



НАЗВА КУРСУ **Проектування двигунів ракетно-космічних апаратів-курсний проект**

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти *Другий (магістерський)*

Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка</i>
Освітня програма	<i>Інженерія авіаційних та ракетно-космічних систем</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>І курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>1,5/45</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / Курсовий проект</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Керівник роботи: доцент ІАТ, Кандидат технічних наук Зінченко Д.М. +380632973370 та Кандидат технічних наук, доцент Білогуров Станіслав Олексійович, т.м. +380508864069, e-mail: steams@ukr.net
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс (Moodle, Googleclassroom, тощо)

Програма навчальної дисципліни

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

Метою дисципліни є вивчення основ теорії рідинних ракетних двигунів (РРД) з метою опанування методів розрахунку основних параметрів та характеристик двигунів, принципів побудови камери згоряння і сопел, вибору принципової схеми РРД, вивчення процесів у камері РРД та способів її надійного охолодження. Засвоєння дисципліни забезпечує одержання компетентностей згідно із освітньою програмою:

ЗК 3. Здатність до проведення досліджень для розв'язання складних задач у професійній (науково-технічній) діяльності.

ЗК 10. Здатність до самостійного освоєння нових методів дослідження, зміні наукового й науково-виробничого профілю своєї діяльності.

ФК 4. Здатність описувати моделі робочих процесів у системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки, необхідні для розуміння, опису, вдосконалення об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки та оптимізації їх параметрів

ФК 5. Здатність ставити та вирішити професійні задачі на основі базових знань у галузі гідравлічних, пневматичних, електричних та електронних систем.

ФК 10. Здатність проектувати та використовувати сучасні системи авіаційних і космічних об'єктів.

ФК 11. Здатність оптимізувати газодинамічні параметри літальних апаратів та ракетних двигунів.

Предметом дисципліни є теорії проектних розрахунків камер рідинних ракетних двигунів, газогенераторів, сопел розширення газів процесів сумішоутворення і теплообміну.

В результаті навчання здобувачі одержують методики розрахунку проектних параметрів РРД, практичні навички застосування отриманих знань для обґрунтованого вибору раціональних пневмогідравлічних схем двигуна, надати уявлення про задачі, які постають перед розробниками РРД на етапі проектування та можливі шляхи їх розв'язання. Це забезпечує наступні програмні результати згідно із освітньою програмою:

ПРН 1. Вміння розв'язувати складні інженерні завдання і проблеми авіаційної та/або ракетно-космічної техніки, що потребує оновлення та інтеграції знань, у тому числі в умовах неповної/недостатньої інформації та суперечливих вимог

ПРН 9. Вміння обґрунтовано призначати клас матеріалів для елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.

ПРН 15. Вміння організовувати виконання складних завдань у професійній діяльності шляхом послідовного та якісного виконання їхніх окремих етапів, в тому числі з залученням колективу виконавців

ПРН 17. Вміння використовувати на практиці сучасні методи, способи та засоби проектування, виробництва, ремонту, складання, випробування та (або) сертифікації елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки для різних типів промислового виробництва

ПРН 19. Вміння, на основі знань та розуміння особливостей конструкції та робочих процесів в системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки формулювати та розв'язати науково-технічні задачі щодо розроблення їх новітніх зразків.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- класифікацію рідинних ракетних двигунів;
- конструктивні схеми рідинних ракетних двигунів;
- методи розрахунку проектних параметрів РРД;
- методи газодинамічного профілювання профілю камери;
- методи розрахунку і побудови характеристик камери;
- особливості процесів у камері двигуна;
- способи організації надійного охолодження камери

двигуна;

вміти:

- пояснити переваги й недоліки існуючих схем РРД;
- провести термогазодинамічний розрахунок камери;
- розрахувати і побудувати газодинамічний профіль камери;
- побудувати характеристики камери;
- спроектувати сумішеву головку камери;
- розрахувати теплообмін у камері двигуна;
- обрати раціональну схему охолодження камери.

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

Дисципліна базується на таких дисциплінах як «Вища математика», «Фізика», «Хімія», «Комп'ютерна графіка», «Нарисна геометрія», «Термодинаміка». Набуті знання при вивченні курсу використовуються при курсовому та дипломному проектуванні та у професійній практиці.

3. Зміст навчальної дисципліни

Метою виконання курсового проекту є закріплення і поглиблення теоретичних знань, і набуття практичних навичок з розробки і проектування ракетно-космічних двигунів для заданої проблеми у вигляді додатку з графічними матеріалами створеними з використанням сучасних інформаційних технологій.

Основними завданнями курсового проекту є:

- *аналіз предметної області, для якої здійснюється розробка;*
- *проведення термогазодинамічного розрахунку камери;*
- *розрахунок і побудова газодинамічного профілю камери;*
- *побудова характеристики камери;*
- *проектувати сумішеву головку камери;*
- *розрахунок теплообміну у камері двигуна;*
- *обрання раціональної схеми охолодження камери;*
- *вибір інформаційного середовища для виконання поставленого завдання;*
- *вибір методів для реалізації завдання;*
- *розроблення інженерного об'єкту відповідно завданню на курсовий проєкт.*

Вимоги до змісту пояснювальної записки курсової роботи

1. Титульна сторінка.
2. Зміст.
3. Вступ.
4. Індивідуальне завдання на курсовий проєкт відповідного варіанту.
5. Аналіз існуючих розробок за темою проєкту
6. Розроблення принципової та структурної схем
7. Розроблення математичної моделі технічного засобу що розробляється
8. Моделювання роботи технічного засобу що розробляється
9. Проектування технічного засобу відповідно варіанту

10. Оцінювання експлуатаційних характеристик технічного засобу відповідно варіанту

11. Висновки та пропозиції

12. Список використаних джерел.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

Основна:

1. Добровольский М.В. Жидкостные ракетные двигатели. М.: Машиностроение, 1968., 395 с.
2. Махин В.А. Жидкостные ракетные двигатели. М.: Дом техники, 1961, 598 с.
3. Основы теории и расчета жидкостных ракетных двигателей. В 2 кн. /А.П. Васильев, В.М. Кудрявцев, А.В. Кузнецов и др./ Под ред. В.М. Кудрявцева. -4-е изд., перераб. и доп.-М.: Высш. шк., 1993 – 368 с.
4. Махин В.А. Жидкостные ракетные двигатели. Теория и проектные расчеты камер. Издание второе, переработанное и дополненное. Днепр. АРТ-ПРЕСС, 2020, 560 с.
5. Ракетные двигатели. Т.М.Мелькумов, Н.И. Мелик-Пашаев, П.Г. Чистяков и др./ Под ред. Т.М.Мелькумова. М. Машиностроение, 1968, 511 с.

Методичне забезпечення:

1. Горбенко Г.А. Основи теорії та розрахунку рідинних ракетних двигунів. Навчальний посібник, РВВ ДНУ, 2001, 68 с.
2. Горбенко Г.А. Охолодження камери теплового двигуна. Навчальний посібник, РВВ ДНУ, 2000, 54 с.
3. Сичевой А.В., Морозов Ю.Д. и др. Практикум по курсу «Теория и проектирование тепловых двигателей. Методич. пособие, ДГУ, 1989, 84 с.

Допоміжна література.

1. Алемасов В.Е. и др. Теория жидкостных ракетных двигателей./ Под ред. В.П. Глушко.-М.: Машиностроение, 1989 – 464 с.
2. Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания: Справочник / Под ред. В.П. Глушко. М.: Машиностроение, 1971., 506 с.

1. Інформаційні ресурси

1. Бібліотека КПІ імені Ігоря Сікорського
2. Бібліотека ДНУ
3. Бібліотека ФТФ ДНУ
4. Електронні посібники

Обов'язковими для прочитання є розділи з наведеної базової, що тематично відповідають лекційному матеріалу. Факультативними з базової літератури є джерела 5. З додаткової літератури факультативним є джерела 2.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Вимоги до оформлення пояснювальної записки курсового проекту

Пояснювальна записка до курсового проекту має бути оформлена з використанням текстового редактора WORD та у відповідності до наступних вимог:

1.Текст набирається шрифтом Times New Roman 14 кеглем, з полуторним інтервалом, друкується на папері формату А4.

2. Нумерація сторінок – на нижньому полі посередині, починаючи з другої (титульний аркуш не нумерувати).

У текстовій частині:

1. Заголовки розміщуються посередині рядка та друкуються великими літерами без крапки в кінці, не підкреслюючи.

2. Заголовки підрозділів, пунктів і підпунктів тексту друкуються з великої літери (не підкреслюючи) без крапки в кінці.

3. Усі заголовки повинні бути супідрядними і відповідати змісту роботи.

4. Абревіатури в заголовках треба розшифровувати. Заголовки з двох чи більше речень відокремлювати крапками.

5. Відстань між заголовком і текстом становить 28 пт, відстань між заголовками розділу та підрозділу – 14 пт.

6. Не розміщувати заголовок внизу сторінки, якщо після нього лише один рядок тексту.

7. Таблиці й ілюстрації повинні бути пронумерованими і міститися після посилань на них у тексті. Примітки друкують під таблицею.

8. У додатках розміщують офіційні, додаткові і розрахункові матеріали, допоміжні висновки тощо. Усі додатки потрібно нумерувати.

9. Нумерація формул, таблиць і рисунків у кожному з додатків має бути самостійною.

Графічні матеріали оформлюються відповідно ЄСКД

6. Самостійна робота студента/аспіранта

1. При виконанні курсового проекту потрібно опанувати лекційним матеріалом та лабораторних робіт.

2. Виконання курсового проекту здійснюється відповідно до календарного плану.

Таблиця розподілу часу на самостійну роботу студента

Назви розділів і тем	Кількість годин на СРС
Курсовий проект	43
Залік	2
Всього годин	45

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- обов'язковим є відвідування лабораторних занять;
- штрафні бали нараховуються за затримку із поданням курсової роботи.

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

Курсовий проект оцінюється за трьома складовими:

1. Пояснювальна записка до курсового проекту.
2. Графічна реалізація проекту.
3. Презентація курсового проекту.

Максимальна оцінка за курсову роботу дорівнює 100 балам.

Пояснювальна записка до курсового проекту оцінюється 20 балами, які розподіляються наступним чином:

- детально розглянута та проаналізована предметна область – 10 балів, є незначні недоліки – 8 балів, стислий або недостатній опис 4 бали, відсутній опис -0 балів.
- оформлення записки відповідно до вимог -4 бали, недотримання вимог – 2 бали.
- грамотність – 3 бали , стиль викладання – 2 бали , посилання на першоджерела 1бал.

2. *Графічна реалізація проекту - 40 балів.*
- творчий підхід при розробці проекту, створення інноваційної розробки – 20 балів;
 - коректна робота проекту з детальними поясненнями отриманих результатів – 15 балів;
 - представлення проекту в зазначений строк – 5 балів.
3. *Презентація курсового проекту 40 балів.*
- представлення інформації на слайдах - 5 балів;
 - доповідь по результатам розробки:
 - а) ступінь володіння матеріалом – 15 балів;
 - б) ступінь обґрунтування прийнятих рішень – 10 балів;
 - в) вміння захищати свою думку – 10 балів.

За кожний тиждень запізнення з поданням курсового проекту на перевірку від встановленого терміну оцінка знижується на два бали по кожній складовій.

Максимальна сума балів стартової складової дорівнює 100.

Семестровий контроль: залік.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Курсові проекти

1. Тема курсового проекту: «Визначення параметрів і характеристик камери»

1.1. Термогазодинамічний розрахунок камери.

- 1.2. Розрахунок і побудова газодинамічного профілю камери.
Профілювання сопла.
- 1.3. Розрахунок і побудова характеристик камери.
- Розрахунок і побудова дросельної характеристики.
- Розрахунок і побудова висотної характеристики.

2. Завдання на курсовий проект обирається з таблиці за варіантом відповідно до списку у журналі групи.

Розрахувати на скільки підігріється паливо (T_1) при зовнішньому охолодженні соплового блоку ракетного двигуна на відстані від зрізу сопла (D_a) до $L=2,5d_{кр}$. Кут розкриття сопла на цій відстані прийняти 20° постійним, конвективний тепловий потік ($q_k = \text{const}$), а променевий змінюється лінійно від $0,02q_{пр.к}$ до $0,05q_{пр.к}$. Температуру палива на вході до колектора прийняти 300 K .

№	$P_{к,1}$ 0^3 кПа	P_a , кПа	$T_{к,1}$ К	$d_{кр}$ мм	D_a , мм	X , мм	Y , мм	D_k , мм	L_k , мм	m , кг/с	$h_{кап}$, мм	δ , мм	q_k , 10^2 кДж/ m^2
1	17	14	3589	180	1551	2094	775	304	402	66	7	2	5,2
2	23	50	3691	239	1642	2787	847	352	466	149	9	2	5,8
3	9	60	3463	169	691	859	345	34	39	31,5	4	1,5	4,2
4	15	20	3647	63	490	734	272	142	238	7,14	3	1,5	3,8
5	13	15	3231	92	694	1191	347	196	287	13,6	3	1,5	4,7
6	16	10	3272	193	2046	2163	845	325	417	76,8	8	2	5,8
7	8,5	2	3096	12	158	226	79	48	105	0,18	3	1,5	3,5
8	6	50	2816	98	344	447	172	250	297	7,73	3	1,5	4,5

P_k – тиск у камері згоряння;

P_a – тиск на зрізі сопла;
 T_k – температура у камері згоряння;
 $d_{кр}$ – діаметр критичного перерізу;
 D_a – діаметр на зрізі сопла;
 X – довжина сопла;
 Y – радіус сопла;
 D_k – діаметр камери згоряння;
 L_k – довжина циліндричної частини камери згоряння;
 m – масова секундна витрата палива;
 $h_{кан}$ – висота охолоджуючого тракту;
 δ – товщина вогняної стінки;
 q_k – конвективний тепловий потік.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри двигунобудування, к.т.н., доцентом Білогуровим Станіславом Олексійовичем.

Ухвалено кафедрою авіа та ракетобудування (протокол № 11 від 17.06.20)

Погоджено Методичною комісією ІАТ (протокол № 2 від 22.06.20)