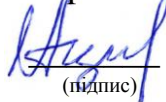


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра конструкцій і проектування ракетної техніки (№ 401)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



О.А. Цирюк
(ініціали та прізвище)

«____» _____ 2021 р.

**СИЛАБУС ВИБІРКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**
Двигунні установки літальних апаратів
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 13 Механічна інженерія
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: Ракетні та космічні комплекси
(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Силабус введено в дію з 01.09.2021 року

Харків 2021 рік

Розробник: Колоскова Г.М. зав. каф. 401, канд. техн. наук
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

²
(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри конструкцій і проектування ракетної техніки

(назва кафедри)
Протокол № 1 від « 27 » 08 2021 р.

В.о. завідувача кафедри доктор техн. наук
(науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

В.О. Серeda
(ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:


(підпис)

Ремезок М.В.
(ініціали та прізвище)

1. Загальна інформація про викладача



Колоскова Ганна Миколаївна, к.т.н.

Викладає в університеті з 2005 року.

Читає наступні дисципліни:

- двигунні установки літальних апаратів;
- оптимізація в техніці;
- комп'ютерні технології проектування;
- інтегровані комп'ютерні технології проектування;
- комплекси літальних апаратів

Напрями наукових досліджень:
Міцність багат шарових елементів ракет отриманих комбінацією полімерів і металів за різних видів навантажень з урахуванням різноманітності їх структур

2. Опис навчальної дисципліни

Семестр, в якому викладається дисципліна – 6 семестр.

Обсяг дисципліни:

5,5 кредити ЄКТС (165 годин), у тому числі аудиторних – 80 годин, самостійної роботи здобувачів – 85 годин.

Форми здобуття освіти

Денна, дистанційна, дуальна.

Дисципліна – вибіркова.

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

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

Мова викладання – українська.

Необхідні обов'язкові попередні дисципліни (пререквізити) – Загальна будова ракетно-космічної техніки.

Необхідні обов'язкові супутні дисципліни (кореквізити) – Конструкція літальних апаратів і їх систем.

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення

Надання знань о типах двигунних установок літальних апаратів (ДУЛА) та методиках їх проектувальних розрахунків, засвоєння основних знань про конструкцію та функціонування різних типів двигунних установок (ДУ), що застосовуються на ракетно-космічних літальних апаратах (ЛА) енергетичні характеристики та їх розрахунки, можливості різних схем компоновки ДУ на ЛА та взаємний вплив характеристик ДУ та ЛА на склад та будову ракетно-космічного ЛА, його льотно-технічні характеристики.

Завдання

Надання навичок для проведення проектувальних розрахунків ДУЛА, вивчення конструкцій, функціонування, методики проектування РДТП та РРД.

Після опанування дисципліни здобувач набуде наступні **компетентності**:

- Знання робочих процесів у системах і елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки
- Здатність проектувати та проводити випробування елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.

Очікується, що після опанування дисципліни здобувач будуть досягнуті наступні **результати навчання** і він буде:

- Пояснювати особливості конструкції та основні аспекти робочих процесів в системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки
- обґрунтовано вибрати тип двигунної установки ЛА;
- розрахувати енергетичні характеристики установки, що забезпечують потрібні льотно-технічні характеристики ЛА;
- розробляти конструктивну схему двигунної установки;
- проектувати елементи конструкцій агрегатів двигунних установок;
- оцінювати ефективність конструкцій двигунних установок;

4. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Ракетні двигунні установки на твердому паливі

Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни «Двигунні установки літальних апаратів». Етапи проектування ЛА та ДУ з узгодженням взаємних характеристик.

- *Форма занять: лекція, лабораторна робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 4 годин.*
- *Лабораторна робота: Конструкція камери згоряння РДТП.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): макети літальних апаратів з РДТП, моделі РДТП.*

Предмет вивчення і задачі дисципліни «Двигунні установки літальних апаратів». Визначення поняття «Двигунні установки літальних апаратів». Взаємний вплив параметрів ДУ та характеристик літального апарату. Склад ДУ та вимоги. Етапи проектування ЛА з узгодженням вибору ДУ. Типи двигунних установок ЛА та ракет-носіїв. Схема етапів проектування ДУ з рідинними ракетними двигунами (РРД), та ракетними двигунами твердого палива (РДТП).

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 5 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 2. Характеристики ДУ з різними типами ракетних двигунів.

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

- *Обсяг аудиторного навантаження: 4 годин.*

- *Лабораторна робота: Конструкція камери згоряння РДТП (продовження).*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): макети літальних апаратів з РДТП, моделі РДТП.*

Характеристика різних типів ДУ, переваги та недоліки, області застосування. Реактивна тяга. Закони механіки її створення. Параметри газу в камері згоряння ракетного двигуна. Енергетичні та масові характеристики ракетних двигунів.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 5 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Типи двигунних установок ЛА та ракет носіїв. Характеристики різних ДУ, переваги, недоліки, області їх застосування

Тема 3. Профіль швидкості ЛА та спрощена методика розрахунку потрібного запасу палива.

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

- *Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.*

- *Лабораторна робота: Вузли кріплення відсіку двигунної установки.*

- *Практична робота: Профіль швидкості ЛА та спрощена методика розрахунку потрібного запасу палива.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): макети літальних апаратів з РДТП, моделі РДТП.*

Профіль швидкості ЛА та відповідні графіки зміни сили тяги ДУ. Визначення за спрощеною методикою потрібної маси запасу палива та відносних коефіцієнтів палива. Варіанти компоновок на літальних апаратах РДТП, вплив на центрування.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 5 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Варіанти компоновок на літальних апаратах РДТП, вплив на центрівку

Тема 4. Палива РДТП, їх склад та характеристика. Виготовлення паливних шашок та їх проектування. Розрахунок швидкості горіння палив.

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

- *Обсяг аудиторного навантаження: 8 годин.*

- *Лабораторна робота: Геометрія та характеристика паливного заряду.*

- *Практична робота: Паливні шашки та їх проектування. Розрахунки паливних шашок.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): макети літальних апаратів з РДТП, моделі РДТП.*

Тверді палива РДТП. Двохосновні (нітроцелюлозні) та сумішеві палива. Їх загальна характеристика, склад. Енергетичні якості. Технологія виробництва паливних шашок. Типи паливних шашок, закони горіння. Паливні шашки с постійним законом горіння. Розрахунки швидкості горіння палив. Критерій Победоносцева. Розрахунки потрібної поверхні горіння. Розрахунки геометричних параметрів паливних шашок. Відносні товщини шару палива що згоряє різних типів шашок. Проектування паливного заряду з урахуванням потрібного діаметру ЛА. Шашки типу «Зірочка», багатошашковий, трубчастощілинний.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 5 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Технологія виробництва паливних шашок. Типи паливних шашок, закони горіння

ТЕМА 5. Елементи конструкції РДТП. Напружений стан камери згоряння РДТП. Проектування елементів конструкції камери РДТП. Особливості двохранжимних РДТП.

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

- *Обсяг аудиторного навантаження: 12 годин.*

- *Лабораторна робота: Конструкція та параметри запалювача та соплового блоку РДТП.*

- *Практична робота: Напружений стан камери згоряння*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): макети літальних апаратів з РДТП, моделі РДТП.*

Конструкція відсіку ДУ з РДТП, призначення агрегатів. Визначення номінального тиску в камері згоряння, його уточнення в залежності від палива. Перерахунок питомого імпульсу тяги в залежності від тиску та висоти польоту ЛА. Проектування камери згоряння РДТП (циліндрична частина та денця). Проектування соплового блоку. Газоводи, призначення, типи, проектування. Проектування опорної решітки. Запалювач, розрахунки. Піропатрон. Розміщення запалювача. Двохранжимні однокамерні РДТП з нерегульованим соплом. Їх особливості та проектування.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 5 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Конструкція відсіку ДУ з РДТП, призначення агрегатів. Проектування соплового блоку. Дворежимні однокамерні РДТП з нерегульованим соплом. Їх особливості проектування.

Модульний контроль 1

- *Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).*
 - *Обсяг аудиторного навантаження: 2 години*
 - *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*
 - *Обсяг самостійної роботи здобувачів – за необхідністю.*
- Підготовка до модульного контролю.

Змістовний модуль №2 Ракетні двигуни на рідкому паливі

ТЕМА 6. Двигунні установки на рідкому паливі. Агрегати та системи РРД

- *Форма занять: лекція, лабораторна робота, практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 8 годин.*
- *Лабораторна робота: Конструкція РРД.*
- *Практична робота: Двигунні установки з повітряно-реактивним двигуном. Агрегати та системи РРД*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): макети літальних апаратів з РРД, моделі РРД та їх елементів.*

Двигунні установки з повітряно-реактивним двигуном, їх характеристика, застосування на безпілотних ЛА та ракетах-носіях. Агрегати та системи, їх призначення. Конструкція камери згоряння та її спрощене проектування.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 5 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Двигунні установки на рідкому паливі, їх характеристика, застосування на ЛА та ракетах-носіях

ТЕМА 7. Палива рідинно-ракетних двигунів. Характеристика систем постачання паливом.

- *Форма занять: лекція, лабораторна робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 6 годин.*
- *Лабораторна робота: Системи постачання палива РРД*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): макети літальних апаратів з РРД, моделі РРД та їх елементів.*

Палива РРД та їх характеристики. Однокомпонентні та двокомпонентні палива. Системи постачання паливом, їх порівняння. Схема газовитіснювальної системи. Схема турбонасосної системи постачання палива.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 5 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Палива РРД та їх характеристики. Однокомпонентні та двокомпонентні палива.

ТЕМА 8. Кавітація та засоби попередження її появи.

- *Форма занять: лекція, лабораторна робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 6 годин.*
- *Лабораторна робота: Вузли кріплення елементів конструкції РРД*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): макети літальних апаратів з РРД, моделі РРД та їх елементів.*

Кавітація. Конструктивні засоби запобігання кавітації для турбонасосної системи постачання палива. Схеми безкавітаційних паливних баків для газовитіснювальної системи постачання.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 5 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Кавітація

ТЕМА 9. Схема навантаження паливних баків та їх проектування.

- *Форма занять: лекція, лабораторна робота, практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 12 годин.*
- *Лабораторна робота: Камера згоряння РРД*
- *Практична робота: Схема навантаження паливних баків та їх проектування.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): макети літальних апаратів з РРД, моделі РРД та їх елементів.*

Розрахункова схема навантаження паливних баків. Напружено-деформований стан конструкції бака. Проектування конструкції паливних баків. Розміщення палива на ЛА з урахуванням вимог центрівки.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 5 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Проектування конструкції паливних баків. Розміщення палива на ЛА з урахуванням вимог центрівки

ТЕМА 10. Конструктивні схеми паливних баків для РРД. Конструкційні матеріали.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 6 годин.*

- *Практична робота: Конструктивні схеми паливних баків для РРД. Конструкційні матеріали.*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): макети літальних апаратів з РРД, моделі РРД та їх елементів.*

Конструктивні схеми баків рідкого палива для РРД. Схеми з мішком для витиснення палива. Схема з поршнем та сильфоном. Паливозабірники. Відсіки баків при від'ємних перевантаженнях ЛА.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 5 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Конструктивні схеми баків рідкого полива для РРД ЛА

Модульний контроль 2

- *Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2 години*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів – за необхідністю.*

Підготовка до модульного контролю.

5. Індивідуальні завдання

Розрахунково графічна робота на тему: «Проектування РДТП» – *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 35 годин.*

6. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники), виконання розрахунково-графічної роботи

7. Методи контролю

Проведення поточного контролю (теоретичне опитування й розв'язання практичних завдань), письмового модульного контролю (тестування за розділами курсу), підсумковий контроль у вигляді іспиту.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	-	-	-
Виконання і захист лабораторних робіт	0...3	4	0...12
Виконання і захист практичних робіт	0...3	3	0...9
Модульний контроль	0...19	1	0...19

Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	-	-	-
Виконання і захист лабораторних робіт	0...3	4	0...12
Виконання і захист практичних робіт	0...3	3	0...9
Модульний контроль	0...19	1	0...19
Виконання і захист РГР	0...20	1	0...20
Усього за семестр			0...100

Прийнята шкала оцінювання

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

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

Білет для іспиту/заліку складається з двох теоретичних питань та одного практичного питання (виконана РГР) максимальна кількість балів за кожне теоретичне питання становить 40 балів максимальна кількість балів за РГР – 20 балів (сума – 100 балів)

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та всі практичні роботи, домашнє завдання та здати модульне тестування. Вміти самостійно давати характеристику двигунних установок, знати галузі їх використання, конструктивні особливості та принцип роботи. Вміти складати розрахункові схеми елементів двигунних установок, та проводити розрахунок паливної шашки.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум, захистити індивідуальне завдання – розрахунково графічну роботу, виконати всі практичні завдання в обумовлений викладачем строк, здати дві модульні роботи у вигляді тестів. Вміти узгоджувати ЛА з типом ДУ. Розраховувати необхідний запас палива. Розв'язувати задачі прикладного характеру що виникають при проектуванні елементів двигунних установок. Знати типи палив та методи виготовлення паливних шашок Вміти розраховувати паливні шашки.

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та уміти застосовувати їх.

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_the_mes_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=1

11. Рекомендована література

Базова

1. Проектування і конструкція ракет-носіїв: Підручник / В.В. Близниченко, Є.О. Джур, Р.Д. Краснікова, Л.Д. Кучма, А.К. Линник та ін.; за ред. акад. С.М. Конюхова. – Д.: ДНУ, 2007. – 504с.
2. Biblarz O., Sutton George P. Rocket Propulsion Elements. 8th Edition. — John Wiley & Sons, Inc., 2010. XVI, 768 p.
3. Davies M. (ed.) Standard Handbook for Aeronautical and Astronautical Engineers McGraw-Hill, 2003. 1952 p.
4. Turner Martin J.L. Rocket and Spacecraft Propulsion: Principles, Practice and New Developments Third Edition. Berlin Heidelberg New York, Springer, Praxis Publishing Ltd, Chichester, UK, 2009. 404 p.
5. Jim Ras Design of Liquid Propellant Rocket Engines, 2016. 412 p.

Допоміжна

1. К вопросу о влиянии геометрии канала заряда и свойств топлива на неустойчивость рабочего процесса в камере сгорания РДТТ/ Г.А. Глебов, С.А. Высоцкая /| ISSN 2542-0542/Вестник Концерна ВКО «Алмаз-Антей» No 1, 2017
2. Санин А.Ф. Исследование напряженно-деформированного состояния композитного корпуса типового ракетного двигателя твердого топлива с металлическими закладными элементами в полюсных областях / А.Ф. Санин,

А.М. Потапов, А.В. Кондратьев, В.А. Коваленко, Д.В. Клименко, Р.В. Атаманчук, В.Н. Харченко // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». –Вып.1(85). –Х., 2016. –С. 36–46.

3. Карасик Е.В. Металлокерамические покрытия в жидкостных ракетных двигателях (обзор) / Е.В. Карасик, А.Н. Симбиркина, А.М. Потапов // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». –Вып. 3 (87) –Х., 2016. –С. 83–90.

4. Гайдачук А.В. Оценка совершенства протекания рабочих процессов в камере сгорания жидкостного реактивного двигателя / А.В. Гайдачук, С.А. Пунтус // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». Вып.3 (87). –Х., 2016. –С.105–110.

5. Пунтус С.А. Постановочный эксперимент по исследованию рабочих процессов в жидкостных ракетных двигателях малых тяг / А.В. Гайдачук, С.А. Пунтус // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». Вып.4 (88). –Х., 2016. –С.50–58.

12. Інформаційні ресурси

1. Влияние жизненного цикла заряда твердого топлива на движение неуправляемого реактивного снаряда – <http://fizmathim.com/vliyanie-zhiznennogo-tsikla-zaryada-tverdogo-topliva-na-dvizhenie-neupravlyaemogo-reaktivnogo-snaryada>

2. Как работают ракетные двигатели – <https://www.youtube.com/watch?v=cbrMMrbEALw>

3. Ракетный двигатель который не смог – <https://www.youtube.com/watch?v=2Sz1A0mzS5o>