

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



(підпис)

Ганна КОЛОСКОВА

(ім'я та прізвище)

« 31 » 08 2023 р.

СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Конструкція безпілотних літальних апаратів та їх систем

(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: «Безпілотні літальні комплекси»
(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Силабус введено в дію з 01.09.2023 року

Харків – 2023 р.

Розробник: Бетін Д.О. доц. к.401, к.т.н.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(підпис) -

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри _____

Конструкцій і проектування ракетної техніки
(назва кафедри)

Протокол № 1 від «31» 08 2023 р.

Завідувач кафедри

к.т.н., доцент
(науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Ганна КОЛОСКОВА
(ім'я та прізвище)

1. Загальна інформація про викладача



Бетін Денис Олександрович, к.т.н. З 2010 року викладає в університеті наступні дисципліни:

- конструкція безпілотних летальних апаратів;
- загальна будова ракетно-космічної техніки;
- випробування літальних апаратів та їх систем;
- комплекси літальних апаратів.

Напрями наукових досліджень: проектування, виготовлення та випробування вільнолітаючих динамічно подібних моделей літаючих апаратів.

2. Опис навчальної дисципліни

Семестр, в якому викладається дисципліна – 7,8 семестри.

Обсяг дисципліни: 11,5 кредитів ЄКТС / 345 годин, у тому числі аудиторних – 160 год., самостійної роботи здобувачів – 185 год.

Форма здобуття освіти – денна/заочна/дуальна/дистанційна.

Дисципліна обов'язкова.

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

Види контролю – іспит, залік диференційований

Мова викладання – українська.

Необхідні обов'язкові попередні дисципліни (пререквізити) – інженерні основи аерокосмічної техніки, механіка матеріалів, інженерне матеріалознавство, будівельна механіка, теоретична механіка, теорія машин та механізмів, конструкція безпілотних літальних апаратів та їх систем.

Необхідні обов'язкові супутні дисципліни (кореквізити) – авіаційне матеріалознавство, випробування літальних апаратів та їх систем, оптимізація в техніці, особливості проектування конструкцій з композиційних матеріалів.

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: надання професійних знань та умінь стосовно розробки конструкцій та систем сучасних безпілотних літальних апаратів.

Завдання: вивчення основних конструктивних рішень в області конструювання ЛА, конструкцій і вузлів, формування умінь проводити конструктивних аналіз і визначати параметри основних відсіків ЛА, формування навичок інженерного обґрунтування проектних рішень і розрахунку льотно-технічних параметрів ЛА програмного забезпечення.

Компетентності, які набуваються:

- базові знання у галузі гідравлічних, пневматичних, електричних та електронних систем, що застосовуються в авіаційній та ракетно-космічній техніці;

- практичне користування сучасною українською мовою у сфері ділового та професійного (науково-технічного) спілкування;

- практичне користування іноземною мовою в соціально-побутовій і професійній сферах спілкування;

- здатність використовувати положення динаміки польоту та керування при проектуванні об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки (АКТ);

- здатність призначати матеріали для елементів конструкції авіаційної та ракетно-космічної техніки;

- знання робочих процесів у системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки;

- навички використання інформаційних і комунікаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення при навчанні та професійній діяльності.

Очікувані результати навчання:

- вміти пояснювати свої рішення і підґрунтя їх прийняття фахівцям і неспеціалістам в ясній і однозначній формі;

- 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;

- пояснювати вплив конструктивних параметрів елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на її льотно-технічні характеристики. Мати уявлення про стійкість та керованість авіаційної та ракетно-космічної техніки;

- володіти навичками визначення навантажень на конструктивні елементи авіаційної та ракетно-космічної техніки на усіх етапах її життєвого циклу;

- мати уявлення про структуру та принципи дії бортового та навігаційного обладнання авіаційної та ракетно-космічної техніки;

- застосовувати сучасні методи проектування, конструювання та виробництва елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки;

- пояснювати особливості конструкції та основні аспекти робочих процесів в системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки.

4. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. Загальні питання розробки конструкцій БЛА

Змістовний модуль 1. Агрегати, системи та компоновання БЛА

Тема 1. Загальні питання проектування конструкцій літальних апаратів. Аналіз та вибір схеми БЛА та типу силової установки.

– форма занять лекція, практична робота, самостійна робота;

– Обсяг аудиторного навантаження 10-18 годин;

– Практична робота: “Аналіз та вибір аеродинамічної схеми БЛА”;

– *Обов’язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): безпілотні літальні апарати різноманітних класів, вимірювальні пристрої, програмне забезпечення для проведення розрахунків;*

– Предмет вивчення і задачі дисципліни «Конструкція безпілотних літальних апаратів та їх систем». Основні вимоги до конструкцій БЛА. Проектування та конструювання. Стандартизація та уніфікація елементів конструкцій як один з шляхів підвищення показників якості виробу. Методологія проектування складних конструкцій. Методи раціонального проектування силових конструкцій. Взаємодія літального апарату з навколишнім середовищем. Вплив нагріву на працездатність конструкції. Особливості впливу на БЛА при зберіганні та транспортуванні. Силові навантаження на БЛА при транспортуванні та в польоті. Руйнуючі навантаження та напруження. Запаси міцності. Вибір загальної схеми БЛА. Вибір аеродинамічної схеми БЛА. Вибір схеми БЛА по окремим її признакам. Вибір типу та числа двигунів проектуємого БЛА. Підхід до вибору схеми БЛА.

– обсяг самостійної роботи здобувачів – 20 годин.

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Вивчення термінів та визначень. Взаємодія літального апарату з навколишнім середовищем. Міжнародна Стандартна Атмосфера. Проведення розрахунків та виконання РГР.

Тема 2. Розрахунок маси БЛА. Розрахунок маси БЛА.

– форма занять лекція, практична робота, самостійна робота;

– Обсяг аудиторного навантаження 10-18 годин;

– Практична робота: “Визначення положення центру мас БЛА”;

– *обов’язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): безпілотні літальні апарати різноманітних класів, вимірювальні пристрої, програмне забезпечення для проведення розрахунків;*

– Класифікація маси БЛА. Розрахунок маси БЛА в першому наближенні. Розрахунок маси БЛА в другому наближенні. Точність вагових розрахунків. Перерахунок вагових характеристик БЛА. Вагове проектування та контроль маси БЛА. Аеродинамічне компонування. Об’ємне-масове компонування. Конструктивно-силове компонування. Оформлення результатів компонування.

– обсяг самостійної роботи здобувачів – 19 годин.

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Вивчення термінів та визначень. Перспективні конструкції БЛА. Модульні частини БЛА. Заміна модулів в польових умовах. Особливості з’єднань

елементів силових конструкцій з композиційних матеріалів. Проведення розрахунків та виконання РГР.

Тема 3. Крило та оперення БЛА.

- форма занять лекція, практична робота, самостійна робота;
- Обсяг аудиторного навантаження 12-20 годин;
- Практична робота: “Конструювання та визначення основних характеристик крила та оперення БЛА”;
- *Обов’язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти):* безпілотні літальні апарати різноманітних класів, вимірювальні пристрої, програмне забезпечення для проведення розрахунків;
- Основні геометричні параметри крила. Аеродинамічні характеристики крил помірних та великих подовжень. Аеродинамічні характеристики крил малого подовження. Механізація крила та елерони. Задачі проектування оперення. Вибір форми оперення. Вибір форми та параметрів органів керування. Проектування конструктивно-силової схеми та схеми стикування оперення.
- обсяг самостійної роботи здобувачів – 20 годин.

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Вивчення термінів та визначень. Особливості конструкції та розрахунку крил з композиційних матеріалів. Багатошарові конструкції. Аеропружність та колювання конструкції. Проведення розрахунків та виконання РГР. Розробка та виконання креслень розробленого БЛА.

Тема 4. Компонування БЛА.

- форма занять лекція, практична робота, самостійна робота;
- Обсяг аудиторного навантаження 10-18 годин;
- Практична робота: “З’єднання елементів конструкції БЛА”;
- *обов’язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти):* літальні апарати різноманітних класів, вимірювальні пристрої, програмне забезпечення для проведення розрахунків;
- Компонування двигунів на БЛА. Компонування та розміщення устаткування та обладнання на борту БЛА. Компонування та розміщення цільового та корисного навантаження.
- обсяг самостійної роботи здобувачів – 20 годин.

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Вивчення термінів та визначень. Допустимі затрати на зниження ваги. Проведення розрахунків та виконання РГР.

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. Життєвий цикл БЛА

Тема 5. З'єднання і стики.

- *форма занять лекція, практична робота, самостійна робота;*

- *Обсяг аудиторного навантаження 12-22 годин;*

- *Практична робота: “Конструкції стикових вузлів крила із корпусом”;*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): безпілотні літальні апарати різноманітних класів, вимірвальні пристрої, програмне забезпечення для проведення розрахунків;*

- *Загальні положення. З'єднання. Роз'ємні з'єднання. Різьбові з'єднання. Нероз'ємні з'єднання. Клепання. Паяння. Види зварювання. Клейові з'єднання. Стики. Точкові стики. Вухо-вилка. Гребінка. Фітинги. Контурні стики. Фітинги. Фланці. Стики з внутрішнім підходом. Кутики. Шомпольне з'єднання. Зрізний стик. Телескопічні стики. Піротехнічні кріпильні елементи.*

- *обсяг самостійної роботи здобувачів – 17 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Вивчення термінів та визначень. Новітні методи та технології з'єднання елементів БЛА. Проведення розрахунків та виконання РГР.

Тема 6. Методи порівнювального аналізу та оптимізації конструкцій та систем БЛА.

- *форма занять лекція, самостійна робота;*

- *Обсяг аудиторного навантаження 5-8 годин;*

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

- *Критерії порівнювального аналізу та оптимізації конструкцій та систем. Методи економічних оцінок. Вплив змінення ваги корисного навантаження на польотну вагу. Порівняльний аналіз економічний аналіз конструктивно-технологічних варіантів агрегатів та деталей.*

- *обсяг самостійної роботи здобувачів – 20 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Вивчення термінів та визначень. Нагрівання конструкції БЛА під час польоту. Деформація елементів конструкція від нагріву. Допустимі температури експлуатації БЛА. Проведення розрахунків та виконання РГР.

Тема 7. Системи керування безпілотними літальними апаратами.

- *форма занять лекція, практична робота, самостійна робота;*

- *Обсяг аудиторного навантаження 12-22 годин;*

– *Практична робота:* “Силові елементи кінематики механізмів керування БЛА”;

– *обов’язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти):* безпілотні літальні апарати різноманітних класів, вимірювальні пристрої, програмне забезпечення для проведення розрахунків;

– Призначення, класифікація, вимоги до системи керування. Склад системи керування. Типи системи керування БЛА. Прямі системи керування. Жорстка система керування. Гнучка система керування. Тяги та качалки.

– *обсяг самостійної роботи здобувачів – 15 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Вивчення термінів та визначень. Оптимізація параметрів конструкцій БЛА. Проведення розрахунків та виконання РГР.

Тема 8. Експлуатація БЛА.

– *форма занять лекція, самостійна робота;*

– *Обсяг аудиторного навантаження 7-10 годин;*

– *Обов’язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти):* відсутні;

– Розташування БЛА. Завантаження-вивантаження БЛА. Технічне обслуговування та ремонт БЛА. Безпека та правила польотів БЛА.

– *обсяг самостійної роботи здобувачів – 18 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Вивчення термінів та визначень. Технологічні методи забезпечення потрібних параметрів БЛА. Проведення розрахунків та виконання РГР. Розробка та виконання креслень розробленого БЛА. Оформлення пояснювальної записки.

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.

Модуль 2.

Курсовий проект на тему “Розробка конструкції агрегату безпілотного літального апарату”. Метою даного курсового проекту є конструювання та проектування агрегату безпілотного літального апарату.

5. Індивідуальні завдання

Розрахунково-графічна робота на тему: “Розробка ескізного проекту безпілотного літального апарату”.

6. Методи навчання

Словесні, наочні, практичні.

7. Методи контролю

Поточний контроль (теоретичне опитування й виконання лабораторних робіт), модульний контроль (тестування за розділами курсу) та підсумковий (семестровий) контроль (іспит).

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0	17	0
Виконання і захист практичних робіт	0...5	3	0...15
Модульний контроль	0...25	1	0...25
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0	17	0
Виконання і захист практичних робіт	0...5	3	0...15
Виконання і захист РГР	0...25	1	0...25
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Усього за семестр			0...100

Білет для іспиту складається з двох теоретичних та одного практичного запитання. Кількість балів розподіляється наступним чином: 35 балів за кожне теоретичне питання, та 30 балів за практичне питання.

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

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі практичні та лабораторні роботи, а також РГР. Вміти самостійно проводити проектувальні розрахунки елементів плануру БЛА з використанням обчислювальної техніки.

Добре (75-89). Твердо володіти мінімумом знань, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати та захищати всі практичні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Вміти самостійно проводити проектувальні розрахунки елементів плануру БЛА з використанням обчислювальної техніки. Вміти пояснювати складні процеси що виникають в польоті БЛА.

Відмінно (90-100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Безпомилково виконувати та захищати всі практичні роботи в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Досконально

знати усі технології, що використовуються при проектуванні конструкцій БЛА. Вміти самостійно проводити проектувальні розрахунки елементів планеру БЛА з використанням обчислювальної техніки з урахуванням сучасних тенденцій в галузі.

Розподіл балів, які отримують здобувачі за виконання курсової роботи

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
до <u>30</u>	до <u>30</u>	до <u>40</u>	100

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований 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

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&aller_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=1

Сторінка дисципліни знаходиться за посиланням:

<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=1411>

11. Рекомендована література

Базова

1. Околота М.В., Колоскова Г.М. Інженерні основи авіаційно-космічної техніки. Загальний пристрій її об'єктів. [Текст]: навч. посібник / М. В. Околота, Г. М. Колоскова - Харків «ХАІ», 2004. - 55 с.

2. Інженерні основи функціонування і загальна будова аерокосмічної техніки [Текст]: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. Ч. 1 / В. С. Кривцов, Я. С. Карпов, М. М. Федотов; Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є.Жуковського "Харк. авіац. ін-т". - Х. : ХАІ, 2002. - 468 с. - Библиогр.: с. 462-464

3. Mark D. Smith, "Quadcopters and Drones: A Beginner's Guide to Successfully Flying and Choosing the Right Drone", 2017, published by CreateSpace Independent Publishing Platform. – 144 pp.

Допоміжна

1. Jha, A. R. Theory, Design, and applications of unmanned aerial vehicles. / A. R. Taylor / CRC Press - Taylor & Francis Group – Boca Raton, USA, 2016 – 316 pp.

2. Yasmina Bestaoui Sebbane. Multi-UAV Planning and Task Allocation / CRC Press - Taylor & Francis Group – Boca Raton, USA, 2020 – 274 pp.

3. Теорія і практика застосування безпілотних літальних апаратів (дронів) – КНТ, 2023. – 126 с.