

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Затверджено
Вченою радою
Запорізького національного університету
протокол № 2 від 19.09.2022 р.
Голови Вченої ради, ректор

 М. О. Фролов



АСИМПТОТИЧНІ МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ КРАЙОВИХ ТА ПОЧАТКОВИХ
ЗАДАЧ

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
підготовки здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
ступеня доктора філософії

Укладач:

Д'яченко Н. М., доцент кафедри фундаментальної та прикладної математики, кандидат
фізико-математичних наук, доцент

Погоджено:

Проректор з наукової роботи

Проректор з науково-педагогічної роботи

Зав. відділу аспірантури і докторантури

Г. М. Васильчук

Ю. О. Каганов

О. П. Єфіменкова

Запоріжжя 2022

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна, вечірня, заочна форми навчання	
Кількість кредитів – 4	Галузь знань 11 Математика і статистика	вибіркова	
		Цикл професійної підготовки, вибіркова компонента	
Змістових модулів – 6	Спеціальність: 113 Прикладна математика	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 120*		2-й	
Освітньо-наукова програма Прикладна математика		Лекції 32 год.	
Рівень вищої освіти: третій (доктор філософії)		Самостійна робота	
		88 год.	
		Вид підсумкового контролю: залік	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Асимптотичні методи розв’язання крайових та початкових задач» є засвоєння аспірантом систематичних знань з асимптотичних методів розв’язання крайових і початкових задач для сингулярних диференціальних рівнянь із змінними коефіцієнтами та їх систем для отримання аналітичного розв’язку зазначених задач, з метою подальшої ефективної реалізації наукової діяльності фахівця прикладної математики у широкому спектрі проблематики.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни «Асимптотичні методи розв’язання крайових та початкових задач» є:

- оволодіння аспірантами базовими знаннями щодо гібридного асимптотичного підходу на базі методу фазних інтегралів;
- застосувати гібридний ВКБ-Гальоркін метод до лінійних диференціальних рівнянь зі змінними коефіцієнтами;
- опанування доведення теореми про асимптотичний характер гібридного ВКБ-Гальоркін розв’язку;
- засвоєння основними етапами побудови гібридного ВКБ-Гальоркін розв’язку диференціального рівняння четвертого порядку зі змінними коефіцієнтами;
- застосувати гібридний ВКБ-Гальоркін підход до розв’язання крайових задач;
- ознайомлення з гібридним ВКБ-Гальоркін розв’язком для рівняння Бесселя;
- набуття вміння отримувати гібридне ВКБ-Гальоркін наближення у крайових задачах, що зводяться до лінійних диференціальних рівнянь четвертого порядку зі змінними коефіцієнтами;
- набуття вміння знаходити гібридний ВКБ-Гальоркін розв’язок диференціального рівняння спеціального типу із змінними коефіцієнтами;
- застосовувати асимптотичний підхід до розв’язання крайових задач на основі ВКБ-варіаційного методу.

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми аспіранти повинні досягти таких програмних **компетентностей і програмних результатів навчання:**

Програмні компетентності	
для здобувачів 2021 р. вступу за ОНП 2020-2021 р.	
ЗК 1	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу нових та комплексних ідей
ЗК 2	Здатність вчитися, оволодівати сучасними знаннями, застосовувати їх у практичних ситуаціях
ЗК 3	Здатність до формування системного наукового світогляду та загального культурного кругозору
ЗК 4	Здатність до критичного мислення
ЗК 15	Здатність до особистісного та професійного розвитку
СК1	Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності
СК3	Здатність до оволодіння методологією та методами наукових досліджень у галузі 11 Математика та статистика
СК5	Здатність до планування і виконання комп'ютерного експерименту та управління ним.
СК9	Здатність до продукування нових ідей і розв'язання комплексних проблем у галузі прикладної математики, а також до застосування сучасних методологій, методів та інструментів наукової діяльності в галузі прикладної математики.
Для здобувачів 2022 р. вступу за ОНП 2022 р.	
ЗК 1	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу
ЗК 2	Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел
ЗК 3	Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми
ЗК 4	Здатність генерувати нові ідеї (креативність)
ЗК 5	Здатність до критичного мислення
ЗК 10	Здатність розв'язувати комплексні проблеми прикладної математики на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності
СК1	Здатність до розуміння основних концепцій, історичних витоків, сучасного стану та тенденції розвитку прикладної математики; оволодіння термінологією з досліджуваного наукового напрямку
СК2	Здатність здійснювати планування та виконання оригінальних досліджень, досягати наукових результатів, які створюють нові знання як в предметній області, так і в міждисциплінарних напрямках, і можуть бути опубліковані у провідних вітчизняних та міжнародних наукових виданнях з галузі математики та статистики та суміжних галузей
СК3	Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького та/або інноваційного характеру; оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень; комерціалізувати їх результати; здійснювати захист прав інтелектуальної власності
СК4	Здатність використовувати сучасні методології, методи та інструменти емпіричних і теоретичних досліджень у галузі, методи комп'ютерного моделювання, сучасні цифрові технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та науково-педагогічній діяльності.
СК5	Здатність усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень та/або інноваційних розробок українською та іноземною мовами, демонструвати глибоке розуміння іншомовних наукових текстів за напрямом досліджень; володіти навичками академічного письма
СК8	Здатність розробляти нові та вдосконалювати існуючі моделі та методи математичного та комп'ютерного моделювання природних та інженерно-технічних систем та процесів, а також критично оцінювати отримані результати

Програмні результати навчання	
для здобувачів 2021 р. вступу за ОНП 2020-2021 р.	
ПРН 1	Демонструвати системний науковий світогляд та загальний культурний кругозір; володіти техніками і технологіями критичного мислення
ПРН 7	Оволодівати сучасними знаннями та застосовувати їх у практичній діяльності; здійснювати абстрактний аналіз, оцінку і синтез нових та комплексних ідей; демонструвати відданість їх розвитку у передових контекстах професійної та наукової діяльності
ПРН 17	Забезпечувати безперервний саморозвиток та самовдосконалення протягом життя
ПРН 19	Володіти методологією, методами та термінологічним апаратом наукового дослідження у галузі математики та статистики
ПРН 20	Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.
ПРН 24	Застосовувати сучасні аналітичні та чисельні методи розв'язання крайових та початкових задач при математичному моделюванні процесів та явищ.
ПРН 25	Самостійно проводити обчислювальні експерименти та застосовувати дослідницькі навички.
Для здобувачів 2022 р. вступу за ОНП 2022 р.	
ПРН4	Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень, спостережень, математичного та комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані з метою розв'язання значущих наукових та науково-прикладних проблем
ПРН7	Критично аналізувати та узагальнювати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті всього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної наукової проблеми, визначати перспективи подальших наукових розвідок
ПРН 12	Здійснювати розробку та вдосконалення методів розв'язання науково-прикладної задачі

3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Гібридний асимптотичний підхід на базі методу фазних інтегралів.

Основні етапи в розвитку асимптотичних методів

Гібридний асимптотичний підхід на базі методу фазних інтегралів. Метод фазних інтегралів (метод ВКБ) та його застосування. Розвиток гібридного асимптотичного підходу. Висновки.

Змістовий модуль 2. Гібридний ВКБ-Гальоркін метод і його опис в застосуванні до лінійних диференціальних рівнянь зі змінними коефіцієнтами.

Формальне зображення гібридного ВКБ-Гальоркін розв'язку лінійного диференціального рівняння зі змінними коефіцієнтами, що містить параметр при старшій похідній. Застосування гібридного ВКБ-Гальоркін методу до розв'язання диференціального рівняння другого порядку зі змінними коефіцієнтами. Висновки.

Змістовий модуль 3. Теорема про основні характеристики гібридного ВКБ-Гальоркін розв'язку.

Асимптотичний характер гібридного ВКБ-Гальоркін розв'язку. Теорема про асимптотичність гібридного ВКБ-Гальоркін розв'язку

Побудова гібридного ВКБ-Гальоркін розв'язку диференціального рівняння четвертого порядку зі змінними коефіцієнтами. Формальний розв'язок. Теорема про незалежність вибору фундаментальних функцій розв'язку.

Змістовий модуль 4. Застосування гібридного ВКБ-Гальоркін підходу до розв'язання крайових задач деяких диференціальних рівнянь другого порядку і до рівняння Бесселя.

Застосування гібридного ВКБ-Гальоркін підходу до розв'язання крайових задач. Гібридний ВКБ-Гальоркін розв'язок деяких рівнянь другого порядку

Гібридний ВКБ-Гальоркін розв'язок для рівняння Бесселя. Формальний розв'язок. Аналіз чисельних результатів. Висновки.

Змістовий модуль 5. Гібридне ВКБ-Гальоркін наближення у крайових задачах, що зводяться до лінійних диференціальних рівнянь четвертого порядку зі змінними коефіцієнтами і диференціального рівняння спеціального типу із змінними коефіцієнтами.

Гібридне ВКБ-Гальоркін наближення у крайових задачах, що зводяться до лінійних диференціальних рівнянь четвертого порядку зі змінними коефіцієнтами. Розв'язок рівняння спеціального типу. Зіставлення наближених результатів з точним розв'язком.

Гібридний ВКБ-Гальоркін розв'язок диференціального рівняння спеціального типу із змінними коефіцієнтами. Порівняння розв'язків для великих і малих значень параметра асимптотичного розвинення ε з точним розв'язком. Висновки.

Огляд результатів дослідження стійкості конічних оболонок, отриманих на основі гібридного ВКБ-Гальоркін методу наближеного розв'язання диференціального рівняння четвертого порядку зі змінними коефіцієнтами.

Змістовий модуль 6. Асимптотичний підхід до розв'язання крайових задач на основі ВКБ-варіаційного методу.

Основна ідея гібридного ВКБ-варіаційного підходу. Приклади застосування підходу. Візуалізація здобутих розв'язків. Застосування підходу до розв'язку рівняння Бесселя. Висновки.

4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви тематичних розділів і тем	Кількість годин			
	усьог	у тому числі		
		л.	практ.	сам.роб.
1	2	3	4	5
Змістовий модуль 1. Гібридний асимптотичний підхід на базі методу фазних інтегралів.	15	6	-	9
Змістовий модуль 2. Гібридний ВКБ-Гальоркін метод і його опис в застосуванні до лінійних диференціальних рівнянь зі змінними коефіцієнтами.	15	4	-	11
Змістовий модуль 3. Теорема про основні характеристики гібридного ВКБ-Гальоркін розв'язку.	15	6	-	9
Змістовий модуль 4. Застосування гібридного ВКБ-Гальоркін підходу до розв'язання крайових задач деяких диференціальних рівнянь другого порядку і до рівняння Бесселя.	15	6	-	9

Змістовий модуль 5. Гібридне ВКБ-Гальоркін наближення у крайових задачах, що зводяться до лінійних диференціальних рівнянь четвертого порядку зі змінними коефіцієнтами і диференціального рівняння спеціального типу із змінними коефіцієнтами.	15	6	-	9
Змістовий модуль 6. Асимптотичний підхід до розв'язання крайових задач на основі ВКБ-варіаційного методу.	15	4	-	11
Підсумковий семестровий контроль залік	30	-	-	30
Усього годин	120	32	-	88

5. ТЕМИ ЛЕКЦІЙНИХ ЗАНЯТЬ

№ теми	Назва теми	Кіл-ть годин
Змістовий модуль 1. Гібридний асимптотичний підхід на базі методу фазних інтегралів.		
1	Основні етапи в розвитку асимптотичних методів	2
2	Метод фазних інтегралів (метод ВКБ) та його застосування	2
3	Розвиток гібридного асимптотичного підходу	2
	Разом за змістовим модулем 1	6
Змістовий модуль 2. Гібридний ВКБ-Гальоркін метод і його опис в застосуванні до лінійних диференціальних рівнянь зі змінними коефіцієнтами.		
4	Формальне зображення гібридного ВКБ-Гальоркін розв'язку лінійного диференціального рівняння зі змінними коефіцієнтами, що містить параметр при старшій похідній	2
5	Застосування гібридного ВКБ-Гальоркін методу до розв'язання диференціального рівняння другого порядку зі змінними коефіцієнтами	2
	Разом за змістовим модулем 2	4
Змістовий модуль 3. Теорема про основні характеристики гібридного ВКБ-Гальоркін розв'язку.		
6	Асимптотичний характер гібридного ВКБ-Гальоркін розв'язку Теорема про асимптотичність гібридного ВКБ-Гальоркін розв'язку	2
7	Побудова гібридного ВКБ-Гальоркін розв'язку диференціального рівняння четвертого порядку зі змінними коефіцієнтами Формальний розв'язок	2
8	Теорема про незалежність вибору фундаментальних функцій розв'язку	2
	Разом за змістовим модулем 3	6
Змістовий модуль 4. Застосування гібридного ВКБ-Гальоркін підходу до розв'язання крайових задач деяких диференціальних рівнянь другого порядку і до рівняння Бесселя.		
9	Застосування гібридного ВКБ-Гальоркін підходу до розв'язання крайових задач Гібридний ВКБ-Гальоркін розв'язок деяких рівнянь другого порядку	2
10	Гібридний ВКБ-Гальоркін розв'язок для рівняння Бесселя Формальний розв'язок	2
11	Аналіз чисельних результатів	2
	Разом за змістовим модулем 4	6
Змістовий модуль 5. Гібридне ВКБ-Гальоркін наближення у крайових задачах, що зводяться до лінійних диференціальних рівнянь четвертого порядку зі змінними коефіцієнтами і диференціального рівняння спеціального типу із змінними коефіцієнтами.		
12	Розв'язок рівняння спеціального типу	2
13	Зіставлення наближених результатів з точним розв'язком	2
14	Порівняння розв'язків для великих і малих значень параметра	2

	ε асимптотичного розвинення з точним розв'язком	
	Разом за змістовим модулем 5	6
Змістовий модуль 6. Асимптотичний підхід до розв'язання крайових задач на основі ВКБ-варіаційного методу.		
15	Основна ідея гібридного ВКБ-варіаційного підходу. Приклади застосування підходу. Візуалізація здобутих розв'язків	2
16	Застосування підходу до розв'язку рівняння Беселя	2
	Разом за змістовим модулем 6	4
	Всього	32

6. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ теми	Назва теми	Кіл-ть годин
Змістовий модуль 1. Гібридний асимптотичний підхід на базі методу фазних інтегралів.		
1	Основні етапи в розвитку асимптотичних методів	3
2	Метод фазних інтегралів (метод ВКБ) та його застосування	3
3	Розвиток гібридного асимптотичного підходу	3
	Разом за змістовим модулем 1	9
Змістовий модуль 2. Гібридний ВКБ-Гальоркін метод і його опис в застосуванні до лінійних диференціальних рівнянь зі змінними коефіцієнтами.		
4	Формальне зображення гібридного ВКБ-Гальоркін розв'язку лінійного диференціального рівняння зі змінними коефіцієнтами, що містить параметр при старшій похідній	5
5	Застосування гібридного ВКБ-Гальоркін методу до розв'язання диференціального рівняння другого порядку зі змінними коефіцієнтами	6
	Разом за змістовим модулем 2	11
Змістовий модуль 3. Теорема про основні характеристики гібридного ВКБ-Гальоркін розв'язку.		
6	Асимптотичний характер гібридного ВКБ-Гальоркін розв'язку Теорема про асимптотичність гібридного ВКБ-Гальоркін розв'язку	3
7	Побудова гібридного ВКБ-Гальоркін розв'язку диференціального рівняння четвертого порядку зі змінними коефіцієнтами Формальний розв'язок	3
8	Теорема про незалежність вибору фундаментальних функцій розв'язку	3
	Разом за змістовим модулем 3	9
Змістовий модуль 4. Застосування гібридного ВКБ-Гальоркін підходу до розв'язання крайових задач деяких диференціальних рівнянь другого порядку і до рівняння Бесселя.		
9	Застосування гібридного ВКБ-Гальоркін підходу до розв'язання крайових задач Гібридний ВКБ-Гальоркін розв'язок деяких рівнянь другого порядку	3
10	Гібридний ВКБ-Гальоркін розв'язок для рівняння Бесселя Формальний розв'язок	3
11	Аналіз чисельних результатів	3
	Разом за змістовим модулем 4	9
Змістовий модуль 5. Гібридне ВКБ-Гальоркін наближення у крайових задачах, що зводяться до лінійних диференціальних рівнянь четвертого порядку зі змінними коефіцієнтами і диференціального рівняння спеціального типу із змінними коефіцієнтами.		
12	Розв'язок рівняння спеціального типу	2
13	Зіставлення наближених результатів з точним розв'язком	3
14	Порівняння розв'язків для великих і малих значень параметра ε асимптотичного розвинення з точним розв'язком	2

15	Огляд результатів дослідження стійкості конічних оболонок, отриманих на основі гібридного ВКБ-Гальоркін методу наближеного розв'язання диференціального рівняння четвертого порядку зі змінними коефіцієнтами	2
	Разом за змістовим модулем 5	9
Змістовий модуль 6. Асимптотичний підхід до розв'язання крайових задач на основі ВКБ-варіаційного методу.		
16	Основна ідея гібридного ВКБ-варіаційного підходу. Приклади застосування підходу. Візуалізація здобутих розв'язків	6
17	Застосування підходу до розв'язку рівняння Беселя	5
	Разом за змістовим модулем 6	11
	Підсумковий семестровий контроль залік	30
	Всього	88

7. ВИДИ КОНТРОЛЮ І СИСТЕМА НАКОПИЧЕННЯ БАЛІВ

№ змістового модуля	Вид контролю	Кіл-ть балів
ПОТОЧНИЙ		
1	Теоретичне опитування при захисті теоретико-практичного завдання 1	5
	Звіт про виконання і захист теоретико-практичного завдання 1	5
2	Теоретичне опитування при захисті теоретико-практичного завдання 2	5
	Звіт про виконання і захист теоретико-практичного завдання 2	5
3	Теоретичне опитування при захисті теоретико-практичного завдання 3	5
	Звіт про виконання і захист теоретико-практичного завдання 3	5
4	Теоретичне опитування при захисті теоретико-практичного завдання 4	5
	Звіт про виконання і захист теоретико-практичного завдання 4	5
5	Теоретичне опитування при захисті теоретико-практичного завдання 5	5
	Звіт про виконання і захист теоретико-практичного завдання 5	5
6	Теоретичне опитування при захисті теоретико-практичного завдання 6	5
	Звіт про виконання і захист теоретико-практичного завдання 6	5
	<i>Разом</i>	60
ПІДСУМКОВИЙ		
	<i>Залік. Підготовка презентації за обраною темою та її захист.</i>	40
	<i>Разом</i>	100

Урахування результатів участі у наукових конференціях з публікацією тез доповіді та/або публікація наукової статті.

За наявності опублікованих *тез доповіді* у разі відповідності теми доповіді одному зі змістових модулів, відповідний модуль зараховується у 10 балів.

За наявності опублікованої *наукової статті* за темою дисципліни, аспірант отримує до 20 балів як частину залікового завдання.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

За шкалою ECTS	За шкалою університету	За національною шкалою
A	90 – 100 (відмінно)	5 (відмінно)
B	85 – 89 (дуже добре)	4 (добре)
C	75 – 84 (добре)	
D	70 – 74 (задовільно)	3 (задовільно)
E	60 – 69 (достатньо)	
FX	35 – 59 (незадовільно – з можливістю повторного складання)	2 (незадовільно)
F	1 – 34 (незадовільно – з обов'язковим повторним курсом)	

8. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА ТА ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА

1. Грищак В. З., Д'яченко Н. М., Панасенко Є. В. Асимптотичні методи розв'язання крайових та початкових задач: Навчальний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти доктора філософії спеціальності «Прикладна математика». Запоріжжя: ЗНУ, 2021. 68 с.
2. Nayfeh A. Perturbation Methods (1st ed.). Wiley. Retrieved from, 2004. 426 p. URL: http://www.iust.ac.ir/files/fnst/ssadeghzadeh_52bb7/perturbation.pdf
3. Грищак Д. В. Комп'ютерна алгебра у розв'язанні прикладних задач механіки конструкцій зі змінними параметрами: монографія. Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2020. 220с.
4. Gristchak V.Z., Gristchak D.D., Fatieieva Yu.A. Hybrid asymptotic methods. Theory and applications. Zaporizhzhya: Zaporizhzhya National University, 2016. 108 p.

2. ДОДАТКОВІ РЕСУРСИ:

1. Інформаційні технології: Системи комп'ютерної математики [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / І. В. Кравченко, В. І. Микитенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 243с. URL: http://oiep.kpi.ua/downloads/disc/inf_t/posibn_Krav_Myk.pdf
2. Вайсфельд Н. Д., Реут В. В. Рівняння математичної фізики : навч.-метод. посібн. для студ. спец. «Прикладна математика». Одеса : Одеськ. нац. ун-т ім. І.І. Мечникова, 2018. 194 с. URL: http://dspace.onu.edu.ua:8080/bitstream/123456789/21123/3/Vaisfeld__Mathematiks.pdf
3. Вербіцький В. В., Реут В.В. Введення в чисельні методи аналізу і диференційних рівнянь : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., що навч. за спец. "Прикладна математика". Одеса : ОНУ ім. І.І. Мечникова, 2018. 116 с. URL: https://files.znu.edu.ua/8080/library/DocDescription;jsessionid=A37CF677495A943255EEB4F3938087B6?doc_id=1181682
4. Лиходеева Г.В., Пастирева К. Ю. Диференціальні рівняння: працюємо самостійно : навчальний посібник. Ч. 2 : Диференціальні рівняння вищих порядків. Системи звичайних диференціальних рівнянь. Київ : Центр учбової літератури, 2018. 140 с. URL: https://files.znu.edu.ua/8080/library/DocDescription;jsessionid=A37CF677495A943255EEB4F3938087B6?doc_id=1190346
5. Кузьмін А.В., Денисов С.В. Комп'ютерна алгебра : Курс лекцій та лабораторний практикум : навч. посіб / А.В. Кузьмін, С.В. Денисов. К. : ВПЦ "Київський університет", 2017. –281 с. URL: http://vingar.ho.ua/for_students/so/Kuzmin_Denisov_Computer_Algebra.pdf
6. Маринець В.В., Рего В.Л. , Маринець К.В. Теорія крайових задач для звичайних диференціальних рівнянь: Навчальний посібник. Ужгород: Вид-во УжНУ «Говерла», 2013. 196 с. URL: <https://www.uzhnu.edu.ua/uk/infocentre/get/27991>

7. Математика: методичні вказівки до написання курсових і кваліфікаційних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра там агістра математичного факультету / Гоменюк С. І., Гребенюк С. М., Зіновєєв І. В., Манько Н. І.-В., Спиця О. Г., Ткаченко І. Г. Запоріжжя: ЗНУ, 2017. 52 с.
8. Перестюк М.О., Капучтян О.В., Фекета П.В., Задоянчук Н.В. Асимптотичні властивості розв'язків диференціальних рівнянь : навчальний посібник. К.: ВПЦ «Київський університет», 2015. 128 с. URL: <http://www.diffeq.univ.kiev.ua/download/asymptmethods.pdf>
9. Шкіль М. І., Лейфура В. М., Самусенко П. Ф. Диференціальні рівняння : навч. посіб. для студ. мат. спец. вищ. навч. закл. реком. МОНУ. Київ : Техніка, 2003. 368 с.
10. Andrianov I. V., Manevitch L. I. Asymptotology: ideas, methods, and applications. Springer Science & Business Media, 2002.
11. Gristchak V. Z., Lysenko V. V. A hybrid asymptotic WKB-Galerkin method with application to the correlation analysis of stochastic behaviour of non-linear systems with time-depended parameters. *Proceedings of the 3rd ND-KhPI2010 International Conference on Nonlinear Dynamics*. September 21–24, 2010, Kharkov, Ukraine. P. 290–295.
12. Gristchak V. Z., Pogrebetskaya A.M. On approximate analytical solution of nonlinear thermal emission problems. *Technische Mechanik*. 2011. T. 31, № 2. P.112–120.
13. Gristchak V.Z.,Dimitrijeva E.M. A Hybrid WKB-Galerkin Method and its Using to Applied Mechanics Problems. *The scientific journal FACTA UNIVERSITATIS. Series: Mechanics, Automatic Control and Robotics*. 1998. T. 2 (8). P.709–713 (1998).

Наукові публікації автора курсу за тематикою дисципліни

1. Gristchak V. Z., Hryshchak D. D., Dyachenko N. M. Efficient approximate analytic solution for the problem of stability of a three-layer conic shell under combined loading. *Journal of Mathematical Sciences*. 2021. Vol. **254**, No. 1. P. 71–88.
2. Дегтярьов О. В., Грищак В. З., Акімов Д. В., Гоменюк С. І., Гребенюк С. М., Дегтяренко П.Г., Д'яченко Н. М., Клименко Д. В., Клименко М. І., Кудін О. В., Ларіонов І. Ф., Сіренко В. М., Чопоров С. В. Математичні моделі та прогнозування руйнівних навантажень в ракетно-космічних системах : колективна монографія / за ред. О. В. Дегтярьова, В. З. Грищака, В. М. Сіренка. Запоріжжя : Видавничий дім «Гельветика», 2020. 260 с.

3. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ:

1. Асимптотичні методи розв'язання крайових та початкових задач: дисципліна в СЕЗН ЗНУ Moodle. URL: <https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=13378>
2. Наукова бібліотека Запорізького національного університету. URL: <http://library.znu.edu.ua/>
3. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського. URL: <http://www.nbuv.gov.ua/>
4. Maplesoft Media Releases. URL: <https://www.maplesoft.com/company/news/releases/2021/2021-03-10-maple-2021-provides-even-more-tools-to-help-students-learn-math.aspx>