



Силабус освітнього компонента
Програма навчальної дисципліни



Гідрогазодинаміка, термодинаміка та теплотехніка з елементами CFD (computer fluid dynamic)

Шифр та назва спеціальності

Інститут

ІНІ Механічної інженерії і транспорту

Спеціалізація

Кафедра

Хімічна техніка та промислова екологія (154)

Освітня програма

Тип дисципліни

Вибіркова

Рівень освіти

Перший (бакалаврський)

Форма навчання

Денна, заочна

Семестр

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Манойло Євгенія Володимирівна

levgeniia.Manoilo@khpi.edu.ua

К.т.н., доцент, доцент кафедри хімічної техніки та промислової екології

Досвід роботи – 20 років.

Автор понад 50 наукових та навчально-методичних праць.

Провідний лектор з дисциплін: «Вступ до фаху», «Інформаційні технології в інженерній діяльності», «Основи проектування промислових об'єктів з використанням САПР», «Теорія технічних систем»

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Дисципліна спрямована на формування у студентів уявлення про закони рівноваги і закони руху рідких та газоподібних речовин у технологічних системах, основних законів термодинаміки, принципів розрахунку технологічних систем у системах комп'ютерної інженерії (CAE).

Мета та цілі дисципліни

Метою курсу є формування у майбутніх спеціалістів сучасного рівня умінь та компетенцій для застосування основних теоретичних знань та положень гідрогазодинаміки, термодинаміки і теплотехніки у природоохоронній діяльності. Оволодіння сучасними інформаційними технологіями для реалізації методів CFD.

Формат занять

Лекції, лабораторні роботи, консультації. Підсумковий контроль - залік.

Компетентності

Використовувати концептуальні знання, включаючи сучасні теорії, підходи, принципи, фундаментальні знання з біології, хімії, фізики, математики, біотехнології та фахових і прикладних інженерно-технологічних дисциплін для моделювання та вирішення конкретних природозахисних задач.

Результати навчання

Вміти застосовувати теоретичні та практичні основи гідро-, газо- та термодинаміки при обґрунтуванні енерго- та природоохоронного обладнання. Виконувати розрахунки параметрів гідрогазодинамічних процесів, що розглядаються у природоохоронній діяльності, з урахуванням основних законів гідрогазодинаміки і термодинаміки. Застосовувати закони та методи теплотехнічних досліджень при розв'язанні прикладних задач у природоохоронній сфері.

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)

Для успішного проходження курсу необхідно мати знання та практичні навички на рівні повної загальної середньої освіти.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій. Практичні роботи за курсом дозволяють ознайомитися із програмними комплексами САЕ призначеними для технологічних розрахунків. Під час проведення даних занять студенти використовують комп'ютерну техніку.

Програма навчальної дисципліни

Навчальні заняття

Лекції

Теми лекцій	Кількість годин
Тема 1. Фізичні властивості і моделі рідин та газів. Основні поняття та визначення гідрогазодинаміки. Рівняння Ейлера. Основне рівняння гідростатики (ОРГ). Рівняння нерозривності потоку рідини. Рівняння руху та балансу енергії Ейлера	2
Тема 2. Дослідження ОРГ та рівняння нерозривності. Експериментальне дослідження рівняння Бернуллі. Рівняння Бернуллі для ідеальної і реальної рідини. Режим руху рідини. Основні критерії течії. Витік рідини через отвори та насадки. Елементи теорії розмірності та подібності. Гідроудар	2
Тема 3. Термодинаміка ідеальних газів. Термодинамічні процеси ідеальних газів. Другий закон термодинаміки	2



Тема 4. Термодинаміка реальних газів Діаграми та таблиці стану водяної пари. Термодинамічні процеси пари. Вологе повітря	2
Тема 5. Основи теорії теплообміну Теплопровідність, конвективний та променистий теплообмін. Теплопередача. Теплопередача одно- та багат шарової пласкої стінки. Теплопередача одно- та багат шарової циліндричної стінки. Інтенсифікація теплообміну	4
Тема 6. Поняття про масообмін. Рухові сили. Дифузія та масовіддача. Основні закони. Аналогія з процесами теплообміну	4
Тема 7. Застосування основних теоретичних знань та положень гідрогазодинаміки, термодинаміки і теплотехніки в природоохоронній діяльності. Особливості систем, що застосовуються у природоохоронній діяльності.	16
Загальна кількість годин	32

Практичні заняття

За наявності

Теми практичних/семінарських занять	Кількість годин	Вагові коефіцієнти <i>b</i>
Тема 1. Моделювання течії і теплообміну в трубах із турбулізаторами у вигляді скручених стрічок. Дослідження вимушеної конвекції при течії теплоносія в трубах і каналах засобами програмного комплексу ANSYS при моделюванні течії і теплообміну в трубах із турбулізаторами у вигляді скручених стрічок.	2	0,125
Тема 2. Основні етапи чисельного моделювання теплообміну та течії при поперечному омиванні шахових пучків гвинтоподібних труб. Обчислення теплових і гідравлічних характеристик теплообмінного апарату, теплообмінна секція якого виготовлена з гвинтоподібних труб з розвиненою поверхнею.	2	0,125
Тема 3. CFD-моделювання теплогідравлічних і міцносних характеристик пластинчастого теплообмінного апарату Розрахунки теплових, гідравлічних та геометричних характеристик пластинчастих теплообмінників розбірного типу.	2	0,125
Тема 4. CFD-моделювання процесів теплообміну і гідродинаміки в баку-акумуляторі теплоти. Аналіз нестационарного поля температур бака-акумулятора теплоти з метою визначення теплофізичної ефективності	2	0,125
Тема 5. Дослідження екологічних характеристик струменевонішевої системи спалювання палива Дослідження процесів гідродинаміки та сумішоутворення пального та окисника у струменевонішевій системі спалювання газоподібного палива при одно- та дворядній схемі газороздачі і дослідження структури потоку повітря в нішевій порожнині трапецієвидної форми в умовах струменевонішевої системи стабілізації і спалювання газоподібного палива	2	0,125



Тема 6. Моделювання екологічних характеристик роботи котла при заміщенні частини природного газу воднем Прогнозування утворення окислів азоту (NO _x) при спалюванні природного газу з добавкою водню в штатних осьових пальниках які використовуються в водогрійних котлах за допомогою методів комп'ютерного моделювання	2	0,125
Тема 7. CFD-моделювання прийнятності застосування пелет в якості палива котла. Оцінка можливості використання в якості палива поширених на ринку пелет шляхом аналізу теплогідравлічних характеристик прототипу пелетного водогрійного котла.	2	0,125
Тема 8. Теплообмін в умовах конденсації плівки всередині горизонтальних трубок Послідовність моделювання процесу конденсації пари засобами програмного комплексу	2	0,125
	16	$\sum_{i=1}^n b_i = 1$

Контрольні роботи

Одна підсумкова контрольна робота, яка охоплює теоретичні та практичні питання курсу та проходить у формі виконання письмового завдання за варіантами.

Теми контрольних робіт

Вагові
коефіцієнти a

Контрольна робота	1
Загальна кількість годин	$\sum_{i=1}^n a_i = 1$

Самостійна робота

Курс передбачає самостійне опрацювання теоретичного матеріалу та виконання індивідуального завдання у вигляді розрахункового завдання. Розрахункове завдання надається у вигляді письмового звіту та передбачає дискусію щодо отриманих результатів. Студенти повинні обґрунтувати актуальність теми, проаналізувати дані, виконати розрахунки або моделювання та оцінити екологічні наслідки, представивши свою роботу обсягом 15–20 сторінок (A4, Times New Roman 14, міжрядковий інтервал 1,5), що включає титульну сторінку, зміст, розрахунки, графічні зображення (наприклад, графіки або діаграми), висновки та принаймні п'ять джерел, на які посилаються. Звіти подаються в електронному вигляді з додаванням супровідних файлів (наприклад, таблиць Excel) і повинні бути виконані протягом семестру відповідно до термінів, встановлених викладачем.

Опрацювання теоретичного матеріалу

Теми для самостійного вивчення

Кількість годин

Тема 1. Сучасні методи чисельного моделювання в гідрогазодинаміці (CFD) Огляд основних методів дискретизації рівнянь Нав'є—Стокса, турбулентних моделей (k-ε, SST, LES, DNS) та критерії вибору сітки.	6
--	---



Тема 2. Турбулентність у рідинах і газах: фізична сутність і моделі Фізична природа турбулентності, порівняння емпіричних та напівемпіричних моделей турбулентного потоку.	6
Тема 3. Нестационарні процеси у гідросистемах. Гідроудар і методи його гасіння Математичне моделювання нестационарних потоків, вплив гідроудару на трубопровідні системи, практичні засоби запобігання.	5
Тема 4. Втрати енергії в реальних потоках рідини Локальні та лінійні втрати. Методика визначення коефіцієнтів опору для різних типів трубопроводів і арматури	5
Тема 5. Поведінка реальних газів при високих тисках і температурах Рівняння стану Ван-дер-Ваальса, Редліха—Квонга, Пеннга—Робінсона; області коректності застосування	5
Тема 6. Методи інтенсифікації теплообміну Використання турбулізаторів, мікроканальних структур, пористих середовищ у теплообмінних апаратах.	5
Тема 7. Масообмін у багатофазних потоках Дифузія між рідкою та газовою фазами, поверхневі явища, приклади застосувань у промислових процесах	5
Тема 8. Теплотехнічні та екологічні аспекти спалювання палива Вплив складу палива на утворення шкідливих речовин, технології низькоемісійного спалювання	5
Загальна кількість годин	42

Тематика індивідуальних завдань

Вимоги до виконання індивідуального завдання та терміни виконання детально наведені у методичних вказівках

Загальна кількість годин	30
---------------------------------	-----------

Неформальна освіта

До неформальної освіти відносяться: професійні курси/тренінги, громадянська освіта, онлайн освіта, професійні стажування тощо. Зарахування результатів навчання, набутих у неформальній освіті розповсюджується як на нормативні, так і на вибіркові навчальні дисципліни/освітні компоненти. Рекомендовані в силабусі елементи неформальної освіти можуть бути зараховані за спрощеною процедурою без додаткової валідації результатів (створення предметної комісії). Крім того, публікація (наприклад, тези конференції, стаття в рецензованому журналі або монографія), безпосередньо пов'язана з змістом практичного завдання, може бути зарахована як виконання відповідного академічного завдання, також з максимальною оцінкою.

Рекомендовані курси, тренінги, стажування

1. <https://www.coursera.org/learn/innovate-with-ansys-simulation-tools>
2. <https://www.coursera.org/learn/fluid-solid-interaction>



Література, навчальні матеріали та інформаційні ресурси

Основна література

1. Основи сучасної методології наукових досліджень енергетичних машин : навчальний посібник / Г. А. Бондаренко, В. М. Бага. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 101 с
https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/80668/3/Bondarenko_enerhetychni_mashyny.pdf
2. Гідрогазодинаміка. Курс лекцій: навч. посіб. / В.М. Турик; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 145 с.
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41225>
3. Баранюк О. В. CFD-моделювання процесів теплообміну і гідродинаміки засобами програмного комплексу : монографія / О. В. Баранюк, М. В. Воробйов, А. Ю. Рачинський. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2023. – 164 с.
<https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/56432/1/CFD-model.pdf>
4. Колісниченко, Е. В. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи : конспект лекцій / Е. В. Колісниченко, А. С. Мандрика, В. О. Панченко. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – 176 с.
https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/84530/1/Kolisniche_nko_hidravlika.pdf
5. Співак, О. Ю. Тепломасообмін : навчальний посібник / О. Ю. Співак, Н. В. Резидент. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – Ч. 1. – 113 с
http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/IRVC/2021/Spivak_P1_2021_113.pdf
6. Омельченко, О. В. Тепломасообмін : навчальний посібник / О. В. Омельченко, Л. О. Цвіркун. - Кривий Ріг : ДонНУЕТ, 2021. - 100 с.
http://elibrary.donnuet.edu.ua/2305/1/NP_Teplomasoobmin.pdf
7. Прикладна гідроаеромеханіка і механотроніка : підручник / О. М. Яхно, О. В. Узунов, О. Ф. Луговський та ін. ; за ред. О. М. Яхна. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 711 с.:
http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/IRVC/2021/Yahno_2017_711.pdf
8. Загорулько, А. В. Програмний комплекс ANSYS в інженерних задачах : навчальний посібник / А. В. Загорулько. – Суми : СумДУ, 2008. — 201 с.
<https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/1766/1/ANsys.doc>

Додаткова література

1. Гільчук А.В. Методичний посібник для практичних занять з курсу «Термодинаміка газового потоку» [Електронний ресурс] / Гільчук А.В., Панченко Н.А., Мейріс А.Ж. – Електронні текстові дані. – Київ, 2017. – 70 с.
<https://ela.kpi.ua/items/910f6b15-0d62-4a18-ba9a-01c859064e8d>
2. Турбомашини. Основи теорії : підручник / Н. В. Калинкевич, И. А. Мельник. – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 311 с.
https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/59615/1/Kalynkevych_turbomashyny.pdf
3. Бойко А. В. Гідрогазодинаміка : підручник / А. В. Бойко ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків : НТУ "ХПІ", 2008. – 444 с.
<https://repository.kpi.kharkov.ua/items/7cc1b68e-fd73-47ae-b518-28e82375fda6>
4. Василенко, С. М. Основи тепломасообміну : підручник / С. М. Василенко, А. І. Українець, В. В. Олішевський; за ред. акад. І. С. Гулого. – Київ: НУХТ, 2004. – 250 с.
<http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/6932>

Інформаційні ресурси

1. <https://www.coursera.org/learn/innovate-with-ansys-simulation-tools>
2. <https://www.coursera.org/learn/fluid-solid-interaction>

Система оцінювання

Підсумкова оцінка з освітнього компонента визначається відповідальним лектором за темами, видами занять, тощо у відповідності до силабусу і є інтегральною оцінкою результатів усіх вид



навчальної діяльності здобувача вищої освіти. Підсумкова оцінка повинна відображати всі оцінки за складовими навчального процесу з урахуванням їх вагових показників k :

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
0,4	0,4	0,2	0

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:

$$O = П \cdot k_1 + K \cdot k_2 + I \cdot k_3 + Пк \cdot k_4$$

де: П – середньозважена середня оцінка за поточний контроль

I – оцінка за виконання індивідуального завдання

K – середньозважена оцінка за контрольні роботи

Пк – оцінка за підсумковий контроль

$$K = \frac{K_1 \cdot a_1 + \dots + K_n \cdot a_n}{\sum_{i=1}^n a_i}$$

де: a_i - ваговий коефіцієнт за кожну контрольну роботу.

$$П = \frac{П_1 \cdot b_1 + П_2 \cdot b_2 + \dots + П_n \cdot b_n}{\sum_{i=1}^n b_i}$$

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

Поточні оцінки за кожну складову (П, K, I, ...) 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 O 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

30.08.2025



Завідувач кафедри

Олексій ШЕСТОПАЛОВ

