



Національний технічний університет України
«КІЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



Кафедра технології
неорганічних речовин,
водоочищення та загальної
хімічної технології

МОДЕЛЮВАННЯ В ХІМІЧНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити освітньої компоненти

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>161 Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Хімічні технології та інженерія</i>
Статус освітньої компоненти	<i>вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, осінній семестр</i>
Обсяг освітньої компоненти	<i>4 кредити, 120 год. (Лекції 18 год., лабораторні роботи 36 год., СРС 66 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік письмовий</i>
Розклад занять	<i>Лекція 1 години на тиждень (1 пара в два тижня), лабораторний практикум 2 години на тиждень (1 пара на тиждень) за розкладом на schedule.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська/Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н., доцент Шахновський Аркадій Маркусович, AMShakhn@xtf.kpi.ua</i> Лабораторні роботи: <i>к.т.н., доцент Шахновський Аркадій Маркусович, AMShakhn@xtf.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/</i>

Програма освітньої компоненти

1. Опис освітньої компоненти, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Комп'ютерне моделювання надає фахівцю набір передових та ефективних інструментів як для розрахунку хіміко-технологічних процесів на рівнях від окремих процесів та апаратів до складних хіміко-технологічних систем, так і для ефективної візуалізації хіміко-технологічних процесів.

Предмет освітньої компоненти: Основні принципи, підходи, теоретичні основи дослідження, розрахунку та застосування комп'ютерних моделей типових хіміко-технологічних процесів, насамперед, тепло- та масообмінних процесів та процесів хімічного перетворення. Сучасні програмні засоби для комп'ютерного моделювання хіміко-технологічних процесів.

Метою освітньої компоненти є формування у здобувачів вищої освіти здатностей:

- Використовувати програмне забезпечення для вирішення завдань моделювання у хімічних технологіях та інженерії.
- Створювати та аналізувати математичні моделі хіміко-технологічних процесів, інтерпретувати результати моделювання з урахуванням фізико-хімічних закономірностей.
- Розроблювати алгоритми та застосовувати сучасні методи чисельних розрахунків і візуалізації даних для оптимізації та проектування хімічних процесів.

Після засвоєння вмісту освітньої компоненти здобувачі вищої освіти мають продемонструвати такі результати навчання. Програмні компетентності: ЗК 02 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК 03 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. ФК 01 Здатність використовувати положення і методи фундаментальних наук для вирішення професійних задач. ФК 02 Здатність використовувати методи спостереження, опису, ідентифікації, класифікації об'єктів хімічної технології та промислової продукції. ФК 06 Здатність використовувати обчислювальну техніку та інформаційні технології для вирішення складних задач і практичних проблем в галузі хімічної інженерії. ФК 08 Здатність оформлювати технічну документацію, згідно з чинними вимогами. Програмні результати навчання: ПРН 03 Знати і розуміти механізми і кінетику хімічних процесів, ефективно використовувати їх при проектуванні і вдосконаленні технологічних процесів та апаратів хімічної промисловості. ПРН 08 Використовувати сучасні обчислювальну техніку, спеціалізоване програмне забезпечення та інформаційні технології для розв'язання складних задач і практичних проблем у галузі хімічної інженерії, зокрема, для розрахунків устаткування і процесів хімічних виробництв. ПРН 13 Розуміння хімічної інженерії як складника сучасних науки і техніки, її місця у розвитку інженерії, української держави та загальносвітової культури. ПРН 16 Виконувати параметричний розрахунок масо- та теплообмінних апаратів та складати технологічні схеми і баланси технологій сучасного органічного синтезу.

2. Пререквізити та постреквізити освітньої компоненти (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою компонентою)

Пререквізити: перелік освітніх компонент, знань та умінь, володіння якими необхідні здобувачеві вищої освіти для успішного засвоєння освітньої компоненти

Загальна та неорганічна хімія.	Властивості сполук хімічних елементів, що найчастіше застосовуються у хімічній промисловості, властивості речовин, що становлять основу конструкційних матеріалів; що можуть утворюватися при певних умовах і впливати на стан матеріалів, на здоров'я людини, на стан навколишнього середовища.
Інформаційні технології	Базові принципи опрацювання та візуалізації інформації в програмних пакетах загального призначення, зокрема, електронних таблицях MS Excel.
Загальна хімічна технологія	Базові уявлення про основи хімічної термодинаміки та закони хімічної кінетики, про принципи структурної організації та типові функції і механізми роботи технологічних об'єктів хімічних виробництв;

Постреквізити освітньої компоненти: освітні компоненти (включаючи курсові та дипломні роботи і проекти), в рамках яких передбачено пошук, зберігання, комп'ютерну обробку (аналіз) інформації, виконання інженерних розрахунків та підготовку звітів.

3. Зміст освітньої компоненти

Тема 1. Основні поняття та визначення метода математичного моделювання

Тема 2. Організація моделювання в хімічній інженерії

Тема 3. Моделювання типових об'єктів хімічної технології

Тема 4. Спеціальні програмні засоби моделювання в хімічній інженерії

4. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету, електронному кампусі КПІ та на сайті кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології та розміщені на електронному ресурсі ELAKPI. Обов'язковою до вивчення є

базова література, інші матеріали – факультативні. Розділи та теми, з якими здобувач вищої освіти має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних та практичних заняттях.

Базова:

1. Моделювання в хімічній інженерії: комп'ютерний лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: А. М. Шахновський, О. О. Квітка. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,58 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. – 140 с. (доступний на платформі Sikorsky-distance)
2. Алгоритмізація інженерних розрахунків. Розрахункова робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: А. М. Шахновський, С. Г. Бондаренко, О. В. Сангінова, О. О. Квітка. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 133 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57144>
3. Програмне забезпечення в хімічних технологіях: хіміко-технологічні розрахунки з використанням пакету MathCAD [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: А. М. Шахновський, О. О. Квітка. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 112 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/67250>

Додаткова:

4. Бондаренко С. Г., Сангінова О. В., Шахновський А. М. Чисельні методи в хімії та хімічній технології [Електронний ресурс] : підруч. для здобувачів ступеня бакалавра за спец. 161 Хімічні технології та інженерія; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 564 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/67248>
5. Алгоритмізація інженерних розрахунків. Комп'ютерний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: А. М. Шахновський, С. Г. Бондаренко, О. В. Сангінова. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 131 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57142>
6. Козяр М.М., Фещук Ю.В., Парфенюк О.В. Комп'ютерна графіка: SolidWorks: навчальний посібник / М.М. Козяр, Ю.В. Фещук, О.В. Парфенюк – Херсон: Грінь Д.С., 2024. – 249 с. URL: http://repository.rshu.edu.ua/id/eprint/15943/1/%D0%9D%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%E2%80%99%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%20%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D0%BA%D0%B0_SolidWorks%202024.pdf
7. Adidharma H., Temyanko V. Mathcad for Chemical Engineers. Trafford Publishing, 2007. 172 p.
8. Chemical Engineering Process Simulation. 2nd Edition. Ed by Dominic Foo. Elsevier, 2022. 496 p.

Інформаційні ресурси:

9. Chemistry software. URL: <https://library.bath.ac.uk/chemical-engineering/essential-reading>
10. Top Computer/Software Skills For Chemical Engineers. URL: <https://www.theengineersperspectives.com/chemical-engineer-computer-skills/>
11. Дистанційний курс Google G Suite for Education. Режим доступу: Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance)

5. Методика опанування освітньої компоненти

Лекційні заняття

Вичитування лекцій з освітньої компоненти проводиться паралельно з виконанням здобувачами вищої освіти лабораторного (комп'ютерного) практикуму з розглядом питань, що виносяться на самостійну роботу. При читанні лекцій при змішаному навчанні застосовуються засоби для відеоконференцій (Google Meet, Zoom тощо) та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій, які розміщені на платформі Sikorsky-distance [12]. Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, рекомендованими для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої.

№	Опис заняття
1	Тема 1. Основні поняття та визначення метода математичного моделювання Огляд основних термінів: об'єкт хімічної технології (ОХТ), фізико-хімічна система (ФХС), хіміко-технологічна система (ХТС), хіміко-технологічний процес (ХТП). Життєвий цикл ОХТ, структура і класифікація параметрів. Підходи до моделювання: аналітичний, емпіричний, структурний. Поняття адекватності та ідентифікації моделей. Системний підхід у хімічній технології. Етапи побудови математичної моделі. Вступ до поняття обчислювального експерименту.
2	Тема 1 (продовження). Структура та класифікація математичних моделей у хімічній інженерії. Розгляд структурної побудови моделей. Статичні й динамічні моделі. Моделі із зосередженими параметрами (на прикладі ідеального реактора), моделі з розподіленими параметрами (наприклад, теплопровідність). Детерміновані моделі та експериментально-статистичні моделі. Приклади гідродинамічних та тепло-, масообмінних моделей. Інтерпретація змінних: керовані, вихідні, внутрішні. Принципи спрощення реального процесу для потреб моделювання.
3	Тема 2. Організація моделювання в хімічній інженерії Математичний апарат моделювання. Розв'язання систем алгебраїчних рівнянь. Чисельне диференціювання та інтегрування. Чисельне інтегрування звичайних диференціальних рівнянь. Поняття про методи розв'язання моделей із частинними похідними. Приклади застосування чисельних методів до хімічних задач (кінетика реакцій, масообмін). Поняття похибки, стабільності й збіжності обчислень.
4	Тема 2 (продовження). Програмне забезпечення для інженерного моделювання. Огляд інженерного ПЗ: MATLAB, COMSOL, Aspen Plus, ChemCAD, MathCAD. Переваги Mathcad у хімічній інженерії. Інтерфейс користувача. Створення документа, введення формул, використання одиниць виміру. Візуалізація результатів. Можливості для інтерактивного моделювання. Порівняння з табличними процесорами. Використання Mathcad у проектуванні, розрахунках, аналітиці. Розв'язання інженерних задач у Mathcad. Операції з векторами і матрицями. Вбудовані функції та оператори. Символьні та числові обчислення. Побудова графіків функцій. Приклади реалізації інженерних задач: тепловий баланс, масообмінні розрахунки. Побудова простих розрахункових схем. Поширені помилки й способи їх уникнення.
5	Тема 3. Моделювання типових об'єктів хімічної технології Моделювання теплових процесів: теплопровідність і теплообмін. Рівняння нестационарної теплопровідності. Краєві умови. Теплообмін між фазами. Застосування методів скінченних різниць. Побудова температурних профілів. Моделювання

	<i>охолодження/нагрівання реакторів, труб, теплообмінників. Реалізація задач у Mathcad із графічною візуалізацією результатів.</i>
6	<i>Тема 3 (продовження). Моделювання масообмінних процесів у хіміко-технологічних системах. Основи масообміну: дифузія, конвекція, розчинення, сорбція. Рівняння масообміну. Двокомпонентна й багатоконпонентна дифузія. Колонні процеси. Застосування диференціальних рівнянь у описі масообміну. Побудова моделей у Mathcad для сорбційних, екстракційних, абсорбційних процесів. Моделювання гідродинаміки потоків. Математичні моделі найпростіших реакторів: реактори ідеального змішування, ідеального витіснення. Формулювання рівнянь матеріального балансу. Врахування кінетики хімічних реакцій. Побудова та аналіз залежностей виходу продукту від температури, часу, об'ємів. Впровадження моделей у Mathcad, побудова залежностей, аналіз стабільності.</i>
7	<i>Тема 3 (продовження). Ідентифікація моделей та обчислювальний експеримент. Принципи ідентифікації моделей за експериментальними даними. Регресійний аналіз. Критерії якості моделі: похибка, надійність, адекватність. Сутність обчислювального експерименту. Планування числових дослідів. Аналіз чутливості параметрів. Побудова моделі в Mathcad на основі емпіричних даних та верифікація її результатів.</i>
8	<i>Тема 4. Спеціальні програми засоби моделювання в хімічній інженерії Вступ до програмного комплексу ChemCAD як інструменту процесного моделювання. Роль ChemCAD у проектуванні, оптимізації та аналізі хімічних виробництв. Огляд інтерфейсу користувача, модулів і бібліотек речовин та апаратів. Основи створення технологічної схеми: вибір компонентів, задання властивостей речовин, побудова блок-схеми з апаратів (колони, реактори, теплообмінники). Налаштування параметрів потоків і блоків, балансування матеріальних та енергетичних потоків. Методи вибору термодинамічних моделей і кореляцій. Приклади типових розрахунків: ректифікація, абсорбція, змішування, реакційні процеси. Підготовка та аналіз результатів — таблиці потоків, T–x діаграми, графіки продуктивності. Використання ChemCAD для сценаріїв «що-якщо» та оптимізації процесу.</i>
9	<i>Тема 4 (продовження). Використання твердотілого моделювання та SolidWorks у хімічній інженерії. Основи тривимірного (3D) твердотілого моделювання як складової сучасного комп'ютерного моделювання. Роль CAD-систем у хімічній інженерії для проектування обладнання (реактори, теплообмінники, ємності, трубопроводи). Огляд можливостей SolidWorks: створення ескізів, побудова параметричних моделей, робота зі складальними одиницями, підготовка креслень. Особливості використання бібліотек стандартних елементів та матеріалів. Етапи створення 3D-моделі обладнання та її використання для візуалізації й аналізу технологічних процесів. Інтеграція 3D-моделей з іншими програмними середовищами (Mathcad, системи розрахунку гідродинаміки або тепломасообміну). Переваги SolidWorks для міждисциплінарного проектування та підготовки документації. Приклади застосувань: моделювання апарату змішування, насосних станцій, випарників. Огляд інструментів для аналізу міцності та оптимізації конструкцій. Роль 3D-моделей у спільних інженерних проєктах і цифрових двійниках хіміко-технологічних систем.</i>

Лабораторний (комп'ютерний) практикум

Метою комп'ютерного практикуму є закріплення теоретичних знань, отриманих на лекціях та в процесі самостійної роботи з літературними джерелами в ході вивчення освітньої компоненти. Матеріал комп'ютерного практикуму спрямований на одержання досвіду розв'язання практичних задач хімії і хімічної технології шляхом застосування алгоритмів реалізації розрахунків на основі сучасних програмних середовищ.

Номер роботи	Тема	Опис запланованої роботи
1	Лабораторна робота №1. Початок роботи з програмою MathCAD	Відповідно до отриманого індивідуального завдання дослідити засоби виконання прикладних хіміко-технологічних розрахунків з використанням пакету MathCAD. 1. Дослідження інтерфейсу та основ роботи з програмою MathCAD.
2	Лабораторна робота №2. Базові розрахунки та робота з матрицями в середовищі MathCAD	Відповідно до отриманого індивідуального завдання дослідити засоби виконання прикладних хіміко-технологічних розрахунків з використанням пакету MathCAD. 1. Дослідження базових прийомів роботи з програмою MathCAD.
3		2. Дослідження засобів організації матричних операцій у програмі MathCAD
4	Лабораторна робота №3. Балансові розрахунки шляхом розв'язання систем рівнянь	Відповідно до отриманого індивідуального завдання дослідити засоби виконання прикладних хіміко-технологічних розрахунків з використанням пакету MathCAD. 1. Дослідження основ матричних балансових розрахунків хіміко-технологічних процесів.
5		Дослідження засобів матричних балансових розрахунків хіміко-технологічних процесів у програмі MathCAD
6	Лабораторна робота №4. Розв'язання нелінійних алгебраїчних рівнянь у розрахунках з хімічної інженерії	Відповідно до отриманого індивідуального завдання дослідити засоби виконання прикладних хіміко-технологічних розрахунків з використанням пакету MathCAD. 1. Дослідження прикладних засобів розв'язання нелінійних алгебраїчних рівнянь у розрахунках з хімічної інженерії у програмі MathCAD
7	Лабораторна робота №5. Побудова графіків в системі MathCAD	Відповідно до отриманого індивідуального завдання дослідити засоби виконання прикладних хіміко-технологічних розрахунків з використанням пакету MathCAD. 1. Дослідження засобів візуалізації даних у програмі MathCAD
8	Лабораторна робота №6. Побудова апроксимаційних моделей	Відповідно до отриманого індивідуального завдання дослідити засоби виконання прикладних хіміко-технологічних розрахунків з використанням пакету MathCAD. 1. Дослідження засобів побудови лінійних поліноміальних моделей прийомів для аналізу даних у програмі MathCAD
9		2. Дослідження засобів побудови нелінійних апроксимаційних моделей прийомів для аналізу експериментальних даних у програмі MathCAD
10	Лабораторна робота №7. Структурна та параметрична ідентифікація моделей	Відповідно до отриманого індивідуального завдання дослідити засоби виконання прикладних хіміко-технологічних розрахунків з використанням пакету MathCAD. 1. Дослідження базових прийомів структурної ідентифікації моделей
11		2. Дослідження прийомів параметричної ідентифікації моделей даних у програмі MathCAD
12	Лабораторна робота №8. Математичний опис динаміки технологічних процесів	Відповідно до отриманого індивідуального завдання дослідити засоби виконання прикладних хіміко-технологічних розрахунків з використанням пакету MathCAD. 1. Дослідження базових прийомів опису динаміки технологічних процесів
13		2. Дослідження прийомів опису динаміки технологічних процесів у програмі MathCAD: розв'язання диференціальних рівнянь

Номер роботи	Тема	Опис запланованої роботи
14	Лабораторна робота №9. Моделювання процесу теплообміну	Відповідно до отриманого індивідуального завдання дослідити засоби виконання прикладних хіміко-технологічних розрахунків з використанням пакету MathCAD. 1. Дослідження структури потоків у прототечійному теплообмінному апараті шляхом розв'язання задачі Коші.
15		2. Дослідження структури потоків у протитечійному теплообмінному апараті шляхом розв'язання крайової задачі.
16	Написання модульної контрольної роботи.	
17	Захист розрахункової роботи.	
18	Підсумкове заняття.	До відома здобувачів вищої освіти доводиться кількість балів, яку вони набрали протягом семестру. Здобувачі вищої освіти, які були не допущеними до семестрової атестації з кредитного модуля, мають усунути причини, що призвели до цього.

6. Самостійна робота

Самостійна робота здобувача вищої освіти протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу, складання (за вказівкою викладача) попередніх варіантів програм для проведення розрахунків на заняттях, оформлення звітів з комп'ютерних практикумів, виконання розрахункової роботи, підготовку до захисту результатів практикуму, модульної контрольної роботи та розрахункової роботи. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

Вид самостійної роботи	Кількість годин на підготовку
Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу, складання попередніх варіантів програм для проведення розрахунків на заняттях, оформлення звітів з комп'ютерних практикумів	46 годин
Виконання розрахункової роботи	10 годин
Підготовка до МКР (повторення матеріалу)	4 годин
Підготовка до заліку	6 годин
Разом	66 годин

8. Індивідуальні завдання

Для більш ґрунтовного опанування програмного матеріалу освітньої компоненти здобувач вищої освіти одержує індивідуальне завдання на розрахункову роботу за темою: «Комп'ютерне моделювання та проєктування абсорбційного апарату». Ціллю індивідуального завдання є стимулювання здобувачів вищої освіти до самостійного осмислення теоретичного і фактичного матеріалу, самостійного виконання матеріальних, теплових і конструктивних розрахунків, вдосконалення вміння пошуку та аналізу інформації з програмного матеріалу (в т. ч. з використанням мережі Internet) і творчого, продуктивного, обґрунтованого рішення індивідуального завдання, що максимально наближена до реальних виробничих проблем.

7. Політика освітньої компоненти

У звичайному режимі роботи університету лекції та комп'ютерні практикуми проводяться в навчальних аудиторіях. У змішаному режимі лекційні заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський, комп'ютерні практикуми – у комп'ютерних класах. У дистанційному режимі всі заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський. Відвідування лекцій та комп'ютерних практикумів є обов'язковим (за винятком форс-мажорних обставин, спеціально оговорених статутними документами КПІ ім. Ігоря Сікорського).

На початку кожної лекції лектор може проводити опитування за матеріалами попередньої лекції із застосуванням інтерактивних засобів (Google Forms, тощо). Перед початком чергової теми лектор може надсилати питання із застосуванням інтерактивних засобів з метою визначення рівня обізнаності здобувачів за даною темою, підвищення зацікавленості та залучення слухачів до розв'язання прикладів.

Правила захисту комп'ютерних практикумів та розрахункової роботи:

1. До захисту допускаються здобувачі вищої освіти, які правильно виконали розрахунки (при неправильно виконаних розрахунках їх слід усунути).
2. Захист відбувається за графіком, зазначеним у п.5 за індивідуальними завданнями.
3. Після перевірки завдання викладачем на захист виставляється загальна оцінка і робота вважається захищеною.

Правила призначення заохочувальних балів:

1. За модернізацію робіт нараховується від 1 до 6 заохочувальних балів;
2. За виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з освітньої компоненти нараховується від 1 до 6 заохочувальних балів;
3. За активну роботу на лекції нараховується до 0,5 заохочувальних балів (але не більше 10 балів на семестр).

Політика дедлайнів та перескладань: визначається п. 8 Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського

Політика щодо академічної доброчесності: визначається політикою академічної чесності та іншими положеннями Кодексу честі університету.

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

Види контролю встановлюються відповідно до Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського:

1. Поточний контроль: опитування на лекціях, оцінка рівня виконання завдань комп'ютерного практикуму і МКР, захист РР.
2. Семестровий контроль: залік.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

1. Рейтинг здобувача вищої освіти з кредитного модуля розраховується виходячи із 100-бальної шкали, що складається з балів, що здобувач вищої освіти отримує за:

- Виконання, оформлення та захист комп'ютерних лабораторних робіт (9 тем занять);
- написання модульної контрольної роботи (МКР);
- виконання розрахункової роботи (РР).

2. Критерії нарахування балів:

2.1. Лабораторні роботи:

Номер роботи	Бали
Лабораторна робота №1	5
Лабораторна робота №2	8
Лабораторна робота №3	8
Лабораторна робота №4	5
Лабораторна робота №5	5
Лабораторна робота №6	8
Лабораторна робота №7	8
Лабораторна робота №8	8
Лабораторна робота №9	8
Разом	63

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи складає 63 бали. Захист лабораторних робіт оцінюється в 2 бали. Ваговий бал за виконання і оформлення лабораторних робіт №1, 4, 5 складає 3 бали. Ваговий бал за виконання і оформлення лабораторних робіт №2, 3, 6-9 складає 6 балів (дві частини по 3 бали кожна).

Критерії оцінювання лабораторних робіт з ваговим балом 3 за виконання і оформлення однієї частини:

- вірно виконані і належним чином представлені завдання – 3 бали;
- у виконанні та представленні завдань містяться несуттєві неточності мають неточності – 3-2,6 балів;
- виконано всі завдання, але деякі з них містять окремі помилки або неточності (з подальшим їх виправленням) – 2,6-2,2 бали;
- виконано не всі завдання, деякі з них містять суттєві помилки або неточності (з подальшим їх виправленням) – 2,2-1,4 балів;
- лабораторна робота не виконана або протокол не представлений – повертається на відпрацювання або доопрацювання.

Критерії оцінювання захисту лабораторної роботи:

- вірні відповіді на запитання до захисту – 1,9 - 2 бали;
- відповіді на питання до захисту переважно вірні, але мають незначні неточності – 1,7-1,9 балів;
- відповіді на питання до захисту переважно вірні, але мають деякі неточності – 1,5-1,7 балів;
- відповіді на питання до захисту переважно вірні, але мають значні неточності – 1,3-1,5 балів;
- відповіді на питання до захисту переважно вірні, але мають дуже суттєві неточності – 1,2-1,3 балів;
- відповіді на питання до захисту переважно вірні, але мають дуже суттєві неточності захист не зараховано .

2.2. Модульний контроль.

Ваговий бал – **12 балів**. Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 12 – 10,1 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 10,0 – 6,8 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 6,7 – 5,4 балів;

- незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0 балів.

2.3. Розрахункова робота.

Ваговий бал – **25 бали**. Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

- творчо виконана робота, виконані всі вимоги до роботи – 23– 25 балів;
- роботу виконано з незначними недоліками, виконані майже всі вимоги до роботи, або є несуттєві помилки – 22,9 – 16 балів;
- роботу виконано з певними помилками, є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки – 15,9 – 9,6 балів;
- роботу не зараховано (завдання не виконане або є грубі помилки) – 0 балів.

3 Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації. Бал, необхідний для отримання позитивного календарного контролю доводиться до відома студентів викладачем не пізніше ніж за 2 тижні до початку календарного контролю..

4. Відповідно до «Положення про організацію навчального процесу в НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», необхідною умовою допуску заліку є зарахування всіх практикумів, а також МКР і РР. Для отримання заліку з кредитного модуля «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів.

Здобувачі вищої освіти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити оцінку в системі ECTS, виконують залікову контрольну роботу. При цьому бали за залікову контрольну роботу є остаточними (попередні бали скасовано). Завдання залікової контрольної роботи складається з чотирьох питань різних тем робочої програми. Додаткові питання з тем пропущених лекцій отримують здобувачі вищої освіти, які без поважної причини були на них відсутні. Незадовільна відповідь з додаткового питання знижує загальну оцінку на 4 бали.

Кожне питання залікової контрольної роботи оцінюється у 25 балів відповідно до системи оцінювання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 25–22,5 бал;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності) – 22,4–18,8 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 18,7–15 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Сума балів за кожне з чотирьох запитань залікової контрольної роботи переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею1.

Таблиця 1.

Бали	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не зараховано розрахункову роботу, або є не зараховані практичні роботи, або $r_c < 60$	Не допущено

Максимальна сума балів, яку здобувач вищої освіти може набрати протягом семестру, складає 100 балів:

$$RC = r_{\text{гр}} + r_{\text{МКР}} + r_{\text{РР}} = 63+12+25= 100 \text{ балів}$$

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
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 освітньої компоненти

Рекомендації та індивідуальні завдання до лабораторних робіт, рекомендації та індивідуальні завдання та вимоги до оформлення розрахункової роботи, перелік запитань до МКР, перелік типових екзаменаційних питань та завдань, посилання на інформаційні ресурси з тем курсу наведені у дистанційному курсі на платформі дистанційного навчання Сікорський [12].

Типові запитання та завдання до заліку:

1. Пояснити сенс термінів: об'єкт хімічної технології (ОХТ), фізико-хімічна система (ФХС), хіміко-технологічна система (ХТС), хіміко-технологічний процес (ХТП). Життєвий цикл ОХТ, структура і класифікація параметрів.
2. Поняття про детерміновані й стохастичні процеси.
3. Види моделей: статичні/динамічні, зосереджені/розподілені параметри. Підходи до моделювання: аналітичний, емпіричний, структурний.
4. Поняття адекватності та ідентифікації моделей. Системний підхід у хімічній технології. Етапи побудови математичної моделі. Вступ до поняття обчислювального експерименту.
5. Детерміновані моделі та експериментально-статистичні моделі. Принципи спрощення реального процесу для потреб моделювання.
6. Математичний апарат моделювання. Розв'язання систем алгебраїчних рівнянь.
7. Чисельне диференціювання та інтегрування.
8. Чисельне інтегрування звичайних диференціальних рівнянь.
9. Поняття про методи розв'язання моделей із частинними похідними. Приклади застосування чисельних методів до хімічних задач (кінетика реакцій, масообмін).
10. Поняття похибки, стабільності й збіжності обчислень.
11. Програмне забезпечення для інженерного моделювання: MATLAB, COMSOL, Aspen Plus, ChemCAD, MathCAD.
12. Mathcad для потреб хімічної інженерії: інтерфейс користувача, введення формул, використання одиниць виміру, візуалізація результатів.
13. Можливості Mathcad для інтерактивного моделювання. Порівняння з табличними процесорами. Використання Mathcad у проектуванні, розрахунках, аналітиці.
14. Розв'язання інженерних задач у Mathcad. Операції з векторами і матрицями. Вбудовані функції та оператори. Символьні та числові обчислення. Побудова графіків функцій. Приклади реалізації інженерних задач: тепловий баланс, масообмінні розрахунки. Побудова простих розрахункових схем. Поширені помилки й способи їх уникнення.
15. Моделювання теплових процесів: теплопровідність і теплообмін. Рівняння нестационарної теплопровідності. Краєві умови. Теплообмін між фазами. Застосування методів скінченних різниць. Побудова температурних профілів. Моделювання охолодження/нагрівання реакторів, труб, теплообмінників. Реалізація задач у Mathcad із графічною візуалізацією результатів.
16. Моделювання масообмінних процесів у хіміко-технологічних системах. Основи масообміну: дифузія, конвекція, розчинення, сорбція. Рівняння масообміну. Двокомпонентна й багатоконпонентна дифузія. Колонні процеси. Застосування

диференціальних рівнянь у описі масообміну. Побудова моделей у Mathcad для сорбційних, екстракційних, абсорбційних процесів. Моделювання гідродинаміки потоків.

17. Математичні моделі найпростіших реакторів: реактори ідеального змішування, ідеального витіснення. Формулювання рівнянь матеріального балансу. Врахування кінетики хімічних реакцій. Побудова та аналіз залежностей виходу продукту від температури, часу, об'ємів. Впровадження моделей у Mathcad, побудова залежностей, аналіз стабільності.
18. Ідентифікація моделей та обчислювальний експеримент. Принципи ідентифікації моделей за експериментальними даними. Регресійний аналіз. Критерії якості моделі: похибка, надійність, адекватність. Сутність обчислювального експерименту. Планування числових дослідів. Аналіз чутливості параметрів. Побудова моделі в Mathcad на основі емпіричних даних та верифікація її результатів.
19. Вступ до програмного комплексу ChemCAD як інструменту процесного моделювання. Роль ChemCAD у проектуванні, оптимізації та аналізі хімічних виробництв. Огляд інтерфейсу користувача, модулів і бібліотек речовин та апаратів. Основи створення технологічної схеми: вибір компонентів, задання властивостей речовин, побудова блок схеми з апаратів (колони, реактори, теплообмінники). Налаштування параметрів потоків і блоків, балансування матеріальних та енергетичних потоків. Методи вибору термодинамічних моделей і кореляцій. Приклади типових розрахунків: ректифікація, абсорбція, змішування, реакційні процеси. Підготовка та аналіз результатів — таблиці потоків, T–x діаграми, графіки продуктивності. Використання ChemCAD для сценаріїв «що якщо» та оптимізації процесу.
20. Використання твердотілого моделювання та SolidWorks у хімічній інженерії. Основи тривимірного (3D) твердотілого моделювання як складової сучасного комп'ютерного моделювання. Роль CAD-систем у хімічній інженерії для проектування обладнання (реактори, теплообмінники, ємності, трубопроводи). Огляд можливостей SolidWorks: створення ескізів, побудова параметричних моделей, робота зі складальними одиницями, підготовка креслень. Особливості використання бібліотек стандартних елементів та матеріалів. Етапи створення 3D-моделі обладнання та її використання для візуалізації й аналізу технологічних процесів. Приклади застосувань: моделювання апарату змішування, насосних станцій, випарників. Огляд інструментів для аналізу міцності та оптимізації конструкцій. Роль 3D-моделей у спільних інженерних проєктах і цифрових двійниках хіміко-технологічних систем.

Робочу програму освітньої компоненти (силабус):

Складено доцентами кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології:

к.т.н. доц. Шахновським А.М.

Ухвалено кафедрою технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології (протокол №26 від 30.06.2025 р.)¹

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №10 від 26.06.2025 року)

¹ Силабус спочатку погоджується метод. комісією, а потім Ухвалюється кафедрою.