

Національна академія наук України

Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Заступник директора
з наукової роботи



Робоча програма навчальної дисципліни

**Математичне моделювання процесів швидкісного та
пластичного деформування у сучасних конструкціях**
(назва навчальної дисципліни)

спеціальність 113 Прикладна математика

спеціалізація Прикладна математика

2019/2020 навчальний рік


Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою інституту 18 жовтня 2018 року,
протокол № 10

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)
Аврамов Костянтин Віталійович, д-р техн. наук, професор
Чернобривко Марина Вікторівна, к-т техн. наук, с.н.с.

Програму схвалено на засіданні відділу
Математичного моделювання й оптимального проектування

Протокол № 2, від 05.09.2018 року

Завідувач відділу Математичного моделювання й оптимального проектування



(підпис)

Стоян Ю.Г.

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-технічною проблемною радою
«Математичне моделювання. Механіка деформівного твердого тіла. Динаміка та міцність
машин»

Протокол № 5 від 06.09.2018 р.

Голова НТПР _____



(підпис)

Стоян Ю.Г.

(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Математичне моделювання процесів швидкісного та пластичного деформування у сучасних конструкціях” складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика (спеціалізація «Прикладна математика»)

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є засвоєння концептуально-методологічного базиса й прийомів чисельного дослідження задач пружно-пластичного деформування елементів конструкцій машинобудівного обладнання під час високошвидкісного навантаження різної фізичної природи.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є практична реалізація можливостей чисельного дослідження задач пружно-пластичного швидкісного деформування, що істотно підвищує ефективність наукових досліджень й інженерних розробок в галузі машинобудування.

Здобувачі вищої освіти ступеня доктора філософії мають досягти таких результатів навчання:

- знати основні методи дослідження напружено-деформованого та граничного стану в конструкціях, який спричинений впливом високошвидкісного механічного навантаження, з використанням чисельних досліджень на ПК;
- знати методики аналізу чисельних результатів;
- вміти використовувати теоретичний матеріал для розв’язання практичних задач;
- вміти аналізувати результати чисельних досліджень і робити висновки щодо напружено-деформованого та граничного стану в конструкціях, який спричинений впливом високошвидкісного механічного навантаження.

1.3. Кількість кредитів 3

1.4. Загальна кількість годин 90

1.5. Характеристика навчальної дисципліни

Вибіркова	
Вид підсумкового контролю - залік	
Рік підготовки	1-й
Семестр	1-й
Лекції	30 год.
Практичні, семінарські заняття	
Індивідуальні заняття	
Самостійна робота	60 год.

1.6. Заплановані результати навчання

Після вивчення курсу студенти повинні:

Знати: основні методи дослідження напружено-деформованого та граничного стану в конструкціях, який спричинений впливом високошвидкісного механічного навантаження, з використанням чисельних досліджень на ПК; методики аналізу чисельних результатів.

Вміти: використовувати теоретичний матеріал для розв'язання практичних задач; аналізувати результати чисельних досліджень і робити висновки щодо наслідків високошвидкісних навантажень, які відбуваються в елементах конструкцій.

Розуміти: властивості та можливості методів і алгоритмів моделювання, ідентифікації, і оптимізації.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Моделювання високошвидкісного деформування та руйнування

Тема 1. Експериментальні дослідження високошвидкісного деформування матеріалів

Огляд основних експериментальних методів визначення напружено-деформованого стану в матеріалах внаслідок високошвидкісного навантаження. Особливості пластичного плину матеріалу в умовах деформування з високою швидкістю.

Тема 2. Математичні моделі швидкісного деформування конструкцій

Начальні зауваження. Рівняння руху. Визначення повної деформації. Співвідношення між напруженнями та деформаціями. Моделі пластичного плину. Урахування впливу температури.

Тема 3. Основні критерії руйнування матеріалу в елементах конструкцій

Рівняння стану. Границі текучості та міцності, що враховують динамічні властивості матеріалу конструкції та температурний режим процесу деформування.

Тема 4. Основні чисельні методи розв'язання початково-крайових задач для випадку високошвидкісного навантаження

Застосування методів скінченних елементів та кінцевих різниць для початково-крайових задач високошвидкісного навантаження конструкцій довільної геометричної форми.

Розділ 2. Високошвидкісне деформування елементів конструкцій при імпульсному навантаженні

Тема 5. Визначення наслідків впливу ударної хвилі на елементи конструкцій

Моделювання впливу газодинамічної ударної хвилі на складні за геометрією конструкції. Моделювання наслідків впливу газодинамічної ударної хвилі на балку, колону, раму, плиту та плиту з оребренням.

Тема 6. Напружено-деформований стан оболонкових елементів конструкцій внаслідок локального імпульсного навантаження

Моделювання впливу локального імпульсного навантаження на оболонкові конструкції. Напружено-деформований стан оболонкових елементів корпусу газотурбінного двигуна внаслідок обриву лопатки. Моделювання пошкодження лопаток газотурбінних двигунів сторонніми предметами під час експлуатації.

Тема 7. Моделювання розділення елементів конструкцій внаслідок спрацювання шнура, що детонує

Моделювання спрацювання шнура, що детонує. Моделювання розділення елементів корпусів ракетно-космічної техніки.

Розділ 3. Дослідження руйнування конструкцій складної форми

Тема 8. Методика моделювання повного навантаження багатокомпонентних конструкцій

Методика визначення напружено-деформованого стану складних конструкцій внаслідок збирання та експлуатації. Приклад застосування методики для спеціальної ракетної конструкції.

Тема 9. Методика моделювання руйнування окремих елементів в конструкції

Методика визначення руйнуючих навантажень на окремі елементи багатокомпонентної конструкції. Чисельна реалізація та візуалізація процесу руйнування для конструкцій з пружно-пластичних матеріалів.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	усього	у тому числі				
		лекції	практ.	лаб.	сем.	інд.
Розділ 1. Моделювання високошвидкісного деформування та руйнування						
Тема 1. <i>Експериментальні дослідження високошвидкісного деформування матеріалів</i>	6	2				4
Тема 2. <i>Математичні моделі швидкісного деформування конструкцій</i>	12	4				8
Тема 3. <i>Основні критерії руйнування матеріалу в елементах конструкцій</i>	6	2				4
Тема 4. <i>Основні чисельні методи розв'язання початково-крайових задач для випадку високошвидкісного навантаження</i>	6	2				4
Разом за розділом 1	30	10				20
Розділ 2. Високошвидкісне деформування елементів конструкцій при імпульсному навантаженні						
Тема 5. <i>Визначення наслідків впливу ударної хвилі на елементи конструкцій</i>	18	6				12
Тема 6. <i>Напружено-деформований стан оболонкових елементів конструкцій внаслідок локального імпульсного навантаження</i>	12	4				8
Тема 7. <i>Моделювання розділення елементів конструкцій внаслідок спрацювання шнура, що детонує</i>	6	2				4
Разом за розділом 2	36	12				24
Розділ 3. Дослідження руйнування конструкцій складної форми						
Тема 8. <i>Методика моделювання повного навантаження багатокомпонентних конструкцій</i>	12	4				8
Тема 9. <i>Методика моделювання руйнування окремих елементів в конструкції</i>	12	4				8
Разом за розділом 3	24	8				16
Усього годин	90	30				60

4. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Методики визначення напружено-деформованого стану в матеріалах внаслідок високошвидкісного навантаження. Фізика процесу пластичного деформування в металах та їх сплавах.	4

2	Рівняння руху. Визначення повної деформації. Співвідношення між напруженнями та деформаціями. Моделі пластичного плину.	8
3	Рівняння стану. Границі текучості та міцності, що враховують динамічні властивості матеріалу конструкції та температурний режим процесу деформування.	4
4	Чисельні методи розв'язання початково-крайових задач високошвидкісного деформування конструкцій	4
5	Чисельні дослідження наслідків впливу газодинамічної ударної хвилі на балку, колону, раму, плиту та плиту з оребренням.	12
6	Чисельні дослідження оболонкових елементів корпусу газотурбінного двигуна внаслідок обриву лопатки.	8
7	Чисельні дослідження пошкодження лопаток газотурбінних двигунів сторонніми предметами під час експлуатації.	4
8	Розрахунок напружено-деформованого стану складних конструкцій внаслідок збирання та експлуатації.	8
9	Чисельна реалізація процесу руйнування для конструкцій кріплень з пружно-пластичних матеріалів.	8
	Разом	60

5. Методи контролю

Поточний контроль теоретичних знань, що отримані здобувачем вищої освіти ступеня доктора філософії здійснюється методом усного опитування. На заняттях оцінюється здатність здобувача вищої освіти приймати участь у науковій дискусії. Підсумковий контроль проводиться у формі заліку.

6. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання									Індивідуальні завдання	Разом	Залік	Сума
Розділ 1			Розділ 2			Розділ 3						
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9				
4	6	4	4	8	8	8	4	4		50	50	100

T1, T2 ... – теми розділів.

7. Шкала оцінювання

Від 50 до 100 балів – заліковано

Від 1 до 49 балів - незаліковано

8. Рекомендована література

1. Ben-Dor G., Dubinsky A., Elperin T. High-Speed Penetration Dynamics: Engineering Models and Methods. World Scientific Publishing, 2013. 311 p.
2. Anderson Ted L. Fracture Mechanics: Fundamentals and Applications, Fourth Edition. CRC Press, 2017. 259 p.
3. Трошенко В.Т., Лебедев А.А., Стрижало В.А., Степанов Г.В., Кривенюк В.В. Механика поведения материалов при различных видах нагружения. Киев, 2000. 566 с.

Допоміжна література

4. Харченко В. В. Моделирование процессов высокоскоростного деформирования материалов с учетом вязкопластических эффектов. Киев: Институт проблем прочности им. Г.С.Писаренко НАН Украины, 1999. 280 с.
5. Кукуджанов В. Н. Компьютерное моделирование деформирования, повреждаемости и разрушения неупругих материалов и конструкций. М.: МФТИ, 2008. 212 с.
6. Петушков В.Г. Применение взрыва в сварочной технике/ Под ред. Б.Е. Патона.- К.: Наук. думка, 2005.- 753 с.

9. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. Мережа Internet.
2. Бібліотека ІПМаш НАН України.