



ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЯ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ВИРОБНИЦТВІ КЕРАМІКИ ТА СКЛА

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	16 Хімічна та біоінженерія
Спеціальність	161 Хімічні технології та інженерія
Освітня програма	Для освітньої програми хімічні технології неорганічних керамічних матеріалів спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)/змішана
Рік підготовки, семестр	3 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	Лекція 2 години на тиждень (1 пара), лабораторні заняття 4 години один раз на два тижня (1 пара) за розкладом на rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектори: канд.техн. наук., асистент Жданюк Наталія Василівна, zhdanyuk.nataliya@lll.kpi.ua , +380509829730 Лабораторні роботи: к.т.н., ас. Жданюк Наталія Василівна, zhdanyuk.nataliya@lll.kpi.ua
Розміщення курсу	Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua , платформа Sikorsky-distance); доступ за запрошенням викладача, https://classroom.google.com/c/MTQ5Mzc0MjY4OTAz

Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна знайомить майбутніх фахівців з можливостями оптимізації теплових схем процесів хімічної технології та раціонального використання вторинних енергетичних ресурсів, оцінки енергетичної ефективності процесів, скорочення теплових викидів у навколишнє середовище, отримання енергії на основі відновлювальних джерел.

Предмет дисципліни: підготовка фахівця здатного розв'язувати складні спеціалізовані задачі оптимізації теплових схем процесів хімічної технології та раціонального використання вторинних енергетичних ресурсів у виробництві скла та кераміки.

Метою дисципліни є формування у студентів здатностей:

- застосовувати отримані знання у практичних ситуаціях;
- розуміння предметної області та професійної діяльності;
- використання положення і методи фундаментальних наук для вирішення професійних задач;
- здатності до опанування теоретичних основ та практичних навичок в технології неорганічних керамічних матеріалів.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- сучасних методів термодинамічного аналізу енергогенеруючих циклів;
- основні показники ефективності енергогенеруючих циклів та енерготехнологічні схеми сучасного хімічного виробництва;
- базові уявлення про принципи, закони хімічної і фазової рівноваги, взаємопереходу енергії системи в механічну, хімічну, теплову, електричну роботу;
- способи комплексного використання палива, особливості використання відновлювальних джерел енергії;
- методики використання вторинних енергетичних ресурсів.

уміння:

- визначати основні термодинамічні характеристики теплогенеруючих циклів, визначати повний резерв енергозбереження, а також основні напрямки і конкретні засоби реалізації цього резерву;
- розраховувати можливості використання потенціалу вторинних енергоресурсів, використовуючи довідкові дані і теоретичні положення 2-го закону термодинаміки, в умовах виробництва розраховувати зміну ентропії для хімічних або фізичних процесів, а також абсолютну ентропію речовин за будь-яких температур для складання технологічного регламенту або ТЗ;
- використовуючи довідкову математичну літературу, технічну документацію визначати вихідні параметри технологічних процесів, для технологічного регламенту, або ТЗ, аналізу системи, експертизи технології або наукового прогнозування;
- розраховувати і вибирати сучасне обладнання технологічних процесів галузі.

досвід:

- обговорювати результати професійної діяльності з фахівцями та нефахівцями, аргументувати власну позицію;
- використовувати отримані знання для проектування нових та аналізу ефективності діючих технологічних процесів отримання виробів зі скла та кераміки;

Вивчення дисципліни «Енерготехнологія хіміко-технологічних процесів» дозволить майбутнім фахівцям отримати навички грамотного керівництва проектуванням і експлуатацією сучасного хімічного виробництва щодо питань визначення повного резерву енергозбереження, а також основних напрямків і засобів реалізації цього резерву; розробки на базі концепції енергозбереження перспективних моделей і енергозберігаючих і екологічно безпечних теплотехнічних об'єктів; розробки і створення теплотехнічного обладнання на принципі безвідходної технології і інтенсивного енергозбереження, а також найбільш повного використання вторинних енергоресурсів.

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

Для освоєння дисципліни необхідні базові знання «фізики», «вищої математики», «процесів і апаратів хіміко-технологічних виробництв», «теоретичних основ технології кераміки та скла», володіння навичками роботи в лабораторії та з різними джерелами інформації. На результатах навчання з даної дисципліни базуються професійні дисципліни кафебри: «Хімічна технологія кераміки», «Курсовий проект з хімічної технології кераміки», «Загальна хімічна технологія» «теплові процеси і агрегати в технології кераміки та скла», «Курсовий проект з теплових процесів і агрегатів в технології кераміки та скла»

Зміст навчальної дисципліни

Основні енергоємні процеси і промислове устаткування. Джерела енергії в хімічних технологіях кераміки та скла. Паливо і його характеристики. Розрахунки процесу горіння палива. Термохімія високотемпературних процесів синтезу керамічних і склоподібних матеріалів. Термодинаміка

високотемпературних процесів синтезу керамічних і склоподібних матеріалів. Енергетичні перетворення в процесах сушіння сировинних матеріалів і напівфабрикатів. Енергетичні перетворення в процесах випалу керамічних матеріалів. Енергетичні перетворення в процесах синтезу склоподібних матеріалів.

3. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та у бібліотеці кафедри хімічної технології неорганічних керамічних матеріалів. 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.

Рекомендована література:

Основна :

1. Енерготехнологія хіміко-технологічних процесів у виробництві кераміки та скла. Паливо і його характеристики. Розрахунки горіння палива. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Н. В. Жданюк, М.М. Племянніков. – Електронні текстові дані (1 файл: 922 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 62 с.
2. Сухий М.П., Карпенко О.О. Енерготехнологія хіміко-технологічних процесів. Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: УДХТУ, 2006. – 202. С.
3. Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А., Анипко О.Б., Ведь В.Е. Энерготехнология химико-технологических производств. Харьков, ХГПУ, 1998. – 84с.
4. Лейтес И.Л., Сосна М.Х., Семенов В.П. Теория и практика химической энерготехнологии. М., Химия, 1988. – 280 с.
5. Хімія і технологія скла. Високотемпературні процеси /Племянніков М.М., Яценко А.П., Корнілович Б.Ю.: Навчальний посібник. – К.: «Освіта України», 2015. – 183.- с.
6. Хімія і технологія кераміки. Високотемпературні процеси /Величко Ю.М., Племянніков М.М., Яценко А.П., Корнілович Б.Ю.: Навчальний посібник. – К.: «Освіта України», 2016. – 160 с.

Допоміжна:

1. Лейтес И.Л., Сосна М.Х., Семенов В.П. Теория и практика химической энерготехнологии. М., Химия, 1988. – 280 с.
2. Племянніков М.М., Крупа А.А. Хімія та теплофізика скла. Навчальний посібник. – К.: НТУУ «КПІ» 2000.– 560с.
3. Ралко А.В., Крупа А.А., Племянніков Н.Н. Теплотехника, тепловые процессы и агрегаты в технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов., Киев, УМК ВО, 1993. – 397 с.
4. Ралко А.В., Крупа А.А., Племянніков Н.Н., Алексенко Н.В., Зинько Ю.Д. Тепловые процессы в технологии силикатов: Высш. шк., Главное изд-во, 1986. – 232 с.
5. Смит Р., Клемеш Й., Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А., Ульев Л.П. Основы интеграции тепловых процессов. Харьков., НТУ «ХПИ», 2000. – 456 с.
6. Степанов В.С. Анализ энергетического совершенства технологических процессов. Новосибирск, наука, 1984. – 273 с.
7. Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А., Анипко О.Б., Ведь В.Е. Энерготехнология химико-технологических производств. Харьков, ХГПУ, 1998. – 84с.

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Вичитування лекцій з дисципліни проводиться паралельно з практичними заняттями. При читанні лекцій застосовуються засоби для відеоконференцій (Google Meet, Zoom тощо) та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій, які розміщені на платформі Sikorsky-distance. Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, рекомендованими для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої. На практичних заняттях закріплюються теоретичні знання та проводяться поточний та підсумковий контроль знань студентів.

№ з/п	Дата	Опис
1	10 лютого 2023 р.	Вступ. Споживання енергоресурсів у хімічній технології. Термодинамічний стан і термодинамічний процес. Робота і теплота у термодинамічному процесі. Теплоємність. Калориметричні параметри стану. Перший закон термодинаміки. Другий закон термодинаміки і аналіз кругових процесів. Прямі і зворотні цикли хімічної технології.
2	17 лютого 2023 р.	Методи термодинамічного аналізу енерго-хіміко-технологічних систем. Тепловий баланс теплотехнічних агрегатів. Визначення витрат палива. Ексергетичні баланси і ексергетичний ККД ЕХТС та її окремих елементів.
3	24 лютого 2023 р.	Паливо і його характеристики Загальні відомості про паливо. Паливо і його значення. Паливний баланс України. Класифікація палива. Склад палива. Елементарний склад палива. Мінеральні домішки. Баласт палива. Зола палива. Волога палива.
4	3 березня 2023 р.	Теплота згорання палива. Основні поняття. Нижча і вища теплота згорання.
5	10 березня 2023 р.	Методи визначення теплоти згорання палива. Умовне паливо. Види палива. Тверде паливо. Рідке паливо. Газоподібне паливо. Особливості газоподібного палива, як основного виду палива у технології кераміки та скла.
6	17 березня 2022 р.	Розрахунки процесу горіння палива. Перерахунок складу палива з вологого на сухе . теплота згорання палива. витрата повітря на горіння та визначення об'єму продуктів горіння. температура горіння палива. Калориметрична температура і жаровидатність палива. Теоретична температура. Дійсна температура.
7	24 березня 2023 р.	Рівняння теплового балансу визначення температури горіння. Визначення температури горіння за допомогою i-t діаграм. Приклади.
8	31 березня 2023 р.	Захист навколишнього середовища при спаленні палива. Основні забруднювачі атмосфери при спаленні палива та їх характеристика. Загальна характеристика забруднювачів навколишнього середовища. Тверді частинки

9	7 квітня 2023 р.	Утворення оксидів карбону при спалюванні газоподібного палива. Утворення оксидів сульфуру і способи їх зменшення. Утворення оксидів нітрогену і способи їх зменшення. Канцерогенні речовини. Способи зменшення викидів шкідливих речовин при спалюванні палива.
10	14 квітня 2023 р.	Основні енергоємні процеси і промислове устаткування. Високотемпературні та низькотемпературні технологічні процеси у технології кераміки та скла. Печі керамічних і скляних виробництв. Питомі витрати енергії на одиницю продукції. Коефіцієнти корисної дії (ККД) печей та сушарок.
11	21 квітня 2023 р.	Термохімія високотемпературних процесів синтезу керамічних і склоподібних матеріалів Термохімічні рівняння реакцій силікатоутворення. Теплові ефекти. Залежність теплових ефектів від початкового й кінцевого стану речовин, агрегатного стану, поліморфних перетворень тощо.
12	28 квітня 2023 р.	Теплота утворення силікатних сполук і їх компонентів. Стандартна ентальпія утворення. Таблиці теплот утворення речовин. Залежність теплових ефектів від температури. Методи обчислення теплових ефектів реакцій.
13	5 травня 2023 р.	Термодинаміка високотемпературних процесів синтезу керамічних і склоподібних матеріалів Енергетична можливість і напрямок перебігу реакцій. Перевага тих або інших реакцій і стійкість сполук, що утворюються. Максимальні рівноважні концентрації продуктів реакції і їхній граничний вихід. Шляхи придушення небажаних реакцій і усунення побічних продуктів. Вибір оптимального режиму перебігу реакцій синтезу силікатних матеріалів (температура, тиск і концентрація реагуючих речовин).
14	12 травня 2023 р.	Енергетичні перетворення в процесах сушіння сировинних матеріалів і напівфабрикатів Параметри вологого матеріалу. Відносна і абсолютна вологість. Матеріальний баланс процесу сушіння. Початкова і кінцева вологість сировинних матеріалів і напівфабрикатів в технології кераміки та скла. Методи сушіння. Сушарки.
15	19 травня 2023 р.	Сушильний агент: повітря і димові гази. Параметри сушильного агента. Абсолютна і відносна вологість сушильного агента. Поняття про точку роси. Відносна вологість повітря. Вологовміст повітря. Визначення витрат повітря на сушіння.
16	26 травня 2023 р.	Енергетичні перетворення в процесах випалу керамічних матеріалів Теплові ефекти при нагріванні глинистих матеріалів. Ендотермія видалення конституційної води. Температурний діапазон для різних за мінералогічним складом глин. Екзотермія утворення кристалічної фази. Поліморфні перетворення на стадії охолодження виробів. Врахування фізико-хімічних перетворень при виборі технологічних режимів випалу. Теплові ефекти при нагріванні непластичних сировинних матеріалів. Ендотермія випалу карбонатних порід.

17	2 червня 2023 р.	<p>Енергетичні перетворення в процесах синтезу склоподібних матеріалів Ентальпія скломаси на кінцевій стадії варіння. Залежність теплоємності скла від хімічного складу і температури.</p> <p>Тепловий ефект реакцій силікато- і скло утворення. Ендоефекти розкладання карбонатних і сульфатних компонентів шихти. Теплота плавлення скла.</p>
18	9 червня 2023 р.	<p>Вторинні енергоресурси та їх використання. Класифікація та джерела вторинних енергоресурсів. Установки для використання теплоти вихідних виробничих відходів. Енергетичні схеми використання теплоти відхідних газів.</p> <p>Енерготехнологічні схеми у хімічній технології кераміки та скла. Розрахунки використання вторинних енергоресурсів.</p>

Лабораторні заняття

Основні завдання циклу практичних занять полягає у закріпленні теоретичних положень навчальної дисципліни «Енерготехнологія хіміко-технологічних процесів у виробництві кераміки та скла» і набуття студентами умінь та досвіду їх практичного застосування під керівництвом викладача шляхом виконання відповідно сформульованих завдань.

№ з/п	Дата	Опис	Год.
1	17 лютого 2023 р.	Вступне заняття.	4 год.
2	3 березня 2023 р.	Лабораторна робота 1. Методика розрахунку процесів горіння палива	4 год.
3	17 березня 2023 р.	Лабораторна робота 2. Методика визначення температури горіння палива з використанням таблиць ентальпій або теплоємності газів.	4 год.
4	31 березня 2023 р.	Лабораторна робота 3. Методика визначення температури горіння палива з використанням <i>i-t</i> діаграм.	4 год.
5	14 квітня 2023 р.	Модульна контрольна робота	4 год.
6	28 квітня 2023 р.	Лабораторна робота 4. Вивчення динаміки зміни температурного поля в пласкій стінці	4 год.
7	12 травня 2023 р.	Лабораторна робота 5. Визначення коефіцієнту теплопровідності силікатного матеріалу при температурах до 200 °С	4 год.
8	26 травня 2023 р.	Лабораторна робота 6. Визначення коефіцієнту температуропровідності матеріалу	4 год.
9	8 червня 2023 р.	Підсумкове заняття	4 год.

5. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (СРС) протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу, підготовку до практичних, підготовку до захисту практичних завдань, виконання контрольної роботи та складання заліку. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

Вид СРС	Кількість годин на підготовку
Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу, підготовку до лабораторних занять	2-3 години на тиждень
Підготовка до МКР (повторення матеріалу)	4 години

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

У звичайному режимі роботи університету лекції та практичні заняття проводяться в навчальних аудиторіях. У змішаному та дистанційному режимах лекційні та практичні заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський.

На практичних заняттях проводиться 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 та підвищення зацікавленості.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів:

1. За виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни нараховується від 1 до 6 заохочувальних балів;
2. 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.

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

Вказуються всі види контролю та бали за кожен елемент контролю, наприклад:

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття, КР, тест тощо

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік

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 або виконання тесту.
2. Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: залік.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується виходячи із 100-бальної шкали, що студент отримує за:

- написання модульної контрольної роботи (МКР);
- робота на лабораторних заняттях (6 лабораторних робіт);
- опитування студентів або виконання тестового завдання.

2. Критерії нарахування балів:

2.1. Модульна контрольна робота:

- бездоганна робота – 30 балів;
- є певні недоліки у виконанні, оформленні або захисті роботи – 22-29 балів;
- є недоліки у виконанні, оформленні або захисті роботи – 15-21 балів;
- допущені суттєві помилки у виконанні, оформленні або захисті роботи – 7-14 балів;
- допущені грубі помилки у роботі – 1-6 балів.

2.2. Робота на лабораторних заняттях (6 робіт).

- бездоганна робота – 8 балів;
- є певні недоліки у підготовці та/або виконанні або захисті роботи – 5-7 балів;
- є недоліки у підготовці та/або виконанні, або оформленні роботи – 1-4 балів.
- пасивна робота – 0 балів.

2.3. Опитування студентів або написання тестового завдання:

- бездоганна відповідь – 3 балів;
- відповідь з незначними помилками – 2 балів;
- відповідь із значними помилками – 1 бал.
- Немає відповіді – 0 балів.

Максимальна кількість балів – 22.

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 $0,5 \cdot 30^1 = 15$ балів. На другому календарному контролі (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше $0,5 \cdot 86^2 = 43$ балів, зарахована модульна контрольна робота.

4. Залік студенти можуть отримати по сумі балів, отриманих за семестр.

Якщо студент не набрав 60 балів. Умовою перездачі дисципліни є виконання письмової контрольна робота або тестового завдання. Контрольна робота оцінюється так:

Кожне завдання містить два теоретичних запитання (завдання) і одне практичне. Кожне запитання (завдання) оцінюється за такими критеріями:

Кожне теоретичне питання оцінюється у 8 балів, а практичне – 14 балів.

Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 8–7 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 6,9 – 5 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 4-3 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

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

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

Система оцінювання практичного запитання:

- «відмінно», повне безпомилкове розв'язування завдання – 14–10,6 балів;
- «добре», повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями – 10,5 – 8 балів;
- «задовільно», завдання виконане з певними недоліками – 7,9–5 балів;
- «незадовільно», завдання не виконано – 0 балів.

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

$$RC = r_{\text{мкр}} + r_{\text{лр}} + r_{\text{оп}} = 30+48+22= 100 \text{ балів}$$

Залік студенти отримують по сумі балів, отриманих за семестр або додатково до набраних балів виконують письмову контрольну роботу.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Заразовано/Відмінно
94-85	Заразовано/Дуже добре
84-75	Заразовано/Добре
74-65	Заразовано/Задовільно
64-60	Заразовано/Достатньо
Менше 60	Незаразовано/Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

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

4. Поточний контроль: опитування на практичних заняттях, виконання КР.
 5. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
 6. Семестровий контроль: залік.
- перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (наприклад, як додаток до силабусу);
 - можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою;
 - інша інформація для студентів щодо особливостей опанування навчальної дисципліни.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус) склали:

канд. техн. наук, ст. викладач Жданюк Наталія Василівна

Ухвалено кафедрою хімічної технології кераміки та скла (протокол № 15 від 29.06.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 23.06.2022 р.)