



НАЗВА КУРСУ

Проектні розрахунки конструкцій ЛА

Робоча програма навчального модуля (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти *Перший (бакалаврський)*

Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка
Освітня програма	Літаки і вертольоти
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	4курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	120 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	В розкладі представлено згідно РНП лекції- 2 год. і 2 год. лабораторні роботи кожного тижня рівномірно протягом семестра
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доцент кафедри АРБ, к.т.н., Бондар Юрій Іванович.
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3259

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дана навчальна дисципліна призначена для надання студентам базових знань в галузі міцності літакобудування – склад та особливості проектування ЛА з урахуванням умов їх експлуатації.

Навчальна дисципліна належить до циклу базової підготовки та відіграє значну роль у підготовці фахівців у галузі літакобудування, закладаючи основні закони формування конструкцій авіаційних двигунів.

Метою кредитного модуля є формування у студентів здатностей:

- визначення інтегральних та розподілених навантажень на конструкцію ЛА,
- визначення сертифікаційного базису ЛА,
- конкретизації вимог норм льотної придатності до конструкції ЛА,
- користування методами проектувального та перевірного розрахунку, методів статичних та льотних випробувань, визначення ресурсу ЛА.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- загальна методика сертифікації ЛА;
- норми льотної придатності, їх структура;

- визначення діапазону експлуатаційних швидкостей та перевантажень;
- визначення інтегральних та розподілених зовнішніх навантажень;
- методи проектувального розрахунку міцності конструкцій ЛА;
- методи визначення пружно-деформованого стану конструкцій;
- питання аеропружності конструкцій ЛА;
- питання ресурсу конструкцій ЛА.
- методи статичних та льотних випробувань ЛА.

уміння:

- роботи з нормами льотної придатності;
- моделювати розподіл тиску аеродинамічними поверхнями;
- створювати кінцево-елементні моделі;
- визначати розрахункову схему вузлів та агрегатів в ЛА;
- розраховувати пружно-деформований стан складних тонкостінних підкріплених конструкцій.

досвід:

- практичного застосування набутих теоретичних знань;
- самостійної роботи з навчальною, навчально-методичною і довідковою літературою.
- самостійної праці умовах реального дослідно–конструкторського бюро та дослідного виробництва, насамперед авіаційного напрямку.
- комп'ютерного моделювання складних конструкцій;

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Вивчення цієї дисципліни вимагає наявності у студентів базових знань з навчальної дисципліни «Деталі машин та основи конструювання (8/II)», навчальних дисциплін з стандартизації та взаємозамінності (1/св), навчальних дисциплін з основ авіації і космонавтики та загальній будові ЛА(2/св)

Знання і вміння, які студенти отримують в процесі вивчення дисципліни «Конструкція двигунів ЛА» є однією з основ вивчення таких дисциплін як: «Проектування ЛА»(4/св), «Конструювання ЛА»(11/II).

3. Зміст навчальної дисципліни

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 180 годин/6 кредитів ECTS.

Теоретичний курс дисципліни складає 36 академічних годин і містить розділи і теми:
РОЗДІЛ 1 Визначення навантажень на конструкцію ЛА.

Тема 1.1 Норми льотної придатності.

Тема 1.2 Швидкості, які прийняті для розрахунку міцності ЛА

Тема 1.3 Максимальні перевантаження ЛА.

Тема 1.4 Огинальна «швидкість-перевантаження».

РОЗДІЛ 2. Проектувальний розрахунок елементів ЛА.

Тема 2.1 Навантаження на крила та оперення.

Тема 2.2 Навантаження на фюзеляж та шасі.

РОЗДІЛ 3. . Методи визначення пружно-деформованого стану елементів ЛА.

Тема 3.1. Методи визначення розподілених аеродинамічних навантажень

Тема 3.2 Метод кінцевих елементів та його застосування до задач визначення пружно-деформованого стану конструкцій ЛА

РОЗДІЛ 4. Аеропружність конструкцій ЛА.

Тема 4.1. Явища аеропружності елементів ЛА

Тема 4.2. Визначення жорсткісних параметрів елементів ЛА.

РОЗДІЛ 5. Випробування конструкцій ЛА.

Тема 5.1. Статичні та льотні випробування конструкцій ЛА

Тема 5.2. Методи визначення ресурсу конструкцій ЛА

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Бодягін А. А., Овруцький Е. А. Проектування пасажирських літаків з урахуванням економіки експлуатації. М.: Машинобудування, 1964. 295 с.
2. Бісплігхофф Р. Л., Ешли Х., Халфмеї Р. Л. Аеропружних. М.: ІЛ, 1958. 799 с.
3. Горощенко Б. Т., Дьячеїко А. А., Фадєєв Н. Н. Ескізне проектування літака. М.: Машинобудування, 1970. 327 с.
4. Єгер С. М. Проектування літаків. М.: Машинобудування, 1964. 417 с.
5. Кан С. Н., Свердлов А. І. Розрахунок літака на міцність. М.: Оборонгиз, 1966. 519 с.
6. Остославський І. В., Стражева І. В. Динаміка польоту. Траєкторії літальних апаратів. М.: Машинобудування, 1969. 425 с.
7. Остославський І. В., Стражева І. В. Динаміка польоту. Стійкість і керованість літальних апаратів. М.: Машинобудування, 1965. 463 с.
8. Шейнін В. М., Козловський В. І. Вагове проектування і ефективність пасажирських літаків. Т. 1 і Т. 2. М.: Машинобудування, 1977. 339 с. і 204 с.
9. Шенлі Ф. Р. Аналіз ваги і міцності літакових конструкцій. М.: Оборонгиз, 1957. 406 с.

Додаткова література.

10. Краснов Н. Ф. Прикладная аэродинамика. - М- Высш. шк., 1974.- 731 с.
11. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. - М.: Наука, 1987. - 840 с.
12. Масленников М. М., Шальман Ю. Н. Авиационные газотурбинные двигатели. - М.: Машиностроение, 1975. - 576 с.
13. Павленко В. Ф. Силовые установки летательных аппаратов вертикального взлета и посадки. - М.: Машиностроение, 1972. - 283 с.
14. Н.Я Кондратьев, Справочник по космонавтике, Воениздат, М, 1966.
15. Балабух Л.И., Основы строительной механики ракет, Высшая школа, М. 1969.

Інформаційні ресурси

1. <https://arb.kpi.ua>.
2. <http://iat.kpi.ua>

Обов'язковими для прочитання є розділи з наведеної базової літератури, що тематично відповідають лекційному матеріалу. Факультативними з додаткової літератури є джерела 3, 4, 5.

Додаткова література необхідна для проведення розрахункових робіт на лабораторних роботах.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Дисципліна розрахована на один семестр. Вона складається з лекцій, практичних занять, та самостійної роботи студента.

В лекційній частині курсу викладено методи та технології проектування літака, його елементів та систем, умови їх взаємозв'язку та взаємодії, а також принципи формування реальних авіаційних конструкцій з урахуванням умов їх експлуатації. Тематика розділів 1–8 є базою дисципліни, так як дає студенту відповідний об'єм знань щодо будови та роботи всіх частин силової установки літака, їх взаємозв'язку та взаємодії. Від ступеня засвоєння цього матеріалу визначається глибина знань студента щодо предмета вивчення. Перелік тем лекцій:

Лекція 1. Літальний апарат як об'єкт проектування. Визначення і завдання проектування. Етапи проектування. Оптимізація проектних параметрів літака. Оптимізація проекту літака на етапі розробки технічної пропозиції.

Лекція 2. Вимоги до зльоту. Умови забезпечення заданої довжина розбігу. Вимоги до посадки .

Лекція 3. Вхідні дані для проектування. Зв'язок основних параметрів з льотно-технічними характеристики ЛА. Вибір основних параметрів літака.

Лекція 4. Склад конструкції планера ЛА. Структура ЛА. Розуміння ефективності ЛА. Загальні терміни. Вимоги до проектування раціональних конструкцій.

Лекція 5. Вибір загальної схеми літака. Вибір типу і числа двигунів для літака що проектується.

Лекція 6. Основні параметри літака і їх зв'язок з льотними характеристиками.

Лекція 7. Поняття і термінологія, вагова класифікація. Види вагових розрахунків. Точність вагових розрахунків. Фактори, що визначають величину маси конструкції. Розрахунок маси літака в першому наближенні.

Лекція 8. Розрахунок маси літака в третьому наближенні. Визначення питомого навантаження на крило та тягоозброєності.

Лекція 9. Аеродинамічна компоновка, зменшення втрат на балансування, правило площ, об'ємно-вагова компоновка, центрування літака, конструктивно-силова компоновка.

Лекція 10. Основні завдання проектування частин літака. Основи проектування частин літака.

Лекція 11. Проектування крила літака.

Лекція 12. Проектування фюзеляжу. Параметри фюзеляжу. Форма поперечного перерізу фюзеляжу. Особливості форми носової і хвостової частин фюзеляжу.

Лекція 13. Проектування оперення. Вибір форми оперення. Вибір форми та параметрів органів управління. Контур управління. Його основні елементи та характеристики.

Лекція 14. Проектування силової установки літака. Силова установка як система літака. Установка двигунів на сучасних літаках. Шум реактивних літаків.

Лекція 15. Проектування шасі. Вибір схеми шасі. Вибір основних геометричних параметрів шасі. Вибір числа опор і коліс.

Лекція 16. Методи автоматизованого проектування літаків. Принципи побудови та структура систем автоматизованого проектування літаків (САПР).

Лекція 17. Узагальнена математична постановка задачі проектування. Структура і склад засобів САПР.

Лекція 18. Методи вирішення задач оптимізації..

Практичні заняття.

Метою практичних занять є закріплення на практиці теоретичних знань, отриманих на лекціях.

Практичне заняття 1. Розрахунок діапазону висот та швидкостей горизонтального польоту ЛА.

Практичне заняття 2. Побудова діаграми потрібних та наявних тяг сталого горизонтального польоту.

Практичне заняття 3. Побудова діапазону висот та швидкостей сталого горизонтального польоту літака.

Практичне заняття 4. Розрахунок швидкості підйому літака та надлишків тяги двигунів для сталого режиму набору висоти.

Практичне заняття 5. Розрахунок часу підйому та побудова барограми набору висоти.

Практичне заняття 6. Дослідження впливу параметрів ЛА на значення потрібної стартової енергоозброєності ЛА з ТГД.

Практичне заняття 7. Дослідження впливу параметрів ЛА на відносну масу силової установки з ТГД.

Практичне заняття 8. Вплив параметрів ЛА з ТГД на відносну масу палива.

Практичне заняття 9. Дослідження впливу параметрів ЛА з ТГД на відносну масу конструкції.

Практичне заняття 10. Визначення маси екіпажу, обладнання і комерційного навантаження транспортного ЛА.

Практичне заняття 11. Дослідження впливу параметрів транспортного ЛА на злітну масу.

Практичне заняття 12. Центрування літака.

6. Самостійна робота студента

Мета: навчити студента самостійної роботи над літературою, умінню вести пошук додаткових джерел інформації, умінню узагальнювати інформацію і доповідати;

- поширити та закріпити знання студента з тематики кожного розділу навчальних матеріалів дисципліни шляхом поглиблення знань з лекційного матеріалу, а також самостійне вивчення окремих тем. Перелік питань відведених на самостійне відпрацювання.

1. Історія літакобудування.
2. Перспективні напрямки, шляхи та способи вдосконалення ЛА, питання конверсії, системи подвійного призначення.
3. Конструкційні способи забезпечення якості: міцність конструкції, стійкість, герметичність, довговічність, надійність.
4. Несучі і підвісні баки, форми паливних баків.
5. Методи опису поверхонь агрегатів ЛА.
6. Застосування методу скінченних елементів (МСЕ) при проектуванні раціональних конструктивно-силових схем.
7. Конструкція переставних і керованих стабілізаторів.
8. Заходи щодо захисту силової установки і паливних баків від пожежі і вибуху в польоті.
9. Вплив параметрів шасі на техніко-економічні та експлуатаційні характеристики ЛА.
10. Автономні системи управління, системи телеуправління, системи самонаведення.
11. Особливості та області використання фотоелектричних енергетичних установок.
12. Вимоги до джерел енергії і палив і області їх застосування.
13. Основні системи базування, що застосовуються при складанні корпусу об'єктів ракетно-космічної техніки і планера літака.
14. Монтаж і випробування систем. Підготовка агрегатів планера для монтажу обладнання.
15. Основні етапи технологічної підготовки серійного виробництва.
16. Проектування технологічних процесів.
17. Основні етапи і програми випробувань літальних апаратів. Види і засоби випробувань, моделювання, стендові і натурні випробування, літаючі лабораторії, аналоги, літаючі моделі, сертифікаційні випробування на відповідність нормам льотної придатності. Пасивний і активний експеримент.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування лекцій і практичних занять є обов'язковим і здійснюється за затвердженим розкладом або згідно з індивідуальним планом здобувача вищої освіти. В разі пропущення з поважних причин лекцій студент опрацьовує відповідну літературу і викладає основні положення у короткому рефераті. Відпрацювання пропущених практичних занять проводиться наприкінці семестру за окремим затвердженим графіком. На аудиторних заняттях мобільні телефони мають бути відключені. Складні моменти тем, що виносяться на лекції можуть доручатися здобувачам вищої освіти для підготовки коротких доповідей або дискусійних питань до обговорень з метою збільшення активності слухачів. Практичні заняття захищаються під час виконання чергового практичного заняття у вигляді звітів з відповіддю на контрольні запитання. Пропущені практичні заняття проводяться і захищаються за окремим графіком в кінці семестру.

Використовується наступні правила заохочувальних і штрафних балів.

За участь в інститутській олімпіаді з дисципліни нараховується 5 балів, за роботу з удосконалення дидактичного матеріалу з дисципліни нараховується 5 балів, за активну участь в обговоренні складних тем +1...4 балів

За не допуск до лабораторного практикуму у зв'язку з незадовільним вхідним контролем при повторному відпрацюванні знімається 1 бал, за відсутність на практичному занятті без поважних причин знімається 2 бали, відсутність на занятті без поважної причини: -1...-4 бал.

В разі визначення не самостійного виконання практичних занять- результати анулюються.

2. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: *експрес-опитування за темою заняття, контрольні роботи;*

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік; зарахування практичних занять.

Умови допуску до семестрового контролю: зарахування усіх практичних занять; семестровий рейтинг більше 60 балів.

2.1. Рейтингова система оцінювання результатів навчання:

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за лабораторні роботи та модульну контрольну роботу.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Практичні заняття

Ваговий бал – 15.

Максимальна кількість балів дорівнює 15 балів x5 =75 балів.

Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання – 15;
- виконання, але теоретичні знання недостатні – 10...14;
- виконання, але немає звіту – 8;
- робота не виконувалась – 0.

2. Розрахункова робота

Ваговий бал – 15.

Максимальна кількість балів дорівнює 15 балів.

Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання – 15;
- виконання, але теоретичні знання недостатні – 10...14;
- виконання, але немає звіту – 8;
- робота не виконувалась – 0.

3. МКР

Ваговий бал – 10.

Максимальна кількість балів дорівнює 10 балів x1 =10 балів.

Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання – 10;
- виконання, але теоретичні знання недостатні – 6...8;
- робота не виконувалась – 0.

Штрафні та заохочувальні бали:

- творчий підхід до роботи, активна участь в обговоренні тем, самостійний пошук тем: +1...4 балів;
- відсутність пропусків лекцій без поважних причин: +2...4 бали;
- відсутність на занятті без поважної причини: –1...–4 бал.

Максимальна кількість заохочувальних балів дорівнює 10.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

RC = 75+15 + 10 = 100 балів.

Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає **R = RC = 100 балів.**

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше, ніж 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити оцінку у системі ECTS, виконують контрольну роботу. Контрольне завдання цієї роботи складається з теоретичного питання, яке перевіряє знання теорії, та задачі, яке перевіряє практичні навички студента. Максимальна кількість балів, які нараховуються за контрольну роботу, дорівнює 100.

Теоретична частина.

- вільне володіння матеріалом, відповідь на усі додаткові питання – 50 балів;
- досить впевнене володіння матеріалом, неповні відповіді на додаткові питання – 40 балів;

- невпевнена відповідь на основне питання, неповні відповіді на додаткові питання – 30 балів;
- не має відповіді на основне питання – 0 балів.

Практична частина.

- впевнене та швидке вирішення задачі, вільне володіння інструментарієм, впевнені відповіді на додаткові питання – 50 балів;
- повне вирішення задачі, але неоптимальний програмний код – 40 балів;
- неповне вирішення задачі, труднощі у володінні мовою програмування – 30 балів;
- задача не вирішена – 0 балів.

Рейтингові бали, <i>R</i>	Оцінка за університетською шкалою
95–100	Відмінно
85–94	Дуже добре
75–84	Добре
65–74	Задовільно
60–64	Достатньо
< 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску до заліку	Не допущено

Умови позитивної проміжної атестації у семестрі.

Для отримання "зараховано" з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент матиме не менш, ніж 20 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів "ідеальний" студент має отримати 40 балів).

Для отримання "зараховано" з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент матиме не менш, ніж 60 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів "ідеальний" студент має отримати 100 балів).

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Теми рефератів.

1. Визначення і завдання проектування. Етапи проектування, зміст завдань, що вирішуються на окремих етапах.
2. Загальний підхід до оптимізації проектних параметрів ЛА (проектних рішень): завдання, критерії, моделі, математична формулювання постановок задач проектування, методи оптимізації.
3. Обмеження на область існування проекту. Обмеження, що впливають з умов реалізації заданого профілю польоту.
4. Мінімальні швидкості польоту.
5. Зв'язок центрування, стійкості і керованості.
6. Проектування механізації та органів управління. Безпосереднє управління підйомної силою.
7. Визначення основних параметрів і характеристик оперення.
8. Сучасний рівень надійності авіаційної і ракетно-космічної техніки, що знаходиться в експлуатації.
9. Фактори, що впливають на ресурс, випробування конструкції на ресурс.
10. Конструкторські та технологічні методи забезпечення якості.
11. Методи забезпечення взаємозамінності у виробництві ЛА.
12. Технологічні методи підвищення продуктивності праці.
13. Технологічні процеси термічної обробки і створення захисних покриттів.
14. Класифікація процесів виконання з'єднань.
15. Основні завдання технологічної підготовки серійного виробництва ЛА.

Питання до модульної контрольної роботи.

1. Процес створення літального апарату (ЛА).
2. Роль і місце проектування в процесі розробки ЛА.
3. Еволюція завдань, методів і засобів проектування.
4. Вихідні дані для проектування.
5. Умови та зв'язку, що формують область існування проекту
6. Основні силові елементи авіаційних конструкцій.
7. Аналіз і вибір схеми.
8. Визначення основних проектних параметрів ЛА.
9. Методи розрахунку маси ЛА і її складових.
10. Компонування і центрування ЛА.
11. Загальні питання конструювання ЛА і їх агрегатів.
12. Проектування крила, оперення і органів управління.
13. Конструкція і проектування фюзеляжу (корпусу) і силової установки.
14. Системи управління ЛА
15. Конструкція і проектування шасі.
16. Аеропружність і вібрації конструкції.
17. Надійність, ресурс і безпеку польоту ЛА
18. Сертифікація авіаційної техніки.
19. Основи технології виробництва ЛА
20. Процеси виготовлення деталей ЛА.
21. Виробничі похибки,
22. Процеси складання вузлів і агрегатів.
23. Процеси остаточного складання, монтажу та випробування систем ЛА.
24. Технологічна підготовка серійного виробництва.
25. Управління розробкою, автоматизація проектування, конструювання та виробництва.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: доцентом кафедри АРБ, к.т.н., Бондарем Юрієм Івановичем.

Ухвалено кафедрою авіа- та ракетобудування (протокол №13 від 26 червня 2021 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № 1 від 29 червня 2021р.)

¹ Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.