

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Хіміко-технологічний факультет**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан хіміко-технологічного
факультету

_____ Астрелін І.М.
(підпис) (ініціали, прізвище)

« _____ » _____ 2018 р.

«ТЕОРІЯ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВ НЕОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН»
(назва навчальної дисципліни)

7/С та 7С
(шифр за ОП)

ПРОГРАМА

навчальної дисципліни

рівень вищої освіти *другий (магістерський)*

спеціальність *161-хімічні технології та інженерія*
(шифр і назва)

освітня програма *хімічні технології та інженерія*
(ОПП/ ОНП, назва)

Ухвалено методичною комісією
Хіміко-технологічного факультету
(назва інституту/факультету)

Протокол від 21.06.2018 р. № 6

Голова методичної комісії

_____ Сангінова О.В.
(підпис) (ініціали, прізвище)

« _____ » _____ 2018 р.

Київ – 2018

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

Доцент, к.х.н., Супрунчук В.І.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Програму затверджено на засіданні кафедри *Технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології*

Протокол від «13» червня 2018 року № 13

В.о. завідувача кафедри

(підпис) Толстопалова Н.М.
(ініціали, прізвище)

«___» _____ 2018 р.

Вступ

Програму навчальної дисципліни "Теорія процесів виробництв неорганічних речовин" складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки ОКР магістр ОПП та ОНП 7/С та 7С спеціалізації – Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення. Навчальна дисципліна "Теорія процесів виробництв неорганічних речовин" належить до професійної та практичної підготовки складової дисциплін вільного вибору студентів і являється профілюючою дисципліною циклу професійної підготовки в навчальному плані підготовки магістрів даної спеціалізації.

Предмет навчальної дисципліни - теоретичне обґрунтування технологічних режимів виробництва солей та добрив за галургійною технологією, а також розрахунок робочого об'єму реакторів з використанням кінетичних даних і є завершальним етапом теоретичної підготовки спеціалістів спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення». Навчальний матеріал формує у студентів, майбутніх спеціалістів ХТНР та водоочищення, знання та вміння моделювати маршрути технологічних процесів, що ґрунтуються на фазовій рівновазі в системах розчин-твердий реагент. Такого типу процеси є вагомою складовою галургійних процесів виробництва глинозему, калійних та фосфатвмісних добрив, переробки спеціальних сольових сумішей та виробництва надчистих реактивів для потреб електронної промисловості. Матеріал, що вивчається за темою «Кінетичний аналіз...» призначений для формування у студентів знання та навичок оптимізації технологічних режимів ведення процесів ХТНР та водоочищення в промислових умовах. Важливими є знання методів та вміння здійснення розрахунків робочих об'ємів реакторів з використанням кінетичних закономірностей у відповідності з вимогами чинної нормативно-технічної документації.

Дисципліна "Теорія процесів виробництв неорганічних речовин" займає важливе місце у формуванні спеціалізовано-професійних компетенцій сучасного фахівця з технології неорганічних речовин та водоочищення. Навчальний матеріал дисципліни «Теорія процесів виробництв неорганічних речовин» базується на знаннях нормативних дисциплін «Прикладна хімія», «Фізика», «Математика», «Загальна та неорганічна хімія», «Фізична хімія», а також формує базу для подальшого вивчення профілюючих дисциплін, таких як «Хімічна технологія соди та содопродуктів», «Прецизійні методи аналізу неорганічних речовин», «Спецрозділи ХТНР», «Хімічна технологія каталізаторів та каталітичних процесів», «Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі».

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Мета навчальної дисципліни.

Після засвоєння навчальної дисципліни «Теорія процесів виробництв неорганічних речовин» студент має продемонструвати здатність визначення принципів і методів моделювання процесів ХТНР, що ґрунтуються на фазовій рівновазі систем розчин-твердий реагент, обґрунтування та визначення технологічних режимів проведення процесів, що лежать в основі галургійних технологій ХТНР. Кінетичний аналіз процесів ХТНР має мету дати майбутнім спеціалістам знання та вміння оптимізувати значення технологічних режимів з використанням як термодинамічних так і кінетичних закономірностей хімічних процесів, що лежать в основі технології виробництва неорганічної продукції та водоочищення.

Важливою метою дисципліни є освоєння студентами методів розрахунку робочих об'ємів реакторів з використанням ідеальної моделі реактора та кінетичних закономірностей процесу, представлених в аналітичній або табличній метаморфозі.

1.2. Основні завдання навчальної дисципліни.

- Студенти після засвоєння навчальної дисципліни «Теорія процесів виробництв неорганічних речовин» мають продемонструвати:

- **знання:** методів моделювання маршрутів та технологічних режимів галургійних процесів ізотермічної кристалізації при виробництві добрив та солей з використанням діаграм розчинення одно-, дво-, троє- та чотирьохкомпонентних систем; методів підготовки кінетичних рівнянь та експериментальних даних для розрахунків робочих об'ємів реакторів; методів розрахунків оптимальних значень технологічних режимів процесів виробництва неорганічних речовин;

- **уміння:** визначення режимів та маршрутів проведення технологічних процесів ХТНР, що ґрунтуються на фазовій рівновазі в багатокомпонентних системах; трансформування перемінних кінетичних рівнянь для використання їх в розрахунку робочого об'єму технологічних реакторів; обчислення робочого об'єму реактора, що працює в ізотермічних, адіабатичних або політермічних умовах з використанням кінетичних рівнянь і (або) експериментальних даних; розрахування оптимального температурного режиму проведення процесу і знати інженерні методи його підтримування та стабілізації; використання специфічних методів розрахунку робочого об'єму реакторів для гетерогенно-каталітичних процесів ХТНР;

- **досвід** використовувати математичний апарат для освоєння теоретичних основ і практичного використання методів фізико-хімічних досліджень; використовувати знання, уміння і навички в галузі теорії й практики хімічних досліджень для освоєння теоретичних основ і методів хімічної технології; здатність використовувати знання, уміння і навички в галузі природничо-наукових дисциплін для теоретичного освоєння загально професійних дисциплін і рішення практичних завдань хімічної технології.

2. Структура навчальної дисципліни

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 120 години і 4 кредита ECTS.

Навчальна дисципліна містить один кредитний модуль – ”Теорія процесів виробництв неорганічних речовин”.

Рекомендований розподіл навчального часу

Форма навчання	Кредитні модулі	Всього		Розподіл навчального часу за видами занять				Семестрова атестація
		кредитів	годин	Лекції	Практичні (семінарські) заняття	Лабораторні роботи (комп'ютерні практикуми)	СРС	
Денна	<i>Всього</i>	4	120	36	18	-	66	
	1	4	120	36	18	-	66	екзамен

3. Зміст навчальної дисципліни

Технологічні процеси ХТНР, що ґрунтуються на фазових рівновагах. Технологічні проблеми, які вирішуються при аналізі фазових діаграм. Поняття, які використовуються при аналізі фазових діаграм: компонент, фаза, полюс кристалізації, полюс випаровування, правило з'єднувальної прямої, правило важеля, правило центру мас. Використання правила фаз Гіббса стосовно діаграм конденсованих систем, в т.ч, в ізотермічних та політермічних умовах.

Способи виразу складу багатокомпонентних систем. Класифікація методів вираження складу багатокомпонентних систем: часткові методи; співвідношення кількості солей до сталої кількості розчинника. Косокутна та прямокутна системи зображення складу систем.

Моделювання процесів ізотермічної та політермічної (ізогідричної) кристалізації у двокомпонентних системах різного типу. Ізотерма упарювання. Політерма кристалізації. Маршрут і перебіг процесів і їх моделі на діаграмах розчинності. Визначення складу твердої фази, що кристалізується. Визначення складу насиченого розчину, рівноважного з твердою фазою. Розрахунок

твердої фази, що утворюється при ізотермічній та політермічній кристалізації з використанням правила важеля.

Моделювання ізотермічної та політермічної кристалізації у трьохкомпонентних системах різного типу. Вибір ізотерм упарювання. Промені упарювання та кристалізації. Визначення напрямку перебігу процесу ізотермічного упарювання в системі зі стабільним кристалогідратом. Визначення напрямку перебігу процесу ізотермічного упарювання в системах з кристалогідратом, який нестабільний в деякій області концентрації розчину. Визначення маршрутів перебігу процесу політермічної кристалізації в системах зі стабільним і нестабільним кристалогідратом.

Визначення маршрутів перебігу процесів в системі з утворенням подвійної солі. Визначення ступеню упарювання розчину для одержання максимальної кількості чистої солі. Визначення температури упарювання для одержання твердої фази заданого складу. Визначення температурного інтервалу ізогідричної кристалізації для одержання максимальної кількості чистої солі та суміші солей заданого складу. Кількісне визначення маси випареної води для одержання максимальної маси чистої солі та суміші солей заданого складу за допомогою правила важеля та методом складання матеріального балансу.

Моделювання ізотермічної та політермічної кристалізації у трьохкомпонентній системі, яка зображена в прямокутній системі координат. Специфічні елементи діаграми та визначення складу системи. Визначення маршрутів перебігу процесів, ступеня упарювання, температурного інтервалу політермічної кристалізації для одержання чистих солей та суміші солей заданого складу. Границі використання правила важеля для кількісних розрахунків в системі, зображеній в прямокутній системі координат. Обчислення кількості компонентів системи, що утворилися при здійсненні процесів упарювання та кристалізації за допомогою методу складання матеріального балансу.

Моделювання процесів всолювання та висолювання з використанням діаграми розчинності трьохкомпонентної системи. Виявлення можливості проведення процесів всолювання та висолювання. Визначення напрямку процесу висолювання і максимальної кількості висоложеної твердої фази. Визначення напрямку процесу всолювання і максимальної кількості всоложеної твердої фази. Обчислення маси всоложеної і висоложеної твердої фази з використанням правила важеля.

Моделювання процесів ізотермічної та політермічної кристалізації в чотирьохкомпонентних системах. Зображення чотирьохкомпонентних простих та взаємних систем. Проекції чотирьохкомпонентних систем: водна та сольова. Концентраційна система вираження складу чотирьохкомпонентних систем. Промені упарювання та кристалізації. Ізогідрати, поля кристалізації солей. Визначення маршрутів процесу ізотермічного упарювання та політермічної кристалізації в чотирьохкомпонентних системах. Зміна напрямку процесів кристалізації при зміні складу вихідного розчину чотирьохкомпонентної системи. Визначення ступеня упарювання для одержання чистої солі та суміші солей заданого складу. Межі використання правила важеля для кількісних розрахунків в чотирьохкомпонентних системах. Використання методик матеріального балансу для кількісних розрахунків.

Моделювання процесу конверсії солей в чотирьохкомпонентній взаємній системі. Визначення маршруту процесів кристалізації при розчиненні суміші нестабільної пари солей в ізотермічних умовах. Політерма розчинності та її зображення на сольовій проекції. Політермічна кристалізація. Модель циклічного процесу та визначення його параметрів за допомогою діаграми розчинності чотирьохкомпонентної взаємної системи. Обчислення кількості компонентів конверсійного процесу за допомогою правила важеля та за методом матеріального балансу.

Технічна кінетика та її завдання. Основні поняття і визначення швидкості ХТП. Константа швидкості, порядок реакції. Кінетична крива. Типи кінетичних кривих. Кінетичне рівняння і його структура. Перемінні кінетичного рівняння. Закон діючих мас.

Зміна концентраційних перемінних в кінетичних рівняннях простих, оборотних і складних реакцій в системі без і зі зміною об'єму, (або кількості молів) при перебігу процесу. Перетворення кінетичних рівнянь до вигляду, придатного для розрахунку хімічного реактору.

Кінетика гомогенних реакцій. Експериментальні методи визначення порядку реакції і константи швидкості. Вибір концентраційної області експерименту. Інтегральний метод аналізу експериментальних даних. Визначення порядку і константи швидкості реакції для простих необоротних і оборотних реакцій.

Гетерогенні некаталітичні процеси ХТНР і їх кінетика. Класифікація гетерогенних процесів. Топохімічні реакції. Моделі гетерогенних процесів ХТНР типу газ (рідина) – тверде тіло. Стаціонарний процес. Лімітуюча стадія гетерогенного процесу і її визначення.

Кінетичні рівняння гетерогенних процесів типу газ (рідина) – тверде тіло. Розрахунок часу хімічного перетворення при зовнішньо дифузійному гальмуванні гетерогенного процесу. Розрахунок часу хімічного перетворення при внутрішньо дифузійному гальмуванні гетерогенного процесу. Розрахунок часу хімічного перетворення при кінетичному гальмуванні гетерогенного процесу.

Хемосорбційні процеси в ХТНР. Моделі гетерогенних процесів типу газ-рідина. Коефіцієнт прискорення масопередачі. Розрахунок коефіцієнта прискорення масопередачі для миттєвої необоротної реакції. Особливості гетерогенно-каталітичних процесів ХТНР. Квазігомогенна модель твердого каталізатора. Лімітуюча стадія процесу. Внутрішньодифузійна стадія гетерогенно-каталітичного процесу і її особливості. Ступінь використання внутрішньої поверхні.

Реакторне обладнання технологічних процесів ХТНР. Ідеальні моделі реакторів (РІЗ, РІВ) та їх промислова метаморфоза. Кінетика реакцій у відкритих хімічних системах. Характеристичні рівняння реакторів і їх використання для розрахунку робочого об'єму реакторів ХТНР. Обґрунтування технологічних режимів проведення процесів ХТНР. Температурний режим процесів ХТНР (ізотермічний, адіабатичний, політермічний). Рівняння адіабати технологічного реактора. Розрахунок робочого об'єму ізотермічного, адіабатичного, політермічного реакторів з використанням кінетичних рівнянь.

Оптимальна температура проведення процесів ХТНР. Лінія оптимальних температур проведення процесу і її розрахунок з використанням кінетичних констант хімічної реакції. Розрахунок лінії оптимальних температур проведення процесу з використанням поняття рівноважної температури. Інженерні методи підтримання оптимальної температури (проміжне охолодження, байпасування холодної реакційної суміші і ін). Границі використання методів.

Особливості технологічних процесів ХТНР. Раціональне використання технологічного устаткування в процесах ХТНР. Мінімізація енергетичних та сировинних витрат в процесах ХТНР. Зміст технологічного регламенту у відповідності з КНД 6-001. Тенденції розвитку хімічної технології неорганічних речовин.

4. Рекомендована тематика практичних занять

Основні завдання циклу практичних занять з дисципліни "Теорія процесів виробництв неорганічних речовин" є закріплення теоретичних знань, що набуті на лекціях та при самостійній роботі, для вирішення конкретних практичних завдань та прикладів з фахового напрямку.

Приблизна тематика практичних занять: Визначення маршрутів кристалізації та розрахунок матеріального балансу в технологічних процесах, що ґрунтуються на діаграмах розчинності двокомпонентних систем. Визначення маршрутів кристалізації та розрахунок матеріального балансу в технологічних процесах, що ґрунтуються на діаграмах розчинності трьохкомпонентних систем. Визначення маршрутів кристалізації та розрахунок матеріального балансу в технологічних процесах, що ґрунтуються на діаграмах розчинності чотирьохкомпонентних систем. Розрахунок процесу конверсійного виробництва солей з використанням діаграми розчинності чотирьохкомпонентної взаємної системи. Визначення кінетичних констант хіміко-технологічної системи з використанням експериментальних даних. Розрахунок робочого об'єму технологічних реакторів різного типу з використанням кінетичного рівняння. Розрахунок кількості каталізатора для ізотермічного, політермічного, адіабатичного каталітичного процесу. Розрахунок лінії оптимальних температур для проведення технологічних процесів ХТНР.

5. Рекомендований перелік лабораторних робіт (комп'ютерних практикумів)

Згідно навчального плану лабораторних занять з дисципліни "Теорія процесів виробництв неорганічних речовин" не передбачено.

6. Рекомендовані індивідуальні завдання

Метою індивідуальних завдань дисципліни "Теорія процесів виробництв неорганічних речовин" є стимулювання студентів до самостійного осмислення теоретичного і фактичного матеріалу, самостійного виконання навчальних завдань, формування вміння пошуку та аналізу інформації з програмного матеріалу (в т. ч. з використанням Internet) і творчого, продуктивного,

обґрунтованого рішення задач, наближених до реальних фахових ситуацій. Окрім СРС студенти одержують індивідуальне завдання - розрахункову роботу за певною тематикою.

Тематика індивідуальних завдань.

Визначення маршрутів кристалізації та розрахунок матеріальних балансів процесів ізотермічної та політермічної кристалізації процесів в двох-, трьох- та чотирьохкомпонентних системах.

7. Рекомендована література

1. Астрелін І.М. Теорія процесів виробництв неорганічних речовин [Текст] / Астрелін І.М., Запольський А.К., Супрунчук В.І. і ін.- К.: Вища школа, 1992.-399с.
2. Ксензенко В.И., Кононова Г.Н. Теоретические основы процессов переработки галургического сырья [Текст] - М.:Химия, 1982.-328 с.
3. Лебедев Н.Н., Манаков М.Н., Швец В.Ф. Теория химических процессов основного органического и нефтехимического синтеза [Текст] - М.:Химия, 1984.-376 с.
4. Денисов Е.Т. Кинетика гомогенных химических реакций [Текст] -М.:Высшая школа, 1978.-367 с.
5. Розовский А.Я. Гетерогенные химические реакции. Кинетика и макрокінетика [Текст] - М: Наука, 1980. - 324 с.
6. Бретшнайдер С.Общие основы химической технологи [Текст] / Бретшнайдер С., Кавецкий В., Лейко Я. и др. / Пер с польского под ред. П.Г. Романкова. - Л.:Химия, 1977. - 504 с.
7. Левеншпиль О. Инженерное оформление химических процес сов [Текст] - М.:Химия, 1969. - 612 с.
8. Аксельрод Ю.В. Газожидкостные хемосорбционне процессы [Текст] - М:Химия, 1989. - 240 с.
9. Рамм В.М. Абсорбция газов [Текст] -М: Химия, 1975. - 655 с.
10. Смирнов Н.Н., Волжинский А.И. Химические реакторы в примерах и задачах [Текст] - Л.: Химия, 1982.- 248 с.

8. Засоби діагностики успішності навчання

В якості засобів діагностики успішності навчання студентів з дисципліни ”Теорія процесів виробництв неорганічних речовин ” рекомендуються комплексні або ситуаційні завдання, екзаменаційні білети з теоретичними та практичними завданнями.

9. Методичні рекомендації

Для студентів денної і заочної форми навчання рекомендована однакова кількість кредитів ECTS – 2 і навчальних годин 120, з огляду на важливість знання матеріалів для майбутніх спеціалістів в галузі 16 хімічна та біоінженерія.

При вивченні дисципліни ”Теорія процесів виробництв неорганічних речовин”. для студентів майбутньої спеціалізації: “Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення” слід акцентувати увагу на важливості і необхідності знань і вмінь визначення режимів та маршрутів проведення технологічних процесів ХТНР, що ґрунтуються на фазовій рівновазі в багатокомпонентних системах; трансформування перемінних кінетичних рівнянь для використання їх в розрахунку робочого об’єму технологічних реакторів; обчислення робочого об’єму реактора, що працює в ізотермічних, адіабатичних або політермічних умовах з використанням кінетичних рівнянь і (або) експериментальних даних; розрахунок оптимального температурного режиму проведення процесу; знати інженерні методи підтримування оптимального температурного режиму та його стабілізації; використовування специфічних методів розрахунку робочого об’єму реакторів для гетерогенно-каталітичних процесів ХТНР.