

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра «Проектування літаків і вертольотів» (№ 103)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Гарант освітньої програми
Сергій ТРУБАЄВ
(підпис) (іст'я прізвище)
« 01 » _____ 09 2025 р.

СИЛАБУС ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Мајор «Літаки і вертольоти»
Дисципліна 2.2

Конструювання агрегатів вертольотів

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: _____ G «Механічна інженерія»
(шифр і найменування галузі знань)

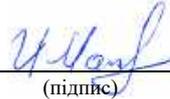
Спеціальність: _____ G12 «Авіаційна і ракетно-космічна техніка»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: _____ «Проектування, виробництво та сертифікація
авіаційної техніки»
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2025

Розробник: професор каф. 103, д.т.н., професор  Ігор МАЛКОВ
(посада, науковий ступінь і вчене звання, ім'я та прізвище) (підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри (№ 103)
«Проектування літаків і вертольотів»

(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 29 » серпня 2025 р.

Завідувач кафедри к. т. н., доцент  Сергій ТРУБАЄВ
(науковий ступінь і вчене звання) (підпис) (ім'я та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:


(підпис)

Данило МАСЛЮ
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

1. Загальна інформація про викладача



ПІБ: Малков Ігор Владиславович

Посада: професор кафедри «Проектування літаків і вертольотів»

Науковий ступінь: доктор технічних наук

Вчене звання: професор

Перелік дисциплін, які викладає:

- Проектування, випробування та сертифікація об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки;
 - Сучасний стан і тенденції розвитку світової авіаційної та ракетно-космічної техніки
 - Конструкція та обслуговування конкретного типу повітряного судна та авіадвигуна;
 - Конструювання агрегатів вертольотів.
-

Напрями наукових досліджень:

- Концептуальне проектування літальних апаратів та вертольотів із полімерних композитних матеріалів.
 - Системи проектування та моделювання конструктивних елементів з використанням методу автоматизованого намотування.
 - Методи проектування конструктивних елементів літальних апаратів із полімерних композитних матеріалів.
-

2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	<i>Денна</i>
Семестр	2
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	<i>вибіркова</i>
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин	<i>денна: 4 кредити ЄКТС / 120 годин (48 аудиторних, з яких: лекції – 24, лабораторні – 24, практичні – 0; СРЗ – 72);</i>
Види навчальної діяльності	Лекції, лабораторні роботи, самостійна робота
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль – залік
Пререквізити	Загальна будова об'єктів АРКТ Аеродинаміка Міцність Конструювання елементів та агрегатів АРКТ Проектування силових установок АТ
Кореквізити	Інтегроване проектування літаків і вертольотів Моделювання та конструювання об'єктів авіаційної техніки за допомогою системи SIEMENS NX Інженерний аналіз елементів авіаційної техніки Планування інженерного експерименту
Постреквізити	Технологія складально-монтажних робіт Композитні конструкції в АРКТ Системи технічної підготовки виробництва АРКТ Моделювання та розрахунок процесів в АРКТ Питання інтелектуальної власності та науково-інженерних розробок Сертифікація літаків і вертольотів

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета – сформувати у студентів наукову базу, теоретичні та практичні знання по конструюванню основних агрегатів вертольотів із умов мінімуму їх маси та дотриманням вимог норм льотної здатності ЛА по міцності, жорсткості та ресурсу їх конструкцій.

Завдання – дати студентам знання: про особливості навантаження й роботи агрегатів вертольотів; про особливості взаємодії деталей агрегатів і вузлів при експлуатаційних та розрахункових навантаженнях; про сучасні методики проектування й конструювання агрегатів вертольотів із умови мінімуму маси й з урахуванням заданого ресурсу; про вимоги, які ставляться до

агрегатів вертольотів; про основні етапи й зміст проектування агрегатів вертольотів; про методики вибору параметрів та конструктивно-силових схем несучого та рульового гвинтів, фюзеляжу, оперення.

Компетентності, які набуваються:

Загальні компетентності (ЗК):

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
- Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.
- Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

Фахові компетентності спеціальності (ФК):

– Здатність застосовувати сучасні методи дослідження, оцінювати й представляти результати виконаної роботи.

– Знання і вміння використовувати досягнення науки і техніки в професійній діяльності.

– Здатність розробляти моделі, які дозволяють прогнозувати зміну технічного стану об'єктів авіаційної техніки, відслідковувати параметри ефективності її технічної експлуатації на базі сучасних аналітичних методів і складних моделей.

– Здатність до розробки організаційно-технічної, нормативно-методичної документації з технічної експлуатації повітряних суден.

Очікувані результати навчання:

– Формулювати мету і завдання дослідження, виявляти пріоритети розв'язку завдань, вибирати й створювати критерії оцінки.

– Застосовувати сучасні методи дослідження, оцінювати й представляти результати виконаної роботи.

– Використовувати досягнення науки і техніки в професійній діяльності.

– Розробляти моделі, які дозволяють прогнозувати зміну технічного стану об'єктів авіаційної техніки, відслідковувати параметри ефективності її технічної експлуатації на базі сучасних аналітичних методів і складних моделей.

– Розробляти організаційно-технічну, нормативно-методичну документацію з технічної експлуатації повітряних суден.

– Застосовувати на практиці принципи й правила раціонального конструювання агрегатів, складових їх частин і вузлів в вертольотобудуванні.

– Вибирати основні параметри несучого та рульового гвинта, фюзеляжу (в т.ч. хвостових балок вертольотів), оперення з урахуванням існуючих рекомендацій нормативних документів (зокрема авіаційних правил).

– Виконувати проєктувальні розрахунки агрегатів вертольотів мінімальної маси.

– Забезпечувати ув'язування конструктивно-силових схем всіх агрегатів, що з'єднуються між собою.

– Враховувати при проєктуванні деталей технології їх виготовлення та подальшого обслуговування та відновлення.

– Розробляти заходи щодо запобігання та усунення руйнування від втоми елементів конструкції агрегатів АТ.

4. Структура навчальної дисципліни

Змістовний модуль №1. Конструювання та проєктування несучих та рульових гвинтів вертольотів.

Тема 1. Вибір параметрів основних агрегатів вертольота одногвинтової схеми.

Вимоги нормативних документів (зокрема авіаційних правил АП-27 і АП-29) щодо проєктування та конструювання агрегатів вертольота одногвинтової схеми. Визначення основних геометричних параметрів та характеристик агрегатів вертольота.

Тема 2. Проєктування та конструювання лопаті НГ вертольота.

Вимоги до несучого гвинта (НГ) вертольота. Вибір і обґрунтування геометричних та кінематичних параметрів НГ. Визначення основних розмірів лопаті НГ. Визначення експлуатаційних навантажень, що діють на лопать НГ. Побудова епюр внутрішніх сил (N , Q , $M_{\text{изг}}$, $M_{\text{кр}}$), що діють в лопаті НГ. Вибір і обґрунтування КСС лопаті НГ та лонжерона НГ зокрема. Проєктувальний розрахунок лонжерона лопаті НГ. Конструювання комлевої частини лопаті НГ. Конструювання обшивок лопаті НГ. Особливості проєктування лопаті НГ легкого вертольота.

Тема 3. Конструювання силових елементів втулки НГ вертольота.

Вибір типу, форми та геометричних параметрів втулки НГ вертольота. Визначення основних експлуатаційних навантажень на втулку НГ. Ув'язування КСС втулки НГ з вузлами кріплення лопатей НГ та з валом НГ (вихідним валом головного редуктора). Проєктувальний розрахунок елементів втулки НГ вертольота. Інженерний аналіз напружено-деформованого стану (НДС) елементів конструкції втулки НГ. Способи підвищення статичної міцності, втомної довговічності та живучості конструктивних елементів втулки НГ.

Тема 4. Проєктування та конструювання рульового гвинта вертольота.

Вимоги до рульового гвинта (РГ) вертольота. Вибір геометричних та кінематичних параметрів РГ. Визначення величини та напрямку дії навантажень, що діють на лопаті РГ. Побудова епюр внутрішніх сил (N , Q , $M_{\text{изг}}$, $M_{\text{кр}}$) в лопаті РГ. Вибір і обґрунтування КСС лонжерона РГ та лопаті РГ в цілому. Конструювання втулки РГ. Проєктувальний розрахунок лопаті РГ та вузлів кріплення лопаті РГ на валу хвостового (кільового) редуктора.

Модульний контроль

Змістовний модуль №2. Конструювання та проектування агрегатів планера вертольота.

Тема 5. Проектування та конструювання фюзеляжу одногвинтового вертольота.

Вибір основних розмірів фюзеляжу вертольота. Вибір КСС фюзеляжу. Розрахункові випадки навантаження фюзеляжу. Проектування та конструювання основних силових елементів фюзеляжу.

Тема 6. Конструювання хвостової балки легкого вертольота.

Передбачені АП розрахункові випадки навантаження хвостової балки. Вибір КСС хвостової балки. Проектування регулярної зони і вузлів кріплення хвостової балки.

Тема 7. Проектування та конструювання оперення вертольота.

Розрахунок навантажень на горизонтальне та вертикальне оперення вертольота. Вибір КСС оперення (кіля і стабілізатора). Проектування елементів і вузлів оперення.

Тема 8. Проектування та конструювання колісного шасі вертольота.

Розрахункові навантаження на колісне шасі. Вибір КСС колісного шасі. Проектування елементів і вузлів колісного шасі.

Модульний контроль

Перелік лабораторних робіт по курсу:

1. Загальний устрій і компоновання вертольота.
2. Лопаті несучого гвинта.
3. Втулка несучого гвинта.
4. Хвостові гвинти вертольотів.
5. Система керування вертольота.
6. Трансмсія вертольота.
7. Злітно-посадочні пристрої вертольотів.
8. Планер вертольота.

Перелік питань на самостійну підготовку:

1. Вибір параметрів основних агрегатів вертольота.
2. Проектування та конструювання лопаті несучого гвинта (НГ) вертольота.
3. Конструювання силових елементів втулки НГ.
4. Проектування та конструювання рульового гвинта (РГ) легкого вертольота.
5. Проектування та конструювання фюзеляжу одногвинтового вертольота.
6. Проектування та конструювання хвостової балки легкого вертольота.
7. Проектування та конструювання оперення вертольота.
8. Проектування та конструювання системи керування одногвинтового

вертольота.

9. Проектування та конструювання трансмісії одногвинтового вертольота.
10. Проектування та конструювання колісного шасі вертольота.

5. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання не передбачені навчальним планом.

6. Методи навчання

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

7. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді заліку.

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	0...1	4	0...4
Виконання і захист лабораторних робіт	0...4	4	0...16
Модульний контроль	0...30	1	0...30
Усього за модуль 1			0...50
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	4	0...4
Виконання і захист лабораторних робіт	0...2	8	0...16
Модульний контроль	0...30	1	0...30
Усього за модуль 2			0...50
Усього за семестр			0...100

Білет для заліку складається з двох питань. Максимальна кількість балів за відповідь на кожне питання – 50 балів.

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

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи. Знати склад тактико-технічних вимог до вертольота, методи оцінки схем вертольотів, вміти самостійно це обґрунтувати та визначити оптимальну злітну масу. Обґрунтувати вибір типу двигуна (двигунів). Визначити основні параметри частин вертольота. Розробити загальний вид вертольота і виконати його креслення.

Добре (75 - 89). Засвоїти мінімум знань та умінь, виконати усі завдання, захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням прийнятих рішень. Знати залежність льотних характеристик вертольота від основних його параметрів. Знати методи оцінки і синтезу схем вертольотів, методи розрахунку злітної маси вертольота і їх основних параметрів.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Вміти аналізувати та відповідно формулювати тактико-технічні вимоги щодо вертольота. Знати сучасні технології проектування, конструювання та моделювання вертольотів, методи складання алгоритмів та блок-схем розрахунків, методи автоматизації проектування. Вміти проводити аналіз ефективності спроектованого вертольота.

Безпомилково виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням рішень та робити висновки.

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

Відвідування занять. Регуляція пропусків. Інтерактивний характер курсу передбачає обов'язкове відвідування практичних занять. Здобувачі освіти, які за певних обставин не можуть відвідувати практичні заняття регулярно, повинні протягом тижня узгодити із викладачем графік індивідуального відпрацювання пропущених занять. Окремі пропущені заняття мають бути відпрацьовані на найближчій консультації протягом тижня після їх пропуску. Відпрацювання занять здійснюється усно у формі співбесіди за питаннями, визначеними планом заняття. В окремих випадках дозволяється письмове відпрацювання пропущених занять шляхом виконання індивідуального письмового завдання.

Дотримання вимог академічної доброчесності здобувачами освіти під час вивчення навчальної дисципліни. Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі освіти мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhennya-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf>). Очікується, що роботи здобувачів освіти будуть їх оригінальними дослідженнями або міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів освіти становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в

письмовій роботі здобувача освіти є підставою для її незарахування викладачем незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, а також правила етичної поведінки регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu.ua/university/normativna-baza/ustanovchi-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

10. Методичне забезпечення

1. Конструювання агрегатів вертольотів. Ч.1: навч. посібник / І.В. Малков, В.А. Урбанович – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2021. – 40 с.

2. Загальна будова вертольотів та їх агрегатів: методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт / І.В. Малков, В.А. Урбанович. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2021. – 40 с.

3. Конспект лекцій, література, котра знаходиться у методичному кабінеті кафедри, бібліотеці.

Посилання на курс у Менторі: <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=938>

11. Рекомендована література

Базова

1. Інтегроване проектування гвинтокрилих літальних апаратів транспортної категорії: підручник: у 3 ч. / А.Г. Гребеніков, Н.І. Москаленко, В.А. Урбанович та ін. - Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіація. ін-т », 2016. - Ч. 1. - 411 с.

2. Проектування важких одногвинтових вертольотів та їх трансмісій. Ч. 1 [Електронний ресурс]: підручник / О.Г. Гребеніков, А.М. Гуменний, А.І. Долматов та ін. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т", 2018. – 361 с.

3. Проектування важких одногвинтових вертольотів та їх трансмісій. Ч. 2 [Електронний ресурс]: підручник / О.Г. Гребеніков, А.М. Гуменний, А.І. Долматов та ін. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т", 2018. – 462 с.

4. Наукові основи конструктивно-технологічних методів забезпечення ресурсу авіаційної техніки: монографія / В.О. Богуслаєв, О.Г. Гребеніков, М.І. Москаленко та ін. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків авіац. ін-т», 2020.– 276 с.

5. Наукові основи проектування та створення енергозалежних систем літаків транспортної категорії: монографія / С.А. Бичков, В.О. Богуслаєв,

О.Г. Гребеніков, В.Ф. Шмирьов. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2022. – 590 с.

6. http://library/khai.edu/library/fulltexts/metod/Grebenikov_integrirovannoe_Proektirovanie.pdf

Допоміжна

1. Конструкція та обслуговування конкретного типу повітряного судна та авіаційного двигуна. Частина 1: навч. посібник / І.В. Малков – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2022. – 104 с.

2. Технічне обслуговування повітряних суден та авіадвигунів: навч. посібник / М.М. Орловський. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2020. – 188 с.

3. Технічне обслуговування планера і функціональних систем повітряних суден та авіадвигунів: навч. посіб. / С.О. Дмитрієв, О.С. Тугарінов, Ю.М. Чоха, В.Г. Докучаєв; за ред. С.О. Дмитрієва. – К.: НАУ, 2004. – 244 с.

4. Наукові основи конструктивно-технологічних методів забезпечення ресурсу авіаційної техніки: монографія / В.О. Богуслаєв, О.Г. Гребеніков, М.І. Москаленко та ін. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків авіац. ін-т», 2020.– 276 с.

5. Механіка руйнування і міцність матеріалів: довід. пос. / під заг. ред. В.В.Панасюка. Т.15: Остап О.П. Структура матеріалів і втомна довговічність елементів конструкцій. – Львів: СПОЛОМ, 2015. – 312 с.

12. Інформаційні ресурси

1. Сайт кафедри 103 <http://k103.khai.edu>
2. Сервер кафедри проектування літаків та вертольотів.
3. Ресурси мережі Internet.