

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

Кафедра Аерокосмічної теплотехніки (№ 205)
(назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(підпис) Г.О. Горбенко
(ініціали та прізвище)

01 вересня 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ОBOB'ЯЗKОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 144 «Теплоенергетика»
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: «Енергетичний менеджмент»,
«Енергетичний менеджмент. Скорочена форма»
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: **денна**

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2021 рік

Розробник: Амброжевич М.В., доцент кафедри аерокосмічної теплотехніки (205).

канд. техн. наук, доцент

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



(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні каф. аерокосмічної теплотехніки (205)
(назва кафедри)

Протокол №9 від «26» червня 2021 р.

Завідувач кафедри д-р техн. наук, доцент
(науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

П.Г. Гакал

(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь знань <u>14 «Електрична інженерія»</u> (шифр та найменування) Спеціальність: <u>144 «Теплоенергетика»</u> (код та найменування) Освітні програми: <u>«Енергетичний менеджмент»,</u> <u>«Енергетичний менеджмент.</u> <u>Скорочена форма»</u> (шифр і назва) Рівень вищої освіти: <u>перший (бакалаврський)</u>	Вибіркова
Кількість модулів – 2		Навчальний рік: 2021/2022
Змістових модулів – 2		
Індивідуальне завдання - 1 РР: <u>Розрахунок складу і температури згоряння індивідуальної горючої речовини і суміші горючих газів</u> (назва)		Семестр 8-й і 6-й
Загальна кількість годин – 120		Лекції 24 год.
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 6		Практичні, семінарські 24 год.
		Лабораторні 0 год.
		Самостійна робота 72 год.
		Індивідуальні завдання: 30 год.
		Вид контролю: модульний контроль, іспит

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
для денної форми навчання $48/72=0,667$.

Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: вивчення складних фізико-хімічних процесів, які відбуваються в енергоперетворювальних пристроях та камерах згоряння теплових двигунів.

Завдання: придбання студентами знань, вмінь і навичок, що дозволяють розробляти та експлуатувати екологічно досконалі пристрої для згоряння.

Компетентності, які набуваються:

ЗК3 – Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК4 – Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК6 – Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК7 – Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК8 – Здатність спілкуватися іноземною мовою.

ФК3 – Здатність продемонструвати практичні інженерні навички при проектуванні та експлуатації теплоенергетичного обладнання.

ФК4 – Здатність продемонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних в теплоенергетичній галузі.

ФК5 – Здатність виявляти, класифікувати і описувати ефективність систем і компонентів на основі використання аналітичних методів і методів моделювання в теплоенергетичній галузі.

ФК6 – Здатність досліджувати та визначити проблему і ідентифікувати обмеження, включаючи ті, що пов'язані з проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в теплоенергетичній галузі.

ФК7 – Здатність продемонструвати знання і розуміння комерційного та економічного контексту в теплоенергетичній галузі.

ФК8 – Здатність продемонструвати розуміння ширшого міждисциплінарного інженерного контексту і його основних принципів.

ФК9 – Здатність демонструвати розуміння питань використання технічної літератури та інших джерел інформації в теплоенергетичній галузі.

ФК10 – Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів вирішуваної проблеми, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію теплоенергетичного обладнання.

ФК11 – Здатність продемонструвати розуміння необхідності дотримання професійних і етичних стандартів високого рівня у діяльності в теплоенергетичній галузі.

ФК12 – Здатність демонструвати розуміння проблем якості в теплоенергетичній галузі.

ФК13 – Здатність продемонструвати знання характеристик і властивостей матеріалів, обладнання, процесів в теплоенергетичній галузі.

ФК14 – Здатність продемонструвати обізнаність з питань інтелектуальної власності та контрактів в теплоенергетичній галузі.

Очікувані результати навчання

ПРН1 – Знання і розуміння математики, фізики, хімії, газодинаміки, тепло - та масообміну, технічної термодинаміки, міцності, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки, що лежать в основі спеціальності «Теплоенергетика» відповідної спеціалізації, на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми.

ПРН4 – Здатність розуміти складні інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до спеціальності «Теплоенергетика»; обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати таких досліджень.

ПРН12 – Розуміння застосовуваних методик проектування і дослідження, а також їх обмежень відповідно до спеціалізації спеціальності «Теплоенергетика».

ПРН13 – Практичні навички вирішення завдань, що передбачають реалізацію інженерних проектів і проведення досліджень відповідно до спеціалізації.

ПРН14 – Розуміння обмежень застосовуваних матеріалів, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів.

Пререквізити: фізика, хімія, теоретична механіка.

Кореквізити: вища математика, технічна термодинаміка

Програма навчальної дисципліни

Зміст робочої програми

Змістовий модуль № 1

«Термодинаміка процесів горіння та основи хімічної кінетики»

Лекційні заняття

ТЕМА 1. Введення. Предмет і метод дисципліни та її значення для формування спеціалістів напряму «Теплоенергетика». Основні процеси в енергоперетворювальних пристроях та сучасний стан паливної енергетики у світі.

Поняття про робочі процеси в теплоенергетичному обладнанні, їх сутність. Задачі та методи аналізу цих процесів. Предмет і метод дисципліни «Фізико-технічні основи теплових процесів». Значення її для підготовки фахівців напряму «Теплофізика» зі спеціальності 144 «Теплоенергетика». Основні поняття і визначення фізико-хімічних процесів, що протікають в зоні горіння камер згоряння енергоперетворювальних пристроїв. Загальні положення. Процеси отримання та використання теплової енергії при спалюванні палив. Елементарні процеси в енергоперетворювальних пристроях. Основні методи дослідження процесів горіння. Сучасні тенденції та стан паливної енергетики.

ТЕМА 2. Камери згоряння і пристрої для спалювання палив.

Основні теплофізичні процеси в камерах згоряння. Принципи організації робочого процесу в камерах згоряння. Конструкція камер згоряння. Вимоги до камер згоряння і основні показники роботи.

ТЕМА 3. Джерела енергії і види енергоносіїв. Термодинаміка процесу підведення теплоти.

Класифікація джерел енергії і видів енергоносіїв. Характеристики вуглеводневих палив. Фізико-хімічні властивості палива. Принцип активації. Стехіометрія. Рівняння матеріального балансу. Склад продуктів згоряння. Рівняння теплового балансу. Температура продуктів згоряння.

ТЕМА 4. Основи хімічної кінетики.

Порядок реакції та їх швидкість. Зміна швидкості реакції в часі і від умов протікання. Види реакцій. Адіабатне горіння. Хімічна рівновага. Константи рівноваги. Зрушення рівноваги. Принцип Ле-Шательє-Брауна. Визначення рівноважного складу дисоційованих продуктів згоряння. Теплофізичні властивості дисоційованих продуктів згоряння.

ТЕМА 5. Підготовка палив.

Підготовка палив. Сумішоутворення. Способи подачі палива. Види форсунок. Розпад струменя рідини. Дроблення і деформація крапель. Характеристики аерозолів.

ТЕМА 6. Характеристики форсунок та гідродинаміка крапель. Тепломасообмін крапель.

Характеристики відцентрової та струменевої форсунки. Витратні характеристики форсунок. Кут факела розпилу. Розміри крапель та їх спектр. Рух одиночної краплі в потоці газу. Рух крапель в паливному факелі. Розсіювання крапель. Випаровування нерухокої краплі. Випаровування краплі в потоці. Залежність швидкості випаровування від умов процесу. Випаровування крапель в паливному факелі. Розподіл парової фази.

Практичні заняття:

Практичне заняття 1. Нижча і вища теплотворна здатність палива.

Практичне заняття 2 - 3. Рівняння теплового балансу.

Практичне заняття 4 - 6. Розрахунок складу продуктів згоряння.

Самостійна робота:

Сутністю самостійної роботи над матеріалом модулю є **виконання розрахункової роботи з визначення параметрів паливо-повітряної суміші**, а також опрацювання лекційних тем за допомогою підручників та формулювання відповідей на запитання з цих тем, що задає викладач у поточному режимі. Цей розділ модулю передбачає 40 години самостійної підготовки, з них на підготовку до модульного контролю та участь у ньому надається 20 годин.

Змістовий модуль № 2

«Процеси згоряння та енергоперетворення в агрегатах авіаційної та енергетичної техніки»

Лекційні заняття

ТЕМА 7. Займання паливо-повітряної суміші.

Самозаймання. Тепловий вибух. Період затримки запалення. Межі самозаймання. Самозаймання горючої суміші в потоці. Вимушене займання. Способи запалювання. Запалювання розпеченими тілами. Іскрове запалювання. Межі запалювання. Вплив добавок на процес запалювання. Особливості процесів займання і горіння суспензійних палив.

ТЕМА 8. Поширення полум'я. Ламінарне горіння.

Хвиля хімічної реакції. Структура фронту полум'я. Нормальна швидкість поширення полум'я. Вплив різних факторів на нормальну швидкість поширення полум'я. Температура, випромінювання і іонізація полум'я.

ТЕМА 9. Типи ламінарних полум'я.

Полум'я пальника Бунзена. Дифузійний факел. Закрите дифузійне полум'я. Сферичне поширення полум'я. Стійкість ламінарного полум'я. Гранична швидкість і межі розповсюдження полум'я. Проскакування і відрив полум'я. Стійкість плоского фронту полум'я.

ТЕМА 10. Турбулентний горіння. Гетерогенне горіння.

Поширення полум'я в турбулентному потоці. Турбулентна швидкість горіння. Факельний вид горіння. Детонація. Експериментальні закономірності. Газодинамічна теорія детонації. Виникнення і розвиток детонації. Фізичні моделі горіння і деякі їх особливості. Основні властивості гетерогенних процесів. Вигорання з вільної поверхні. Горіння краплі. Горіння твердого палива. Горіння комплексу крапель, частинок. Горіння комплексу твердих частинок. Горіння частинки вуглецю.

ТЕМА 11. Горіння в двигунах і енергетичних установках. Горіння в повітряно-реактивних двигунах і ракетно-реактивних двигунах.

Особливості спалювання палив в теплових двигунах, котельних пристроях і промислових печах. Паротурбінні і комбіновані установки. Газотурбінні пристрої. Двигуни внутрішнього згоряння. Енергетичні пристрої на базі двигунів внутрішнього згоряння. Горіння в повітряно-реактивних двигунах і ракетно-реактивних двигунах. Стабілізація полум'я. Розрахунок втрат тиску в камерах згоряння. Особливості горіння в ракетно-реактивних двигунах. Вібраційні режими горіння. Генерація акустичних коливань.

ТЕМА 12. Екологічні аспекти утворення шкідливих викидів.

Механізм і фізико - хімічні процеси утворення екологічно шкідливих речовин в камерах згоряння. Методи діагностики токсичних характеристик камер згоряння та процесу горіння. Способи зменшення шкідливих викидів. Сучасні тенденції розвитку камер згоряння і пристроїв для згоряння. Використання водню як екологічно чистого пального.

Практичні заняття:

Практичне заняття 7 - 8. Концентраційні межі поширення полум'я (запалення).

Практичне заняття 9 - 10. Розрахунок температурних меж поширення полум'я (займання).

Практичне заняття 11. Розрахунок температури спалаху і займання.

Практичне заняття 12. Розрахунок стандартної температури самозаймання.

Самостійна робота.

Сутністю самостійної роботи над матеріалом модулю є опрацювання лекційних тем за допомогою підручників та формулювання відповідей на запитання з цих тем, що задає викладач у поточному режимі. Самостійна робота містить також підготовку до практичних занять і модульного контролю.

Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		лекції	практичні	лабораторні	самостійна робота	вид індивідуальної роботи
1	2	3	4	5	6	7
Змістовий модуль 1 «Палива та пристрої для спалювання»						
1. Вступ. Предмет і метод дисципліни та її значення для формування спеціалістів спеціальності 144 «Теплоенергетика». Основні процеси в енергоперетворювальних пристроях та сучасний стан паливної енергетики у світі.	8	2	2	—	4	
2. Камери згоряння і сучасні пристрої для спалювання палив.	9	2	2	—	5	
3. Джерела енергії і види енергоносіїв.	9	2	2	—	5	
4. Основи хімічної кінетики. Константи рівноваги.	22	2	2	—	18	РР
5. Підготовка палів.	9	2	2	—	5	
6. Характеристики форсунок та гідродинаміка крапель палива. Тепломасообмін крапель.	9	2	2	—	5	
Разом	66	12	12	0	42	
Змістовий модуль 2 «Процеси згоряння та енергоперетворення в агрегатах авіаційної та енергетичної техніки»						
7. Займання паливо-повітряної суміші.	9	2	2	—	5	
8. Поширення полум'я. Ламінарне горіння	9	2	2	—	5	
9. Типи ламінарних полум'їв.	9	2	2	—	5	
10. Гетерогенне горіння. Турбулентне горіння.	9	2	2	—	5	
11. Горіння в двигунах і енергетичних установках. Горіння в повітряно-реактивних двигунах і ракетно-реактивних двигунах.	9	2	2	—	5	
12. Екологічні аспекти утворення шкідливих викидів.	9	2	2	—	5	
Разом	54	12	12	0	30	
РАЗОМ З ДИСЦИПЛІНИ	120	24	24	0	72	

2. Теми семінарських занять – не передбаченні

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		

3. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Нижча і вища теплотворна здатність палива.	2
2	Матеріальний і тепловий баланс процесів горіння.	4
3	Розрахунок обсягу і складу продуктів горіння.	6
4	Концентраційні межі поширення полум'я (запалення).	4
5	Розрахунок температурних меж поширення полум'я (займання).	4
6	Розрахунок температури спалаху і займання.	2
7	Розрахунок стандартної температури самозаймання.	2
	Разом	24

4. Теми лабораторних занять – не передбаченні

№ з/п	Назва теми	Кількість годин

5. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми.	Кількість годин
1.	ТЕМА 1. Основні процеси в енергоперетворювальних пристроях та сучасний стан паливної енергетики у світі.	4
2.	ТЕМА 2. Камери згоряння і сучасні пристрої для спалювання палив.	5
3.	ТЕМА 3. Джерела енергії і види енергоносіїв.	5
4.	ТЕМА 4. Основи хімічної кінетики. Константи рівновагі.	18
5.	ТЕМА 5. Підготовка палив.	5
6.	ТЕМА 6. Характеристики форсунок та гідродинаміка крапель палива. Тепломасообмін крапель.	5
7.	ТЕМА 7. Займання паливо-повітряної суміші.	5
8.	ТЕМА 8. Поширення полум'я. Ламінарне горіння	5
9.	ТЕМА 9. Типи ламінарних полум'єв.	5
10.	ТЕМА 10. Гетерогенне горіння. Турбулентне горіння.	5
11.	ТЕМА 11. Горіння в двигунах і енергетичних установках. Горіння в повітряно-реактивних двигунах і ракетно-реактивних двигунах.	5
12.	ТЕМА 12. Екологічні аспекти утворення шкідливих викидів.	5
	Разом	72

6. Індивідуальні завдання

Учбовий план передбачає виконання однієї розрахункової роботи. Витрати часу на її виконання складають 20 години за рахунок обсягу самостійної роботи. Результати виконання робіт студент подає у вигляді пояснювальних записок обсягом біля 8...12 сторінок.

Розрахункові роботи мають на меті закріпити відповідні теоретичні знання і одержати необхідні навички практичних розрахунків з дисципліни. З огляду на майбутній фах темою розрахункових робіт є: обчислення матеріального і теплового балансу процесу горіння і розрахунок геометричних параметрів камери згоряння.

В розрахунковій роботі студенти обчислюють основні стехіометричні параметри процесу горіння повітряно-паливної суміші та геометричні параметри камери згоряння енергоустановки. Вхідні дані: вид паливної суміші, потужність установки, тиск і швидкість подачі палива і повітря в камеру згоряння, температура на виході з камери. Треба визначити: об'єм и масу окиснювача, об'єм і склад продуктів згоряння, теплотворну здатність палива, рівноважну температуру горіння в камері згоряння, змінення швидкості газів, довжину і діаметр камери згоряння по зонах горіння.

Роботу виконують протягом сьомого - чотирнадцятого тижнів сьомого семестру; на 14-й тиждень призначений її прийом. Бали за розрахункову роботу нараховують згідно якості та своєчасності її виконання.

7. Методи навчання

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

8. Методи контролю

Контроль знань студентів здійснюється з допомогою:

- 1) підсумкових письмових контрольних роботах по тематиці змістових модулів;
- 2) перевірки виконання індивідуального розрахункового завдання;
- 3) перевірки виконання завдань, що виконуються на практичних заняттях;
- 4) письмових екзаменаційних завдань.

Поточний контроль здійснюється у формі занять за розкладом (практичні заняття, здача лабораторних робіт та розрахункової роботи) і формі поточних зрізів (відповідь на контрольні запитання трьох модулів). Останній вид контролю є домінуючим, що приймається до уваги під час оцінки засвоєння студентом матеріалу модуля і дисципліни у цілому.

Поточний зріз потребує відповіді на повну кількість запитань: 3 запитання і 1 невелика задача під час зрізу по 1 і 2 модулю.

Підсумковий контроль здійснюється в кінці семестру у формі іспиту (по білетах з контрольними запитаннями). Екзаменаційні білети складаються з трьох питань один з яких має практичний ухил відповідно до обчислення параметрів газових потоків.

Оцінку виставляють беручи до уваги рейтинг студента і рівень знань, що був показаний під час поточних зрізів. Рейтинг студента визначається загальною кількістю набраних

ним балів; рівень знань під час поточного зрізу – кількістю балів, одержаних на зрізі. За згодою студента екзаменаційна оцінка може бути виставлена лише на основі вказаних показників (без здачі іспиту, як такого).

8.1 Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (пару) (завдання)	Кількість занять (пар) (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1,5	6	0...3
Робота на практичних заняттях	0...1,5	6	0...7
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1,5	6	0...2,5
Робота на практичних заняттях	0...1,5	6	0...2,5
Розрахункова робота	0...18	1	0...20
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Усього за семестр			60...100

За розрахунову роботу студент в залежності від якості виконання роботи, основної доповіді та відповідей на запитання у усній формі отримує наступні оцінки:

- «задовільно» – робота виконана та оформлена, студент відповідає на питання, які відносяться до роботи з помилками, але логіка відповідей правильна – 12 балів.
- «добре» – робота виконана та оформлена, студент відповідає на питання з незначними помилками – 16 балів.
- «відмінно» – робота виконана та оформлена, студент відповідає на питання – 18 балів.

Семестровий контроль (залік) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту, тобто якщо він виконав і захистив розрахункові роботи, передбачені навчальним планом.

Допуском до іспиту є виконання та захист розрахункової роботи.

Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з 3 теоретичних та одного практичного завдання. Максимальна сума балів за теоретичні запитання є **80**, за практичні – **20** балів.

8.2 Якісні критерії оцінювання

Для отримання позитивної оцінки студент повинен **мати загальну уяву про:**

- Основні процеси в енергоперетворювальних пристроях та сучасний стан паливної енергетики у світі.

- Процеси отримання та використання теплової енергії при згорянні палив. Камери згорання і сучасні пристрої для спалювання палив.
- Камери згорання і сучасні пристрої для спалювання палив.
- Джерела енергії і види енергоносіїв.
- Основи хімічної кінетики. Константи рівновагі.
- Характеристики форсунок та гідродинаміка крапель палива. Тепломасообмін крапель.
- Підготовку палив. Займання паливо-повітряної суміші.
- Поширення полум'я. Ламінарне горіння. Типи ламінарних полум'я.
- Гетерогенне горіння. Турбулентне горіння.
- Горіння в двигунах і енергетичних установках.
- Горіння в повітряно-реактивних двигунах і ракетно-реактивних двигунах.
- Екологічні аспекти утворення шкідливих викидів

8.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань з частини вищезазначених питань, зробити реферативну доповідь та здати тестування.

Добре (75-89). Показати мінімум знань з усіх вищезазначених питань, зробити реферативну доповідь та здати тестування.

Відмінно (90-100). Добре знати всі теми вищезазначених питань, зробити реферативну доповідь та здати тестування.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

10. Методичне забезпечення

1. Бастеев А.В., Соловей В.В., Оболенский М.А. Активация водовода и водородсодержащих энергоносителей. Киев: „Наукова думка”, 1993, 164 с.
2. Горбенко Г.А., Костиков О.Н., Селиванов В.Г. Первичный термодинамический анализ рабочих процессов в энергетических установках и системах летательных аппаратов. Уч. пособие. Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1995 – 68 с.
3. Блинков В.Н., Горбенко Г.А., Костиков А.О. Теоретические основы аэрокосмической теплотехники. Часть 1: Основы термодинамики объектов аэрокосмической техники. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2003. – 94 с.

11. Рекомендована література.

Базова література.

1. Померанцев В. В., Арефьев К. М., Ахмедов Д. Б. Основы практической теории горения: Учебное пособие для вузов / Под ред. В. В. Померанцева. -2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. – 312 с.
2. Процессы горения (перевод с английского) / Под ред. Б. Льюиса, Р.Н. Пиза, Х.С. Тэйлора. М.: – Государственное изд-во физ.-мат. лит-ры, 1961. – 562 с, с ил.
3. Исаев С.И. Курс химической термодинамики. – М.: Машиностроение, 1986.
4. Кнорре Г.Ф. и др. Теория топочных процессов. – М-Л.: Энергия, 1966. – 491 с.
5. Пчелкин Ю.М. Камеры сгорания газотурбинных двигателей. М.: Машиностроение, 1967. – 208 с.
6. Сполдинг Д.Б.. Горение и массообмен. М.: – Машиностроение, 1985 – 240с.
7. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. – М.: Интеллект, 2008 (4-е изд.). – 502 с.
8. Теплотехника: учебник для студентов вузов / Под общей ред. В.И. Крутова. М.: Машиностроение, 1986 – 432 с.: с ил.

Допоміжна література.

1. Двигатели внутреннего сгорания. Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей / Под ред. А.С. Орлина и Н.Г. Круглова, М.: Машиностроение, 1980 – 288с.
2. Акмен Р.Г. Топливо, основы теории горения и топочные устройства. Текст лекций и задачи по отдельным разделам курса для студентов заочного обучения специальностей 7.090510 «Теплоэнергетика» и 7.000008 «Энергетический менеджмент»: – Харьков: НТУ «ХПИ», 2005.– 68с.
3. Соляков В.К. Введение в химическую термодинамику: Программиров. пособ. для самостоятельного изучения / В.К. Соляков. – М.: Химия, 1974. – 224 с.
4. Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания. Справочник в 5-ти томах / Под ред. акад. Глушко В.П. М.: изд-во АН СССР, 1971.

12. Інформаційні ресурси

1. Бібліотека НАКУ «ХАІ».
2. Методичний кабінет кафедри.
3. Мережа Internet.
4. Сайт кафедри www.k205.khai.edu
<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=1233>

Програму складала к.т.н., доц. каф. 205

М. В. Амброжевич.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Фізико-технічні основи теплових процесів

Галузь знань: 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність: 144 «Теплоенергетика»

Освітня програма: «Теплофізика», «Енергетичний менеджмент», «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування теплоенергетичних систем»

Модуль 1

1. Процеси отримання та використання теплової енергії при спалюванні палив.
2. Елементарні процеси в енергоперетворювальних пристроях.
3. Основні методи дослідження процесів горіння.
4. Сучасні тенденції та стан паливної енергетики.
5. Основні теплофізичні процеси в камерах згоряння.
6. Принципи організації робочого процесу в камерах згоряння.
7. Конструкція камер згоряння.
8. Вимоги до камер згоряння і основні показники роботи.
9. Класифікація джерел енергії і видів енергоносіїв.
10. Характеристики вуглеводневих палив. Фізико-хімічні властивості палива.
11. Принцип активації.
12. Рівняння матеріального балансу. Склад продуктів згоряння.
13. Рівняння теплового балансу. Температура продуктів згоряння.
14. Порядок реакції та їх швидкість.
15. Зміна швидкості реакції в часі і від умов протікання. Види реакцій.
16. Адіабатне горіння.
17. Хімічна рівновага. Константи рівноваги.
18. Зрушення рівноваги. Принцип Ле-Шательє-Брауна.
19. Визначення рівноважного складу дисоційованих продуктів згоряння.
20. Теплофізичні властивості дисоційованих продуктів згоряння.
21. Підготовка палив. Сумішоутворення.
22. Способи подачі палива.
23. Види форсунок.
24. Розпад струменя рідини.
25. Дроблення і деформація крапель.
26. Характеристики аерозолів.
27. Витратні характеристики форсунок.
28. Характеристики відцентрової та струменевої форсунки.
29. Кут факела розпилю.
30. Розміри крапель та їх спектр.
31. Рух одиночної краплі в потоці газу.
32. Рух крапель в паливному факелі.
33. Розсіювання крапель.
34. Випаровування нерухомої краплі. Випаровування краплі в потоці.
35. Залежність швидкості випаровування від умов процесу.

36. Випаровування крапель в паливному факелі. Розподіл парової фази.

Модуль 2

37. Самозаймання. Тепловий вибух. Період затримки запалення. Межі самозаймання.
38. Самозаймання горючої суміші в потоці.
39. Вимушене займання. Способи запалювання. Запалювання розпеченими тілами. Іскрове запалювання.
40. Межі запалювання. Вплив добавок на процес запалювання.
41. Особливості процесів займання і горіння суспензійних палив.
42. Хвиля хімічної реакції. Структура фронту полум'я.
43. Нормальна швидкість поширення полум'я.
44. Температура, випромінювання і іонізація полум'я.
45. Полум'я пальника Бунзена. Дифузійний факел. Закрите дифузійне полум'я.
46. Сферичне поширення полум'я.
47. Стійкість ламінарного полум'я. Гранична швидкість і межі розповсюдження полум'я.
48. Проскакування і відрив полум'я. Стійкість плоского фронту полум'я.
49. Поширення полум'я в турбулентному потоці.
50. Турбулентна швидкість горіння. Факельний вид горіння.
51. Детонація. Газодинамічна теорія детонації. Виникнення і розвиток детонації.
52. Фізичні моделі горіння і деякі їх особливості. Основні властивості гетерогенних процесів. Вигорання з вільної поверхні.
53. Горіння краплі. Горіння комплексу крапель, частинок.
54. Горіння твердого палива. Горіння частинки вуглецю. Горіння комплексу твердих частинок.
55. Особливості спалювання палив в теплових двигунах, котельних пристроях і промислових печах.
56. Паротурбінні і комбіновані установки.
57. Газотурбінні пристрої.
58. Двигуни внутрішнього згорання. Енергетичні пристрої на базі двигунів внутрішнього згорання.
59. Горіння в повітряно-реактивних двигунах і ракетно-реактивних двигунах.
60. Стабілізація полум'я.
61. Розрахунок втрат тиску в камерах згорання.
62. Вібраційні режими горіння. Генерація акустичних коливань.
63. Механізм і фізико - хімічні процеси утворення екологічно шкідливих речовин в камерах згорання.
64. Сучасні тенденції розвитку камер згорання і пристроїв для згорання.
65. Використання водню як екологічно чистого пального.
66. Екологічні аспекти утворення шкідливих викидів.
67. Методи діагностики токсичних характеристик камер згорання та процесу горіння. Способи зменшення шкідливих викидів.