

ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНИХ ПРОБЛЕМ МЕХАНІКИ І МАТЕМАТИКИ
ІМ. Я.С. ПІДСТРИГАЧА НАН УКРАЇНИ

Відділ механіки деформівного твердого тіла

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



Директор ІППМ ім. Я. С. Підстригача
НАН УКРАЇНИ, академік НАН України

Роман КУШНІР

Протокол від «29» серпня 2024 року № 9

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕРМОМЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ПРУЖНО-ПЛАСТИЧНИХ ТІЛАХ

/код і назва навчальної дисципліни/

III рівень, доктор філософії

/рівень вищої освіти/

галузь знань 11 Математика та статистика
/шифр і назва/
спеціальність 113 Прикладна математика
/шифр і назва /
вид дисципліни за вибором
(обов'язкова / за вибором)
мова викладання українська

Львів – 2024 рік

Робоча програма з навчальної дисципліни «Оптимізація термомеханічних процесів у пружно-пластичних тілах»
для здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії.

Робоча навчальна програма складена

пров. н. с., д. ф.-м. н., ст. н. с.



Юрієм ТОКОВИМ

«26» 06 2024 р.

1. Структура навчальної дисципліни

Найменування показників	Всього годин
Кількість кредитів/год.	4 / 120
Усього годин аудиторної роботи, у т.ч.:	60
• лекційні заняття, год.	30
• семінарські заняття, год.	10
• практичні заняття, год.	20
• лабораторні заняття, год.	-
Усього годин самостійної роботи, у т.ч.:	60
Екзамен	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

2.1. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою засвоєння аспірантами основних аналітичних та аналітично-числових методик ідентифікації теплового та термонапруженого стану однорідних і неоднорідних тіл канонічної геометричної форми за неповної інформації про теплове навантаження, методу оберненої задачі термомеханіки при розв'язуванні задач керування та оптимізації термонапруженого стану тіл в умовах пружно-пластичного деформування.

2.2. Завдання навчальної дисципліни

В результаті вивчення дисципліни аспірант повинен оволодіти такими знаннями та навиками:

- 1) формулювати та розв'язувати погано обумовлені задачі математичної фізики та вміти вибирати адекватні моделі доповнення погано обумовленої задачі додатковою інформацією для побудови її розв'язку;
- 2) ефективно використовувати основні методи розв'язування некоректних та обернених задач термомеханіки;
- 3) уміти залучати ці методи та відповідні аналітичні та аналітично-числові розв'язки прямих задач для ідентифікації невідомих факторів навантажень на недосяжних для емпіричного зчитування інформації частинах поверхні елементів конструкцій;
- 4) ефективно використовувати методи обчислень при комп'ютерній реалізації числових алгоритмів;
- 5) аналізувати умови стійкості побудованих алгоритмів відносно малих збурень у вхідних емпіричних даних;
- 6) формулювати та розв'язувати задачі оптимального керування термонапруженим станом тіл в умовах пружно-пластичного деформування;
- 7) створювати на основі напрацьованого математичного інструментарію сучасне програмне забезпечення;
- 8) виконувати обчислювальні експерименти та аналізувати їх результати.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у аспірантів компетентностей:

загальних:

- 1) знання сучасних методів проведення досліджень в галузі математичного, числового та комп'ютерного моделювання термо-пружно-пластичного деформування твердих тіл за умов неповної інформації про теплове навантаження;
- 2) критичний аналіз, оцінка і синтез нових та складних ідей;
- 3) уміння ефективно спілкуватися з широкою науковою спільнотою та громадськістю в питаннях прикладної математики;
- 4) наполегливість у досягненні мети;
- 5) здатність до саморозвитку та самовдосконалення упродовж життя, відповідальність за навчання інших;
- 6) соціальна відповідальність за результати прийняття стратегічних рішень;
- 7) ініціювання оригінальних дослідницько-інноваційних комплексних проектів;
- 8) лідерство та здатність як до автономної, так і до командної роботи під час реалізації проектів.

фахових:

- 1) знання про сучасні тренди, тенденції розвитку і найбільш вагомі нові розробки в галузі математичного, числового та комп'ютерного моделювання термопружно-пластичного деформування твердих тіл, а також суміжних областей;
- 2) уміння визначати ключові критерії визначення оптимальних параметрів процесу деформування тіл;
- 3) знання і розуміння сучасних наукових теорій і методів, вміння їх ефективно застосовувати для синтезу та аналізу складних процесів, систем та явищ;
- 4) знання про тенденції розвитку і найважливіші нові розробки в галузі математичного та комп'ютерного моделювання складних процесів, систем та явищ;
- 5) здатність розробляти та реалізовувати проекти, включаючи власні дослідження, які дають можливість переосмислювати наявні чи створювати нові знання, а також розв'язувати складні задачі в галузі математичного, числового та комп'ютерного моделювання;
- 6) здатність ефективно застосовувати аналітичні методи аналізу та математичного моделювання складних процесів та систем, виконувати числові експерименти при проведенні наукових досліджень;
- 7) здатність інтегрувати знання з інших дисциплін, застосовувати системний підхід та враховувати нетехнічні аспекти при розв'язанні науково-прикладних задач і виконанні досліджень.

Результати навчання даної дисципліни деталізують такі **програмні результати навчання:**

- знання та розуміння наукових принципів, що лежать в основі математичного моделювання деформативних властивостей однорідних та шаруватих елементів конструкцій в реальних умовах експлуатації;
- уміння застосовувати методи розв'язування крайових задач теплопровідності та термопружності за неповної інформації про теплове навантаження з використанням додатково заданих характеристик напружено-деформованого стану;
- вміти ефективно використовувати методи реалізації числових алгоритмів на сучасних комп'ютерах;

- здатність обрати раціональний метод знаходження розв’язків і побудови алгоритмів розв’язання сформульованих задач, а також розробити відповідне програмне забезпечення для комп’ютерного моделювання;
- здатність продемонструвати поглиблені знання у вибраній спеціалізації;
- здатність продемонструвати розуміння впливу технічних рішень в суспільному, економічному і соціальному контексті;
- здійснювати пошук, аналізувати і критично оцінювати інформацію з різних джерел;
- вміння поставити, імплементувати та інтерпретувати обчислювальні експерименти;
- самостійно планувати й виконувати дослідження, а також оцінювати отримані результати;
- застосовувати інформаційно-комунікаційні технології та навички програмування для розв’язання задач математичного та комп’ютерного моделювання складних процесів, систем та явищ;
- ефективно працювати як індивідуально, так і у складі команди;
- поєднувати теорію і практику, а також приймати рішення та виробляти стратегію діяльності для вирішення завдань спеціалізації з урахуванням загальнолюдських цінностей, суспільних, державних та виробничих інтересів;
- самостійно виконувати наукові дослідження та застосовувати дослідницькі навички за професійною тематикою;
- застосовувати системний підхід, інтегруючи знання з інших дисциплін та враховуючи нетехнічні аспекти, під час розв’язання задач обраної спеціалізації та проведення досліджень;
- самостійно змоделювати систему або явище та їх елементи з урахуванням усіх аспектів поставленої задачі;
- аргументувати вибір методів розв’язування спеціалізованої задачі, критично оцінювати отримані результати та захищати прийняті рішення.

3. Опис навчальної дисципліни

3.1. Лекційні заняття

№ п/п	Найменування тем	Кількість годин
1.	Прямі та обернені задачі термопружності. Одновимірні моделі визначення термонапруженого стану тіл за неповної інформації про теплове навантаження.	4
2.	Двовимірні моделі визначення осесиметричного термонапруженого стану однорідних тіл обертання за неповної інформації про теплове навантаження.	4
3.	Зведення задач визначення термонапруженого стану тіл канонічної форми за неповної інформації про теплове навантаження до обернених задач термопружності. Інтегральні подання розв’язків прямих квазістатичних задач термопружності для тіл канонічної форми.	4
4.	Визначення теплового і термонапруженого стану однорідних тіл канонічної форми за поверхневими переміщеннями.	2

5.	Визначення теплового і термонапруженого стану двошарових тіл канонічної форми за поверхневими переміщеннями.	2
6.	Визначення теплового і термонапруженого стану однорідних, неоднорідних та термочутливих тіл канонічної форми за поверхневими деформаціями.	2
7.	Осесиметричні термонапруження у тілах обертання. Розв'язування задач за додатковою інформацією про поверхневі переміщення.	2
8.	Оптимізація температурних режимів і термонапруженого стану термочутливих тіл за умов пружнопластичного деформування матеріалу. Формулювання задач оптимізації. Визначальні співвідношення теорії процесів деформування елементів тіла за траєкторіями малої кривини.	4
9.	Оптимізація одновимірних температурних режимів термочутливих тіл за обмежень на функцію керування та інтенсивність дотичних напружень.	2
10.	Оптимізація одновимірних температурних режимів термочутливих тіл за обмежень на функцію керування та інтенсивність накопиченої пластичної деформації зсуву.	2
11.	Оптимізація одновимірних температурних режимів термочутливих тіл за обмежень на функцію керування та інтенсивність дотичних напружень.	2
	Усього годин	30

3.2. Семінарські заняття

№ п/п	Найменування тем	Кількість годин
1.	Двовимірні моделі визначення осесиметричного термонапруженого стану однорідних тіл обертання за неповної інформації про теплове навантаження. Порівняння підходів та оцінка адекватності для опису ключових закономірностей	4
2.	Метод оберненої задачі термопружності у розв'язуванні задач керування та оптимізації термонапруженого стану однорідних та неоднорідних тіл.	6
	Усього годин	10

3.3. Практичні заняття

№ п/п	Найменування тем	Кількість годин
1.	Розв'язування одновимірних задач термопружності за неповної інформації про теплове навантаження. Однорідні тіла. Двошарові порожнисті циліндра і куля.	2
2.	Розв'язування двовимірних задач термопружності за неповної інформації про теплове навантаження. Півпростір, безмежний шар, тонка кругла пластина.	4
3.	Розв'язування задачі про визначення термонапруженого стану безмежного шару за невідомого теплового навантаження однієї з межових поверхонь.	2

4.	Визначення термонапружень у порожнистих циліндрі та кулі за невідомого теплового навантаження внутрішньої поверхні.	2
5.	Розв'язування задачі про визначення термонапруженого стану двошарового циліндра за невідомого теплового навантаження однієї з межових поверхонь.	2
6.	Тепловий та термонапружений стан фрикційно взаємодіючих шарів за невідомого теплового навантаження однієї з межових поверхонь та невідомого фрикційного теплового потоку.	4
7.	Тепловий та термонапружений стан фрикційно взаємодіючих шарів за невідомого термічного опору в умовах асимптотичного теплового режиму.	4
	Усього годин	20

3.4. Самостійна робота

№ п/п	Зміст роботи	Кількість годин
1.	Індивідуальне науково-дослідне завдання	40
2.	Підготовка до заліку та екзамену	20
	Усього годин	60

4. Оцінювання результатів засвоєння дисципліни

4.1. Урахування контрольно-моніторингових завдань

№	вид завдання	відсоток
1	Виконання завдань на практичних заняттях	25%
2	Виконання індивідуального науково-дослідного завдання	25%
3	Екзамен	50%

4.2. Загальна шкала оцінювання

При оцінюванні використовуються критерії згідно з Положенням про рейтингове оцінювання досягнень здобувачів вищої освіти в Інституті прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України від 9.11.2016 http://iapmm.lviv.ua/aspirant/polozhennya_ro_K.pdf

Література

1. *Banichuk N. V., Neittaanmäki P.* Structural Optimization with Uncertainties. – Dordrecht-Heidelberg-London-New York: Springer, 2010. – 233 p.
2. *Christensen P. W., Klarbring A.* An Introduction to Structural Optimization. – Dordrecht: Springer, 2009. – 211 p.
3. *Kushnir, R. M., Yasinskyi, A. V., and Tokovyy, Yu. V.* (2023). "Reconstruction of the thermal load of a functionally graded hollow sphere by surface displacements." *Journal of Mathematical Sciences* **270**(1): 176-190.

4. *Kushnir, R. M., Yasinsky, A.V., and Tokovy, Y.V.* (2022). "Effect of Material Properties in the Direct and Inverse Thermomechanical Analyses of Multilayer Functionally Graded Solids." *Advanced Engineering Materials*.
5. *Levy A. B.* *Optimal Control: From Variations to Nanosatellites*, De Gruyter, 2023.
6. *Meinsma G., van der Schaft A.* *A Course on Optimal Control*, Springer Undergraduate Texts in Mathematics and Technology, 2024.
7. *Razmjooy N.* *Interval Analysis. Application in the Optimal Control Problems*, IEEE Press, Wiley Blackwell, 2024.
8. *Shestopalov Y., Pronina Y., Dzerzhinsky R.* *An Introduction to Optimal Control*, Cambridge Scholars Publishing, 2023.
9. *Tokovy, Y., Ma, C.-C.* *The Direct Integration Method for Elastic Analysis of Nonhomogeneous Solids*. Newcastle, Cambridge Scholars Publishing, 2021.
10. *Yasinsky, A. V., Tokovy, Yu. V.* (2022). "Control of two-dimensional stationary thermal stresses in a half space with the help of external thermal loading." *Journal of Mathematical Sciences* **261**(1): 115-126.
11. *Калиняк Б. М., Токовий Ю. В., Ясінський А. В.* Прямі та обернені задачі термомеханіки стосовно оптимізації та ідентифікації термонапруженого стану деформівних твердих тіл // *Мат. методи та фіз.-мех. поля.* – 2016. – **59**, № 3. – С. 28-42.
12. *Кушнір Р.М., Николишин М.М., Осадчук В.А.* Пружний та пружнопластичний граничний стан оболонок з дефектами. – Львів: Сполом. 2003. – 320 с.
13. *Модельовання та оптимізація в термомеханіці електропровідних неоднорідних тіл / Під заг. ред. Я.Й. Бурака, Р.М. Кушніра. Т.5.: Оптимізація та ідентифікація в термомеханіці неоднорідних тіл. / Р.М. Кушнір, В.С. Попович, А.В. Ясінський.* – Львів: Сполом, 2011. – 256 с.
14. *Сулим Г.Т.* *Основи математичної теорії термопружної рівноваги деформівних твердих тіл з тонкими включеннями.* – Львів: Досл.-видав. центр НТШ, 2007. – 716 с.