

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

 Марина ШЕВЦОВА
(підпис) (ініціали та прізвище)

« 31 » 08 2023 р.

СИЛАБУС ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Системи старту, рятування та приземлення

безпілотних літальних апаратів

(назва навчальної дисципліни)

Major: Безпілотні літальні комплекси

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

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

Освітня програма: Ракетно-космічна техніка
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Силабус введено в дію з 01.09.2023 року

Харків – 2023

Розробник: Середа В. О., доц. каф. № 401, д. т. н.
(прізвище та ініціали, посада, наукова ступінь та вчене звання)

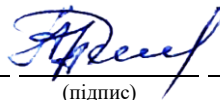


(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри
Конструкцій і проектування ракетної техніки
(назва кафедри)

Протокол № 01 від «31» серпня 2023 р.

Зав. кафедри: К. Т. Н., доц.
(наукова ступінь та вчене звання)



(підпис)

Ганна КОЛОСКОВА
(м'яї та прізвище)

1. Загальна інформація про викладача

	Середа Владислав Олександрович, д. т. н., доцент каф. № 401. З 2010 року з року викладає в університеті наступні дисципліни: – Інтегровані комп'ютерні технології проектування. – Технологія виробництва ракетних двигунів твердого палива. – Конструкція і проектування ракетних двигунів твердого палива. – Конструкція і проектування рідинних ракетних двигунів. Напрями наукових досліджень: моделювання робочих процесів у теплових двигунах, розробка розрахункових програмних комплексів, газотермоаеродинаміка літальних апаратів інтегральних схем.
---	---

2. Опис навчальної дисципліни

Семестр, в якому викладається дисципліна – 2 семестр.

Обсяг дисципліни – 5 кредити ЄКТС (135 годин), у тому числі аудиторних – 72 годин, самостійної роботи здобувачів – 63 годин.

Форми здобуття освіти – денна, дистанційна, дуальна.

Дисципліна – вибіркова.

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

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

Мова викладання – українська.

Необхідні обов'язкові попередні дисципліни (пререквізити) – теорія ракетних двигунів, конструкція і проектування рідинних ракетних двигунів.

Необхідні обов'язкові супутні дисципліни (кореквізити) – основи ракетно-космічної техніки, конструкція і проектування ракетних двигунів твердого палива.

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: Дати необхідні знання про сучасні системи старту безпілотних літальних апаратів (БЛА), способи їх порятунку та приземлення. Надати слухачам низку знань та умінь для самостійного проведення розрахунку динамічних характеристик катапультних пристроїв для запуску БЛА літакоподібного типу. Надати слухачам необхідні знання для самостійного підбору систем порятунку та посадки БЛА.

Завдання дисципліни: Вивчення основних конструктивних рішень в області раціонального проектування системи старту БЛА: механічних, пневматичних та піротехнічних. Самостійно обирати вигляд системи старту, спираючись на світовий досвід у галузі проектування пускових пристроїв. Вивчення конструкцій та вузлів систем старту та приземлення БЛА. Підготувати бакалавра до проектно-конструкторської діяльності в області систем старту БЛА.

Компетентності, які набуваються:

- здатність генерувати нові ідеї (креативність); здатність приймати обґрунтовані рішення; здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;
- здатність використовувати положення гідравліки, аеро- та газодинаміки для опису взаємодії тіл з газовим і гідравлічним середовищем;
- здатність здійснювати розрахунки елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на міцність
- здатність проектувати та здійснювати випробування елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем;
- навички використання інформаційних і комунікаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення при навчанні та у професійній діяльності.

Очікувані результати навчання:

- володіти засобами сучасних інформаційних та комунікаційних технологій в обсязі, достатньому для навчання та професійної діяльності;
- пояснювати вплив конструктивних параметрів елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на її льотно-технічні характеристики;
- володіти навичками визначення навантажень на конструктивні елементи АРКТ на усіх етапах її життєвого циклу;
- розуміти особливості робочих процесів у гідравлічних, пневматичних, електричних та електронних системах, що застосовуються в АРКТ;
- застосовувати у професійній діяльності сучасні методи проектування, конструювання та виробництва елементів та систем АРКТ;
- розуміти та обґрунтовувати особливості конструкції та основні аспекти робочих процесів в системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки;
- оцінювати економічну ефективність виробництва елементів та систем авіаційної ракетно-космічної техніки.

4. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль № 1. Системи старту безпілотних літальних апаратів

Тема № 1. Вступ до дисципліни. Основні терміни та визначення

Форма занять: лекція, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 11-13 годин.

Обов'язкові предмети та засоби: проектор для демонстрації слайдів з матеріалами лекцій, натурні зразки ракетних двигунів.

Лабораторна робота: Критеріальний аналіз механічних системи старту БЛА та формування вигляду такої систем старту на підставі критеріїв подібностей.

Практична робота: Розрахунок пневматичного пускового пристрою на підставі характеристик БЛА, що запускається.

Самостійна робота: Парові палубні катапульти. Принцип дії, устрій циліндра та візка-поршня. Аерофінішери.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 9-11 годин.

Класифікація та характеристика основних типів систем старту (ручний, аеродромний, з носія, катапультний, газодинамічний) безпілотних літальних апаратів (БЛА). Катапультні пристрої (піротехнічні, пневматичні, механічні) для запуску з поверхні БЛА літакоподібного типу. Критерії подібності для оцінювання енергетичної досконалості НПП. Формування критеріїв подібності за допомогою π -теорема. Виведення критеріїв подібності шляхом знерозмірювання основних законів збереження. Приклади оцінювання енергетичної досконалості НПП. Комплексно-спряжена механічна та термогазодинамічна модель робочого процесу НПП. Склад комплексної моделі.

Тема № 2. Комплексно-спряжена модель катапультних систем старту БЛА

Форма занять: лекція, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 11-13 годин.

Обов'язкові предмети та засоби: проектор для демонстрації слайдів з матеріалами лекцій, натурні зразки ракетних двигунів.

Лабораторна робота: Критеріальний аналіз пневматичних системи старту БЛА та формування вигляду такої систем старту на підставі критеріїв подібностей.

Практична робота: Розрахунок піротехнічного пускового пристрою на підставі характеристик БЛА, що запускається.

Самостійна робота: Структурна схема космодрому. Комплекси космодрому. Основні способи відділення ракет від ЛА.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 9-11 годин.

Система рівнянь для описання течії середовища. Замикаючі умови системи. Метод скінчених різниць для розв'язання системи рівнянь. Метод описання факторів робочого процесу. Метод моделювання в'язкості середовища. Рівняння динаміка рухомих частин трансмісії. Умови на границях розрахункової області. Система масок для описання топології об'єктів дослідження. Верифікація моделі у натурному експерименті. Контактні та безконтактні методи визначення динамічних характеристик наземних катапульти. Склад вимірювального комплексу. Випробування груза-макета та аеродинамічної моделі БЛА.

Тема № 3. Оптимізація катапультних систем старту БЛА

Форма занять: лекція, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 11-13 годин.

Обов'язкові предмети та засоби: проектор для демонстрації слайдів з матеріалами лекцій, натурні зразки ракетних двигунів.

Лабораторна робота: Критеріальний аналіз піротехнічних системи старту БЛА та формування вигляду такої систем старту на підставі критеріїв подібностей.

Практична робота: Розрахунок інерційного пускового пристрою на підставі характеристик БЛА, що запускається.

Самостійна робота: Принципи уніфікації ракетних установок. Бугелі ракети. Силові корпуси АПУ, вузли кріплення АПУ до літака.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 9-11 годин.

Закони розподілення тягового зусилля наземних катапульт. Корисна та цільова функція систем старту БЛА. Факторна матриця загальних та приватних параметрів наземних катапульт. Керуючі параметри в задачі оптимізації катапультних систем старту. Умовна параметрична оптимізація динамічних характеристик. Коефіцієнт повноти тягового зусилля. Коливальні процеси у розширювальній машині катапульти. Вплив нестационарності на динамічні характеристики. Конструктивні схеми наземних катапульт БЛА, що реалізують нейтральний закон змінення тягового зусилля: модернізація трансмісії та приводу.

Змістовий модуль № 2. Пускові установки ракетних комплексів

Тема № 4. Пускові установки

Форма занять: лекція, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 11-13 годин.

Обов'язкові предмети та засоби: проектор для демонстрації слайдів з матеріалами лекцій, натурні зразки ракетних двигунів.

Лабораторна робота: Вивчення конструкції пневматичної катапульти для запуску БЛА з поверхні.

Практична робота: Розрахунок пускового пристрою на пружних елементах на підставі характеристик БЛА, що запускається..

Самостійна робота: Дія газового струменя ракети на установку, характеристика факела і газового струменя РДТП.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 9-11 годин.

Загальні відомості про ракетні комплекси. Терміни та визначення. Класифікація ракетних комплексів. Загальні вимоги до агрегатів ракетних комплексів. Загальні відомості про пускові установки. Основні терміни та визначення. Класифікація пускових установок: мобільні (наземні - ґрунтові та залізничні, річкові, морські та авіаційні), стаціонарні (столи - рухомі та стаціонарні, системи, споруди та шахтні). Конструктивно-компонувальні схеми пускових установок. Вимоги до пускових установок.

Тема № 5. Самохідні пускові установки

Форма занять: лекція, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 11-13 годин.

Обов'язкові предмети та засоби: проектор для демонстрації слайдів з матеріалами лекцій, натурні зразки ракетних двигунів.

Лабораторна робота: Вивчення конструкції стартового прискорювача для запуску БЛА з поверхні.

Практична робота: Розрахунок гравітаційного пускового пристрою на підставі характеристик БЛА, що запускається.

Самостійна робота: Рівняння руху ракети. Методика розрахунку АПУ з прямолінійно-криволінійними направляючими.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 9-11 годин.

Аналіз конструктивно-компонувальних схем самохідних пускових установок. Вимоги до самохідних пускових установок. Навантаження, що діють на самохідну пускову установку, та розрахункові випадки навантаження. Основи розрахунку самохідних пускових установок. Критерії працездатності самохідних пускових установок:

стійкість, міцність, деформативність. Захищеність самохідної пускової установки. Вплив ударної хвилі на пускову установку.

Тема № 6. Технологічне обладнання ракетних комплексів

Форма занять: лекція, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 11-13 годин.

Обов'язкові предмети та засоби: проектор для демонстрації слайдів з матеріалами лекцій, натурні зразки ракетних двигунів.

Лабораторна робота: Вивчення конструкцій систем рятування БЛА: балонетів, парашутів, посадкових опорів.

Практична робота: Розрахунок мінометної системи старту БЛА на підставі його характеристик.

Самостійна робота: Розрахунок параметрів ЗСМ з одним ступенем обертання, з електромагнітним стопором, з інерційним стопором.

Обсяг самостійної роботи здобувачів: 9-11 годин.

Класифікація технологічного обладнання та вимоги до нього. Транспортне обладнання, підйомно-перевантажувальне обладнання, настановне обладнання, заправне обладнання, випробувальне обладнання, перевірконо-пускове обладнання, системи прицілювання, радіотехнічне обладнання, допоміжне обладнання. Силові приводи: механічні, електромеханічні, гідромеханічні, пневматичні, гідростатичні, комбіновані. Підсистеми та системи цих приводів.

5. Індивідуальні завдання

Принципові схеми замково-стопорних механізмів АПУ. Принципові схеми АКУ. Проектувальний розрахунок основних агрегатів АКУ. Визначення умов супроводу ракети штовхачами. Визначення умов супроводу ракети штовхачами. Розрахунок поворотних пружин прибирання штоків штовхачів АКУ.

6. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

7. Методи контролю

Для поточного контролю враховується робота на лекційних та практичних заняттях, усне опитування при їх проведенні, виконання та захист усіх лабораторних робіт, виконання та захист РГР, проведення поточних контрольних тестів і фінальний контроль у вигляді іспиту у разі відмови студента від зароблених балів протягом семестру.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

8.1 Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Оцінювання основних елементів навчальної роботи та контрольні заходи проводиться за наступними рекомендованими балами.

Складові навчальної	Бали за одне заняття	Кількість занять	Сумарна кількість
---------------------	----------------------	------------------	-------------------

роботи	(завдання)	(завдань)	балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекційних заняттях	0...0,5	16	0...8
Виконання і захист практичних робіт	1...3	3	3...9
Модульний контроль	16...20	1	16...20
Змістовний модуль 2			
Робота на лекційних заняттях	0...0,5	16	0...8
Виконання і захист практичних робіт	1...3	3	3...9
Модульний контроль	16...20	1	16...20
Виконання і захист РГР	22...26	1	22...26
Усього за семестр			60...100

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

Білет для іспиту складається з 20 білетів по 3 питання у кожному (усі три питання в білеті теоретичні), причому кількість балів розподіляється наступним чином: по 35 балів за перші два питання, присвячених проектуванню і 30 балів – за третє питання, присвячене конструкції РДТП.

8.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі практичні роботи. Знати класифікацію сучасних засобів введення в політ літальних апаратів. Вміти формулювати критерії подібності для формування вигляду НПП на підставі експертного оцінювання якісних властивостей. Записувати рівняння динамки НПП з гнучкою поліспаотною трансмісією. Знати основні напрямки модернізації трансмісії та приводу НПП задля забезпечення її компактності.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум знань. Захистити всі практичні роботи в обумовлений викладачем строк. Вміти формулювати критерії подібності для формування вигляду НПП шляхом знерозмірювання основних законів збереження. Знати основні конструктивні схеми, що реалізують сталий закон стартового перевантаження. Знати основні принципи чисельних методів вирішення системи рівнянь, що описують робочий процес у НПП.

Відмінно (90-100). Повно знати основний та додатковий матеріал. При виконанні практичних робіт докладно обґрунтувати запропоновані заходи. Вміти формулювати критерії подібності для формування вигляду НПП шляхом пошуку розмірності на підставі π -теореми. Формулювати задачу оптимізації динамічних характеристик НПП. Знати основні принципи оптимізації динамічних характеристик НПП. Знати основні складові газотермодинамічної підмоделі НПП, метод вирішення системи рівнянь моделі та замикаючі умови.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою
------------	------------------------------

	Іспит, диф. залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

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

Навчальні посібники

1) Формирование облика пускового устройства беспилотного летательного аппарата [Текст]: учеб. пособие / В. А. Середа, А. А. Цирюк. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2013. – 56 с.

2) Амброжевич М. В. Численное моделирование газотермодинамических процессов в ракетных двигателях твердого топлива [Текст]: учеб. пособие / М. В. Амброжевич, В. А. Середа. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2011. – 43 с.

Навчально-методичний комплекс дисципліни розміщено у методичному кабінеті кафедри «Конструкцій і проектування ракетної техніки».

11. Рекомендована література

Базова

1) Конюхов, С. Н. Минометный старт межконтинентальных баллистических ракет [Текст] / С. Н. Конюхов, П. П. Логачев. – Д: ИТМ НАНУ-НКАУ, ГKB «Южное», 1997. – 212 с.

2) Проектування і конструювання ракет-носіїв [Текст]: підруч. / В. В. Близниченко, Є. О. Джур, Р. Д. Краснікова та інші; за ред. С. М. Конюхова. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2007. – 504 с.

3) Fahlstorm, P. G. Introduction to UAV Systems [Text]: Fourth Edition / P. G. Fahlstorm, T. J. Gleason // John Wiley & Sons, Ltd. 2012 – 280 p.

4) Мосов, С. Беспилотная разведывательная авиация стран мира: история создания, опыт боевого применения, современное состояние, перспективы развития [Текст]: монография / С. Мосов – К. : Изд. дом. «Румб», 2008. – 160 с.

5) Bill Holder. Unmanned Air Vehicles. An Illustrated Study of UAVs [Text] / Bill Holder – Schiffer Military/Aviation History // Atglen: PA, 2001. – 69 p.

6) Valavanis K. O. Unmanned Aircraft Systems [Text] / Kimon O. Valavanis, Paul Y. Oh, Les A. PiegI // International Symposium on Unmanned Aerial Vehicles, UAV'08. – Springer Science + Business Media . – 2009. – 532 p.

Допоміжна

1) Середа В. А. Концепция проектирования компактных наземных пусковых устройств для запуска беспилотных летательных аппаратов [Текст] / В. А. Середа // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Серия: Математическое моделирование в технике и технологиях. – Х. : Нац. техн. ун-т «Харьк. политех. ин-т». – 2016. – № 6 (1178). – С. 110-115.

2) Серeda B. A. Optimizatsiya dinamicheskikh kharakteristik sistemy pirotekhnicheskogo starta [Tekst] / B. A. Sereda // Voprosy proektirovaniya i proizvodstva konstruktsiy letatel'nykh apparatov: sb. nauch. tr. Naц. aэrokосm. un-ta im. N. E. Zhukovskogo «Харьк. авиац. ин-т». – 2015. – Вып. 3 (88) – С. 7-15.

3) Маликов, В. Г. Наземное оборудование ракет [Текст] / В. Г. Маликов, С.Ф. Комисарик, А.М. Коротков. – М. : Воениздат, 1971. – 304 с.

12. Інформаційні ресурси

1) Official website company Robonic Ltd Oy [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.robonic.fi/advantages-of-pneumatic-launch/>.

2) Official website company Aries Ingenieria Y Sistemas, S. A. [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.aries.com.es/en/defence-security-uas/uas-technologies/launchers-family/id/324>.

3) Official website company Aries Ingenieria Y Sistemas, S. A. [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.aries.com.es/en/defence-security-uas/uas-technologies/launchers-family/id/324/>.

4) Official website company Adcom Systems [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.adcom-systems.com/>