



НАЗВА КУРСУ

Конструювання ЛА-2.

Теоретична частина

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	Цикл професійної підготовки
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	120 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен
Розклад занять	В розкладі представлено згідно РНП лекції- 2 год. і 2 год. практичних занять кожного тижня рівномірно протягом семестра
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доцент кафедри АРБ, к.т.н., Бондар Юрій Іванович. Лабораторні: асс. Гаваза Олег Юрійович. e-mail: bomis@meta.ua
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3264

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 теорії і практики конструювання сучасних авіаційних конструкцій.

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

Мета навчальної дисципліни – є формування у студентів здатностей:

- конструювання та проектування сучасної авіаційної та космічної техніки;
- вивчення структури та принципів проектування ЛА;
- проведення проектних досліджень у питаннях створення нових зразків техніки та конструкцій літальних апаратів;

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

знання:

- загальних принципів побудови конструкцій різних класів літальних апаратів;
- методів конструювання авіаційних та ракетних ЛА.
- методів створення параметричних моделей об'єктів проектування за допомогою мови програмування, принципи реалізації розрахункових та аналітичних алгоритмів у вигляді прикладного програмного забезпечення;

- методів створення параметричних моделей ЛА за допомогою аналітичних алгоритмів у вигляді прикладного програмного забезпечення;

уміння:

- аналізувати технічні завдання, виконувати пошук прототипів та обирати найбільш оптимальні методи вирішення проектної задачі;

- моделювати та аналізувати конструктивні схеми ЛА, використовуючи нормативно-технічну документацію, довідкову літературу.

- визначати умови існування ЛА,

- проводити розрахунки основних елементів ЛА та його конструктивно-силової схеми.

Також отримує уміння аналізувати технічні завдання, виконувати пошук прототипів та обирати найбільш оптимальні методи вирішення проектної задачі; визначати первинну структуру механічної конструкції силової установки літального апарата; на підставі остаточних даних про деталі конструкції, яка відповідає вимогам стандартів та інших нормативних документів.

Важливою компонентною вивчення є досвід з реалізації реальних авіаційних конструкції та їх систем проведення розрахунків основних параметрів, а також щодо особливостей складання та оформлення звітів, пояснювальних записок.

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 75 годин/2,5 кредитів ECTS.

Теоретичний курс дисципліни складає 36 академічних годин і містить наступні розділи і теми:

РОЗДІЛ 1. Основи конструювання.

Тема 1.1. Елементи конструкції літака.

Тема 1.2. Прості з'єднання елементів конструкції літака.

Тема 1.3. Балки в конструкції літаків.

Тема 1.4. Ферми в конструкції літаків.

РОЗДІЛ 2. З'єднання елементів.

Тема 2.1. Класифікація нероз'ємних з'єднань

Тема 2.2. Конструювання з'єднань

Тема 2.3 Роз'ємні з'єднання.

РОЗДІЛ 3. Стикові вузли.

Тема 3.1. Ваговий аналіз.

Тема 3.2. Стикові з'єднання балки.

Тема 3.3. Термокомпенсовані конструкції

РОЗДІЛ 4. Монолітні конструкції.

Тема 4.1. Способи виготовлення.

Тема 4.2. Монолітні панелі.

Тема 4.3. Вибір матеріалу конструкції.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Научные основы интегрированного проектирования самолетов транспортной категории. Д.С. Кива, А.Г. Гребенников. - Харьков: Нац. аэрокос. ун.-т, 2014. -Ч.2 -326 с.

2. Егер С. М. Проектирование самолетов / С. М. Егер и др., под ред. С. М. Егера. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 616 с.
3. *Войт Е. С.* Проектирование конструкций самолетов / Е. С. Войт, А. И. Едогур, З. А. Мелик-Саркисян, И. М. Алявдин. – М.: Машиностроение, 1987. – 416 с.
4. Гиммельфарб А. Л. Основы конструирования в самолетостроении: учеб. пособ. / А. Л. Гиммельфарб, под ред. А. В. Кожина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – 367 с.
5. Житомирский Г. И. Конструкция самолётов / Г. И. Житомирский – М.: Машиностроение. 1991. – 400 с.

Додаткова література:

1. Новиков В. Н. Основы устройства и конструирования летательных аппаратов / В. Н. Новиков, Б. М. Авхимович, В. Е. Вейтин. – М.: Машиностроение, 1991. – 368 с.
2. Зайцев В. Н. Конструкция и прочность самолетов/ В. Н. Зайцев, В. Л. Рудаков – К.: Высшая школа, 1978. – 488 с.
3. Глаголев А. Н. Конструкция самолётов/ А. Н. Глаголев. – М.: Машиностроение, 1975.– 480 с.
4. Воскобойник М. С. Конструкция, прочность самолетов и вертолетов / М. С. Воскобойник и др. – М. : Транспорт, 1972. – 440 с.
5. Новиков В. Н. Основы устройства и конструирования летательных аппаратов / В. Н. Новиков, Б. М. Авхимович, В. Е. Вейтин. – М. : Машиностроение, 1991. – 368 с.
6. Стригунов В. М. Расчет самолётов на прочность / В. М. Стригунов – М. : Машиностроение, 1984.
7. Орлов П. И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие в 3-х книгах / П. И. Орлов. – М. : Машиностроение, 1977. – Кн. 1, – 623 с.; Кн. 2, – 574 с.; Кн. 3, – 360 с.

Інформаційні ресурси

1. <https://arb.kpi.ua>.
2. <http://iat.kpi.ua>
3. <http://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, 6.

Довідкова література необхідна для проведення розрахункових робіт на лабораторних роботах і при виконанні курсової роботи.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

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

В лекційній частині курсу викладено конструкцію сучасних силових установок, їх елементів та систем, умови їх взаємозв'язку та взаємодії, а також принципи формування реальних авіаційних конструкцій з урахуванням умов їх експлуатації. Тематика розділів 1 –4 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:

РОЗДІЛ 1. Основи конструювання.

Лекція 1. Особливості авіаційних конструкцій

Лекція 2. Елементи конструкції літака. Профілі. Форми перетину тонкостінного профілю.

Лекція 3. Прості з'єднання елементів конструкції літака. Застосування профілів, які по довжині складаються з кількох частин.

Лекція 4. Балки в конструкції літаків. Стійкість тонких стінок. Розрахунок і конструювання двотаврових тонкостінних лонжеронів на вигин і зрушення при вигині балок.

Лекція 5. Ферми в конструкції літаків. Області застосування плоских і просторових ферм. Просторові ферми системи. Стрингера. Причини відмови від застосування ферм в конструкції літаків і заміни ферм балками. Перспективи застосування ферм в конструкції літальних апаратів.

РОЗДІЛ 2. З'єднання елементів.

Лекція 6. Основні види з'єднань елементів конструкції літаків. Класифікація нероз'ємних з'єднань.

Лекція 7. Конструювання з'єднань профілів і труб. З'єднання гофра. Клепані з'єднання труб. Недоліки клепанних з'єднань труб. Обтиснення кінців труб. З'єднання труби зі стаканом. З'єднання профілів при перетині і перехрещення. З'єднання паска лонжерона крила з обшивкою і нервюрами.

Лекція 8. Заклепувальні з'єднання. Розрахунок і конструювання клепанних з'єднань. Недоліки клепанних і болтових з'єднань.

Лекція 9. Конструкції із зварними з'єднаннями. Види зварних з'єднань і швів. Розрахунок зварних швів на міцність. Особливості зварювання сталей із застосуванням присадочного матеріалу. Зварні з'єднання деталей з високоміцних сталей. Зварні з'єднання сталевих труб. Вузлові зварні з'єднання труб. Методи підвищення міцності зварних з'єднань, термооброблених сталевих труб з легованої сталі. Електричне контактне зварювання. Зварні з'єднання деталей з легких (алюмінієвих і магнієвих) сплавів. Сварка магнієвих сплавів. Сварка різнорідних металів із застосуванням проміжних прошарків. Дифузійне зварювання різнорідних металів. Зварювання тертям. Зварювання вибухом. Сварка світловим променем. Про доцільність застосування зварних з'єднань в конструкції літака. Паяні з'єднання.

Лекція 10. Клейові та клеєварні з'єднання металу. Переваги клейових з'єднань. Недоліки клейових з'єднань. Конструювання клейового з'єднання металевих деталей. Порівняння мас клейового і заклепувального з'єднань металевих листів. Клейове з'єднання по косій площині («на-ус»).

Лекція 11. Вплив вигину при склеюванні внахлест тонких листів без підкріплення. Конструювання косоzubого клейового з'єднання з урахуванням закругленими кінцями (вершин) зубців. Склеювання деталей з алюмінієвих сплавів. Теплостійкі клеї. Види клейових з'єднань металевих листів.

Лекція 12. Клеєварні з'єднання. Робота клейових і клеєварних з'єднань при циклічних навантаженнях. Рекомендації з конструювання клейових і клеєварних з'єднань. Клейові конструкції балок. Перспективи застосування клеєварних з'єднань в літакобудуванні.

Лекція 13. Конструкції з композитних матеріалів. Стільникові наповнювачі. Загальна втрата стійкості тришарової пластиною при жорсткому на свінг заповнювачі. Визначення розмірів тришарової пластинки. Випинання тришарових циліндричних панелей з рівними товщинами несучих шарів. Конструктивне оформлення стільникових панелей. З'єднання тришарових панелей між собою.

Стикові вставки стільникових панелей. Стільникові наповнювачі з осередками круглої форми.

Лекція 14. Роз'ємні з'єднання. Рухливі шарнірні з'єднання. Тертя в рухомих з'єднаннях закладення шарикопідшипників. Закладення шарніра Гука. Вибір місця розташування вушка з підшипником. Опори.

РОЗДІЛ 3. Стикові вузли.

Лекція 15. Розрахунок і конструювання вузлів. Ваговий аналіз вузла типу «вухо-вилка» при застосування різних матеріалів болта і вушка. Розрахунок хвостовика вузла при дії осьової сили. Хвостовик змінної товщини. Розрахунок ексцентрично навантажених з'єднань. Фланцеві з'єднання фюзеляжу круглого перетину термокомпенсованої конструкції

РОЗДІЛ 4. Монолітні конструкції.

Лекція 16. Способи виготовлення монолітних конструкцій і залежність характеру конструкції від технології.

Лекція 17. Панелі. Збірні панелі. Монолітні панелі. Робота панелі при стисканні.

Робота панелі при зсуві. Шляхи підвищення міцності або зменшення маси панелей.

Лекція 18. Вибір матеріалу конструкції. Питома міцність матеріалу. Причини відмови від застосування дерева в сучасних конструкціях літаків. Питома міцність конструкції.

Тематика лабораторних робіт:

Лабораторна робота 1. Конструктивно-технологічні особливості силових панелей літаків

Лабораторна робота 2. Конструктивно-технологічні особливості нервюр літаків

Лабораторна робота 3. Конструктивно-технологічні особливості стикових вузлів крил літаків

Лабораторна робота 4. Конструктивно-технологічні особливості заклепочних з'єднань лонжеронів крил

Лабораторна робота 5. Конструктивно-технологічні особливості злітно-посадочної механізації крил літаків

Лабораторна робота 6. Конструктивно-технологічні особливості елементів систем керування літаків

Лабораторна робота 7. Конструктивно-технологічні особливості шасі літаків

Тривалість лабораторних робіт 1, 2, 3 4 ак. год., 4, 5, 6, 7 – 6 ак.год.

Для підготовки до виконання лабораторних робіт використовуються методичні посібники до виконання лабораторних робіт, експлуатаційна документація на літаки і вертольоти.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Обсяг самостійної роботи протягом семестру складає 48 ак. год. Структура самостійної роботи наступна.

На самостійне опрацювання виносяться наступні теми лекцій:

Лекція 10. Болтові з'єднання, розрахунок на міцність і втому (2 ак. год.).

Протягом вивчення дисципліни студенти виконують Контрольну Роботу (7 ак. год.).

Підготовка до аудиторних занять (10 ак. год.).

Проведення розрахунків. Креслень і первинних даних отриманих на лабораторних заняттях (17 ак. год.)

Підготовка до екзамену (12 ак. год.)

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування лекцій і лабораторних робіт є обов'язковим і здійснюється за затвердженим розкладом або згідно з індивідуальним планом здобувача вищої освіти. В разі пропуску з поважних причин лекцій студент опрацьовує відповідну літературу і викладає основні положення

у короткому рефераті. Відпрацювання пропущених лабораторних робіт 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. Лабораторні роботи захищаються під час виконання чергової лабораторної роботи у вигляді звітів з відповіддю на контрольні запитання. Пропущені лабораторні роботи проводяться і захищаються за окремим графіком в кінці семестру.

Використовуєть 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 недопуск до лабораторного практикуму у зв'язку з незадовільним вхідним контролем при повторному відпрацюванням знімається 1 бал, за відсутність на лабораторному практикумі без поважних причин знімається 2 бали, відсутність на занятті без поважної причини: -1...-4 бал.

В разі визначення не самостійного виконання лабораторної роботи їх результати анулюються.

8. 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: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: зарахування усіх лабораторних робіт; семестровий рейтинг більше 30 балів.

8.1. Рейтингова система оцінювання результатів навчання:

8.1.1. Лабораторні роботи (кількість – 7. максимум 35 балів)

Ваговий бал – 5.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює 5 балів $\times 7 = 35$ балів.

Критерії оцінювання:

- завдання роботи виконано не менше, ніж на 90 %, своєчасний захист – (4...5) балів;
- завдання виконано приблизно на 75...90 %, теоретичні знання недостатні або несвоєчасний захист – (3...4) балів;
- завдання виконано приблизно на 60...75 %, слабкі теоретичні знання – (2...3) балів;
- завдання виконано менш, ніж на 60 % – 0 балів.

8.1.2. Модульний контроль (МКР максимум 14 балів)

Ваговий бал кожної з 2 частини МКР – 7 балів

Критерії оцінювання контрольної роботи:

- повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) – 7...8 балів;
- достатньо повна відповідь (75...90 % потрібної інформації) – 5...6 балів;
- неповна відповідь (60...75 % потрібної інформації) – 2...4 балів;
- незадовільна відповідь – 0 балів.

8.1.3. Критерії оцінювання виконання завдань на СРС (максимум 5 балів):

- повне виконання, матеріал включено до конспекту лекцій студента – 4...5 балів;
- неповне виконання (приблизно на 60 %) – 2...3 бали;
- виконання менш, ніж 60 % завдання – 0 балів.

Максимальна кількість балів МКР дорівнює $(10+5) \times 2 = 30$ балів.

8.1.4. Заохочувальні та штрафні бали (максимум 6 балів) за:

- творчу активність на лекціях та лабораторних заняттях + 2...3 балів;
- відсутність на заняттях без поважної причини – (-2...3) бали;
- відсутність пропусків лекцій без поважних причин +2...3 бали.

8.2. Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 35 + 14 + 5 + 6 = 60 \text{ балів}$$

Екзаменаційна складова шкали дорівнює 40% від R, а саме:

$$R_e = R_c \cdot 0,4 / (1 - 0,4) = 40 \text{ балів}$$

та складається з двох частин: теоретичної та практичної (вирішення задачі).

Теоретична частина:

- вільне володіння матеріалом, відповіді на всі додаткові питання – 20 балів;
- досить впевнене володіння матеріалом, неповні відповіді на додаткові питання – 12...13 балів;
- невпевнена відповідь на основне питання, немає відповіді на додаткові (не менше 60 % потрібної інформації) – 8...10 балів;
- немає відповіді на основне питання 0 балів.

Практична частина:

- впевнене та швидке вирішення задачі, вільне володіння інструментарієм, впевнена відповідь на додаткове питання – 20 балів;
- повне вирішення задачі із несуттєвими неточностями – 16...18 балів;
- неповне вирішення задачі з певними недоліками (не менше 60 % потрібної інформації) – 12...14 балів;
- задача не вирішена – 0 балів.

Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає $R = R_c + R_e = 60 + 40 = 100$ балів.

Необхідною умовою допуску до екзамену є відсутність заборгованостей та попередній рейтинг (r_c) не менше 50% від R_c , тобто 30 балів.

Переведення рейтингових балів з кредитного модуля R до оцінок за університетською шкалою здійснюється відповідно до таблиці:

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль.

1. Літак як об'єкт розробки: основні вимоги.
2. Нумерація креслень ЄСКД.
3. Дайте визначення понять: надійність, живучість, довговічність, ремонтоздатність.
4. Послідовність розробки проекту.
5. Підходи до оцінки ефективності результатів проекту
6. Умови забезпечення максимальної економічної ефективності і аеродинамічної якості.
7. Основні правила забезпечення вимоги мінімальної маси
8. Дайте визначення термінів: міжремонтний ресурс, назначений ресурс, гарантійний ресурс
9. Якими конструкційними і експлуатаційними заходами можна підвищити ресурс ЛА?
10. Дайте визначення циклу, наведіть приклади найбільш поширених циклічних навантажень.
11. Наведіть приклади технологічних вимог при проектуванні ЛА.

12. Наведіть приклади експлуатаційних вимог при проектуванні ЛА.
13. Переваги і недоліки заклепочних з'єднань.
14. Методика розрахунку заклепочних з'єднань.
15. Засоби стопоріння болтових з'єднань.
16. Види навантажень болтових з'єднань.
17. Класифікація зварних з'єднань.
18. Види розрахунків зварних з'єднань
19. Рознімні з'єднання – області застосування.
20. Шпонкові з'єднання: класифікація, особливості розрахунку.
21. Шлицеві з'єднання: класифікація, особливості розрахунку.
22. Класифікація панелей. Складені панелі.
23. Класифікація панелей. Монолітні панелі.
24. Класифікація панелей. Сендвічеві конструкції.
25. Наведіть приклади конструкцій стикових з'єднань обшивок, обшивок і стрінгерів тощо.
26. Наведіть приклади технологій виготовлення стільникових конструкцій.
27. Особливості з'єднань стільникових конструкцій.
28. Дайте характеристику крил залежно від форми.
29. Особливості конструкції лонжеронних крил.
30. Особливості конструкції кесонних і моноблочних крил.
31. Підходи до розрахунку лонжеронів на міцність.
32. Нервюри нормальні і посилені, особливості конструкції.
33. Закрилки – класифікація і особливості конструкції.
34. Засоби механізації передньої кромки.
35. Спойлери і інтерцептори – призначення і конструктивні особливості
36. Схеми вертикального оперення, особливості конструкцій.
37. Конструктивні особливості горизонтального оперення.
38. Призначення і конструкція переставних стабілізаторів.
39. Тримери - призначення і система управління.
40. Конструктивно-силові схеми фюзеляжів, їх особливості.
41. Спеціальні вимоги до конструкції фюзеляжа.
42. Монококова і напівмонококова схеми фюзеляжа, особливості силових схем.
43. Лонжеронна схема фюзеляжа, особливості силової схеми.
44. Шпангоути і стиковочні вузли фюзеляжа.
45. Шасі, основні вимоги до конструкції.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

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

Ухвалено кафедрою АРБ (протокол № 10 від 16.06.23)

Погоджено Методичною комісією НН ІАТ (протокол №6 від 22.06.20232)