



Турбіни та допоміжне обладнання теплоенергетичних установок

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалавр)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>144 Теплоенергетика</i>
Освітня програма	<i>ОНП Теплоенергетика</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/ зочна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредита, 120 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік</i>
Розклад занять	<i>Лекційні заняття – один раз на тиждень; практичні заняття – один раз на тиждень</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н, доц. Назарова Ірина олександрівна, iren72naz@gmail.com¹</i> Практичні: <i>к.т.н, доц. Назарова Ірина олександрівна, iren72naz@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?session=e7dcd4d8584a</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Метою вивчення та засвоєння студентами навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей (компетентностей): отримання базових знань в галузі насосного обладнання, студент має освоїти методiku випробування та вибору нагнітачів для різних виробничих потреб; вивчення основних типів теплових двигунів, галузей їх застосування та методики розрахунку їх енергетичної ефективності; студент має отримати знання необхідні при проектуванні енергетичних об'єктів, які в своєму технологічному процесі застосовують широку номенклатуру насосного обладнання.

Метою навчальної дисципліни «Турбіни та допоміжне обладнання теплоенергетичних установок» є опанування системи умінь та формування компетенцій, які дозволяють вирішувати типові задачі діяльності і проблеми під час здійснення фахівцем з теплоенергетики в галузі теплоенергетичних установок виробничих функцій. До таких компетенцій, які має продемонструвати студент після засвоєння навчальної дисципліни належать: формування здатностей (компетентностей), які студент набуде після вивчення дисципліни:

¹ Електронна пошта викладача або інші контакти для зворотного зв'язку, можливо зазначити прийомні години або години для комунікації у разі зазначення контактних телефонів. Для силабусу дисципліни, яку викладає багато викладачів (наприклад, історія, філософія тощо) можна зазначити сторінку сайту де представлено контактну інформацію викладачів для відповідних груп, факультетів, інститутів.

ЗК3	Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
ЗК6	Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
ФК2	Здатність застосовувати і інтегрувати знання і розуміння інших інженерних дисциплін для вирішення професійних проблем.
ФК4	Здатність виявляти, класифікувати і оцінювати ефективність систем і компонентів на основі використання аналітичних методів і методів моделювання в теплоенергетичній галузі.
ФК8	Здатність використовувати наукову і технічну літературу та інші джерела інформації у професійній діяльності в теплоенергетичній галузі..
ФК11	Здатність забезпечувати якість в теплоенергетичній галузі
ФК13	Здатність аналізувати методи та засоби підвищення теплової економічності устаткування об'єктів промислової та муніципальної теплоенергетики; визначати шляхи модернізації теплової схеми з метою підвищення економічності та надійності роботи об'єктів промислової та муніципальної теплоенергетики

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі **програмні результати навчання**:

ПРН2	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.
ПРН4	Аналізувати і використовувати сучасні інженерні технології, процеси, системи і обладнання у сфері теплоенергетики.
ПРН8	Застосовувати передові досягнення електричної інженерії та суміжних галузей при проектуванні об'єктів і процесів теплоенергетики.
ПРН13	Розуміти ключові аспекти та концепції теплоенергетики, технології виробництва, передачі, розподілу і використання енергії.
ПРН15	Розуміти основні властивості та обмеження застосовуваних матеріалів, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів.
ПРН17	Аргументувати і доносити судження, які відбивають інженерні рішення в сфері теплоенергетики та відповідні соціальні, екологічні та етичні проблеми до фахівців і нефахівців.
ПРН20	Вміти розробляти оптимальні конструкції та експлуатаційні режими теплообмінного обладнання; оцінювати їх ефективність і загальну економічність.

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

Для вивчення дисципліни «Турбіни та допоміжне обладнання теплоенергетичних установок» необхідні знання в області дисциплін, що викладалися попередньо: вища математика; фізика; технічна термодинаміка; гідрогазодинаміка; тепломасообмін; опір матеріалів, які використовуються при вивченні дисципліни.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1

Тема 1.1. Термодинамічні та гідродинамічні основи процесів стиску та розширення в нагнітачах та теплових двигунах. Вступ. Зміст курсу, зв'язок його з суміжними та базовими дисциплінами. Значення та масштаби використання нагнітачів та теплових двигунів у господарстві. вітчизняні та зарубіжні досягнення в галузі їх розробки. Основні поняття та визначення, класифікація.

Тема 1.2. Відцентрові нагнітачі.

Принцип перетворення енергії в лопаткових апаратах. Основні положення теорії течії рідини в елементах нагнітачів. Поняття показника реактивності, визначення роботи і потужності машини. ККД нагнітача та установки в цілому. Теоретичні основи нагнітачів кінетичної дії. Перетворення енергії в колесі нагнітача. Теоретичний напір. Трикутники швидкостей, рівняння Ейлера. Зв'язок напіра та характерних розмірів ступені і частоти обертання колеса нагнітача. Теоретичні і дійсні характеристики нагнітачів. Умови роботи нагнітача на трубопровід. Стала і нестала робота нагнітачів. Помпаж. паралельна та послідовна робота нагнітачів на загальну трубопроводу систему. Способи регулювання подачі. Від'ємні особливості відцентрових і осьових нагнітачів.

Тема 1.3. Поршневі нагнітачі (насоси).

Теоретичні основи нагнітачів об'ємної дії. Спосіб дії. Індикаторна діаграма. Подача поршневих насосів. Нерівномірність всмоктування та подачі. Потужність та ККД. Характеристики. Регулювання подачі. Спільна робота поршневого нагнітача та трубопроводу. Допустима висота всмоктування. Конструкції поршневих насосів.

Тема 1.4. Роторні нагнітачі.

Основні конструктивні типи. Нерівномірність подачі. Потужність та ККД. Характеристики. Регулювання подачі. Область застосування. Конструкції.

Тема 1.5. Відцентрові вентилятори.

Основні поняття. Застосування. Тиск, який може розвинути вентилятор. Вплив самотяги. Коефіцієнт повного тиску. Подача, потужність, ККД вентилятора. Вибір вентилятора по заданим параметрам. Характеристики. Регулювання відцентрових вентиляторів. Конструктивне виконання відцентрових вентиляторів загального призначення. Тягодуттєві вентилятори теплових електричних станцій. Вплив механічних домішок на роботу вентилятора.

Тема 1.6. Осьові вентилятори.

Решітка профілей. Основні рівняння. Напір, втрата тиску, ККД. Багатоступеневі осьові вентилятори. Особливості умов роботи довгих лопатей. Розрахунок осьових вентиляторів. Характеристики, регулювання подачі.

Тема 1.7. Поршневі компресори.

Робота нагнітач на стислому середовищі. Робота стиску в ідеальному та реальному поршневому компресорі. Відносна та повна робота та потужність. Мертвий простір та його вплив на подачу. ККД компресора. Способи регулювання подачі. Максимальна ступінь підвищення тиску в одному циліндрі. Багатоступеневий стиск та послідовне охолодження. Випробування компресора. Енергетичний баланс компресора. Розрахунок основних розмірів компресора.

Тема 1.8. Відцентрові компресори.

Ступінь відцентрового компресора. Потужність відцентрового компресора. Наближений розрахунок ступеню. Конструкції відцентрових компресорів.

Тема 1.9. Осьові компресори.

Ступінь осьового компресора. Конструктивні форми осьових компресорів. Розрахунок основних розмірів ступеню. Приклади конструкцій.

Розділ 2. Теплові двигуни.

Тема 2.1. Парові турбіни. Основні поняття

Виникнення та розвиток теплових двигунів. Основні поняття та визначення. Види теплових двигунів та їх класифікація. Основні завдання. Зв'язок з іншими дисциплінами. Література. Сучасний стан та перспективи розвитку теплових двигунів на Україні та за кордоном. Принцип дії парової турбіни. Елементи турбін. Класифікація, умовні позначення турбін. Теплова схема ПТУ. ККД парових турбін.

Тема 2.2. Парові турбіни. Основні поняття

Тепловий процес в каналах соплових лопаток. Звужені та розширені сопла. Области їх використання. Визначення швидкостей та втрат в соплових решітках. Розширення пари у косому зрізі звуженого сопла. Повний парціальний підвід пари в робочі канали турбінної ступені. Активні та реактивні ступені. Тепловий процес в них. Ступінь реактивності та її визначення. Трикутники швидкостей. Визначення розмірів та геометричних характеристик соплових та робочих решіток. Втрати енергії в турбінній ступені.

Тема 2.3. Одноступеневі турбіни та турбіни із східцями швидкості.

Принципові схеми та тепловий процес в турбіні. Визначення графоаналітичним методом оптимального відношення $(U/C_1)_{opt}$ та максимального ККД. Застосування реактивності. Розрахунок ступеню з врахуванням зміни параметрів потоку по радіусу. Методика теплового розрахунку турбін.

Тема 2.4. Багатоступеневі парові турбіни.

Принципова схема та робочий процес. Тепловий процес в H-S діаграмі. Коефіцієнт повернення тепла. Перетворення енергії в осьовому турбінному ступеню. Особливості роботи групи ступеней під вологим паром. Радіальні та радіально-осьові сили. Осьові сили та шляхи їх урівноваження. Кінцеві ущільнення турбін. Клапани та вихідні патрубки. Основи теплового розрахунку ступенів турбін. Гранична потужність одно поточної турбіни та шляхи її підвищення.

Тема 2.5. Теплофікаційні парові турбіни.

Турбіни з протитиском. Турбіни з одним регулюючим відбором пари. Приклад розрахунку і побудови діаграми режимів турбіни з одним регулюючим відбором пари. Особливості конструкцій, тепловий процес, принципові схеми, основні характеристики. Турбіни з протитиском та регулюючим відбором пару. Турбіни з двома регулюючими відборами пари. Турбіни з двохступеневим опалювальним відбором пари. відбором пари Особливості конструкцій, тепловий процес, принципові схеми, основні характеристики.

Тема 2.6. Регулювання. Захист та масло постачання парових турбін.

Способи регулювання. Особливості теплового процесу турбін при дросельному та сопловому регулюванні на змінному режимі роботи. PV - діаграми. Принципові схеми конденсаційних турбін. Елементи системи регулювання. види захисту парових турбін. Схеми, принцип роботи. Масло постачання турбін. Схеми масло постачання. Масляні насоси.

Тема 2.7. Конденсаційні установки парових турбін.

Схема конденсаційної установки та її елементи. Конструкції конденсаторів та особливості теплового процесу. Основні характеристики конденсаторів. Охолодження циркуляційної води. З'єднання конденсатора з турбіною. Фактори, що впливають на роботу конденсатора. Пароструйні та водоструйні ежекторні установки. Конденсаті та циркуляційні насоси. Прямоточні та зворотні системи водопостачання. Способи охолодження циркуляційної води.

Тема 2.8. Газові турбіни та газотурбінні установки.

Класифікація ГТУ. Техніко-економічні показники. Принцип роботи ГТУ та основні її елементи. Робочий процес. Цикли, параметри, характеристики ГТУ. Способи підвищення ККД ГТУ. Одновальні та двовальні ГТУ. Парогазові установки. Цикли, схеми, економічні показники. Замкнені ГТУ. Перспективи використання ГТУ в АЕС.

Тема 2.9. Двигуни внутрішнього згорання.

Класифікація ДВЗ. Принцип роботи та основні елементи ДВЗ. Чотиритактні та двотактні ДВЗ. Індикаторні діаграми. Способи підвищення потужності ДВЗ. Основні етапи пуску, обслуговування та зупинки теплових двигунів. Забезпечення економічної та надійної їх роботи. Техніка безпеки та протипожежні заходи при експлуатації теплових двигунів. Причини та аналіз основних неполадок при їх роботі.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Черкасский В.Н. Насосы, вентиляторы, компрессорн. М: Энергия, 1982 с. 474.
2. Шлипченко З.С. Насосы, компрессоры, вентиляторы. Киев. Техника. 1976.
3. Нигматулин И.Н., Иенев В.Н., Шляхин П.Н. Тепловые двигатели. М: Высшая школа 1974. с. 374.
4. Шегляев А.В. Паровые турбинн. М: Энергия. 1976. с. 347.
5. Трухний А.Д. Стационарные паровне турбины. М: Знергоатомиздат. 1990. с. 640.
6. Предтеченский Г.П. Газотурбинные установки. М-Л. Госэнергоиздат. с. 375.

Допоміжна література

1. Шляхин П.Н. Паровие и газовые турбинн. М-Л.; Энергия, с. 263.
2. Семенов А.С. Шевченко А.М. Тепловой расчет паровой турбины. Киев. Вища школа. 1975. с. 205.
3. Ольховский Г.Г. Энергетические газотурбинные установки. М.: Знергоатомиздат. 1985. с. 303.
4. Методические указания к изучению дисциплины «Нагнетатели и тепловые двигатели». Составитель Савченко В.И. КПИ. 1991. с. 30.
5. Методические указания к практическим занятиям по курсу «Вентиляторы, компрессоры, насосы» Составители: Савченко В.И., Любчик Г.Н., Михайлюк В.Т. КПИ. 1987. с. 60.
6. Методические указания по выполнению лабораторных практикумов по курсам «Насосы, вентиляторы, компрессорн» и др. Составители Любчик Г.Н., Михайлюк В.Т. и др. КПИ. 1992, с. 20.
7. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Паровне и газовне турбинн». Тепловой расчет одноступенчатой паровой турбины. Составители: Шевченко А.М., Ткачук Ю.Ф., КПИ, 1984 с. 60.

8. Рекомендації

Сайт наукової бібліотеки НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» <http://library.kpi.ua> в розділі «Електронні ресурси», підрозділі «Загальний електронний каталог НТБ» дозволяє знайти та замовити рекомендовану літературу до навчальної дисципліни та отримати доступ до електронних ресурсів бібліотеки та роботи з ними

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
Розділ 1	
1.	Основні задачі. Зв'язок з іншими дисциплінами. Сучасний стан та перспективи розвитку нагнітачів на Україні та за кордоном. Потужність, ККД, напір, продуктивність. Класифікація та основні схеми нагнітачів [1]с. 13-27; [4д]с. 3-7; [5д]с. 3-11. Дидактичні засоби: Схема класифікації нагнітачів.
2.	Відцентрові нагнітачі.. Принцип дії, конструктивні елементи. Основні рівняння. Трикутники швидкості. Типи лопастей робочих коліс. Напор та продуктивність. ККД. Течія в міжлопасних каналах. Багатоступеневі відцентрові насоси. Теоретичні та дійсні характеристики насосів. Коефіцієнт швидкості. Кавітація. Регулювання. Сумісна робота насосів та мережі. Послідовне та паралельне включення. Насосне обладнання теплових електричних станцій та теплових сітей. [1]с. 29-59; [2] с. 187-207. [1] с. 65-82, с. 124-135, с. 162-183; [2] с. 211-222. Дидактичні засоби: Схеми відцентрових нагнітачів. Плакати, слайди насосів теплових електростанцій.
3.	Поршневі нагнітачі. принцип дії та основні конструктивні елементи. Індикаторна діаграма Потужність та ККД. Характеристики. Регулювання подачі. Сумісна робота

	поршневого насоса та мережі. Допустима висота всмоктування [1]с. 258-279; [2] с. 255-291. Дидактичні засоби: Схеми слайди конструкцій поршневих насосів.
4.	Роторні нагнітачі. Типи роторних нагнітачів. Зубчаті, пластинчаті, вінтові. Принцип дії та конструктивні особливості. Нерівномірність подачі. Потужність і ККД. Характеристики. Регулювання подачі. [1]с. 283-293; [2] с. 293-302. Дидактичні засоби: Схеми конструкцій роторних нагнітачів.
5.	Відцентрові вентилятори. Особливості конструкції. Продуктивність, потужність, ККД. Характеристики. Регулювання. Підбір вентиляторів по заданим параметрам. Тягодуттєві вентилятори теплових електричних станцій. [1] с. 206-230; [2] с. 340-346; [5д] с. 26-36. Дидактичні засоби: Схеми відцентрових вентиляторів. Слайди.
6.	Осьові вентилятори та насоси. Принцип дії та конструктивні особливості. Потужність. ККД. Змінні режими роботи. Регулювання подачі. Підбір вентиляторів на задані режими роботи. [1]с. 251-258; [2] с. 347-350. Дидактичні засоби: Конструкції осьових вентиляторів та насосів
7.	Поршневі компресори. Класифікація. Принцип дії. Потужність. ККД. Індикаторна діаграма. Охолодження. Багатоступеневе стискання. Характеристики. Регулювання. [1] с. 347-367; [2] с. 311-329; [5д] с. 43-49. Дидактичні засоби: Конструкції поршневих компресорів.
8.	Відцентрові компресори. Принцип дії. Типи робочих коліс. Потужність. ККД. Ступінь відцентрового компресора. Змінні режими роботи. Регулювання. Характеристики. Помпаж. Запас стійкості роботи. [1,т . 318-331; 6, с. 207-209].
9.	Осьові компресори. Принцип дії, характеристики. Змінні режими роботи. Багатоступеневі компресори. Конструктивні форми осьових компресорів. Конструкції компресорів. Области застосування. [1, с. 331-337; 6, с. 209-214 ;1, с. 337-348; 6, с. 215-219]. Дидактичні засоби: Схеми зміни температурних режимів роботи компресорів. Конструкції осьових компресорів.
Розділ 2. Теплові двигуни.	
10	Парові турбіни. Основні поняття. Основні завдання. Зв'язок з іншими дисциплінами. Література. Сучасний стан та перспективи розвитку теплових двигунів на Україні та за кордоном. Принцип дії парової турбіни. Елементи турбін. Класифікація, умовні позначення турбін. Теплова схема ПТУ. ККД парових турбін. [7, с. 7-17; 4, с. 7-14; 2д, с. 15-25]. Дидактичні засоби: Плакати: Парова турбіна та теплова схема на високі параметри пару.
11	Тепловий процес в турбінній ступені. Тепловий процес в каналах соплових лопаток. Звужені та розширені сопла. Области їх використання. Визначення швидкостей та втрат в соплових решітках. Розширення пари у косому зрізі звуженого сопла Повний парціальний підвід пари в робочі канали турбінної ступені. Активні та реактивні ступені. Тепловий процес в них. Ступінь реактивності та її визначення. Трикутники швидкостей. Визначення розмірів та геометричних характеристик соплових та робочих решіток. Втрати енергії в турбінній ступені. [3 с. 18-25; 4, с. 63-68; 5, с. 34-39; 3, с. 43-45; 4, с. 73-78; 5, с. 42-49; Ід, с. 38-47]. Дидактичні засоби: Натурні зразки соплових лопаток. схема ступені турбіни та її характеристики.
12	Одноступеневі турбіни та турбіни із східцями швидкості. Принципові схеми та тепловий процес в турбіні. Визначення графоаналітичним методом оптимального відношення (и/С1)опт та максимального ККД. Застосування реактивності. Методика теплового розрахунку турбін. [4, с. 130-149; 7д, с. 3-25]. Дидактичні засоби: Слайди, плакати конструкцій турбін.
13	Багатоступеневі парові турбіни. Принципова схема та робочий процес. Тепловий процес в Н-S діаграмі. Коефіцієнт повернення тепла. Осьові сили та шляхи їх урівноваження. Основи теплового розрахунку ступенів турбін. Гранична потужність одно поточної турбіни та шляхи її підвищення. [3 с. 47-52; 4, с. 168-185; 5, с. 54-65; Ід, с. 86-89; 2д, с. 101-144].

	<p>Дидактичні засоби: Схеми, слайди, плакати багатоступеневих парових турбін.</p>
14	<p>Теплофікаційні парові турбіни. Турбіни з протитиском. Турбіни з одним регулюючим відбором пару. Особливості конструкцій, тепловий процес, принципові схеми, основні характеристики. Турбіни з протитиском та регулюючим відбором пару. Турбіни з двома регулюючими відборами пари. Особливості конструкцій, тепловий процес, принципові схеми, основні характеристики.</p> <p>[3, с. 107-114; 4, с. 317-329; 5, с. 270-290; Ід, с. 159-169; 3, с. 116-119; 4, с. 335-341; 5, с. 312-330; Ід, с. 174-181].</p> <p>Дидактичні засоби: Схеми, слайди турбін з протитиском; з одним регулюючим відбором пару. Слайди, плакати конструкцій теплофікаційних турбін.</p>
15	<p>Регулювання. Захист та масло постачання парових турбін. Способи регулювання. Особливості теплового процесу турбін при дросельному та сопловому регулюванні на змінному режимі роботи. Рв - діаграми. Принципові схеми конденсаційних турбін. Елементи системи регулювання. види захисту парових турбін. Схеми, принцип роботи. Масло постачання турбін. Схеми масло постачання. Масляні насоси. [3, с. 83-92; Ід, с. 118-122; 4, с. 128-151; Ід, с. 1259-133].</p> <p>Дидактичні засоби: Робочі схеми регулювання парових турбін. Окремі елементи схеми регулювання. Схеми видів захисту та масло постачання парових турбін.</p>
16	<p>Конденсаційні установки парових турбін. Схема конденсаційної установки та її елементи. Конструкції конденсаторів та особливості теплового процесу. Основні характеристики конденсаторів. Пароструйні та водоструйні ежекторні установки. Конденсаті та циркуляційні насоси. Прямоточні та зворотні системи водопостачання. Способи охолодження циркуляційної води. [3, с. 127-154; 5, с. 158-185; Ід, с. 241-261].</p> <p>Дидактичні засоби: Схеми, слайди конструкцій конденсаторів та інших елементів конденсаційної установки.</p>
17	<p>Газові турбіни та газотурбінні установки. Класифікація ГТУ. Техніко-економічні показники. Принцип роботи ГТУ та основні її елементи. Робочий процес. Цикли, параметри, характеристики ГТУ. Способи підвищення ККД ГТУ. Одновальні та двовальні ГТУ. Парогазові установки. Цикли, схеми, економічні показники. Замкнеш ГТУ. Перспективи використання ГТУ в АЕС. [3, с. 154-187; 6, с. 18-32; Зд, с. 8-18; 3, с. 178-185; Зд, с. 18-23].</p> <p>Дидактичні засоби: Схеми різних типів паро газових установок.</p>
18	<p>Двигуни внутрішнього згорання. Класифікація ДВЗ. Принцип роботи та основні елементи ДВЗ. Чотиритактні та двотактні ДВЗ. Індикаторні діаграми. Способи підвищення потужності ДВЗ. Основні етапи пуску, обслуговування та зупинки теплових двигунів. Забезпечення економічної та надійної їх роботи. Техніка безпеки та протипожежні заходи при експлуатації теплових двигунів. Причини та аналіз основних неполадок при їх роботі. [1, с. 225-250, 5, с. 399-440].</p> <p>Дидактичні засоби: Схеми систем двигунів внутрішнього згорання.</p>

Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять полягають у набутті студентами умінь виконувати

№з/п	Назва практичного заняття
1,2	Розрахунок робочого колеса та профілювання лопатей: визначення коефіцієнта швидкохідності, оцінка об'ємного ККД нагнітача, розрахунок геометричних характеристик робочого колеса. [5д, с. 2-5].
3,4	Визначення величини осьової сили та підбір нагнітача по заданим характеристикам. [5д, с. 6-9].
5,6	Розрахунок енергетичних та кінематичних характеристик для змінних режимів. [5д, с. 10-13].
7,8	Ознайомлення з конструкцією поршневого нагнітача, галузі застосування, визначення ККД нагнітача. [1, с. 258-279].
9,10	Ознайомлення з конструкцією роторних та відцентрових вентиляторів, розрахунок їх експлуатаційних характеристик на змінних режимах роботи. [1, с. 283-293, 206-230].

11,12	Ознайомлення з конструкцією поршневих компресорів та осьових вентиляторів, розрахунок їх експлуатаційних характеристик на змінних режимах роботи. [1, с. 251-258, 347-367].
13,14	Ознайомлення з конструкцією парових турбін. Розрахунок втрат енергії в турбінній ступені, визначення осьових зусиль. [5, с. 31-50].
15,16	Розрахунок термодинамічного циклу ГТУ з регенерацією та без. [6, с. 119-126].
17,18	Ознайомлення з конструкціями двигуна внутрішнього згорання, розрахунок геометричних характеристик ДВЗ. [3с. 299-302].

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що вивчається на самостійне опрацювання	
1.	Способи підвищення ККД нагнітачів [1, с. 52-54].	2
2.	Нестійкість роботи відцентрових насосів. Помпаж. Вибір насосів по заданих робочим параметрам. [1, с. 109-114].	3
3.	Випробування поршневих насосів. [1, с. 98-104].	3
4.	Характеристики роторних нагнітачів [2, с. 332-334].	3
5.	Вплив обточки робочого колеса на основні характеристики нагнітача [2, с. 234-236]. Регулювання подачі нагнітача напрямними апаратами [1, с. 94-97].	3
6.	- Характеристики осьових вентиляторів та насосів. [2, с. 347-349].	4
7.	Випробування поршневих компресорів. [1, с. 380-382; 2, с. 30-311].	3
8.	Ротаційні компресори, турбокомпресори. [2, с. 332-339].	2
9.	Трикутники швидкостей осьових компресорів. Тепловий процес компресорної ступені в h-s діаграмі, [1, с. 331-337].	3
10.	Способи підвищення економічності парових турбін. [5, с. 624-629].	2
11.	Розширення пару в косому зрізі звуженого сопла. Трикутники швидкостей для реактивної ступені. [5, с. 37-41; 4, с. 115-126].	2
12.	Внутрішні втрати енергії пару. [5, с. 144-152].	2
13.	Визначення коефіцієнта повернення тепла; технічні характеристики парових турбін великої потужності. [4, с. 242-253, 361-380].	2
14.	Діаграма режимів турбіни з одним регулюючим відбором пару. Діаграма режимів турбіни з двома регулюючими відборами пару [2д].	2
15.	Турбінні масла їх властивості та характеристики. Статична характеристика регулювання парових турбін. [2д].	2
16.	Основи експлуатації конденсаційних установок. [5, 552-572].	2
17.	Порівняльні характеристики роботи ПТУ та ГТУ.	3
18.	Використання наддуву для двигунів внутрішнього згорання. Ілюстративний матеріал (слайди, фотографії, натурні елементи) по можливим ушкодженням елементів ГТУ. Способи зниження забруднення атмосферного повітря при роботі ПТУ та ГТУ. [3, с. 238-242]	4

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Зазначається система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- на заняттях дозволяється використання засобів зв'язку для пошуку інформації та виконання індивідуальних завдань;
- захист практичних завдань відбувається на практичному занятті у виділеній для цього викладачем час;
- итрафні та заохочувальні бали:

-відсутність на практичному занятті без поважної причини- мінус 5 балів;
-несвоєчасне (пізніше ніж на тиждень) подання РГР- мінус 5 балів;
-участь в олімпіаді з дисципліни, розробка ситуаційних вправ, тестових завдань та задач з дисципліни, виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни надається від 5 до 10 заохочувальних балів.

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

Види контролю знань студентів з дисципліни:

- відповіді на лекційних заняттях;
- відповіді на практичних заняттях;
- виконання завдань СРС;
- виконання МКР;
- виконання РГР;
- відповідь на екзамені – максимально 40 балів.

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, які він отримує за:

- 1) три відповіді в середньому кожного студента на лекційних заняттях (на одному занятті опитуються приблизно 2 студенти; при середній чисельності групи 10 осіб і двадцяти шести лекційних занять (52 години) отримуємо: $2 \cdot 13 / 10 \approx 3$ відповіді);
- 2) дві відповіді в середньому кожного студента на практичних заняттях (на одному занятті опитуються приблизно 3 студенти; при середній чисельності групи 10 осіб і семи практичних занять (13 годин) отримуємо: $3 \cdot 7 / 10 \approx 2$ відповіді);
- 3) виконання завдань СРС;
- 4) виконання однієї МКР;
- 5) відповідь на екзамені – максимально 40 балів.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

1. Робота на лекційних заняттях

Ваговий бал — 3. Максимальна кількість балів студента на всіх заняттях: $r_1 = 3 \text{ бали} \times 3 = 9$ балів.

Критерії оцінювання:

3 бали — повна вірна відповідь на поставлене запитання; **2 бали** — відповідь має несуттєві похибки; **1 бал** — неповна відповідь; **0 балів** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді.

2. Робота на практичних заняттях

Ваговий бал – 3. Максимальна кількість балів студента на всіх заняттях: $r_2 = 3 \text{ бали} \times 2 = 6$ балів.

Критерії оцінювання:

3 бали — повна вірна відповідь на поставлене запитання; **2 бали** — відповідь має несуттєві похибки; **1 бал** — неповна відповідь; **0 балів** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді.

3. Виконання завдань СРС

Ваговий бал – 5. Максимальна кількість балів студента 35 (видається сім завдань на СРС, строк задачі завдання – не пізніше ніж через два тижні після видачі): $r_3 = 5 \text{ балів} \times 7 = 35$ балів. Виконане завдання надається викладачу у вигляді конспекту, виконання завдань СРС обов'язкове.

Критерії оцінювання:

5 бали – в повному об'ємі і вчасно надана відповідь; 2 бали – не в повному об'ємі і вчасно надана відповідь; 0 балів – не вчасно надана відповідь або ненадана відповідь.

Штрафні бали:

- несвоєчасне представлення виконаного завдання СРС без поважної причини (хвороба) – -2 бал.*

Заохочувальні бали

- участь в олімпіаді з дисципліни, розробка ситуаційних вправ, тестових завдань та задач з дисципліни, виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни надається від 5 до 10 заохочувальних балів*

4. Модульна контрольна робота (МКР)

Проводиться дві частини МКР. Ваговий бал кожної частини – 5. Максимальна кількість балів за МКР дорівнює $r_4 = 5 \times 2 = 10$ балів.

Критерії оцінювання:

5 балів – повна вірна відповідь на завдання; 4 бали – відповідь має несуттєві похибки; 3 бали – неповна відповідь; 0...2 бали – наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді, МКР не зараховано.

5. Відповіді на екзамені

Екзамен проводиться у письмово-усній формі. Екзаменаційний білет складається з трьох теоретичних питань. Перелік питань наведений у додатку до силабусу дисципліни. Перші два теоретичних питання оцінюються по 10 балів, а третє – 20 балів. Тобто, максимальна кількість балів за виконане завдання $10+10+20 = 40$ балів.

Критерії оцінювання:

Кожне питання екзаменаційної роботи оцінюється згідно до системи оцінювання:

правильне раціональне рішення, або повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 9...10 (18...20) балів;

достатньо повна відповідь, правильне рішення (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 7...8 (14...17) балів;

неповна відповідь, рішення з помилками (не менше 50% потрібної інформації та деякі помилки) – 5...6 (11...13) балів;

незадовільна відповідь, або відсутність рішення (менше 50% потрібної інформації та помилки) – менше 5 (10) балів.

Штрафні бали:

додаткове питання з тем лекційного курсу отримують аспіранти, які не брали участі у роботі певного заняття. Незадовільна відповідь з додаткового питання знижує загальну оцінку на 3 бали.

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (R_d):

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

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

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

Максимально можливий стартовий рейтинг: $R_C = 9+6+35+10 = 60$ балів.

Необхідною умовою допуску до екзамену є позитивна оцінка з виконання всіх завдань СРС, захист розрахункової роботи та стартовий рейтинг не менше $0,4 \times R_C = 24$ балів.

Студенти, які набрали в семестрі рейтинг з дисципліни менше, ніж 24 бали, зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до екзамену з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість.

Екзаменаційна складова R_E шкали дорівнює: $R_E = 40$ балів.

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

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

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

За рішенням кафедри, згідно Тимчасового регламенту проведення семестрового контролю в дистанційному режимі (Наказ № 7/86 від 08.05 2020 року), допускається застосувати підхід щодо виставлення оцінки з кредитного модуля «автоматом» шляхом пропорційного перерахунку стартових балів у підсумкові за 100-бальною шкалою. При цьому обов'язковим залишається виконання студентом умов допуску до екзамену. Студентам, які набрали фактичний стартовий рейтинг не менший, ніж 0,9 від максимального можливого (тобто $R_c \geq 54$), екзаменатор може запропонувати виставити оцінку «Дуже добре». Найвища оцінка «автоматом» не виставляється.

Переведення стартових балів у підсумкові здійснюється за формулою

$$R = 60 + \frac{40 \cdot (R_i - R_D)}{(R_c - R_D)},$$

де R – оцінка за 100-бальною шкалою;

R_i – сума балів, набраних студентом продовж семестру;

R_c – максимальна сума вагових балів контрольних заходів продовж семестру;

R_D – бал допуску до екзамену.

Студенти, які хочуть підвищити оцінку з кредитного модуля, виконують екзаменаційну роботу. При цьому переведення стартових балів у підсумкові не здійснюється.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено к.т.н., доц. Назарова Ірина Олександрівна

Ухвалено кафедрою теоретичної і промислової теплотехніки (протокол № 16 від 23.06.2020 р.)

Погоджено Методичною комісією теплоенергетичного факультету (протокол № 11 від 24.06.2020р.)