



Оптимізація

хіміко-технологічних процесів та систем

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>161 Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Для всіх освітніх програм спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія</i>
Статус дисципліни	<i>Загальної підготовки</i>
Форма навчання	<i>змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік письмовий</i>
Розклад занять	<i>Лекція 2 години (1 пара) на два тижні, комп'ютерний практикум 2 години (1 пара) на тиждень за розкладом на rozklad.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> Комп'ютерні практикуми: <i>к.т.н., доцент Шахновський Аркадій Маркусович, AMShakhn@xtf.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); доступ за запрошенням викладача</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Методи оптимізації та програмне забезпечення на їх основі є важливим інструментом вирішення прикладних та фундаментальних задач у хімічній технології та інженерії (як в лабораторному, так і у промисловому масштабі). Використання оптимізаційних моделей дає змогу розробити пропозиції щодо покращення досліджуваного процесу при різкому зменшенні потрібного обсягу експериментів на об'єкті дослідження.

Предмет дисципліни В даному курсі будуть вивчатись загальнопоширені методи формулювання прикладних фахових проблем у вигляді математичних задач оптимізації, методи та програмні засоби вирішення таких задач, а також деякі інноваційні підходи до оптимізації процесів і систем (теорія ігор, нейронні мережі).

Метою дисципліни є формування у студентів здатностей:

- використовувати математичні методи оптимізації для розв'язання типових задач хімії і хімічної технології;
- застосовувати сучасні програми для виконання розрахунків з оптимізації об'єктів хімічної технології.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- можливостей ПК в вирішенні розрахункових проблем хімічних технологій та водоочищення;
- методів представлення наукової інформації; а саме виділення об'єкту дослідження, предмету дослідження, наукової новизни, обґрунтування мети та постановка задач;
- методів моделювання та оптимізації.

уміння:

- доносити зрозуміло і недвозначно професійні знання, власні обґрунтування і висновки до фахівців і широкого загалу;
- спираючись на обраний метод оптимізації у відповідності до типу задачі, розробляти алгоритм вирішення задачі оптимізації, аналізувати отримані результати.

досвід:

- використання математичних методів оптимізації для розв'язання типових задачі хімії і хімічної технології;
- застосування стандартного програмного забезпечення для виконання розрахунків з оптимізації об'єктів хімічної технології.

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

Зазначається перелік дисциплін, знань та умінь, володіння якими необхідні студенту для успішного засвоєння дисципліни:

Вища математика	Властивості неперервних функцій. Системи алгебраїчних рівнянь. Звичайні диференціальні рівняння та їх системи. Матриці та матричні перетворення.
Інформаційні технології	Принципи обробки інформації в математичних пакетах та програмних пакетах загального призначення – MS Excel. Основи алгоритмізації. Робота з сучасними програмними продуктами: VBA/ Mathcad
Чисельні методи в хімії і хімічній технології	Чисельні методи вирішення алгебраїчних та диференціальних рівнянь, методи чисельного інтегрування, наближення функцій, що застосовуються для розв'язання типових інженерних задач хімії та хімічної технології, та комп'ютерні засоби їх реалізації. Основи прикладної статистики.

Використання результатів навчання: для виконання магістерської дисертації, у подальшій професійній та науковій діяльності.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1 – Загальна характеристика методів оптимізації

Постановка задачі оптимізації. Поняття оптимізації. Якісна постановка задачі оптимізації. Деякі типові проблеми, що зводяться до задач оптимізації: оптимальна товщина теплоізоляції, оптимальний вибір сировини та розподіл виробничих потужностей, оптимальний склад суміші, оптимальні умови експлуатації обладнання. Ієрархія задач оптимізації на прикладі об'єктів хімічної промисловості.

Математична постановка задача оптимізації. Цільова функція, обмеження. Геометрична інтерпретація цільової функції та обмежень.

Принципи побудови та різновиди цільової функції (на прикладі оптимізації об'єктів хімічної промисловості).

Математичні моделі процесів та їх роль в рішенні задач оптимізації. Класифікація математичних моделей для потреб оптимізації. Ступені свободи моделі.

Класи задач оптимізації. Лінійне програмування. Нелінійне програмування. Дискретне програмування. Динамічне програмування. Геометричне програмування. Варіаційне числення. Принцип максимуму. Задачі стохастичного програмування.

Загальна процедура вирішення задач оптимізації. Класифікація методів вирішення задач оптимізації. Перешкоди застосуванню математичних методів оптимізації та їх подолання.

Тема 2 – Лінійне програмування (ЛП)

Загальний вигляд задачі лінійного програмування (ЗЛП). Основні означення. Типові задачі ЛП. Стандартна форма ЗЛП. Геометрична інтерпретація ЗЛП на прикладі задачі з двома змінними. Симплекс-метод розв'язання задач ЛП. Загальна ідея симплекс методу. Поняття опорного плану. Зв'язок між опорними планами і вершинами допустимого многогранника Теоретичні основи симплекс-методу: критерій оптимальності, ознака нерозв'язаності ЗЛП, правила переходу до наступного опорного плану. Алгоритм симплекс-методу. Симплекс-таблиця.

Двоїстість у лінійному програмуванні. Пара двоїстих задач. Правила побудови двоїстих задач. Теорема двоїстості. Економічна інтерпретація пари двоїстих задач. Теоретичні основи двоїстого симплекс методу: критерій оптимальності, ознака нерозв'язаності ЗЛА, правила переходу до наступного псевдо плану. Алгоритм методу.

Аналіз чутливості розв'язку задачі лінійного програмування до зміни вхідних даних. Зміни умов задачі, які мають вплив на допустимість розв'язку. Зміни правих частин обмежень. Зміни умов задачі, які впливають на оптимальність розв'язку.

Транспортна задача та методи її розв'язання. Постановка транспортної задачі (ТЗ) та її математична модель. Модифікації ТЗ. Необхідна та достатня умова розв'язаності ТЗ. Методи визначення початкового опорного плану ТЗ: метод північно-західного кута, метод мінімального елемента. Критерій оптимальності опорного плану ТЗ. Метод потенціалів. Задача про призначення. Угорський метод розв'язання задачі про призначення.

Межі застосування задач ЛП при вирішенні прикладних задач з хімічної технології, хімічної інженерії, біотехнології. Оптимальний вибір сировини та розподіл виробничих потужностей

Тема 3 – Нелінійне програмування.

Рішення задач оптимізації при відсутності обмежень. Постановка та властивості задач нелінійного програмування. Одномірна оптимізація. Методи виключення інтервалів:

половинного поділу, „золотого” перетину, чисел Фібоначі. Використання поліноміальної апроксимації: метод Пауела. Методи із використанням похідних.

Методи оптимізації для задач з обмеженнями. Метод множників Лагранжа. Метод штрафних функцій. Модифікації методів оптимізації без обмежень для рішення задач з обмеженнями. Комплексний метод.

Тема 5 – Нелінійне програмування. Прийняття рішень на основі результатів нелінійної оптимізації.

Використання методів нелінійного програмування в хімічній технології, хімічній інженерії, біотехнології. Вибір оптимальних режимів функціонування технологічних процесів та систем. Оптимальний вибір режимних та конструктивних параметрів. Оптимізація та аналіз чутливості реакційних процесів.

Статистичні методи пошуку оптимуму. Проблема глобального оптимуму при вирішенні задач оптимізації. Статистичний підхід до пошуку оптимуму: «найпростіший статистичний пошук». Сучасні статистичні методи пошуку оптимуму: класифікація, особливості комп'ютерної реалізації.

Генетичні алгоритми. Поняття про алгоритм «модельованого закалювання», метод Лууса-Яакала, метод «мурашиної колонії».

Тема 6 – Дискретне програмування

Предмет дискретного програмування. Різновиди задач дискретного програмування. Загальна ідея методів відтинання.

Розв'язання лінійних цілочисельних задач методом Гоморі. Представлення даних у вигляді мережі та дерева. Ймовірнісні методи вирішення задач дискретного програмування. Метод гілок та границь.

Межі застосування задач дискретного програмування при вирішенні прикладних задач з хімічної технології, хімічної інженерії, біотехнології. Синтез структури ХТС: поняття про метод структурних параметрів.

Тема 7 – Оптимальне керування технологічними системами та динамічна оптимізація

Варіаційне числення в оптимальному управлінні: задача управління кінцевим станом, задача оптимального управління з узагальненим показником якості.

Загальна уява про динамічне програмування. Застосування динамічного програмування при рішенні задач оптимального керування. Оптимальне керування нелінійними системами. Оптимальне керування системами із розподіленими параметрами. Принцип оптимальності Белмана. Рекурентні співвідношення. Рішення задачі оптимального розподілення реакційних об'ємів у каскаді реакторів ідеального перемішування.

Тема 8– Вирішення задач багатоцільової оптимізації

Постановка задачі при багатьох критеріях оптимізації. Багатокритеріальна задача оптимізації виробництва. Пошук компромісного рішення. Множина рішень Парето. Процедури рішення багатокритеріальних задач. Зведення багатокритеріальної задачі до однокритеріальної. Використання згорток різного типу. Функції бажаності та їх використання при багатьох критеріях оптимізації

Тема 9 – Спеціальні проблеми, що зводяться до вирішення задач оптимізації оптимізації.

Оптимізація в умовах невизначеності, стохастичне програмування. Роль ймовірнісної складової у моделюванні та оптимізації хіміко-технологічних процесів. Метод Монте-Карло. Стохастичне програмування. Оптимізація об'єктів в умовах конфлікту. Основи теорії ігор.

Основні концепції штучних нейронних мереж. Біологічний нейрон і його математична модель. Штучний нейрон: комбінований вхід і активаційна функція. Одношарові штучні нейронні мережі. Багатошарові штучні нейронні мережі. Навчання штучних нейронних мереж. Навчання з учителем. Навчання без вчителя. Перцептрон. Навчання перцептрона. Сучасні нейронні мережі і бібліотеки. Застосування штучних нейронних мереж.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та у бібліотеці кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – факультативні. Розділи та теми, з якими студент має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних та практичних заняттях.

Базова:

1. Гартман Т.Н., Клушин Д.В. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов. М.: ИКЦ "Академкнига", 2006. 416 с.
2. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій. К. Видавничий дім "Слово". 2006. 816 с
3. Diwekar Urmila M. Introduction to Applied Optimization. Springer, 2008. 352 p. ISBN 978-0-387-76635-5. URL: https://www.academia.edu/6907208/Diwekar_Introduction_to_Applied_Optimization.
4. Edgar T. F., Himmelblau D. M., Lasdon L. S. Optimization of Chemical Processes. - Boston: McGraw-Hill Higher Education, 2001. 651 p. URL: [http://sharif.ir/~pishvaie/Articles/OptimizationArticles/Semester_9293_2/SomeUsefulRefs/Optimization%20of%20Chemical%20Processes%20by%20David.%20M.%20Himmelblau%20\(Author\).pdf](http://sharif.ir/~pishvaie/Articles/OptimizationArticles/Semester_9293_2/SomeUsefulRefs/Optimization%20of%20Chemical%20Processes%20by%20David.%20M.%20Himmelblau%20(Author).pdf)

Додаткова

5. Основы методов оптимизации [Электронный ресурс] : / В.В. Лесин, Ю.П. Лисовец .- Москва : Лань", 2016 . 341 с . (Учебники для вузов. Специальная литература). URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=86017>.
6. Жалдак М.І., Триус Ю.В. Основи теорії і методів оптимізації: Навчальний посібник. Черкаси: Брама-Україна, 2005. 608 с.
7. Бояринов А.И., Кафаров В.В. Методы оптимизации в химической технологии. М.: Мир, 1978. 311 с.
8. Методы оптимизации : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Ф. П. Васильев, М. М. Потапов, Б. А. Будаков, Л. А. Артемьева ; под ред. Ф. П. Васильева. М. : Издательство Юрайт, 2016. 375 с.
9. Банди В. Методы оптимизации. Вводный курс. Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1988. 125 с.
10. Таха Х.А. Введение в исследование операций, 7-е изд. М.: Издательский дом "Вильямс", 2005. 912 с.
11. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. Пер. с англ. М.: Мир, 1975. 534 с.
12. Кузьмичов А. І., Медведєв М. Г. Математичне програмування в EXCEL. К.: Вид-во Європейського університету, 2005. 312 с.
13. Кузнецов Ю.Н., Козубов В.И., Волощенко А.Б. Математическое программирование. - М.: Высш. шк., 1980. 300 с.

14. Островский Г.М., Волин Ю.М. Технические системы в условиях неопределенности: анализ гибкости и оптимизация: учебн. пособие. М.: Бином, 2008. 319 с.
15. Черняк А. А., Новиков В. А., Мельников О. И., Кузнецов А. В. Математика для экономистов на базе Mathcad. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 496 с
16. Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. 368 с.
17. Галеев Э.М., Тихомиров В. М. Оптимизация: теория, примеры, задачи. М. : "Эдиториал УРСС", 2000. 320 с.
18. Карманов В.Г. Математическое программирование. М.: Физматлит, 2004. 264 с.
19. Плис А.И., Сливина Н.А. MATHCAD: математический практикум для экономистов и инженеров. М.: Финансы и статистика, 2000. 648 с.
20. Дьяконов В.П. Mathcad 2000: учебный курс СПб: Питер, 2000.- 592 с.
21. Дьяконов В., Круглов В. Математические пакеты расширения Matlab. Специальный справочник. М.: Нолидж, 2002. 492 с.
22. Салманов О.Н. Математическая экономика с применением MATHCAD и EXCEL. СПб.: "БХВ-СПб", 2003. 464 с.
23. Ковалев М.М. Дискретная оптимизация (целочисленное программирование) М.: "Эдиториал УРСС", 2003. 192 с.

Інформаційні ресурси

24. Дистанційний курс Google G Suite for Education. Режим доступу: Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); код курсу надається викладачем.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Вичитування лекцій з дисципліни проводиться паралельно з виконанням студентами робіт комп'ютерного практикуму та розглядом ними 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 [9]. Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, рекомендованими для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої.

№	Опис заняття
1	<p>Тема 1 – Загальна характеристика методів оптимізації</p> <p>Постановка задачі оптимізації. Поняття оптимізації. Якісна постановка задачі оптимізації. Деякі типові проблеми, що зводяться до задач оптимізації: оптимальна товщина теплоізоляції, оптимальний вибір сировини та розподіл виробничих потужностей, оптимальний склад суміші, оптимальні умови експлуатації обладнання. Ієрархія задач оптимізації на прикладі об'єктів хімічної промисловості.</p> <p>Математична постановка задачі оптимізації. Цільова функція, обмеження. Геометрична інтерпретація цільової функції та обмежень.</p>

	<p><i>Принципи побудови та різновиди цільової функції (на прикладі оптимізації об'єктів хімічної промисловості).</i></p> <p><i>Математичні моделі процесів та їх роль в рішенні задач оптимізації. Класифікація математичних моделей для потреб оптимізації. Ступені свободи моделі.</i></p> <p><i>Класи задач оптимізації. Лінійне програмування. Нелінійне програмування. Дискретне програмування. Динамічне програмування. Геометричне програмування. Варіаційне числення. Принцип максимума. Задачі стохастичного програмування.</i></p> <p><i>Загальна процедура вирішення задач оптимізації. Класифікація методів вирішення задач оптимізації. Перешкоди застосуванню математичних методів оптимізації та їх подолання.</i></p>
2	<p><i>Тема 2 – Лінійне програмування (ЛП)</i></p> <p><i>Загальний вигляд задачі лінійного програмування (ЗЛП). Основні означення. Типові задачі ЛП. Стандартна форма ЗЛП. Геометрична інтерпретація ЗЛП на прикладі задачі з двома змінними. Симплекс-метод розв'язання задач ЛП. Загальна ідея симплекс методу. Поняття опорного плану. Зв'язок між опорними планами і вершинами допустимого многогранника</i></p> <p><i>Теоретичні основи симплекс-методу: критерій оптимальності, ознака нерозв'язаності ЗЛП, правила переходу до наступного опорного плану. Алгоритм симплекс-методу. Симплекс-таблиця.</i></p> <p><i>Двоїстість у лінійному програмуванні. Пара двоїстих задач. Правила побудови двоїстих задач. Теорема двоїстості. Економічна інтерпретація пари двоїстих задач. Теоретичні основи двоїстого симплекс методу: критерій оптимальності, ознака нерозв'язаності ЗЛА, правила переходу до наступного псевдо плану. Алгоритм методу.</i></p> <p><i>Аналіз чутливості розв'язку задачі лінійного програмування до зміни вхідних даних. Зміни умов задачі, які мають вплив на допустимість розв'язку. Зміни правих частин обмежень. Зміни умов задачі, які впливають на оптимальність розв'язку.</i></p> <p><i>Транспортна задача та методи її розв'язання. Постановка транспортної задачі (ТЗ) та її математична модель. Модифікації ТЗ. Необхідна та достатня умова розв'язаності ТЗ. Методи визначення початкового опорного плану ТЗ: метод північно-західного кута, метод мінімального елемента. Критерій оптимальності опорного плану ТЗ. Метод потенціалів. Задача про призначення. Угорський метод розв'язання задачі про призначення.</i></p> <p><i>Межі застосування задач ЛП при вирішенні прикладних задач з хімічної технології, хімічної інженерії, біотехнології. Оптимальний вибір сировини та розподіл виробничих потужностей</i></p>
4	<p><i>Тема 3 – Нелінійне програмування.</i></p> <p><i>Рішення задач оптимізації при відсутності обмежень. Постановка та властивості задач нелінійного програмування. Одномірна оптимізація. Методи виключення інтервалів: половинного поділу, „золотого” перетину, чисел Фібоначі. Використання поліноміальної апроксимації: метод Пауела. Методи із використанням похідних.</i></p> <p><i>Методи оптимізації для задач з обмеженнями. Метод множників Лагранжа. Метод штрафних функцій. Модифікації методів оптимізації без обмежень для рішення задач з обмеженнями. Комплексний метод.</i></p>
5	<p><i>Тема 5 – Нелінійне програмування. Прийняття рішень на основі результатів нелінійної оптимізації.</i></p> <p><i>Використання методів нелінійного програмування в хімічній технології, хімічній інженерії, біотехнології. Вибір оптимальних режимів функціонування технологічних процесів та</i></p>

	<p><i>систем. Оптимальний вибір режимних та конструктивних параметрів. Оптимізація та аналіз чутливості реакційних процесів.</i></p> <p><i>Статистичні методи пошуку оптимуму. Проблема глобального оптимуму при вирішенні задач оптимізації. Статистичний підхід до пошуку оптимуму: «найпростіший статистичний пошук». Сучасні статистичні методи пошуку оптимуму: класифікація, особливості комп'ютерної реалізації.</i></p> <p><i>Генетичні алгоритми. Поняття про алгоритм «модельованого закалювання», метод Лууса-Яакала, метод «мурашиної колонії».</i></p>
6	<p><i>Тема 6 – Дискретне програмування</i></p> <p><i>Предмет дискретного програмування. Різновиди задач дискретного програмування. Загальна ідея методів відтинання.</i></p> <p><i>Розв'язання лінійних цілочисельних задач методом Гоморі. Представлення даних у вигляді мережі та дерева. Ймовірнісні методи вирішення задач дискретного програмування. Метод гілок та границь.</i></p> <p><i>Межі застосування задач дискретного програмування при вирішенні прикладних задач з хімічної технології, хімічної інженерії, біотехнології. Синтез структури ХТС: поняття про метод структурних параметрів.</i></p>
7	<p><i>Тема 7 – Оптимальне керування технологічними системами та динамічна оптимізація</i></p> <p><i>Варіаційне числення в оптимальному управлінні: задача управління кінцевим станом, задача оптимального управління з узагальненим показником якості.</i></p> <p><i>Загальна уява про динамічне програмування. Застосування динамічного програмування при рішенні задач оптимального керування. Оптимальне керування нелінійними системами. Оптимальне керування системами із розподіленими параметрами. Принцип оптимальності Белмана. Рекурентні співвідношення. Рішення задачі оптимального розподілення реакційних об'ємів у каскаді реакторів ідеального перемішування.</i></p>
8	<p><i>Тема 8– Вирішення задач багатоцільової оптимізації</i></p> <p><i>Постановка задачі при багатьох критеріях оптимізації. Багатокритеріальна задача оптимізації виробництва. Пошук компромісного рішення. Множина рішень Парето. Процедури рішення багатокритеріальних задач. Зведення багатокритеріальної задачі до однокритеріальної. Використання згорток різного типу. Функції бажаності та їх використання при багатьох критеріях оптимізації</i></p>
9	<p><i>Тема 9 – Спеціальні проблеми, що зводяться до вирішення задач оптимізації оптимізації.</i></p> <p><i>Оптимізація в умовах невизначеності, стохастичне програмування. Роль ймовірнісної складової у моделюванні та оптимізації хіміко-технологічних процесів. Метод Монте-Карло. Стохастичне програмування. Оптимізація об'єктів в умовах конфлікту. Основи теорії ігор.</i></p> <p><i>Основні концепції штучних нейронних мереж. Біологічний нейрон і його математична модель. Штучний нейрон: комбінований вхід і активаційна функція. Одношарові штучні нейронні мережі. Багатошарові штучні нейронні мережі. Навчання штучних нейронних мереж. Навчання з учителем. Навчання без вчителя. Персептрон. Навчання персептрона. Сучасні нейронні мережі і бібліотеки. Застосування штучних нейронних мереж.</i></p>

Метою комп'ютерного практикуму є закріплення теоретичних знань, отриманих на лекціях та в процесі самостійної роботи з літературними джерелами в ході вивчення навчальної дисципліни. Матеріал комп'ютерного практикуму спрямований на у закріплення теоретичних положень навчальної дисципліни і набуття студентами умінь та досвіду їх практичного застосування під керівництвом викладача шляхом виконання відповідно сформульованих завдань.

Тиждень	Тема	Опис запланованої роботи
1	Практична робота 1. Формулювання задач оптимізації. Методи класичного аналізу для дослідження функції однієї змінної.	Відповідно до отриманого індивідуального завдання виконати дослідження необхідних та достатніх умов існування екстремуму. Виконати пошук екстремальних точок нелінійної функції кількох змінних в середовищі MathCAD.
2	Захист роботи 1	
3	Практична робота 2. Графічне вирішення задач лінійного програмування.	Відповідно до отриманого індивідуального завдання виконати графічне вирішення задач лінійного програмування в середовищі MathCAD. Застосування стандартних засобів MathCAD для рішення задачі ЛП.
4	Захист роботи 2	
5	Практична робота 3. Пошук екстремумів функції однієї змінної чисельними методами.	Відповідно до отриманого індивідуального завдання виконати пошук екстремумів функції однієї змінної методом сканування, методами виключення інтервалів у середовищі MS Excel.
6	Захист роботи 3	
7	Практична робота 4 (частина 1). Дослідження чисельних методів пошуку умовного екстремуму функції багатьох змінних (методи найшвидшого спуску, Левенберга-Марквардта, покоординатного спуску, Ньютонівські методи) у середовищах MS Excel, MathCAD.	Відповідно до отриманого індивідуального завдання визначити значення умовного екстремуму функції багатьох змінних у середовищах MS Excel, MathCAD. Зробити висновки щодо особливостей роботи цих середовищ під час пошуку оптимуму функції.
8	Практична робота 4 (частина 2). Дослідження чисельних методів пошуку умовного екстремуму функції багатьох змінних (чисельні методи середньої розмірності, Ньютонівські методи) у середовищі Matlab Optimization Toolbox.	Відповідно до отриманого індивідуального завдання визначити значення умовного екстремуму функції багатьох змінних у середовищі Matlab Optimization Toolbox. Зробити висновки щодо особливостей роботи цих середовищ під час пошуку оптимуму функції.
9	Захист роботи 4	
10	Практична робота 5. Планування	Відповідно до отриманого

	<i>оптимального постачання сировини на підприємства виробничого об'єднання: вирішення транспортної задачі лінійного програмування в середовищі MS Excel Solver.</i>	<i>індивідуального завдання виконати планування оптимального постачання сировини на підприємства виробничого об'єднання: вирішити транспортну задачу лінійного програмування в середовищі MS Excel Solver.</i>
11	<i>Захист роботи 5</i>	
12	<i>Захист розрахункової роботи</i>	
13	<i>Практична робота 6. Чисельний розв'язок задач дискретної оптимізації.</i>	<i>Відповідно до отриманого індивідуального завдання виконати пошук екстремумів пошук екстремумів задач дискретної оптимізації методом гілок і границь у середовищі MS Excel.</i>
14	<i>Захист роботи 6</i>	
15	<i>Практична робота 7. Дослідження сучасних ймовірнісних методів пошуку екстремуму</i>	<i>Відповідно до отриманого індивідуального завдання виконати дослідження сучасних ймовірнісних методів пошуку екстремуму на прикладі генетичного алгоритму. Зробити висновки щодо особливостей впливу параметрів генетичного алгоритму на результати оптимізації роботи цих середовищ</i>
16	<i>Захист роботи 7</i>	
17	<i>Модульна контрольна робота</i>	
18	<i>Залікове заняття</i>	

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (СРС) протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу, складання попередніх варіантів програм для проведення розрахунків на заняттях, оформлення звітів з комп'ютерних практикумів, виконання розрахункової роботи, підготовка до захисту практичних завдань, модульної контрольної роботи та розрахункової роботи, підготовка до екзамену. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

<i>Вид СРС</i>	<i>Кількість годин на підготовку</i>
<i>Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу, складання попередніх варіантів програм для проведення розрахунків на заняттях, оформлення звітів з комп'ютерних практикумів</i>	<i>2 – 3 години на тиждень</i>
<i>Виконання розрахункової роботи</i>	<i>10 годин</i>
<i>Підготовка до захисту розрахункової роботи</i>	<i>4 години</i>
<i>Підготовка до МКР (повторення матеріалу)</i>	<i>4 години</i>
<i>Підготовка до екзамену</i>	<i>30 годин</i>

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

У звичайному режимі роботи університету лекції та комп'ютерні практикуми проводяться в навчальних аудиторіях. У змішаному режимі лекційні заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Sikorsky Distance, комп'ютерні практикуми – у комп'ютерних класах. У дистанційному режимі всі заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Sikorsky Distance. Відвідування лекцій та комп'ютерних практикумів є обов'язковим.

На початку кожної лекції лектор може проводити опитування за матеріалами попередньої лекції із застосуванням інтерактивних засобів (Google Forms, menti.com, Kahoot 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 студенти, 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.
4. Несвоєчасні захист і виконання роботи без поважної причини штрафуються відповідно до правил призначення заохочувальних та штрафних балів.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів:

1. Несвоєчасне виконання комп'ютерного практикуму без поважної причини штрафуються штрафуються 1 балом;
2. Несвоєчасний захист роботи без поважної причини штрафуються 1 балом;
3. За кожний тиждень запізнення з поданням розрахункової роботи на перевірку нараховується 1 штрафний бал (але не більше 5 балів).
4. За модернізацію робіт нараховується від 1 до 6 заохочувальних балів;
5. За виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни нараховується від 1 до 6 заохочувальних балів;
6. 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 комп'ютерних практикумах, МКР.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: письмовий залік.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

1.1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується виходячи із 100-бальної шкали. Семестровий рейтинг складається з балів, що студент отримує за:

- роботу з комп'ютерного практикуму (7 тем занять);
- написання модульної контрольної роботи (МКР);
- виконання розрахункової роботи (РР).

2. Критерії нарахування балів:

2.1. Робота з комп'ютерного практикуму:

- бездоганна робота - 8 балів;
- є певні недоліки у підготовці та/або виконанні роботи - 6 балів;
- є недоліки у підготовці та/або виконанні роботи - 4 бали.
- Робота не виконана або не захищена - 0 балів.

Виконання та захист оцінюються наступним чином:

Виконання роботи:

- робота виконана повністю і вірно протягом відведеного часу - 4 бали;
- робота виконана майже повністю і вірно протягом відведеного часу або має не принципові неточності - 3 бали;
- робота виконана більше ніж наполовину протягом відведеного часу - 2 бали;
- робота виконана протягом відведеного часу менше, ніж наполовину, результати роботи містять грубі помилки, відсутність виконання роботи - 0 балів.

Якість захисту роботи:

- студент вірно і повністю виконав всі надані до захисту завдання (відповів на запитання) - 4 бали;
- студент вірно виконав всі надані для захисту завдання, але допустив несуттєві неточності - 3 бали;
- студент при виконанні завдання (відповідях на запитання) допустив ряд суттєвих неточностей - 2 бали;
- студент при виконанні завдання (відповідях на запитання) допустив суттєві неточності - 0 балів.

2.2. Модульний контроль.

Ваговий бал - 30 балів. Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) - 30 - 26 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями - 25 - 19 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки - 18 - 10 балів;
- незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на "задовільно") - 0 балів.

2.3. Розрахункова робота.

Ваговий бал - 14 балів. Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

- творчо виконана робота, виконані всі вимоги до роботи - 14 - 12 балів;
- роботу виконано з незначними недоліками, виконані майже всі вимоги до роботи, або є несуттєві помилки - 11 - 9 балів;
- роботу виконано з певними помилками, є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки - 9 - 7 балів;
- роботу не зараховано (завдання не виконане або є грубі помилки) - 0 балів.

3. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю є виконання всіх запланованих на цей час робіт (на час календарного контролю). На **першому календарному контролі** (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не

менше $0,5 \cdot 40^1 = 20$ балів. На **другому календарному контролі** (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше $0,5 \cdot 70^2 = 35$ балів і зарахована розрахункова робота.

Максимальна сума балів, яку студент може набрати протягом семестру, складає 100 балів:

$$RC = r_{пр} + r_{мкр} + r_{рр} = 56 + 30 + 14 = 100 \text{ балів}$$

Для отримання заліку з кредитного модуля потрібно мати рейтинг не менше 60 балів, захистити всі комп'ютерні практикуми, написати МКР та захистити РР. Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити оцінку, виконують залікову контрольну роботу і ця рейтингова оцінка є остаточною. Оцінка у такому випадку формується наступним чином: до оцінки, яку студент отримав за РР та МКР, додається оцінка за залікову роботу³. Завдання контрольної роботи складається з 6-8 задач різної складності. Максимальна кількість балів за залікову контрольну роботу – 70.

Кожне питання контрольної роботи оцінюється у 5-15 балів відповідно до системи оцінювання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації);
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності);
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки);
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Сума балів переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею:

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 дисципліни (освітнього компонента)

Вимоги до оформлення розрахункової роботи, перелік запитань до МКР та екзамену наведені у Google Classroom «Оптимізація хіміко-технологічних процесів та систем» (платформа Sikorsky-distance).

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом 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 № 19 від 30.06.2021 р.)⁴

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 23.06.2021 р.)

¹ Максимальна кількість балів, яку може набрати студент протягом 8 тижнів.

² Максимальна кількість балів, яку може набрати студент протягом 14 тижнів.

³ Бали за експрес-контроль та практичні роботи анулюються.

⁴ Силабус спочатку погоджується метод. комісією, а потім ухвалюється кафедрою.