

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

Кафедра проектування літаків і вертольотів (№ 103)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

Людмила КАПІТАНОВА
(підпис) (ім'я прізвище)

« 30 » 08 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Конструювання агрегатів вертольотів

(назва навчальної дисципліни)

MAJOR «ЛІТАКИ ТА ВЕРТОЛЬОТИ»

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

Спеціальність: 134 «Авіаційна та 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 2024 рік

Робоча програма «Конструювання агрегатів вертольотів»

(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю: 134 «Авіаційна і ракетно-космічна техніка»

освітньою програмою: «Літаки і вертольоти»

«27» 08 2024 р., 11 с.

Розробники: Малков І. В., професор каф. №103, д.т.н., професор

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри проектування літаків та вертольотів

(назва кафедри)

Протокол № 1 від «27» 08 2024 р.

Завідувач кафедри проектування літаків і вертольотів №103

К.Т.Н., ДОЦЕНТ

(підпис)



Сергій ТРУБАЄВ

(ім'я та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 2	Галузь знань 13 «Механічна інженерія» (шифр і назва)	Вибіркова
Кількість модулів – 2	Спеціальність: 134 «Авіаційна і ракетно-космічна техніка» Освітня програма: «Літаки і вертольоти»	Навчальний рік: 2024/2025
Змістових модулів – 2		Семестр 2-й
Індивідуальне завдання _____ (назва)		Лекції* 24 години
Загальна кількість годин – 120 кількість годин аудиторних занять* / загальна кількість годин – 48/120		Практичні, семінарські* -
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 кількість годин самостійної роботи студента – 4,5 кількість годин		Лабораторні* 24 години Самостійна робота 72 годин Вид контролю залік

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить для денної форми навчання – 48/72.

*Аудиторне навантаження може бути зменшено або збільшено на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. 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.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких компетентностей:

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.

Програмні 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.

Результати навчання.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен *знати*:

- вимоги, які пред'являють авіаційні правила (АП) до агрегатів вертольотів, що проектуються;
- основні поняття (терміни) та визначення дисципліни «Конструювання агрегатів вертольотів»;
- загальні вимоги до агрегатів, вузлів та окремих (особливо відповідальних) деталей конструкції вертольотів;

- склад, послідовність та зміст основних етапів, процесів і уявлень про проектування і конструювання агрегатів вертольотів;
- методики проектування й конструювання агрегатів вертольотів із умови мінімуму маси й з урахуванням заданого ресурсу;
- критерії й методи оптимізації конструкції агрегатів;
- склад і вплив основних конструктивно-технологічних та експлуатаційних факторів на аеродинаміку і динаміку, міцність і жорсткість та ресурс, технологію виготовлення агрегатів вертольотів;
- методи і способи забезпечення та збереження характеристик конструкцій агрегатів вертольотів.

вміти:

- на практиці застосовувати принципи й правила раціонального конструювання агрегатів, складових їх частин і вузлів в вертольотобудуванні;
- грамотно, з урахуванням існуючих рекомендацій нормативних документів (зокрема авіаційних правил), вибирати основні параметри несучого та рульового гвинта, фюзеляжу (в т.ч. хвостових балок вертольотів), оперення;
- виконувати проектувальні розрахунки агрегатів вертольотів мінімальної маси;
- забезпечувати ув'язку конструктивно-силових схем всіх агрегатів, що з'єднуються між собою;
- ураховувати при проектуванні деталей технології їхнього виготовлення, та подальшого обслуговування і відновлення;
- розробляти заходи щодо попередження та усунення руйнування від втоми елементів конструкції агрегатів АТ.

Пререквізити – дисципліна базується на знаннях, які отримані при вивченні дисциплін: Загальна будова об'єктів АРКТ, Аеродинаміка, Міцність, Конструювання елементів та агрегатів АРКТ, Проектування силових установок АТ.

Кореквізити – необхідними супутніми дисциплінами є: 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

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль № 1

Змістовний модуль №1. Конструювання та проектування 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 проектування та конструювання агрегатів вертольота одногвинтової схеми.

Визначення основних геометричних параметрів та характеристик агрегатів вертольота.

Тема 2. Проектування 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 , $M_{изг}$, $M_{кр}$), що діють в лопаті НГ. Вибір і обґрунтування КСС лопаті НГ та лонжерона НГ зокрема. Проектувальний розрахунок лонжерона лопаті НГ. Конструювання комлевої частини лопаті НГ. Конструювання обшивок лопаті НГ. Особливості проектування 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). Проектувальний 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. Проектування 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 , $M_{изг}$, $M_{кр}$) в лопаті РГ. Вибір і обґрунтування КСС лонжерона РГ та лопаті РГ в цілому. Конструювання втулки РГ. Проектувальний розрахунок лопаті РГ та вузлів кріплення лопаті РГ на валу хвостового (кільового) редуктора.

Змістовний модуль №2. Конструювання та проектування агрегатів планера вертольота

Тема 5. Проектування та конструювання фюзеляжу одно гвинтового 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.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістовних модулів і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Змістовний модуль № 1. Конструювання та проектування несучих та рульових гвинтів вертольотів льотів					
ТЕМА 1. Вибір параметрів основних агрегатів вертольота одногвинтової схеми.	14	2	-	4	8
ТЕМА 2. Проектування та конструювання лопаті НГ вертольота.	14	4	-	-	10
ТЕМА 3. Конструювання силових елементів втулки НГ вертольота.	14	4	-	-	10

ТЕМА 4. Проектування та конструювання рульового гвинта вертольота.	14	2	-	4	8
Модульний контроль					
Усього годин за змістовим модулем 1	56	12	-	8	36
Змістовний модуль № 2. Конструювання та проектування агрегатів планера вертольота					
ТЕМА 5. Проектування та конструювання фюзеляжу одногвинтового вертольота.	18	4	-	4	10
ТЕМА 6. Конструювання хвостової балки легкого вертольота.	14	2	-	4	8
Тема 7. Проектування та конструювання оперення вертольота.	14	2	-	4	8
Тема 8. Проектування та конструювання колісного шасі вертольота.	18	4	-	4	10
Модульний контроль					
Усього годин за змістовим модулем 2	64	12	-	16-	36
Усього годин	120	24	-	24	72

5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		-
	Разом	-

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
	Разом	

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Загальна будова і компонування вертольота	2
2	Лопаті несучого гвинта	4
3	Втулка несучого гвинта	4
4	Хвостові гвинти вертольотів	2
5	Система керування вертольота	4
6	Трансмсія вертольота	2
7	Злітно-посадочні пристрої вертольотів	4
8	Планер вертольота	2
	Разом	24

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вибір параметрів основних агрегатів вертольота.	8
2	Проектування та конструювання лопаті несучого гвинта (НГ) вертольота.	10
3	Конструювання силових елементів втулки НГ.	10
4	Проектування та конструювання рульового гвинта (РГ) легкого вертольота.	8
5	Проектування та конструювання фюзеляжу одногвинтового вертольота.	10
6	Проектування та конструювання хвостової балки легкого вертольота.	8
7	Проектування та конструювання оперення вертольота.	8
8	Проектування та конструювання колісного шасі вертольота.	10
	Разом	72

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Разом	-

10. Методи навчання

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

11. Методи контролю

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

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

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

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.

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

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- вимоги, які пред'являють авіаційні правила (АП) до агрегатів вертольотів, що проектується;
- основні поняття (терміни) та визначення дисципліни «Конструювання агрегатів вертольотів»;
- загальні вимоги до агрегатів, вузлів та окремих (особливо відповідальних) деталей конструкції вертольотів;
- склад, послідовність та зміст основних етапів, процесів і уявлень про проектування і конструювання агрегатів вертольотів;
- методики проектування й конструювання агрегатів вертольотів із умови мінімуму маси й з урахуванням заданого ресурсу;
- критерії й методи оптимізації конструкції агрегатів;
- склад і вплив основних конструктивно-технологічних та експлуатаційних факторів на аеродинаміку і динаміку, міцність і жорсткість та ресурс, технологію виготовлення агрегатів вертольотів;
- методи і способи забезпечення та збереження характеристик конструкцій агрегатів вертольотів.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- на практиці застосовувати принципи й правила раціонального конструювання агрегатів, складових їх частин і вузлів в вертольотобудуванні;
- грамотно, з урахуванням існуючих рекомендацій нормативних документів (зокрема авіаційних правил), вибирати основні параметри несучого та рульового гвинта, фюзеляжу (в т.ч. хвостових балок вертольотів), оперення;
- виконувати проектувальні розрахунки агрегатів вертольотів мінімальної маси;
- забезпечувати ув'язку конструктивно-силових схем всіх агрегатів, що з'єднуються між собою;
- ураховувати при проектуванні деталей технології їхнього виготовлення, та подальшого обслуговування і відновлення;
- розробляти заходи щодо попередження та усунення руйнування від втоми елементів конструкції агрегатів вертольотів.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента 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

13. 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.

Конспекти лекцій та література, що знаходиться в бібліотеці, методичному кабінеті та в електронному вигляді на сервері кафедри проектування літаків та вертольотів (перелік приводиться нижче у розділі 14 цієї програми).

14. 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 одnogвинтових 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: Осташ О.П. Структура матеріалів і втомна довговічність елементів конструкцій. – Львів: СПОЛОМ, 2015. – 312 с.

15. Інформаційні ресурси

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