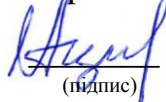


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра конструкцій і проектування ракетної техніки (№ 401)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



(підпис)

О.А. Цирюк

(ініціали та прізвище)

«____» _____ 2021 р.

**СИЛАБУС ВИБІРКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Інтегровані комп'ютерні технології проектування

(назва навчальної дисципліни)

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

Спеціальність: 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: Ракетні та космічні комплекси
(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Силабус введено в дію з 01.09.2021 року

Харків 2021 рік

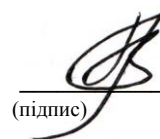
Розробник: Колоскова Г.М. зав. каф. 401, канд. техн. наук
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

²
(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри конструкцій і проектування ракетної техніки

(назва кафедри)
Протокол № 1 від « 27 » 08 2021 р.

В.о. завідувача кафедри доктор техн. наук
(науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

В.О. Серeda
(ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:


(підпис)

Ремезок М.В.
(ініціали та прізвище)

1. Загальна інформація про викладача



Колоскова Ганна Миколаївна, к.т.н.

Викладає в університеті з 2005 року.

Читає наступні дисципліни:

- двигунні установки літальних апаратів;
- оптимізація в техніці;
- комп'ютерні технології проектування;
- інтегровані комп'ютерні технології проектування;
- комплекси літальних апаратів

Напрями наукових досліджень:
Міцність багат шарових елементів ракет отриманих комбінацією полімерів і металів за різних видів навантажень з урахуванням різноманітності їх структур

2. Опис навчальної дисципліни

Семестр, в якому викладається дисципліна – 1 семестр.

Обсяг дисципліни:

6 кредити ЄКТС (180 годин), у тому числі аудиторних – 80 годин, самостійної роботи здобувачів – 100 годин.

Форми здобуття освіти

Денна, дистанційна, дуальна.

Дисципліна – вибіркова.

Види навчальної діяльності – лекції, практичні роботи, самостійна робота здобувача.

Види контролю – поточний, модульний та підсумковий (семестровий) контроль (іспит).

Мова викладання – українська.

Необхідні обов'язкові попередні дисципліни (пререквізити) – Загальна будова ракетно-космічної техніки, конструкція літальних апаратів і їх систем.

Необхідні обов'язкові супутні дисципліни (кореквізити) – Проектування літальних апаратів

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета

Дати необхідні додаткові знання в галузі сучасних методів проектування пакувального обладнання з використанням інтегрованих комп'ютерних технологій, що дозволяє більш ефективно проводити проектувальні розрахунки та створювати конструкції з високими споживчими характеристиками.

Завдання

Вивчення методик і засобів створювання конструкцій з високими споживчими характеристиками

Після опанування дисципліни здобувач набуде наступні **компетентності**:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу;
- Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми;
- Здатність до проведення досліджень для розв'язання складних задач у професійній діяльності.
- Здатність генерувати нові ідеї та реалізовувати їх у вигляді інноваційних рішень, працюючи в команді з залученням представників інших професійних груп;
- Навички використання новітніх інформаційних технологій
- Здатність до подальшого автономного та самостійного навчання на основі новітніх науково-технічних досягнень;
- Усвідомлення робочих процесів у системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки, необхідних для розуміння, опису, вдосконалення об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки з використанням новітніх технологій;
- Здатність ставити та вирішувати професійні задачі на основі знань і розумінь гідравлічних, пневматичних, електричних та електронних систем.

Очікується, що після опанування дисципліни здобувач будуть досягнуті наступні **результати навчання** і він буде:

- Вміння розв'язувати складні інженерні завдання і проблеми авіаційної та/або ракетно-космічної техніки, що потребує оновлення та інтеграції знань, у тому числі в умовах неповної/недостатньої інформації та суперечливих вимог;
- Вміння обчислювати напружено-деформований стан, визначати несійну здатність конструктивних елементів та надійність систем авіаційної та ракетно-космічної техніки та засобів промислового виробництва з використанням новітнього програмного забезпечення, яке використовується в галузі;
- Вміння використовувати на практиці сучасні методи, способи та засоби проектування, виробництва, ремонту, складання, випробування та (або) сертифікації елементів та системи авіаційної та ракетно-космічної техніки для різних типів промислового виробництва

4. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Побудова за допомогою пакетів прикладних програм скінченоелементних моделей для вирішення поставлених задач.

Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни «Інтегровані комп'ютерні технології проектування»

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 4 годин.*
- *Практична робота: Знайомство с пакетом «COSMOS» Побудова геометричних образів об'єктів. Побудова геометричних образів складних об'єктів.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): комп'ютер*

Предмет вивчення і задачі дисципліни. Основні історичні етапи розвитку інтегрованих систем проектування літальних апаратів. Алгоритм розв'язання задач з використанням скінченоелементних пакетів прикладних програм. Структура пакету "CosmosM". Побудова геометричної моделі. Побудова точок, ліній, поверхонь, об'ємів. Редагування та генерація геометричних примітивів.

Тема 2. Команди генерації.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 6 годин.*
- *Практична робота: Знайомство с пакетом «COSMOS» Побудова геометричних образів об'єктів. Побудова геометричних образів складних об'єктів.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): комп'ютер*

Генерація типів елементів, властивостей матеріалів, реальних констант. Генерація сітки елементів. Бібліотека елементів пакету. Одновимірні елементи типу BEAM. Двовимірні елементи типу PLANE і SHELL. Тривимірні елементи типу SOLID.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 10 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Побудова геометричних моделей для автоматичної генерації сітки скінчених елементів.

Тема 3. Навантаження скінченоелементної моделі.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 6 годин.*

- *Практична робота:* Лінійний аналіз з використанням елементів TRUSS2D і TRUSS3D BEAM2D і BEAM3D. PLANE2D і SHELL4. SHELL4 і BEAM3D

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти):* комп'ютер

Розрахунок моделей. Статичне навантаження скінченоелементної моделі зусиллями та переміщеннями. Силове, гравітаційне і нестационарне теплове навантаження. Розрахунок одно-, дво- та тривимірних моделей і представлення результатів розрахунку. Закони механіки деформівного твердого тіла. Закон рівноваги. Закон суцільності. Фізичний закон. Площинна задача теорії пружності.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів:* 16 годин.

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Автоматична генерація сітки скінчених елементів.

Створення і редагування вузлів елементів.

Тема 4. Математичні моделі стержня, бруса, пластини та оболонки.

- *Форма занять:* лекція, практична робота, самостійна робота.

- *Обсяг аудиторного навантаження:* 6 годин.

- *Практична робота:* Дослідження стійкості елементів конструкцій. Дослідження стійкості оболонки з використанням елементів SHELL4 і SOLID. Визначення власних частот коливань з використанням елементів SHELL4 і BEAM3D

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти):* комп'ютер

Основні гіпотези математичних моделей. Визначення компонентів переміщень, деформацій та напружень. Розрахунок конструкцій на стійкість. Типи механічних систем щодо втрати стійкості. Методи дослідження стійкості. Стійкість бруса, пластини та оболонки при стисненні. Алгоритм дослідження стійкості в пакетах MSC.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів:* 16 годин.

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Створення і редагування елементів.

Побудова скінченоелементних моделей складних об'єктів.

Тема 5. Термальний розрахунок і визначення температурного НДС.

- *Форма занять:* лекція, практична робота, самостійна робота.

- *Обсяг аудиторного навантаження:* 4 годин.

- *Практична робота:* Термічний аналіз елементів конструкції. Лінійний аналіз з використанням автоматичної генерації сітки SE

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти):* комп'ютер

Стаціонарна теплопровідність. Нестационарна теплопровідність. Алгоритм дослідження задач теплопровідності в пакетах МСЕ. Алгоритм розрахунку теплових напружень.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 10 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Автоматична генерація сітки скінчених елементів.

Тема 6. Визначення частот власних коливань конструкцій.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 4 годин.*

- *Практична робота:* Визначення НДС моделі, що імпортується з CAD-пакету, за допомогою пакетів COSMOS/2M і COSMOS EXPRESS Інтерфейс CosmosWorks. Складові частини. Менеджер проекту. Меню. Панелі інструментів.

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): комп'ютер*

Визначення власних коливань бруса та пластини. Алгоритм визначення частоти власних коливань в пакетах МСЕ. Геометричні примітиви для автоматичної генерації сітки МСЕ. Автоматична генерація сітки SE.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 20 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Особливості представлення гравітаційних навантажень.

Теплові навантаження, завдання теплових навантажень при розрахунках на міцність.

Модульний контроль 1

- *Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2 години*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів – за необхідністю.*

Підготовка до модульного контролю.

Змістовий модуль 2. Вирішення задач статички, динаміки, стійкості, розподілу тепла, оптимізації

Тема 1. Розв'язання оптимізаційних задач.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 4 годин.*

- *Практична робота:* Вирішувані задачі в CosmosWorks і види аналізу. Параметри. Сценарії проектування.

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): комп'ютер*

Формулювання задачі оптимізації. Методи розв'язання оптимізаційних задач. Схема оптимізаційного процесу. Алгоритм розв'язання оптимізаційних задач в пакетах МСЕ. Визначення конструктивних змінних та обмежень. Визначення цільової функції. Розв'язання оптимізаційних задач в пакетах МСЕ. Чисельна реалізація оптимізаційних задач в скінченоеlementних пакетах. Апроксимація функцій при чисельній реалізації задач.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 14 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Робота з декількома розрахунковими випадками.

Тема 2. Основні положення методу скінчених елементів.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 4 годин.*

- *Практична робота:* Вирішувані задачі в CosmosWorks і види аналізу.

Параметри. Сценарії проектування.

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): комп'ютер*

Метод сил та метод переміщень. МСЕ в трактуванні методу переміщень. МСЕ в глобальній та локальній системах координат. Отримання розв'язуючих рівнянь методу скінчених елементів з варіаційного принципу Лагранжа.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 16 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Визначення конструктивних змінних.

Визначення обмежень при оптимізації скінченоеlementної моделі.

Тема 3. Основи створення моделей скінчених елементів.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 8 годин.*

- *Практична робота:* Завдання властивостей матеріалів.

Використовування бібліотек властивостей матеріалів. Дискретизація. Порядок елементів і точність розрахунку.

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): комп'ютер*

Етапи створення математичних моделей МСЕ. Побудова функціонала повної енергії. Визначення матриці жорсткості елемента. Визначення вектора вузлових навантажень. Побудова математичної моделі стержневого скінченного елемента. Побудова функціонала повної енергії. Визначення координатних функцій. Визначення матриці жорсткості елемента. Визначення вектора вузлових навантажень. Кінцево-елементний аналіз з використанням

CosmosWorks. Інтерфейс CosmosWorks. Складові частини. Менеджер проекту. Меню. Панелі інструментів.

- *Обсяг самотійної роботи здобувачів: 16 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Визначення параметрів оптимізації.

Тема 4. Взаємодія з SolidWorks

- *Форма занять: лекція, практична робота, самотійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 4 годин.*

- *Практична робота:* Параметри настройки CosmosWorks. Локальне ущільнення сітки. Граничні умови. Статичні і кінематичні граничні умови. Масові навантаження. Процедура рішення. Методи рішення

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): комп'ютер*

Вирішувані задачі і види аналізу. Параметри. Сценарії проектування. Матеріали. Завдання властивостей матеріалів. Використовування бібліотек властивостей матеріалів. Дискретизація. Порядок елементів і точність розрахунку. Параметри настройки. Локальне ущільнення сітки.

- *Обсяг самотійної роботи здобувачів: 10 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Побудова в SolidWorks моделей аерокосмічної техніки.

Тема 5. Граничні умови.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самотійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 6 годин.*

- *Практична робота:* Представлення результатів чисельного аналізу. Параметри відображення. Перетини. Ізоповерхні. Анімація. Чисельні значення. Звіти.

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): комп'ютер*

Статичні і кінематичні граничні умови. Масові навантаження. Процедура рішення. Методи рішення. Представлення результатів. Параметри відображення. Перетини. Ізоповерхні. Анімація. Чисельні значення. Звіти.

- *Обсяг самотійної роботи здобувачів: 6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Скінчено-елементний аналіз агрегатів пакувального обладнання з використанням CosmosWorks.

Тема 6. Особливості скінчено-елементного аналізу складок деталей.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самотійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 4 годин.*

- *Практична робота:* Особливості скінчечно-елементного аналізу складок деталей.

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): комп'ютер*

Аналіз можливостей найбільш відомих обчислювальних комплексів

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 10 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Скінчено-елементний аналіз задач оптимізації в CosmosWorks.

Модульний контроль 2.

- *Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 2 години*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів – за необхідністю.*

Підготовка до модульного контролю.

5. Індивідуальні завдання

Не передбачені навчальним планом

6. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники)

7. Методи контролю

Проведення поточного контролю (теоретичне опитування й розв'язання практичних завдань), письмового модульного контролю (тестування за розділами курсу), підсумковий контроль у вигляді іспиту.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	-	-	-
Виконання і захист лабораторних робіт	0...4	8	0...32
Модульний контроль	0...18	1	0...18
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	-	-	-
Виконання і захист лабораторних робіт	0...4	8	0...32
Модульний контроль	0...18	1	0...18
Усього за семестр			0...100

Прийнята шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка для екзамену, <i>курсового проекту</i> (роботи), практики
90-100	відмінно
75-89	добре
60-74	задовільно
01-59	незадовільно з можливістю повторного складання

Семестровий контроль (іспит/залік) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового іспиту/заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту/заліку складається з двох теоретичних питань та одного практичного питання. Максимальна кількість балів за кожне теоретичне питання становить 30 балів, максимальна кількість балів за практичне питання – 40 балів (сума – 100 балів).

Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60 – 74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати всі практичні роботи, виконати індивідуальну роботу. Знати основи методу скінчених елементів і застосування його для розв'язання задач механіки деформованого твердого тіла. Вміти побудувати за допомогою прикладних пакетів “CosmosM” та “CosmosWorks” скінчену елементну модель конструкції.

Добре (75 – 89). Твердо знати мінімум знань, виконати усі передбачені програмою завдання. Показати вміння виконувати всі практичні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням загальних рішень та заходів. Знати основні принципи побудови пакетів прикладних програм для розв'язання задач механіки деформованого твердого тіла і проектування, алгоритми розв'язання задач розрахунку і проектування елементів силових конструкцій при різних видах навантажень. Вміти проводити статичний, частотний, тепловий аналіз моделі та розрахунок її на стійкість, ставити і розв'язувати задачі розподілу матеріалу при проектуванні елементів конструкцій пакувального обладнання.

Відмінно (90 – 100). Повністю володіти основним та додатковим матеріалом передбаченим програмою дисципліни. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Вміти виконати та добре орієнтуватися в матеріалах стосовно використання пакетів “CosmosM” та “CosmosWorks”. Здати всі контрольні точки вчасно та з оцінкою «відмінно».

9. Політика навчального курсу

Відпрацювання пропущених занять відбувається відповідно до розкладу консультацій, за попереднім погодженням з викладачем. Питання, що

стосуються академічної доброчесності, розглядає викладач або за процедурою, визначеною у Положенні про академічну доброчесність.

10. Методичне забезпечення та інформаційні ресурси

Підручники, навчальні посібники, навчально-методичні посібники, конспекти лекцій, методичні рекомендації з проведення лабораторних робіт тощо, які видані в Університеті знаходяться за посиланням:

http://library.khai.edu/catalog?clear_all_params=0&mode=KNMZ&lang=ukr&caller_mode=SearchDocForm&text=no&theme_path=0&themes_basket=&ttp_themes_basket=&disciplinesearch=no&top_list=1&fullsearch_fld=&author_fld=%D0%A0%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2&docname_fld=&docname_cond=beginwith&theme_context=%D0%A0%D1%96%D0%B7%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F+%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B2&theme_cond=all_theme&theme_id=0&is_ttp=0&combiningAND=0&step=20&tpage=1

1. Кириченко В.В. Компьютерные технологии проектирования с использованием МКЭ: конспект лекц. / В.В. Кириченко. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2006. – 135 с.
2. Компьютерные технологии проектирования: учеб. пособие по лаб. практикуму / В.В. Кириченко, А.В. Кондратьев, А.А. Чумак, А.А. Царицынский. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2014. – 100 с.

11. Рекомендована література

Базова

1. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. – М.: Мир, 1975. – 541 с.
2. Образцов И.Ф. Метод конечных элементов в задачах строительной механики летательных аппаратов / И.Ф. Образцов, Л.М. Савельев, Х.С. Хазанов. – М. Высш. шк, 1985. – 392 с.
3. Присекин В.Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел / В.Л. Присекин, Г.И. Расторгуев. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010 – 238 с.
4. Алямовский А.А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation / А.А. Алямовский. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 464 с.
5. Статические и динамические расчеты транспортных и энергетических сооружений на базе программного комплекса COSMOS/M / С.В. Елизаров, А.В. Бенин, В.А. Петров, О.Д. Тананайко. – СПб.: Иван Федоров, 2004. – 260 с.

Допоміжна

1. Тимошенко С.П. Теория упругости / С.П. Тимошенко, Дж. Гудьер. – М.: Мир. 1979 – 560 с.
2. Еременко С.Ю. Методы конечных элементов в механике деформируемых тел / С.Ю. Еременко. – Харьков.: Основа, 1981. – 272 с.
3. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М.: Мир. 1979 – 392с.