення технічних характеристик насосу. Напір і корисна питома робота машини.</i>	2
2	<i>Питома робота машини. Корисна потужність машини. Потужність машини.</i>	2
Розділ 2. Основи теорії лопатевих відцентрових машин.		
3	<i>Визначення гідравлічних і об'ємних втрат.</i>	2
4	<i>Механічні втрати енергії. Коефіцієнти корисної дії.</i>	2
5	<u>Модульна контрольна робота – Частина 1</u>	2
Розділ 4. Тягодуттєві установки.		
6	<i>Розрахунок опору газоповітряного тракту, вибір димососа та вентилятора</i>	2
Розділ 6. Шлакозоловидалення		
7	<i>Розрахунок елементів системи гідравлічного шлакозоловидалення Розробка технологій ремонту обладнання енергоблоку.</i>	2
8	<u>Модульна контрольна робота – Частина 2</u>	2

6. Самостійна робота студента

Під час вивчення навчальної дисципліни студенти виконують такий вид самостійної роботи як підготовка до аудиторних занять. Він полягає в опануванні питань, що винесені на самостійне опрацювання та підготовки доповідей (в тому числі у вигляді презентацій). Перелік питань наведений в таблицях, що визначають зміст лекційних занять є час на їх підготовку подано нижче.

Терміни часу які на це відводяться наведені нижче в таблиці у відповідності до навчальних тижнів та запланованих навчальних занять.

з/п	Термін часу що відведений на самостійну роботу	Кількість годин СРС
1.	Підготовка до аудиторних (практичних) занять	58
2.	Підготовка до МКР	8
3.	Підготовка до заліку	8

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- здобувач повинен бути готовим до відповідей при експрес- опитуванні;
- необхідно виконання таких вимог; активність, підготовка коротких доповідей чи текстів;
- забезпечити відключення мобільних телефонів;
- відповідно до завдання викладача використовувати гаджети і інтернет ресурси, якщо це не передбачено методикою проведення заняття.

Студент має право:

- задавати питання стосовно теми заняття або пов'язаними темами;
- використовувати засоби зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті, інтернет ресурси коли це передбачено методикою проведення заняття.

Правила призначення заохочувальних балів

Заохочувальні бали надаються у відповідності до «системи оцінювання результатів навчання».

Політика дедлайнів та перескладань

Викладач на початку семестру інформує студентів щодо встановлених дедлайнів з дисципліни.

Студенти зобов'язані здати всі контрольні заходи у термін встановлений планом проведення навчальної дисципліни.

За порушення дедлайнів призначаються штрафні бали.

У разі порушення студентом дедлайнів з поважних причин, можливе перенесення їх терміну на заплановані консультативні часи з дисципліни.

Перескладання контрольних заходів не передбачено. Виняток – семестровий контроль.

Політика щодо академічної доброчесності

Під час освітнього процесу, а особливо при проведенні контрольних заходів студенти зобов'язані дотримуватись положень Кодексу честі та вимог академічної доброчесності (<https://kpi.ua/code>).

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

Види контролю знань студента з дисципліни:

- відповіді на лекційних r_l ;
- виконання CPC r_{cpc} ;
- виконання МКР r_{mkr} ;

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

1. Опитування на лекційних заняттях

Ваговий бал — 5. Максимальна кількість балів студента на всіх заняттях: $r_1 = 5 \text{ балів} \times 6 = 30 \text{ бали}$.

Критерії оцінювання:

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

3 бали — повна вірна відповідь на поставлене запитання; **2 бали** — відповідь має несуттєві помилки; **1 бал** — неповна відповідь з помилками, **0 балів** — відсутність відповіді

2. Опитування на практичних заняттях:

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

Критерії оцінювання:

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

3 бали — повна вірна відповідь на поставлене запитання; **2 бали** — відповідь має несуттєві помилки; **1 бал** — неповна відповідь з помилками, **0 балів** — відсутність відповіді

3. Виконання CPC

Під час семестру здобувачі вищої освіти самостійно опрацьовують з доступної літератури та конспектують видане завдання. За вичерпну законспектовану відповідь до рейтингу студента додається **20 балів**, якщо конспект має несуттєві недоліки але повний – 14-16 балів. При наявності неповноти конспекта виставляється 9-12 балів і при суттєвій неповноті та неохайному оформленні – 0-6 бали.

4. Модульна контрольна робота (МКР)

Максимальна кількість балів за МКР дорівнює $r_{\text{мкр}} = 20$ балів.

Критерії оцінювання:

20...18 балів — повна вірна відповідь на завдання; **17..15 балів** — відповідь має несуттєві помилки; **14..10 балів** — неповна відповідь; **9..5 балів** — неповна відповідь з несуттєвими недоліками; **4...0 балів** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді, МКР не зараховано.

5. Семестровий контроль

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг 25 балів і більше ($RC \geq 25$) та виконані і зараховані МКР.

Отримання оцінки з кредитного модуля «автоматом» можливо за умови семестрового рейтингу 60 балів і більше ($RC \geq 60$) та виконаних та зарахованих МКР.

6. Розрахунок суми основних рейтингових балів

Для оцінювання результатів навчання застосовується 100-бальна рейтингова система і університетська шкала.

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, які він отримує за результатами зазначених видів контролю.

Сума рейтингових балів протягом семестру розраховується за формулою:

$$R = r_{\text{л}} + r_{\text{п}} + r_{\text{срс}} + r_{\text{мкр}} = 30 + 10 + 20 + 2 \cdot 20 = 100.$$

Сума рейтингових балів, отриманих студентом протягом семестру переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Якщо сума балів менш ніж 60, студент виконує залікову контрольну роботу.

Студент, який у семестрі отримав 60 балів і більше, може прийняти участь у заліковій контрольній роботі (перелік питань у додатку 3). У цьому разі, бали отримані ним на заліковій контрольній роботі є остаточними.

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (R_D):

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

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

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

Максимально можливий стартовий рейтинг: $R_c = 20 + 20 + 40 + 20 = 100$ 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 у 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 залікової сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до заліку з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість.

Застосовується «жорстка» РСО: залікова складова R_3 шкали дорівнює: **$R_3 = 40$ балів**, не враховуються бали за відповіді на заняттях і виконання завдань МКР.

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

$$R_D = R_c + R_3 = 60 + 40 = 100 \text{ балів.}$$

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

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>).

9 Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

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).

Навчання в умовах правового режиму воєнного стану:

- передбачає проведення всіх видів занять дистанційно (з використання 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 несвоєчасне виконання завдань: штрафні бали не нараховуються.

Додаток 1

Перелік питань до МКР

1. Перерахуйте принципи дії та основні класи насосів і компресорів.
- 2 Наведіть рівняння Ейлера і висновки з нього
- 3 Які технологічні системи входять в склад котельної установки ?
- 4 Охарактеризуйте засоби регулювання подачі вентиляторів
- 5 Що таке гідравлічні машини? Охарактеризуйте і наведіть приклади типів обладнання, що до них відносяться
- 6 Що таке кут β_2 та як він впливає на натиск насоса?
- 7 Стисло охарактеризуйте насоси: типи, приклади застосування
- 8 Які втрати енергії мають місце при роботі відцентрованого насоса?
- 9 Охарактеризуйте об'ємні і струміневі машини. Наведіть приклади їх застосування
- 10 Охарактеризуйте засоби регулювання подачі відцентрованого насоса
- 11 Які технічні параметри характеризують роботу відцентрованого насоса?
- 12 Що таке кавітація і які заходи вживають для попередження її виникнення?
- 13 Охарактеризуйте типи швидкостей рідини в робочому колесі відцентрованого насоса
- 14 Порівняйте засоби регулювання подачі відцентрованих насосів і вентиляторів
- 15 Охарактеризуйте типи швидкостей рідини в робочому колесі відцентрованого насоса.
- 16 Порівняйте засоби регулювання подачі відцентрованих насосів і вентиляторів
- 17 Назвіть причину виникнення та охарактеризуйте осьову та радіальну сили, що діють в робочому колесі відцентрованого насоса
- 18 Назвіть основні параметри що характеризують роботу осьового насоса
- 19 Охарактеризуйте типи швидкостей рідини в робочому колесі відцентрованого насоса.
- 20 Порівняйте засоби регулювання подачі відцентрованих насосів і вентиляторів
- 21 Охарактеризуйте типи швидкостей рідини в робочому колесі відцентрованого насоса
- 22 Порівняйте засоби регулювання подачі відцентрованих насосів і вентиляторів
- 23 Назвіть і стисло охарактеризуйте засоби компенсації осьової сили в робочому колесі відцентрованого насоса.
- 24 Назвіть характеристики і засоби регулювання подачі осьового насоса
- 251 Назвіть і стисло охарактеризуйте основні частини відцентрованих насосів
- 26 Які основні вимоги до побудови принципових схем газоповітряного тракту?

27 Що таке сальникове ущільнення на валу насоса? Його призначення і основні типи конструкції

28 Охарактеризуйте роботу тягодутьових машин на пиловому потоці

Додаток 2

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 тягодутьових машин.
19. Регулювання вентиляторів та димососів.
20. Конструкції вентиляторів та димососів. Компонівка тягодутьових 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 сірчистого ангідриду SO_2 . 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 доцентом кафедри, к.т.н., Воробйовим Микитою Валерійовичем

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

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