

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА  
Механіко-математичний факультет

Кафедра механіки суцільних середовищ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Заступник декана  
з навчальної роботи  
Механіко-математичний  
факультет  
Харитонов О.М.  
«12» 2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ РІДИНИ  
У РЕЗЕРВУАРАХ

для студентів

галузь знань	11 «Математика та статистика»
спеціальність	113 «Прикладна математика»
освітній рівень	другий (магістр)
освітня 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:** Лимарченко Олег Степанович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри механіки суцільних середовищ

Пролонговано: на 21/2022 н.р. О.М. Харитонов «31» серпня 2021 р.  
на 20/20 н.р. \_\_\_\_\_ «  » \_\_\_\_\_ 20   р.

КИЇВ – 2020

**Розробник:** Лимарченко Олег Степанович, доктор технічних наук, професор, завідувач 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 «*Комп'ютерне моделювання руху рідини у резервуарах*» є оволодіння основними прийомами моделювання загальних механічних властивостей конструкцій з рідиною з вільною поверхнею. Особливістю курсу є побудова комп'ютерно орієнтованих математичних моделей динаміки і керування конструкціями з рідиною, орієнтованими на різні задачі практики експлуатації таких систем в транспорті і енергетичній галузі.

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

1. *Знати:* дисципліни професійної та практичної підготовки фахівців-механіків, зокрема основні поняття і методи аналітичної механіки, механіки суцільних середовищ, аналітичних методів механіки, методів нелінійної механіки, математичного моделювання механічних систем і процесів.
2. *Вміти:* аналізувати і розв'язувати базові задачі механіки рідини, теорії пружності, 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 «*Комп'ютерне моделювання руху рідини у резервуарах*» 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 «*Комп'ютерне моделювання руху рідини у резервуарах*» включено опис основних принципів використання ідей побудови математичних моделей механічних систем для моделювання різних механічних процесів в системах конструкцій з рідиною в лінійному і нелінійному діапазонах збурень параметрів. Обговорюються основні вимоги до коректності побудови моделей орієнтованих на випадки суттєвого прояву сумісності руху рідини і резервуара. Показано застосування розвинених моделей для задач, що мають практичне застосування в наукових дослідженнях і в інженерній практиці.

Викладається у 3 семестрі в **обсязі – 150 год. (5 кредити ECTS<sup>1</sup>)** зокрема: *лекції – 32 год., лабораторних – 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 динаміки конструкцій з рідиною 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 моделі нелінійних механічних систем; 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);

<sup>1</sup> кредитів ECTS – кредит кратний 30 годинам.

- 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 нефаківців (ФК-6);
- 11) Здатність самостійно розробляти проекти шляхом творчого застосування існуючих та генерування нових ідей прикладної та теоретичної механіки та механіки суцільних середовищ(ФК-7);
- 12) Здатність до розвитку нових та удосконалення існуючих методів аналізу, моделювання, прогнозування, розв'язування нових проблем у нових галузях знань (ФК-8);
- 13) Здатність до самоосвіти та підвищення кваліфікації на основі інноваційних підходів у сфері прикладної математики (ФК-10);
- 14) 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 (формулюється розробником)			
РН 1.1	Основи побудови лінійної моделі динаміки резервуара з рідиною. Обмеженість цієї моделі.	<i>Лекція, лаборатор не заняття</i>	<i>Активна робота на лекції, усні відповіді, колоквіум, іспит</i>	5%
РН 1.2	Лінійна модель сумісного руху резервуара і рідини з вільною поверхнею. Загальні властивості зміни власних частот у сумісному русі системи.			5%
РН 1.3	Основні напрямки побудови нелінійної моделі резервуара з рідиною. Прояв нелінійних властивостей.			5%
РН 1.4	Варіаційні методи побудови прикладних моделей динаміки конструкцій з рідиною.			10%
РН 1.5	Методи декомпозиції рухів вільної поверхні рідини. Випадок циліндричного резервуара.			10%
РН 1.6	Методи декомпозиції рухів вільної поверхні рідини. Випадок нециліндричного резервуара.			10%
РН 2.1	Розвинення нелінійного резонансу. Прояв модуляції коливань, перегляд частини гіпотез в вихідній постановці задачі	<i>Лаборатор не заняття,</i>	<i>Виконання завдань, винесених на</i>	10%

PH 2.2	Керування конструкціями з рідиною. Узагальнена дисипація коливань.	<i>самостійна робота</i>	<i>самостійну роботу, активна робота на лабораторних заняттях, іспит</i>	15%
PH 2.3	Приклади поведінки конструкцій з рідиною в задачі транспорту і енергетики.		<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, лабораторне заняття</i>	<i>Активна робота на лекціях та лабораторних заняттях</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 опрацювати літературу із відповідних досліджень, вільно володіти методами обробки, аналізу та синтезу наукової інформації	<i>Самостійна робота</i>	<i>Виконання завдань, винесених на самостійну роботу, доповідь по завданню</i>	2%
PH 4.2	Виробляти критичне відношення до існуючих варіантів інтерпретації принципів побудови моделей конструкцій з рідиною 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	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
	Програмні результати навчання													
<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							+	+	+	+	+	+	+	+
<b>КС-4.</b> Поєднувати методи математичного та комп'ютерного моделювання з неформальними процедурами експертного аналізу для пошуку оптимальних рішень.							+	+	+			+	+	+
<b>КС-5.</b> Будувати ефективні щодо точності обчислень, стійкості, швидкодії та витрат системних ресурсів алгоритми для чисельного дослідження математичних моделей та розв'язання практичних задач.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>КС-6.</b> Вибирати раціональні методи та алгоритми розв'язання математичних задач оптимізації, дослідження операцій, оптимального керування і прийняття рішень, аналізу даних.							+	+	+			+	+	+
<b>КС-7.</b> Уміти застосовувати сучасні технології програмування та розроблення програмного забезпечення, програмної реалізації чисельних і символічних алгоритмів.	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+
<b>КС-8.</b> Розв'язувати окремі задачі механіки та задачі в міждисциплінарних галузях — соціології, економіці, екології та медицині.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>КС-9.</b> Використовувати в практичній роботі спеціалізовані програмні продукти та програмні системи комп'ютерної механіки.							+	+	+			+	+	+

<b>ЦМС 1</b> - Виявляти здатність до самонавчання та професійного розвитку	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>ЦМС 2</b> - Уміти організувати власну діяльність та одержувати результат у рамках обмеженого часу	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>ЦМС 4</b> – Уміти здійснювати збір, опрацювання, аналіз, систематизацію науково-технічної інформації, уникаючи при цьому плагіату;												+	+	+	+
<b>ЦМС 5</b> – Ефективно спілкуватися з питань інформації, ідей, проблем та рішень зі спеціалістами та суспільством загалом	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
<b>ЦМС 7</b> – Демонструвати навички професійного спілкування, включаючи усну та письмову комунікацію українською мовою та принаймні ще однією з поширених європейських мов	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				

## 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 – 18 балів/11 балів;
  2. Виконання завдань, винесених на самостійну роботу: РН2.1, РН2.2, РН4.1–РН4.3 – 6 балів/3 бали;
  3. Колоквіум РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН1.4, РН2.1, РН2.2 – 12 балів/7 балів;
  4. Доповідь по завданню РН1.5, РН1.6, РН2.3, РН4.1–РН4.3 – 9 балів/5 балів;
  5. Розв'язання задач на лабораторних заняттях: РН2.1, РН2.2, РН2.3, РН3.1, РН3.2 – 15 балів/9 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	Самостійна робота
<b><i>Змістовий модуль 1</i></b>				
1	Лінійна модель сумісного руху рідини і резервуара. Обмеженість лінійної моделі.	4	2	16
2	Нелінійна модель динаміки резервуара з рідиною для порожнин циліндричної форми.	6	2	6
3	Особливості формування динамічних процесів в околі основного резонансу. Модуляція коливань.	6	4	24
	Всього	16	8	46
<b><i>Змістовий модуль 2</i></b>				
4	Нелінійна модель динаміки резервуара з рідиною для порожнин нециліндричної форми.	8	4	10
5	Прикладні моделі динаміки та керування конструкціями з рідиною. Вплив дисипації на формування процесів.	8	4	44
	Всього	16	8	54
	<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. Микишев Г.Н., Экспериментальные методы в динамике космических аппаратов, Машиностроение, Москва, 1978.
2. Моисеев Н.Н., Румянцев В.В., Динамика тела с полостями, содержащими жидкость, Наука, Москва, 1965.
3. Лимарченко О.С., Матараццо Дж., Ясинский В.В., Динамика вращающихся конструкций с жидкостью, Гнозис, Киев, 2002.
4. Колесников К.С., Динамика ракет, Машиностроение, Москва, 1980.

### **Додаткові:**

1. Абгарян К.А., Рапопорт И.М., Динамика ракет, Машиностроение, Москва, 1969.
2. Нариманов Г.С., Докучаев Л.В., Луковский И.А., Нелинейная динамика летательных аппаратов с жидкостью, Машиностроение, Москва, 1977.
3. Черноусько Ф.Л., Движение твердого тела с полостями, содержащими вязкую жидкость, ВЦ АН СССР, Москва, 1968.