

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

КОРАБЛКБУДІВНИЙ НАВЧАЛЬНО НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
НАВЧАЛЬНО НАУКОВИЙ ЦЕНТР ГІДРОМЕХАНІКА

Код РНПД



ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з науково-педагогічної роботи

Слободян С.О.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ГІДРОМЕХАНІКА

рівень вищої освіти другий (магістерський)

тип дисципліни обов'язкова

мова(и) викладання українська

Робоча програма навчальної дисципліни «Обчислювальна гідромеханіка» є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань 13 Механічна інженерія, спеціальності 135 Суднобудування, освітньо-професійної програми «Кораблі та океанотехніка» другого (магістерського) рівня вищої освіти.

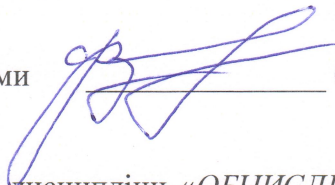
" 7 " лютого 2022 року. – 15 с.

Розробник: Король Ю.М. керівник ННЦГ, кандидат технічних наук, доцент, професор НУК

Проект робочої програми навчальної дисципліни «ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ГІДРОМЕХАНІКА» узгоджено з гарантом освітньої програми.

Гарант освітньої програми «Кораблі та океанотехніка» Бондаренко Олександр Валентинович, професор кафедри теорії та проектування суден, к.т.н., професор.

Гарант освітньої програми



О.В. Бондаренко

Проект робочої програми навчальної дисципліни «ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ГІДРОМЕХАНІКА» розглянуто на засіданні Навчально-наукового центру Гідромеханіка (ННЦГ)

Протокол № 7 від « 9 » лютого 2022 р.

Керівник ННЦГ



Ю.М. Король

Проект робочої програми навчальної дисципліни «ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ГІДРОМЕХАНІКА» розглянуто методичною комісією Кораблебудівного навчально-наукового інституту

Протокол № 5 від « 23 » березня 2022 р.

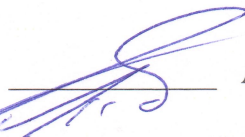
/ Голова



О.В. Бондаренко

Проект робочої програми навчальної дисципліни «ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ГІДРОМЕХАНІКА» погоджено з навчальним відділом

Начальник навчального
відділу



А.В. Лабарткава

Робоча програма навчальної дисципліни «ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ГІДРОМЕХАНІКА» затверджено Навчально-методичною радою НУК

Протокол № 6 від « 29 » серпня 2022 р.

Голова НМР НУК



Є.І. Трушляков

ЗМІСТ

Вступ	3
1. Опис навчальної дисципліни	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни.....	6
3. Передумови для вивчення дисципліни	6
4. Очікувані результати навчання	6
5. Програма навчальної дисципліни.....	6
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування.....	10
7. Форми поточного та підсумкового контролю.....	11
8. Критерії оцінювання результатів навчання.....	13
9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна	14
10. Рекомендовані джерела інформації.....	14

ВСТУП

Анотація

Згідно з освітньо-професійною програмою *“Кораблі та океанотехніка”* метою навчання є підготовка фахівців, здатних розв'язувати складні задачі та проблеми професійної діяльності у сфері суднобудування, що передбачають проведення досліджень та/або здійснення інновацій, які характеризуються невизначеністю умов і вимог. Дисципліною «Обчислювальна гідромеханіка» («Computation Fluid Dynamics») передбачено отримання знань, навичок та формування вміння за допомогою сучасного програмного забезпечення будувати тривимірні моделі суден, рушіїв та судових рулів і здійснювати розрахунки їх гідродинамічних характеристик досліджуючи вплив параметрів форми і взаємного розташування цих елементів на ходовість та керованість суден під час проектування або реновації.

Для навчання використовується ліцензоване програмне забезпечення у вигляді модулів CAD, CAE, CAM системи SOLIDWORKS та сучасна комп'ютерна техніка.

Ключові слова: формування знань, навичок та вміння, тривимірні моделі суден, рушіїв і рулів, виконання гідродинамічних досліджень елементів рушійно-рульового комплексу

Abstract

According to the educational and professional program "Ships and ocean engineering", the purpose of training is the training of specialists capable of solving complex tasks and problems of professional activity in the field of shipbuilding, which involve conducting research and/or implementing innovations, which are characterized by uncertainty of conditions and requirements. The discipline "Computational Fluid Dynamics" provides for the acquisition of knowledge, skills and the formation of the ability to build three-dimensional models of ships, engines and ship rudders with the help of modern software and to calculate their hydrodynamic characteristics by studying the influence of shape parameters and the relative location of these elements on maneuverability and controllability of vessels during design or renovation.

Licensed software in the form of CAD, CAE, CAM modules of the SOLIDWORKS system and modern computer equipment are used for training.

Keywords: formation of knowledge, skills and abilities, three-dimensional models of vessels, engines and rudders, performance of hydrodynamic studies of elements of the propulsion and steering system

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів - 3	13 Механічна інженерія	Обов'язкова	
Модулів – 1		Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		1-й	1-й
Електронний адрес РПНД на сайті Університету	Спеціальність 135 Суднобудування Освітньо-професійна програма «Кораблі та океанотехніка» другого (магістерського) рівня вищої освіти. Кваліфікація: Магістр з суднобудування	Семестр	
		1-й	1-й
		Лекцій	
Індивідуальне науково- дослідне завдання: не планується		15 год.	6 год.
		Практичні, семінарські	
		год.	год.
Загальна кількість годин <u>90</u>		Лабораторні	
		15 год.	6 год.
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – <u>2</u> ; самостійної роботи студента – <u>4</u> ;	Освітній рівень: Другий (магістерський)	Самостійна робота	
		60 год.	78 год.
		Індивідуальні завдання: 0 год.	
		Вид контролю: екзамен	
		Форма контролю: комбінована	

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни "Обчислювальна гідромеханіка" є формування у студентів відповідно до освітньо-професійної програми таких компетентностей:

ФК06. Здатність до практичного використання універсальних і спеціалізованих систем управління життєвим циклом (Product Lifecycle Management – PLM), автоматизованого проектування (Computer-Aided Design – CAD), виробництва (Computer-Aided Manufacturing – CAM) і інженерних досліджень (Computer-Aided Engineering – CAE) в галузі суднобудування.

ФК08. Здатність розв'язувати задачі механіки суцільного середовища за допомогою постановки обчислювального експерименту та використання комп'ютерної техніки.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами для вивчення дисципліни є: дисципліни:
не передбачаються

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни "Обчислювальна гідромеханіка" передбачає формування та розвиток у студентів таких результатів навчання:

ПРН12. Уміти обирати необхідні методи та засоби досліджень, розробляти та аналізувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі об'єктів дослідження, що стосуються проблем суднобудування.

ПРН15. Знати сучасні чисельні методи та інструментальні засоби розрахунку

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1 - Призначення та загальні положення, методи і засоби обчислювальної гідродинаміки (ОГД)

Змістовий модуль 1. Призначення та загальні положення ОГД

Тема 1. Основні принципи ОГД

Основні рівняння руху рідини: суцільності, збереження імпульсу, стану (для газів) та збереження енергії. Додаткові рівняння руху рідини: турбулентності, обліку перенесення речовини, обліку багатофазності, хімічних реакцій. Граничні і початкові умови. Загальні рівняння руху твердих тіл. Дискретизація простору і часу.

Література: [3] с. 8-55; [8] с. 1-16; [10] с. 1-18; [14] с. 10-39; [15] с. 11-18.

Тема 2. Організація процесу рішення

Підготовчий етап: створення 3D геометрії моделей елементів РРК та зовнішнього боксу; вибір рівнянь руху рідини; визначення початкових умов, властивостей рідини, потрібної моделі турбулентності; визначення граничних умов та потрібної дискретизації простору і часу.

Етап рішення: чисельне розв'язування за обраним алгоритмом рівнянь руху рідини сумісно з рівняннями руху твердих тіл.

Етап аналізу результатів: побудова графіків, діаграм, таблиць та кольорових зображень результатів розрахунків.

Література: [1] с. 10-18; [2] с.28-31; 9] с. 1-15; [10] с. 21-36.

Тема 3. Методологія ОГД

Препроцесінг: завантаження геометрії боксу і твердого тіла; вибір математичної моделі та параметрів моделювання; створення та розташування граничних умов; генерація розрахункової сітки; задання кроку за часом.

Солвер: вибір методу, організація і виконання розрахунку на комп'ютері з урахуванням його можливостей; збереження результатів розрахунків.

Постпроцесінг: вибір засобів відображення результатів розрахунків та їх візуалізація.

Література: [7] с. 387-416, 461-974.

Змістовий модуль 2. Методи і засоби обчислювальної гідродинаміки

Тема 4. Методи дискретизації

Метод кінцевих об'ємів. Метод кінцевих елементів. Метод кінцевих різниць. Метод спектральних елементів. Метод граничних елементів. Схеми дискретизації з високою роздільною здатністю.

Література: [1] с. 49-101; [2] с. 71-100, 136-207; [5] с. 45-62, 216-240; [10] с. 39-63, 71-82; [11] с. 7-53, 73-114, 141-154, 311-337, 339-373, 439-470; [14] с. 85-102.

Тема 5. Моделі турбулентності

Рівняння Нав'є-Стокса, рівняння Рейнольдса. Наближення Бусинеска. Модель навантаження Рейнольдса. Метод крупних вихорів. Локальне вихрове моделювання. Пряме чисельне моделювання. Когерентне вихрове моделювання. Методи густини ймовірності. Вихровий метод. Метод обмеження вихору. Лінійна вихрова модель.

Література [10] с. 265-306; [14] с. 41-83; [15] с. 23-67, 73-163.

Тема 6. Багатофазні потоки та алгоритми розв'язування рівнянь

Методи розрахунку міжфазної поверхні. Метод функції рівня. Метод фазового поля. Модель бульбочної течії. Модель багатофазної суміші. Модель Ейлера-Ейлера. Методи розв'язування нелінійних систем алгебраїчних рівнянь великої розмірності.

Література: [5] с. 902-924; [7] с. 298-300, 977-979; [9] с. 214-230; [10] с. 381-400.

Тема 7. Нестационарні задачі гідрогазодинаміки, огляд та аналіз сучасного програмного забезпечення ОГД

Загальні рівняння руху тіл в рідині. Засоби сумісного розв'язування рівнянь руху твердих тіл і рідини. Огляд і аналіз програмного забезпечення ОГД: AcuSolve, ADINA, Advanced Simulation Library, ANSYS CFX, ANSYS Fluent, Autodesk Simulation CFD, Comsol Multiphysics, SolidWorks Flow Simulation, FlowVision, OpenFOAM, Phoenix, Star-CD, Star-CCM+, Stallion 3D, XFlow, Flow 3D.

Література: [7] с. 161-166, 251-282; [13] с. 579-607.

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	пр	лаб	інд	с.р.		л	пр	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
IX семестр												
Модуль 1 Призначення та загальні положення, методи і засоби обчислювальної гідродинаміки (ОГД)												
Змістовий модуль 1. Призначення та загальні положення ОГД												
Тема 1. Основні принципи ОГД	10	2	-	2	-	6	30	2	-	2	-	26
Тема 2. Організація процесу рішення.	10	2	-	2	-	6						
Тема 3. Методологія ОГД	10	2	-	2	-	6						
Разом за змістовним модулем 1	30	6	-	6	-	18	30	2	-	2	-	26
Змістовий модуль 2. Методи і засоби обчислювальної гідродинаміки												
Тема 4. Методи дискретизації	10	2	-	2	-	6	60	4	-	4	-	52
Тема 5. Моделі турбулентності	15	2	-	2	-	11						
Тема 6. Багатофазні потоки та алгоритми розв'язування рівнянь	15	2	-	2	-	11						
Тема 7. Нестационарні задачі гідро-газодинаміки, огляд та аналіз сучасного програмного забезпечення ОГД	20	3	-	3	-	14						
Разом за змістовним модулем 2	60	9	-	9	-	42	60	4	-	4	-	52
Усього годин	90	15	-	15	-	60	90	6	-	6	-	78

Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Знайомство з CFD пакетом Flow Simulation. Інтерфейс, можливості, етапи створення проекту Flow Simulation.	2
2	Побудова 3D моделей тіл канонічної форми в CAD SolidWorks. Створення проекту розрахунку обтікання тіл канонічної форми в'язкою рідиною при повному або частковому зануренні. Виконання розрахунків, аналіз результатів і оформлення звіту. (ЛР№1)	2
3	Побудова 3D моделі судна і проекту Flow Simulation для розрахунку його опору. (ЛР№2)	2
4	Виконання розрахунків, побудова залежності опору від швидкості руху, аналіз результатів і оформлення звіту. (ЛР№3)	2
5	Побудова 3D моделі гребного гвинта і проекту Flow Simulation для розрахунку його гідродинамічних характеристик. (ЛР№4)	2
6	Виконання розрахунків і аналіз збіжності розрахункового процесу, аналіз результатів і оформлення звіту. (ЛР№5)	2
7	Побудова 3D моделі суднового руля і проекту Flow Simulation для розрахунку його гідродинамічних характеристик. Виконання розрахунків і аналіз збіжності розрахункового процесу, аналіз результатів і оформлення звіту. (ЛР№6)	3
Всього		15

Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної форми навчання:

- підготовка до лекційних занять – *0,5 год/1 год. занять (1 година на 1 лекцію);*
- підготовка до лабораторних робіт – *2-3 год/1 робота;*
- підготовка до контрольних заходів – *(15-30) год. на 1 захід.*

Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Підготовка до лекцій	7	3
2	Підготовка до лабораторних робіт	18	9
3	Підготовка до поточного модульного контролю	20	-
4	Підготовка до екзамену	15	36
5	Виконання контрольної роботи	-	30
	<i>Разом</i>	60	78

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Методи навчання – способи, якими забезпечується набуття здобувачами відповідних компетенцій через засвоєння програмного матеріалу та активізацію навчального процесу, а саме:

для всіх видів занять:

- робота з літературою - опрацювання різних видів джерел, спрямоване на формування нових знань, їх закріплення, вироблення вмінь і навичок та реалізацію контрольної-корекційної функції в умовах формальної, неформальної та інформальної освіти;
- пояснення - словесне розкриття причинно-наслідкових зв'язків і закономірностей у розвитку природи, людського суспільства і людського мислення;
- демонстрування - наочно-чуттєве ознайомлення здобувачів з явищами, процесами, об'єктами в їх природному вигляді;

для лекційних занять:

- лекція - усний виклад навчального матеріалу, який характеризується великим обсягом, складністю логічних побудов, сконцентрованістю розумових образів, доведень і узагальнень;
- ілюстрування - показ та сприйняття предметів, процесів і явищ у їх символічному зображенні за допомогою плакатів, карт, портретів, фотографій, схем, репродукцій, звукозаписів, презентацій тощо;
- відеометод - використання відеоматеріалів для активізації наочно-чуттєвого сприймання; забезпечує більш легке і міцне засвоєння знань в їх образно-понятійній цілісності та емоційній забарвленості;

для лабораторних занять:

•лабораторна робота - вивчення в спеціальних умовах явищ природи за допомогою спеціального обладнання та програмного забезпечення;

•інструктаж - ознайомлення зі способами виконання завдань, інструментами, матеріалами, технікою безпеки, показ операцій та організацію робочого місця;

•спостереження - тривале цілеспрямоване сприймання об'єктів чи явищ із фіксацією змін, які в них відбуваються, і виявлення на цій основі внутрішніх зв'язків і залежностей, розкриття сутності явищ;

•лабораторний контроль;

•графічна перевірка.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання можуть бути:

- екзамени;
- стандартизовані тести;
- завдання на лабораторному обладнанні, тренажерах тощо;
- звіти з лабораторних робіт з результатами розрахунку і графіків.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного іспиту. Питома вага заключного іспиту в загальній системі оцінок - **40 балів**. Право здавати заключний іспит дається студенту, якій з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок і заключного іспиту набирає не менше **60 балів**. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки іспиту.

Поточний контроль проводиться на кожному лабораторному занятті та за результатами виконання завдань самостійної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) та набутих практичних навичок під час виконання завдань лабораторних робіт.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

Форми контролю результатів навчальної діяльності студентів та їх оцінювання

Лабораторна робота	Критерії оцінювання
5	Робота виконана у встановлений термін. Виконана самостійно, чітко сформульовані цілі, завдання та гіпотеза досліджень. Застосовувалися коректні методи обробки отриманих результатів. У висновках проведена коректна інтерпретація результатів.
4	Робота виконана у встановлений термін. Студент виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує спостереження; в цілому правильно складає звіт та робить висновки.
3	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує спостереження; складає звіт, що містить неточності у висновках та помилки.
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
1	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну під керівництвом викладача; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
0	Робота не виконувалася

Контрольна робота (для заочної форми)

Бал	Критерії оцінювання
25 - 30	Робота виконана у встановлений термін. Матеріал викладено у достатньому обсязі, аргументовано і у логічній послідовності. Використані не тільки рекомендовані джерела інформації, а й новітні, самостійно знайдені у періодичних виданнях та в інтернет-ресурсах. Правильно сформульовані узагальнюючі висновки. Робота достатньо ілюстрована, оформлена акуратно, з дотриманням вимог до технічної документації, але може містити деякі неточності та застарілі джерела інформації. Під час захисту роботи студент вільно орієнтується в матеріалах.

16 - 24	Робота виконана у встановлений термін. Матеріал викладено у достатньому обсязі, логічно. Використані рекомендовані джерела інформації. Правильно сформульовані узагальнюючі висновки. Робота оформлена акуратно, з дотриманням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи студент орієнтується в матеріалах, у відповідях є неточності.
8 - 15	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Матеріал викладено у правильній послідовності, але недостатньо повно. Недостатньо використані рекомендовані джерела інформації. Висновки сформульовані формально або не зв'язані з матеріалами роботи. В оформленні роботи є порушення вимог до технічної документації. Під час захисту роботи студент в цілому орієнтується в матеріалах, у відповідях є помилки та неточності.
1 - 7	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Матеріал викладено безсистемно, висновки сформульовані формально або відсутні. Робота оформлена неохайно, з порушенням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи студент слабо орієнтується в матеріалах, у відповідях є помилки.
0	Роботу не виконано

Поточний модульний контроль у формі тестування

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Бал	15	13	11	9	8	7	6	5	4	2

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
Виконання лабораторних робіт	6x5 балів = 30 балів	3x10 балів=30 балів
Поточний модульний контроль	2x15 балів= 30 балів	-
Виконання контрольних робіт	-	30
Всього	60	60

Підсумковий контроль у формі комплексного іспиту

Підсумковий контроль складається з тестування (10 тестових завдань) та усної відповіді на 3 контрольних питання.

Тестування

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Бал	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Усна відповідь (1 питання - 10 балів)

Бал	Критерії оцінювання
9 - 10	Студент вільно орієнтується у навчальному матеріалі, знає фізичні властивості рідин та повітря, діючи сили і загальні рівняння руху рідин, закони гідростатики та взаємодію рідини, що покоїться з твердими поверхнями і тілами, закони кінематики і руху ідеальної рідини і може

	використовувати ці знання для вивчення спеціальних дисциплін з суднобудування та океанотехніки.
7 - 8	Студент знає фізичні властивості рідин та повітря, діючі сили і загальні рівняння руху рідин, закони гідростатики та взаємодію рідини, що покоїться з твердими поверхнями і тілами, закони кінематики і руху ідеальної рідини і може використовувати ці знання для вивчення спеціальних дисциплін з суднобудування та океанотехніки.
5 - 6	Студент знає фізичні властивості рідини, загальні рівняння руху рідин, закони гідростатики, кінематики і руху ідеальної рідини і зможе використовувати ці знання для вивчення спеціальних дисциплін з суднобудування та океанотехніки.
3 - 4	Студент знає фізичні властивості рідини, загальні рівняння руху рідин, основні закони гідростатики, кінематики і руху ідеальної рідини і в принципі зможе використовувати ці знання для вивчення спеціальних дисциплін з суднобудування та океанотехніки.
1 - 2	Студент знає фізичні властивості рідини, загальні рівняння руху рідин, основні закони гідростатики, кінематики і руху ідеальної рідини і має уяву як використовувати ці знання для вивчення спеціальних дисциплін з суднобудування та океанотехніки.
0	Студент не орієнтується у законах і методах гідроаеромеханіки, не може відповісти на додаткові питання за змістом навчальної дисципліни.

8. Критерії оцінювання результатів навчання

№№ змістового модуля і теми		Денна форма		Заочна форма	
		Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів
ЗМ 1	T2	Лабораторна робота № 1	5	Лабораторна робота № 1	10
	T3	Лабораторна робота № 2	5	Лабораторна робота № 2	10
	T4	Лабораторна робота № 3	5	Лабораторна робота № 3	10
ПМК		Тест № 1	15	-	
ЗМ 2	T5	Лабораторна робота № 4	5		
	T6	Лабораторна робота № 5	5		
	T7	Лабораторна робота № 6	5		
ПМК		Тест № 2	15	-	-
-		-	-	Контрольна робота	30
Підсумковий контроль		Екзамен, в т.ч.	40	Екзамен, в т.ч.	40
		Тестування	10	Тестування	10
		Усна відповідь	30	Усна відповідь	30
Сума			100		100

9. Засоби навчання

1. Персональні комп'ютери і проектори.
2. CAD, CAE, CAM модулі системи SOLIDWORKS.
3. Розроблене автором навчального плану програмне забезпечення для автоматизованої генерації тривимірних моделей елементів рушійно-рульового комплексу суден.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Anderson, John D. Jr. COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS. The Basics with Applications / John D. Jr. Anderson, - McGraw-Hill, Inc. New York, 1995, 547p.
2. Fletcher C.A.J. Computational Techniques for Fluid Dynamics 1 Fundamental and General Techniques / C.A.J. Fletcher, - Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, 1990, 401p.
3. Fletcher C.A.J. Computational Techniques for Fluid Dynamics 2 Specific Techniques for Different Flow Categories / C.A.J. Fletcher - Springer Series in Computational Physics, 1990, 484p.
4. Bate Paul D. Computational Fluid Dynamics. Applications in Environmental Hydraulics / Paul D. Bate, N. Stuart Lane, I. Robert Ferguson, - John Wiley & Sons, Ltd, 2005, 525p.
5. Chung T.J. Computational Fluid Dynamics. – Cambridg: University Press, 2002, 1012p.
6. Каліон В. А. Обчислювальна гідромеханіка. Рівняння Нав'є – Стокса навч. посіб. / В. А. Каліон. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2016. – 221 с.
7. Solid Works Flow Simulation User Guide [https://dshelp-embed.3ds.com/2023/english/UserGuide_HTML/mgchelp.htm#context=main&topic=manual%20title](https://dshelp.embed.3ds.com/2023/english/UserGuide_HTML/mgchelp.htm#context=main&topic=manual%20title)
8. Голубєв С.О. ЗАСОБИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ГАЛУЗІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ГІДРОДИНАМІКИ / С.О. Голубєв, Лебідь О.Г., Черній Д.І. - Міжнародний науковий журнал, Математичне моделювання в економіці, №2, 2019 , с. 21-39 ISSN 2409-8876

Допоміжна література

9. Date A.W. Introduction to Computational Fluid Dynamics. / A.W. Date – Cambridge University Press, 2005, 378p.
10. Ferziger J.H. Computational Methods for Fluid Dynamics. / J.H. Ferziger, M. Peric – Springer, 2002, 425p.
11. Stein E. Encyclopedia of Computational Mechanics. / E. Stein – WILAY, v.1 Fundamentals, 2004, 748p.
12. Stein E. Encyclopedia of Computational Mechanics. / E. Stein – WILAY, v.2 Solid end Structures, 2004, 782p.
13. Stein E. Encyclopedia of Computational Mechanics. / E. Stein – WILAY, v.3 Fluids, 2004, 622p.
14. Versteeg H.K. An introduction to computational fluid dynamics. The finite volume method. / H.K. Versteeg, W. Malalasekera - Longman Scientific & Technical, 1995, 257p.

15. Wilcox D.C. Turbulence Modeling for CFD. / D.C. Wilcox – DCW Industries, Inc., 1993, 458p.

Інформаційні ресурси в інтернеті

1. Потужна програма для побудови і аналізу графіків:
<https://www.softportal.com/get-1244-advanced-grapher.html>
2. Програма для оцифрування графічної інформації
<https://getdata-graph-digitizer.software.informer.com>