



Числові методи міцності літальних апаратів

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</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>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4.5 кредити, 135 навчальних годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Усний екзамен/МКР.</i>
Розклад занять	<i>Лекції - 18 навч. годин, практичні(семінарські) заняття - 18 навч. годин, лабораторні роботи - 18 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 "Числові методи міцності ЛА" дозволяють їм, в процесі створення магістерської дисертації, самостійно розробляти нові методи автоматизованого проектування елементів конструкції складних технічних об'єктів. Метою дисципліни є формування у студентів здатностей в галузі сучасного проектування авіаційної техніки та ефективного використання сучасного програмного забезпечення, математичного моделювання фізичних процесів та їх застосування у професійній діяльності. Предметом дисципліни є теорія і практика розробки та застосування сучасних методів і засобів інформаційних технологій для оптимізації структур механічних конструкцій ЛА і параметрів їх елементів, самостійної розробки прикладного програмного забезпечення для вирішення нестандартних проектних задач.

Мета і завдання дисципліни:

Метою дисципліни є формування у студентів наступних здатностей:

- Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.
- Здатність створювати, удосконалювати та застосовувати математичні та числові методи моделювання властивостей, явищ та процесів у системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- Здатність визначати оптимальні конструкції зразків авіаційної та ракетно-космічної техніки, та оптимізувати параметри елементів конструкцій та систем.

Програмними результатами навчання є формування у студентів наступних вмінь:

- Використовувати новітнє спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач у професійній (науково-технічній) діяльності відповідно до освітньої програми.
- Розраховувати напружено-деформований стан, визначати несійну здатність конструктивних елементів та надійність систем авіаційної та ракетно-космічної техніки з використанням спеціалізованого програмного забезпечення, яке використовується в галузі.
- Використовувати на практиці сучасні методи та засоби проектування, виробництва, випробування, ремонту та (або) сертифікації систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- Визначати та оптимізувати параметри технологічних процесів, в тому числі з застосуванням автоматизованого комп'ютерного проектування вузлів, агрегатів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.

- **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 отримують під час вивчення дисциплін першого (бакалаврського) рівня підготовки за спеціальністю "134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка", а також дисциплін "Об'єктно-орієнтоване програмування розрахункових алгоритмів" (ПО 3) та "Основи наукових досліджень" (ПО 8-1). Знання і вміння, які студенти отримують в процесі вивчення дисципліни "Числові методи міцності ЛА" дозволяють їм, в процесі створення магістерської дисертації, самостійно розробляти нові методи автоматизованого проектування елементів конструкції складних технічних об'єктів.

- **Зміст навчальної дисципліни**

Розділ 1. Моделювання регулярних елементів конструкції ЛА.

Тема 1.1. Структури даних скінченно–елементних моделей та методи їх опису за

допомогою об'єктно–орієнтованих засобів.

Тема 1.2. Алгоритми формування топологій скінченно–елементних моделей елементів поперечного набору планеру літака.

Тема 1.3. Алгоритми формування топологій скінченно–елементних моделей елементів повздовжнього набору планеру літака.

Розділ 2. Моделювання стикових елементів та стиків.

Тема 2.1. Алгоритми формування топологій скінченно–елементних моделей стикових елементів планеру літака.

Тема 2.2. Алгоритми формування топологій скінченно–елементних моделей стиків планеру літака.

- **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=tvsbfhvagrixjasbybyw;> <https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&file=qyejwsfsjvamdqrbrwbv;>
- 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.

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, практичних (семінарських) занять та лабораторних робіт.

В лекційній частині дисципліни описуються методи об'єктно-орієнтованої ІТ формування структур скінченно–елементних моделей конструкції планеру транспортного літака та синтезу зазначених моделей. Виконання лабораторних робіт повинно допомогти студентам більш глибоко засвоїти теоретичний матеріал. Під час семінарських занять проводиться обговорення тем лекційних занять та з'ясування незрозумілих місць, а також обговорення методів застосування об'єктно-орієнтованих інформаційних технологій для реалізації алгоритмів побудови математичних моделей елементів конструкцій ЛА. Під час лабораторних робіт студенти досліджують методи об'єктно-орієнтованої інформаційної технології побудови структур скінченно-елементних моделей силових елементів конструкції ЛА. Особливо слід приділити увагу засвоєнню принципів правильного моделювання. Крім того студенти повинні добре засвоїти основні принципи формування бібліотеки класів об'єктів, на підставі класифікації силових елементів конструкції за функціональними ознаками.

Лекціна частина курсу складається з наступних занять:

<u>Розділ 1</u> <u>Моделювання регулярних елементів конструкції ЛА</u>	
<i>Тема 1.1. Структури даних скінченно–елементних моделей та методи їх опису за допомогою об'єктно–орієнтованих засобів.</i>	
1.	<i>Лекція 1. Особливості програмування в об'єктно–орієнтованій системі "SPACE".</i> <i>Особливості об'єктно-орієнтованої технології керування БД. Зміст поняття об'єкту в об'єктно–орієнтованій системі "SPACE". Принципи функціонування "SPACE Builder" та його взаємодія із системою "SPACE". Функції ядра "SPACE", їх призначення та засоби використання.</i>
2.	<i>Лекція 2. Опис структури даних скінченно–елементної моделі.</i> <i>Особливості технології створення об'єктів в системі "SPACE". Структура даних оптимізаційної скінченно–елементної моделі. Формати даних для опису структури моделі. Типові алгоритми формування структури скінченно–елементних моделей. "Віртуальні" змінні та структури даних "SPACE".</i>
<i>Тема 1.2. Алгоритми формування топологій скінченно–елементних моделей елементів поперечного набору планеру літака.</i>	
3.	<i>Лекція 3. Формування SE-моделей нервю.</i> <i>Перелік деталей, які повинні моделюватися та їх функціональне призначення.</i>

	Алгоритми формування структури окремих зон моделі. Обмін даними в процесі передачі жорсткостних параметрів. Особливості алгоритмів формування структур скінченно–елементних моделей різних типів.
4.	Лекція 4. Включення "перерізів" до структури моделі кесону. Особливість структури СЕ-моделі в зоні перерізу. Аналіз вихідних даних, необхідних для створення структури перерізу. Принципи формування структури СЕ-моделі при наявності перетину елементів поперечного набору.
Тема 1.3. Алгоритми формування топологій скінченно–елементних моделей елементів повздовжнього набору планеру літака.	
5.	Лекція 5. Особливості формування локального масиву координат вузлів. Принцип отримання координат вузлів із моделі відсіку. Принцип перерахунку номерів у відсіку на локальні номери моделей елементів повздовжнього набору. Алгоритм перерахунку номерів вузлів.
6.	Лекція 6. Формування структури скінченно-елементної моделі обшивки кесону крила. Перелік деталей, які повинні моделюватися та їх функціональне призначення. Алгоритми формування структури окремих зон моделей. Принципи програмування користувальницького інтерфейсу моделей елементів повздовжнього набору. Обмін даними в процесі передачі жорсткостних параметрів. Особливості алгоритмів формування структур скінченно–елементних елементів різних типів.
7.	Лекція 7. Формування структури скінченно-елементної моделі обшивки фюзеляжу. Перелік деталей, які повинні моделюватися та їх функціональне призначення. Алгоритми формування структури окремих зон моделей. Принципи програмування користувальницького інтерфейсу моделі обшивки фюзеляжу. Обмін даними в процесі передачі жорсткостних параметрів. Принцип формування вирізів в обшивці фюзеляжу.
<u>Розділ 2</u> <u>Моделювання стикових елементів та стиків</u>	
Тема 2.1. Алгоритми формування топологій скінченно–елементних моделей стикових елементів планеру літака.	
8.	Лекція 8. Формування скінченно-елементної моделі вірізу в зоні стику центроплану з фюзеляжем. Структура даних моделі вирізу. Метод взаємодії з моделями регулярних елементів відсіку фюзеляжу в процесі формування вирізу під центроплан. Реструктуризація моделі відсіку фюзеляжу. Опис топології моделі.
Тема 2.2. Алгоритми формування топологій скінченно–елементних моделей стиків планеру літака.	
9.	Лекція 9. Формування СЕ-моделі стику центроплану і від'ємної частини кесону

	<p>крила.</p> <p>Особливості структури даних СЕ-моделі стику. Схема взаємодії моделі стику з моделями центроплану і ВЧК. Алгоритм взаємодії моделі стику з моделями центроплану і ВЧК. Формування масиву вузлів перерізів моделі стику та моделі посиленої нервюри, яка надходить до складу стику. Опис топології моделі стику.</p>
--	--

Дисципліна "Числові методи міцності ЛА" передбачає проведення семінарів за наступними темами:

№ з/п	Теми семінарів	Кількість ауд.годин
1.	Методи обміну даними через "віртуальні" змінні. (Тема 1.1.)	2
2.	Функціональна класифікація скінченних елементів моделі типової нервюри. (Тема 1.2.)	2
3.	Обмін даними при наявності моделі перетину в структурі моделі відсіка кесону крила. (Тема 1.2.)	2
4.	Приципи побудови користувацького інтерфейсу моделі типової нервюри. (Тема 1.2.)	2
5.	Алгоритм перерахунку номерів вузлів в процесі формування локальних скінченно-елементних моделей елементів повздовжнього набору. (Тема 1.3.)	2
6.	Приципи побудови користувацького інтерфейсу моделі обшивки кесону. (Тема 1.3.)	2
7.	Алгоритм корегування СЕ-моделей шпангоутів, які розташовуються в зоні вирізу в моделі фюзеляжу. (Тема 2.1.)	2
8.	Принципи побудови користувацького інтерфейсу моделі вирізу в моделі фюзеляжу. (Тема 2.1.)	2
9.	Принципи побудови користувацького інтерфейсу моделі стику центроплану і ВЧК. (Тема 2.2.)	2

Дисципліна "Числові методи міцності ЛА" передбачає виконання наступних лабораторних робіт:

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд.годин
1.	Засвоєння методів програмування в об'єктно-орієнтованій системі керування даними "SPACE". (Тема 1.1.)	2
2.	Створення за допомогою засобів об'єктно-орієнтованій системі керування даними "SPACE" скінченно-елементних моделей елементів поперечного набору планера транспортного літака. (Тема 1.2.)	6
3.	Створення за допомогою засобів об'єктно-орієнтованій системі керування даними "SPACE" скінченно-елементних моделей елементів повздовжнього набору планера транспортного літака. (Тема 1.3.)	6

4.	Створення за допомогою засобів об'єктно-орієнтованій системі керування даними "SPACE" скінченно-елементної моделі силового залізу. (Тема 2.2.).	4
----	---	---

- **Самостійна робота студента**

В процесі вивчення дисципліни "Числові методи міцності 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), у разі пропуску семінару, студенти пишуть реферати на відповідні теми, лабораторні роботи відпрацьовуються в повному обсязі, згідно із методичним посібником;
- заохочується активність на лекціях, семінарах 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 демонструє на іспиті недостатні знання, що не дозволяють набрати необхідну кількість рейтингових балів, він може повторно скласти іспит в терміни, призначені деканатом.

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

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

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

Семестровий контроль: усний екзамен.

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:

Кількість балів	Оцінка
-----------------	--------

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. Зміст поняття об'єкту в об'єктно-орієнтованій системі "SPACE".
2. Принципи функціонування "SPACE Builder" та його взаємодія із системою "SPACE".
3. Особливості технології створення об'єктів в системі "SPACE".
4. Структура даних оптимізаційної скінченно-елементної моделі.
5. Формати даних для опису структури моделі.
6. "Віртуальні" змінні та структури даних "SPACE".
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 повздовжніх елементів у випадку різної кількості вузлів в перерізах.
11. Принципи з'єднання вузлів в моделях нервюр 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 нервюр, 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 повздовжнього 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.*