



Комп'ютерний інжиніринг в створенні ЛА

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка</i>
Освітня програма	<i>Літаки і вертольоти</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити, 120 навчальних годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР.</i>
Розклад занять	<i>Лекції - 18 навч. годин, лабораторні роботи - 36 навч. годин.</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>ст. викладач Борисов В.В. (096-932-12-49).</i> Лабораторні: <i>ст. викладач Борисов В.В. (096-932-12-49).</i>
Розміщення курсу	<i>Платформа дистанційного навчання «Сікорський»</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Знання і вміння, які студенти отримують в процесі вивчення дисципліни "Комп'ютерний інжиніринг в створенні ЛА" дозволяють їм розробляти прикладне програмне забезпечення, яке дозволяє описувати дискретні математичні моделі конструкцій ЛА; описувати алгоритми оптимізації конструкцій літальних апаратів; розробляти статистичні, зокрема, прогнозні, математичні моделі ЛА. Предметом дисципліни є числові методи розв'язання загальних диференціальних рівнянь, степеневі ряди, методи математичної статистики, математичні методи оптимізації, у тому числі методи пошуку екстремумів багатопараметричних функцій. В процесі навчання студенти отримують навички розробки прикладного програмного забезпечення, яке дозволяє описувати дискретні математичні моделі конструкцій ЛА; описувати алгоритми оптимізації конструкцій літальних апаратів; розробляти статистичні, зокрема, прогнозні, математичні моделі ЛА.

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

Вивчення цієї дисципліни вимагає наявності у студентів навичок користування персональними комп'ютерами на рівні розробника прикладного програмного забезпечення, а також наявності знань і вмінь, які вони отримають під час вивчення дисциплін "Вища математика" та "Фізика" за спеціальністю "134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка". Знання і вміння, які студенти отримують в процесі вивчення дисципліни "Комп'ютерний інжиніринг в створенні ЛА" дозволяють їм брати участь в розробці сучасних методів автоматизованого проектування, зокрема автоматизації процесу проектувальних розрахунків конструкцій літальних апаратів; проводити статичні дослідження характеристик сучасних типів ЛА та робити прогнози на базі сучасних математичних методів оптимізації; створювати бази даних та знань, з метою використання елементів штучного інтелекту в вирішенні проектувальних задач сучасного виробництва.

- **Зміст навчальної дисципліни**

Розділ 1. Структура проектних моделей планеру літака транспортної категорії.

Тема 1.1. Загальні відомості.

Тема 1.2. Організаційні принципи проектування планеру літака транспортної категорії.

Тема 1.3. Методи формування оптимізаційних скінченно-елементних моделей.

Розділ 2. Експертні методи багатопараметричної оптимізації конструкції складного технічного об'єкту.

Тема 2.1. Структура проектної моделі планеру на різних етапах проектування.

Тема 2.2. Принципи багатопараметричного вимірювання.

Тема 2.3. Методи визначення коефіцієнтів ваги оптимізаційних параметрів конструкції.

Тема 2.4. Програмна реалізація методу визначення коефіцієнтів ваги.

- **Навчальні матеріали та ресурси**

Базова література:

- V. Borisov. *The methods of the synthesis of finite element model of the wing box*, LAP Lambert Academic Publishing (ISBN 978-3-659-67887-5), Jan. 2015, -136 p.
- Зінченко В.П., Борисов В.В. Синтез структур і властивостей скінченно-елементних моделей планеру літака // "Наукові вісті" НТУУ "КПІ". –2011. №1(75). –с. 62–68.
- Інформаційні ресурси: Борисов В.В. Конспект лекцій з дисципліни "Комп'ютерний інжиніринг в створенні ЛА"; режим доступу: <https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&file=tvbfbhvagrjxasbybyw>; <https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&file=qyejwfsjvamqrbwv>;
- C++. Основи програмування. Теорія та практика : підручник/ [О.Г. Трофименко, Ю.В. Прокоп, І.Г. Швайко, Л.М. Буката та ін.]; за ред. О.Г. Трофименко. – Одеса: Фенікс, 2010. – 544 с. ISBN 978-966-438-240-0.

Додаткова література:

- Браян В. Керніган, Деніс М. Річі. Мова програмування С. Переклад Віталій Цибуляк. Друге видання, 2012. - 221 с: іл.
<http://programming.in.ua/programming/c-language/227-book-programming-c-kernighan.html>;
- С++. Основи програмування. Теорія та практика : підручник/ [О.Г. Трофименко, Ю.В. Прокоп, І.Г. Швайко, Л.М. Буката та ін.]; за ред. О.Г. Трофименко. – Одеса: Фенікс, 2010. – 544 с. ISBN 978-966-438-240-0.

Всі зазначені джерела інформації можна отримати в електронному вигляді (DOC-, PDF-, DJVU-форматах) на кафедрі АРБ, або у викладача.

• Навчальний контент

• Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Дисципліна розрахована на один семестр. Вона складається з лекцій та лабораторних робіт.

В лекційній частині курсу описуються основні принципи побудови проектних моделей планеру літака транспортної категорії, особливості структури загальної проектної моделі літака транспортної категорії на різних етапах проектування, а також методи експертного визначення вагових коефіцієнтів параметрів конструкції в процесі багатопараметричної оптимізації. Студенти вивчають перспективні технології проектування транспортних літаків, основні принципи керування процесом проектування, структуру та принципи функціонування сучасних програмних комплексів, які використовуються для забезпечення експертної підтримки процесу проектування. Виконання лабораторних робіт повинно допомогти студентам більш глибоко засвоїти теоретичний матеріал. Під час їх виконання студенти досліджують програмні реалізації алгоритмів керування процесом визначення вагових коефіцієнтів, а також закріплюють навички розробки прикладного програмного забезпечення, призначеного для вирішення проектних задач. Особливо слід приділити увагу засвоєнню принципів організації взаємодії прикладних програм на другому етапі проектування літака.

При створенні робочих навчальних програм денної форми навчання слід звернути увагу на необхідність визначення тем, які студенти допрацьовують вдома. При створенні робочих навчальних програм заочної форми навчання слід звернути увагу на те, що, в зв'язку з малою кількістю учбових годин, на аудиторні заняття виносяться тільки найбільш проблемні питання курсу. Основний акцент слід зробити на виконанні СРС. В процесі читання лекцій студентам доводяться тільки основні положення дисципліни та рекомендації щодо самостійної роботи із рекомендованою літературою. Перелік тем, які проробляються самостійно обов'язково повинен містити посилання на рекомендовану літературу.

Лекція частина курсу складається з наступних занять:

<u>Розділ 1</u>	
<u>Структура проектних моделей планеру літака транспортної категорії</u>	
Тема 1.1. Загальні відомості.	
1.	<u>Лекція 1. Вступ.</u> Що таке проектування? Основний метод проектування планеру літака транспортної категорії. Його переваги та недоліки. Напрямки оптимізації процесу проектування.
<u>Тема 1.2. Організаційні принципи проектування планеру літака транспортної категорії.</u>	
2.	<u>Лекція 2. Структура і типи СЕМ.</u> Типи скінченних елементів, що використовуються в проектних розрахункових моделях. Переваги та недоліки різних типів СЕМ, в залежності від типів скінченних елементів, з яких вони складаються. Структура розрахункових СЕМ на різних етапах проектування.
<u>Тема 1.3. Методи формування оптимізаційних скінченно-елементних моделей.</u>	
3.	<u>Лекція 3. Принципи формування структур скінченно-елементних моделей елементів силового набору.</u> Особливості конструкції типової панелі обшивки кесону крила літака транспортної категорії. Зони постійної товщини обшивки. Структура СЕМ регулярної зони обшивки кесону крила. Структура оптимізаційних скінченно-елементних моделей стрингерів. Моделювання зон закінчення стрингерів, що не доходять до кінцевої нервюри. Моделювання основних лонжеронів.
<u>Розділ 2</u>	
<u>Експертні методи багатопараметричної оптимізації конструкції складного технічного об'єкту</u>	
Тема 2.1. Структура проектної моделі планеру на різних етапах проектування	
4.	<u>Лекція 4. Основні етапи "життя" проекту сучасного транспортного літака. Розробка технічного завдання.</u> Кількість етапів проектування складного технічного об'єкту. Розробка технічного завдання. Структура проекту на етапі розробки технічного завдання. Проектування як процес вирішення зворотної задачі. Внутришньомодельний цикл. Структура внутришньомодельного циклу. Поле допустимих значень.
5.	<u>Лекція 5. Ескізне проектування.</u> Мета ескізного проектування. Структура БД проекту складного технічного об'єкту. Структура параметричної моделі на етапі ескізного проектування. Структура зовнішньомодельного проектувального циклу. Обґрунтування послідовності вирішення проектних задач. Організаційна структура дослідно-конструкторського бюро на етапі ескізного проектування. Організація процесу експертного оцінювання на етапі ескізного проектування.
Тема 2.2. Принципи багатопараметричного вимірювання	
6.	<u>Лекція 6. Оптимізація за декількома параметрами.</u> Перший варіант узагальненої цільової функції та узагальнені критерії

	<i>оптимізації. Програмна реалізація алгоритму визначення першого варіанту узагальненої цільової функції. Другий варіант узагальненої цільової функції та узагальнені критерії оптимізації. Програмна реалізація алгоритму визначення другого варіанту узагальненої цільової функції.</i>
Тема 2.3. Методи визначення коефіцієнтів ваги оптимізаційних параметрів конструкції	
7.	Лекція 7. Визначення коефіцієнтів ваги параметрів. <i>Визначення та оцінка коефіцієнту варіабельності. Дисперсія та середньоквадратичне відхилення експертних оцінок вагових коефіцієнтів критеріїв оптимальності складного технічного об'єкту. Програмна реалізація алгоритмів визначення дисперсії та середньоквадратичного відхилення експертних оцінок вагових коефіцієнтів критеріїв оптимальності складного технічного об'єкту. Метод визначення вагових коефіцієнтів за десятибальною шкалою та його програмна реалізація. Метод парних порівнянь.</i>
8.	Лекція 8. Використання множників Лагранжа. <i>Множина ефективних невідосконалюваних рішень (множина Парето). Задача векторної оптимізації та метод е-обмежень. Непокращувані (Парето-оптимальні) рішення у просторі керованих змінних. Ефективна множина компромісів у цільовому просторі. Множник Лагранжа, як функція критерію оптимальності. Перший варіант програмної реалізації. Вирішення задачі із використанням е-обмежень. Множина непокращуваних рішень в просторі керованих змінних. Другий варіант програмної реалізації.</i>
Тема 2.4. Програмна реалізація методу визначення коефіцієнтів ваги	
9.	Лекція 9. Програмна реалізація методу парних порівнянь. <i>Структура програмного пакету. Функції і методи взаємодії програмних модулів, що надходять до програмного пакету. Структура користувальницького інтерфейсу модулю, призначеного для введення коефіцієнтів парних порівнянь. Алгоритм аналізу значень коефіцієнтів парних порівнянь. Структура файлу для передачі даних в узгальнюючий програмний модуль пакету. Структура користувальницького інтерфейсу узагальнюючого модулю. Алгоритм пошуку і завантаження файлів із експертними оцінками. Алгоритм визначення вагових коефіцієнтів на підставі узагальнення експертних оцінок.</i>

Дисципліна "Комп'ютерний інжиніринг в створенні ЛА" передбачає виконання наступних лабораторних робіт:

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд.годин
1.	<i>Технологія створення додатків для інженерних розрахунків</i>	4
2.	<i>Текстові та обчислювані типи даних. Методи перетворення даних. (Тема 2.1)</i>	6
3.	<i>Об'єктно-орієнтовані технології обміну проектними даними. (Тема 2.1)</i>	6
4.	<i>Аеродинамічні розрахунки із використанням автоматизованої технології обміну даними. (Тема 2.2)</i>	6

5.	МКР	2
6.	Аеродинамічні розрахунки із використанням графічного інтерфейсу користувача. (Тема 2.3)	6
7.	Програмне забезпечення процесу багатопараметричної оптимізації. (Тема 2.4)	6

- **Самостійна робота студента**

В процесі вивчення дисципліни "Комп'ютерний інжиніринг в створенні ЛА" студенти вивчають самостійно частину навчальних матеріалів (СРС). Також, самостійно виконується частина лабораторних робіт.

- **Політика та контроль**

- **Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Зазначається система вимог, які викладач ставить перед студентом/аспірантом:

- *лекційні заняття відвідуються в обсязі не менше 50% (пропущені лекції вивчаються за посібником), лабораторні роботи відпрацьовуються в повному обсязі, згідно із методичним посібником;*
- *заохочується активність на лекціях та лабораторних заняттях (у вигляді додаткових балів до рейтингу);*
- *захист лабораторних робіт здійснюється у формі опису виконаної роботи і обґрунтування обраних алгоритмів вирішення проектних завдань (при наявності звіту);*
- *заохочувальні бали нараховуються за активність на заняттях і демонстрацію здатності до самостійного мислення, штрафні бали нараховуються за нерегулярне відвідування занять і недостатність базових знань з дисципліни у другій половині семестру;*
- *в разі, якщо студент не набрав достатню кількість балів протягом семестру, він може скласти очний залік в терміни, призначені деканатом.*

- **Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)**

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття, захист лабораторних робіт.

Календарний контроль: провадиться один раз в середині семестру, як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу у вигляді МКР.

Семестровий контроль: усний залік.

Умови допуску до семестрового контролю: наявність 100% захищених лабораторних робіт, що студент набрав не менше 25 рейтингових балів.

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

- **Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

Питання до МКР наведені в додатку.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено старшим викладачем кафедри АРБ Віктором БОРИСОВИМ.

Ухвалено кафедрою АРБ (протокол № 13 від 09.06.22)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 4 від 30.06.22)

Питання до МКР.

1. Що таке проектування? Основний метод проектування планеру літака транспортної категорії.
2. Типи скінченних елементів, що використовуються в проектних розрахункових моделях.
3. Переваги та недоліки різних типів СЕМ, в залежності від типів скінченних елементів, з яких вони складаються.
4. Оптимізаційна скінченно-елементна модель. Її особливості.
5. Дані для опису структури моделі.
6. Структура та етапи процесу проектування складного технічного об'єкту. Критерії оптимальності.
7. Принципи класифікації проектних моделей регулярних зон конструкції транспортно літака.
8. Перелік та особливості класів алгоритмів формування регулярних зон.
9. Послідовність формування структур скінченно-елементних моделей регулярних зон конструкції літака шляхом об'єднання скінченно-елементних моделей окремих конструктивних елементів.
10. Принцип опису топології моделей повздовжних елементів у випадку різної кількості вузлів в перерізах.
11. Принципи з'єднання вузлів в моделях нервюри у разі різної кількості вузлів в верхніх та нижніх поясах.
12. Вихідні дані, необхідні для створення структури скінченно-елементної моделі типової нервюри.
13. Формат структури обміну даними моделі нервюри із сервером геометрії.
14. Створення локального масиву координат вузлів моделі нервюри.
15. Створення масивів розподілу номерів вузлів.
16. Перелік деталей нервюри, які повинні моделюватися та їх функціональне призначення.
17. Алгоритм формування моделі поясу нервюри.
18. Алгоритм формування моделі компенсатора.

19. Алгоритм формування моделі стойки нервюри.
20. Принцип отримання координат вузлів із моделі відсіку.
21. Принцип перерахунку номерів вузлів у відсіку на локальні номери моделей елементів повздожнього набору.
22. Алгоритм перерахунку номерів вузлів у відсіку на локальні номери моделей елементів повздожнього набору.
23. Перелік деталей обшивки , які повинні моделюватися та їх функціональне призначення.
24. Алгоритм формування структури моделі обшивки.
25. Алгоритм формування структури моделі стрингеру.
26. Алгоритм формування структури моделі монолітних панелей.