

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

Кафедра конструкцій і проектування ракетної техніки (№ 401)



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор наукової роботи

В. В. Павліков

(ініціали та прізвище)

_____ 2020 р.

Відділ аспірантури і докторантури

**РОБОЧА ПРОГРАМА
ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Перспективні методи розрахунку об'єктів

авіаційної та ракетно-космічної техніки

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка

(код та найменування спеціальності)

Освітньо-наукова програма: Авіаційна та ракетно-космічна техніка

(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)

Харків 2020 рік

**РОБОЧА ПРОГРАМА
ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Перспективні методи розрахунку об'єктів
авіаційної та ракетно-космічної техніки

(назва дисципліни)

для здобувачів за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка
освітньої програми Авіаційна та ракетно-космічна техніка
« 26 » 08 2020 р., 10 с.

Розробник: професор каф. № 401, д. т. н., професор  Гайдачук В.С.
(посада, науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (прізвище та ініціали)
Гарант ОНП професор каф. 103, д.т.н., професор  Малков І.В.
(посада, науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (прізвище та ініціали)

Протокол № 01 від « 27 » 08 2020 р засідання кафедри № 401
В. о. зав. кафедри: доцент, к. т. н.  Бетін Д.О.
(посада, науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (прізвище та ініціали)

ПОГОДЖЕНО:

Завідувач відділу
аспірантури і докторантури



В. Б. Селевко

Голова наукового товариства
студентів, аспірантів,
докторантів і молодих вчених



Т. П. Старовойт

1. Опис навчальної дисципліни

2.

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 7,5	Галузь знань <u>13 Механічна інженерія</u> (шифр і найменування) Спеціальність <u>134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка</u> (код та найменування) Освітня програма <u>Авіаційна та ракетно-космічна техніка</u> (найменування) Рівень вищої освіти: <u>третій (освітньо-науковий)</u>	Вибіркова
Кількість модулів – 1		Навчальний рік 2020 / 2021
Змістових модулів – 2		Семестр
Індивідуальне завдання _____ (назва)		4-й
Загальна кількість годин – 80/225		Лекції *
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5; самостійної роботи аспіранта – 9		48 годин
		Практичні, семінарські *
		32 годин
		Лабораторні *
		0 годин
	Самостійна робота	
	145 годин	
	Вид контролю диф. залік	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить 80*/145.

* Аудиторне навантаження може бути збільшене або зменшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення дисципліни:

дати необхідні додаткові знання в галузі сучасних методів проектування об'єктів АРКТ з використанням комп'ютерних технологій, сформулювати знання що забезпечують рішення проектних, конструкторських та науково-дослідних задач при створенні об'єктів АРКТ.

Завдання дисципліни:

вивчення методів розрахунку об'єктів АРКТ для вибору найбільш раціонального методу підвищення ефективності їх роботи, зниження матеріалоемності, підвищення довговічності та надійності.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми аспіранти повинні досягти таких **компетентностей**:

- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

- Здатність освоїти методики навчання по окремим дисциплінам спеціальності
- Здатність генерувати нові ідеї навчального процесу (креативність).
- здатність аналізувати, верифікувати, оцінювати повноту інформації в ході науково-дослідної діяльності, за необхідності доповнювати й синтезувати відсутню інформацію й працювати в умовах невизначеності.
- Здатність застосовувати сучасні знання методів комп'ютерних наук, інформаційні технології і спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.
- Здатність розвивати фундаментальні моделі та нові методи проектування та створювання авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- Здатність аналізувати дані та оцінювати необхідні знання для розв'язання задач підвищення надійності, функціональної безпеки, живучості авіаційної та ракетно-космічної техніки з використанням сучасних математичних методів, зокрема штучного інтелекту, комп'ютерного моделювання тощо.
- Здатність застосовувати і розвивати фундаментальні і міждисциплінарні знання, включаючи математичні і наукові принципи, теорію алгоритмів, оптимізаційні задачі, чисельні методи, засоби та нотації для успішного розв'язання проблем

Програмні результати навчання:

- уміти використовувати набуті знання, за допомогою аналітичного апарату і логічного мислення, уміти застосовувати їх у наукових дослідженнях.
- уміти демонструвати розуміння сучасних методів ведення науково-дослідних робіт, математичних методів, інформаційних технологій, методів експериментування, що застосовуються в дослідницькій практиці.
- уміти надавати математичного змісту певній практичній задачі та застосовувати основні методи вищої математики до розв'язування задач.
- уміти доводити розв'язок задачі до прийняттого вигляду – числа, графіка, діаграма та користуватись математичною літературою.

Міждисциплінарні зв'язки дисципліни «Перспективні методи розрахунку об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки» поширюються на курси «Обробка та аналіз результатів наукових досліджень з використанням ІТ» та «Інтегроване комп'ютерне проектування та моделювання об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки»

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1. Скінчено-елементні пакети для проектування конструкцій АРКТ

Тема 1. Вимоги до конструкції та її ідеалізація.

Реальна та несуча конструкції, розрахункова схема. Критерії міцності у складному напруженому стані. Критерій найбільших нормальних напружень. Критерій найбільших дотичних напружень. Критерій питомої потенціальної

енергії формозмінення. Критерій міцності полімерних композиційних матеріалів. Проектувальний розрахунок.

Тема 2. Загальні відомості про скінчено-елементні пакети.

Загальні відомості про інтегровані системи проектування конструкцій. Загальні положення при роботі з пакетом «COSMOS». Побудова геометричної моделі. Вибір типу елементів. Бібліотека елементів пакету. Завдання властивостей матеріалу. Завдання геометричних сталих. Створення скінчено-елементної моделі. Системи координат. Вимірювання у скінчено-елементній моделі. Списки вибору. Команди активації установок. Використання параметрів при створенні моделей.

Тема 3. Розрахунок скінчено-елементної моделі.

Закріплення скінчено-елементної моделі. Навантаження скінчено-елементної моделі статичним навантаженням. Розрахунок скінчено-елементної моделі на статичне навантаження. Представлення основних результатів розрахунку скінчено-елементної моделі. Аналіз скінчено-елементної моделі на стійкість. Частотний аналіз скінчено-елементної моделі. Тепловий аналіз скінчено-елементної моделі. Аналіз скінчено-елементної моделі на втому.

Модульний контроль.

Змістовний модуль № 2. Чисельна оптимізація та моделювання за допомогою скінчено-елементного пакету

Тема 4. Чисельна оптимізація за допомогою скінчено-елементного пакету.

Схема процесу оптимізації. Апроксимація функцій. Модифікований метод випадкових напрямків. Метод послідовного лінійного програмування. Оптимізація в скінчено-елементному пакеті.

Тема 5. Моделювання типових конструкцій ракетно-космічної техніки.

Моделювання стрінгерних відсіків. Моделювання вафельних відсіків. Моделювання тришарових відсіків. Моделювання ферм та рамних конструкцій. Технології автоматизованого представлення результатів моделювання та розрахунків.

Тема 6. Розрахунки з використанням аналітичних математичних моделей

Математична модель масиву: основні закони механіки деформованого твердого тіла; площинна задача теорії пружності. Математична модель бруса: переміщення в брусі; деформація в брусі; нормальне напруження в брусі; дотичні напруження при вигині бруса; дотичні напруження при скрученні бруса; визначення переміщень у брусі. Математична модель пластини: граничні умови на краях пластини; розрахунок на поперековий вигин вільно спертої пластини; рівняння вигину пластини з урахуванням сил у серединній площині; поперековий вигин пластини з урахуванням сил у серединній площині. Математична модель оболонки: рівновага безмоментної оболонки

обертання при вісісеметричному навантаженні. Розрахунок конструкції на стійкість. Частотний аналіз конструкції. Термальний розрахунок конструкції.
Модульний контроль.

4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин – денна форма				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Скінчено-елементні пакети для проектування конструкцій АРКТ					
Тема 1. Вимоги до конструкції та її ідеалізація.	26	4	2	-	20
Тема 2. Загальні відомості про скінчено-елементні пакети.	41	10	6	-	25
Тема 3. Розрахунок скінчено-елементної моделі.	41	10	6	-	25
Модульний контроль	2	-	2	-	-
Разом за змістовним модулем 1	110	24	16	-	70
Змістовний модуль № 2. Чисельна оптимізація та моделювання за допомогою скінчено-елементного пакету					
Тема 4. Чисельна оптимізація за допомогою скінчено-елементного пакету.	37	8	4	-	25
Тема 5. Моделювання типових конструкцій ракетно-космічної техніки.	39	8	6	-	25
Тема 6. Розрахунки з використанням аналітичних математичних моделей	37	8	4	-	25
Модульний контроль	2		2	-	-
Разом за змістовним модулем 2	115	24	16	-	75
Разом з дисципліни	225	48	32	-	145

5. Теми практичних занять

№№ п/п	Назва практичного заняття	Кількість годин
1	Побудова геометричних об'єктів	4
2	Побудова геометричних зразків складних об'єктів	4
3	Аналіз конструктивно-силової схеми крила з використанням методу скінчених-елементів	4
4	Аналіз конструктивно-силової корпусу з консолями крил з використанням методу скінчених-елементів	2
5	Модульна робота 1	2
6	Пошук раціонального розподілення матеріалу з використанням методу скінчених-елементів	4
7	Визначення стійкості елементів конструкції. АРКТ	2
8	Визначення частот власних коливань з використанням методу скінчених-елементів	2
9	Термічний аналіз елементів конструкції АРКТ	2
10	Визначення НДС моделі імпортованої з CAD пакету	2

11	Визначення НДС багатошарової панельної конструкції	2
12	Модульна робота 2	2
	Разом	32

6. Теми семінарських занять

№№ п/п	Назва семінарського заняття	Кількість годин
1		
2		

7. Теми лабораторних робіт

№№ п/п	Назва лабораторної роботи	Кількість годин
1		
2		

8. Самостійна робота

№№ п/п	Назва самостійної роботи	Кількість годин
1	Побудова геометричних моделей для автоматичної генерації сітки скінчених елементів.	10
2	Автоматична генерація сітки скінчених елементів.	10
3	Створення і редагування вузлів елементів.	10
4	Створення і редагування елементів.	15
5	Побудова скінчено-елементних моделей складних об'єктів.	10
6	Автоматична генерація сітки скінчених елементів.	15
7	Особливості представлення гравітаційних навантажень.	10
8	Теплові навантаження, завдання теплових навантажень при розрахунках на міцність.	10
9	Робота з декількома розрахунковими випадками.	5
10	Визначення конструктивних змінних.	10
11	Визначення обмежень при оптимізації скінчено-елементної моделі.	10
12	Визначення параметрів оптимізації.	5
13	Побудова в SolidWorks моделей аерокосмічної техніки.	5
14	Кінцево-елементний аналіз задач оптимізації в CosmosWorks.	10
15	Кінцево-елементний аналіз агрегатів пакувального обладнання з використанням CosmosWorks.	10
	Разом	145

9. Індивідуальні завдання

10. Методи навчання

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

11. Методи контролю

Для поточного контролю застосовуються усне опитування, контроль відвідувань лекційних занять, індивідуальні завдання, практичні заняття, , фінальний контроль у вигляді диф. заліку.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують аспіранти

12.1 Розподіл балів, які отримують аспіранти (кількісні критерії оцінювання)

Оцінювання основних елементів навчальної роботи та контрольні заходи проводиться за наступними рекомендованими балами.

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль № 1			
Робота на лекційних заняттях	0...1	12	0...12
Виконання і захист практичних робіт	0...3	4	0...12
Модульний контроль	0...26	1	0...26
Змістовний модуль № 2			
Робота на лекційних заняттях	0...1	12	0...12
Виконання і захист практичних робіт	0...3	6	0...18
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Усього за семестр			0...100

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

Білет для іспиту/заліку складається з 20 білетів по 3 питання у кожному (з них два питання теоретичних і одне – практичне), причому кількість балів розподіляється наступним чином: по 35 балів за теоретичні питання і 30 балів – за практичне.

12.2 Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- основи методу скінчених елементів і застосування його для розв'язання задач механіки деформованого твердого тіла;
- 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.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- побудувати за допомогою прикладних пакетів скінчено елементну модель конструкції;
- моделювати навантаження моделі та її закріплення при різних типах навантажень, у тому числі для декількох розрахункових випадків;
- визначати напружено-деформований стан моделі при статичних, теплових та інших навантаженнях;
- проводити статичний, частотний, тепловий аналіз моделі та розрахунок її на стійкість;
- ставити і розв'язувати задачі розподілу матеріалу при проектуванні елементів конструкцій.

12.3 Критерії оцінювання роботи аспіранта 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 скінчено 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.

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 прикладних програм. Здати всі контрольні точки вчасно та з оцінкою «відмінно».

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диф. залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	

0 – 59	Незадовільно	Не зараховано
--------	--------------	---------------

13. Методичне забезпечення

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.

14. Рекомендована література

Базова

1. Присекин В.Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел / В.Л. Присекин, Г.И. Расторгуев. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010 – 238 с.
2. Алямовский А.А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation / А.А. Алямовский. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 464 с.
3. 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.
3. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. – М.: Мир, 1975. – 541 с.
4. 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.