

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан інженерно-хімічного факультету
(назва інституту/факультету)



Євген ПАНОВ
(ім'я, прізвище)

09 2020 р.

Моделювання процесів в суцільних середовищах
(назва навчальної дисципліни)

ПРОГРАМА
навчальної дисципліни
рівень вищої освіти третій (світньо-науковий)

спеціальність 101 Екологія
(шифр і назва)

освітня програма ОНП Екологія

Ухвалено методичною комісією
інженерно-хімічного факультету
(назва інституту/факультету)

Протокол від 25.09.2020 р. № 1

Голова методичної комісії

 Дмитро СІДОРОВ
(підпис) (ініціали, прізвище)

« 25 » 09 2020 р.

Київ – 2020

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Професор кафедри МАХНВ, д.т.н. Іваницький Георгій
Костянтинович

ЖК
(підпис)

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Програму затверджено на засіданні кафедри екології та технології рослинних
полімерів інженерно-хімічного факультету

Протокол від « 16 » 09 20 20 року № 3

Завідувач кафедри

(підпис)

Микола ГОМЕЛЯ

(ініціали, прізвище)

« 16 » 09 2020 р.

Вступ

Програму навчальної дисципліни Моделювання процесів в суцільних середовищах

складено відповідно до освітньої програми ОНП Екологія

рівня вищої освіти _____ третій (освітньо-науковий) _____

спеціальності _____ 101 Екологія _____

Навчальна дисципліна належить до циклу _____ професійної підготовки _____.
(загальної / професійної підготовки)

Статус навчальної дисципліни _____ обов'язкова _____
(обов'язкова / вибіркова)

Обсяг навчальної дисципліни 4 кредитів ЄКТС.

Міждисциплінарні зв'язки. Навчальній дисципліні «Моделювання процесів в суцільних середовищах»

Спеціальність	Навчальні дисципліни передують	Забезпечуються
101	«Вища математика», «Фізика», «Фізична хімія», «Техноекологія», «Моделювання та прогнозування стану довкілля».	Виконання та підготовка до захисту дисертацій.

1. Мета навчальної дисципліни

1.1. Мета навчальної дисципліни.

Методи математичного моделювання широко застосовують при дослідженні різноманітних систем і процесів - природних, технічних, екологічних, тощо. Це передбачає створення концептуальної моделі об'єкта дослідження, її формалізацію та перетворення у математичну модель в аналітичному чи чисельному вигляді, придатному для одержання кінцевого вирішення задачі. Реалізація алгоритмів чисельного аналізу проводиться зазвичай на базі сучасних комп'ютерних технологій з використанням спеціалізованих пакетів програмного забезпечення. Але для цього досліднику необхідно володіти основами математичного моделювання, вмінням розробляти адекватні математичні моделі, проводити їх модифікацію, оскільки користування спеціалізованими пакетами завжди передбачає необхідність вибору оптимального алгоритму і шляхів його успішної реалізації, іноді з багатьох можливих варіантів.

В курсі акцентується увага на тісний взаємозв'язок між натурним моделюванням об'єктів та процесів з проведенням експериментальних досліджень на лабораторних стендах та математичним моделюванням цих процесів, що, з одного боку, забезпечує можливість перевірки адекватності і достовірності моделі, шляхи її подальшої модифікації, а з іншого - проведення детального аналізу результатів експерименту і обґрунтування шляхів подальшого напрямку лабораторних дослідження, внесення необхідних змін в методику проведення експериментів.

Дисципліна "Моделювання стану суцільного середовища" викладається як новий універсальний компонент підготовки кваліфікованих фахівців у галузі машинобудування, ресурсозбереження, екології та комп'ютерно-інтегрованих технологій. В курсі розглядаються узагальнені методи моделювання гідродинамічних, теплообмінних та масообмінних процесів, а також методи створення моделей, які є базовими для вивчення цих процесів. Розглядаються моделі, які будуються з єдиних позицій законів збереження маси, імпульсу, енергії та вплив специфічних та загальних механізмів взаємодії об'єктів і середовища на ці моделі.

Оволодіння методами математичного моделювання передбачає не просто засвоєння певних правил і способів дії в алгоритмах побудови моделі і виборі методу рішення, а саме розвиток своєрідного стилю мислення, орієнтованого на аналіз фізичної і математичної суті розглянутих явищ. Освоєння сучасних технологій в області охорони довкілля все більше вимагають від аспіранта, фахівця глибокої і системної мультидисциплінарної підготовки, залучення знань і досвіду, накопичених в інших дисциплінах фізико-математичного та хіміко-технологічного напрямів.

Метою освоєння даної дисципліни є формування комплексних знань умінь і навичок, що дозволяють використовувати фундаментальні принципи механіки і термодинаміки для моделювання широкого класу фізико-механічних процесів у суцільних середовищах. Крім того, в результаті освоєння дисципліни аспіранти ознайомляться з методологією наукових досліджень з використанням сучасних програмно-цільових комплексів фізичного і математичного моделювання, навчатися використовувати базові наукові знання і методи для формування суджень по професійних проблемах при вирішенні комплексних науково-технічних завдань, критично оцінювати та інтерпретувати результати дослідження, робити висновки, отримані в складних і невизначених ситуаціях.

Поставлені цілі дозволять аспірантам глибше опанувати методи математичного моделювання, усвідомити природу розглянутих тепло- та масообмінних і гідродинамічних явищ та процесів, які є предметом наукового дослідження, розвинути технологічні навички побудови відповідних математичних моделей. Вивчення проблем курсу буде орієнтоване на активне використання вітчизняних і зарубіжних публікацій в галузі фізичного і математичного моделювання стану суцільного середовища.

Відповідно до мети даної навчальної дисципліни підготовка докторів філософії за спеціальністю 101 Екологія вимагає подальший розвиток сформованих у аспірантів компетентностей:

- здатність пропонувати концепції, моделі, винаходити й апробувати способи й інструменти професійної діяльності з використанням бази природничих, соціально-гуманітарних та економічних наук;
- здатність використовувати у професійній діяльності базові загальні знання з різних наук;
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- здатність самостійно виконувати науково-дослідну діяльність в екологічній області з використанням сучасних теорій, методів та інформаційно-комунікаційних технологій;

- здатність проводити теоретичні й експериментальні дослідження, математичне й комп'ютерне моделювання станів навколишнього середовища;

- здатність виконувати наукові дослідження;

- здатність визначати залежність параметрів середовища від природних та антропогенних факторів при використанні математичних моделей, прогнозувати зміни в елементах довкілля в залежності від інтенсивності техногенних впливів, динаміку поширення окремих компонентів в повітрі та водному середовищі.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни «Моделювання стану суцільного середовища» аспіранти після засвоєння матеріалів курсу лекцій мають продемонструвати наступні програмні результати навчання:

- вміти формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані;

- розробляти математичні моделі, що описують стан окремих елементів довкілля та поведінку окремих речовин-забруднювачів в даному середовищі;

- моделювати технологічні процеси, від ефективності реалізації яких залежить інтенсивність утворення токсичних інгредієнтів.

2. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1 Основи фізичного та математичного моделювання.

Визначати мету моделювання. Поняття об'єкту дослідження та умови застосування методів математичного моделювання в наукових дослідженнях. Концептуальне, фізичне та математичне моделювання. Властивості моделі. Основні вимоги до математичної моделі. Характеризувати область застосування моделі та границі її достовірності. Доступність спілкування і управління моделлю. Володіти вмінням виконувати перевірку адекватності моделі і проводити модифікацію математичної моделі.

Розділ 2. Класифікація математичних моделей.

Види математичних моделей та методологія. Поняття структурної моделі, субмоделей. Детерміноване та стохастичне моделювання. Дискретні та неперервні моделі. Лінійні та нелінійні моделі. Детерміноване та стохастичне моделювання. Розмірність моделі. Динамічні та статичні моделі. Дескриптивні та оптимізаційні моделі. Багатокритеріальні задачі оптимізації.

Розділ 3. Застосування методів математичного моделювання при проведенні наукових досліджень.

Етапи побудови фізичних та математичних моделей. Визначальні чинники побудови математичної моделі. Методи математичного моделювання. Використання сучасних інформаційних технологій. Стандартні моделі. Постановка дослідження і вирішення обчислювальних задач. Формалізація математичної моделі. Обчислювальний експеримент. Моделювання руху дисперсій в неперервному середовищі. Рівняння руху дисперсних частинок у неперервному середовищі.

Розділ 4. Математичні моделі суцільного середовища

Визначення поняття суцільного середовища. Проблеми дослідження стану суцільних середовищ. Методи моделювання стану суцільних середовищ. Основні гіпотези механіки суцільних середовищ. Базові рівняння механіки суцільних середовища. Рівняння стану. Рівняння нерозривності. Рівняння переносу кількості руху, енергії та маси. Фізичне обґрунтування рівнянь. Математичне моделювання на основі фундаментальних законів природи. Класифікація механізмів переносу. Закон Фіка і дифузія. Закон Фур'є і теплопровідність. Закон Ньютона і в'язке тертя.

Розділ 5. Методи виведення базових рівнянь моделі суцільного середовища

Диференціальне рівняння нерозривності. Збереження маси речовини. Диференціальний оператор. Субстанціональна похідна. Рівняння нерозривності для стисливої та нестисливої рідини. Закон збереження імпульсу. Диференціальне рівняння руху. Рівняння Нав'є-Стокса. Форми запису диференціального рівняння руху. Рівняння руху в декартовій, циліндричній, сферичній системі координат. Закон збереження енергії. Виведення рівняння теплопровідності. Базові та стандартні рівняння теплопровідності в декартовій, циліндричній та сферичній системі координат. Рух твердих, рідких та газоподібних тіл з фазовими перетвореннями. Процедура розв'язування диференціальних рівнянь. Комп'ютерна реалізація математичних моделей систем. Інформаційні системи та комп'ютерні програми моделювання технічних систем.

3. Заплановані види навчальної діяльності та методи навчання

Дисципліна вивчається шляхом аудиторного прослуховування лекцій, повторення та закріплення лекційного матеріалу на практичних заняттях шляхом наведення прикладів, виконання вправ, розв'язування прикладних задач по поточній темі. Освоєння дисципліни передбачає спільну роботу аспірантів в групі на практичних заняттях, стимулювання до самостійного набуття знань, необхідних для вирішення конкретної проблеми. Самостійна робота аспірантів включає підготовку до аудиторних занять, виконання індивідуальних завдань, опрацювання розділів програми і тем, які не увійшли у перелік лекційних питань або потребують більш детального вивчення.

Аспіранти забезпечується розробленим курсом лекцій, навчальними посібниками, методичною літературою та методичними вказівками по виконанню практичних робіт; завданнями для виконання індивідуальних практичних робіт

Аспіранти забезпечується розробленим курсом лекцій, навчальними посібниками, методичною літературою та методичними вказівками по виконанню практичних робіт; завданнями для виконання індивідуальних практичних робіт

Розроблено рейтингову систему оцінювання успішності засвоєння аспірантами навчального матеріалу з дисципліни.

4. Оцінювання результатів навчання

Рейтинг аспіранта з кредитного модуля складається з балів, що він отримує за роботу на аудиторних заняттях (лекції та практичні заняття), за виконання індивідуальних практичних завдань по темі модуля та за результатами семестрового

контролю – екзамену. Для оцінювання результатів навчання застосовується 100-бальна рейтингова система та університетська шкала. Заохочувальні бали в рамках навчальної дисципліни не передбачені.

5. Навчальні матеріали та ресурси

Література до лекцій

Базова

Базова література

1. Ванін В. А. Математичні моделі та чисельні методи в задачах механіки суцільного середовища : навч.-метод. посібник з курсу "Сучасні проблеми математичного та комп'ютерного моделювання" для студ. машинобудівних та енергетичних спец. / В. А. Ванін ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків : НТУ "ХПІ", 2018. – 209 с.

2. Грицина О., Кондрат В. Термомеханіка конденсованих систем за урахування локального зміщення маси: І. Основи теорії. – Львів: Растр -7, 2017. –208 с.

3. Грінченко В.Т., Механіка рідини, газу і плазми. //Енциклопедія Сучасної України: електронна версія [веб-сайт] /Гол. редкол.: І.М. Дзюба, А.І. Жуковський, М.Г. Железняк та ін. –Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2018. URL: http://esu.com.ua/search_articles.php?id=67464

4. Білушак Ю., Гайвась Б., Гера Б. та інші. Математичне моделювання нерівноважних процесів у складних системах. Під ред. Є. Чаплі. – Центр математичного моделювання Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України. Львів: Растр – 7, 2019.–256 с.

5. Бекас Б.О., Капран І.Д., Шиманський В.М. Matlab в чисельних методах. Використання математичного пакета для розв'язування прикладних задач". Вид. НЛТУУ. Львів. 2016. -170.

6. Гайвась Б.І., Чапля Є.Я., Дмитрук В.А. Фізико-математичне моделювання суцільних дисперсних матеріалів. –Львів: Растр -7, 2018.–146 с.

7. Семенова І.Ю. Математичні моделі механіки суцільних середовищ Навчальний посібник Київ: Київський національний університет імені Тараса Шевченка 2014. –82 с.

Додаткова література

1. Самарский, А.А. Михайлов А.П. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры.–М: Физматгиз, 2001.–320 с. <http://samarskii.ru/books/book2001.pdf>

2. Механіка суцільних середовищ.– 1. Механіка суцільних середовищ в інженерних розрахунках: Текст лекцій для студентів спеціальностей «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів» / Уклад.: О.С. Сахаров, А. Я. Карвацький.–Київ: НТУУ «КПІ», 2013.–231 с. <https://cpism.kpi.ua/Doc/MSS-1.pdf>

3. Хусаінов Д.Я., Харченко І.І., Шатирко А.В. Введення в моделювання динамічних систем: Навч. посібник. Київ: Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2010.–130 с.

4. Мышкис А. Д. Элементы теории математических моделей Изд. 3-е, испр. М.: КомКнига, 2007. 92 с.

5. Павленко П.М. Основи математичного моделювання систем і процесів: навч. посібн.—Київ: Книж. вид-во НАУ, 2013.—201 с. <https://cpsm.kpi.ua/Doc/MSS-1.pdf>
6. Введение в математическое моделирование : уч. пособ. под ред. П.В. Трусова. М.: Логос, 2007.—440 с.
7. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов.—10-е изд. М.: ООО ТИД “Альянс”, 2004.- 753 с.
8. Пухлий В.А. Численные методы. Теория и практикум в среде MATLAB: учеб. пособие в 2-х т. Севастополь: Изд-во «Черкасский ЦНТЭИ». - Т. I. —2007.—412 с.—Т. II.—2008.—762 с.