**Силабус освітнього компонента**
Програма навчальної дисципліни

# Моделювання потоків рідини в механічних системах

**Шифр та назва спеціальності**
G9 – Прикладна механіка

**Інститут**
ННІ Механічної інженерії і транспорту

**Спеціалізація**

**Кафедра**
Технологія машинобудування та металорізальні верстати (146)

**Освітня програма**
Інженерія технологічних та логістичних систем

**Тип дисципліни**
Обов'язкова

**Рівень освіти**
Другий (магістерський)

**Форма навчання**
Денна,

**Семестр**
2

**Мова викладання**
Українська

## Викладачі, розробники

**Степанов Михайло Сергійович**

mykhaylo.stepanov@khpi.edu.ua
Доктор технічних наук, професор, професор кафедри "Технологія машинобудування та металорізальні верстати"

Автор та співавтор більш ніж 150 наукових публікацій, посібників та патентів. Курси "Сучасні технології в прикладній механіці", "Гідравліка", "Верстатні пристрої", "Прецизійне обладнання", "Технологічні основи машинобудування". Захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук «Наукові основи використання змащувально-охолоджувальних рідин для підвищення ефективності технологічних систем шліфування».

Детальніше про викладача на сайті кафедри

## Загальна інформація

### Анотація

Дисципліна охоплює вивчення основних принципів та методів моделювання гідродинамічних процесів, що відбуваються у різноманітних механічних системах. Курс надає знання про особливості поведінки рідини, враховуючи ламінарні та турбулентні режими течії, вплив межових умов та проточних частин на потоки. ЗВО знайомляться з математичними моделями, що описують потоки рідини, зокрема рівняннями Нав'є-Стокса, та навчаються застосовувати числові методи для їх розв'язання. Особлива увага приділяється комп’ютерному моделюванню із використанням спеціалізованих програмних засобів, що дозволяють досліджувати поведінку потоків у складних геометричних об’ємах. Вивчення дисципліни сприяє розвитку навичок проєктування і оптимізації механічних систем з метою підвищення їх ефективності, зниження енергоспоживання та зменшення зносу деталей, що контактують з рідиною

### Мета та цілі дисципліни

Метою вивчення дисципліни "Моделювання потоків рідини в механічних системах" є оволодіння знаннями та навичками щодо аналізу й оптимізації процесів руху рідини у механічних системах. Курс зосереджується на методах математичного та комп'ютерного моделювання, що дозволяють досліджувати гідродинамічні процеси, розраховувати параметри потоку та взаємодію рідини з елементами конструкцій. Такі знання є критично важливими для забезпечення ефективної роботи систем, мінімізації втрат енергії та поліпшення роботи обладнання.

### Формат занять

Лекції, практичні заняття, консультації, самостійна робота. Підсумковий контроль – екзамен.

### Компетентності

ЗК6. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
ФК2. Здатність описати, класифікувати та змоделювати широке коло технічних об’єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні теорій та практик механічної інженерії, а також знаннях суміжних наук.

### Результати навчання

РН1 Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання новітніх методів та методик проєктування, аналізу і дослідження конструкцій, машин та/або процесів в галузі машинобудування та суміжних галузях знань;
РН2 Розробляти і ставити на виробництво нові види продукції, зокрема виконувати дослідно-конструкторські роботи та/або розробляти технологічне забезпечення процесу їх виготовлення;
РН4 Використовувати сучасні методи оптимізації параметрів технічних систем засобами системного аналізу, математичного та комп’ютерного моделювання, зокрема за умов неповної та суперечливої інформації

### Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (4 кредитів ECTS): лекції – 32 год., практичні заняття – 16 год., самостійна робота – 72 год.

### Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Закінчена вища освіта за рівнем бакалавр; Моделювання процесів, виробів, оснащення; Основи наукових досліджень

### Особливості дисципліни, методи та технології навчання

На лекціях використовуються відеоматеріали, інтерактивні методики, логічні методи, відбувається робота з науковою літературою, складання графічних схем і таблиць. Для придбання навичок самостійної роботи на лабораторних заняттях кожний студент у процесі навчання виконує завдання творчого характеру.

## Програма навчальної дисципліни

### Навчальні заняття

**Лекції**

| Теми лекцій | Кількість годин |
|---|---|
| **Тема 1. Вступ до числових методів та методик, що використовуються в інженерній діяльності**<br>Числові методи, Автоматизовані системи проєктування виробів | 6 |

| | |
|---|---|
| **Тема 2. Сітки**<br>Загальна теорія побудови сіток, Побудова неструктурованих сіток, Призматичні пристінні шари, Піраміди, призми та переходи від пристінних шарів до основної сітки, Гексаедральні елементи | 12 |
| **Тема 3. Основні рівняння гідродинаміки**<br>Рівняння збереження, Рівняння збереження енергії, Граничні умови та припущення при моделюванні | 8 |
| **Тема 4. Моделі турбулентності**<br>Турбулентна в'язкість, Використання моделі турбулентної в'язкості, $k-\varepsilon$ модель турбулентності | 6 |
| **Загальна кількість годин** | **32** |

## Практичні заняття

| Теми практичних/семінарських занять | Кількість годин | Вагові коефіцієнти $a$ |
|---|---|---|
| **Тема 1. Розрахунок течії в каналі** | 4 | 1,0 |
| **Тема 2. Методи побудови сіток** | 4 | 1,0 |
| **Тема 3. Розрахунок передачі теплоти від газу до води через тверді стінки труби**<br>Виконання сполученого аналізу температури та міцності стінок змішувача | 4 | 1,0 |
| **Тема 4. Розрахунок гідромашин**<br>Проектування відцентрового насоса, розрахунок течії в ньому та його характеристики | 4 | 1,0 |
| **Загальна кількість годин** | **16** | $\sum_{i=1}^{n} a_i = 4$ |

## Лабораторні заняття

Не передбачені навчальним планом

## Контрольні роботи

Не передбачені

## Самостійна робота

До самостійної роботи відноситься самостійне опрацювання теоретичного матеріалу та виконання індивідуального завдання.

## Опрацювання теоретичного матеріалу

| Теми для самостійного вивчення | Кількість годин |
|---|---|
| **Тема 1. Вступ до числових методів та методик, що використовуються в інженерній діяльності**<br>Числові методи, Автоматизовані системи проєктування виробів | 15 |
| **Тема 2. Сітки**<br>Загальна теорія побудови сіток, Побудова неструктурованих сіток, Призматичні пристінні шари, Піраміди, призми та переходи від пристінних шарів до основної сітки, Гексаедральні елементи | 15 |

| | |
|---|---|
| **Тема 3. Основні рівняння гідродинаміки**<br>Рівняння збереження, Рівняння збереження енергії, Граничні умови та припущення при моделюванні | 15 |
| **Тема 4. Моделі турбулентності**<br>Турбулентна в'язкість, Використання моделі турбулентної в'язкості, $k-\varepsilon$ модель турбулентності | 15 |
| **Загальна кількість годин** | **60** |

**Тематика індивідуальних завдань**

Розрахунково-графічна робота включає в себе чотири розрахунки у програмному середовищі Ansys за темами лабораторних робіт. Строки виконання - до останнього заняття в семестрі.

Теми індивідуального завдання

| | |
|---|---|
| **Тема 1. Розрахунок течії в каналі**<br>Розрахувати коефіцієнт місцевих опорів | |
| **Тема 2. Методи побудови сіток**<br>Побудувати сітку для заданої геометрії | |
| **Тема 3. Розрахунок передачі теплоти від газу до води через тверді стінки труби**<br>Виконати сполучений розрахунок змішувача | |
| **Тема 4. Розрахунок гідромашин**<br>Спроектувати відцентровий насос на задані параметри | |
| **Загальна кількість годин** | **12** |

## Неформальна освіта

Здобувач має можливість перезарахувати окремі теми або курс шляхом: проходження професійних курсів чи тренінгів, онлайн-освіти, професійних стажувань, у сфері, що відповідає навчальним цілям дисципліни.
Для зарахування необхідно надати: сертифікат (електронний або друкований) про проходження курсу/стажування, опис програми тренінгу із зазначенням змісту тем, обсягу та тривалості.

### Рекомендовані курси, тренінги, стажування

1. https://confluence.cornell.edu/spaces/SIMULATION/pages/85623280/FLUENT+Learning+Modules
2. https://innovationspace.ansys.com/learning-library/?new_view_mode%5B%5D=free-courses&new_view_mode%5B%5D=partner-courses&warehouse_source%5B%5D=Course&warehouse_source%5B%5D=Tidbits&warehouse_source%5B%5D=Partner
3. Онлайн-курс «What are fluids?»
https://innovationspace.ansys.com/product/what-are-fluids/....
4. Онлайн-курс «Governing Equations of Fluids»
https://innovationspace.ansys.com/product/governing-equations-of-fluids/
5. Онлайн-курс «Introduction to Ansys Fluent»
https://innovationspace.ansys.com/product/intro-to-ansys-fluent/
6. Онлайн-курс «Basics of Turbulent Flows»
https://innovationspace.ansys.com/product/basics-of-turbulent-flows/

## Література, навчальні матеріали та інформаційні ресурси

### Основна література

1. Роговий А.С. Використання методів числового вирішення задач інженерного аналізу: навчальний посібник / А.С. Роговий. – Харків: ХНАДУ, 2019. –112 с.
2. Tu, J., Yeoh, G. H., & Liu, C. (2018). Computational fluid dynamics: a practical approach. Butterworth-Heinemann.
3. Sharma, A. (2021). Introduction to computational fluid dynamics: development, application and analysis. Springer Nature.
4. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни "Моделювання течії рідини у проточній частині гідромашин" [Електронний ресурс] : для студентів денної та заочної форм навчання за спец. 131 "Прикладна механіка", освітня програма "Прикладна механіка" / уклад.: Роговий А. С., Панамарьова О. Б. ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Електрон. текст. дані. – Харків : НТУ "ХПІ", 2024. – 56 с. – URI: https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/82235
5. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни "Математичне моделювання робочого процесу гідравлічних машин" [Електронний ресурс] : для студентів денної та заочної форм навчання за спец. 131 "Прикладна механіка", освітня програма "Прикладна механіка" / уклад.: Роговий А. С., Панамарьова О. Б. ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Електрон. текст. дані. – Харків : НТУ "ХПІ", 2024. – 60 с. – URI: https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/81095

### Додаткова література

1. Blazek, J. (2015). Computational fluid dynamics: principles and applications. Butterworth-Heinemann.
2. Anderson, D., Tannehill, J. C., Pletcher, R. H., Munipalli, R., & Shankar, V. (2020). Computational fluid mechanics and heat transfer. CRC press.
3. Montomoli, F., Carnevale, M., D'Ammaro, A., Massini, M., & Salvadori, S. (2015). Uncertainty quantification in computational fluid dynamics and aircraft engines (pp. 1-90). New York: Springer International Publishing.
4. Kajishima, T., & Taira, K. (2016). Computational fluid dynamics: incompressible turbulent flows. Springer.
5. Matsson, J. E. (2022). An introduction to ANSYS fluent 2022. Sdc Publications.

### Інформаційні ресурси

1. https://www.ansys.com/academic/learning-resources/online-masters-degree

2. https://learning.edx.org/course/course-v1:CornellX+ENGR2000X+1T2018/home
3. https://www.youtube.com/@AnsysHowTo
4. https://www.youtube.com/@AnsysTutor
5. https://www.youtube.com/@ansysinc

## Система оцінювання

| Поточний контроль (практичні, семінарські, лабораторні заняття), $k_1$ | Контрольні роботи (за наявності), $k_2$ | Індивідуальне завдання (за наявності), $k_3$ | Підсумковий контроль (для ОК з іспитом), $k_4$ |
|---|---|---|---|
| 0,6 | - | 0,3 | 0,1 |

Сума коефіцієнтів повинна складати одиницю: $k_1 + k_2 + k_3 + k_4 = 1$. Підбір вагових коефіцієнтів підсумкової оцінки здійснює розробник курсу.
Розрахунок підсумкової оцінки проводиться за формулою:

$$O = П \cdot k_1 + К \cdot k_2 + І \cdot k_3 + Пк \cdot k_4$$

де: $П$ – середньозважена середня оцінка за поточний контроль
$І$ – оцінка за виконання індивідуального завдання
$К$ – середньозважена оцінка за контрольні роботи
$Пк$ – оцінка за підсумковий контроль

$$П = \frac{П_1 \cdot a_1 + П_2 \cdot a_2 + \ldots + П_n \cdot a_n}{\sum_{i=1}^{n} a_i}$$

де: $a_i$ - ваговий коефіцієнт за кожне практичне (семінарське) або лабораторне заняття.

$$К = \frac{К_1 \cdot b_1 + К_2 \cdot b_2 + \ldots + К_m \cdot b_m}{\sum_{i=1}^{m} b_i}$$

де: $b_i$ - ваговий коефіцієнт за кожну контрольну роботу.

Поточні оцінки за кожну складову ($П$, $К$, $І$,... ) виставляються за 100-бальною шкалою згідно з положенням «Про критерії та систему оцінювання знань та вмінь і про рейтинг здобувачів вищої освіти» НТУ «ХПІ».

Підсумкова оцінка виставляється відповідно до розрахованої О з округленням до найближчого цілого числа в більшу сторону.

**Шкала оцінювання**

| Сума балів | Національна оцінка | ECTS |
|---|---|---|
| 90–100 | Відмінно | A |
| 82–89 | Добре | B |
| 75–81 | Добре | C |
| 64–74 | Задовільно | D |
| 60–63 | Задовільно | E |
| 35–59 | Незадовільно (потрібне додаткове вивчення) | FX |
| 1–34 | Незадовільно (потрібне повторне вивчення) | F |

## Норми академічної етики і політика курсу

Здобувач вищої освіти повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту.
Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/

## Погодження

Силабус погоджено 30.08.2026

**Завідувач кафедри**
Олександр ПЕРМЯКОВ

30.08.2026

**Гарант ОП**
Сергій ГУБСЬКИЙ