

# СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

## 1. Загальна інформація про навчальну дисципліну

<b>Повна назва навчальної дисципліни</b>	Обчислювальна гідроаеромеханіка
<b>Повна офіційна назва закладу вищої освіти</b>	Сумський державний університет
<b>Повна назва структурного підрозділу</b>	Факультет технічних систем та енергоефективних технологій. Кафедра комп'ютерної механіки імені Володимира Марцинковського
<b>Розробник(и)</b>	Загорулько Андрій Васильович
<b>Рівень вищої освіти</b>	Другий рівень вищої освіти, НРК – 7 рівень, QF-LLL – 7 рівень, FQ-EHEA – другий цикл
<b>Семестр вивчення навчальної дисципліни</b>	8 тижнів протягом 3-го семестру
<b>Обсяг навчальної дисципліни</b>	Обсяг навчальної дисципліни становить 5 кредитів ЄКТС, 150 годин, з яких 80 годин становить контактна робота з викладачем (32 годин лекцій, 48 години практичних робіт), 70 години становить самостійна робота.
<b>Мова викладання</b>	Українська

## 2. Місце навчальної дисципліни в освітній програмі

<b>Статус дисципліни</b>	Обов'язкова навчальна дисципліна для освітньої програми "Комп'ютерна механіка"
<b>Передумови для вивчення дисципліни</b>	3d моделювання, САД системи в машинобудуванні
<b>Додаткові умови</b>	Додаткові умови відсутні
<b>Обмеження</b>	Обмеження відсутні

## 3. Мета навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є досягнення студентами сучасного конструктивного, фундаментального мислення та системи знань про закони руху рідин і газу, а також про силову взаємодію між рідиною і обтікаючими нею тілами і обмежуючими її поверхнями, сучасних методів дослідження течії рідини та газу, та в набутті вмінь застосування цих знань при конструюванні гідравлічних машин, компресорів та ін., використовуючи сучасні інформаційні технології та прикладне комп'ютерне програмне забезпечення.

## 4. Зміст навчальної дисципліни

<p>Тема 1 Гідростатичний тиск</p> <p>Основне рівняння гідростатики. Предмет аерогідромеханіки. Основні фізичні властивості рідин та газів. Сили, що діють в рідині. Гідростатичний тиск та його властивості. Диференціальні рівняння рівноваги рідини (рівняння Ейлера). Основне диференціальне рівняння гідростатики. Основне рівняння гідростатики. Закон Паскаля. Абсолютний та манометричний тиск. Закон розподілу тиску в газах. Відносний спокій рідини. Сила тиску рідини на плоску стінку. Сила тиску рідини на плоску стінку. Гідростатичний парадокс. Сила тиску рідини на криволінійну поверхню. Сила тиску рідини на криволінійну поверхню. Закон Архімеда.</p>
<p>Тема 2 Кінематика рідини</p> <p>Два методи опису руху рідини. Основні кінематичні поняття (поле швидкості, лінія течії, траєкторія, поверхня течії, трубка течії, струйка течії, живий перетин, потік вектора швидкості). Функція течії. Потенціал швидкості. Рівняння суцільності. Витрата рідини. Теорема Коші-Гельмгольца про розклад швидкості частинки рідини. Теорема Гельмгольца. Теорема Стокса.</p>
<p>Тема 3 Рівняння руху ідеальної рідини</p> <p>Рівняння руху ідеальної рідини. Рівняння Ейлера у формі Громека. Інтегрування рівнянь руху ідеальної рідини (інтеграли: Ейлера, Лагранжа, Бернуллі). Геометричне трактування рівняння Бернуллі. Енергетичний зміст рівняння Бернуллі.</p>
<p>Тема 4 Рівняння Бернуллі для ідеального газу</p> <p>Рівняння Бернуллі для ідеального газу (ізотермічний рух газу, адіабатичний рух газу). Рівняння Сен-Венана і Вантцеля.</p>
<p>Тема 5 Рівняння кількості руху рідини.</p> <p>Рівняння кількості руху рідини. Сила дії потоку рідини на стінку криволінійного каналу. Сила дії потоку рідини на плоску стінку.</p>
<p>Тема 6 Диференціальні рівняння руху в'язкої рідини</p> <p>Напруження у в'язкій рідині. Властивості напружень поверхневих сил. Рівняння руху рідини в напруженнях. Диференціальні рівняння руху в'язкої рідини (рівняння Нав'є-Стокса).</p>
<p>Тема 7 Рівняння Рейнольдса для розвинутого турбулентного руху нестисливої рідини</p> <p>Рівняння Рейнольдса для розвинутого турбулентного руху нестисливої рідини. Деякі гіпотези про турбулентні напруження.</p>
<p>Тема 8 Рівняння Бернуллі для струйки та потоку в'язкої нестисливої рідини</p> <p>Одновимірний рух в'язкої рідини. Геометрична трактовка рівняння Бернуллі для потоку в'язкої рідини.</p>

## 5. Очікувані результати навчання навчальної дисципліни

Після успішного вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти зможе:

РН1	знати основні закони руху та рівноваги рідини, основні моделі рідини, основні параметри, що характеризують рух рідини та їх фізичний зміст
-----	--

PH2	застосовувати закони руху і рівноваги рідини при розв'язанні практичних задач
PH3	уміти ставити і вирішувати задачі течії рідини при конструюванні сучасних складних машин, елементами яких є проточна частина і допоміжні тракти, в яких рухається рідина або газ (гідравлічних машин, компресорів, вентиляторів та ін.)
PH4	володіти та поглиблювати навички використання сучасних математичних, наукових та експериментальних методів досліджень, інформаційних технологій, прикладного програмного забезпечення при вирішенні інженерних та наукових задач

## 6. Роль навчальної дисципліни у досягненні програмних результатів

Програмні результати навчання, досягнення яких забезпечує навчальна дисципліна.  
Для спеціальності 131 Прикладна механіка:

ПР3	Продемонструвати вміння виконувати моделювання, статичний та динамічний аналізи конструкцій, механізмів, матеріалів та процесів на стадії проектування з використанням сучасних комп'ютерних систем.
ПР4	Показати теоретичні знання і практичні навички використання сучасних методів пошуку оптимальних параметрів технічних систем засобами системного аналізу, математичного, імітаційного та комп'ютерного моделювання, зокрема і за умов неповної та суперечливої інформації.

## 7. Види навчальних занять та навчальної діяльності

### 7.1 Види навчальних занять

<b>Тема 1. Гідростатичний тиск</b>	
Лк1 "Гідростатичний тиск." (денна)	Основне рівняння гідростатики. Предмет аерогідромеханіки. Основні фізичні властивості рідин та газів. Сили, що діють в рідині. Гідростатичний тиск та його властивості. Диференціальні рівняння рівноваги рідини (рівняння Ейлера). Основне диференціальне рівняння гідростатики. Основне рівняння гідростатики. Закон Паскаля. Абсолютний та манометричний тиск. Закон розподілу тиску в газах. Відносний спокій рідини.
Лк2 "Сила тиску рідини на плоску стінку" (денна)	Сила тиску рідини на плоску стінку. Гідростатичний парадокс. Сила тиску рідини на криволінійну поверхню. Сила тиску рідини на криволінійну поверхню. Закон Архімеда.
Пр1 "1" (денна)	Основне рівняння гідростатики. Сила тиску рідини на плоску та криволінійну поверхню.
Пр2 "2" (денна)	Основне рівняння гідростатики. Сила тиску рідини на плоску та криволінійну поверхню.

<p>Пр3 "3" (денна)</p> <p>Основне рівняння гідростатики. Сила тиску рідини на плоску та криволінійну поверхню.</p>
<p><b>Тема 2. Кінематика рідини</b></p>
<p>Лк3 "Кінематика рідини" (денна)</p> <p>Два методи опису руху рідини. Основні кінематичні поняття (поле швидкості, лінія течії, траєкторія, поверхня течії, трубка течії, струйка течії, живий перетин, потік вектора швидкості).</p>
<p>Лк4 "Кінематика рідини" (денна)</p> <p>Кінематика рідини. Функція течії. Потенціал швидкості. Рівняння суцільності. Витрата рідини. Теорема Коші-Гельмгольца про розклад швидкості частинки рідини. Теорема Гельмгольца. Теорема Стокса.</p>
<p>Пр4 "4" (денна)</p> <p>Кінематика рідини.</p>
<p>Пр5 "5" (денна)</p> <p>Кінематика рідини.</p>
<p>Пр6 "6" (денна)</p> <p>Кінематика рідини.</p>
<p><b>Тема 3. Рівняння руху ідеальної рідини</b></p>
<p>Лк5 "Рівняння руху ідеальної рідини" (денна)</p> <p>Рівняння руху ідеальної рідини. Рівняння Ейлера у формі Громека.</p>
<p>Лк6 "Рівняння руху ідеальної рідини" (денна)</p> <p>Інтегрування рівнянь руху ідеальної рідини (інтегралі: Ейлера, Лагранжа, Бернуллі). Геометричне трактування рівняння Бернуллі. Енергетичний зміст рівняння Бернуллі.</p>
<p>Пр7 "7" (денна)</p> <p>Рівняння руху ідеальної рідини.</p>
<p>Пр8 "8" (денна)</p> <p>Рівняння руху ідеальної рідини.</p>
<p>Пр9 "9" (денна)</p> <p>Рівняння руху ідеальної рідини.</p>
<p><b>Тема 4. Рівняння Бернуллі для ідеального газу</b></p>

Лк7 "Рівняння Бернуллі для ідеального газу" (денна) Рівняння Бернуллі для ідеального газу (ізотермічний рух газу, адіабатичний рух газу).
Лк8 "Рівняння Сен-Венана і Вантцеля" (денна) Рівняння Сен-Венана і Вантцеля.
Пр10 "10" (денна) Рівняння Бернуллі.
Пр11 "11" (денна) Рівняння Бернуллі.
Пр12 "12" (денна) Рівняння Бернуллі.
<b>Тема 5. Рівняння кількості руху рідини.</b>
Лк9 "Рівняння кількості руху рідини" (денна) Рівняння кількості руху рідини.
Лк10 "Рівняння кількості руху рідини" (денна) Сила дії потоку рідини на стінку криволінійного каналу. Сила дії потоку рідини на плоску стінку.
Пр13 "13" (денна) Сила дії потоку рідини на стінку криволінійного каналу.
Пр14 "14" (денна) Сила дії потоку рідини на стінку криволінійного каналу.
Пр15 "15" (денна) Сила дії потоку рідини на стінку криволінійного каналу.
<b>Тема 6. Диференціальні рівняння руху в'язкої рідини</b>
Лк11 "Диференціальні рівняння руху в'язкої рідини" (денна) Напруження у в'язкій рідині. Властивості напружень поверхневих сил. Рівняння руху рідини в напруженнях.
Лк12 "Диференціальні рівняння руху в'язкої рідини" (денна) Диференціальні рівняння руху в'язкої рідини (рівняння Нав'є-Стокса).
Пр16 "16" (денна) Диференціальні рівняння руху в'язкої рідини (рівняння Нав'є-Стокса).

<p>Пр17 "17" (денна) Диференціальні рівняння руху в'язкої рідини (рівняння Нав'є-Стокса).</p>
<p>Пр18 "18" (денна) Диференціальні рівняння руху в'язкої рідини (рівняння Нав'є-Стокса).</p>
<p><b>Тема 7. Рівняння Рейнольдса для розвинутого турбулентного руху нестисливої рідини</b></p>
<p>Лк13 "Рівняння Рейнольдса для розвинутого турбулентного руху нестисливої рідини" (денна) Рівняння Рейнольдса для розвинутого турбулентного руху нестисливої рідини.</p>
<p>Лк14 "Рівняння Рейнольдса для розвинутого турбулентного руху нестисливої рідини" (денна) Деякі гіпотези про турбулентні напруження.</p>
<p>Пр19 "19" (денна) Рівняння Рейнольдса для розвинутого турбулентного руху нестисливої рідини.</p>
<p>Пр20 "20" (денна) Рівняння Рейнольдса для розвинутого турбулентного руху нестисливої рідини.</p>
<p>Пр21 "21" (денна) Рівняння Рейнольдса для розвинутого турбулентного руху нестисливої рідини.</p>
<p><b>Тема 8. Рівняння Бернуллі для струйки та потоку в'язкої нестисливої рідини</b></p>
<p>Лк15 "Рівняння Бернуллі для струйки та потоку в'язкої нестисливої рідини" (денна) Рівняння Бернуллі для струйки та потоку в'язкої нестисливої рідини.</p>
<p>Лк16 "Одновимірний рух в'язкої рідини" (денна) Геометрична трактовка рівняння Бернуллі для потоку в'язкої рідини.</p>
<p>Пр22 "22" (денна) Рівняння Бернуллі для струйки та потоку в'язкої нестисливої рідини.</p>
<p>Пр23 "23" (денна) Рівняння Бернуллі для струйки та потоку в'язкої нестисливої рідини.</p>
<p>Пр24 "24" (денна) Рівняння Бернуллі для струйки та потоку в'язкої нестисливої рідини.</p>

## 7.2 Види навчальної діяльності

НД1	Підготовка до лекцій
НД2	Робота на практичних заняттях над індивідуальними і комплексними задачами, їх захист у виді письмового звіту або презентації
НД3	Виконання розрахункової роботи - кейс-завдання, що включає чисельний розрахунок статичних (силових та витратних) та динамічних характеристик вузла відцентрової машини

## 8. Методи викладання, навчання

Дисципліна передбачає навчання через:

МН1	Інтерактивні лекції, лекції-обговорення та лекції-демонстрації - надають студентам широку теоретичну базу з теорії обчислюваної гідроаеромеханіки, що є основою для самостійного навчання здобувачів вищої освіти (РН 1, РН2, РН3).
МН2	Практичні заняття, використовуючи індивідуальну та групову форму роботи над аналізом та розв'язанням конкретних задач, а також практики-відеоконференції, під час яких студенти повторюють роботу викладача стосовно до конкретної задачі, отримуючи навички роботи з певним програмним комплексом. Практичні заняття доповнюють лекційний матеріал і надають студентам можливість застосовувати теоретичні знання на практичних прикладах (РН 2, РН 3, РН 4).
МН3	Практико-орієнтоване навчання (РР) (кейс-завдання) передбачає розв'язок комплексу пов'язаних задач, для розв'язання яких використовуються знання, набуті з дисциплін спеціальності, що є передумовою викладання даного курсу (РН1–РН4).

Самостійному навчанню сприятиме підготовка до лекцій, практичних занять, а також індивідуальна робота та робота в невеликих групах при оволодінні навичок роботи з сучасними комп'ютерними комплексами, підготовка звіту про виконання завдань практико-орієнтованого навчання, що розвиває навички самостійного навчання, критичного аналізу, синтезу та аналітичного мислення. Самостійній роботі студента також сприятиме використання електронних засобів навчання ([mix.sumdu.edu.ua](http://mix.sumdu.edu.ua), [ocw.mit.edu](http://ocw.mit.edu) та інші).

Під час проведення занять студенти отримують навички комунікації, вміння працювати в команді, здатність логічно і системно мислити, креативність; навички письмової комунікації, аргументовано висловлювати свої думки. Підготовка до виконання РГР допоможе студентам розвивати та реалізувати навички логічного та системного мислення. Підготовка до лабораторних робіт розвиває у студентів навички до синтезу та аналізу інформації, висловлення думок у письмовій та усній формі.

## 9. Методи та критерії оцінювання

### 9.1. Критерії оцінювання

Визначення	Чотирибальна національна шкала оцінювання	Рейтингова бальна шкала оцінювання
------------	---	------------------------------------

Відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	5 (відмінно)	$90 \leq RD \leq 100$
Вище середнього рівня з кількома помилками	4 (добре)	$82 \leq RD < 89$
Загалом правильна робота з певною кількістю помилок	4 (добре)	$74 \leq RD < 81$
Непогано, але зі значною кількістю недоліків	3 (задовільно)	$64 \leq RD < 73$
Виконання задовольняє мінімальні критерії	3 (задовільно)	$60 \leq RD < 63$
Можливе повторне складання	2 (незадовільно)	$35 \leq RD < 59$
Необхідний повторний курс з навчальної дисципліни	2 (незадовільно)	$0 \leq RD < 34$

### 9.2 Методи поточного формативного оцінювання

МФО1	Опитування та усні коментарі викладача за його результатами
МФО2	Настанови викладачів в процесі виконання практичних завдань
МФО3	Самооцінювання поточного тестування
МФО4	Обговорення та взаємооцінювання студентами під час розв'язання практичних задач

### 9.3 Методи підсумкового сумативного оцінювання

МСО1	Аудиторна робота (методи вирішення задачі, презентація, обговорення)
МСО2	Контрольна робота (тести, задачі)
МСО3	Індивідуальне завдання (виконання, звіт, презентація, захист)
МСО4	Розгляд розв'язків тестових прикладів
МСО5	Розв'язання практичних завдань
МСО6	Індивідуальне завдання

Контрольні заходи:

<b>3 семестр</b>	<b>100 балів</b>
МСО1. Аудиторна робота (методи вирішення задачі, презентація, обговорення)	<b>30</b>
	30
МСО2. Контрольна робота (тести, задачі)	<b>30</b>
	30
МСО3. Індивідуальне завдання (виконання, звіт, презентація, захист)	<b>40</b>
	40

Контрольні заходи в особливому випадку:

<b>3 семестр</b>	<b>100 балів</b>
------------------	------------------

МСО4. Розгляд розв'язків тестових прикладів	<b>30</b>
	30
МСО5. Розв'язання практичних завдань	<b>30</b>
	30
МСО6. Індивідуальне завдання	<b>40</b>
	40

Форма підсумкового контролю – модульний контроль, що проводиться у письмовій формі за тестовими технологіями. Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни студент повинен набрати не менше ніж 60% з кожного виду оцінювання. Студент, який протягом навчального періоду виконав всі заплановані види навчальної роботи та за наслідками модульних атестацій набрав необхідну, яка відповідає позитивній оцінці, кількість рейтингових балів не менше 60, отримує семестрову оцінку у відповідності до набраних рейтингових балів. Складання заходу підсумкового семестрового контролю з метою підвищення позитивної оцінки не здійснюється. Студент, який протягом поточної роботи не набрав кількість рейтингових балів, що відповідає позитивній оцінці, але не менше 35 балів, зобов'язаний скласти захід підсумкового семестрового контролю, яке здійснюється після завершення останнього модульно-атестаційного циклу у семестрі або екзаменаційної сесії, якщо вона передбачена, за додатковою відомістю семестрової атестації (першою незадовільною оцінкою вважається та, що отримана за наслідками модульних атестацій, яка виставляється в основну відомість семестрової атестації). Студент має право на два складання ПСК: викладачу та комісії. У разі незадовільного складання підсумкового семестрового контролю комісії студент отримує оцінку «незадовільно» («F» за шкалою ECTS) і відраховується з університету. При успішному складанні заходу підсумкового семестрового контролю використовується оцінка «задовільно», яка засвідчує виконання студентом мінімальних вимог без урахування накопичених балів («E» за шкалою ECTS) із визначенням рейтингового балу 60. Студент, який за наслідками модульних атестацій набрав менше 35 рейтингових балів, не допускається до підсумкового семестрового контролю, отримує оцінку «незадовільно» (за шкалою ECTS – «F») і відраховується з університету.

## 10. Ресурсне забезпечення навчальної дисципліни

### 10.1 Засоби навчання

ЗН1	Креслення елементів машин
ЗН2	Мультимедійна та проекційна апаратура
ЗН3	Комп'ютерного обладнання
ЗН4	Програмні комплекси (Autodesk Inventor Student 2019, ANSYS Academic Research CFD 12.1, ANSYS Student 19.2, OpenFoam 5.0)

### 10.2 Інформаційне та навчально-методичне забезпечення

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

2	Практичні заняття з дисципліни «Обчислювальна гідроаеромеханіка» [Електронний ресурс] / А.В. Загорулько. - Суми : Сумський державний університет, 2019. Режим доступу: <a href="https://elearning.sumdu.edu.ua/s/91-ogr">https://elearning.sumdu.edu.ua/s/91-ogr</a>
<b>Допоміжна література</b>	
3	Каліон, В. А. Обчислювальна гідромеханіка. Рівняння Нав'є - Стокса [Текст] : навч. посіб. / В. А. Каліон. – К. : Київський нац. ун-т ім. Т. Шевченка, 2017. – 207 с. ( <a href="http://lib.sumdu.edu.ua/library/DocDescription?doc_id=694237">http://lib.sumdu.edu.ua/library/DocDescription?doc_id=694237</a> )
<b>Інформаційні ресурси в Інтернеті</b>	
4	Numerical fluids mechanics ( <a href="https://ocw.mit.edu/courses/mechanical-engineering/2-29-numerical-fluid-mechanics-spring-2015/">https://ocw.mit.edu/courses/mechanical-engineering/2-29-numerical-fluid-mechanics-spring-2015/</a> )
5	Foundation of computational fluids dynamics ( <a href="https://www.classcentral.com/course/swayam-foundation-of-computational-fluid-dynamics-3975">https://www.classcentral.com/course/swayam-foundation-of-computational-fluid-dynamics-3975</a> )