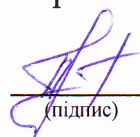


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра міцності літальних апаратів (№ 102)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник проектної групи


(підпис)

П.О. Фомичов

(ініціали та прізвище)

«___» _____ 2020 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБОРНОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Теорія оболонок

(назва навчальної дисципліни)

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

Спеціальності: 131 Прикладна механіка,
(код та найменування спеціальності)

Освітні програми: Динаміка та міцність машин,
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2020 рік

Робоча програма Теорія оболонок
(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю 131 Прикладна механіка
освітньою програмою Динаміка та міцність машин,

« 28 » серпня 2020 р., – 9 с.

Розробник: доцент, к. т. н. В.Б. Минтюк
(прізвище та ініціали, посада, наукова ступінь та вчене звання)

(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри міцності літальних апаратів
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 31 » серпня 2020 р.

Завідувач кафедри д. т. н., професор
(наукова ступінь та вчене звання)

П. О. Фомичов
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів: 6 (з них курсовий проект 2 кредити)	<u>Галузь знань</u> 13 Механічна інженерія <u>Спеціальності</u> 131 Прикладна механіка, <u>Освітні програми</u> Динаміка та міцність машин, Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	Цикл професійної підготовки (за вибором)
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 3		2020/2021
Індивідуальне завдання __РР, Курсовий проект (назва)		Семестр
Загальна кількість годин –120 + 60 (КП) 84/96		8-й
		Лекції*
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 7 самостійної роботи студента – 8		24 години
		Практичні, семінарські*
		48 годин
		Лабораторні*
		12 години
		Самостійна робота
		96 години
		Вид контролю
		модульний контроль, іспит, диф. залік

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: для денної форми навчання – 84/96.

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: забезпечення розуміння студентами суті проблеми розрахунків на міцність та стійкість тонкостінних елементів конструкцій типу пластин та оболонок, отримання студентами необхідних знань з теорії оболонок та застосування навичок та вмінь з аналізу тонкостінних конструкцій з використанням методу скінченних елементів.

Завдання: курсу: вивчення теоретичних основ та методів теорії оболонок; оволодіти навиками розрахунку несучої здатності, міцності та стійкості елементів тонкостінних конструкцій, пластин та оболонок.

Результати навчання: в результаті засвоєння курсу студенти повинні:

знати:

- основні принципи, гіпотези та припущення теорії оболонок;
- структуру і принципи складення системи рівнянь механіки оболонок;
- методи визначення напружено-деформованого стану, уміти доцільно їх вибирати і застосовувати;
- принципи розрахунку на міцність та стійкість оболонок.

вміти:

- уміло складати розрахункові схеми;
- використовувати закони статички при складанні рівнянь рівноваги пластин та оболонок;
- визначати внутрішні зусилля, переміщення, напруження та деформації при різних навантаженнях;
- виконувати аналіз міцності та стійкості тонкостінних конструкцій за допомогою сучасної обчислювальної техніки та використанням програмних комплексів.

мати уявлення про:

- сучасні модифіковані теорії тонкостінних елементів;
- геометрично та фізично нелінійні теорії пластин та оболонок.

Міждисциплінарні зв'язки: вивчення даної дисципліни передбачає, що студенти вже володіють необхідними знаннями і вміннями з механіки матеріалів та конструкцій, будівельної механіки, теорії пружності.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Основи теорії пластин.

Тема 1. Вступ. Основні поняття і положення.

Приклади тонкостінних конструкцій. Основні поняття, гіпотези та припущення. Координатні системи.

про теорію тонких оболонок, про математичну і технічну теорії. Визначення геометрично лінійної і нелінійної теорії, фізично лінійної і нелінійної теорій.

Форми завдання поверхні. Координатні системи на поверхні.

Тема 2. Теорія розрахунку пластин.

Переміщення й деформації в пластині. Зусилля та напруження в пластині. Рівняння сумісності деформацій і рівноваги. Основні диференціальні рівняння теорії пластин. Граничні умови. Прямокутна пластинка, рішення Нав'є. Теорія пластин Тимошенко-Миндліна.

Змістовий модуль 2. Основи теорії оболонок.

Тема 1. Моментна теорія розрахунку оболонок.

Внутрішні погонні зусилля і моменти. Диференціальні рівняння рівноваги. Рівняння пружності. Фізичні співвідношення теорії оболонок (формули закону Гука в теорії оболонок). Параметри деформації серединного шару. Граничні умови.

Тема 2. Безмоментна теорія розрахунку оболонок.

Умови існування безмоментного напруженого стану. Рівняння рівноваги. Граничні умови. Розрахунок оболонок обертання. Безмоментні циліндричні оболонки.

Змістовий модуль 3. Розрахунок тонкостінних конструкцій з використанням методу скінчених елементів.

Тема 1. Пластинчаті та оболонкові скінчені елементи.

Скінчені елементи тонких пластин, що розраховуються по теорії Кірхгофа. Скінчені елементи пластин середньої товщини, побудовані на основі гіпотези Тимошенко-Миндліна. Скінчені елементи для моделювання оболонок.

Тема 2. Скінчені елементи в Femap/Nastran.

Скінчені елементи пластин і оболонок в Femap/Nastran. Завдання граничних умов. Порівняльний аналіз пластинчатих та оболонкових скінчених елементів. Розрахунки тонкостінних конструкцій на міцність та стійкість.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
		л	п	лаб	с.р.
1	2	3	4	5	6
Змістовий модуль 1. Основи теорії пластин					
Тема 1. Вступ. Основні поняття і положення	18	4	–	–	14
Тема 2. Теорії пластин	36	6	12	2	16
<i>Разом за змістовим модулем 1</i>	54	10	12	2	30
Змістовий модуль 2. Основи теорії оболонок					
Тема 1. Загальна теорія оболонок	20	8	2	–	10
Тема 2. Теорія оболонок обертання	46	2	10	4	30
<i>Разом за змістовим модулем 2</i>	66	10	12	4	40
Змістовий модуль 3. Розрахунок тонкостінних конструкцій з використанням методу скінчених елементів					
Тема 1. Пластинчаті та оболонкові скінчені елементи	24	4	10	–	10
Тема 2. Скінчені елементні розрахунки в Femap/Nastran	34	–	14	4	16
Модульний контроль	2	–	–	2	–
<i>Разом за змістовим модулем 3</i>	60	4	24	6	26
Усього годин	180	24	48	12	96

5. Теми семінарських занять

Семінарських занять не передбачено.

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Необхідні відомості з теорії пружності та основні варіаційні принципи	2
2	Теорія плоского деформованого стану та узагальненого напруженого стану.	2
3	Класична теорія пластин. Статичні еквіваленти, рівняння рівноваги, принцип віртуальної роботи, граничні умови.	2
4	Розв'язок задачі вигину прямокутних пластин. Циліндричний вигин. Вирішення Леві.	2
5	Теорія пластин типу Тимошенка. Рівняння рівноваги, принцип віртуальної роботи, граничні умови.	2
6	Розв'язок задачі вигину круглих пластин	2
7	Розв'язок вісесиметричної задачі циліндричної оболонки	6
8	Дослідження крайового ефекту	4
	Одновимірні та двовимірні класичні скінчені елементи	4
	Побудова матриць жорсткості скінчених елементів	4
9	Напружено деформований стан, стійкість та закритична поведінка стрингерної панелі	8
10	Розрахунок напружено-деформованого стану стрілоподібного кесону крила	10
	Разом	48

7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Задача Сен-Венана, уточнення величини моменту вільного кручення прямокутного перерізу	2
2	Порівняння вирішення Леві з вирішенням методу скінчених елементів	2
3	Визначення критичних напружень стиснутих пластин методом скінчених елементів та порівняння з точним вирішенням	2
4	Визначення меж застосування класичної теорії пластин та теорії пластин типу Тимошенка	4
5	Визначення крайового ефекту методом скінченого елементу	2
	Разом	12

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Двовісний напружений стан	4
2	Плоска деформація	4
3	Напруження, деформації та переміщення в пластині	4
4	Зусилля в гнучкій пластинці	4
5	Основні диференційні рівняння теорії пластин	6
6	Граничні умови	4
7	Диференційне рівняння теорії пластин	6
8	Основні поняття та відомості про геометрію оболонок	10
9	Розрахунок оболонок обертання	8
10	Приближені методи розрахунку пластин та оболонок	6
11	Пластинчаті та оболонкові скінчені елементи	4
12	Використання двовірних елементів в конструкційному аналізі	6
13	Розрахунок пластинчатих підкріплених конструкцій методом скінченого елемента	10
	Разом	96

9. Індивідуальні завдання

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних робіт, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами рекомендованої літератури.

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспиту та диференційний. залік.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...2	6	0...12
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...3	6	0...18
Виконання і захист РР	0...20	1	0...20
Змістовний модуль 3			
Робота на лекціях	0...1	2	0...2

Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...6	3	0...18
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Усього за семестр			0...100

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

Білет для іспиту складається з двох теоретичних питань, кожне яких оцінюється в двадцять п'ять балів і однієї задачі, яка оцінюється в п'ятдесят балів.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- гіпотези теорії пластин та оболонок;
- основні диференційні співвідношення теорії пластин та оболонок;
- принципи механіки деформованого твердого тіла;
- аналітичні та числові методи розв'язку задач деформування пластин та оболонок;

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- ставити сильні та слабкі постановки крайових задач теорії пласти та оболонок;
- будувати аналітичні розв'язки класичних задач вигину та стійкості пластин та оболонок;
- отримувати наближені розв'язки задач варіаційними методами;
- будувати функції форм та матриці жорсткості скінчених елементів;
- отримувати розв'язки задач визначення напружено-деформованого стану та стійкості тонкостінних конструкцій за допомогою спеціального програмного забезпечення.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи та домашні завдання.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум знань. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах.

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми з основного та додаткового матеріалу та уміти застосовувати їх.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

1. Львов М.П., Минтюк В.Б. Использование промышленных пакетов в расчетах прочности, устойчивости и колебаний. Харків: ХАІ, 2007 р.
2. <http://k102.khai.edu/>

14. Рекомендована література

Базова

1. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластинки и оболочки. Пер. с англ. под ред. Г.С. Шапира. М.: Изд-во «Наука». 1966. 636 с.
2. Новожилов В.В. Теория тонких оболочек. Л.: Судпромгиз, 1962, 431 с.
3. Рычков С. П. Моделирование конструкций в среде Femap with NX Nastran. – М.: ДМК Пресс, 2013. – 784 с.

Допоміжна

4. Голованов А.И., Тюленева О.Н., Шигабутдинов А.Ф. Метод конечных элементов в статике и динамике тонкостенных конструкций. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 392 с.
5. Овчаренко В.А., Подлесный С.В., Зінченко С.М. Основы методу кінцевих елементів і його застосування і інженерних розрахунках: Навчальний посібник. – Краматорськ: ДДМА, 2008. – 380 с.
6. Жилкин В.А. Азбука инженерных расчетов в программных продуктах MSC Patran-Nastran-Marc: учебное пособие. – СПб: Проспект науки, 2013. 574 с.
7. Образцов И.Ф., Савельев Л.М., Хазанов Х.С. Метод конечных элементов в задачах строительной механики летательных аппаратов: Учебн. пособие для студентов авиац. спец. вузов. – М.: Высш.шк., 1985. – 392 с.
8. Рикардс Р.Б. Метод конечных элементов в теории оболочек и пластин. – Рига: Знание, 1988. – 284 с.

15. Інформаційні ресурси

1. Сайт кафедри міцності літальних апаратів НАУ «ХАІ»: <https://k102.khai.edu/>
2. <https://www.cad-is.ru/femap>