

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
Інститут механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. директора Інституту механіки
ім. С.П. Тимошенка НАН України
академік НАН України



Володимир НАЗАРЕНКО
Галузь 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Динаміка структурно неоднорідних оболонок

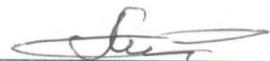
для здобувачів третього освітньо-наукового рівня вищої освіти
«доктора філософії»

галузь знань **11 Математика та статистика**
спеціальність **113 «Прикладна математика»**
вид дисципліни **вибіркова**

КИЇВ-2022

Розробники:

Завідувач відділу будівельної механіки тонкостінних конструкцій,

д.т.н., проф.  П.З. Луговий

Робочу програму узгоджено науково-методичною радою

Протокол від _____ 20__ р. № ____

Голова науково-методичної ради 

**Робочу програму затверджено Вченою радою Інституту механіки
ім. С.П. Тимошенка**

Протокол від _____ 20__ р. № ____

Голова вченої ради  Володимир НАЗАРЕНКО

**Робочу програму узгоджено з гарантом освітньої програми (керівником
програми) 113 «Прикладна математика» 20__ р.**

Гарант освітньо-наукової програми  Володимир НАЗАРЕНКО

**Пролонговано Вченою радою Інституту механіки ім. С.П. Тимошенка НАН
України:**

навчальні роки пролонгації	Голова вченої ради ІМех НАН України	Підпис	№ протоколу	дата протоколу
20__ / 20__				
20__ / 20__				
20__ / 20__				
20__ / 20__				

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Найменування показників	Характеристика дисципліни
Вид дисципліни	вибіркова
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Загальний обсяг кредитів / годин	4/120
Курс	2
Семестр	3
Кількість змістових модулів з розподілом	2
Кількість кредитів	4
Обсяг академічних годин, в тому числі	120
Лекції	20
Практичні заняття	20
Самостійна робота	80
Форма підсумкового контролю	залік

2. МЕТА, ЗАВДАННЯ ТА ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Робоча програма навчальної дисципліни «Динаміка структурно неоднорідних оболонок» є нормативним документом, який розроблено на основі освітньо-наукової програми, далі ОНП, (затверджена Вченуою радою Інституту механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України., протокол № від « » 20 року) підготовки здобувачів третього освітньо-наукового рівня вищої освіти відповідно до навчального плану спеціальності 113 «Прикладна математика».

Навчальна дисципліна «Динаміка структурно неоднорідних оболонок» є складовою циклу професійної підготовки фахівців третього освітньо-наукового рівня “доктор філософії”

Передумова вивчення. Програма курсу орієнтована на аспірантів, які вже знайомі з дисциплінами професійної та практичної підготовки фахівців-механіків, зокрема з курсом механіки суцільних середовищ, загальним курсом теорії диференціальних рівнянь, математичної фізики та обов'язкових курсів освітньо-наукової програми ДВІ 1 та ДВІ 2, які вивчаються на першому курсі аспірантури. Вони повинні володіти методами обчислювальної математики та методами математичного моделювання систем та процесів.

Метою навчальної дисципліни «Динаміка структурно неоднорідних оболонок» є набуття знань та вмінь розв’язання комплексних проблем в галузі механіки деформівного твердого тіла шляхом здобуття компетентностей, необхідних для виконання *самостійних* та *оригінальних наукових досліджень*, результати яких мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

Головними завданнями вивчення навчальної дисципліни «Динаміка структурно неоднорідних оболонок» є формування знань, практичних навичок та компетентностей, потрібних для проведення самостійних кваліфікованих наукових досліджень:

- Загальні компетентності: ЗК1 – ЗК6 (відповідно до переліку загальних компетентностей ОНП).
- Спеціальні (фахові) компетентності: СК1 – СК7 (відповідно до переліку спеціальних компетентностей ОНП).
- Загальні програмні результати навчання: ПРН1 – ПРН6, ПРН11 (відповідно до переліку програмних результатів навчання ОНП).

Програмні результати навчання за дисципліною (вимоги до знань та вмінь):

В результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен **знати:**

- основні концепції, наукові школи та праці провідних вітчизняних і зарубіжних науковців у сфері динаміки структурно неоднорідних оболонок в лінійній і геометрично нелінійній постановках;
- закони та рівняння, які описують динамічну поведінку структурно неоднорідних оболонок при дії гармонійних і нестационарних навантажень;
- варіаційні постановки динамічних задач структурно неоднорідних оболонок;
- аналітичні і чисельні методи, прикладні програмні комплекси, які застосовуються для дослідження динамічної поведінки структурно неоднорідних оболонок;

вміти:

- правильно вибирати моделі для визначення динамічної поведінки ребристих і шаруватих оболонок;
- розв'язувати задачі динаміки оболонок з конструктивними особливостями
- методом розкладу рішення по формах власних коливань;
- на основі варіаційних постановок розв'язувати задачі тришарових оболонок з дискретно-неоднорідним заповнювачем при динамічних навантаженнях методом скінчених різниць;
- розв'язувати задачі динаміки тришарових оболонок з дискретно-симетричним легким, армованим ребрами заповнювачем методом скінчених елементів.

3. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовний модуль 1. Основні рівняння і постановка динамічних задач геометрично нелінійної теорії оболонок

Тема 1. Основні динамічні співвідношення геометрично нелінійної теорії пружності Деформативні залежності. Рівняння коливань в напруженнях. Криволінійна анізотропія. Узагальнений закон Гука.

Тема 2. Основні рівняння динамічної теорії гладких оболонок в геометрично нелінійній теорії. Уточнена модель динаміки оболонок типу С. П. Тимошенка. Класична модель теорії динаміки тонких оболонок. Модель коливань оболонок з врахуванням поперечних нормальних і зсувних деформацій.

Тема 3. Динаміка структурно неоднорідних оболонок при взаємодії з пружним середовищем. Чисельні розв'язки задач про динамічну взаємодію структурно неоднорідних оболонок з пружним середовищем. Чисельні алгоритми розв'язку динамічних задач теорії підкріплених циліндричних оболонок на пружній основі.

Змістовний модуль 2. Дослідження динамічної поведінки структурно неоднорідних оболонок обертання з використанням аналітичних та чисельних методів

Тема 4. Визначення параметрів деформівного стану оболонки при дії локальних короткочасних навантаженнях. Рішення задачі отримується за допомогою інтеграла Дюамеля. Досліджено вплив форми імпульсу на деформівний стан оболонки. Розроблена методика дозволяє оцінити працевдатність циліндричних оболонок, які експлуатуються в динамічних режимах.

Тема 5. Вибір гіпотез для досліджень динаміки тришарових дискретно неоднорідних оболонок обертання. Два основних підходи застосування гіпотез до всього пакету і гіпотез, які враховують кінематичні і статичні гіпотези до кожного шару. Згідно другого підходу ці неоднорідні оболонкові структури можна розглядати як оболонки з дискретним розміщенням ребер. Наявність розривних коефіцієнтів у рівняннях коливань структурно неоднорідних оболонках. Чисельні алгоритми розв'язання задач теорії структурно неоднорідних оболонок з урахуванням дискретності розташування ребер.

Тема 6. Розробка розрахункової моделі тришарових оболонок обертання з дискретно-симетричним легким, армованим ребрами заповнювачем. Вивід рівнянь коливань несиметричних тришарових оболонок обертання з легким заповнювачем, армованим дискретними ребрами жорсткості. Створення скінченно-елементної моделі, адекватної динамічному процесу досліджуваної конструкції. Два аспекти переваги динамічного аналізу. Основні можливості методу скінчених елементів. Динаміка тришарових дискретно неоднорідних оболонок обертання при нестационарних навантаженнях.

4. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ (РОЗПОДІЛ ГОДИН)

№	Назва теми	Кількість годин		
		Лекції	Практичні заняття	Самост. робота

	<i>Змістовний модуль 1. Основні рівняння і постановка динамічних задач геометрично нелінійної теорії оболонок</i>			
1	Основні динамічні співвідношення геометрично нелінійної теорії пружності.	4	4	16
2	Основні рівняння динамічної теорії гладких оболонок в геометрично нелінійній теорії.	2	2	8
3	Динаміка структурно неоднорідних оболонок при взаємодії з пружним середовищем.	4	4	16
	<i>Змістовний модуль 2. Дослідження динамічної поведінки структурно неоднорідних оболонок обертання з використанням аналітичних та чисельних методів</i>			
4	Визначення параметрів деформівного стану оболонки при дії локальних короткочасних навантаженнях	4	4	16
5	Вибір гіпотез для досліджень динаміки тришарових дискретно неоднорідних оболонок обертання	4	4	16
6	Розробка розрахункової моделі тришарових оболонок обертання з дискретно-симетричним армованим заповнювачем при нестационарних навантаженнях	2	2	8
Всього годин за семестр		20	20	80

5. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовний модуль 1.. Основні рівняння і постановка динамічних задач геометрично нелінійної теорії оболонок

Тема 1. Основні динамічні співвідношення нелінійної теорії пружності

Лекція 1. Основні кінематичні та динамічні співвідношення. Динамічні рівняння рівноваги в напруженнях. Динамічні рівняння рівноваги в переміщеннях. Загальна теорія коливань геометрично лінійних динамічних рівнянь шаруватих оболонок. Жорстке з'єднання дискретних ребер з несучими шарами.

Практичне заняття 1. Розв'язок динамічної задачі про визначення напруженодеформованого стану замкнутої багатошарової ребристої циліндричної оболонки з локально приєднаними масами методом розкладу рішення по формах власних коливань.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу який винесено на самостійне вивчення:

- Загальна характеристика основних наукових шкіл, що вивчають динаміку структурно неоднорідних оболонок.
- Геометрично нелінійна теорія динаміки структурно неоднорідних оболонок.

Лекція 2. Динамічні задачі теорії дискретно підкріплених оболонок при нестационарних навантаженнях. Чисельні алгоритми розв'язку динамічних задач підкріплених оболонок обертання. Дослідження стійкості скінченно-різницевих рівнянь ребристих оболонок при невісесиметричних коливаннях.

Практичне заняття 2. Побудова чисельного алгоритму заснована на застосуванні інтегро-інтерполяційного методу побудови різницевих схем для динамічних рівнянь з розривними коефіцієнтами.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
 2. Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення:
- Вплив геометричної нелінійності в динамічних задачах теорії підкріплених оболонок з врахуванням дискретного розташування ребер.

Лекція 3. Розв'язання динамічних задач скінчених по довжині циліндричних оболонок некругового перерізу. Динамічна поведінка дискретно підкріплених еліпсоїдальних оболонок при дії на них імпульсного розподіленого внутрішнього навантаження.

Практичне заняття 3. Побудова математичної моделі динамічної поведінки ребристої циліндричної оболонки еліптичного перерізу в рамках геометрично лінійного варіанту теорії оболонок типу Тимошенка

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
 2. Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення:
- Вплив ексцентриситету поперечного перетину підкріпленої циліндричної оболонки на її напружено-деформований стан при динамічних навантаженнях.

Лекція 4. Неосесиметричні коливання дискретно підкріплених еліпсоїдальних оболонок при дії на них імпульсного внутрішнього навантаження. Рівняння неосесиметричних коливань дискретно підкріпленої еліпсоїдальної оболонки.

Практичне заняття 4. Побудова чисельного алгоритму заснована на застосуванні інтегро-інтерполяційного методу побудови різницевих схем для динамічних рівнянь з розривними коефіцієнтами.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення:
 - Вплив характеру поздовжньо-пропоперечного набору ребер на динаміку максимальних нормальних прогинів еліпсоїдальної оболонки.

Література: основна 1, 2, 4, 5, 7; додаткова – 8, 9, 12, 13.

Тема 2. Основні динамічні рівняння теорії гладких оболонок в геометрично нелінійній теорії.

Лекція 1. Постановка задач про коливання ребристих оболонок обертання з врахуванням впливу зовнішнього середовища. Моделювання водонасичених ґрунтів нелінійним багатокомпонентним середовищем. Взаємодія циліндричних і сферичних оболонок з ґрутовим середовищем при нестационарних навантаженнях на конструкції.

Практичне заняття 1. Рівняння коливань конструктивно ортотропних циліндричних оболонок в ґрутовому середовищі при імпульсному навантаженні на оболонку.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення:
 - Виведення рівнянь коливань ортотропної сферичної оболонки в ґрутовому середовищі при імпульсному навантаженні на оболонку.

Лекція 2. Нестационарна динаміка системи <<ребриста циліндрична оболонка – ґрутове середовище періодичної структури>>.

Практичне заняття 1. Чисельний розв'язок зв'язаної задачі ребриста циліндрична оболонка - ґрутове середовище періодичної структури при внутрішньому імпульсу тиску на оболонку.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення:
 - Прогнозування характеру хвильових процесів в неоднорідному ґрутовому середовищі при проходженні хвиль через контактну границю шарів ґрунту в залежності від їх параметрів.

Література: основна – 2, 3, 5, 7; додаткова – 8, 10, 12, 15.

Тема 3. Динаміка структурно неоднорідних оболонок при взаємодії з пружним середовищем.

Лекція 1. Чисельний розв'язок задач про динамічну взаємодію конструктивно-ортотропних циліндрических оболонок з пружним середовищем. Чисельний алгоритм розв'язку динамічних задач теорії підкріплених циліндрических оболонок на пружній основі.

Практичне заняття 1. Чисельний алгоритм розв'язку динамічних задач теорії підкріплених циліндрических оболонок на пружній основі.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення:
 - Чисельний розв'язок задач про динамічну взаємодію конструктивно-ортотропних циліндрических оболонок з пружним середовищем Пастернака.

Лекція 2. Нестаціонарне деформування поздовжньо-поперечно підкріплених циліндрических оболонок на пружній основі.

Практичне заняття 2. Чисельний алгоритм розв'язку динамічних задач геометрично нелінійної теорії підкріплених циліндрических оболонок на пружній основі.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення:
 - Аналіз впливу геометричної нелінійності на динаміку циліндрических оболонок на пружній основі.

Література: основна - 2, 3, 6; додаткова – 10, 14, 15

Змістовний модуль 2. Дослідження динамічної поведінки структурно неоднорідних оболонок обертання з використанням аналітических та чисельних методів

Тема 4. Визначення параметрів деформівного стану оболонки при дії локальних короткочасних навантаженнях

Лекція 1. Чисельний розв'язок осесиметрических задач динамічної поведінки тришарових циліндрических оболонок з дискретним ребристим заповнювачем при внутрішньому імпульсному навантаженні з застосуванням скінченно – різницевого методу.

Практичне заняття 1. Дослідження напружено деформованого стану тришарових циліндрических оболонок з дискретним ребристим заповнювачем при внутрішньому імпульсному навантаженні.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення:
 - Використання явних та неявних різницевих схем інтегрування диференціальних рівнянь.

Лекція 2. Чисельне моделювання динамічної поведінки тришарових сферичних оболонок з дискретним ребристим заповнювачем при дії ударної хвилі.

Практичне заняття 2. Побудова скінченно-різницевого алгоритму для чисельного моделювання динаміки тришарових сферичних оболонок з дискретним ребристим заповнювачем при дії ударної хвилі.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення:
 - Провести дослідження стійкості скінченно-різницевих рівнянь для тришарових сферичних оболонок з дискретним ребристим заповнювачем

Література: основна – 1, 3, 5, 6; додаткова – 10, 11, 15.

Тема 5. Вибір гіпотез для досліджень динаміки тришарових дискретно неоднорідних оболонок обертання

Лекція 1. Динаміка тришарових конічних оболонок з дискретно-симетричним легким, армованим ребрами заповнювачем при нестационарних навантаженнях

Практичне заняття 1. Дослідження напружено-деформованого стану конічних оболонок з дискретно-симетричним легким, армованим ребрами заповнювачем при внутрішньому імпульсному навантаженні методом скінчених елементів.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення:
 - Аналіз впливу кута конусності тришарової конічної оболонки від параметрів структури за товщиною.

Лекція 2. Динаміка тришарових сферичних оболонок з дискретно-симетричним легким, армованим ребрами заповнювачем при нестационарних навантаженнях

Практичне заняття 2. Дослідження напружено-деформованого стану сферичних оболонок з дискретно-симетричним легким, армованим ребрами заповнювачем при зосередженному ударі по вершині сфери методом скінчених елементів.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення:
 - Дослідити характер затухання нормальних прогинів вздовж твірної сферичної оболонки.

Література: основна – 2, 3, 4, 5, 7; додаткова – 13, 14, 15.

Тема 6. Розробка розрахункової моделі тришарових оболонок обертання з дискретно-симетричним легким, армованим ребрами заповнювачем

Лекція 1. Динаміка несиметричних тришарових сферичних оболонок з дискретно-симетричним легким, армованим ребрами, заповнювачем при нестационарних навантаженнях

Практичне заняття 1. Визначення власних частот тришарових сферичних оболонок з дискретно-симетричним легким, армованим ребрами заповнювачем в осесиметричній постановці в середовищі Femap with NX Nastran.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення:
 - Дослідження впливу несиметрії оболонкової структури за товщиною на розподіл нормальних напружень вздовж твірної сфери при динамічних навантаженнях.

Література: основна – 2, 3, 4, 5, 7; додаткова – 11, 13, 15.

Самостійна робота аспіранта, її зміст та обсяг

№ з/п	Зміст самостійної роботи аспіранта	Обсяг СР (годин)
1	Опрацювання лекційного матеріалу	20
2	Підготовка до практичних занять	20
3	Опрацювання матеріалу, який винесено на самостійне вивчення	40
	Всього	80

6. СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТНЬО-НАУКОВОГО СТУПЕНЯ

6.1 Політика дотримання академічної добросердечності

Очікується, що аспіранти знайомі з основними принципами академічної добросердечності, самостійно виконують усі навчальні завдання, коректно

посилюються на використані джерела інформації при написанні власного наукового або навчального дослідження, тощо. Неприпустимим є списування при написанні контрольних робіт та складанні заліку (у тому числі з використанням мобільних пристройів). У разі виявлення ознак академічної недоброочесності в письмовій роботі аспіранта вона не зараховується викладачем.

6.2 Політика щодо відвідування занять

Відвідування занять є обов'язковим компонентом навчального процесу. За об'єктивних причин (наприклад, міжнародне стажування, епідеміологічні обмеження тощо) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням із керівником курсу та керівником аспірантури.

6.3 Система рейтингових балів

Рейтинг аспіранта з даної дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- 1.Експрес-контроль – 20 балів.
- 2.Активну роботу на практичних заняттях - 20 балів.
- 3.Модульні контрольні роботи -20 балів ($2 \times 10 = 20$)
- 3.Залік - 40 балів.

Заохочується представлення доповіді на наукових конференціях, семінарах, подання статті в журнал за тематикою курсу і додатково оцінюється у 10 балів.

Експрес-контроль проводиться з метою перевірки якості роботи аспіранта в аудиторії і самостійної роботи в позааудиторний час шляхом усного опитування чи самостійних письмових робіт тривалістю 10 – 30 хвилин, або індивідуальних домашніх завдань протягом семестру. Проводиться декілька раз (2 - 4) з максимальною сумарною оцінкою у 20 балів.

Залік складається аспірантом в аудиторний час і на нього виносяться питання та завдання, кожне з яких оцінюється за бальною системою.

6.4 Розрахункова шкала рейтингу

Максимальна сумарна кількість балів протягом семестру складає:
 $20+20+20+40=100$ (балів).

Рейтинг RD аспіранта складається з рейтингу, одержаного протягом семестру з урахуванням додаткових балів. Аспіранти, які набрали протягом семестру менше 30 балів, зобов'язані підвищити свій рейтинг, інакше вони не допускаються до заліку з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість. Для підвищення рейтингу вони отримують можливість написати додаткову контрольну роботу та виконати індивідуальні домашні завдання.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену	для заліку

90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

«Відмінно» А (90-100 балів) – відмінний рівень знань (умінь) в межах обов'язкового матеріалу з можливими незначними недоліками

«Добре» - В (82-89 балів) – дуже добре – достатньо високий рівень знань (умінь) в межах обов'язкового матеріалу без суттєвих (грубих) помилок.

«Добре» - С (74-81 балів) – в цілому добрий рівень знань (умінь) з незначною кількістю помилок.

«Задовільно» - D (64-73 балів) – виставляється аспіранту, який має знання тільки основного матеріалу, але не засвоїв його деталей, допускає неточності, неправильне тлумачення окремих елементів завдання та відчуває труднощі при виконанні практичних завдань.

«Задовільно» - E (64-73 балів) – достатньо – мінімально можливий допустимий рівень знань (умінь).

«Незадовільно» - FX (35-59 балів) – виставляється аспіранту, який дає необґрунтовані відповіді на запитання, допускає суттєві помилки у використанні понятійного апарату. Не простежується логічність та послідовність думки. Формулювання хаотичні та не усвідомлені.

«Незадовільно» - F (1-34 балів) – виставляється аспіранту, який не засвоїв зміст дисципліни, вміння та навички не набуті.

7. ОРІЄНТОВНИЙ ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДО ЗАЛІКУ

- Основні співвідношення нелінійної теорії пружності.
- Визначальні рівняння теорії гладких оболонок в рамках геометрично нелінійної теорії.
- Класична модель теорії тонких оболонок.
- Уточнена модель оболонок за гіпотезами С.П. Тимошенка.
- Загальна теорія коливань геометрично лінійних динамічних рівнянь шаруватих оболонок.
- Динамічні задачі про визначення напружено-деформованого стану замкнутої багатошарової ребристої циліндричної оболонки.

7. Розв'язок задачі про визначення динамічної поведінки замкнутої багатошарової ребристої циліндричної оболонки з локально приєднаними масами методом розкладу рішення по формах власних коливань
8. Чисельні алгоритми розв'язку динамічних задач підкріплених оболонок обертання.
9. Вплив геометричної нелінійності в динамічних задачах теорії підкріплених оболонок з врахуванням дискретного розташування ребер.
10. Дослідження стійкості скінченно-різницевих рівнянь ребристих оболонок при невісесиметричних коливаннях.
11. Динамічні задачі скінчених по довжині циліндричних оболонок некругового перерізу.
12. Динаміка дискретно підкріплених еліпсоїdalьних оболонок при дії на них імпульсного розподіленого внутрішнього навантаження
13. Рівняння неосесиметричних коливань дискретно підкріпленої еліпсоїdalьної оболонки.
14. Побудова чисельного алгоритму заснована на застосуванні інтегро-інтерполяційного методу побудови різницевих схем для рівнянь з розривними коефіцієнтами.
15. Постановка задач про коливання ребристих оболонок обертання з врахуванням впливу зовнішнього середовища.
16. Взаємодія циліндричних і сферичних оболонок з ґрутовим середовищем при нестационарних навантаженнях на конструкції.
17. Чисельний розв'язок зв'язаної задачі ребриста циліндрична оболонка - ґрутове середовище періодичної структури при внутрішньому імпульсу тиску на оболонку.
18. Чисельний алгоритм розв'язку динамічних задач теорії підкріплених циліндричних оболонок на пружній основі.
19. Чисельний розв'язок задач про динамічну взаємодію конструктивно-ортотропних циліндричних оболонок з пружним середовищем Пастернака.
20. Чисельний алгоритм розв'язку динамічних задач геометрично нелінійної теорії підкріплених циліндричних оболонок на пружній основі.
21. Дослідження напружено деформованого стану тришарових циліндричних оболонок з дискретним ребристим заповнювачем при внутрішньому імпульсному навантаженні.
22. Чисельне моделювання динамічної поведінки тришарових сферичних оболонок з дискретним ребристим заповнювачем при дії ударної хвилі.
23. Дослідження стійкості скінченно-різницевих рівнянь для тришарових сферичних оболонок з дискретним ребристим заповнювачем
24. Дослідження напружено-деформованого стану конічних оболонок з дискретно-симетричним легким, армованим ребрами заповнювачем при внутрішньому імпульсному навантаженні методом скінчених елементів.
25. Дослідження напружено-деформованого стану сферичних оболонок з дискретно-симетричним легким, армованим ребрами заповнювачем при зосередженному ударі по вершині сфери методом скінчених елементів.

26. Динаміка несиметричних тришарових сферичних оболонок з дискретно-симетричним легким, армованим ребрами, заповнювачем при нестационарних навантаженнях.
27. Визначення власних частот тришарових сферичних оболонок з дискретно-симетричним легким, армованим ребрами заповнювачем в осесиметричній постановці в середовищі Femap with NX Nastran.

8. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

8.1. Основні

1. Луговой П.З., Мейш В.Ф., Штанцель Э.А. Нестационарная динамика неоднородных оболочечных конструкций // К: Издательско полиграфический центр «Киевский университет», 2005. – 536 с.
2. Головко К.Г. Динамика неоднородных оболочек при нестационарных нагрузках / К.Г. Головко, П.З. Луговой, В.Ф. Мейш // К: Издательско полиграфический центр «Киевский университет», 2012. – 541 с.
3. Луговий П.З., Мейш В.Ф., Мейш Ю.А. Динаміка конструктивно-неоднорідних структур: монографія / під ред. акад. НАН України О.М. Гузя. Київ: Видавництво Ліра К. 2022. 326 с.
4. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластиинки и оболочки. – Москва: Наука, 1966. – 636 с.
5. Амиро И.Я., Заруцкий В.А. Исследования в области динамики ребристых оболочек // Итоги науки и техники. Механика деформируемого твердого тела. М.: ВИНТИ, 1990. – 21. – С. 132 – 191.
6. Амиро И.Я., Заруцкий В.А. Методы расчета оболочек: в 5-ти т., т.2. Теория ребристых оболочек. – К.: Наук. думка, 1980. – 368 с.
7. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. М: Физматлит, 2001.

8.2. Додаткові рекомендовані джерела

8. Амиро И.Я., Заруцкий В.А., Ревуцкий В.Н., Скосаренко Ю.В., Телалов А.И., Фиалко С.Ю. Колебания ребристых оболочек вращения. – К.: Наук. думка, 1988. – 172 с.
9. Амбарцумян С.А. Общая теория анизотропных оболочек / М.: Наука, 1974. – 448 с.
10. Григоренко Я.М. Изотропные и анизотропные слоистые оболочки вращения переменной жесткости. К.: Наук. думка, 1973. – 288 с.
11. Рычков С.П. Моделирование конструкций в среде Femap with NX Nastran.– М.: ДМК Пресс, 2013.– 784 с.
12. Успехи механики: (под общей редакцией А.Н. Гузя): в 6-ти томах. Т.3. Пискунов В.Г., Рассказов А.О. Развитие теории слоистых пластин и оболочек. – Киев: «А.С.К.», 2007. – С. 141 – 175.
13. Ланцюш К. Вариационные принципы механики. М.:Наука, 1965.
14. Методы расчета оболочек: в пяти томах. Т.5. Теория нестационарной аэро-гидроупругости оболочек. Гузь А.Н., Кубенко В.Д. / Киев: Наук. думка. 1982.-400с.

15.Механика композитов: в двенадцати томах. т. Т.9. Динамика элементов конструкций. Кубенко В.Д., Бабаев А.Э., Беспалова Е.И. и др./– Киев: А.С.К., 1999. – 388 с.