



Комп'ютерні технології в наукових дослідженнях кераміки та скла

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна інженерія та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>161 Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Хімічні технології та інженерія</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг освітньої компоненти	<i>4 кредитів/120 годин (лекційні заняття – 18 годин, практичні заняття – 36 годин, СРС – 66 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / МКР, ДКР</i>
Розклад занять	<i>Лекція 2 години один раз на два тижні (1 пара), практичне заняття (комп'ютерний практикум) 4 години один раз на два тижні (2 пари) за розкладом на rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника освітньої компоненти / викладачів	Лектори: <i>к.х.н., ст. викл. Пилипенко Ігор Володимирович, i.pulypenko@kpi.ua</i> Практичні заняття (комп'ютерний практикум): <i>к.х.н., ст. викл. Пилипенко Ігор Володимирович, i.pulypenko@kpi.ua</i>
Розміщення курсу	Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua). ОК "Комп'ютерні технології в наукових дослідженнях кераміки та скла" https://classroom.google.com/c/NzQ3MzUwMDQxNzMw?cjc=cbmsyoy - код курсу – cbmsyoy

Програма навчальної дисципліни

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

Знання основ моделювання та оптимізації процесів у виробництві кераміки та скла дає змогу покращувати економічні показники та екологічність підприємств, підвищує якість продукції та конкурентоздатність виробництв. Досвід використання сучасного спеціалізованого програмного забезпечення та методів моделювання і оптимізації є незамінним при підготовці та виконанні магістерської дисертації.

Предмет освітньої компоненти: *моделі хіміко-технологічних систем у виробництві кераміки і скла та їх оптимізація за допомогою сучасного програмного забезпечення. Обробка експериментальних даних при дослідженнях кераміки та скла.*

Мета освітньої компоненти *надання здобувачам знань щодо сучасних комп'ютерних технологій, що застосовуються у наукових дослідженнях кераміки та скла, з урахуванням світових тенденцій цифровізації науки та матеріалознавства. Формування вмінь із*

використання спеціалізованого програмного забезпечення для моделювання, аналізу, обробки даних та візуалізації результатів досліджень керамічних і скляних матеріалів.

Опанування знаннями та вміннями дозволить здобувачам застосовувати сучасні комп'ютерні методи для дослідження властивостей, структури та технологічних процесів отримання кераміки та скла, що сприятиме підвищенню ефективності експериментальних досліджень і впровадженню інноваційних матеріалів.

Вивчення освітнього компоненту посилює наступні спеціальні (фахові) компетентності: (ФК 01) Здатність досліджувати, класифікувати і аналізувати показники якості хімічної продукції, технологічних процесів і обладнання хімічних виробництв; (ФК 02) Здатність організовувати і управляти хіміко-технологічними процесами в умовах промислового виробництва та в науково-дослідних лабораторіях з урахуванням соціальних, економічних та екологічних аспектів; (ФК 07) Здатність використовувати сучасні методи досліджень, проводити наукові експерименти та вирішувати актуальні технічні задачі в області хімічних технологій та інженерії

Вивчення освітнього компоненту посилює наступні програмні результати навчання: (ПРН 02) Здійснювати пошук необхідної інформації з хімічної технології, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі, систематизувати, аналізувати та оцінювати відповідну інформацію; (ПРН 07) Здійснювати у науково-технічній літературі, патентах, базах даних, інших джерелах пошук необхідної інформації з хімічної технології, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі, систематизувати, і аналізувати та оцінювати відповідну інформацію; (ПРН 12) Вміти застосовувати методи і підходи передових досліджень в сфері хімічних технологій та інженерії.

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

Пререквізити: знання у хімічній технології та інженерії на бакалаврському рівні за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія».

Постреквізити: набуті знання та вміння можуть знадобитися для вирішення актуальних завдань у сфері хімічних технологій, зокрема для моделювання, оптимізації та аналізу технологічних процесів отримання керамічних і скляних матеріалів. Опановані комп'ютерні технології сприятимуть підвищенню ефективності наукових досліджень, автоматизації обробки експериментальних даних, створенню цифрових моделей матеріалів і прогнозуванню їхніх властивостей, що є важливим для інноваційних розробок у галузі матеріалознавства.

3. Зміст освітньої компоненти

Тема 1. Математичне моделювання в технології кераміки та скла.

Предмет та зміст курсу. Укладання математичних моделей гомогенних та гетерогенних хімічних реакцій (кінетичні моделі). Математичні моделі хімічних реакторів. Основні принципи моделювання в хімічній технології кераміки та скла. Постановка задачі оптимізації та етапи її розв'язання. Загальна характеристика методів оптимізації.

Тема 2. Упорядкування математичних моделей в технології кераміки та скла експериментально-статистичними методами.

Моделювання тепло-масообмінних процесів при виробництві керамічних та склоподібних матеріалів. Кінетика теплообмінних процесів. Моделювання процесів сушіння та відпалу керамічних мас. Розподіл температур, температурне поле. Пошук оптимальних умов термообробки матеріалів. Розрахунок оптимальних складів шихт у виробництві кераміки та скла. Теплообмін у теплотехнологічних агрегатах в технології ТН і СМ. Розрахунок футерівки та вибір оптимальних футерувальних матеріалів. Принципи побудови статистичних моделей для визначення оптимальних умов одержання скла та керамічних

матеріалів. Отримання математичної моделі по методу повного факторного експерименту. Дробовий факторний експеримент. Особливості планування експериментів для вивчення поверхонь відгуку. Планування експерименту на діаграмах склад-властивість.

Розділ 3. Методи оптимізації процесів силікатної технології.

Аналітичні методи оптимізації в технології силікатів. Пошук оптимуму чисельними методами. Застосування методів оптимізації в інженерній практиці.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та за посиланням <https://classroom.google.com/c/NzQ3MzUwMDQxNzMw?cjc=cbmsyoy>. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – факультативні. Розділи та теми, з якими здобувач має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних або практичних заняттях.

Базова:

1. Майкут, С. О. Тривимірне моделювання та дослідження фізичних процесів [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Комп'ютерне моделювання фізичних процесів» спец. 104 «Фізика і Астрономія» / С. О. Майкут, Х. С. Тоябіна ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електрон. текст. дані (1 файл: 30,7 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 421 с.
2. Котовський, В. Й. Комп'ютерне моделювання фізичних процесів. Етапи та загальні функції [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Комп'ютерне моделювання фізичних процесів» спеціальності 104 Фізика та астрономія, за освіт. програмою «Електронні прилади та пристрої» спеціальності 171 Електроніка / В. Й. Котовський, Л. Ю. Цибульський ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електрон. текст. дані (1 файл: 8,78 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 154 с. – Назва з екрана.
3. Комп'ютерне моделювання у вирішенні завдань теплопровідності [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів вищої освіти спеціальності 104 «Фізика та астрономія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. Й. Котовський, А. Кізерський. – Електронні текстові дані (1 файл: 2.5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 98 с.
4. Савченко, Д. В. Основи обробки та візуалізації фізичних даних в програмному середовищі OriginPro 8. Комп'ютерний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Комп'ютерне моделювання фізичних процесів» за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія» / Д. В. Савченко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,66 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 111 с.

Додаткова

5. Інформаційні системи в наукових дослідженнях. Візуалізація експериментальних даних за допомогою пакета OriginPro [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія» / В. В. Галиш, І. М. Трус, І. М. Дейкун, В. Г. Плосконос, О. В. Глушко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 16,03 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 43 с.

Інформаційні ресурси

1. Дистанційний курс Google G Suite for Education. Режим доступу: Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua); <https://classroom.google.com/c/NzQ3MzUwMDQxNzMw?cjc=cbmsyoy>.

Навчальний контент

5. Методика опанування освітньої компоненти

Лекційні заняття

Вичитування лекцій з дисципліни проводиться паралельно з проведенням комп'ютерних практикумів та розглядом на них питань, що виносяться на самостійну роботу а також виконання індивідуальних завдань. При читанні лекцій застосовуються засіб для відеоконференцій (Google Meet), а необхідні матеріали до лекцій та практичних занять розміщені у відповідному курсі Google Classroom. Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, рекомендованими для самостійного вивчення.

№	Опис заняття
1	Предмет та зміст курсу. Кібернетика – як наука, що вивчає системи різної природи, їх спроможність піддаватися керуванню із застосуванням методів математичного моделювання, системного аналізу. Простіша структура системи. Системний аналіз – як стратегія вивчення складних систем. Хіміко-технологічні системи та їх ієрархія. Структура математичної моделі реактора.
2	СТАТИСТИЧНІ МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ. Планування експерименту. Вибір рівнів факторів. Повний факторний експеримент. Проведення експерименту. Регресійні моделі з однією вхідною змінною. Адекватність регресійних моделей. Точність регресійних моделей. Види регресійних моделей з однією вхідною змінною. Регресійні моделі з декількома вхідними змінними. Багатофакторна (множинна) лінійна регресія. Лінійні регресійні моделі з декількома вхідними змінними. Нелінійні регресійні моделі з декількома вхідними змінними.
3	МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ. Моделі гідродинаміки (математичний опис процесів переміщення речовини). Модель ідеального перемішування. Модель ідеального витіснення. Коміркова модель. Дифузійна модель. Комбіновані моделі
4	МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ. Кінетика теплообмінних процесів. Математичні моделі найпростіших типів теплообмінних апаратів. Математичний опис процесів у теплообмінних апаратах. Теплообмінник типу «перемішування — перемішування». Теплообмінник типу «витіснення — витіснення». Моделювання теплообміну в ємності ідеального змішування з підігріванням.
5	МОДЕЛЮВАННЯ МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ. Кінетика масообмінних процесів. Термічне сушіння. Внутрішнє масоперенесення у твердому тілі.
6	МОДЕЛЮВАННЯ ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ. Основні закони хімічної кінетики та методи моделювання хімічних реакцій. Кінетичні рівняння. Механізм хімічної реакції. Прості і складні реакції. Ступінь перетворення. Основні закони хімічної кінетики та методи моделювання хімічних реакторів. Вплив температури на протікання процесів у хімічному реакторі.
7	МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ОПТИМІЗАЦІЇ. Оптимізація. Критерій оптимальності. Загальна постановка завдань хіміко-технологічних процесів. Критерій оптимальності. Методи пошуку екстремуму (оптимізації). Метод прямого перебору. Метод множників Лагранжа. Методи пошуку екстремуму унімодальних функцій. Регулярні методи оптимізації. Варіаційне обчислення.
8	ЗАСТОСУВАННЯ ПАКЕТУ COMSOL MULTIPHYSICS ДЛЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ. Застосування пакету програми COMSOL Multiphysics для моделювання. Концепція методу кінцевих елементів

9	ПАКЕТ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ORIGINPRO. Обробка експериментальних даних. Імпорт даних. Побудова графічних залежностей. Експорт та імпорт графічних залежностей.
---	---

Практичні заняття (комп'ютерні практикуми)

Метою практичних занять (комп'ютерних практикумів) є закріплення теоретичних знань, отриманих на лекціях та в процесі самостійної роботи з літературними джерелами. Додатково на практичних заняттях студенти виконують індивідуальні роботи з моделювання та оптимізації процесів у хімічній технології кераміки та скла, набувають досвіду у вирішенні практичних задач з використанням сучасного програмного забезпечення.

Тиждень	Тема	Опис запланованої роботи
1	Укладання математичних моделей гомогенних та гетерогенних хімічних реакцій (кінетичні моделі).	Моделювання процесів відпалу керамічних мас
2	Математичні моделі хімічних реакторів.	Моделювання процесів сушки керамічних мас
3	Основні принципи моделювання в хімічній технології кераміки та скла.	Моделювання розподілу температурного поля в матеріалах
4	Постановка задачі оптимізації та етапи її розв'язання. Загальна характеристика методів оптимізації.	
5	Моделювання тепло-масообмінних процесів при виробництві керамічних та склоподібних матеріалів. Кінетика теплообмінних процесів.	Розрахунок оптимального складу шихти у процесах скловаріння
6	Моделювання процесів сушіння та відпалу керамічних мас.	Розрахунок оптимального складу шихти у виробництві керамічних матеріалів
7	Розподіл температур, температурне поле. Пошук оптимальних умов термообробки матеріалів.	Розрахунок оптимального складу шихти ціна-якість.
8	Розрахунок оптимальних складів шихт у виробництві кераміки, скла та в'язучих матеріалів	Моделювання процесу адсорбції. Побудова моделей Генрі, Ленгмюра та Фрейндліха. Обробка експериментальних даних за допомогою MS Excel
9	Теплообмін у теплотехнологічних агрегатах в технології ТН і СМ. Розрахунок футерівки та вибір оптимальних футерувальних матеріалів.	
10	Принципи побудови статистичних моделей для визначення оптимальних умов одержання скла та керамічних матеріалів.	Планування експерименту на діаграмах склад-властивість
11	Отримання математичної моделі по методу повного факторного експерименту.	
12	Дробовий факторний експеримент.	Комп'ютерне моделювання процесу скловаріння у вигляді каскаду реакторів ідеального витіснення.
13	Особливості планування експериментів для вивчення поверхонь відгуку.	Розрахунок футерівки теплотехнологічних агрегатів
14	Планування експерименту на діаграмах склад-властивість.	
15	Аналітичні методи оптимізації в технології силікатів.	

16	Пошук оптимуму чисельними методами.	Розрахунок сушарки
17	Застосування методів оптимізації в інженерній практиці.	
17	Написання модульної контрольної роботи	
18	Підсумкове заняття	До відома студентів доводиться кількість балів, яку вони набрали протягом семестру. Студенти, які були не допущеними до семестрової атестації з кредитного модуля, мають усунути причини, що призвели до цього.

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (CPC) протягом семестру включає підготовку до модульної контрольної роботи (МКР), підготовку до написання домашньої контрольної роботи та заліку. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

Вид CPC	Кількість годин на підготовку
Підготовка до написання домашньої контрольної роботи	20 годин
Повторення лекційного матеріалу та опрацювання тем для самостійного опрацювання	18 годин
Підготовка до МКР (повторення матеріалу)	10 години
Підготовка до заліку	18 годин
Всього	66 годин

Політика та контроль

7. Політика навчальної освітньої компоненти

У звичайному режимі роботи університету лекції та практичні заняття проводяться в навчальних аудиторіях. У дистанційному режимі всі заняття проводяться online через Google Classroom. Відвідування лекцій та практичних занять є обов'язковим.

Правила захисту домашньої контрольної роботи (ДКР):

- Захист відбувається за графіком, зазначеним у п.5 на практичному занятті.
- Після перевірки ДКР викладачем робота вважається захищеною та оцінюється у відповідності до РСО.
- Несвоєчасні захист ДКР без поважної причини є причиною недопущення до заліку.

Правила призначення заохочувальних балів:

- За модернізацію практичних робіт нараховується від 1 до 3 заохочувальних балів;
- За активну роботу на лекції нараховується до 0,5 заохочувальних балів (але не більше ніж 5 балів за семестр (10% від рейтингу в семестрі)).

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. <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf>, що встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності;

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: МКР, ДКР.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: усний залік.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

1. Рейтинг студента з освітньої компоненти розраховується виходячи із 100-бальної шкали, рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- виконання та захист 13 практичних робіт (комп'ютерних практикумів);
- виконання домашньої контрольної роботи (ДКР);
- написання модульної контрольної роботи (МКР);

2. Критерії нарахування балів.

2.1. Захист практичних робіт (комп'ютерних практикумів) оцінюються у 5 балів кожна. Ваговий бал – **65 балів**:

- «відмінно» – правильно виконано та дається повна відповідь на запитання (не менше 90% потрібної інформації) – 5 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) або повна відповідь з незначними неточностями – 3-4 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 1-2 балів;
- «незадовільно» – відповідь не відповідає вимогам до «задовільно» – 0 балів.

За кожний тиждень затримки із поданням звіту з практичних робіт (комп'ютерних практикумів) на перевірку нараховуються штрафні –2 бали (усього не більше – 8 балів). Наявність захищених практичних робіт (комп'ютерних практикумів) та оцінки з ДКР є умовою допуску до залікової контрольної роботи.

2.2. Модульна контрольна робота. Ваговий бал – **20 балів**:

- «відмінно» – дається повна відповідь на запитання (не менше 90% потрібної інформації) – 15-20 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) або повна відповідь з незначними неточностями – 9-14 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 3-8 бали;
- «незадовільно» – відповідь не відповідає вимогам до «задовільно» – 0-2 балів.

2.3. Домашня контрольна робота. Ваговий бал – **15 балів**:

- «відмінно» – повністю правильне виконання і оформлення роботи – 10-15 балів;
- «добре» – правильне виконання з відхиленнями у оформленні роботи – 5-9 балів;
- «задовільно» – неправильне виконання з відхиленнями у оформленні роботи – 1-4 бали;
- «незадовільно» – завдання не виконане, ДКР не зараховано – 0 балів.

За кожний тиждень затримки із поданням домашньої контрольної роботи на перевірку нараховуються штрафні –2 бали (усього не більше – 8 балів). Наявність позитивної оцінки з ДКР є умовою допуску до залікової контрольної роботи.

3. Умовою позитивної першої атестації є отримання не менше 27 балів, другої атестації – отримання не менше 45 балів за умови зарахування ДКР.

4. Сума рейтингових балів, отриманих студентом протягом семестру, за умови зарахування ДКР, переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею (п.б). Якщо сума балів менша за 60, але ДКР зараховано, студент виконує залікову контрольну роботу. У цьому разі сума балів за виконання ДКР та залікову контрольну роботу переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею п. 6.

5. Студент, який у семестрі отримав більше 60 балів, але бажає підвищити свій результат, може взяти участь у заліковій контрольній роботі. У цьому разі остаточний результат складається із балів, що отримані на заліковій контрольній роботі та балів з ДКР.

6. Таблиця переведення рейтингових балів до оцінок:

Бали	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
ДКР не зараховано	Не допущено

Здобувачі, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити оцінку, виконують **залікову контрольну роботу у вигляді написання тесту**. Необхідною умовою допуску до заліку є позитивна оцінка за домашню контрольну роботу, виконані усі практичні роботи та зданий відповідний звіт. Завдання контрольної роботи (тесту) складається з 25-30 запитань (теоретичного та практичного за темами практичних робіт) робочої програми.

Теоретичне питання контрольної роботи оцінюється у 30 балів відповідно до системи оцінювання:

«відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 28÷30 балів;

«добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності) – 22÷27 балів;

«задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 18÷21 балів;

«незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Практичне питання контрольної роботи оцінюється у 40 балів відповідно до системи оцінювання:

«відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 38÷40 балів;

«добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності) – 30÷37 балів;

«задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 24÷29 балів;

«незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Одержані на заліку бали сумують із балами, що отримані за ДКР, та переводять у відповідну оцінку за наведеною вище таблицю.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Вимоги до оформлення ДКР, перелік запитань до МКР та для заліку наведені у відповідному Google Classroom «Комп'ютерні технології в наукових дослідженнях кераміки та скла».

Зарахування окремих результатів, отриманих в межах неформальної освіти, здійснюється згідно Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті <https://osvita.kpi.ua/node/179>

Силабус освітньої компоненти:

Складено НПП кафедри хімічної технології кераміки та скла:

к.х.н. Пилипенком І.В.

Ухвалено кафедрою хімічної технології кераміки та скла (протокол № 16 від 28.06.2024 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 21.06.2024 р.)