

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра _____ аерокосмічної теплотехніки _____ (№ 205 _____)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



(підпис)

Михайло ОРЛОВСЬКИЙ

(ініціали та прізвище)

« 2 » вересня 2024 р.

СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Термодинаміка і теплообмін

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: _____ 27 «Транспорт» _____
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: _____ 272 «Авіаційний транспорт» _____
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: «Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів»

—
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти:
перший (бакалаврський)

Силабус введено в дію з 01.09.2024 року

Харків – 2024 р.

Розробник: Костянтин ЄПФАНОВ, доцент, к.т.н.

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри
аерокосмічної теплотехніки (№ 205)

Протокол № від « 20 » серпня 2024 р.

Завідувач кафедри Д.Т.Н., доцент

(науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

Павло ГАКАЛ

(ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

здобувач: студент групи 243



Іван ЗЕЛЕНСЬКИЙ

. Загальна інформація про викладача



Костянтин ЄПІФАНОВ, к.т.н.,
доцент. З 2000 року викладає в
університеті. Основні дисципліни:

- термодинаміка і
теплообмін;
- тепломасообмін;
- теорія робочих процесів
теплових машин.

Напрями наукових досліджень:
моделювання теплогідравлічних
процесів в енергетичних системах,
процеси тепломасообміну та
гідрогазодинаміки в складних
системах, багатофазні течії.

2. Опис навчальної дисципліни

Семестр, в якому викладається дисципліна – 4 семестр.

Обсяг дисципліни:

3,5 кредитів ЄКТС (105 годин), у тому числі аудиторних – 56 годин,
самостійної роботи здобувачів – 49 години.

Форми здобуття освіти – денна

Дисципліна – обов'язкова.

Види навчальної діяльності – лекції, лабораторні роботи, практичні роботи,
самостійна робота здобувача.

Види контролю – поточний, модульний та підсумковий (семестровий)
контроль (залік).

Мова викладання – українська.

Необхідні обов'язкові попередні дисципліни (пререквізити) – вища
математика, фізика, взаємозамінність та стандартизація, моделювання об'єктів
авіаційної техніки, навчальна практика, ознайомча практика, гідравліка,
аерогідродинаміка.

Необхідні обов'язкові супутні дисципліни (кореквізити) – тіпог
дисципліна 1.

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: придбання знань, умінь і навичок, що дозволять розробляти спрощені змістові та математичні моделі процесів термодинаміки і теплообміну в аерокосмічних об'єктах.

Завдання: практична реалізація можливостей термодинамічного аналізу та оптимізації процесів перетворення видів енергії, витрачення максимально можливої ефективності енергоустановок і основних джерел втрат працездатності, розрахунки температурного стану найпростіших геометричних аналогів елементів об'єктів аерокосмічної техніки.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей**:

- здатність проведення досліджень на відповідному рівні;
- здатність розробляти та управляти проектами;
- здатність дотримуватися у професійній діяльності вимог міжнародних та національних нормативно-правових документів в галузі авіаційного транспорту, інструкцій та рекомендацій з експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів авіаційного транспорту та їх систем;
- здатність аналізувати об'єкти авіаційного транспорту та їх складові, визначати вимоги до їх конструкції, параметрів та характеристик;
- здатність здійснювати експериментальні дослідження та вимірювання параметрів та характеристик об'єктів авіаційного транспорту, їх агрегатів, систем та елементів;
- здатність розробляти та впроваджувати технологічні процеси, технологічне устаткування і технологічне оснащення, засоби автоматизації та механізації при виробництві, експлуатації, ремонті та обслуговуванні об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів;
- здатність розробляти та впроваджувати у виробництво технологічні процеси будівництва, експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем, оформлювати відповідну документацію, інструкції, правила та методики;
- здатність розробляти з урахуванням безпечних умов використання, міцнісних, естетичних, ергономічних і економічних параметрів технічні завдання і технічні умови на проектування об'єктів авіаційного транспорту, його систем та окремих елементів; складати плани розміщення устаткування, технічного оснащення та організації робочих місць, розраховувати завантаження устаткування та показники якості продукції;

- здатність застосовувати методи та засоби технічних вимірювань, технічні регламенти, стандарти та інші нормативні документи при технічному діагностуванні об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів;
- здатність аналізувати техніко-економічні та експлуатаційні показники об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів з метою виявлення та усунення негативних чинників та підвищення ефективності виробничого процесу;
- здатність організовувати власну роботу, роботу підлеглих та підпорядкованих підрозділів відповідно до вимог охорони праці, техніки безпеки та протипожежної безпеки на об'єктах авіаційного транспорту при їх побудові, виробництві, експлуатації, технічному обслуговуванні та ремонті;
- здатність організовувати та виконувати взаємодію між задіяними підрозділами та службами з експлуатації засобів авіаційного транспорту та наземного забезпечення польотів авіації відповідно до встановлених технічних регламентів;
- здатність враховувати метеорологічні, кліматичні, сейсмічні та інші природні фактори при проектуванні, експлуатації, технічному обслуговуванні та ремонті об'єктів авіаційного транспорту.

Програмні результати навчання:

- використовувати принципи формування трудових ресурсів, виявляти резерви та забезпечувати ефективність праці співробітників авіаційного транспорту;
- визначати параметри об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів шляхом проведення вимірювального експерименту з оцінкою його результатів;
- знати основні технологічні операції, технологічне устаткування, технологічне оснащення, засоби автоматизації та механізації що використовуються в експлуатації, ремонті та обслуговуванні об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів;
- розробляти і впроваджувати у виробництво документацію щодо технологічних процесів будівництва, експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та інших інструктивних вказівок, правил та методик;
- знати особливості та вміти розробляти технічні завдання і технічні умови на проектування об'єктів авіаційного транспорту, його систем та окремих елементів; складати плани розміщення устаткування, технічного оснащення та організації робочих місць, розраховувати завантаження устаткування та показники якості продукції;

- здійснювати технічне діагностування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів, використовуючи ефективні засоби, відповідні технічні регламенти, стандарти та інші нормативні документи;
- розрахувати техніко-економічні та експлуатаційні показники об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів;
- знати основні вимоги охорони праці, техніки безпеки, протипожежної безпеки та санітарно-гігієнічного режиму при здійсненні професійної діяльності;
- вміти організовувати взаємодію між службами та підрозділами з експлуатації повітряних суден та наземного забезпечення польотів авіації в процесі виробничо-технологічної діяльності об'єктів авіаційного транспорту, приймати в ній безпосередню участь;
- знати необхідні положення авіаційної метеорології та транспортної географії, вміти їх використовувати при проектуванні, експлуатації, технічному обслуговуванні та ремонті об'єктів авіаційного транспорту.

4. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Тема 1. Основи термодинаміки.

- *Форма занять: лекція, практичне заняття, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 3 години.*
- *Обов'язкові предмети та засоби: відсутні.*
- *Додаткові предмети та засоби: конспект лекцій, збірник задач, презентація теми 1.*

Загальні відомості про термодинаміку. Термодинамічна система та її стан. Термодинамічний процес. Параметри стану. Термічні параметри стану. Термічне рівняння стану ідеального газу.

Практичне заняття «Рівняння стану ідеального газу»: 1 година.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 3 години.

Опрацювання матеріалу лекцій. Виконання практичної роботи. Формування питань до викладача.

Тема 2. Газові суміші.

- *Форма занять: лекція, практичне заняття, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 2 години.*
- *Обов'язкові предмети та засоби: відсутні.*
- *Додаткові предмети та засоби: конспект лекцій, збірник задач, презентація теми 2.*

Суміш ідеальних газів. Парціальний тиск. Парціальний об'єм. Закон Дальтона. Масова частка. Об'ємна частка. Мольна частка. Закон Амага. Визначення параметрів суміші. Рівняння стану суміші та її компонентів.

Практичне заняття «Газові суміші»: 1 година.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 2 години.

Опрацювання матеріалу лекцій. Виконання практичної роботи. Формування питань до викладача.

Тема 3. Енергетичні характеристики термодинамічної системи.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 1 година.*
- *Обов'язкові предмети та засоби: відсутні.*
- *Додаткові предмети та засоби: конспект лекцій, презентація теми 3.*

Закон еквівалентних перетворень. Внутрішня енергія. Робота і теплота. Деформаційна робота. Ентальпія. Теплоємність. Теплоємність ідеального газу.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 2 години.

Опрацювання матеріалу лекцій. Виконання розрахункової роботи. Формування питань до викладача.

Тема 4. Перший закон термодинаміки.

- *Форма занять: лекція, практичне заняття, лабораторна робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 6 годин.*
- *Обов'язкові предмети та засоби: лабораторна установка «вакуумована посудина», методичний посібник до лабораторних робіт.*
- *Додаткові предмети та засоби: конспект лекцій, збірник задач, презентація теми 4.*

Вираз першого закону термодинаміки для закритої термодинамічної системи. Теплоємність довільного термодинамічного процесу. Запис першого закону термодинаміки для відкритої термодинамічної системи. Запис першого закону термодинаміки для потоку. Рівняння першого закону термодинаміки в механічній формі.

Лабораторна робота «Заповнення вакуумованої посудини атмосферним повітрям»: 2 години.

Практичне заняття «Перший закон термодинаміки»: 2 години.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4 годин.

Опрацювання матеріалу лекцій. Виконання завдань практичної, лабораторної та розрахункової роботи. Формування питань до викладача.

Тема 5. Політропні процеси.

- *Форма занять: лекція, практичне заняття, лабораторна робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 5 годин.*

- *Обов'язкові предмети та засоби:* лабораторна установка «поршневий двигун», методичний посібник до лабораторних робіт.

- *Додаткові предмети та засоби:* конспект лекцій, збірник задач, презентація теми 5.

Коефіцієнт розгалуження теплоти. Політропний процес. Політропний процес у ідеальному газі. Показник політропи. Рівняння політропного процесу. Зв'язок термічних параметрів у політропному процесі. Енергетичні характеристики політропного процесу. Окремі випадки політропного процесу.

Лабораторна робота «Аналіз процесу стиску повітря у циліндрі поршневого двигуна»: 2 години.

Практичне заняття «Політропні процеси»: 2 години.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4 години.

Опрацювання матеріалу лекцій. Виконання завдань практичної, лабораторної та розрахункової роботи. Формування питань до викладача.

Тема 6. Другий закон термодинаміки.

- *Форма занять:* лекція, самостійна робота.

- *Обсяг аудиторного навантаження:* 1 година.

- *Обов'язкові предмети та засоби:* відсутні.

- *Додаткові предмети та засоби:* конспект лекцій, презентація теми 6.

Основні формулювання другого закону термодинаміки. Теплові машини. Тепловий двигун. Тепловий насос. Термічний коефіцієнт корисної дії. Холодильний коефіцієнт. Опалювальний коефіцієнт. Цикл Карно. Теорема Карно. Інтеграл Клаузіуса. Ентропія.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 2 години.

Опрацювання матеріалу лекцій. Виконання розрахункової роботи. Формування питань до викладача.

Тема 7. Реальні гази та пари.

- *Форма занять:* лекція, лабораторна робота, самостійна робота.

- *Обсяг аудиторного навантаження:* 3 години.

- *Обов'язкові предмети та засоби:* лабораторна установка «Дослідження ізотермічного стиску вуглекислого газу», методичний посібник до лабораторних робіт.

- *Додаткові предмети та засоби:* конспект лекцій, презентація теми 7.

Рівняння стану реальних газів. Стани рідни і пари на v - p -діаграмі. Критична точка. Рівняння стану газу Ван-дер-Ваальса. Емпіричне рівняння стану реального газу. Зміна агрегатного стану. Фазова діаграма. Парогазова суміш. Відносна вологість. Абсолютна вологість. Вологовміст. h - d -діаграма вологого повітря. Термодинамічні властивості вологого повітря.

Лабораторна робота «Дослідження ізотермічного стиску вуглекислого газу»: 2 години.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4 години.

Опрацювання матеріалу лекцій. Виконання завдань лабораторної та розрахункової роботи. Формування питань до викладача.

Тема 8. Течія газів.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 1 година.*
- *Обов'язкові предмети та засоби: відсутні.*
- *Додаткові предмети та засоби: конспект лекцій, презентація теми 8.*

Швидкість витікання і витрата газу. Максимальна швидкість витікання газу. Питома тяга реактивного двигуна. Залежність витрати газів від перепаду тиску в соплі. Критична швидкість течії газу. Швидкість звуку. Замикання потоку. Мінімальний переріз каналу. Повне розширення газу при закритичному перепаді тисків у каналі. Сопло Лавалю. Витікання при наявності тертя. Коефіцієнт утрати енергії. Коефіцієнт швидкості. Дроселювання газу. Ефект Джоуля-Томсона. Температура інверсії.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 2 години.

Опрацювання матеріалу лекцій. Виконання розрахункової роботи. Формування питань до викладача.

Тема 9. Машини для стиску і розширення газів.

- *Форма занять: лекція, практичне заняття, лабораторна робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 4 години.*
- *Обов'язкові предмети та засоби: лабораторна установка «Технічна робота газу у компресорі», методичний посібник до лабораторних робіт.*
- *Додаткові предмети та засоби: конспект лекцій, збірник задач, презентація теми 9.*

Компресор. Об'ємні та динамічні компресори. Робочий процес у компресорі. Ступінь стиску. Робота і потужність на привід компресора. Ізотермічний компресор. Адіабатний компресор. Політропний компресор. Ізотермічний ККД компресора. Адіабатний ККД компресора. Багатоступінчатий компресор. Детандери. Робочий процес у детандері. Відносний ККД детандера.

Лабораторна робота «Технічна робота газу у компресорі»: 2 години.

Практичне заняття «Машини для стиску і розширення газів»: 1 година.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4 години.

Опрацювання матеріалу лекцій та підготовка до практичної та лабораторної роботи. Виконання розрахункової роботи. Формування питань до викладача.

Тема 10. Цикли теплових машин.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 4 години.*

- *Обов'язкові предмети та засоби: відсутні.*
- *Додаткові предмети та засоби: конспект лекцій, збірник задач, презентація теми 10.*

Принципи аналізу циклів теплових машин. Середній тиск термодинамічного циклу. Класифікація циклів поршневих двигунів. Цикл поршневого двигуна із змішаним підведенням теплоти. Цикл Отто. Цикл Дизеля. Цикл Трінклера. Вплив ступеня стиску на ефективність циклів поршневих двигунів. Аналіз впливу ступеня стиснення і закону підведення теплоти на показники ефективності циклу ДВЗ. Загальні відомості про двигуни Стірлінга. Переваги і недоліки двигунів Стірлінга. Ідеалізований цикл і конструкція двигуна Стірлінга. Робочі тіла двигуна Стірлінга. Загальні відомості про газотурбінні установки. Цикл ГТУ з підведенням теплоти при постійному тиску (цикл Брайтона). Цикл ГТУ з підведенням теплоти при постійному об'ємі (цикл Хамфрі). Регенеративні цикли газотурбінних установок. Типи і параметри реактивних двигунів. Цикл турбореактивного двигуна з форсажною камерою. Цикл двоконтурного турбореактивного двигуна з розділними потоками. Цикл двоконтурного турбореактивного двигуна зі змішанням потоків. Цикл рідинного ракетного двигуна. Цикл Ранкіна. Цикл газової холодильної машини (цикл Лоренца або Белла – Колемана). Цикл парокомпресорної холодильної машини.

Практичне заняття «Цикли теплових машин»: 1 година.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 2 години.

Опрацювання матеріалу лекцій та підготовка до практичної роботи. Виконання розрахункової роботи. Формування питань до викладача.

Модульний контроль 1

- *Форма занять: онлайн-тестування у системі mentor.khai.edu.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: відсутній*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): розділ дисципліни «Термодинаміка і теплообмін» у системі mentor.khai.edu.*
- *Обсяг самостійної роботи здобувачів – за необхідністю.*

Модуль 2

Тема 11. Основи теорії теплопровідності.

- *Форма занять: лекція, практичне заняття, лабораторна робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 6 годин.*
- *Обов'язкові предмети та засоби: лабораторна установка «Визначення коефіцієнтів теплопровідності порошкоподібних тіл методом кульового шару», методичний посібник до лабораторних робіт.*

- Додаткові предмети та засоби: конспект лекцій, збірник задач, презентація теми 11.

Основні поняття та закони переносу теплоти. Поняття теплопровідності. Поля температури і вектору густини теплового потоку. Закон Фур'є. Коефіцієнт теплопровідності. Диференційне рівняння теплопровідності. Умови однозначності. Стаціонарна теплопровідність пласкої однорідної стінки з рівномірним розподілом температури на поверхнях і незмінним значенням коефіцієнту теплопровідності. Термічний опір. Теплопровідність циліндричної стінки. Теплопровідність кульової стінки. Теплопровідність тіл неправильної форми.

Лабораторна робота «Визначення коефіцієнтів теплопровідності порошкоподібних тіл методом кульового шару»: 2 години.

Практичне заняття «Основи теорії теплопровідності»: 2 години.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4 години.

Опрацювання матеріалу лекцій та підготовка до практичної і лабораторної роботи. Виконання розрахункової роботи. Формування питань до викладача.

Тема 12. Конвективний теплообмін.

- Форма занять: лекція, практичне заняття, лабораторна робота, самостійна робота.

- Обсяг аудиторного навантаження: 8 годин.

- Обов'язкові предмети та засоби: лабораторна установка «Тепловіддача при вимушеному поперечному обтіканні циліндра», методичний посібник до лабораторних робіт.

- Додаткові предмети та засоби: конспект лекцій, збірник задач, презентація теми 12.

Поняття конвекції та конвективного теплообміну. Закон Н'ютона-Рихмана. Диференційне рівняння тепловіддачі. Методи визначення коефіцієнту тепловіддачі. Фактори, що впливають на інтенсивність конвективного теплообміну. Динамічний і тепловий межові шари. Ламінарний і турбулентний режими руху текучого середовища. Поняття фізичної подібності. Визначальні фактори процесу. Критерії подібності. Одержання їх з диференційних рівнянь. Фізичний і математичний зміст критеріїв. Число Нусельта. Рівняння подібності та їх структура. Визначальні параметри. Моделювання процесів конвективного теплообміну. Теплообмін при вимушеному русі однофазового робочого тіла (випадки поздовжнього обтікання пластини, течії в трубах, взаємодії пучків труб з потоком, що рухається поперек осі труб). Особливості теплообміну при русі газу з великою швидкістю. Тепловіддача при вільному русі рідини. Теплообмін при вільному русі рідини в обмеженому просторі.

Лабораторна робота «Тепловіддача при вимушеному поперечному обтіканні циліндра»: 2 години.

Практичне заняття «Конвективний теплообмін»: 2 години.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6 годин.

Опрацювання матеріалу лекцій та підготовка до практичної і лабораторної роботи. Формування питань до викладача.

Тема 13. Теплообмін при фазових перетвореннях.

- *Форма занять: лекція, практичне заняття, лабораторна робота, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 6 годин.*

- *Обов'язкові предмети та засоби: лабораторна установка «Тепловіддача при кипінні», методичний посібник до лабораторних робіт.*

- *Додаткові предмети та засоби: конспект лекцій, збірник задач, презентація теми 13.*

Класифікація процесів кипіння. Кризи кипіння. Розрахунок коефіцієнтів тепловіддачі при бульбашковому кипінні. Розрахунок коефіцієнтів тепловіддачі при плівковому кипінні. Кипіння при русі рідини в трубах. Класифікація процесів конденсації. Розрахунки процесів плівкової конденсації. Розрахунки процесів крапельної конденсації. Тепловіддача при конденсації пара в каналах.

Лабораторна робота «Тепловіддача при кипінні»: 2 години.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 5 годин.

Опрацювання матеріалу лекцій та підготовка до практичної і лабораторної роботи. Формування питань до викладача.

Тема 14. Теплообмін випромінюванням.

- *Форма занять: лекція, практичне заняття, лабораторна робота, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 6 годин.*

- *Обов'язкові предмети та засоби: лабораторна установка «Визначення коефіцієнта випромінювання», методичний посібник до лабораторних робіт.*

- *Додаткові предмети та засоби: конспект лекцій, збірник задач, презентація теми 14.*

Основні поняття і визначення. Види променевих потоків. Кутова густина і яскравість випромінювання. Закони теплового випромінювання. Чорні температури. Променевий теплообмін проміж тілами. Променевий теплообмін проміж тілами при наявності екранів. Теплове випромінювання газів.

Лабораторна робота «Експериментальне вимірювання ступеня чорноти металевого зразка»: 2 години.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 5 годин.

Опрацювання матеріалу лекцій та підготовка до практичної і лабораторної роботи. Формування питань до викладача.

Модульний контроль 2

- *Форма занять: онлайн-тестування у системі mentor.khai.edu.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: відсутній*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): розділ дисципліни «Тепломасообмін» у системі mentor.khai.edu.*
- *Обсяг самостійної роботи здобувачів – за необхідністю.*

5. Індивідуальні завдання

В якості індивідуального завдання передбачено виконання розрахункової роботи.

Індивідуальне завдання має на меті закріпити відповідні теоретичні знання і одержати необхідні навички практичних розрахунків з дисципліни.

В розрахунковій роботі студенти обчислюють цикл турбореактивного двигуна.

Задані: висота h і швидкість v_1 польоту, ступінь підвищення тиску у компресорі π_k , температура гальмування течії перед турбіною T_4 , секундна витрата повітря через двигун.

Визначити параметри (температуру T , тиск p , питомий об'єм v , питому ентальпію h , питому ентропію s) робочого тіла у характерних перерізах (1, 2, 3, 4, 5, 9) (див. рис. 2.1) турбореактивного двигуна у «ідеальному» (циклі Брайтона) і «реальному» циклі. Для кожного з варіантів розрахунку також знайти: потужність компресора P_k , ступінь зменшення тиску на турбіні π_m , тепловий потік до газу у камері згоряння Φ_{kz} , секундну витрату палива $\dot{m}_n$, швидкість v_9 витікання газів з сопла, тягу F_{dv} двигуна.

Результати розрахунків «ідеального» і «реального» циклів звести у таблицю. Дотримуючись однакового масштабу, побудувати їх цикли (суцільною та пунктирною лініями відповідно) у координатах s, T і v, p . Зробити висновок про ефективність оборотного та необоротного циклів розрахованого ТРД.

6. Методи навчання

Навчання проводиться в аудиторній формі (лекції, практичні заняття, лабораторні роботи) та самостійно.

7. Методи контролю

Поточний контроль здійснюється під час тестового модульного контролю та виконання розрахункової роботи, фінальний контроль – у вигляді іспиту.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Модуль 1			
Виконання і захист лабораторних робіт	0...3	4	0...12
Виконання завдань на практичних заняттях	0...3	4	0...12
Модульний контроль	0...16	1	0...16
Модуль 2			
Виконання і захист лабораторних робіт	0...3	4	0...12
Виконання завдань на практичних заняттях	0...3	4	0...12
Модульний контроль	0...16	1	0...16
Виконання і захист розрахункової роботи	0...20	1	0...20
Всього			0...100

Прийнята шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка для екзамену, курсового проекту (роботи), практики
90-100	відмінно
75-89	добре
60-74	задовільно
01-59	незадовільно з можливістю повторного складання

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Обов'язковою умовою допуску до іспиту є виконання і захист усіх практичних і лабораторних робіт, що передбачені у робочому плані дисципліни, а також виконання і захист розрахункової роботи.

Білет для екзамену складається з трьох практичних завдань. Максимальна кількість балів за перше питання – 33 бали, за друге – 33 бали, за третє – 34 бали.

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74) – мати мінімум знань і умінь для забезпечення програмних результатів навчання. Виконати індивідуальне завдання.

Добре (75-89) – знати основні теми дисципліни. Достатньо знати основні методи моделювання технічних систем, методи розв'язання системи рівнянь Ейлера, моделі турбулентності. Виконати індивідуальне завдання.

Відмінно (90-100) – мати знання, що дозволять самостійно, вільно та обґрунтовано відповідати на питання щодо математичного моделювання теплогідравлічних процесів в енергетичних системах, методів розв'язання різних систем рівнянь, методів побудови розрахункових сіток. Виконати індивідуальне завдання та відпрацювати усі практичні заняття.

9. Політика навчального курсу

Відпрацювання пропущених занять відбувається відповідно до розкладу консультацій, за попереднім погодженням з викладачем. Питання, що стосуються академічної доброчесності, розглядає викладач або за процедурою, визначеною у Положенні про академічну доброчесність.

10. Методичне забезпечення та інформаційні ресурси

Підручники, навчальні посібники, навчально-методичні посібники, конспекти лекцій, методичні рекомендації з проведення лабораторних робіт тощо, які видані в Університеті знаходяться за посиланням:

http://library.khai.edu/catalog?clear_all_params=0&mode=KNMZ&lang=ukr&caller_mode=SearchDocForm&ext=no&theme_path=0&themes_basket=&ttp_themes_basket=&disciplinesearch=no&top_list=1&fullsearch fld=&author fld=%D0%A0%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2&docname fld=&docname_cond=beginwith&theme_context=%D0%A0%D1%96%D0%B7%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F+%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B2&theme_cond=all theme&theme_id=0&is_ttp=0&combiningAND=0&step=20&tpage=19.1.1.9.1.2.%D0%97%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%B0%20%D0%B2%D0%BB%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%B2%D0%B8%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%96%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F

Сторінка	дисципліни	знаходиться	за	посиланням:
https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=1231				

11. Рекомендована література

Базова

1. Буляндра О.Ф. Технічна термодинаміка. - Київ: Техніка, 2001. — 320 с. [https://www.twirpx.com/file/142336/] (рос.) (укр.) – Переглянуто: 9 вересня 2020 р.
2. Ємець В. В. Термодинаміка і теплообмін. Частина I. Основи термодинаміки : навч. посіб. / В. В. Ємець, В. Г. Тягній ; МВС України, Харків. нац. ун-т внутр.

справ, Кременчуцьк. льотний коледж. – Харків : ХНУВС, 2023
[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiTtebv6qBAxXJKBAIHc7cCII4FBAWegQIAxAB&url=https%3A%2F%2Fdspace.univd.edu.ua%2Fbitstreams%2F2671184b-6562-4f49-a75c-afe9896b5422%2Fdownload&usg=AOvVaw3_NE8ufqyCb71OZyN9xOrS&opi=89978449] (укр.) – Переглянуто: 14 вересня 2023 р.

3. Погорелов А.І. Тепломасообмін (Основи теорії і розрахунку) Навчальний посібник. 2-ге видання. - Львів: "Новий світ-2000", 2004. - 144 с. [<https://www.twirpx.com/file/355715/>] (рос.) (укр.) – Переглянуто: 9 вересня 2020 р.
4. Приходько М.А. Термодинаміка та теплопередача. Навчальний посібник. / Приходько М.А., Герасімов Г.Г. - Рівне: НУВГП, 2008. - 250 с. [<http://ep3.nuwm.edu.ua/1847/1/078%20zah.pdf>] (укр.) – Переглянуто: 9 вересня 2020 р.
5. Дубровська, В. В. Термодинаміка та теплообмін [Текст] : Навчальний посібник / В.В. Дубровська, В.І. Шкляр – К.: НТУУ «КПІ», Вид-во «Політехніка», 2016. – 152 с. [<https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28252/1/thermodynaniKateploobmin.pdf>] (укр.) – Переглянуто: 14 вересня 2023 р.

Допоміжна

1. Теплотехніка: основи термодинаміки, терія теплообміну, використання тепла в сільському господарстві. / Миронов О.С., Брижа М.Р., Бойко В.Б., Золотовська О.В. – Дніпропетровськ: ТОВ «ЕНЕМ», 2011. – 424 с. [<http://base.dnsgb.com.ua/files/book/teplotehnika.pdf>] (укр.) – Переглянуто: 9 вересня 2020 р.
2. Технічна термодинаміка : підруч. для студентів енерг. спец.: гриф МОН України / О. Ф. Буляндра . - 2-ге вид., випр. - К. - Техніка, 2006. - 320 с. [<http://www1.nas.gov.ua/publications/books/catalog/2006/Pages/326.aspx>] (рос.) (укр.) – Переглянуто: 9 вересня 2020 р.
3. Мороз, І.О. Основи термодинаміки [Текст] : Навчальний посібник – Суми: СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2009. – 180 с. [<https://www.library.sspu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/04/21.pdf>] (укр.) – Переглянуто: 14 вересня 2023 р.
4. Омельченко О.В. Тепломасообмін [Текст] : Навчальний посібник / Омельченко О.В., Цвіркун Л.О. – Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2021. – 100 с. [http://elibrary.donnuet.edu.ua/2305/1/NP_Teplomasoobmin.pdf] (укр.) – Переглянуто: 14 вересня 2023 р.
5. Гнатишин Я.М. Теплотехніка : навч. посібник для вищ. навч. закл. / Я.М.Гнатишин, В.І.Криштапович. - К. : Знання , 2008. - 364 с.
6. Обертюх, Р. Р. Теплопередача [Текст] : Навчальний посібник / Р. Р. Обертюх ; МО України. – Вінниця : ВДТУ, 1999. – 98 с.

7. Миронов О.С. Теплотехніка: основи термодинаміки, терія теплообміну, використання тепла в сільському господарстві [Текст]. / Миронов О.С., Брижа М.Р., Бойко В.Б., Золотовська О.В. – Дніпропетровськ: ТОВ «ЕНЕМ», 2011. – 424 с. [<http://base.dnsgb.com.ua/files/book/teplotehnika.pdf>] (укр.) – Переглянуто: 9 вересня 2020 р.
8. Приходько М.А. Термодинаміка та теплопередача. [Текст] : Навчальний посібник. / Приходько М.А., Герасімов Г.Г. - Рівне: НУВГП, 2008. - 250 с. [<http://er3.nuwm.edu.ua/1847/1/078%20zah.pdf>] (укр.) – Переглянуто: 9 вересня 2020 р.
9. Драганов Б.Х. Теплотехніка [Текст] : Підручник / Драганов Б.Х., Долінський А.А., Міщенко А.В., Письменний Є.М. – Київ: «ІНКООС», 2005. –504 с.
10. Гільчук А.В. Теорія теплопровідності [Текст] : Навчальний посібник. / А.В. Гільчук, А.А. Халатов – К.: НТУУ«КПІ», Вид-во «Політехніка», 2017 – 86 с.
11. Співак О.Ю. Тепломасообмін. Частина І: навчальний посібник. / О.Ю. Співак, Н.В. Резидент – Вінниця: ВНТУ, 2021. – 113 с.
12. Василенко, С. М. Основи тепломасообміну [Текст] : підручник / С.М. Василенко, А.І. Українець, В.В. Олішевський – Київ: НУХТ, 2004 – 250 с.
13. Василенко, С. М. Теплохолодотехніка [Текст] : навч. посібник / С.М. Василенко, В.І. Павелко, А.В. Форсюк та ін. – Київ: Ліра-К, 2019. – 258 с. [http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2019/Vasilenko_2019_258.pdf] (укр.) – Переглянуто: 14 вересня 2023 р.
14. Тельний, А. П. Конспект лекцій з термодинаміки / А.П., Кавера О.Л. – Донецьк: ДонНТУ. – 2010. – 58 с. [<http://ea.donntu.edu.ua/bitstream/123456789/22369/3/Lectures%20thermodynamic%20Ukr.pdf>] (укр.) – Переглянуто: 14 вересня 2023 р.
15. Бабич О. С. Технічна термодинаміка: навч. посібник / О. С. Бабич, М. М. Беляєв - Дн-вськ: Держ. агр. ун-т, 2005. – 264 с.