


КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

ДОКТОР ФІЛОСОФІЇ

Кафедра теплогазопостачання і вентиляції

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету інженерних систем
та екології

 О.В. Приймак
02.04.2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

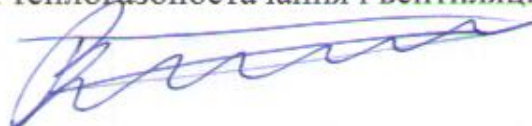
**Фізико-математичне моделювання газогідродинамічних та
тепломасообмінних процесів**

шифр	назва спеціальності
192	Будівництво та цивільна інженерія Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання (вибірковий блок)

Розробник:

Професор кафедри теплогазопостачання і вентиляції

к.т.н., доцент



В.О. Мілейковський

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри теплогазопостачання і
вентиляції

протокол № 7 від «26» 02 2020 року

Завідувач кафедри




В.Б. Довгалюк

Схвалено навчально-методичною комісією спеціалізації (НМКС) –
теплогазопостачання і вентиляція (ТВ)

протокол № 9 від «27» березня 20__ року

Голова НМКС ТВ



М.П. Сенчук

ВИТЯГ З НАВЧАЛЬНОГО ПЛАНУ 2020/2021 н.р.

Шифр за ОПП	Назва навчальної дисципліни	Кількість кредитів ЕСТ S	Кількість годин					Кількість індивідуальних робіт				Форма контролю	Семестр	Відмітка про погодження
			Загальний обсяг	Аудиторних			КП							
				Разом	Л	Лр		Пз						
ВБ 2.3.4	Фізико-математичне моделювання газогідродинамічних та тепломасообмінних процесів	5	150	150	-	-	50	-	-	1	-	залік	3	-

Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета дисципліни полягає у застосуванні методів фізико-математичного моделювання, зокрема обчислювальної гідродинаміки, за вибраною темою дисертації.

Завдання дисципліни – основні поняття загального уявлення методів процесів і систем та визначення обґрунтованих рішень моделювання, газогідродинамічних та тепломасообмінних процесів за темою дисертації.

Робоча програма містить витяг з навчального плану, мету вивчення, компетентності, які має здобути аспірант, програмні результати навчання, дані щодо викладачів, зміст курсу, тематику практичних занять, вимоги до виконання індивідуального завдання, шкалу оцінювання знань, умінь та навичок аспіранта, роз'яснення деяких аспектів організації навчального процесу, список навчально-методичного забезпечення, джерел та літератури для підготовки до практичних занять та виконання індивідуального завдання. Абсолютну більшість позицій зі списку розміщено на Освітньому сайті КНУБА або ж за цією адресою містяться посилання на ці джерела та літературу в інтернеті. Також програма містить основні положення щодо політики академічної доброчесності та політики відвідуваності занять.

Компетентності аспірантів, що формуються в результаті засвоєння дисципліни

Інтегральна компетентність (ІК)	ІК Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми в галузі архітектури та будівництва в сфері будівництва і цивільної інженерії та/або дослідницько-інноваційної діяльності, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, а також проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.
Загальні компетентності (ЗК)	ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу нових та комплексних ідей. ЗК02. Здатність до самостійного пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел, формулювати та обґрунтовувати наукові гіпотез, проводити та управляти актуальними науковими дослідженнями інноваційного характеру. К05. Здатність презентувати результати наукових досліджень, вести фахову наукову бесіду та дискусію із широкою науковою спільнотою та громадськістю, формувати наукові тексти в письмовій формі, у тому числі іноземною мовою, організовувати та проводити навчальні заняття, використовувати прогресивні інформаційно-комунікаційні засоби.

**Фахові
компетентності
спеціальності (ФК)**

ФК01. Здатність до системного аналізу світової науково-технічної інформації, з формулюванням висновків відповідно до цілей дослідження в сфері будівництва та цивільної інженерії.

ФК02. Здатність організовувати та управляти науково-професійними видами діяльності із застосуванням інтегрованого знання і розуміння інших суміжних інженерних дисциплін, беручи на себе відповідальність за результати прийнятих рішень.

ФК03. Здатність планувати, проводити оригінальні дослідження, якість яких відповідає національному та світовому рівням науки, спрямовані на практичну реалізацію в галузі будівництва та створення фундаментальних засад для суміжних галузей.

ФК05. Здатність використовувати сучасні методи моделювання та прогнозування із використанням новітніх прикладних програм, комп'ютерних систем та мереж, програмних продуктів при створенні нових знань, розробці фізичних, математичних та інших моделей, нових будівельних матеріалів, інженерних систем й конструкції, удосконалювати методи їх розрахунку, технології їх виготовлення і експлуатації, генерувати ідеї щодо практичного впровадження наукових результатів.

ФК08. Здатність володіти навчально-методичними та науково-дослідними стандартами в галузі архітектури та будівництва, вміти їх застосовувати при розробці, побудові, впровадженні інноваційних рішень.

ФК09. Здатність презентувати результати досліджень у вигляді публікації, оформлювати заявки на видачу охоронних документів та отримання наукових грантів, оформлювати акти впровадження та наукові звіти, розробляти навчально-методичну літературу та презентації освітніх курсів.

**Програмні
компетенції
знання (ПР)**

ПР02. Здатність продемонструвати глибинні системні знання і розуміння вітчизняного та зарубіжного наукового доробку та практичного досвіду, сучасної методологічно-методичної бази проведення наукових досліджень у царині будівництва.

ПР04. Здатність продемонструвати знання із наукової та професійної підготовки для підтвердження рівня компетентності у виборі методів наукових досліджень, оцінки їх наукової новизни та практичного значення при вирішенні спеціалізованих завдань в сфері будівництва та цивільної інженерії.

ПР05. Вміння виявляти зв'язки між сучасними науковими концепціями в суміжних предметних сферах, вміння переоцінювати вже існуючі знання і професійні практики для обґрунтування нових теоретичних та практичних рекомендацій для розв'язування науково-практичних задач в області теоретичних досліджень, застосовувати їх в сфері будівництва та цивільної інженерії.

ПР06. Вміння застосовувати універсальні навички дослідника, достатні для розв'язання комплексних проблем у сфері будівництва та цивільної інженерії та пов'язаних з нею дослідницько-інноваційній та/або науково-педагогічній діяльності за фахом та продукування нових ідей та методів, спрямованих на покращення науково-практичної діяльності в галузі будівництва та архітектури.

ПР10. Володіти сучасними інформаційними технологіями для розробки, організації та управління науковими проєктами та/або науковими дослідженнями в сфері будівництва та цивільної інженерії, презентації їх результатів у професійному середовищі через сучасні форми наукової комунікації.

ПР15. Здатність формулювати власні авторські висновки, пропозиції та рекомендації на основі аналізу літературних джерел, патентних досліджень, повного циклу теоретичних і експериментальних досліджень, проведених за сучасними методиками.

Програма навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1. Практичні заняття. Теми практичних занять

№	Назва теми
1	Місце обчислювальної гідромеханіки в сучасній газогідродинаміці та тепломасообміні: - мета, завдання та місце дисципліни в загальному процесі виконання аспірантом дисертаційного дослідження; - короткий історичний нарис обчислювальної гідромеханіки.
2	Теоретичні підходи до моделювання турбулентних течій: - основні методи теоретичного аналізу турбулентних течій біля твердих поверхонь; - основні методи теоретичного аналізу вільних турбулентних течій.
3	Вибір моделі обчислювальної гідромеханіки: - методи Ейлера та Лагранжа, їхнє застосування для руху рідин/газів та твердих тіл; - моделювання ламінарних течій, система рівнянь Нав'є-Стокса; - проблеми моделювання турбулентних течій.
4	Вибір моделі турбулентного руху для розв'язання різних задач: - класифікація моделей турбулентного руху за розміром вихорів, що моделюються: моделі DNS, LES і RANS; - класифікація моделей RANS, проблеми їхньої точності.
5	Моделювання теплообмінних процесів: - моделювання теплопровідності у твердих тілах; - урахування конвективного теплообміну при моделюванні течій рідин і газів - моделювання радіаційного теплообміну, трасування променів теплової радіації.
6	Програмне забезпечення обчислювальної гідродинаміки: - можливості програмного забезпечення; - огляд програм обчислювальної гідродинаміки: безкоштовні програми з відкритим кодом, комерційні програми та спеціалізовані модулі до платформ тривимірного проектування й BIM.
7	Постановка задачі обчислювальної гідродинаміки - виявлення впливових факторів задачі; - планування чисельних експериментів залежно від поставленої задачі.
8	Підготовка моделі об'єкта дослідження - спрощення об'єкта дослідження, усунення незначущих елементів; - побудова тривимірної моделі об'єкта в програмному забезпеченні.

№	Назва теми
9	Створення проекту(ів) обчислювальної гідродинаміки - підготовка проекту; - задання початкових і граничних умов, джерел теплоти, теплофізичних властивостей матеріалів тощо.
10	Виконання машинного розрахунку - побудова розрахункової сітки; - чисельне розв'язання рівнянь, моніторинг виконання.
11	Отримання результатів розрахунку у графічній формі - отримання графічного зображення полів параметрів твердих тіл, рідин і газів; - побудова ліній течії; - анімація результатів розрахунку
12	Отримання числових результатів розрахунку - отримання точкових та усереднених параметрів; - отримання табличних значень величин; - автоматизований аналіз табличних значень, визначення нестандартних параметрів.
13	Аналіз коректності результатів - причини виникнення помилок моделювання; - коригування моделі для підвищення коректності моделювання.
14	Розв'язання спеціалізованих задач методами обчислювальної гідромеханіки за методом Ейлера - спрощене моделювання рухливих об'єктів та поверхонь за методом Ейлера; - моделювання обертання робочого колеса нагнітача.
15	Моделювання процесів горіння - особливості процесів горіння для обчислювальної гідромеханіки; - принципи моделювання горіння.
16	Моделювання руху твердих тіл у потоку рідин і газів - поєднання методів Ейлера й Лагранжа для моделювання одночасного руху твердих тіл, рідин і газів; - моделювання руху твердих під дією потоку рідин або газів.
17	Програмне забезпечення для моделювання руху твердих тіл у потоку рідин і газів - основні задачі, пов'язані з руху твердих тіл у потоку рідин і газів; - програми для моделювання руху твердих тіл разом з рухом рідин і газів.

№	Назва теми
18	Моделювання газогідродинамічних і тепломасообмінних процесів у турбулентних потоках на базі методу особливостей - використання методу особливостей для моделювання турбулентних пристінних примежових шарів: підхід А. Я. Ткачука; - використання методу особливостей для моделювання вільних турбулентних течій.

Методи контролю та оцінювання знань аспірантів

Політика щодо академічної доброчесності

Тексти індивідуальних завдань (в т.ч. у разі, коли вони виконуються у формі презентацій або в інших формах) перевіряються на плагіат. Для цілей захисту індивідуального завдання оригінальність тексту має складати не менше 70 %. Винятки становлять випадки зарахування публікацій аспірантів у матеріалах наукових конференціях та інших наукових збірниках, які вже пройшли перевірку на плагіат.

Списування під час тестування та інших опитувань, які проводяться у письмовій формі, заборонені (в т.ч. із використанням мобільних пристроїв). У разі виявлення фактів списування з боку студента він отримує інше завдання. У разі повторного виявлення призначається додаткове заняття для проходження тестування.

Політика щодо відвідування

Аспірант, який пропустив аудиторне заняття з поважних причин, має продемонструвати викладачу та надати до деканату факультету (відділу докторантури і аспірантури) документ, який засвідчує ці причини.

Аспірант, який пропустив лекційне заняття, повинен законспектувати зміст цього заняття та продемонструвати конспект викладачу до складання заліку.

Аспірант, який пропустив практичне заняття, повинен законспектувати джерела, які були визначені викладачем як обов'язкові для конспектування, та продемонструвати конспект викладачу до складання заліку, а також виконати індивідуальне завдання, якщо його виконання було передбачене планом заняття.

За об'єктивних причин (хвороба, міжнародне стажування тощо) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням із керівником курсу.

Методи контролю

Основні форми участі аспірантів у навчальному процесі, що підлягають поточному контролю: виступ на практичних заняттях; доповнення, запитання до того, хто виступає, рецензія на виступ; участь у дискусіях; аналіз першоджерел; письмові завдання (тестові, індивідуальна робота у формі РГР);

та інші письмові роботи, оформлені відповідно до вимог. Кожна тема курсу, що винесена на лекційні та практичні заняття, відпрацьовується аспірантами у тій чи іншій формі, наведеній вище. Обов'язкова присутність на лекційних заняттях, активність упродовж семестру, відвідування/відпрацювання всіх семінарських занять, виконання інших видів робіт, передбачених навчальним планом з цієї дисципліни.

При оцінюванні рівня знань аспіранта аналізу підлягають:

- характеристики відповіді: цілісність, повнота, логічність, обґрунтованість, правильність;
- якість знань (ступінь засвоєння фактичного матеріалу): осмисленість, глибина, гнучкість, дієвість, системність, узагальненість, міцність;
- ступінь сформованості вміння поєднувати теорію і практику під час розгляду ситуацій, практичних завдань;
- рівень володіння розумовими операціями: вміння аналізувати, синтезувати, порівнювати, абстрагувати, узагальнювати, робити висновки з проблем, що розглядаються;
- досвід творчої діяльності: уміння виявляти проблеми, розв'язувати їх, формувати гіпотези;
- самостійна робота: робота з навчально-методичною, науковою, допоміжною вітчизняною та зарубіжною літературою з питань, що розглядаються, уміння отримувати інформацію з різноманітних джерел (традиційних; спеціальних періодичних видань, ЗМІ, Internet тощо).

Тестове опитування може проводитися за одним або кількома змістовими модулями. В останньому випадку бали, які нараховуються аспіранту за відповіді на тестові питання, поділяються між змістовими модулями.

Індивідуальне завдання підлягає захисту аспірантом на заняттях, які призначаються додатково.

Розрахунково-графічна робота має містити проект розділу(ів) або частини розділу(ів) дисертації, пов'язаний з моделюванням. У ній бути надано постановку задачі, загальний вигляд моделі, результати моделювання та висновки. Робота повинна мати обсяг від 18 до 24 сторінок А4 тексту (кегель Times New Roman, шрифт 14, інтервал 1,5), включати план, структуру основної частини тексту відповідно до плану, висновки і список літератури, складений відповідно до ДСТУ 8302:2015. У РГР рекомендується також помістити перелік умовних позначень величин, які вносяться до дисертації.

Література, що рекомендується для виконання індивідуального завдання, наведена в цій робочій програмі, а в електронному вигляді вона розміщена на Освітньому сайті КНУБА, на сторінці кафедри.

Також як виконання індивідуального завдання за рішенням викладача може бути зарахована участь аспіранта у міжнародній або всеукраїнській науково-практичній конференції з публікацією у матеріалах конференції тез виступу (доповіді) на одну з тем, дотичних до змісту дисципліни, або публікація статті в інших наукових виданнях. У такому разі РГР повинна містити обкладинку РГР, копії сторінки видання з вихідними даними, змісту, тексту

статті та останньої сторінки видання, якщо вона містить вихідні дані видавництва у тому порядку, як вони розміщені у виданні.

РГР подається викладачу не пізніше, ніж за місяць до початку залікової сесії. Заняття із захисту індивідуальних завдань призначаються не пізніше, ніж за 2 тижні до початку сесії. Викладач має право вимагати від студента доопрацювання індивідуального завдання, якщо воно не відповідає встановленим вимогам.

Результати поточного контролю заносяться до журналу обліку роботи. Позитивна оцінка поточної успішності аспірантів за відсутності пропущених та невідпрацьованих семінарських занять та позитивні оцінки за індивідуальну роботу є підставою до підсумкової форми контролю – заліку. Бали за аудиторну роботу відпрацьовуються у разі пропусків.

Підсумковий контроль здійснюється під час проведення залікової сесії з урахуванням підсумків поточного та модульного контролю. Під час семестрового контролю враховуються результати здачі усіх видів навчальної роботи згідно зі структурою кредитів.

Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Участь в роботі впродовж семестру – 100.

Форма підсумкового контролю – залік.

Бали нараховуються за наступним співвідношенням:

- семінарські завдання 30% семестрової оцінки;
- індивідуальна робота 30 % семестрової оцінки;
- модульний: тестовий (заліковий) – 40 % семестрової оцінки.

Розподіл балів, які отримують аспіранти

Поточне оцінювання	Модульний контроль (тестове завдання)	Сума
Змістовий модуль 1		
60	40	100

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 – 100	A	Зараховано
82-89	B	
74-81	C	
64-73	D	
60-63	E	
35-59	FX	Не зараховано з можливістю повторного

		складання
<u>0-34</u>	F	Не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Умови допуску до підсумкового контролю

Аспіранту, який має підсумкову оцінку за дисципліну від 35 до 59 балів, призначається додаткова залікова сесія. У цьому разі він повинен виконати додаткові завдання, визначені викладачем.

Аспірант, який не склав та/або не захистив індивідуальне завдання, не допускається до складання заліку.

Аспірант, який не виконав вимог робочої програми за змістовими модулями, не допускається до складання підсумкового контролю. У цьому разі він повинен виконати визначене викладачем додаткове завдання за змістом відповідних змістових модулів в період між основною та додатковою сесіями.

Аспірант має право на опротестування результатів контролю (апеляцію). Правила подання та розгляду апеляції визначені внутрішніми документами КНУБА, які розміщені на сайті КНУБА та зміст яких доводиться до аспірантів на початку вивчення дисципліни.

Методичне забезпечення дисципліни

1. Назаренко І.І., Кузьмінець М.П. Основи наукових досліджень: Навч. посіб. Київ: «Видавництво Людмила», 2019. 100 с.

Рекомендована література

Базова

1. Белов И. А., Исаев С. А. Моделирование турбулентных течений: Учебное пособие. Балтийский государственный технический университет “Военмех”, Санкт-Петербург, 2001. 107 с. URL: http://cfdhelper.ru/library/book/Modelirovanie_turbulentnu_belov.pdf.
2. Алямовский А. А., Одинцов Е.В., Пономарёв Н. Б., Собачкин А.А., Харитонович А. И. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2005. 800 с. ISBN: 978-5-94157-994-5. URL: <http://padabum.com/d.php?id=29688>
3. 65. Wilcox D. C. Turbulence Modeling for CFD. DCW Industries, La Canada, CA 91011, USA, 2006. 522 p. URL: https://cfd.spbstu.ru/agarbaruk/doc/2006_Wilcox_Turbulence-modeling-for-CFD.pdf.

4. Tannehill J. C., Pletcher R. H., Anderson D. Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer. Second edition. Washington: CRC Press, Taylor & Francis Group, 1997. XX, 774 p. URL: <https://www.twirpx.com/file/345973/> .

Допоміжна

1. Волков К. Н. Методы визуализации вихревых течений в вычислительной газовой динамике и их применение при решении прикладных задач. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. Т. 14. № 3(91). С. 1-10. URL: <https://ntv.ifmo.ru/file/article/9610.pdf>.

Spalart P. R. Strategies for turbulence modelling and simulation. International Journal of Heat and Fluid Flow, 2000. Vol. 21, pp. 252-263. [https://doi.org/10.1016/S0142-727X\(00\)00007-2](https://doi.org/10.1016/S0142-727X(00)00007-2) .

3. Subramaniam S. Lagrangian-Eulerian Methods for Multiphase Flows. Progress in Energy and Combustion Science, 2013. Vol. 39. Iss. 2-3. P. 215-245. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2012.10.003> .

4. Інформаційні ресурси

Освітній сайт Київського національного університету будівництва і архітектури: <http://org2.knuba.edu.ua>.

Бібліотека КНУБА. URL : <http://library.knuba.edu.ua/>.