

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
Кафедра прикладної математики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету  
математики і інформатики

Григорій ЖОЛТКЕВИЧ



“ 08 ” 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Фільтраційні течії рідини**

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти магістр

галузь знань 11 – Математика та статистика

спеціальність 113 – Прикладна математика  
(шифр і назва)

освітня програма Прикладна математика  
(шифр і назва)

спеціалізація \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

вид дисципліни за вибором  
(обов'язкова / за вибором)

факультет математики і інформатики

2023 / 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою факультету математики і інформатики  
 “29” серпня 2023 року, протокол №8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)  
**Пославський Сергій Олександрович**, канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри прикладної математики.

Програму схвалено на засіданні кафедри Прикладної математики  
 Протокол від “28” серпня 2023 року №10

Завідувач кафедри прикладної математики



(підпис)

Валерій КОРОБОВ

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми (керівником проектної  
 групи) Прикладна математика  
 назва освітньої програми

Гарант освітньо-професійної програми  
 (керівник проектної групи) Прикладна математика



(підпис)

Світлана ІГНАТОВИЧ

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-методичною комісією факультету математики і інформатики Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна  
 назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “29” серпня 2023 року, протокол №1

Голова науково-методичної комісії факультету математики і інформатики



(підпис)

Ольга АНОЩЕНКО

(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «**Фільтраційні течії рідини**» складена відповідно до **освітньо-професійної** програми підготовки

магістр

(назва рівня вищої освіти)

спеціальності (напрямку) 113 - Прикладна математика

спеціалізації \_\_\_\_\_

### 1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є надання майбутнім спеціалістам знань з гідродинамічної теорії фільтрації, навчання використанню методів цієї теорії при розв'язанні сучасних проблем механіки і прикладної математики, формування у студентів практичних навичок використання методів розв'язання задач гідродинамічної теорії фільтрації.

#### 1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Вивчення студентами основних теоретичних положень та набуття практичних навичок розв'язання задач гідродинамічної теорії фільтрації.

Опанування методами розрахунків фільтраційних рухів рідин.

Навчання студентів вмінню використовувати знання з комплексного аналізу і теорії диференціальних рівнянь для аналізу та розв'язання задач з практичним змістом.

1.3. Кількість кредитів – 6

1.4. Загальна кількість годин – 180

#### 1.5. Характеристика навчальної дисципліни

За вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
2-й	
Семестр	
3-й	
Лекції	
18 год.	
Практичні, семінарські заняття	
18 год.	
Лабораторні заняття	
-	
Самостійна робота	
144 год.	
у тому числі індивідуальні завдання	

1.6. Заплановані результати навчання

**У результаті вивчення даного курсу студент повинен**

**знати :**

1. Основні поняття і положення теорії фільтрації рідини
2. Основні постановки задач гідродинамічної теорії фільтрації
3. Методи розв'язування задач теорії фільтрації
4. Класичні розв'язки задач гідродинамічної теорії фільтрації.

**вміти:**

1. Коректно формулювати математичну постановку основних задач гідродинамічної теорії фільтрації
2. Використовувати закони і методи механіки суцільних середовищ, теорії фільтрації в процесі постановки та розв'язання різноманітних прикладних проблем і в аналізі теоретичних питань.
3. Використовувати знання з теорії функції комплексної змінної і рівнянь в частинних похідних в задачах гідродинамічної теорії фільтрації

**2. Тематичний план навчальної дисципліни.**

**Розділ 1.** Загальні положення теорії фільтраційних течій рідини

*Тема 1.* Базові поняття гідродинамічної теорії фільтрації

Пористість ґрунту, просвітність. Стани води в ґрунті. Швидкість фільтрації, її зв'язок з середньою швидкістю. П'єзометричний напір.

*Тема 2.* Основні закони фільтрації

Лінійний закон Дарсі. Проникність ґрунту (аналіз розмірностей). Закон Дарсі для анізотропного середовища. Тензор гідравлічного опору. Нелінійний закон фільтрації Дюпюї – Форхгеймера.

*Тема 3.* Основні рівняння і граничні умови в гідродинамічній теорії фільтрації

Рівняння руху нестисливої рідини в недеформівному ґрунті. Функція струму, комплексний потенціал плоского фільтраційного руху. Основні типи граничних умов у теорії фільтрації. Умови на межі розділу ґрунтів.

**Розділ 2.** Математичні моделі фільтраційних течій

*Тема 4.* Теорія пологих безнапірних фільтраційних рухів.

Рівняння пологих безнапірних рухів (рівняння Буссінеска). Формула Дюпюї. Лінія вільної поверхні. Врахування інфільтрації (випаровування). Автомодельна задача про фільтрацію води до сухого ґрунту із каналу. Розв'язання задачі про фільтрацію до сухого ґрунту за умови рівномірного підйому рівня води в каналі. Розтікання бугору ґрунтових вод по поверхні водоупору.

*Тема 5.* Застосування теорії функцій комплексної змінної до задач гідродинамічної теорії фільтрації

Стационарна фільтрація води крізь трикутну греблю. Фільтраційний рух біля дренажної щілини. Плоский фільтраційний рух під греблею. Обтікання шпунту в ґрунті нескінченної глибини. Формула Дюпюї для витрати досконалої свердловини. Свердловина в однорідному сталому потоці ґрунтових вод. Інтерференція свердловин. Теорема про коло. Задача про течію до свердловини в пласті, що складається з двох напівплощин.

Тема 6. Ускладнені математичні моделі фільтраційних рухів  
Рівняння фільтрації газу. Пружний режим фільтрації.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин												
	Денна форма						Заочна форма						
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі					
		л	п	лаб	інд	ср		л	п	лаб	інд	ср	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
<b>Розділ 1. Загальні положення теорії фільтраційних течій рідини</b>													
Тема 1. Базові поняття гідродинамічної теорії фільтрації	24	4	2			18							
Тема 2. Основні закони фільтрації	12	2	2			8							
Тема 3. Основні рівняння і граничні умови в гідродинамічній теорії фільтрації	24	4	2			18							
Разом за розділом 1	60	10	6			44							
<b>Розділ 2. Математичні моделі фільтраційних течій</b>													
Тема 4. Теорія пологих безнапірних фільтраційних рухів.	38	2	2			34							
Тема 5. Застосування теорії функцій комплексної змінної до задач гідродинамічної теорії фільтрації	48	4	6			38							
<i>Контрольна робота</i>	2		2										
Тема 6. Ускладнені математичні моделі фільтраційних рухів	32	2	2			28							
Разом за розділом 2	120	8	12			100							
<b>Всього годин</b>	<b>180</b>	<b>18</b>	<b>18</b>			<b>144</b>							

### 4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Базові поняття гідродинамічної теорії фільтрації	2
2	Основні закони фільтрації	2
3	Основні рівняння і граничні умови в гідродинамічній теорії фільтрації	2
4	Теорія пологих безнапірних фільтраційних рухів	2
5	Застосування теорії функцій комплексної змінної до задач гідродинамічної теорії фільтрації	6
6	<i>Контрольна робота</i>	2
7	Ускладнені математичні моделі фільтраційних рухів	2
	<b>Разом</b>	<b>18</b>

### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Виконання домашніх завдань за розділом «Загальні положення теорії фільтраційних течій рідини»	44
2	Виконання домашніх завдань за розділом «Математичні моделі фільтраційних течій»	100
	<b>Разом</b>	<b>144</b>

### 6. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом

### 7. Методи навчання

Використовуються пояснювально-ілюстративний (лекції і практичні заняття), репродуктивний (виконання домашніх завдань) і частково-пошуковий (контрольна робота) методи.

### 8. Методи контролю

Опитування студентів на практичних заняттях, перевірка виконання домашніх завдань.

Проведення і перевірка контрольної роботи.

Підсумковий контроль у формі письмового заліку.

### 9. Схема нарахування балів

Розділ 1	Розділ 2	Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Разом	Залік	Сума
T1–T3	T4–T6				
15	15	30	60	40	100

T1 – T6 – теми розділів.

Для допуску до складання підсумкового контролю (заліку) здобувач вищої освіти повинен набрати не менше 10 балів з навчальної дисципліни під час поточного контролю, самостійної роботи.

## Критерії оцінювання

### *Критерії оцінювання успішності студентів під час поточного контролю*

Активність студентів під час практичних занять, якісне виконання домашніх завдань оцінюється до 15 балів по кожному з розділів. Контрольна робота містить комплексну задачу. Максимальна кількість балів по контрольній роботі складає 30. Нараховується:

- максимальний бал у разі правильно обґрунтованої відповіді;
- за незначні та за арифметичні помилки оцінка зменшується від 10 до 30 відсотків;
- за значні логічні помилки оцінка зменшується до 50 відсотків, якщо хід розв'язання в цілому правильний,
- у разі частково вірних міркувань за відсутності обґрунтованої відповіді виставляється до 30 відсотків від максимальної кількості балів
- розв'язання не відповідає жодному з критеріїв, які сформульовані вище – виставляється 0 балів.

### *Критерії оцінювання успішності студентів під час підсумкового контролю*

Залікова/екзаменаційна робота складається з двох завдань. Кожне завдання оцінюється максимально 20 балами. По кожному завданню виставляється:

- максимальний бал у разі правильно обґрунтованої відповіді;
- за наявності незначних помилок оцінка зменшується від 10 до 20 відсотків;
- за значні логічні помилки оцінка зменшується до 50 відсотків, якщо хід розв'язання в цілому правильний,
- у разі частково правильних міркувань за відсутності обґрунтованої відповіді виставляється до 30 відсотків від максимальної кількості балів
- розв'язання не відповідає жодному з критеріїв, які сформульовані вище – виставляється 0 балів.

### Шкала оцінювання: чотирирівнева

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
90 – 100	відмінно
70-89	добре
50-69	задовільно
1-49	незадовільно

## 10.Рекомендована література

### Основна література

1. Бойко В.С. Підземна гідрогазомеханіка: підручник / В.С. Бойко, Р.В. Бойко. – Львів: “Апріорі”, 2005. – 451 с.
2. Zimmerman R. W. The Imperial College Lectures in Petroleum Engineering: Fluid Flow in Porous Media

### Допоміжна література

1. Phillips O.M. Geological Fluid Dynamics: Sub-surface Flow and Reactions. Cambridge: Cambridge University Press.-2009
2. Бойко В.С. Збірник задач з підземної гідрогазомеханіки: Навчальний посібник для ВНЗ. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2002. – 77 с.

#### **11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення**

1. <https://pdfslide.net/documents/fluid-flow-in-porous-media-56327f4a1a38c.html?page=1>
2. Закон Дарсі (французькою мовою):  
<https://www.youtube.com/watch?v=zdbPksx9p80>
3. Фільтраційні течії під спорудами (англійською мовою):  
<https://youtu.be/bY1E2IkvQ3k>