



# Комп'ютерне моделювання процесів перенесення

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Третій (аспірантський)
Галузь знань	13 – Механічна інженерія
Спеціальність	133 – Галузеве машинобудування
Освітня програма	«Галузеве машинобудування»
Статус освітнього компонента	Вибірковий
Обсяг дисципліни	150 годин/5 кредитів ЄКТС
Рік підготовки, семестр	2 курс, весняний семестр
Форма навчання	Очна (денна)
Розклад занять	2 лекції щотижня, 1 комп'ютерний практикум кожні два тижні
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачі	к.т.н., доцент, Семінський Олександр Олександрович, <a href="mailto:forstd@ukr.net">forstd@ukr.net</a> , @mahnv_kpi
Розміщення курсу	<a href="http://ci.kpi.ua">http://ci.kpi.ua</a>

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Комп'ютерне моделювання – це сучасний підхід до дослідження процесів та особливостей їх проведення з урахуванням специфіки технологічних рішень та обраного обладнання. Воно широко застосовується для вирішення наукових та інженерних задач. Тому методи комп'ютерного моделювання активно розвиваються та вдосконалюються. Комп'ютерне моделювання дозволяє отримати більш повну інформацію про об'єкт моделювання, зменшити вартість і трудомісткість експериментальних досліджень, одержувати дані про нові об'єкти на основі аналогічних відомих об'єктів, зменшити час на проведення робіт з розробки і вдосконалення технологій і обладнання, а також спростити пошук шляхів підвищення їх ефективності.

**Мета дисципліни** полягає у вивченні методів і засобів моделювання гідромеханічних, теплових і масообмінних процесів з використанням комп'ютерних автоматизованих систем, принципів і підходів до аналітичної обробки результатів моделювання та їх зіставлення з даними, одержаними за результатами дослідження реальних об'єктів.

Дисципліна формує наступні **компетентності**:

- здатність застосовувати типові аналітичні методи та комп'ютерні програмні засоби для наукових досліджень та розв'язування інженерних завдань галузевого машинобудування;

- здатність провадити аналітичну та експериментальну наукову діяльність; організовувати, планувати та прогнозувати результати наукових досліджень;
- здатність ініціювати, організовувати та проводити комплексні теоретичні та експериментальні дослідження в галузі науково-дослідницької та інноваційної діяльності, які приводять до отримання нових знань.

До **програмних результатів навчання** після вивчення дисципліни належать:

- знання фундаментальних засад теорії гідродинаміки, тепло- та масообміну;
- уміння розробляти та досліджувати концептуальні математичні та комп'ютерні моделі процесів з урахуванням властивостей суцільного середовища;
- уміння проводити аналіз стану суцільного середовища та обґрунтовувати робочі гіпотези щодо підвищення ефективності процесів перенесення;
- уміння розробляти та аналізувати концептуальні моделі процесів із застосуванням комп'ютерних технологій, результати яких ефективно використовувати для створення інноваційних процесів та обладнання.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Вивчення дисципліни ґрунтується на фахових знаннях у межах вивчення нормативної частини освітньої програми. Дисципліна допомагає у забезпеченні наукової складової програми підготовки докторів філософії.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

**Тема 1.** Вступ до комп'ютерного моделювання.

**Тема 2.** Моделювання ємкісного обладнання.

**Тема 3.** Моделювання гідромеханічних процесів.

**Тема 4.** Моделювання процесів теплообміну.

**Тема 5.** Вдосконалення обладнання і підвищення ефективності масообмінних процесів.

**Тема 6.** Практичні аспекти застосування результатів комп'ютерного моделювання.

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### **Базова література:**

1. Виклюк Я.І. Моделювання складних систем : посібник / Я.І. Виклюк, Р.М. Камінський, В.В. Пасічник. - Львів : Новий Світ-2000, 2017. - 403 с.
2. Кондратов С.О. Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології : навчальний посібник / С.О. Кондратов, І.В. Сітак, Т.М. Матейко. – Харків : Видавництво "Лідер", 2019. - 564 с.
3. Котовський В.Й. Комп'ютерне моделювання фізичних процесів. Створення та дослідження фізичних моделей чисельним методом / В.Й. Котовський, Л.Ю. Цибульський. - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. — 130 с.
4. Сидоренко С.І. Теорія тепло-та масопереносу в матеріалах: підручник / С.І. Сидоренко, С.М. Волошко. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. - 199 с.
5. Халатов А.А. Основи теорії примежового шару: навчальний посібник / А.А. Халатов, Є.В. Мочалін, Н.Ф. Димитрієва. — Київ: Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 2019. — 191 с.

### **Додаткова література:**

1. Amidon G. Transport Processes In Pharmaceutical Systems / G. Amidon. – Taylor and Francis, 2007. – 752 p.
2. Bear J. Modeling Phenomena of Flow and Transport in Porous Media / J. Bear. - Springer, 2018. – 761 p.
3. Bird R. Transport phenomena / R. Bird, W. Stewart, E. Lightfoot. – New York: Wiley, 2007. – 920 p.
4. Blazek J. Computational fluid dynamics. Principles and Applications / J. Blazek. – Amsterdam: Elsevier Ltd., 2015. – 466 p.
5. Das M.K. Modeling Transport Phenomena in Porous Media with Applications / M.K. Das, P.P. Mukherjee, K. Muralidhar. - Springer International Publishing AG, 2018. - 250 p.
6. De Souza-Santos M.L. Analytical and Approximate Methods in Transport Phenomena / M.L. De Souza-Santos. - CRC Press Taylor & Francis Group, 2008. – 577 p.
7. Luyben W.L. Process modelling, simulation for chemical engineers / W.L. Luyben. - McGraw-Hill Publishing Company, 1996. – 752 p.
8. Saadatian E Transport Phenomena: Equations and Numerical Solutions / E. Saadatian. – Willey, 2000. – 426 p.
9. Никитенко Н.И. Исследование процессов тепло- и массо- обмена методом сеток / Н.И. Никитенко. – К.: Наукова думка, 1978. – 212 с.

#### Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Календарно-тематичний план

Тиждень	Зміст навчальної роботи	СРС (96 годин за навчальним планом)
<b>Тема 1.</b> Вступ до комп'ютерного моделювання.		
1, I тиждень	<b>Лекція 1.</b> Особливості комп'ютерного моделювання, як методу дослідження процесів перенесення у галузевому машинобудуванні. Засоби комп'ютерного моделювання. Інструментарій для побудови геометричних об'єктів.	Опрацювання тематики заняття.
2, II тиждень	<b>Лекція 2.</b> Основні рівняння, що описують процеси перенесення та методи їх розв'язання. Сіткові методи розв'язання рівнянь: метод кінцевих елементів (початок).  <b>Практичне заняття 1.</b> Побудова геометричних об'єктів. Приведення реальних об'єктів до модельного вигляду: віртуальна інтерпретація граничних умов.	Опрацювання тематики занять. Відпрацювання геометричної побудови об'єктів.
3, I тиждень	<b>Лекція 3.</b> Сіткові методи розв'язання рівнянь: метод кінцевих елементів (закінчення), метод кінцевих об'ємів.	Опрацювання тематики заняття.

<i>Тиждень</i>	<i>Зміст навчальної роботи</i>	<i>СРС (96 годин за навчальним планом)</i>
4, II тиждень	<b>Лекція 4.</b> Особливості побудови розрахункових сіток для розв'язання рівнянь: автоматичний і «ручний» методи. Оптимізація сіток.  <b>Практичне заняття 2.</b> Побудова і оптимізація сіток.	Опрацювання тематики занять. Відпрацювання побудови і оптимізації сіток на довільних об'єктах.
<b>Тема 2.</b> Моделювання ємкісного обладнання.		
5, I тиждень	<b>Лекція 5.</b> Моделювання ємкісного обладнання та його елементів.	Опрацювання тематики заняття. Відпрацювання моделей.
6, II тиждень	<b>Лекція 6.</b> Розрахунок трубопровідних конструкцій. Моделювання руху текучого середовища у проточних частинах трубопроводів та їх елементів.  <b>Практичне заняття 3.</b> Моделювання ємкісного обладнання і трубопроводів. Аналіз результатів.	Опрацювання тематики занять. Відпрацювання проведення розрахунків і аналіз результатів.
<b>Тема 3.</b> Моделювання гідромеханічних процесів.		
7, I тиждень	<b>Лекція 7.</b> Визначення гідравлічних втрат та втрат енергії об'єктів внаслідок подолання опору руху у текучому середовищі.	Опрацювання тематики заняття.
8, II тиждень	<b>Лекція 8.</b> Особливості моделювання руху текучого середовища крізь пористі шари.  <b>Практичне заняття 4.</b> Відпрацювання моделей руху із застосуванням текучих середовищ. Представлення та аналіз результатів обчислень.	Опрацювання тематики занять. Відпрацювання проведення розрахунків і аналіз результатів.
9, I тиждень	<b>Лекція 9.</b> Врахування особливостей механіки неньютонівських середовищ. Неньютонівські моделі і їх вибір. Приклади розрахунків.	Опрацювання тематики заняття.
10, II тиждень	<b>Лекція 10.</b> Моделювання гідродинамічних машин. Особливості побудови і визначення областей обертання. Врахування явища кавітації.  <b>Практичне заняття 5.</b> Визначення режимів роботи гідродинамічних машин.	Опрацювання тематики заняття. Відпрацювання проведення розрахунків і аналіз результатів.
11, I тиждень	<b>Лекція 11.</b> Моделювання апаратів для проведення перемішування. Моделі способів перемішування. Особливості моделювання механічних перемішувальних пристроїв.	Опрацювання тематики заняття.

Тиждень	Зміст навчальної роботи	СРС (96 годин за навчальним планом)
12, II тиждень	<b>Лекція 12.</b> Моделювання роботи фільтрувальної установки. Моделювання роботи апарата псевдозріженого шару. <b>Практичне заняття 6.</b> Моделювання гідродинамічних процесів у технологічному обладнанні.	Опрацювання тематики занять. Відпрацювання проведення розрахунків і аналіз результатів.
<b>Тема 4.</b> Моделювання процесів теплообміну.		
13, I тиждень	<b>Лекція 13.</b> Особливості моделювання теплообміну. Нагрівання і охолодження.	Опрацювання тематики заняття.
14, II тиждень	<b>Лекція 14.</b> Радіаційний теплообмін та його моделювання. <b>Практичне заняття 7.</b> Прикладні аспекти моделювання теплообміну.	Опрацювання тематики занять. Відпрацювання проведення розрахунків і аналіз результатів.
15, I тиждень	<b>Лекція 15.</b> Нестационарний теплообмін. Крайові і сопряжені задачі теплообміну.	Опрацювання тематики заняття.
16, II тиждень	<b>Лекція 16.</b> Особливості моделювання теплообмінних апаратів різних конструкцій. <b>Практичне заняття 8.</b> Визначення ефективності теплообмінного апарата.	Опрацювання тематики занять. Відпрацювання проведення розрахунків і аналіз результатів.
<b>Тема 5.</b> Вдосконалення обладнання і підвищення ефективності масообмінних процесів.		
17, I тиждень	<b>Лекція 17.</b> Вдосконалення обладнання і підвищення ефективності масообмінних процесів.	Опрацювання тематики заняття.
<b>Тема 6.</b> Практичні аспекти застосування результатів комп'ютерного моделювання.		
18, II тиждень	<b>Лекція 18.</b> Верифікація даних. Точність обчислень і вибір раціональної кількості розрахунків. Практичне використання результатів моделювання. <b>Практичне заняття 9.</b> Презентація аспірантами можливостей комп'ютерного моделювання процесів за тематиками дисертаційних досліджень. Залікове заняття.	Опрацювання тематики лекційного заняття. Підготовка до залікового заняття.

## 6. Самостійна робота студента/аспіранта

Види самостійної роботи вказані в таблиці в п.5, відповідно до навчальних тижнів та запланованих навчальних занять.

## Політика та контроль

## 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог до студентів:

- **правила відвідування занять** – відвідування занять усіх видів (лекції, практичні заняття) - обов'язкове як при навчанні в аудиторіях, так і при дистанційному режиму навчання. В останньому випадку заняття проводяться в режимі Zoom-конференцій і аспіранти їх «відвідують» під'єднуючись за наданими викладачами посиланнями;

- **правила поведінки на заняттях** – не заважати зайвою діяльністю, розмовами (у тому числі телефоном) іншим аспірантам слухати лекції або працювати на практичних заняттях. В аудиторіях та при дистанційному навчанні вдома дотримуватись правил техніки безпеки;

- **правила зарахування практичних занять і нарахування балів за їх виконання** – викладач оцінює роботу аспіранта під час заняття, якість і своєчасність представлення результатів виконання завдання;

- **правила захисту індивідуальних завдань** – проекти за тематикою досліджень презентуються на останньому лекційному занятті і обов'язковим обговоренням представлених результатів;

- **правила призначення заохочувальних та штрафних балів** – заохочувальні бали не передбачені; по 4 штрафних бали нараховується за відсутність на занятті без поважної причини, при невчасному виконанні практичних завдань або невчасному представленні проекту за темою дослідження;

- **політика дедлайнів та перескладань:**

1) здача і оцінювання результатів виконання усіх завдань відбувається виключно під час аудиторних занять;

2) перескладання заліку здійснюються за графіком, встановленим на рівні університету у терміни, визначені викладачем і повідомлені аспірантам при оголошенні рейтингових балів;

- **політика щодо академічної доброчесності** – аспіранти зобов'язані дотримуватись положень Кодексу честі та вимог академічної доброчесності під час освітнього процесу.

## **8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

**Поточний контроль:** оцінювання роботи на практичних заняттях (виконання завдань на кожному із занять оцінюється до 8 балів, максимум за всі практичні заняття становить 64 бали), підготовка і презентація проекту за темою дослідження оцінюється максимально у 36 балів.

**Календарний контроль:** провадиться двічі на семестр на 7-8 та 14-15 тижнях як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу - студент отримує «задовільно» під час першого та другого календарного контролю, якщо його поточний рейтинг складає не менше за 0,5 від максимальної кількості балів, можливої на момент контролю.

**Семестровий контроль:** залік.

**Умови допуску до семестрового контролю:**

- допуск до складання заліку можливий тільки у разі успішних відпрацювання всіх практичних занять і презентації проекту за тематикою дослідження;

- аспіранти, які протягом семестру отримали сумарний рейтинговий бал < 25 до складання заліку не допускаються;

- у разі, якщо станом на початок практичного заняття 9 аспірант має сумарний рейтинговий бал < 60, він не може отримати позитивний результат складання заліку.

**Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:**

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно

64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перескладання проводиться за «жорсткою» схемою (з анулюванням попередніх балів) і полягає у виконанні контрольного завдання, що складається з одного теоретичного питання (за лекційним матеріалом), яке оцінюється максимум у 40 балів, і одного практичного питання (прикладної задачі), яке оцінюється максимум у 60 балів.

Оцінювання контрольного завдання здійснюється наступним чином. За відповідь на питання бали нараховуються відповідно до повноти і обґрунтованості відповіді пропорційно відповідній максимальній кількості балів. Якщо відповідь містить менше 30 % потрібної інформації, вона вважається незадовільною, і за неї нараховується 0 балів. Залікова оцінка визначається як сума балів за відповіді на обидва питання.

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

**Складено** доцентом кафедри МАХНВ, к.т.н., доцентом Семінським Олександром Олеговичем.

**Затверджено** на засіданні кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв (протокол № 26 від 19 червня 2021 р.)

**Ухвалено** методичною комісією інженерно-хімічного факультету (протокол № 11 від 25 червня 2021 р.)