

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА  
Механіко-математичний факультет

Кафедра механіки суцільних середовищ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Заступник декана  
з навчальної роботи  
Харитонов О.М.  
«31» серпня 2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
МЕТОДИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ГІДРОДИНАМІКИ  
ТА ТЕПЛООБМІНУ

для студентів

галузь знань	11 «Математика та статистика»
спеціальність	113 «Прикладна математика»
освітній рівень	другий (магістерський)
освітньо-наукова програма	«Комп'ютерна механіка»
вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2020/2021
Семестр	3
Кількість кредитів ECTS	5
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладачі: Харитонов Олександр Михайлович, кандидат фізико-математичних наук, доцент,  
доцент кафедри механіки суцільних середовищ

Пролонговано: на 2021/2022 н.р. О.М. Харитонов «31» серпня 2021 р.  
на 20\_\_/20\_\_ н.р. (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

КИЇВ – 2020

**Розробник:** Харитонов Олексій Михайлович, кандидат фізико-математичних наук, доцент,  
доцент кафедри механіки суцільних середовищ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри  
механіки суцільних середовищ

 (Лимарченко О.С.)

Протокол № 1 від 26 серпня 2020 року

Схвалено науково-методичною комісією механіко-математичного факультету

Протокол № 1 від « 31 » серпня 2020 року

Голова науково-методичної комісії  (проф. Олійник А.С.)

« 31 » серпня 2020 року

**1. Мета дисципліни** – Метою курсу «*Методи обчислювальної гідродинаміки та теплообміну*» є оволодіння основними прийомами моделювання загальних механічних властивостей руху рідини в конструкціях в умовах теплової взаємодії складових компонент. Особливістю курсу є побудова комп'ютерно орієнтованих математичних моделей руху рідини і теплообмінних процесів, зокрема, орієнтованих на моделювання складових систем сучасних енергетичних об'єктів.

**2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

1. *Знати:* дисципліни професійної та практичної підготовки фахівців-механіків, зокрема основні поняття і методи теоретичної механіки, механіки суцільних середовищ, аналітичних методів механіки, методів тепло- та масообміну, математичного моделювання механічних систем і процесів.
2. *Вміти:* аналізувати і розв'язувати базові задачі механіки рідини, теорії пружності, теорії теплообміну, включаючи задачі взаємодії різних середовищ.
3. *Володіти елементарними навичками:* застосування методів обчислювальної математики, математичної фізики, теорії диференціальних рівнянь, варіаційного числення і нелінійної механіки з огляду на подальше використання комп'ютерних систем.

**3. Анотація навчальної дисципліни:**

Навчальна дисципліна «*Методи обчислювальної гідродинаміки та теплообміну*» є складовою освітньої програми підготовки фахівців за освітнім рівнем «магістр» галузі знань 11 Математика та статистика спеціальності 113 Прикладна математика освітньої програми «Комп'ютерна механіка»

Дана дисципліна входить до групи дисциплін довільного вибору студентів. В курсі дисциплін «*Методи обчислювальної гідродинаміки та теплообміну*» включено опис основних принципів використання ідей побудови математичних моделей механічних систем для моделювання різних процесів течії рідини і теплообмінних процесів нелінійних механічних процесів комп'ютерними засобами. Обговорюються основні вимоги до коректності чисельних моделей з огляду на сучасне розуміння усталеності і термолізації коливальних і хвильових процесів. Будуть побудовані дискретні моделі різноманітних процесів теплообміну і процесів обтікання комп'ютерними засобами з огляду на ефективність технологічних процесів в теплообмінних пристроях інженерних систем.

Викладається у 3 семестрі в обсязі – **150 год. (5 кредити ECTS)** зокрема: *лекції – 32 год., лабораторні – 16 год, консультації – 2 год, самостійна робота – 100 год.* У курсі передбачено **2 змістових модулі і модульний колоквиум.** Завершується дисципліна – **іспитом.**

**4. Завдання (навчальні цілі):**

Формування здатності формулювати і розв'язувати задачі континуальної механіки і прикладної математики та практичні проблеми у професійній діяльності або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій і характеризується комплексністю та/або невизначеністю умов, а саме: будувати наближені числові моделі механічних систем конструкцій з рідиною за наявності теплообміну; набуття знань, умінь та навичок (компетентностей) на рівні новітніх досягнень у механіці та прикладній математиці, відповідно до освітнього рівня «Магістр». Зокрема, професійне оволодіння компетентностями:

- 1) Здатність учитися, здобувати нові знання, уміння, у тому числі в галузях, відмінних від прикладної математики (ЗК-1);
- 2) Здатність використовувати у професійній діяльності знання з галузей математичних, природничих, соціально-гуманітарних та економічних наук (ЗК-2);
- 3) Здатність вирішувати проблеми у професійній діяльності на основі абстрактного мислення, аналізу, синтезу та прогнозу (ЗК-3);
- 4) Здатність спілкуватися державною мовою і усно, і письмово (ЗК-8);

- 5) Здатність грамотно будувати комунікацію, виходячи з мети і ситуації спілкування (ЗК-10);
- 6) Здатність критично оцінювати та переосмислювати власний і чужий досвід, аналізувати свою професійну й соціальну діяльність (ЗК-11);
- 7) Знання на рівні новітніх досягнень, необхідні для дослідницької та/або інноваційної діяльності у сфері прикладної математики і комп'ютерної механіки та їх практичних застосувань (ФК-1);
- 8) Спроможність розуміти проблеми та виділяти їхні суттєві риси (ФК-4);
- 9) Спроможність розробляти математичну модель ситуації з реального світу та переносити математичні знання у нематематичні контексти (ФК-5);
- 10) Здатність доводити знання та власні висновки до фахівців та нефахівців (ФК-6);
- 11) Здатність до розвитку нових та удосконалення існуючих методів аналізу, моделювання, прогнозування, розв'язування нових проблем у нових галузях знань (ФК-8);
- 12) Здатність до самоосвіти та підвищення кваліфікації на основі інноваційних підходів у сфері прикладної математики (ФК-10);
- 13) Володіння знаннями та здатність ініціювати й проводити наукові дослідження у спеціалізованій області прикладної математики (ФК-12).

### 5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (РН) (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни	
Код	Результат навчання (формується розробником)				
РН 1.1	Основні засоби постановки задач гідромеханіки і теплообміну.	<i>Лекція, лабораторне заняття, самостійна робота</i>	<i>Активна робота на лекції, усні відповіді, колоквіум, іспит</i>	5%	
РН 1.2	Найпростіші властивості течій рідини з огляду на вплив на процеси теплообміну і їх практичне використання			5%	
РН 1.3	Різні моделі течій рідини і діапазони їх використання			5%	
РН 1.4	Основні аналітичні, аналітико-числові і чисельні методи для моделювання течій рідини			10%	
РН 1.5	Характеристики теплообміну для різних варіантів течій рідини.			<i>Доповідь по завданню, активна робота на лекції, усні відповіді, іспит</i>	10%
РН 1.6	Математичні моделі теплообмінних процесів в течіях рідини і основні напрямки створення інженерних методів спрощеного опису процесів теплообміну.			10%	
РН 2.1	Засоби підвищення ефективності теплообміну в течіях рідини.	<i>Лабораторне заняття, самостійна робота</i>	<i>Виконання завдань на лабораторних заняттях, виконання завдань, винесених на самостійну роботу, іспит</i>	10%	
РН 2.2	Визначення ефективності числових моделей розрахунку теплообмінних процесів у рідині			15%	

PH 2.3	Приклади теплообмінного устаткування в енергетичних системах		<i>Доповідь по завданню, іспит</i>	15%
PH 3.1	Ефективно спілкуватися з питань інформації, ідей, проблем та рішень зі спеціалістами та суспільством загалом;	<i>Лекція</i>	<i>Активна робота на лекціях та лабораторних заняттях, усні відповіді,</i>	4%
PH 3.2	Демонструвати навички професійного спілкування, включаючи усну та письмову комунікацію українською мовою та принаймні ще однією з поширених європейських мов.			4%
PH 4.1	Самостійно шукати та критично опрацьовувати літературу із відповідних досліджень, вільно володіти методами обробки, аналізу та синтезу наукової інформації	<i>Самостійна робота</i>	<i>Виконання завдань, винесених на самостійну роботу</i>	2%
PH 4.2	Виробляти критичне відношення до існуючих варіантів інтерпретації принципів побудови механічних моделей і формулювання їх основних властивостей в сучасних практиках професійної і корпоративної діяльності; формувати власні підходи до вирішення даної проблематики			2%
PH 4.3	Усвідомлювати відповідальність за достовірність, об'єктивність отриманих висновків стосовно проведених досліджень і пояснень щодо аналізу професійних і корпоративних підходів			3%

## 6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни Програмні результати навчання	PH 1.1	PH 1.2	PH 1.3	PH 1.4	PH 1.5	PH 1.6	PH 2.1	PH 2.2	PH 2.3	PH 3.1	PH 3.2	PH 4.1	PH 4.2	PH 4.3
	<b>КС 1.</b> Демонструвати знання й розуміння основних концепцій, принципів, теорій фундаментальної та прикладної математики і використовувати їх на практиці	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>КС 2.</b> Володіти основними положеннями та методами механіки, чисельними методами, методами дослідження операцій, методами комп'ютерного моделювання							+	+	+	+	+	+	+	+



## 7. Схема формування оцінки.

### 7.1. Форми оцінювання студентів:

#### - оцінювання впродовж навчального періоду:

1. Активна робота на лекції, усні відповіді: РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН1.4, РН1.5, РН1.6, РН3.1, РН3.2 – 9 балів/6 балів;
2. Виконання завдань на лабораторних заняттях: РН2.1, РН2.2, РН3.1, РН3.2 – 9 балів/6 бали;
2. Виконання завдань, винесених на самостійну роботу: РН2.1, РН2.2 – 11 балів/6 бали;
3. Колоквіум РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН1.4, РН2.1, РН2.2, РН2.3 – 17 балів/9 балів;
4. Доповідь по завданню РН1.5, РН1.6, РН2.3, РН4.1–РН4.3 – 14, балів/8 балів;  
Разом має бути 60 балів/35 балів;

#### - підсумкове оцінювання: іспит.

- максимальна кількість балів, які можуть бути отримані: 40 балів;
- результати навчання, які будуть оцінюватись: РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН1.4, РН1.5, РН1.6, РН2.1, РН2.2, РН2.3.
- форма проведення і види завдань: письмово-усна робота.

### 7.2. Організація оцінювання:

Критично-розрахунковий мінімум балів за навчання впродовж семестру становить **20** балів, рекомендований мінімум, розрахований з урахуванням специфіки дисципліни становить **35** балів. Студенти, які протягом семестру набрали сумарно меншу кількість балів ніж рекомендований мінімум **35** балів для підвищення балів отримують можливість написати додаткову контрольну роботу та додатково скласти домашні завдання. Мінімальна кількість балів, які додаються до семестрових – 20 балів, тобто, якщо оцінка студента на іспиті є нижчою від мінімального порогового рівня (20 балів), то бали за іспит не додаються до семестрової оцінки;

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі форм контролю здійснюються у відповідності до «Положення про організацію освітнього процесу в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка» (2018), <http://www.univ.kiev.ua/pdfs/official/Organization-of-the-educational-process.pdf>.

Форма іспиту – письмово-усна. Екзаменаційний білет складається із 3 завдань, перші два з яких є теоретичними, третє – задача. Кожне завдання оцінюється від 0 до 10 балів. Додатково від 0 до 10 балів студент отримує за усне опитування. Всього за іспит можна отримати від 0 до 40 балів.

#### Терміни проведення форм оцінювання:

1. Завдання для самостійного виконання на 7-му тижні навчального періоду.
2. Колоквіум на 9-му тижні навчального періоду.
3. Доповідь по завданню на 12-му тижні навчального періоду.

### 7.3. Шкала відповідності оцінок

<b>Відмінно / Excellent</b>	90-100
<b>Добре / Good</b>	75-89
<b>Задовільно / Satisfactory</b>	60-74
<b>Незадовільно / Fail</b>	0-59

## 8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій і лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		Лекції	Лабораторні заняття	Самостійна робота
<b>Змістовий модуль 1</b>				
1	Різні моделі течій рідини і діапазони їх використання	4	2	20
2	Математичні моделі теплообмінних процесів в течіях рідини і основні напрямки створення інженерних методів спрощеного опису процесів теплообміну	6	4	16
3	Визначення ефективності числових моделей розрахунку теплообмінних процесів у рідині	8	2	20
	Всього	18	8	56
<b>Змістовий модуль 2</b>				
4	Засоби підвищення ефективності теплообміну в течіях рідини.	6	4	10
5	Приклади теплообмінного устаткування в енергетичних системах	8	4	34
	Всього	14	8	44
	<b>Всього</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>100</b>

Загальний обсяг **150 год.**, в тому числі:

Лекцій – **32 год.**

Лабораторні – **16 год.**

Консультації – **2 год.**

Самостійна робота – **100 год.**

## 9. Рекомендовані джерела

### Основні:

1. Андерсон Д., Таннехилл Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: В 2-х т. Мир, Москва, 1990.
2. Себиси Т., Брэдшоу П. Конвективный теплообмен. Физические основы и вычислительные методы, Мир, Москва, 1987.
3. Лимарченко О.С., Матарачцо Дж., Ясинский В.В., Динамика вращающихся конструкций с жидкостью, Гнозис, Киев, 2002.
4. Митрофанова О.В. Гидродинамика и теплообмен закрученных потоков в каналах ядерно-энергетических установок, ФИЗМАТЛИТ, Москва, 2010. .

### Додаткові:

1. Вабищевич П.Н., Численные методы решения задач со свободной границей, МГУ, Москва, 1987.
2. Коздоба Л.А., Методы решения нелинейных задач теплопроводности, Наука, Москва, 1975
3. Марчук Г.И., Методы вычислительной математики, Наука, Москва, 1989.