



Турбіни АЕС

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>перший (бакалавр)</i>
Галузь знань	14 Електрична інженерія
Спеціальність	143 «Атомна енергетика»
Освітня програма	«Атомні електричні станції»
Статус дисципліни	Обов'язкові компоненти ОП
Форма навчання	денна
Рік підготовки, семестр	Зкурс, весінній семестр
Обсяг дисципліни	4,0 кредитів ECTS, 120 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Практичні заняття, МКР, залік
Розклад занять	Згідно rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доц., Грановська Олена Олександрівна, 050-331-22-03, granov1810@gmail.com Практичні к.т.н., доц., Грановська Олена Олександрівна, 050-331-22-03, granov1810@gmail.com Лабораторні: не заплановано
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс (Google classroom) e-mail, Viber

Програма навчальної дисципліни

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

Класифікація парових турбін за призначенням. Умовні позначення турбін. Цикли турбоустановок та показники їхньої економічності. Теплова схема паротурбінного циклу. Шляхи підвищення економічності циклу турбоустановок - вплив початкових та кінцевих параметрів пари, проміжний перегрів.

Техніко-економічні показники сучасних паротурбінних установок теплових та атомних електростанцій.

Перетворення енергії у турбінному ступеню. Основні рівняння робочого процесу у турбінному ступеню.

Робочий процес ступенів вологої пари. Процес розширення вологої пари.

Робочий процес у багатоступінчатій турбіні. Порядок розрахунку багатоступінчатої турбіни.

Монарні ПГУ (МПГУ). Переваги монарних ПГУ у порівнянні з бінарними ПГУ. Газопарова технологія. ГТУ та ПГУ на основі застосування технології газифікації твердого палива. ПГУ з внутрішньою цикловою газифікацією вугілля.

Теплова схема гаотурбінного циклу. Переваги та недоліки газотурбінних установок. Характеристики циклу та шляхи підвищення їх економічності. Схеми сучасних парогазових установок.

Конструкція органів паророзподіл.

Конструкція основного та допоміжного обладнання.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних компетентностей.

ЗДАТНІСТЬ:

ФК11 Розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої мети з урахуванням всіх аспектів вирішуваної проблеми, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію обладнання атомно-енергетичного комплексу

ФК15 Здатність використовувати знання характеристик специфічних матеріалів, обладнання, процесів та продуктів у професійній діяльності в галузі атомної енергетики

Основні завдання навчальної дисципліни.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

ЗНАННЯ:

ЗН2 Знання і розуміння інженерних дисциплін на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях науки і техніки

ЗН5 Знання і розуміння схем, конструкцій і принципу дії теплообмінного обладнання, вимог щодо безпечної експлуатації енергетичного обладнання

ЗН6 Знання і розуміння технології виготовлення і експлуатації теплоенергетичного обладнання використання Знання і розуміння технології виготовлення і експлуатації теплоенергетичного обладнання використання

УМІННЯ:

УМ1 Розуміння складних інженерних технологій, процесів, систем і обладнання; уміння обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; уміння правильно інтерпретувати результати таких досліджень

УМ2 Уміння виявляти, формулювати і вирішувати інженерні завдання відповідно до спеціальності «Теплоенергетика»; розуміти важливість нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) обмежень

УМ3 Уміння розробляти і проектувати складні вироби в теплоенергетичній галузі, процеси і системи, що задовольняють встановленим вимогам, які можуть включати обізнаність про нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти; обрання і застосовування адекватної методології проектування

УМ4 Уміння використовувати певне розуміння передових досягнень при проектуванні об'єктів в теплоенергетичній галузі

УМ5 Уміння здійснювати пошук необхідної інформації в технічній літературі, використовувати наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації, здійснювати моделювання з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань.

УМ8 Уміння продемонструвати систематичне розуміння ключових аспектів та концепцій в теплоенергетичній галузі, технології виробництва, передачі, розподілу і використання енергії

УМ10 Уміння використовувати практичні навички для вирішення

завдань, що передбачають реалізацію інженерних проектів і проведення досліджень

УМ11 Розуміння застосовуваних матеріалів, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів, а також їх обмежень

УМ15 Уміння ефективно спілкуватися з питань інформації, ідей, проблем та рішень з інженерним співтовариством і суспільством загалом

УМ16 Уміння ефективно працювати в національному та міжнародному контексті, як особистість і як член команди, і ефективно співпрацювати з інженерами та не інженерами

УМ17 Уміння розпізнавати необхідність і самостійно навчатися протягом життя

УМ18 Уміння відстежувати розвиток науки і техніки

УМ19 Уміння класифікувати теплообмінне обладнання за різними ознаками і відповідно до заданих умов роботи теплообмінного обладнання, вибирати паливо і теплоносії, використовувати стандартні методики для виконання конструкторських і по-віркових розрахунків теплоенергетичного обладнання

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

забезпечується 1.3.1.3 «Гідрогазодинаміка»

забезпечує 2.2.2.5 «Експлуатація та діагностика паротурбінних установок АЕС»

3.Зміст навчальної дисципліни

Міждисциплінарні зв'язки: забезпечується 1.3.1.3 «Гідрогазодинаміка»

забезпечує

2.2.2.5 «Експлуатація та діагностика паротурбінних установок АЕС»

Розділ 1

Предмет та зміст курсу

Тема 1.1. Історія розвитку та стан енергетики України

Предмет та зміст курсу. Історія розвитку енергетики та турбінобудування. Стан сучасного турбінобудування на Україні та за кордоном. Перспективи розвитку енергетики.

Розділ 2

Термодинамічні цикли турбоустановки та їх показники

Тема 2.1. Основи циклу паротурбінних установок

Класифікація показників ефективності турбін. Класифікація парових турбін за призначенням. Умовні позначення турбін. Цикли турбоустановок та показники їхньої економічності. Теплова схема паротурбінного циклу. Шляхи підвищення економічності циклу турбоустановок - вплив початкових та кінцевих параметрів пари, проміжний перегрів.

Тема 2.2. Теплові схеми сучасних паротурбінних установок.

Регенеративний підігрів питної води та його вплив на економічність турбоустановки. Техніко-економічні показники сучасних паротурбінних установок теплових та атомних електростанцій

Розділ 3
Ступінь турбіни
Тема 3.1. Перетворення енергії пари у ступеню турбіни

Процеси течії пари в соплових решітках турбінного ступеню. Перетворення енергії у турбінному ступеню. Основні рівняння робочого процесу у турбінному ступеню. Розширення пари у косому зрізі сопла, яке звужується. Трикутники швидкостей. Абсолютні та відносні швидкості. Сили, які діють на робочі лопатки. Повний та роздільний подвод пари, ступінь парціальності. Тепловий процес у каналах робочих лопаток активних та реактивних ступенів. Відносний лопаточний к.к.д. ступеню, залежність від відношення швидкостей.

Тема 3.2. Характеристики турбінних решіток

Турбінні решітки, їх геометричні та аеродинамічні характеристики. Втрати профільні та кінцеві. Визначення основних розмірів соплових та робочих решіток ступенів. Необхідність зміни профілю вздовж висоти лопаток. Ступені з довгими лопатками. Втрати на тертя та вентиляцію, втрати від парціальності, втрати від витіку пари. Внутрішній відносний к.к.д. ступені. Вибір оптимального відношення швидкостей. Ступінь швидкості, її характеристики. Розподіл реактивності. Побудовання робочого процесу, розміри соплових та робочих лопаток у ступеню скорості.

Тема 3.3. Особливості течії вологої пари у ступені

Робочий процес ступенів вологої пари. Процес розширення вологої пари. Кінетика процесу конденсації. Рух вологи у ступеню турбіни. Втрати енергії у ступеню від вологості. Внутрішньоканальна сепарація. Ерозія робочих лопаток, ерозійний знос елементів проточної частини у турбінах вологої пари.

Розділ 4.
Багатоступінчата турбіна
Тема 4.1. Робочий процес у багатоступінчатій турбіні

Робочий процес у багатоступінчатій турбіні. Кінцеві ущільнення. Втрати енергії у стопірному та регулюючих клапанах, вхідних та вихідних патрубках, перепускних пристроях. Переваги та недоліки багатоступінчатої турбіни.

Тема 4.2. Розрахунок багатоступінчатої турбіни

Повернення тепла. Порядок розрахунку багатоступінчатої турбіни. Визначення розмірів першого та останнього ступенів турбіни. Кількість ступенів та розподіл теплоперепадів між ними. Особливості детального розрахунку ступенів турбіни. Гранична потужність однопоточної турбіни. Багатоциліндрові турбіни.

Розділ 5
Газові турбіни. Газотурбінні та парогазові установки
Тема 5.1. Газові турбіни та газотурбінні установки

Теплова схема гаотурбінного циклу. Переваги та недоліки газотурбінних установок. Характеристики циклу та шляхи підвищення їх економічності.

Тема 5.2. Парогазові установки.

Схеми сучасних парогазових установок.

Розділ 6
Конструкція основного та допоміжного обладнання
Тема 6.1. Конструкції турбоустановок

Конструкція органів паророзподілу. Статори парових турбін. Ротори парових турбін. Підшипники парових турбін. Конденсаційна установка та процес конденсації пари. Конструкції конденсаторів.

Тема 6.2. Конструкція допоміжного обладнання

Регенеративні підігрівачі високого та низького тиску. Деаератор. призначення, конструкція. Сепаратори та проміжні перегрівачі.

3. Навчальні матеріали та ресурси

Базова:

1. Трояновський Б.М., Філіппов Г.А., Булкін А.І. Парові та газові турбіни атомних електростанцій. М.: Енергоатоміздат, 1985, 256с. (на рос.мові).
2. Парові та газові турбіни. Під ред. Костюка А.Г. М., Енергоатоміздат, 1985, 352с. (на рос.мові).
3. Трухній А.Д. Стаціонарні парові турбіни. М.: Енергоатоміздат, 1990, 640с.
4. Яблоков Л.Д., Логінов І.Г. Парові та газові турбоустановки. М.: Енергоатоміздат, 1988, 352с. (на рос.мові).
5. Паротурбінні установки атомних електростанцій. Під ред. Косяка Ю.Ф. М.: Енергія, 1978, 312с. (на рос.мові).
6. Паровые и газовые турбины для электростанций. Под ред. докт. техн. наук. А.Г.Костюка. – М.: Издат. Дом МЭИ, 556 с.
7. Методичні вказівки до виконання курсового проекту "Тепловий розрахунок парової турбіни" з курсу "Нагнітачі та теплові двигуни". Київ, КПІ, 1989. (на рос. мові).
8. Методичні вказівки до розрахунку теплових схем ПТУ. Київ, КПІ, 1985. (на рос. мові).
9. Методичні вказівки до теплового розрахунку регулюючого ступеня парової турбіни з дисциплін "Парові та газові турбіни" та "Теплові двигуни". Київ, КПІ, 1987. (на рос. мові).
10. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з курсів "Парові та газові турбіни" та "Теплові двигуни". Розділ "Тепловий розрахунок нерегульованих ступенів парової турбіни" (на рос.мові).
11. Методичні вказівки «Конструкція та призначення основних елементів парових турбін ТЕС та АЕС (Частина 1. Статор). Київ. НТУУ «КПІ», 2011.-80 с. (Електр.вар.).
12. Методичні вказівки «Конструкція та призначення основних елементів парових турбін ТЕС та АЕС (Частина 1. Ротор). Київ. НТУУ «КПІ», 2012.-86 с. (Електр.вар.).
13. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи з випробувань конденсаційної установки парової турбіни ПТ 50-90/13. Київ, КПІ, 1984. (на рос. мові).
14. Методичні вказівки «Тепловий розрахунок одноступневої парової турбіни». ТЕФ НТУУ КПІ, 2016 – 55 с. (Електр.вар.).
15. Методичні вказівки «Розрахунки теплових схем». ТЕФ НТУУ КПІ, 2014 – 48 с. (Електр.вар.).

Допоміжна:

1. Фадєєв І.П. Ерозія вологопарових турбін. Л., Машіностроєніє, 1974, 208с. (на рос.мові).
2. Семенов О. С., Шевченко О.М. Тепловий розрахунок парової турбіни. К., Вища школа, 1975, 205с. (на рос.мові).
2. Ковалевський М.М. Стаціонарні ГТУ відкритого типу. М.; Машіностроєніє, 1979, 264с. (на рос.мові).
3. Комбіновані парогазові установки, їх властивості та характеристики. К., Тов. "Знання" України, 1991, 20с. (на рос.мові).

Навчальний контент

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	2
Розділ 1 Предмет та зміст курсу	
Тема 1.1. Історія розвитку та стан енергетики України	
1	Лекція 1. Предмет та зміст курсу. Історія розвитку енергетики та турбінобудування. Стан сучасного турбінобудування на Україні та за кордоном. Перспективи розвитку енергетики. Осн. літ-ра: 1 - с.4-5; 2 - с.8-9; 3 - с.5-12. Дод. літ-ра: 3 - с.7-17.
Розділ 2 Термодинамічні цикли турбоустановки та їх показники	
Тема 2.1. Основи циклу паротурбінних установок	
2.	Лекція 2. Класифікація показників ефективності турбін. Класифікація парових турбін за призначенням. Умовні позначення турбін. Цикли турбоустановок та показники їхньої економічності. Теплова схема паротурбінного циклу. Осн. літ-ра: 1 - с.9-20; 2 - с.9-32; 3 - с.9-13, 25-30 Дод. літ-ра: 3 - с.17-20, 33-36.
3.	Лекція 3. Шляхи підвищення економічності циклу турбоустановок - вплив початкових та кінцевих параметрів пари, проміжний перегрів. Осн. літ-ра: 1 - с.20-25; 2 - с.20-32; 3 - с.25-30. Дод. літ-ра: 3 - с.20-25.
Тема 2.2. Теплові схеми сучасних паротурбінних установок.	
4	Лекція 4. Регенеративний підігрів питної води та його вплив на економічність турбоустановки. Техніко-економічні показники сучасних паротурбінних установок теплових та атомних електростанцій Осн. літ-ра: 1 - с.9-25; 2 - с.20-32. Дод. літ-ра: 2 - с.5-64.
Розділ 3 Ступінь турбіни	
Тема 3.1. Перетворення енергії пари у ступеню турбіни	
5	Лекція 5. Процеси течії пари в соплових решітках турбінного ступеню. Перетворення енергії у турбінному ступеню. Основні рівняння робочого процесу у турбінному ступеню. Розширення пари у косому зрізі сопла, яке звужується. Трикутники швидкостей. Абсолютні та відносні швидкості. Осн. літ-ра: 1 - с.30-34; 2 - с.32-53,64-69; 3 - с.31-41,56-59. Дод. літ-ра: 3 - с.37-47,51-56.
6	Лекція 6. Сили, які діють на робочі лопатки. Повний та роздільний подвод пари, ступінь парціальності. Тепловий процес у каналах робочих лопаток активних та реактивних ступенів. Відносний лопаточний к.к.д. ступеню, залежність від відношення швидкостей. Осн. літ-ра: 1 - с.53-57; 2 - с.43-49; 3 - с.41-46; 4 - с.56-64. Дод. літ-ра: 3 - с.59-65. І
Тема 3.2. Характеристики турбінних решіток	
7	Лекція 7. Турбінні решітки, їх геометричні та аеродинамічні характеристики. Втрати профільні та кінцеві. Визначення основних розмірів соплових та робочих решіток ступенів. Необхідність зміни профілю вздовж висоти лопаток. Ступені з довгими лопатками. Осн. літ-ра: 1 - с.43-52,62-66; 2 - с.54-64,69-76,94-100; 3 - с.48-49; 4 - с.25-36,70-72,75-78. Дод. літ-ра: 2 - с.130-141; 3 - с.68-77,82-93.
8	Лекція 8. Втрати на тертя та вентиляцію, втрати від парціальності, втрати від витіку пари. Внутрішній відносний к.к.д. ступені. Вибір оптимального відношення швидкостей

	Осн. літ-ра: 1 - с.57-62; 2 - с.76-85. Дод. літ-ра: 3 - с. 99-103,111-115.
9	Лекція 9. Ступінь швидкості, її характеристики. Розподіл реактивності. Побудування робочого процесу, розміри соплових та робочих лопаток у ступеню скорості. Осн. літ-ра: 2 - с.49-53, 72-73; 3 - с.46-48; 4 - с.64-67, 78, 82-89. Дод. літ-ра: 2 - с.65-86; 3 - с. 37-47, 51-56, 103-111. Тема 3.3. Особливості течії вологої пари у ступені
10	Лекція 10. Робочий процес ступенів вологої пари. Процес розширення вологої пари. Кінетика процесу конденсації. Рух вологи у ступеню турбіни. Втрати енергії у ступеню від вологості. Внутрішньоканальна сепарація. Ерозія робочих лопаток, ерозійний знос елементів проточної частини у турбінах вологої пари. Осн. літ-ра: 1 - с.35-43, 67-74, 86-88, 164-171; 2 - с.85-88, 112-117; 4 - с.37-42, 54-56, 69; 5 - с.13-97. Дод. літ-ра: 1 - с.8-50, 128-166; 2 - с.130-141, 3 - с.82-93.
	Розділ 4. Багатоступінчата турбіна
	Тема 4.1. Робочий процес у багатоступінчатій турбіні
11	Лекція 11. Робочий процес у багатоступінчатій турбіні. Кінцеві ущільнення. Втрати енергії у стопірному та регулюючих клапанах, вхідних та вихідних патрубках, перепускних пристроях. Переваги та недоліки багатоступінчатої турбіни. Осн. літ-ра: 1 - с.79-81; 2 - с.105-112; 119-125; 3 - с.51-57. 4 - с.90-100. Дод. літ-ра: 3 - с.123-134, 154-164.
	Тема 4.2. Розрахунок багатоступінчатої турбіни
12	Лекція 12. Повернення тепла. Порядок розрахунку багатоступінчатої турбіни. Визначення розмірів першого та останнього ступенів турбіни. Осн. літ-ра: 1 - с.81-86; 2 - с.125-131; 4 - с.104-105. Дод. літ-ра: 2 - с.101-110; 3 - с.135-142.
13	Лекція 13. Кількість ступенів та розподіл теплоперепадів між ними. Особливості детального розрахунку ступенів турбіни. Гранична потужність однопоточної турбіни. Багатоциліндрові турбіни. Осн. літ-ра: 2 - с.122-125; 130-133; 4 - с.109-112. Дод. літ-ра: 2 - с.110-130; 3 - с.167-169.
	Розділ 5 Конденсаційні установки парових турбін
	Тема 5.1. Принципова схема конденсаційної установки
14	Лекція 14. Схема конденсаційної установки та її елементи. Тепловий процес в конденсаторі. Основи теплового розрахунку конденсатора. Осн. літ-ра: 3 - с.158-185; 2 – 185-192. Дод. літ-ра: 4 – с. 4-36.
	Тема 5.2. Конструктивні особливості конденсаційних установок
15	Лекція 15. Конструкція конденсаторів. Ежектори, конденсатні та циркуляційні установки. Осн. літ-ра: 3 - с.158-185; 2 – 203-205. Дод. літ-ра: 4 – с. 4-36.
16	Лекція 16. Особливості роботи при змінних режимах роботи турбоустановки Осн. літ-ра: 2 - с.185-195; 3 - с.190-233; 4 - с.116-139; 5 - с.108-124.
	Розділ 6. Конструкція основного та допоміжного обладнання
	Тема 6.1. Конструкції турбоустановок
17	Лекція 17. Конструкція органів паророзподілу. Статори парових турбін. Ротори парових турбін. Підшипники парових турбін. Конденсаційна установка та процес конденсації пари. Конструкції конденсаторів. Осн. літ-ра: 1 - с.115-144; 2 - с.214-258; 3 - 63-143; 2 - с.185-195; 3 - с.190-233;

	4 - с.139-161,165-171,240-270; 5 - с.46-143. с.116-139; 5 - с.108-124.
	Тема 6.2. Конструкція допоміжного обладнання
18	Лекція 18. Регенеративні підігрівачі високого та низького тиску. Деаератор. призначення, конструкція. Сепаратори та проміжні перегрівачі. Осн. літ-ра: 3 - с.233-242; 4 - с.161-165; 5 - с.214-136. СРС. Підвищення ефективності конденсаційної установки турбіни шляхом використанням теплообмінних трубок нового профілю. Осн. літ-ра: 6 с. 218 – 238.

5. Практичні заняття

Основним завданням практичних занять є набуття студентами практичних навичок розрахунку процесів розширення робочого тіла у турбіні

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	2
	Розділ 2 Термодинамічні цикли турбоустановки та їх показники
	Тема 2.1. Основи циклу паротурбінних установок.
	Практичне заняття 1. Розрахунки впливу зміни параметрів на характеристики циклу паротурбінної установки 2год.
	Практичне заняття 2. Контрольна робота 1,а – 2 год.
	Розділ 3 Ступінь турбіни
	Тема 3.1. Перетворення енергії пари у ступеню турбіни
	Практичне заняття 3,4. Розрахунки к.к.д. ступеню турбіни – 4 год.
	Тема 3.2. Характеристики турбінних решіток
	Практичне заняття 5. Розрахунки трикутників швидкості турбінного ступеня -2 год
	Практичне заняття 6. Контрольна робота 1,б – 2 год.
	Тема 4.1. Робочий процес у багатоступінчатій турбіні
	Практичне заняття 7,8. Розрахунки втрат енергії пари при дросельному та сопловому паророзподілах – 4 год.
	Тема 4.2. Розрахунок багатоступінчатої турбіни
	Практичне заняття 9,10. Розрахунки першого та останнього ступенів турбіни – 4 год.
	Практичне заняття 11,12. Визначення кількості ступенів в турбіні – 4 год.
	Розділ 5 Газові турбіни. Газотурбінні та парогазові установки

	Тема 5.1. Газові турбіни та газотурбінні установки
	Практичне заняття 13,14. Розрахунки впливу зміни параметрів та схем включення на характеристики циклу газотурбінної установки – 4 год.
	Тема 5.2. Парогазові установки.
	Практичне заняття 15,16. Схеми сучасних парогазових установок – 4 год.
	Розділ 6. Конструкція основного та допоміжного обладнання
	Тема 6.1. Конструкції турбоустановок
	Практичне заняття 17. Схеми сучасних парогазових установок – 2 год.
	Тема 6.2. Конструкція допоміжного обладнання
	Практичне заняття 18. Конструкції турбоустановок – 2 год

6. Самостійна робота

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу	Кількість годин СРС
1.	2.	
1.	Перспективи розвитку енергетики.	1
2.	Удосконалення теплових схем турбоустановок.	1
3.	Регулювання параметрі промперегріву	1
4	. Розробка циклу паротурбінних установок на суперзверхкритичні параметри.	1
5	Перспективи розвитку турбоустановок АЕС з двократною сепарацією пари.	1
6	Вплив параметрів пари на економічність ступеню.	1
7	Вплив зміни ступеню реактивності на економічні показники.	1
8	Закони профілювання довгих лопаток	1
9	Вплив геометричних параметрів ступеню на внутрішній відносний к.к.д. ступеню.	1
10	Типорозміри ступенів швидкості у сучасних турбінах.	1
11	Сучасні методи боротьби з вологістю пари в ступенях турбіни.	1
12	Модернізація конструкцій кінцевих ущільнень.	1
13	Методи розрахунку проточної частини багатоступеневої турбіни.	1
14	Переваги та перспективи використання саблеподібних соплових лопаток.	0,5
15	Методи підвищення ефективності циклу газотурбінних установок.	1
16	Сучасні ефективні схеми парогазових установок.	1
17	Конструкція підшипників сучасних парових турбін.	0,5
18	Методи удосконалення конструкції конденсаторів парових турбін.	1

19	Підвищення ефективності конденсаційної установки турбіни шляхом використання теплообмінних трубок нового профілю.	1
----	---	---

Індивідуальні завдання

Основні цілі індивідуального завдання на практиці:

і набуття студентами навичок практичного досвіду в
розрахунку паротурбінної установки, визначення розмірів проточної частини турбіни та
зведення теплового балансу турбіни.

Тематика індивідуальних завдань надана у Додатку 1

Контрольні роботи

Основні цілі контрольних робіт

- перевірка якості засвоєння поточного навчального матеріалу з лекцій дисципліни та самостійної роботи студентів по рекомендованій літературі;
- виявлення студентів з недостатнім рівнем засвоєння навчального матеріалу, з'ясування причин їх відставання та надання їм необхідної допомоги для підвищення успішності.

Контрольна робота:

1. Визначення коефіцієнту корисної дії циклу установки на зазначені параметри пари.. 2. Розрахунки відносновнутрішнього коефіцієнта корисної дії ступеню парової турбіни, розрахунки трикутників, втрат на тертя та вентиляцію – 2 год.

Основне місце контрольних робіт: - Аудиторне приміщення

7. Політика та контроль компонента)

Вимоги викладача до студентів:

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, які він отримує за:

- 1) Практичні заняття
- 2) Робота на лекціях
- 3) Модульна контрольна робота

Максимальна сума балів стартової складової складає 60.

1. Практичні заняття:

За умови гарної підготовки і активної роботи на практичному занятті – 1 бал. . За повне виконання індивідуального завдання на студентам на кожному практичному занятті -5 бал.

2.Робота на лекціях: За умови активної роботи на лекціях та ведення конспекту лекцій – 10бал.

3. Модульна контрольна робота:

«відмінно» - 30-28 балів – виконано всі вимоги до роботи

«добре» - 27-25 балів – виконано майже всі вимоги до роботи, але є не суттєві помилки;

«задовільно» - 24-20 балів - є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки;

«незадовільно» - 0 балів – робота не виконана.

Заохочувальні і штрафні бали:

бали

1. Несвоєчасне виконання завдання СРС, розрахункової роботи	-1
2. Відсутність на лекції або на практичних заняттях без поважних причин	-2

3. Відповідь на заняттях	
а) повністю правильно надана відповідь	3
б) частково правильно надана відповідь оцінюється;	1 – 2
в) неправильно надана відповідь оцінюється	0

Рейтинг R_D студента складається з рейтингу, одержаного протягом семестру з урахуванням заохочувальних і штрафних балів R_C , і рейтингу його заліку

$$R_D = R_C + R_E$$

$$R_D = 100 \text{ балів}$$

Виходячи з розміру шкали $R_E = 40$ балів, складаються критерії залікового оцінювання

40-31 - завдання виконано правильно, ретельно оформлено, на запитання подані правильні відповіді, можливі незначні пропуски, які виправлені після додаткових запитань викладача;

30-21 – завдання виконано з помилками, які студент виправив після зауваження викладача, задовільно оформлено, на більшість запитань подані правильні відповіді;

20-10 - завдання виконано з грубими помилками, або не повністю, але виконано додаткове завдання менш складне за той же тематики;

9-1 - завдання виконано з грубими помилками, або не повністю, та не виконано додаткове завдання менш складне за той же тематики;

0 - завдання не виконано.

Для отримання студентом відповідних оцінок його рейтингова оцінка R_D переводиться згідно з таблицею

$R_D = R_C + R_E$	Оцінка		
$95 \leq R_D \leq 100$	відмінно		
$85 \leq R_D \leq 94$	дуже добре		
$75 \leq R_D \leq 84$	добре		
$65 \leq R_D \leq 74$	задовільно		
$60 \leq R_D \leq 64$	достатньо		
$35 \leq R_D \leq 60$	незадовільно		
Менш ніж 28	не допущено		

ДОДАТКИ

Додаток 1. Індивідуальні завдання на практиці

Варіант	N_e , кВт	P_o , МПа	T_0 , °C	P_2 , МПа	N , об/хв
1	2	3	4	5	6
1	320	3,2	320	1,4	5000
2	320	2,8	320	1,2	5000
3	320	2,6	320	1,0	5000
4	320	2,4	320	0,8	5000
5	300	3,2	300	0,6	6000

6	300	2,8	300	1,4	6000
7	300	2,6	300	1,2	6000
8	300	2,4	300	1,0	6000
9	280	3,2	280	0,8	4000
10	280	2,8	280	0,6	4000
11	280	2,6	280	1,4	4000
12	280	2,4	280	1,2	4000
13	400	3,2	400	1,0	4500
14	400	2,8	400	0,8	4500
15	400	2,6	400	0,6	4500
16	400	2,4	400	1,4	4500

Додаток 2. Завдання на контрольну роботу

Розрахувати процес розширення пари в ступеню турбіни. Побудувати його в h-s координатах.
 Определить потери в ступени и относительно-лопаточный к.п.д. Построить треугольник скоростей.

- $H_0 = 50$ кДж/кг; $\rho = 0,15$; $c_0 = 70$ м/с; $d = 0,9$ м; $\varphi = 0,95$; $\psi = 0,86$;
 $\alpha_1 = 11^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 3^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.
- $H_0 = 75$ кДж/кг; $\rho = 0,35$; $c_0 = 90$ м/с; $d = 1,0$ м; $\varphi = 0,94$; $\psi = 0,85$;
 $\alpha_1 = 20^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 5^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.
- $H_0 = 45$ кДж/кг; $\rho = 0$; $c_0 = 25$ м/с; $d = 0,8$ м; $\varphi = 0,96$; $\psi = 0,87$;
 $\alpha_1 = 11^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 3^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.
- $H_0 = 60$ кДж/кг; $\rho = 0,2$; $c_0 = 80$ м/с; $d = 0,85$ м; $\varphi = 0,96$; $\psi = 0,86$;
 $\alpha_1 = 14^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 6^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.
- $H_0 = 110$ кДж/кг; $\rho = 0,45$; $c_0 = 120$ м/с; $d = 1,0$ м; $\varphi = 0,96$; $\psi = 0,87$;
 $\alpha_1 = 25^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 7^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.
- $H_0 = 65$ кДж/кг; $\rho = 0,25$; $c_0 = 80$ м/с; $d = 0,9$ м; $\varphi = 0,94$; $\psi = 0,84$;
 $\alpha_1 = 14^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 6^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.
- $H_0 = 120$ кДж/кг; $\rho = 0,45$; $c_0 = 100$ м/с; $d = 1,2$ м; $\varphi = 0,96$; $\psi = 0,87$;
 $\alpha_1 = 11^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 3^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.
- $H_0 = 75$ кДж/кг; $\rho = 0,3$; $c_0 = 80$ м/с; $d = 0,9$ м; $\varphi = 0,96$; $\psi = 0,85$;
 $\alpha_1 = 19^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 6^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.
- $H_0 = 85$ кДж/кг; $\rho = 0,55$; $c_0 = 100$ м/с; $d = 1,2$ м; $\varphi = 0,96$; $\psi = 0,86$;
 $\alpha_1 = 25^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 7^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.
- $H_0 = 70$ кДж/кг; $\rho = 0,4$; $c_0 = 50$ м/с; $d = 1,2$ м; $\varphi = 0,95$; $\psi = 0,87$;
 $\alpha_1 = 25^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 6^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.
- $H_0 = 40$ кДж/кг; $\rho = 0,1$; $c_0 = 30$ м/с; $d = 0,8$ м; $\varphi = 0,95$; $\psi = 0,82$;
 $\alpha_1 = 12^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 3^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.
- $H_0 = 80$ кДж/кг; $\rho = 0,4$; $c_0 = 90$ м/с; $d = 1,0$ м; $\varphi = 0,96$; $\psi = 0,86$;
 $\alpha_1 = 14^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 6^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.
- $H_0 = 40$ кДж/кг; $\rho = 0$; $c_0 = 60$ м/с; $d = 0,9$ м; $\varphi = 0,95$; $\psi = 0,86$;
 $\alpha_1 = 12^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 3^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.
- $H_0 = 70$ кДж/кг; $\rho = 0,3$; $c_0 = 90$ м/с; $d = 1,0$ м; $\varphi = 0,94$; $\psi = 0,85$;
 $\alpha_1 = 20^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 5^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.
- $H_0 = 45$ кДж/кг; $\rho = 0,1$; $c_0 = 35$ м/с; $d = 0,85$ м; $\varphi = 0,96$; $\psi = 0,87$;
 $\alpha_1 = 12^\circ$; $\beta_2 = \beta_1 - 3^\circ$; $n = 3000$ 1/мин.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено к.т.н., доц. Грановською О.О.

Ухвалено кафедрою ТЕУТ та АЕС (протокол № 19 від 8.06.2021)

Погоджено Методичною радою факультету (протокол № 11 від 24.06.2021)