



Турбіни теплових та атомних електричних станцій-1

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>144 «Теплоенергетика»</i>
Освітня програма	<i>ОПП «Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій»</i>
Статус дисципліни	<i>Обов'язкова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна прискорена)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>2 кредити ECTS, 60 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Практичні заняття, модульна контрольна робота, екзамен</i>
Розклад занять	<i>Згідно rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н. Пешко Віталій Анатолійович, 067-176-5471, vapeshko@gmail.com</i> Практичні / Семінарські: <i>Хмара Павло Петрович, 063-203-0903, ventbrand@ukr.net</i>
Розміщення курсу	<i>Електронний кампус КПІ ім. Ігоря Сікорського</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Паротурбінні установки є головним тепловим двигуном теплових та атомних електричних станцій. Знання основних закономірностей та особливостей термо- та аеродинамічних процесів в проточних частинах парових турбін, особливостей їхньої конструкції та забезпечення надійної експлуатації є актуальними для бакалаврів спеціальності 144 «Теплоенергетика».

В дисципліні «Турбіни теплових та атомних електричних станцій» розглядаються основи теорії сталого режиму роботи парових турбін, теплові схеми і тепломеханічне обладнання паротурбінних установок для теплових електростанцій та засоби підвищення їх ефективності і маневреності.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних компетентностей:

- ЗК 3. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;*
- ЗК 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;*
- ЗК 7. Здатність працювати в команді;*
- ЗК 10. Здатність спілкуватися іноземною мовою;*
- ФК 1. Здатність застосовувати відповідні кількісні математичні методи, методи природничих та технічних наук і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в теплоенергетичній галузі;*

- *ФК 9. Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів вирішуваної проблеми, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію теплоенергетичного обладнання;*
- *ФК 10. Здатність дотримуватися професійних і етичних стандартів високого рівня у діяльності в теплоенергетичній галузі.*

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

- *ПРН 2. Знати і розуміти інженерні науки, що лежать в основі спеціальності «Теплоенергетика» відповідної спеціалізації, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях науки і техніки у сфері теплоенергетики;*
- *ПРН 10. Знати і розуміти технічні стандарти і правила техніки безпеки у сфері теплоенергетики;*
- *ПРН 11. Мати лабораторні / технічні навички, планувати і виконувати експериментальні дослідження в теплоенергетиці за допомогою сучасних методик і обладнання, оцінювати точність і надійність результатів, робити обґрунтовані висновки*
- *ПРН 15. Розуміти основні властивості та обмеження застосовуваних матеріалів, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів;*
- *ПРН 19. Володіти необхідним науковим підґрунтям та методиками планування експериментальних досліджень специфічного теплового устаткування теплових і атомних електростанцій;*
- *ПРН 20. Володіти методами наукового дослідження процесів теплоенергетичного обладнання, а також вміти ефективно застосовувати сучасні електронні засоби щодо технологічного контролю, реєстрації та подальшої обробки вимірювальних параметрів при дослідженні та проектуванні теплоенергетичного устаткування.*

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

Вимоги до початку вивчення – знання основних процесів енергетичної конверсії на ТЕС та АЕС, базові знання термо- та гідрогазодинаміки пари.

Дисципліна «Турбіни теплових та атомних електростанцій» забезпечується освітніми компонентами: «Технічна механіка», «Гідрогазодинаміка», «Технічна термодинаміка».

Дисципліна «Турбіни теплових та атомних електростанцій» забезпечує освітні компоненти: «Теплові та атомні електростанції та установки», «Контроль та регулювання паротурбінних установок електростанцій», «Надійність енергетичного обладнання», «Дипломне проектування».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Сталий режим роботи парових турбін.

Тема 1. Теплові цикли паротурбінних установок.

Тема 2. Турбінний ступінь.

Тема 3. Багатоступеневі парові турбіни.

елементів статора турбін.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Паровые и газовые турбины для электростанций / Костюк А.Г., Фролов В.В., Булкин А.Е., Трухний А.Д. – Москва: МЭИ, 2016. – 557 с. – ISBN: 978-5-383-01025-9.
2. Турбинные установки ТЭС и АЭС. Устройство, эксплуатация и ремонт: учебное пособие / Н. В. Зарубина, Н. Б. Карницкий. – Минск: Вышэйшая школа, 2020. – 431 с. – ISBN 978-985-06-3220-3.
3. Динамика и прочность турбомашин: учебник для вузов / А. Г. Костюк. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: МЭИ, 2007. – 477 с. – ISBN 978-5-383-01427-1.
4. Розрахунок відсіку парової турбіни. Методичні вказівки до практичних занять по курсу турбіни ТЕС та АЕС з грифом ТЕФ НТУУ КПІ. / Черноусенко О.Ю. Пешко В.А. – Київ: НТУУ «КПІ», гриф факультету (інституту); Гриф ТЕФ НММ № 15/16-74Е; гриф факультету (інституту); № протокола Ради 10; дата отримання грифу 25.04.2016. – 33 с.
5. Розрахунок механо-гідравлічної системи регулювання. Методичні вказівки до практичних занять по курсу "Контроль та регулювання паротурбінних установок" / О. Ю. Черноусенко. – Київ: ІВЦ „Політехніка», 2003р. – 24 с.

Допоміжна література

1. Національна енергетична компанія «Укренерго» [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Київ : НЕК «Укренерго», 2020. – Режим доступу: ua.energy (дата звернення 10.06.2021) – Назва з екрана.
2. Регулирование и маслоснабжение паровых турбин: настоящее и ближайшая перспектива / М. С. Фрагин. – Санкт-Петербург: Энерготех, 2005. – 248 с. – ISBN 5-93364-007-7.
3. Пускові режими роботи парових турбін енергоблоків ТЕС / Мисак Й. С., Галянчук І. Р., Дворовенко В. М. – НВФ "Українські технології". – Львів, 2008. – 265 с.
4. Зупинка парових турбін енергоблоків ТЕС / Мисак Й. С., Кравець Т. Ю., Дворовенко В. М. – НВФ "Українські технології". – Львів, 2011. – 194 с.
5. Автоматическое регулирование паровых турбин: учебное пособие / В. А. Фомин. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 404 с.
6. Автоматическое регулирование энергоустановок / А. Е. Булкин. – Москва: МЭИ, 2016. – 508 с. – ISBN 978-5-383-01022-8.
7. Атомные электрические станции. Ч. 1: учеб. пособие / В. С. Киров. – Одес. нац. политехн. ун-т. – Одесса, 2018. – 201 с.
8. Атомные электрические станции. Ч. 2: учеб. пособие / В. С. Киров. – Одес. нац. политехн. ун-т. – Одесса, 2018. – 203 с.
9. Конструкція та призначення основних елементів парових турбін ТЕС та АЕС: Ч. 1, Статор Навчальний посібник для студентів теплоенергетичного факультету / О. Ю. Черноусенко, Л. С. Бутовський, О. О. Грановська, Р. І. Гудов // Електронне навчальне видання. Гриф НМУ № Е 10/11-081 від 02.12.2010 р., протокол № 3, 2010 – 150 с.
10. Конструкція та призначення основних елементів парових турбін ТЕС та АЕС: Ч. 2, Ротор Навчальний посібник для студентів теплоенергетичного факультету / О. Ю.

Черноусенко, Л. С. Бутовський, О. О. Грановська, Т. В. Нікуленкова // Електронне навчальне видання. Гриф НМУ № Е 12/13-042 від 18.10.2012 р., протокол № 2, 2012 – 85 с.

11. Розрахунок систем автоматичного регулювання ПТУ. Методичні вказівки до розрахункової роботи по курсу "Контроль та регулювання паротурбінних установок" для студентів спеціальності «Атомні електричні станції» денної форми навчання / О. Ю. Черноусенко // Електронне навчальне видання. Гриф НМУ № Е 12/13–1/1 від 13.11.2012 р., протокол № 4, 2012. – 48 с.

12. Бойковий автомат безпеки Методичні вказівки до лабораторних робіт / Черноусенко О. Ю., Бутовський Л. С., Грановська О. О., Пешко В. А. – Київ: НТУУ «КПІ», № протокола Вченої ради ТЕФ 9; дата отримання грифу 23.03.2015. – 22 с.

13. Стрічково-пружинний регулятор швидкості» Методичні вказівки до лабораторних робіт / Черноусенко О.Ю. Пешко В.А. – Київ: НТУУ «КПІ», Гриф ТЕФ НММ № 15/16-72Е; № протокола Ради 10; дата отримання грифу 25.04.2016. – 21 с.

14. Тепловий розрахунок одноступеневої парової турбіни» Методичні вказівки до розрахункової роботи, автори Черноусенко О.Ю., Бутовський Л.С. Грановська О.О., Мороз О.С., Пешко В.А. – Київ: НТУУ «КПІ», Гриф ТЕФ НММ № 15/16-71Е; гриф факультету (інституту); № протокола Ради 10; дата отримання грифу 25.04.2016. – 51 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Тема 1.1. Теплові цикли паротурбінних установок. Лекція 1. Зміст та особливості курсу. Значення турбомашин в енергетиці та інших галузях господарства. Кратка історія створення та розвитку паротурбіно будування. Завдання на СРС. Теплова та атомна енергетика. Енергетика України.
2	Лекція 2. Принцип дії та устаткування турбіни. Основні деталі турбіни, їх призначення, характеристики, конструкція. Завдання на СРС. Парова турбіна К - 50-90. Основні деталі, характеристики, конструкція.
3	Лекція 3. Класифікація парових турбін. Умовні позначки турбін. Завдання на СРС. Парові турбіни ХТГЗ, ЛМЗ та УТМЗ.
4	Лекція 4. Теплова схема ПТУ. Класифікація ККД турбін. Порівняльні техніко-економічні показники турбін. Визначення потужності, питомої витрати пар та тепла. Завдання на СРС. Порівняльні техніко-економічні показники парових турбін ХТГЗ, ЛМЗ та УТМЗ.
5	Лекція 5. Вплив початкових та кінцевих параметрів пари на ефективність ПТУ. Завдання на СРС. Теплові схеми ПТУ АЕС. Регенерація та проміжний перегрів ПТУ АЕС.
6	Лекція 6. Комбіноване вироблення теплоти та електричної енергії. Проміжний перегрів пари. Регенеративний підігрів живильної води. Завдання на СРС. Принципові теплові схеми сучасних ПТУ ТЕС.
7	Тема 1.2. Турбінний ступень. Лекція 7. Основні рівняння руху стиснутої рідини. Аналіз течії пари в між лопаткових каналах (стискувана та розширювана рідина). Завдання на СРС. Основні рівняння руху в каналах решіток парових турбін.

8	Лекція 8. Аналіз течії пари в між лопаткових каналах (швидкість, витрата пари, критичні параметри). Турбінні решітки. Завдання на СРС. Сопло Лавалю. Типи турбінних решіток.
9	Лекція 9. Втрати енергії у турбінних решітках. Змінювання умов витікання при наявності опору. Розширення пари в косому зрізі решітки. Завдання на СРС. Експериментальні дослідження втрат енергії у турбінних решітках.
10	Лекція 10. Перетворення енергії в турбінному ступені. Робота пари на колі колеса. Відносний лопатковий ККД. Завдання на СРС. Переваги та недоліки реактивних ступенів.
11	Лекція 11. Оптимальне відношення швидкостей. Втрати дискового тертя. Парціальний підвід пари. Втрати вентиляційні. Втрати від витоку пари. Втрати від вологості пари. Завдання на СРС. Експериментальні залежності для визначення втрат енергії у турбінних решітках.
12	Лекція 12. Вибір характеристик та розрахунок турбінного ступеня. Тепловий розрахунок турбінного ступеня з урахуванням зміни параметрів по радіусу. Завдання на СРС. Особливості геометрії останніх ступенів парових турбін.
13	Лекція 13. Розрахунок ступеня з урахуванням зміни параметрів потоку по радіусу. Рівняння радіальної рівноваги. Завдання на СРС. Розподілення параметрів пари по висоті турбінного ступеня.
14	Лекція 14. Ступені швидкості. Конструктивне виконання соплових та робочих лопаток. Завдання на СРС. Радіальні та радіально-осьові ступені.
15	Тема 1.3. Багатоступеневі парові турбіни. Лекція 15. Робочий процес багатоступеневої парової турбіни. Переваги багатоступеневих парових турбін. Повернення тепла в багатоступеневій паровій турбіні. Завдання на СРС. Ерозія деталей парових турбін АЕС.
16	Лекція 16. Основи вибору конструкції багатоступеневої парової турбіни. Гранична потужність одно поточної парової турбіни. Тепловий розрахунок багатоступеневої парової турбіни. Завдання на СРС. Парова турбіна К-200-130 ЛМЗ.
17	Лекція 17. Орієнтовний тепловий розрахунок. Завдання на СРС. Парова турбіна К-300-240 ХТГЗ.
18	Лекція 18. Докладний тепловий розрахунок. Завдання на СРС. Докладний тепловий розрахунок парової турбіни К-800-240 ЛМЗ.

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Тема 1.1. Теплові цикли паротурбінних установок. Розрахунок основних характеристик ПТУ.
2	Розгляд теплових схем та методики їх розрахунку для парових турбін середніх та високих параметрів пару.
3	Тема 1.2. Тепловий процес турбінного ступеню. Розрахунок ступеню швидкості. Визначення трикутників швидкості.
4	Розрахунок ступеню швидкості. Визначення геометрії ступеню.
5	Тема 1.3. Багатоступеневі парові турбіни. Розрахунок ступенів тиску. Визначення трикутників швидкості.
6	Розрахунок ступенів тиску. Визначення геометрії ступеню.
7	Розрахунок ступенів тиску. Визначення втрат ступеню.

8	Розрахунок техніко-економічних показників багатоступеневих парових турбін. Абсолютні показники.
9	Розрахунок техніко-економічних показників багатоступеневих парових турбін. Відносні показники.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання
1	Теплова та атомна енергетика.
2	Парова турбіна К - 50-90. Характеристики, конструкція.
3	Парові турбіни ХТГЗ, ЛМЗ та УТМЗ.
4	Порівняльні техніко-економічні показники парових турбін ХТГЗ, ЛМЗ та УТМЗ.
5	Теплові схеми ПТУ АЕС.
6	Принципові теплові схеми сучасних ПТУ ТЕС.
7	Основні рівняння руху в каналах решіток парових турбін.
8	Сопло Лавалю.
9	Типи турбінних решіток.
10	Регенерація та проміжний перегрів ПТУ АЕС.
11	Експериментальні залежності для визначення втрат енергії у турбінних решітках.
12	Особливості геометрії останніх ступенів парових турбін.
13	Розподілення параметрів пари по висоті турбінного ступеня.
14	Радіальні та радіально-осьові ступені.
15	Ерозія деталей парових турбін АЕС.
16	Парова турбіна К-200-130 ЛМЗ.
17	Парова турбіна К-300-240 ХТГЗ.
18	Парова турбіна К-800-240 ЛМЗ.
19	Докладний тепловий розрахунок парової турбіни К-200-130 ЛМЗ.
20	Докладний тепловий розрахунок парової турбіни К-300-240 ЛМЗ.
21	Енергетика України.
22	Докладний тепловий розрахунок парової турбіни К-800-240 ЛМЗ.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Вимоги викладача до студентів:

- Відвідувати лекційні та практичні заняття;
- Виконувати завдання, поставлені на практичних роботах, і вчасно їх здавати;
- За кожен тиждень запізнення з поданням виконаного домашнього завдання від встановленого терміну оцінка знижується на 1 бал;
- Максимальна кількість балів при невчасному складанні модульної контрольної роботи, без поважних причин, зменшується до 20;
- За ведення конспекту лекцій нараховуються додаткові 1-5 балів, однак сумарний стартовий рейтинг не може бути більше 60.

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

Поточний контроль: виконання завдань на практичних заняттях, здача домашніх завдань, модульна контрольна робота.

Календарний контроль: умовою отримання позитивної оцінки під час календарного контролю є здача всіх заданих домашніх завдань.

Семестровий контроль: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: здача модульної контрольної роботи, всіх домашніх завдань та семестровий стартовий рейтинг $R_c \geq 30$.

Вид поточного контролю	кількість	бали		сума балів
Практичні заняття	9	відповіді на занятті	1	30
Домашні завдання	7	виконання	3	
МКР	1		30	30
Сума вагових балів контрольних заходів				60

Шкала балів за відповідні рівні оцінювання з кожного виду поточного контролю.

1. Модульна контрольна робота

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 30-26 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 25-16 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 15-6 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам) – 5-0 балів.

2. Практичне заняття (з розрахунку на виконане домашнє завдання та роботу на занятті):

- «відмінно», творче розкриття питань, вільне володіння матеріалом – 30-26 балів;
- «добре», глибоке розкриття питань – 25-16 балів;
- «задовільно», не достатньо повне розкриття питань, достатня робота на практичному занятті – 15-5 балів;

Максимальна сума балів стартової складової складає 60. Необхідною умовою допуску до заліку є позитивна оцінка з виконання всіх домашніх завдань, здача модульної контрольної роботи та стартовий рейтинг не менше 30 балів. Кожне залікове завдання містить два теоретичних питання (10 балів) і одну задачу (20 балів).

Кожне питання залікової роботи оцінюється згідно до системи оцінювання:

- правильне раціональне рішення, або повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 18-20 (9-10) балів;
- достатньо повна відповідь, правильне рішення (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 14-17 (7-8) балів;
- неповна відповідь, рішення з помилками (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 13 (6) балів;
- незадовільна відповідь, або відсутність рішення (менше 60% потрібної інформації та помилки) – менше 12 (5) балів.

Сума стартових балів і балів за екзаменаційну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

$R_D = R_C + R_E$	Оцінка ECTS
$95 \leq R_D \leq 100$	A - відмінно
$85 \leq R_D \leq 94$	B – дуже добре
$75 \leq R_D \leq 84$	C - добре
$65 \leq R_D \leq 74$	D - задовільно
$60 \leq R_D \leq 64$	E - достатньо
$R_D \leq 59$	F_X - незадовільно
Не здано МКР, не зараховано домашнє завдання, або $R_C < 30$	F – незадовільно (потрібна додаткова робота)

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом, канд. техн. наук, Пешком Віталієм Анатолійовичем

Ухвалено кафедрою ТЕУТ та АЕС (протокол № 19 від 18.06.2021)

Погоджено Методичною радою теплоенергетичного факультету (протокол № 11 від 24.06.2021)