



# Допоміжні системи котлів і реакторів. Курсовий проект

## Робоча програма навчальної дисципліни (силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	14 Електрична інженерія
Спеціальність	142 Енергетичне машинобудування
Освітня програма	ОПП Інженерія і комп'ютерні технології теплоенергетичних систем
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	5 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	1,5 кредити, 45 годин: 45 годин СРС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	консультації: <a href="http://aesiitf.kpi.ua/?page_id=2438">http://aesiitf.kpi.ua/?page_id=2438</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Керівник: к.т.н, Філатов Володимир Іванович, <a href="mailto:vladimirfilat55@gmail.com">vladimirfilat55@gmail.com</a>
Розміщення курсу	<a href="https://do.ipk.kpi.ua">https://do.ipk.kpi.ua</a> , <a href="https://campus.kpi.ua">https://campus.kpi.ua</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

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 – розрахунок та вибір допоміжного обладнання електростанцій: систем паливовприготування, насосів, вентиляторів, димососів, золоуловлювачів.

При вивченні курсу «Допоміжні системи котлів і реакторів. Курсовий проект» 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..

В наслідок вивчення курсу «Допоміжні системи котлів і реакторів. Курсовий проект» студенти набувають наступних результатів у навчанні:

- Здатність проектувати та експлуатувати енергетичне і теплотехнологічне обладнання (ФК-6).

- Здатність розробляти та застосовувати математичні, фізичні і комп'ютерні моделі, наукові і технічні методи та сучасне комп'ютерне програмне забезпечення для розв'язання інженерних задач в галузі енергетичного машинобудування (ФК-9).

- Приймати ефективні рішення з інженерних та управлінських питань у галузі енергетичного машинобудування в складних і непередбачуваних умовах, у тому числі із застосуванням сучасних методів та засобів оптимізації, прогнозування та прийняття рішень (ПРН-7).

- Розробляти, обирати та застосовувати ефективні розрахункові методи розв'язання складних задач енергетичного машинобудування (ПРН-8).

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

Курс є базовим для підготовки за ОПП «Інженерія і комп'ютерні технології теплоенергетичних систем» для проходження «Практики» та необхідним для виконання магістерської дисертації.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Курсовий проєкт є індивідуальним завданням з дисципліни «Допоміжні системи котлів і реакторів. Курсовий проєкт», виконується продовж навчального семестру та готується до захисту в завершальний період теоретичного навчання. До захисту курсового проєкту представляється пояснювальна записка та графічна частина. Пояснювальна записка включає такі компоненти: титульний лист, завдання на курсовий проєкт, зміст, що включає найменування всіх розділів і підрозділів із зазначенням номерів сторінок, вступ, в якому вказуються мета і завдання курсового проєкту, розрахунки систем допоміжного обладнання згідно п.5. Графічна частина включає схему фундаментів розміщення обладнання, кресленник технологічної схеми відповідного тракту котельної установки згідно завдання, кресленник загального вигляду елемента допоміжного обладнання згідно завдання.

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### Базова (підручники, навчальні посібники) література

1. Є М. Письменний, В.І. Мариненко, О.О. Васечко. Допоміжні системи котельних установок [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Допоміжні системи котлів і реакторів» для студентів спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» спеціалізації «Тепло- і парогенеруючі установки» / НТУУ «КПІ»; Електронні текстові дані (1 файл: 5,7 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 62 с.

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

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

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

5. Оформлення графічних документів конструкторської документації: Методичні вказівки до самостійної роботи студентів напрямів 6.050601 "Теплоенергетика", 6.050603 "Атомна енергетика", 6.050604 "Енергомашинобудування" / Уклад.: В.О.Чорнобай, В.І. Мариненко. – К.: НТУУ «КПІ», 2009. – 58с.

6. 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.

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

7. 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.
8. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 416 с., ил.
9. Поляков В.В., Скворцов Л.С. Насосы и вентиляторы. – М.: Стройиздат, 1990. – 336 с., ил.
10. Малюшенко В.В., Михайлов А.К. Энергетические насосы: Справочное пособие. – М.: Энергоиздат, 1981. – 200 с., ил.
11. Яценко Я.В. Вспомогательное оборудование котельных установок. – К.: НТУУ "КПИ", 2009. – 344с., ил.
12. Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Котельные установки промышленных предприятий: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 528 с., ил.
13. Вентиляторы и дымососы котельных установок. Справочник/ Н.Л. Лане, В.В. Семов, В.А. Яковенко; Под ред. Е.Э. Гильде. – Санкт – Петербург.: НПО ЦКТИ, 1993. – 216с., ил..
14. Роддатис К.Ф. Котельные установки. – М.: "Энергия", 1977. – 432 с., ил.
15. Гусев Ю.Л. Основы проектирования котельных установок. – М.: Из-во литературы по строительству, 1973.– 248 с., ил.
16. Рихтер Л.А. Тепловые электрические станции и защита атмосферы.– М.: "Энергия", 1975.– 312 с., ил.
17. Виленский Е.В. Расчет систем золоулавливания и шлакозолоудаления.– М.– Л.: "Энергия", 1964.– 200 с., ил.
18. Рихтер Л.А. и др. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций.– М.: Энергоатомиздат, 1987.– 216с., ил.
19. Справочник по пыли –и золоулавливаю/ Под ред. А.А. Русанова. – М.: 1983.– 312 с., ил.
20. Биргер И.А., Балашов Б.Ф. Прочность материалов и деталей газотурбинных двигателей.–М.: Машиностроение, 1981.–222 с.
21. ОСТ 108.031.08-85. Котлы стационарные и трубопроводы пара и горячей воды. Нормы расчета на прочность. Общие положения по обоснованию толщины стенки.
22. конструкций в экстремальных условиях: в 2 т./ Под общ.ред. Писаренко Г.С.–К.: Наук. думка,1980.–Т.1 535с., Т.2 771с.
23. Серенсен С.В., Когаев В.В., Шнейдерович Р.М. Несущая способность и расчеты на прочность деталей машин.–М.: Машиностроение, 1975.–488 с.

**5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

№ п.п.	Назва етапу роботи	Тиждень семестру
1	Отримання теми та завдання	1-2
2	Підбір та вивчення літератури	3-5
3	Розрахунок пилоприготувального млина, вибір обладнання системи пилоприготування	6-7
4	Розрахунок пароводяного тракту котла, вибір насосу та електродвигуна.	7-8
5	Розрахунок тягодуттьового тракту, вибір вентилятора, димососа, електродвигунів	9-10
6	Розрахунок золоуловлювача, вибір електрофільтру	11-12
7	Розрахунок системи золошлаковидалення, вибір обладнання	13-14
8	Графічна частина курсового проекту	15-16

№ п.п.	Назва етапу роботи	Тиждень семестру
9	Подання курсового проекту на перевірку	17
10	Захист курсового проекту	18

## 6. Самостійна робота студента

№ п.п.	Назва етапу роботи	Години СРС
1	Отримання теми та завдання	1
2	Підбір та вивчення літератури	5
3	Розрахунок пилоприготувального млина, вибір обладнання системи пилоприготування	5
4	Розрахунок пароводяного тракту котла, вибір насоса та електродвигуна	6
5	Розрахунок тягодуттьового тракту, вибір вентилятора, димососа, електродвигунів	5
6	Розрахунок золоуловлювача, вибір електрофільтру	5
7	Розрахунок системи золошлаковидалення, вибір обладнання	8
8	Графічна частина курсового проекту	8
9	Подання курсового проекту на перевірку	1
10	Захист курсового проекту	1

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

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

- відвідування консультацій;
- 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;
- самостійне виконання необхідних розрахунків, виконання креслеників, оформлення пояснювальної записки; дотримання узгоджених з викладачем правил підготовки, та подальшого виправлення (у разі необхідності) завдань; індивідуальний захист курсового проекту;
- вчасне виконання і захист курсового проекту;
- 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)

Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів. Рейтингова оцінка з курсового проекту має дві складові. Перша (стартова) характеризує роботу студента з курсового проектування та її результат – якість пояснювальної записки та графічного матеріалу. Друга складова характеризує якість захисту студентом курсового проекту.

Розмір шкали першої складової дорівнює 50 балів, а другій складової – 50 балів.

1. Стартова складова ( $r_1$ ), максимальна і мінімальна кількість балів:

- своєчасність виконання графіку роботи з курсового проектування – 15-9 балів;
- сучасність та обґрунтованість прийнятих рішень – 12-7 балів;
- правильність застосування методів аналізу і розрахунку – 10-6 балів;
- якість оформлення, виконання вимог нормативних документів – 6-3 балів;
- якість графічного матеріалу і дотримання вимог ДСТУ – 7-4 балів.

2. Складова захисту курсового проекту ( $r_2$ ):

- ступінь володіння матеріалом – 10-6 балів;
- повнота аналізу можливих варіантів – 15-9 балів;
- ступінь обґрунтування прийнятих рішень – 15-9 балів;
- вміння захищати свою думку – 10-6 балів.

Сума балів двох складових переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею:

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://osvita.kpi.ua/2020_7-170), [https://document.kpi.ua/files/2020\\_7-170.pdf](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)

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 консультацій. 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.

**Додаток 1**

**Перелік питань на захист курсового проєкту**

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  $\beta_2$ .
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. Компоновка 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 сірчистого ангідриду  $SO_2$ . Димові труби.
29. Класифікація систем ШЗВ. Системи гідравлічного ШЗВ. Системи пневматичного ШЗВ. Елементи ШЗВ.

**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.)