

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ  
імені адмірала Макарова

Херсонський навчально-науковий інститут  
Кафедра суднобудування та ремонту суден  
Т7226



**ЗАТВЕРДЖЕНО**  
Заступник директора  
з навчальної роботи

О.М. Дудченко

***РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ***

**Program of the Discipline**

**Гідроаеромеханіка**

**Hydroaeromechanics**

рівень вищої освіти     *перший (бакалаврський)*

тип дисципліни     *обов'язкова*

мова викладання     *українська*

Херсон – 2023

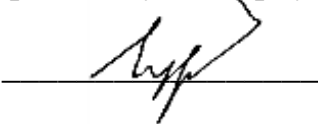
Робоча програма навчальної дисципліни «Гідроаеромеханіка» є однією із складових комплексної підготовки фахівців *галузі знань* 13 «Механічна інженерія» *спеціальності* 135 *освітніх програм* «Суднокорпусобудування», «Судноремонт та технічне обслуговування флоту», «Кораблі та океанотехніка».  
«28» серпня 2023 року. – 22 с.

Розробник:

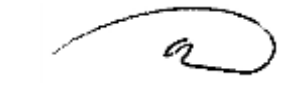
Соценко В.В., старший викладач кафедри суднобудування та ремонту суден

*Проект* робочої програми навчальної дисципліни «Гідроаеромеханіка» узгоджено з гарантами освітньої програми

Гарант освітньої програми «Суднокорпусобудування»

д.т.н., професор  О.В. Щедролюсєв

Гарант освітньої програми «Судноремонт та технічне обслуговування флоту»

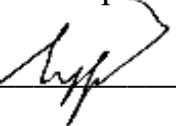
к.т.н., професор НУК  О.М. Дудченко

Гарант освітньої програми «Кораблі та океанотехніка»

к.т.н., доцент  А.І. Кузнєцов

*Проект* робочої програми навчальної дисципліни «Гідроаеромеханіка» розглянуто на засіданні кафедри суднобудування та ремонту суден

Протокол № 01 від «28» серпня 2023 р.

Завідувач кафедри  О.В. Щедролюсєв

Робоча програма навчальної дисципліни «Гідроаеромеханіка» затверджена методичною радою ХННІ НУК.

Протокол № 01 від «29» серпня 2023 р.

Голова МР ХННІ НУК  О.М. Дудченко

© ХННІ НУК, 2023 рік

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| Вступ .....  | 4  |
| 1. Опис навчальної дисципліни .....  | 5  |
| 2. Мета вивчення навчальної дисципліни .....   | 6  |
| 3. Передумови для вивчення дисципліни .....  | 7  |
| 4. Очікувані результати навчання .....   | 7  |
| 5. Програма навчальної дисциплін .....   | 8  |
| 6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання<br>та методи їх демонстрування ..... | 14 |
| 7. Форми поточного та підсумкового контролю .....  | 15 |
| 8. Критерії оцінювання результатів навчання .....  | 18 |
| 9. Засоби навчання .....   | 18 |
| 10. Рекомендовані джерела інформації .....   | 18 |

## ВСТУП

### Анотація

Освітньою програмою «Гідроаеромеханіка» підготовки бакалаврів передбачено набуття студентами знань про класичні закони гідравліки, пневматики та руху тіл у водній та водно-повітряній середі, а також фізику руху рідини по трубопроводах.

Ця інженерна дисципліна надає всю необхідну інформацію та практичні навички розрахунку задач з гідравліки, пневматики та руху тіл у водній та водно-повітряній середі.

Дисципліна «Гідроаеромеханіка» сприяє придбанню студентами поглиблених знань і уявлень про сучасні методи дослідження та розрахунку остійності та хитавиці, ходовості та керованості, загальної та місцевої міцності морських суден та плавучих споруд, які засновано на достовірних відомостях про гідродинамічні та аеродинамічні сили, які діють на плавучу споруду збоку водно-повітряної середі.

**Ключові слова:** гідравліка, пневматика, аеродинаміка, морська акустика, гідробіоніка.

### Summary

The educational program «Hydroaeromechanics» for bachelor's degree preparation provides students with knowledge of classical laws of hydraulics, pneumatics, and motion of bodies in aquatic and air environments, as well as physics of fluid motion in pipelines.

This engineering discipline offers all the necessary information and practical skills for solving problems related to hydraulics, pneumatics, and motion of bodies in aquatic and air environments.

The «Hydroaeromechanics» course contributes to students' acquisition of in-depth knowledge and understanding of modern research and calculation methods for stability and dynamics, maneuverability and controllability, general and local strength of marine vessels and floating structures, based on reliable information about hydrodynamic and aerodynamic forces acting on the floating structure in the water-air environment.

**Key words:** hydraulics, pneumatics, aerodynamics, marine acoustics, hydrobionics.

## 1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показників   | Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень  | Характеристика навчальної дисципліни     |                       |
|---|--|--|-----------------------|
|   |  | денна форма навчання                     | заочна форма навчання |
| Кількість кредитів – 3,0  | <b>Галузь знань</b><br>13 «Механічна інженерія»  | обов'язкова                              |                       |
| Модулів – 1   |  | Рік підготовки:                          |                       |
| Змістових модулів – 2   |  | 3-й                                      | 3-й                   |
| Електронний адрес РПНД на сайті ХННІ НУК<br><a href="http://www.kb.nuos.edu.ua/Licensing%20and%20accreditation%20specialties/ships-and-ocean-equipment-b.html">http://www.kb.nuos.edu.ua/Licensing%20and%20accreditation%20specialties/ships-and-ocean-equipment-b.html</a> | <b>Спеціальність:</b><br>135 «Суднобудування»,<br><b>Освітні програми:</b><br>«Суднокорпусобудування»,<br>«Судноремонт та технічне обслуговування флоту», «Кораблі та океанотехніка» | Семестр                                  |                       |
| Індивідуальне науково-дослідне завдання<br>- нема   |  | 5-й                                      | 5-й                   |
| Загальна кількість годин – 90   |  | Лекцій                                   |                       |
|   |  | 30 год.                                  | 6 год.                |
|   |  | Практичні                                |                       |
|   |  | 15 год.                                  | 6 год.                |
|   | Лабораторні  |  |                       |
|   |  | -  | -                     |
|   |  | Самостійна робота                        |                       |
|   |  | 45 год.                                  | 78 год.               |
| Тижневих годин для денної форми навчання:<br>аудиторних – 3;<br><br>самостійної роботи студента – 3   | Освітній рівень:<br>перший (бакалаврський)   | Індивідуальні завдання:<br>- год.        |                       |
|   |  | Вид контролю:<br>екзамен                 |                       |
|   |  | Форма контролю:<br>комбінований контроль |                       |

## 2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Гідроаеромеханіка» є формування у студентів згідно зі Стандартом вищої освіти України, затвердженим Наказом Міністерства освіти і науки України від 04.10.2018 №1073 таких компетентностей:

*Інтегральна компетентність:*

- здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у сфері суднобудування або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів механічної інженерії і характеризується комплектністю та невизначеністю умов;

*Загальні компетентності:*

ЗК02. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

ЗК05. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК12. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

*Фахові компетентності:*

ФК01. Здатність розв'язувати широке коло проблем і задач суднобудівної галузі шляхом використання як теоретичних, так і експериментальних методів.

ФК04. Здатність аналізувати ефективність проектних рішень, пов'язаних з розрахунками характеристик судових енергетичних та електротехнічних установок, суден різних типів, морських плавучих споруд, засобів океанотехніки та інших об'єктів, які відносяться до сфери професійної діяльності відповідно до освітньо-професійної програми.

ФК07. 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 відповідно до освітньо-професійної програми.

ФК08. Обізнаність з основними положеннями, методами, принципами фундаментальних та інженерних наук (математики, хімії, механіки твердого тіла, опору матеріалів, термодинаміки, теплофізики, електротехніки і електроніки, механіки рідини і газу) в обсязі, необхідному для досягнення інших результатів програми відповідно до освітньо-професійної програми.

### **3. Передумови для вивчення дисципліни**

Передумовами для вивчення даної дисципліни є дисципліни: Вища математика, Основи інформаційних технологій та програмування, Теоретична механіка, Фізика.

### **4. Очікувані результати навчання**

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

ПР02. Володіти навичками, які дозволяють продовжувати навчання самостійно або автономно.

ПР05. Уміти виконувати розрахунки, що відносяться до сфери професійної діяльності, із застосуванням інформаційних і комунікаційних технологій, сучасного програмного забезпечення та систем автоматизованого проектування.

ПР11. Знати і розуміти розділи математики, хімії, конструкційних матеріалів на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми.

ПР13. Уміти розв'язувати типові спеціалізовані задачі, що пов'язані з проектуванням, конструюванням, технологією виробництва, ремонтом, реновацією, експлуатацією, обслуговуванням та утилізацією суден різних типів, морських плавучих споруд, засобів океанотехніки, суднових енергетичних, електротехнічних установок, систем, пристроїв та інших об'єктів суднобудування, їх основних конструктивних елементів (відповідно до освітньої програми).

ПР16. Розуміти основні принципи механічної інженерії (механіки твердого тіла, опору матеріалів, термодинаміки, теплофізики, механіки рідини і газу) відповідно до освітньо-професійної програми.

ПР20. Уміти поєднувати теорію і практику для вирішення інженерних завдань, що відносяться до сфери професійної діяльності.

## 5. Програма навчальної дисципліни

### Модуль 1

**Змістовний модуль 1.1. Методи гідроаеромеханіки. Фізичні властивості рідин і газів. Загальне рівняння руху рідин. Гідростатика рідини. Закон Архімеда. Змістовний модуль Кінематика ідеальної рідини. Циркуляція і вихор швидкості. Інтеграл Бернуллі, Громеки, Коші-Лагранжа, Ейлера. Безвихровий рух. Потенціали швидкості**

**Тема 1.** Вступ. Предмет гідроаеромеханіки, її місце і зв'язок з кораблебудівними науками. Основні етапи розвитку науки і роль вітчизняних вчених. Методи гідроаеромеханіки. Фізичний експеримент і експеримент із використанням методу аналогій (методи ЕГДА, МАГДА і ГАГА). Технічні засоби експериментальної гідромеханіки.

Джерела інформації : [1] – стор. 3-8.

**Тема 2.** Фізичні властивості рідин і газів. Моделі суцільної та ідеальної рідин. Питома маса, кінематичний і динамічний коефіцієнти в'язкості. Категорії діючих у рідинах і газах сил. Поверхні і масові сили та їх характеристики. Загальне рівняння руху рідин.

Джерела інформації : [1] – стор. 9-18, [2] – стор. 11-22

**Тема 3.** Диференційні рівняння рівноваги рідини, яка знаходиться у спокої. Інтеграл рівнянь рівноваги. Поверхні одного рівня. Основне рівняння гідростатики. Тиск вагової рідини на плоску криволінійну поверхню. Гідростатичний парадокс. Закон Архімеда.

Джерела інформації : [1] – стор. 19-24, [2] – стор. 14-21

**Тема 4.** Методи Лагранжа і Ейлера. Вивчення кінематики рідини. Траєкторія рідинної частки, лінії поверхні і трубки течії. Класифікація течій рідини. Принцип оберненості і парадокс Дюбуа.

Джерела інформації : [1] – стор. 24-30, [3] – лекція №3

**Тема 5.** Прискорення рідинної частки. Локальне та конвективне прискорення. Потік і дивергенція вектора швидкості. Рівняння суцільності і витрати. Циркуляція і вихор швидкості.

Джерела інформації : [1] – стор. 31-42, [2] – стор. 45-53

**Тема 6.** Диференційні рівняння руху ідеальної рідини Ейлера і Громеки-Лемба. Інтегрування рівнянь руху. Початкові і краєві умови. Інтеграл Бернуллі, Громеки, Коші-Лагранжа, Ейлера.

Джерела інформації: [1] – стор. 46-51, [3] – лекція №7

**Тема 7.** Безвихровий рух ідеальної рідини. Умова існування безвихрової течії. Потенціал швидкості і його властивості. Краєві задачі Дирихле і Неймана. Потенціали швидкості простих течій для однорідної прямолінійної течії,



джерела та стоку, вихору і їх використання при побудові реальних течій методом суперпозицій.

Джерела інформації: [1] – стор. 63-65, 69-73, [2] – стор. 78-85

**Тема 8.** Характеристики плоских течій. Функція току і її властивості. Зв'язок функції току і потенціалу швидкості для безвихрових течій. Умова Коші-Рімана. Комплексний потенціал і його властивості. Комплексні потенціали прямолінійної однорідної течії, джерела та стоку, вихору і диполя.

Джерела інформації: [1] – стор. 66-75, [3] – лекція №4

**Змістовний модуль 1.2. Формули С.О. Чаплигіна. Нестационарний рух тіла в ідеальній рідині. Вихровий рух рідини. Основи динаміки в'язкої рідини. Ламінарний і турбулентний рух рідини**

**Тема 9.** Обтікання круглого циліндра без циркуляції. Комплексний потенціал, поля швидкостей і тиску. Гідродинамічна реакція. Парадокс Даламбера-Ейлера. Обтікання круглого циліндра із циркуляцією. Комплексний потенціал, поля швидкості і тиску. Ефект Магнуса і його використання у техніці.

Джерела інформації: [1] – стор. 73-78, [2] – стор. 86-93

**Тема 10.** Формули С.О. Чаплигіна для визначення компонент гідравлічної реакції при дії безвихрового потоку на плоский контур. Використання методу інтегральних рівнянь для розрахунку обтікання тіл довільної форми.

Джерела інформації: [1] – стор. 78-81, 105-110.

**Тема 11.** Нестационарний рух тіла в ідеальній рідині. Поле швидкості, яке створюється рухаючим в рідині тілом. Формула Кірхгофа. Кінетична енергія збудженого руху рідини.

Джерела інформації: [1] – стор. 110-123, [3] – лекція №5

**Тема 12.** Узагальнені приєднані маси. Приєднана маса круглого циліндру. Вихровий рух рідини. Загальна характеристика і якості вихрового руху. Вихрові теорії. Формула Біо і Саваро.

Джерела інформації: [1] – стор. 116-123, 128-134, [3] – лекція №6

**Тема 13.** Основи динаміки в'язкої рідини. В'язкість рідини. Ламінарний і турбулентний режими руху в'язкої рідини, критичне число Рейнольдса. Досвід Рейнольдса.

Джерела інформації: [1] – стор. 137-142.

**Тема 14.** Рівняння Нав'є-Стокса для ламінарних потоків в'язкої рідини. Загальна постановка задач динаміки в'язкої рідини. Початкові і краєві умови. Рівняння Нав'є-Стокса для одномірних потоків.

Джерела інформації: [1] – стор. 142-145, 190-193.

**Тема 15.** Ламінарний стаціонарний рух рідини на прямолінійній ділянці круглої труби. Формули Пуазейля і Дарсі-Вейсбаха. Турбулентний рух рідини в трубці. Коефіцієнт тертя. Вплив шершавості на поверхні. Місцеві витрати напору. Принцип гідравлічного розрахунку трубопроводу. Гідравлічний удар.

Джерела інформації: [1] – стор. 190-209.

## 5.1 Структура навчальної дисципліни

| Назви змістових модулів і тем  | Кількість годин |              |          |           |              |              |          |           |
|--|-----------------|--------------|----------|-----------|--------------|--------------|----------|-----------|
|  | денна форма     |              |          |           | заочна форма |              |          |           |
|  | усього          | у тому числі |          |           | усього       | у тому числі |          |           |
|  |                 | л            | пр.      | с.р.      |              | л            | пр.      | с.р.      |
| <b>Змістовний модуль 1.1. Методи гідроаеромеханіки. Фізичні властивості рідин і газів. Загальне рівняння руху рідин. Гідростатика рідини. Закон Архімеда. Змістовний модуль. Кінематика ідеальної рідини. Циркуляція і вихор швидкості. Інтеграл Бернуллі, Громеки, Коші-Лагранжа, Ейлера. Безвихровий рух. Потенціали швидкості</b> |                 |              |          |           |              |              |          |           |
| Тема 1. Вступ. Предмет гідроаеромеханіки, її місце і зв'язок з кораблебудівними науками. Основні етапи розвитку науки і роль вітчизняних вчених. Методи гідроаеромеханіки. Фізичний експеримент і експеримент із використанням методу аналогій (методи ЕГДА, МАГДА і ГАГА). Технічні засоби експериментальної гідромеханіки          | 5               | 2            | -        | 3         |              |              |          | 4         |
| Тема 2. Фізичні властивості рідин і газів. Моделі суцільної та ідеальної рідин. Питома маса, кінематичний і динамічний коефіцієнти в'язкості. Загальне рівняння руху рідин   | 7               | 2            | 2        | 3         |              |              |          | 5         |
| Тема 3. Диференційні рівняння рівноваги рідини, яка знаходиться у спокої. Інтеграл рівнянь рівноваги. Поверхні одного рівня. Тиск вагової рідини на плоску криволінійну поверхні. Гідростатичний парадокс. Закон Архімеда  | 5               | 2            | -        | 3         |              |              |          | 5         |
| Тема 4. Методи Лагранжа і Ейлера. Вивчення кінематики рідини. Траєкторія рідинної частки, лінії поверхні і трубки течії. Класифікація течій рідини.  | 5               | 2            | -        | 3         |              |              |          | 5         |
| Тема 5. Прискорення рідинної частки. Локальне та конвективне прискорення. Потік і дивергенція вектора швидкості. Циркуляція і вихор швидкості  | 6               | 2            | 1        | 3         |              |              |          | 5         |
| Тема 6. Диференційні рівняння руху ідеальної рідини Ейлера і Громеки-Лемба. Інтегрування рівнянь руху. Початкові і краєві умови. Інтеграл Бернуллі, Громеки, Коші-Лагранжа, Ейлера   | 5               | 2            | -        | 3         |              |              |          | 5         |
| Тема 7. Безвихровий рух ідеальної рідини. Потенціал швидкості і його властивості. Потенціали швидкості простих течій для однорідної прямолінійної течії, джерела та стоку, вихору і їх використання при побудові реальних течій методом суперпозицій   | 7               | 2            | 2        | 3         |              |              |          | 5         |
| Тема 8. Характеристики плоских течій. Функція току і її властивості. Комплексний потенціал і його властивості. Комплексні потенціали прямолінійної однорідної течії, джерела та стоку, вихору і диполя.  | 5               | 2            | -        | 3         |              |              |          | 5         |
| <b>Разом за змістовним модулем 1.1</b>   | <b>45</b>       | <b>16</b>    | <b>5</b> | <b>24</b> | <b>45</b>    | <b>3</b>     | <b>3</b> | <b>39</b> |

| Назви змістових модулів і тем   | Кількість годин |              |           |           |              |              |          |           |
|---|-----------------|--------------|-----------|-----------|--------------|--------------|----------|-----------|
|   | денна форма     |              |           |           | заочна форма |              |          |           |
|   | усього          | у тому числі |           |           | усього       | у тому числі |          |           |
|   |                 | л            | пр.       | с.р.      |              | л            | пр.      | с.р.      |
| <b>Змістовний модуль 1.2. Формули С.О. Чаплигіна. Нестационарний рух тіла в ідеальній рідині. Вихровий рух рідини. Основи динаміки в'язкої рідини. Ламінарний і турбулентний рух рідини.</b>  |                 |              |           |           |              |              |          |           |
| Тема 9. Обтікання круглого циліндра без циркуляції. Комплексний потенціал, поля швидкостей і тиску. Гідродинамічна реакція. Парадокс Даламбера-Ейлера. Обтікання круглого циліндра із циркуляцією. Комплексний потенціал, поля швидкості і тиску. Ефект Магнуса і його використання у техніці   | 5               | 2            | -         | 3         |              |              |          | 5         |
| Тема 10. Формули С.О. Чаплигіна для визначення компонент гідравлічної реакції при дії безвихрового потоку на плоский контур. Використання методу інтегральних рівнянь для розрахунку обтікання тіл довільної форми  | 7               | 2            | 2         | 3         |              |              |          | 5         |
| Тема 11. Нестационарний рух тіла в ідеальній рідині. Поле швидкості, яке створюється рухаючим в рідині тілом. Формула Кірхгофа. Кінетична енергія збудженого руху рідини  | 7               | 2            | 2         | 3         |              |              |          | 5         |
| Тема 12. Узагальнені приєднані маси. Приєднана маса круглого циліндру. Вихровий рух рідини. Загальна характеристика і якості вихрового руху. Вихрові теорії. Формула Біо і Саваро   | 6               | 2            | 1         | 3         |              |              |          | 6         |
| Тема 13. Основи динаміки в'язкої рідини. В'язкість рідини. Ламінарний і турбулентний режими руху в'язкої рідини, критичне число Рейнольдса. Досвід Рейнольдса   | 7               | 2            | 2         | 3         |              |              |          | 6         |
| Тема 14. Рівняння Нав'є-Стокса для ламінарних потоків в'язкої рідини. Загальна постановка задач динаміки в'язкої рідини. Початкові і краєві умови. Рівняння Нав'є-Стокса для одномірних потоків   | 6               | 2            | 1         | 3         |              |              |          | 6         |
| Тема 15 Ламінарний стаціонарний рух рідини на прямолінійній ділянці круглої труби. Формули Пуазейля і Дарсі-Вейсбаха. Турбулентний рух рідини в трубі. Коефіцієнт тертя. Вплив шершавості на поверхні. Місцеві витрати напору. Принцип гідравлічного розрахунку трубопроводу. Гідравлічний удар | 7               | 2            | 2         | 3         |              |              |          | 6         |
| <b>Разом за змістовим модулем 1.2</b>   | <b>45</b>       | <b>14</b>    | <b>10</b> | <b>21</b> | <b>45</b>    | <b>3</b>     | <b>3</b> | <b>39</b> |
| <b>Усього годин</b>   | <b>90</b>       | <b>30</b>    | <b>15</b> | <b>45</b> | <b>90</b>    | <b>6</b>     | <b>6</b> | <b>78</b> |

Примітка. Для студентів заочної форми навчання викладаються оглядові лекції за темами змістових модулів в обсягах відповідно до таблиці.

## 5.2 Теми практичних занять

| № з/п        | Назва теми   | Кількість годин |          |
|--------------|--|-----------------|----------|
|              |  | денна           | заочна   |
| 1            | Вивчення технічних засобів експериментальної гідромеханіки (методи ЕГДА, МАГДА і ГАГА).  | 2               | 1        |
| 2            | Розрахунки питомої маси, кінематичного і динамічного коефіцієнтів в'язкості рідини. Загальне рівняння руху рідин.  | 1               | 0,5      |
| 3            | Визначення тиску вагової рідини на плоску криволінійну поверхню. Гідростатичний парадокс. Закон Архімеда.  | 2               | 1        |
| 4            | Розрахунки інтегралів Бернуллі, Громеки, Коші-Лагранжа, Ейлера.  | 2               | 1        |
| 5            | Визначення ламінарного і турбулентного режимів руху в'язкої рідини, критичного числа Рейнольдса. Досвід Рейнольдса.  | 2               | 0,5      |
| 6            | Визначення коефіцієнту тертя і впливу шершавості на по-верхні. Місцеві витрати напору. Гідравлічний розрахунок трубопроводу.                                     | 1               | 0,5      |
| 7            | Визначення опору тертя і тиску. Загальна формула для сили опору. Коефіцієнт опору. Опір добре і погано обтічних тіл.   | 2               | 0,5      |
| 8            | Розрахунок гідроаеродинамічних характеристик плоскої пластинки безконечного розмаху (крила). Підсмоктувача сила Жуковського.                                     | 1               | 0,5      |
| 9            | Вивчення фізичних процесів, які супроводжують явище кавітації. Умови виникнення кавітації. Визначення коефіцієнта місцевого розріджування і кавітаційного числа. | 2               | 0,5      |
| <b>Разом</b> |  | <b>15</b>       | <b>6</b> |

## 5.3 Самостійна робота

| № з/п | Назва теми для самостійного вивчення                   | Кількість годин |        |
|-------|--|-----------------|--------|
|       |  | денна           | заочна |
| 1     | Технічні засоби експериментальної гідромеханіки.       | 0,25            | 1      |
| 2     | Фізичні властивості рідин і газів.                     | 0,25            | 1      |
| 3     | Гідростатика рідини. Гідростатичний парадокс.          | 0,25            | 2      |
| 4     | Вивчення кінематики рідини. Класифікація течій рідини. | 0,25            | 2      |
| 5     | Циркуляція і вихор швидкості.                          | 0,25            | 2      |
| 6     | Інтегрування рівнянь руху.                             | 0,25            | 2      |

| № з/п        | Назва теми для самостійного вивчення   | Кількість годин |           |
|--------------|--|-----------------|-----------|
|              |  | денна           | заочна    |
| 7            | Безвихровий рух ідеальної рідини.  | 0,25            | 2         |
| 8            | Характеристики плоских течій. Функція току і її властивості.   | 0,25            | 2         |
| 9            | Обтікання круглого циліндра із циркуляцією.  | 0,25            | 2         |
| 10           | Використання методу інтегральних рівнянь для розрахунку обтікання тіл довільної форми.   | 0,25            | 2         |
| 11           | Нестаціонарний рух тіла в ідеальній рідині.  | 0,25            | 2         |
| 12           | Загальна характеристика і якості вихрового руху.   | 0,25            | 2         |
| 13           | Ламінарний і турбулентний режими руху в'язкої рідини.  | 0,25            | 2         |
| 14           | Загальна постановка задач динаміки в'язкої рідини.   | 0,25            | 2         |
| 15           | Турбулентний рух рідини в трубці.  | 0,25            | 2         |
| 16           | Основи теорії пограничного шару.   | 0,25            | 2         |
| 17           | Ламінарний пограничний шар на плоскій пластинці.   | 0,25            | 2         |
| 18           | В'язкостний опір тіл. Опір тертя і тиску.  | 0,25            | 2         |
| 19           | Загальні формули для головного вектора і головного моменту, діючих на тіло гідродинамічних сил при його русі у в'язкій рідині. | 0,25            | 2         |
| 20           | Гідроаеродинамічні процеси обтікання крила.  | 0,25            | 2         |
| <b>Разом</b> |  | <b>5</b>        | <b>38</b> |

#### 5.4 Розподіл годин самостійної роботи

| № з/п        | Вид роботи                                      | Кількість годин |           |
|--------------|---|-----------------|-----------|
|              |   | денна           | заочна    |
| 1            | Підготовка до лекційних занять                  | 15              | 6         |
| 2            | Підготовка до практичних робіт                  | 15              | 9         |
| 3            | Підготовка до поточного модульного контролю     | 5               | -         |
| 4            | Вивчення тем, що не входять до лекційного курсу | -               | 38        |
| 5            | Виконання контрольної роботи                    | -               | 20        |
| 6            | Підготовка до екзамену                          | 5               | 5         |
| <b>Разом</b> |   | <b>45</b>       | <b>78</b> |

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

В якості методів навчання для всіх видів занять використовується:

- робота з літературою, як опрацювання різних видів джерел, спрямоване на формування нових знань, їх закріплення, вироблення вмінь і навичок та реалізацію контрольно-корекційної функції в умовах формальної освіти;
- пояснення, як словесне розкриття причинно-наслідкових зв'язків і закономірностей у розвитку природи, людського суспільства і людського

мислення.

Для лекційних занять застосовується:

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

Для практичних занять застосовується:

- практична робота, як метод поглиблення і закріплення теоретичних знань та перевірки наукових висновків.

Для зручної та ефективної організації навчального процесу, зроблено Classroom з навчальної дисципліни, де розташовані навчально-методичні матеріали, завдання до практичних робіт та супроводжувальні матеріали. Доступ до класу надається на першому практичному занятті за університетською електронною поштою.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є:

- звіти з виконання практичної роботи та презентації результатів виконаних практичних робіт на комп'ютері (або письмовий контроль результатів);
- усні відповіді на практичних заняттях та/або письмові відповіді на питання практичних занять, які завантажені до Classroom;
- модульна контрольна робота (для студентів денної форми навчання);
- контрольна робота (для студентів заочної форми навчання);
- залік (письмові відповіді).

З метою роз'яснення найбільш складних питань дисципліни та підвищення якості виконання практичних завдань проводяться групові та індивідуальні консультації за розкладом кафедри.

За окремим розпорядженням адміністрації університету заняття можуть повністю проводитися дистанційно у Classroom.

## **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 підсумкового контролю в загальній системі оцінок – **40 балів**. Право здавати екзамен дається студенту, який 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 практичному 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) під час виконання завдань практичних робіт.

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

### 7.1 Форми контролю результатів навчальної діяльності студентів та їх оцінювання

#### Критерії оцінювання практичних робіт

| Бал | 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 практичну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує розрахунки; в цілому правильно складає звіт та робить висновки.  |
| 3   | Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує практичну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує результат; складає звіт, що містить неточності у висновках та помилки.                    |
| 2   | Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує роботу згідно з інструкцією; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.  |
| 1   | Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує роботу під керівництвом викладача; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.  |
| 0   | Робота не виконувалася  |

#### Критерії оцінювання поточного модульного контролю знань у формі письмового опитування

##### Письмова відповідь (1 питання – 5 балів)

| Бал   | Критерії оцінювання  |
|---|--|
| 5   | Відповідь правильна, повна, логічна, містить аналіз, систематизацію, узагальнення, використані міжпредметні зв'язки, містить аргументовані висновки. |
| 4   | Відповідь в цілому правильна, достатньо повна, логічна; допущені несуттєві помилки та неточності у викладенні матеріалу                              |
| 3   | Відповідь частково правильна, містить неточності, недостатньо обґрунтована.  |
| 2   | Відповідь має суттєві помилки, аргументи несформульовані, використовуються невірна термінологія.   |
| 1   | Відповідь містить значну кількість суттєвих помилок, не обґрунтована.  |
| 0   | Студент не дає відповіді.  |
| Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 15 балів. |  |



### Критерії оцінювання контрольної роботи (для заочної форми)

| Бал | Критерії оцінювання   |
|-----|---|
| 15  | 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. |
| 10  | Робота виконана у встановлений термін. Студент виконує роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує розрахунки; в цілому правильно складає звіт та робить висновки.  |
| 5   | Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує роботу згідно з інструкцією; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.  |
| 0   | Роботу не виконано  |

### Критерії оцінювання підсумкового екзамену

| Бал | Критерії оцінювання  |
|-----|--|
| 40  | Студент відповів на всі питання самостійно без помилок та відповідає на додаткові теоретичні питання без помилок |
| 30  | Студент відповів на всі питання самостійно без помилок, але відповіді на додаткові теоретичні питання не повні   |
| 20  | Студент відповів правильно не на всі питання, проте відповідає на додаткові теоретичні питання без помилок       |
| 10  | Студент відповів на всі питання з помилками, але на додаткові теоретичні питання відповідає без помилок          |
| 0   | Студент не відповів на всі питання і не може відповісти на додаткові теоретичні питання                          |

### Узагальнюючі результати поточного контролю знань

| Форма контролю               | Максимальна кількість балів |                             |
|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                              | Денна форма                 | Заочна форма                |
| Виконання ПР                 | 9 роб. × 5 балів = 45 балів | 9 роб. × 5 балів = 45 балів |
| Поточний модульний контроль  | 1 МКР × 15 балів = 15 балів | -                           |
| Виконання контрольної роботи | -                           | 1 КР × 15 балів = 15 балів  |
| <b>Всього</b>                | <b>60</b>                   | <b>60</b>                   |

## 8. Критерії оцінювання результатів навчання

| №№ змістового модуля і теми |       | Денна форма                 |                 | Заочна форма |                   |
|-----------------------------|-------|-----------------------------|-----------------|--------------|-------------------|
|                             |       | Вид роботи                  | Кількість балів | Вид роботи   | Кількість балів   |
| ЗМ 1.1                      | T1    | -                           | -               | -            | -                 |
|                             | T2    | ПР № 1                      | 5               | ПР № 1       | 5                 |
|                             | T3    | -                           | -               | -            | -                 |
|                             | T4    | -                           | -               | -            | -                 |
|                             | T5    | ПР № 2                      | 5               | ПР № 2       | 5                 |
|                             | T6    | -                           | -               | -            | -                 |
|                             | T7    | ПР № 3                      | 5               | ПР № 3       | 5                 |
|                             | T8    | -                           | -               | -            | -                 |
|                             | T1-T6 | Поточний модульний контроль | 15              |              | -                 |
|                             | T9    | -                           | -               | -            | -                 |
|                             | T10   | ПР № 4                      | 5               | ПР № 4       | 5                 |
|                             | T11   | ПР № 5                      | 5               | ПР № 5       | 5                 |
|                             | T12   | ПР № 6                      | 5               | ПР № 6       | 5                 |
|                             | T13   | ПР № 7                      | 5               | ПР № 7       | 5                 |
|                             | T14   | ПР № 8                      | 5               | ПР № 8       | 5                 |
|                             | T15   | ПР № 9                      | 5               | ПР № 9       | 5                 |
|                             |       | T1-T15                      | -               | -            | Контрольна робота |
| Підсумковий контроль        |       | Екзамен                     | 40              | Екзамен      | 40                |
| <b>Сума</b>                 |       |                             | <b>100</b>      |              | <b>100</b>        |

## 9. Засоби навчання

Технічні засоби навчання: мультимедійний проектор, персональні комп'ютери з підключенням до мережі Інтернет.

При проведенні занять за дистанційною формою навчання (у період карантину) використовуються дистанційні платформи й інформаційно-комунікаційні технології (Moodle, Google Classroom, DingTalk, ZOOM Cloud Meetings, Skype, Viber, WeChat, Telegram, соціальні мережі тощо).

## 10. Рекомендовані джерела інформації

### Основна література

1. Рогалевич Ю.П. Гідромеханіка. Підручник. К.: Вища школа. 2010. 491 с.

2. Кіріс О.В., Лісін В.В. Гідромеханіка. Навчальний посібник. Одеса: ОНМА, 2008. 108 с.

3. Конспект лекцій з дисципліни «Обчислювальна гідроаеромеханіка» [Електронний ресурс] / А.В. Загорулько. Суми : Сумський державний університет, 2019. Режим доступу: <https://elearning.sumdu.edu.ua/s/0b-orm>

#### **Додаткова література**

4. Практичні заняття з дисципліни «Обчислювальна гідроаеромеханіка» [Електронний ресурс] / А.В. Загорулько. Суми : Сумський державний університет, 2019. Режим доступу: <https://elearning.sumdu.edu.ua/s/91-orm>

5. Константинов Ю.М. Гидравлика. Киев: Вища школа, 1981. 360 с

6. Каліон В.А. Обчислювальна гідромеханіка. Рівняння Нав'є - Стокса: навч. посіб. / В.А. Каліон. К.: Київський нац. ун-т ім. Т. Шевченка, 2017. 207 с. Режим доступу: [http://lib.sumdu.edu.ua/library/DocDescription?doc\\_id=694237](http://lib.sumdu.edu.ua/library/DocDescription?doc_id=694237)

#### **Інформаційні ресурси в інтернеті**

7. Numerical fluids mechanics Режим доступу: <https://ocw.mit.edu/courses/mechanical-engineering/2-29-numerical-fluid-mechanics-spring-2015/>

8. Computational method in aerospace engineering Режим доступу: <https://ocw.mit.edu/courses/aeronautics-and-astronautics/16-90-computational-methods-in-aerospace-engineering-spring-2014/>

9. Foundation of computational fluids dynamics Режим доступу: <https://www.classcentral.com/course/swayam-foundation-of-computational-fluid-dynamics-3975>

Розробник,  
старший викладач



В.В. Соценко

## ДОДАТОК

### Питання для модульного контролю

1. Мета і задачі дисципліни «Гідроаеромеханіка».
2. Методи гідроаеромеханіки. Теоретичний і експериментальний методи.
3. Фізичний експеримент в гідроаеромеханіки.
4. Використання методів аналогій (методи ЕГДА, МАГДА і ГАГА).
5. Технічні засоби експериментальної гідромеханіки.
6. Фізичні властивості рідин і газів.
7. Питома маса, кінематичний і динамічний коефіцієнти в'язкості.
8. Поверхні і масові сили та їх характеристики.
9. Загальне рівняння руху рідин.
10. Диференційні рівняння рівноваги рідини, яка знаходиться у спокої.
11. Інтеграл рівнянь рівноваги.
12. Основне рівняння гідростатики.
13. Гідростатичний парадокс. Закон Архімеда.
14. Методи Лагранжа і Ейлера.
15. Класифікація течій рідини.
16. Принцип оберненості і парадокс Дюбуа.
17. Локальне та конвективне прискорення рідинної частки.
18. Потік і дивергенція вектора швидкості.
19. Рівняння суцільності і витрати.
20. Циркуляція і вихор швидкості.
21. Диференційні рівняння руху ідеальної рідини Ейлера і Громеки-Лемба.
22. Початкові і краєві умови.
23. Інтеграл Бернуллі, Громеки, Коші-Лагранжа, Ейлера.
24. Безвихровий рух ідеальної рідини.
25. Умова існування безвихрової течії.
26. Потенціал швидкості і його властивості.
27. Фундаментальна задача динаміки безвихрових течій.
28. Принцип суперпозиції.
29. Потенціали швидкості простих течій для однорідної прямолінійної течії, джерела стоку та вихору.
30. Характеристики плоских течій. Функція току і її властивості.
31. Умова Коші-Рімана.
32. Комплексний потенціал і його властивості.
33. Обтікання круглого циліндра без циркуляції.
34. Комплексний потенціал, поля швидкостей і тиску.
35. Парадокс Даламбера-Ейлера.

36. Обтікання круглого циліндра із циркуляцією.
37. Комплексний потенціал, поля швидкості і тиску.
38. Ефект Магнуса і його використання у техніці.
39. Формули С.О. Чаплигіна для визначення компонент гідравлічної реакції.
40. Нестационарний рух тіла в ідеальній рідині.
41. Поле швидкості, яке створюється рухаючим в рідині тілом.
42. Формула Кірхгофа.
43. Кінетична енергія збудженого руху рідини.
44. Узагальнені приєднані маси.
45. Вихровий рух рідини.
46. Загальна характеристика і якості вихрового руху.
47. Вихрові теорії.
48. Формула Біо і Саваро.
49. В'язкість рідини. Ламінарний і турбулентний режими руху в'язкої рідини.
50. Критичне число Рейнольдса. Досвід Рейнольда.
51. Рівняння Нав'є-Стокса для ламінарних потоків в'язкої рідини.
52. Загальна постановка задач динаміки в'язкої рідини.
53. Початкові і краєві умови. Рівняння Нав'є-Стокса для одномірних потоків.
54. Ламінарний стаціонарний рух рідини на прямолінійній ділянці круглої труби. Формули Пуазейля і Дарсі-Вейсбаха.
55. Турбулентний рух рідини в трубці. Ламінарний підшарок. Коефіцієнт тертя.
56. Вплив шершавості на поверхні. Місцеві витрати напору.
57. Принцип гідравлічного розрахунку трубопроводу. Гідравлічний удар.
58. Основи теорії пограничного шару. Характеристики пограничного шару. Ламінарний пограничний шар на плоскій пластинці.
59. Коефіцієнт опору тертя, формула Блазіуса.
60. Турбулентний пограничний шар на плоскій пластинці.
61. Формула Прандтля-Шліхтинга. В'язкостний опір тіл. Опір тертя і тиску.
62. Загальна формула для сили опору. Коефіцієнт опору. Опір добре і погано обтічних тіл.
63. Умови і критерії гідродинамічної схожості.
64. Методи керування пограничним шаром. Відсос пограничного шару.
65. Гідроаеродинамічні процеси, які супроводжують обтікання крила.

18. Теорема М.Є.Жуковського про під'ємну силу крила. Постулат Чаплигіна-Жуковського.

66. Геометричні, кінематичні та гідродинамічні характеристики крила.

67. Методи гідродинамічного розрахунку крила. Підсмоктуюча сила Жуковського.

68. Особливості обтікання крила кінцевого розмаху. Індуктивні скос потоку і опір крила.

69. Вихровий метод гідродинамічного розрахунку крила кінцевого розмаху.

70. Нелінійність характеристик крила і обчислення його гідроаеродинамічних характеристик.

71. Плоскі прогресивні хвилі і основні закономірності теорії цих хвиль.

72. Основні характеристики хвиль на поверхні рідини кінцевої глибини. Одинокі хвилі.

73. Фізичні процеси, які супроводжують явище кавітації. Умови виникнення кавітації.

74. Коефіцієнт місцевого розріджування. Кавітаційне число.