

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ ТА ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
Кафедра алгебри та диференціальних рівнянь**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**  
Декан факультету математики та  
цифрових технологій  
  
Микола МАЛ'ЯР  
« 27 » 06 2025 року



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ДИНАМІЧНІ СИСТЕМИ**

Рівень вищої освіти	перший (бакалавр)
Галузь знань	11 Математика та статистика
Спеціальність	111 Математика
Освітня програма	Комп'ютерна та бізнес-математика
Статус дисципліни	обов'язкова
Мова навчання	українська

Робоча програма навчальної дисципліни «Динамічні системи» для здобувачів вищої освіти галузі знань 11 Математика та статистика спеціальності 111 Математика, освітньої програми «Комп'ютерна та бізнес-математика».

**Розробник:**

Рего В. Л., старший викладач кафедри алгебри та диференціальних рівнянь

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри *алгебри та диференціальних рівнянь*

протокол № 10 від « 18 » 06 2025 р.

Завідувач кафедри  Олександр РЕЙТІЙ

Схвалено науково-методичною комісією ФМЦТ

протокол № 10 від 26 червня 2025р.

Голова науково-методичної комісії  Наталія ЮРЧЕНКО

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

<b>Найменування показників</b>	<b>Розподіл годин за навчальним планом</b>	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 5	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 150	4-й	–
Кількість модулів – 2	Семестр:	
Тижневих годин для денної форми навчання:  аудиторних – 4  самостійної роботи студента – 4	7-й	–
	Лекції:	
	38 год.	–
	Практичні (семінарські):	
	36 год.	–
Вид підсумкового контролю: екзамен	Лабораторні:	
	–	–
Форма підсумкового контролю: комбінована	Самостійна робота:	
	76 год.	–

## МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «**Динамічні системи**» є дати здобувачам вищої освіти знання основ теорії диференціальних рівнянь із частинними похідними (ДРЧП), навчити їх складати математичні моделі різних динамічних процесів, які приводять до задач Коші та мішаних задач для ДРЧП, знаходити розв'язки отриманих задач та давати їх фізичну інтерпретацію, вміти проводити дослідження реальних процесів на основі вивчення якісних властивостей побудованих математичних моделей.

Відповідно до освітньої програми «**Комп'ютерна та бізнес-математика**» для спеціальності **111 Математика**, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувача вищої освіти таких компетентностей:

здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (**ЗК-01**);

здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (**ЗК-02**);

знання й розуміння предметної області та професійної діяльності (**ЗК-03**);

здатність до пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел (**ЗК-08**);

здатність формулювати проблеми математично та в символній формі з метою спрощення їхнього аналізу й розв'язання (**СК-01**);

здатність подавати математичні міркування та висновки з них у формі, придатній для цільової аудиторії, а також аналізувати та обговорювати математичні міркування інших осіб, залучених до розв'язування тієї самої задачі (**СК-02**);

здатність розробляти і досліджувати математичні моделі явищ, процесів і систем (**СК-06**);

здатність до аналізу математичних структур, у тому числі до оцінювання обґрунтованості й ефективності використовуваних математичних підходів (**СК-08**).

## 2. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «**Динамічні системи**» є опанування таких навчальних дисциплін освітньої програми:

ОК-5 Математичний аналіз функції однієї змінної

ОК-6 Математичний аналіз функцій багатьох змінних

ОК-7 Алгебра

ОК-8 Лінійна алгебра

ОК-10 Диференціальні рівняння та їх застосування

ОК-17 Функціональний аналіз

#### 4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «Комп'ютерна та бізнес-математика», вивчення навчальної дисципліни повинне забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Знати принципи <i>modus ponens</i> (правило виведення логічних висловлювань) та <i>modus tollens</i> (доведення від супротивного) і використовувати умови, формулювання, висновки, доведення та наслідки математичних тверджень	РН-03
Розв'язувати задачі придатними математичними методами, перевіряти умови виконання математичних тверджень, коректно переносити умови та твердження на нові класи об'єктів, знаходити й аналізувати відповідності між поставленою задачею й відомими моделями	РН-10
Знати теоретичні основи і застосовувати методи топології, функціонального аналізу й теорії диференціальних рівнянь для дослідження динамічних систем.	РН-16
Знати теоретичні основи і застосовувати методи математичної фізики для моделювання реальних фізичних, біологічних, екологічних, соціально-економічних та інших процесів і явищ.	РН-19

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Динамічні системи»:

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
<b>Знання.</b> Запам'ятовування та відтворення базових термінів, принципів і методів теорії диференціальних рівнянь із частинними похідними: основні типи ДРЧП другого порядку, їх канонічні форми та способи інтегрування; динамічні процеси, які приводять до ДРЧП; методи побудови розв'язків задач Коші й мішаних задач для ДРЧП та їх обґрунтування.	РН-03
<b>Розуміння.</b> Здатність визначати типи ДРЧП на підставі відповідних означень, встановлювати зв'язок між типами ДРЧП, їх канонічними формами та інтегровністю, подавати словесні формулювання в математичній формі й навпаки, прогнозувати майбутні розв'язки задач на підставі наявних даних.	РН-03
<b>Застосування.</b> Уміння: а) використовувати вивчений матеріал для зведення ДРЧП другого порядку до канонічного вигляду; побудови розв'язків інтегровних типів ДРЧП; побудови математичних моделей динамічних процесів, які приводять до ДРЧП; знаходження розв'язків задач Коші та мішаних задач для ДРЧП другого порядку;	РН-16

б) самостійно розв'язувати задачі теорії диференціальних рівнянь із частинними похідними у рамках обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність.	<b>PH-19</b>
<b>Аналіз.</b> Здатність: а) до виділення окремих змістових розділів теорії диференціальних рівнянь із частинними похідними, виявлення взаємозв'язку між ними, осмислення структурних принципів теорії диференціальних рівнянь із частинними похідними; б) бачити помилки й огріхи в логіці міркувань, бачити різницю між теоретичним прогнозом і отриманими на практиці результатами у рамках обмеженого часу.	<b>PH-10</b>  <b>PH-06</b>
<b>Оцінка.</b> Уміння оцінювати значення вивченого матеріалу для розв'язування конкретних задач теорії диференціальних рівнянь із частинними похідними, засновувати свої судження й умовиводи на чітких критеріях, узгоджених із теоретичними висновками.	<b>PH-06</b>
<b>Синтез.</b> Уміння комбінувати базові принципи й методи теорії диференціальних рівнянь із частинними похідними, щоб обрати найдоцільніший шлях дослідження математичних моделей динамічних процесів.	<b>PH-16</b> <b>PH-19</b>

## **5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ**

### **Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання**

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- індивідуальні завдання;
- письмові самостійні роботи;
- модульні контрольні роботи;
- іспит.

### **Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання**

Форми поточного контролю: перевірка індивідуальних завдань, аудиторні самостійні роботи.

Форми модульного контролю: письмові контрольні роботи.

Форми підсумкового семестрового контролю: іспит.

### Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота		Модульна контрольна робота	Сума
Теми 1-4	Теми 5-9	60	100
20	20		

### Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота		Модульна контрольна робота	Сума
Теми 1-5	Теми 6-9	60	100
20	20		

### Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Індивідуальні завдання	2	20	2	20
Письмове тестування при тематичному оцінюванні	2	20	2	20
Модульна контрольна робота	1	60	1	60
<b>Разом</b>		<b>100</b>		<b>100</b>

### Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Модульна контрольна робота містить не більше 3 завдань, що відносяться до тем відповідного модуля, серед яких не більше 1 тестового характеру, інші – розрахункові. Завдання тестового характеру оцінюється в 10 балів. Розрахункові завдання, рівні за ступенем складності, оцінюються однаковою кількістю балів (по 25). Завдання різної складності оцінюються в межах 15-20 та 30-35 балів.

Максимальну оцінку з модульної контрольної роботи (60 балів) отримує здобувач, котрий безпомилково виконав до кінця усі без винятку завдання. У випадку наявності допущених помилок або незавершеності виконання завдань

ставиться нижча оцінка відповідно до відсотка виконання завдання з урахуванням суттєвості допущених помилок.

### **Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю**

— **«А»** («відмінно», 90 та вище балів) заслуговує здобувач, котрий виявив всебічне і глибоке знання програмового матеріалу, вміння вільно виконувати завдання, передбачені програмою, засвоїв основну та ознайомився з додатковою літературою, розуміє взаємозв'язок головних понять дисципліни та їх значення для майбутньої професії;

— **«В»** («добре», 82-89 балів) заслуговує здобувач, котрий виявив повне знання програмового матеріалу, успішно виконує передбачені програмою завдання, засвоїв основну літературу, рекомендовану програмою, виявив систематичний характер знань з дисципліни і здатний до самостійного доповнення, але під час відповіді допустив деякі неточності;

— **«С»** («добре», 74-81 бал) заслуговує здобувач, котрий виявив не цілком повне знання програмового матеріалу, не завжди успішно виконує передбачені програмою завдання, частково засвоїв основну літературу, рекомендовану програмою, виявив не систематичний характер знань з дисципліни, не завжди здатний до їх самостійного доповнення і під час відповіді допускає деякі неточності;

— **«D»** («задовільно», 64-73 бали) заслуговує здобувач, котрий виявив знання основного програмового матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий з основною рекомендованою літературою. Як правило, оцінка **«D»** виставляється студентам, котрі допустили помилки у відповіді на іспиті та при виконанні екзаменаційних завдань, але володіють необхідними знаннями для їх усунення за допомоги викладача;

— **«Е»** («задовільно», 60-63 бали) заслуговує здобувач, котрий виявив часткове знання основного програмового матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, не завжди вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий лише частково з основною рекомендованою літературою. Як правило, оцінка **«Е»** виставляється студентам, котрі допустили грубі помилки у відповіді на іспиті та при виконанні екзаменаційних завдань, але частково володіють необхідними знаннями для їх усунення за допомоги викладача;

— **«FХ»** («незадовільно», 35-59 балів) виставляється здобувачеві, котрий виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань;

— «F» («незадовільно», 0-34 балів) виставляється здобувачеві, коли протягом семестру він допустив грубі помилки у виконанні передбачених програмою завдань.

При виставленні оцінки можуть враховуватися результати навчальної роботи здобувача протягом семестру.

Іспит виставляється (без складання) у випадку набору кількості балів, що відповідає мінімальній оцінці «задовільно» (E).

## 6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 6.1. Зміст навчальної дисципліни

#### Модуль 1

**Тема 1.** Вступ. Основні поняття та означення теорії ДРЧП.

**Тема 2.** Квазілінійні ДРЧП другого порядку з двома незалежними змінними, їх класифікація та зведення до канонічного вигляду.

**Тема 3.** Канонічні форми лінійних ДРЧП зі сталими коефіцієнтами.

**Тема 4.** Класифікація ДРЧП другого порядку з багатьма незалежними змінними.

**Тема 5.** Інтегровні типи ДРЧП другого порядку. Метод характеристик.

**Тема 6.** Динамічні процеси, що приводять до ДРЧП гіперболічного типу. Рівняння коливань струни. Математичні моделі в необмежених областях.

**Тема 7.** Вільні коливання необмеженої струни. Метод поширення хвиль (метод характеристик). Фізична інтерпретація розв'язку задачі Коші для рівняння вільних коливань струни.

**Тема 8.** Вимушені коливання необмеженої струни. Принцип Дюгамеля.

**Тема 9.** Задачі Коші для хвильового рівняння в просторі й на площині. Формули Кірхгофа та Пуассона.

#### Модуль 2

**Тема 1.** Постановка мішаних задач для хвильових рівнянь. Мішані задачі для напівобмеженої струни: метод характеристик, метод відбиттів.

**Тема 2.** Метод відокремлення змінних для рівняння вільних коливань струни. Обґрунтування методу Фур'є. Фізична інтерпретація розв'язку мішаної задачі.

**Тема 3.** Вимушені коливання скінченої струни. Метод відокремлення змінних.

**Тема 4.** Загальна мішана задача для рівняння коливань струни. Мішана задача зі стаціонарними неоднорідностями.

**Тема 5.** Коливання прямокутної мембрани. Метод Фур'є.

**Тема 6.** Динамічні процеси, які приводять до рівнянь параболічного типу. Рівняння теплопровідності. Постановка мішаних задач для рівняння теплопровідності.

**Тема 7.** Інтегрування першої мішаної задачі для рівняння теплопровідності. Метод Фур'є.

**Тема 8.** Процеси дифузії та поширення тепла в необмежених областях. Дослідження задачі Коші для рівняння теплопровідності.

**Тема 9.** Поширення тепла в напівобмеженому стрижні з теплоізолюваною бічною поверхнею.

## 6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання: денна					
	Усього	у тому числі				
		лекції	практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота
<b>7-й семестр</b>						
<b>Модуль 1</b>						
<b>1. Вступ.</b> Основні поняття та означення теорії ДРЧП.		1				2
<b>2. Квазілінійні ДРЧП</b> другого порядку з двома незалежними змінними, їх класифікація та зведення до канонічного вигляду.		2	2			4
<b>3. Канонічні форми</b> лінійних ДРЧП зі сталими коефіцієнтами.		1	2			3
<b>4. Класифікація ДРЧП</b> другого порядку з багатьма незалежними змінними.		2	2			4
<b>5. Інтегровні типи ДРЧП</b> другого порядку. Метод характеристик.		3	4			6
<b>6. Динамічні процеси</b> , що приводять до ДРЧП гіперболічного типу. Рівняння коливань струни. Математичні моделі в необмежених областях.		1				2
<b>7. Вільні коливання</b> необмеженої струни. Метод поширення хвиль (метод характеристик). Фізична інтерпретація розв'язку задачі Коші для рівняння вільних коливань струни.		3	2			4
<b>8. Вимушені коливання</b> необмеженої струни. Принцип Дюгамеля.		1	1			2

<b>9. Задачі Коші</b> для хвильового рівняння в просторі й на площині. Формули Кірхгофа та Пуассона.		1	1			3
Модульна контрольна робота			2			
Разом за модуль		16	16			32
<b>Модуль 2</b>						
<b>1. Постановка</b> мішаних задач для хвильових рівнянь. Мішані задачі для напівобмеженої струни: метод характеристик, метод відбиттів.		4	4			8
<b>2. Метод відокремлення змінних</b> для рівняння вільних коливань струни. Обґрунтування методу Фур'є. Фізична інтерпретація розв'язку мішаної задачі.		3	1			4
<b>3. Вимушені коливання</b> скінченої струни. Метод відокремлення змінних.		2	1			4
<b>4. Загальна мішана задача</b> для рівняння коливань струни. Мішана задача зі стаціонарними неоднорідностями.		2	2			4
<b>5. Коливання</b> прямокутної мембрани. Метод Фур'є.		2	2			6
<b>6. Динамічні процеси</b> , які приводять до рівнянь параболічного типу. Рівняння теплопровідності. Постановка мішаних задач для рівняння теплопровідності.		1				2
<b>7. Інтегрування</b> першої мішаної задачі для рівняння теплопровідності. Метод Фур'є.		4	4			8
<b>8. Процеси дифузії</b> та поширення тепла в необмежених областях. Дослідження задачі Коші для рівняння теплопровідності.		2	2			4
<b>9. Поширення тепла</b> в напівобмеженому стрижні з теплоізолюваною бічною поверхнею.		2	2			4
Модульна контрольна робота			2			
Разом за модуль		22	20			44
<b>Разом за семестр</b>		<b>38</b>	<b>36</b>			<b>76</b>

### 6.3. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Класифікація та зведення до канонічного вигляду квазілінійних ДРЧП другого порядку з двома незалежними змінними.	2
2	Канонічні форми лінійних ДРЧП другого порядку з двома незалежними змінними зі сталими коефіцієнтами.	2
3	Зведення до канонічного вигляду ДРЧП другого порядку з багатьма незалежними змінним.	2
4	Інтегровні типи ДРЧП другого порядку з двома незалежними змінними. Метод характеристик.	4
5	Вільні коливання необмеженої струни. Метод поширення хвиль (метод характеристик).	2
6	Вимушені коливання необмеженої струни. Задачі Коші для хвильового рівняння на площині та у просторі.	2
7	Мішані задачі для напівобмеженої струни: метод характеристик, метод відбиттів.	4
8	Мішані задачі для рівняння коливань струни. Метод відокремлення змінних (метод Фур'є).	4
9	Колівання прямокутної мембрани. Метод відокремлення змінних.	2
10	Мішані задачі для рівнянь параболічного типу. Метод Фур'є.	4
11	Задачі Коші для рівняння теплопровідності. Поширення тепла в напівобмеженому стрижні з теплоізолюваною бічною поверхнею.	4
15	Модульні контрольні роботи	4
<b>Разом</b>		<b>36</b>

### 6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Опрацювання навчального матеріалу лекційних занять	26
2	Виконання індивідуальних завдань	26
3	Підготовка до іспиту	24
<b>Разом</b>		<b>76</b>

### 6.5. Індивідуальні завдання

Зразок варіанту індивідуального завдання №1 (до модуля 1):

1. З'ясувати, чи є наведені нижче рівності ДРЧП, та дати їх повне визначення:

$$а) \operatorname{tg}^2 u_{x^3} - (\cos u_{x^3})^{-2} + 5u(x, y) - \operatorname{tg}(xy) + 1 = 0;$$

$$б) u_{x^2 y^3} + 4(u_{x^3})^{10} \cdot u(x, y) - x^3 y = 0.$$

2. Визначити тип та звести до канонічного вигляду ДРЧП другого порядку:

$$а) \sin^2 y u_{xx} + e^{2x} u_{yy} + 3u_x - 5u(x, y) = 0;$$

$$б) \operatorname{tg} x u_{xx} + \operatorname{ctg} x u_{yy} + 3u_y - u(x, y) + 5x = 0;$$

$$в) \sin^2 y u_{xx} - 2 \sin y u_{xy} + u_{yy} - 5u_y = u(x, y);$$

$$г) u_{xx} + 6u_{xy} + 9u_{yy} - 5u_y + u_x(x, y) = 0;$$

$$д) u_{xx} + 4u_{yy} + u_{zz} - 4u_{xy} + 2u_{xz} - 2xu_x + 3xu(x, y, z) = xz.$$

Зразок варіанту індивідуального завдання №2 (до модуля 1):

$$1. \text{ Зінтегрувати ДРЧП: } x^3 u_{xx} + 2x^2 u_x - 2xu(x, y) = 0.$$

$$2. \text{ Знайти розв'язок задачі Коші: } u_{xy} + u_{xx} = 12; \quad u(1, y) = 0, \quad u_x(1, y) = 0.$$

3. Знайти закон вільних коливань однорідної необмеженої струни (записати формули, які описують профіль струни при  $t > 0$  і закон руху точок струни з різними абсцисами), та побудувати графічно її профіль у різні моменти часу, якщо початкова швидкість точок струни рівна нулеві, а початкове відхилення описується функцією

$$\varphi(x) = \begin{cases} 0, & |x| > 4, \\ 8 - 2x, & 0 < x \leq 4, \\ 8 + 2x, & -4 \leq x \leq 0. \end{cases}$$

Зразок варіанту індивідуального завдання №3 (до модуля 2):

1. Накреслити профіль однорідної ( $a = 1$ ) напівобмеженої струни з вільним кінцем при  $t = 1, 2, 3, 4$ , якщо коливання відбуваються тільки за рахунок початкової швидкості її точок, яка відмінна від нуля тільки на проміжку  $[3; 5]$ , де набуває значення  $Q = \text{const}$ .

2. Дати фізичну інтерпретацію поставленої мішаної задачі та знайти її розв'язок:

$$u_{tt} = 16u_{xx} + e^{-t} \sin \frac{7\pi}{10} x, \quad t > 0, \quad x \in (0; 5),$$

$$u(0, x) = 0, \quad u_t(0, x) = 0, \quad x \in [0; 5],$$

$$u(t, 0) = 0, \quad u_x(t, 5) = 0, \quad t \geq 0.$$

3. Нехтуючи реакцією навколишнього середовища, визначити закон поперечних коливань прямокутної мембрани  $x \in [0; b]$ ,  $y \in [0; c]$  з нерухомо закріпленим краєм, якщо мембрана коливається тільки за рахунок початкового відхилення її точок, яке рівне  $\sin \frac{\pi}{b} x \cdot \sin \frac{\pi}{c} y$ ;

Зразок варіанту індивідуального завдання №4 (до модуля 2:

1. В однорідному ізотропному стрижні довжини  $l$  обидва кінці та бічна поверхня теплоізолювані, а початкова температура стрижня стала й рівна  $U_0$ . Теплообмін вільний. Знайти розподіл температури в стрижні при  $t > 0$ .

2. Зінтегрувати мішані задачі та дати їх фізичну інтерпретацію:

а)  $u_t = 0,25u_{xx} + 2 \sin t \cos 6\pi x$ ,  $t > 0$ ,  $x \in (0;2)$ ,

$$u(0, x) = 0, \quad x \in [0;2],$$

$$u_x(t, 0) = 0, \quad u_x(t, 2) = 0, \quad t \geq 0.$$

б)  $u_t = a^2(u_{xx} + u_{yy}) + 3 \cos y + 2 \cos 6x \cos 3y$ ,  $0 < t < T$ ,  $0 < x, y < \pi$ ;

$$u(0, x, y) = 10, \quad 0 \leq x, y \leq \pi;$$

$$u_x(t, 0, y) = 0, \quad u_x(t, \pi, y) = 0, \quad 0 \leq t < T, \quad 0 \leq y \leq \pi;$$

$$u_y(t, x, 0) = 0, \quad u_y(t, x, \pi) = 0, \quad 0 \leq t < T, \quad 0 \leq x \leq \pi.$$

в)  $u_t = 0,25u_{xx}$ ,  $t > 0$ ,  $x > 0$ ,

$$u(0, x) = e^{-x^2} - 1, \quad x \geq 0,$$

$$u(t, 0) = 0, \quad t \geq 0.$$

## 7. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

### Основна література

1. *Перестюк М.О., Маринець В.В.* Теорія рівнянь математичної фізики. – К.: Либідь, 2001. – 334 с.
2. *Перестюк М.О., Маринець В.В., Рего В.Л.* Збірник задач з математичної фізики. – Кам'янець-Подільський: Аксіома, 2012. – 245 с.

### Допоміжна література

1. *Маринець В.В., Рего В.Л.* Рівняння математичної фізики (методична розробка з практичних занять), ч. I. – Ужгород: Говерла, 2006. – 96 с.
2. *Маринець В.В., Рего В.Л.* Рівняння математичної фізики (методична розробка з практичних занять), ч. I. – Ужгород: Говерла, 2006. – 96 с.
3. *Маринець В.В., Пагіря М.М., Рего В.Л.* Рівняння математичної фізики (методична розробка з практичних занять для студентів IV та V курсів заочного відділення математичного факультету). – Ужгород: УжНУ, 2001. – 82 с.

### Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

1. <https://dspace.uzhnu.edu.ua> (репозитарій Ужгородського Національного університету)