

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Затверджую
Голова Приймальної комісії
Ректор



Михайло
ВГУРОВСЬКИЙ

28.04.2023
дата

Хіміко-технологічний факультет

ПРОГРАМА
комплексного фахового випробування
для вступу на освітньо-професійну програму підготовки магістра
«Хімічні технології неорганічних, електродних матеріалів та водоочищення»

за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія

Програму ухвалено:

Вченою Радою хіміко-технологічного факультету

Протокол № 3 від «27» «березня» 2023 р.

Голова Вченої Ради



Ольга ЛІШЮЧЕВА

Київ - 2023

ВСТУП

Комплексне фахове випробування на підготовку здобувачів ступеня магістра спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» за освітньо-професійною програмою «Хімічні технології неорганічних, електродних матеріалів та водоочищення» спрямоване на перевірку відповідності знань та навичок рівню, необхідному для навчання на другому (магістерському) рівні вищої освіти.

Програма комплексного фахового випробування визначає форму організації, зміст та особливості проведення вступного випробування на підготовку здобувачів за програмою «Хімічні технології неорганічних, електродних матеріалів та водоочищення» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» другого (магістерського) рівня вищої освіти.

Метою комплексного фахового випробування є оцінювання рівня знань вступників з дисциплін, що мають найбільш важливе значення для формування фахових компетентностей. З усіх навчальних дисциплін програма містить перелік теоретичних запитань, які необхідно засвоїти для виконання комплексного фахового випробування.

Комплексне фахове випробування триває 180 хвилин без перерви. До екзаменаційних білетів включено по три питання із фахових дисциплін, які охоплюють різнопланові теоретичні і практичні питання. Комплексне фахове випробування проводиться в очній або дистанційній формі з використанням технологій дистанційного навчання «Google» та сервісу відеотелефонного зв'язку «GoogleMeet» або «Zoom» із обов'язковою відеофіксацією процесу проведення іспиту. Приклад екзаменаційних білетів наведений у кінці програми.

Порядок проведення екзамену відповідає «Положенню про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (<https://osvita.kpi.ua/node/32>) та «Регламентам проведення семестрового контролю та захистів кваліфікаційних робіт та атестаційних екзаменів в дистанційному режимі» (<https://osvita.kpi.ua/node/148>).

І ОСНОВНИЙ ВИКЛАД

1.1 Перелік освітніх компонентів, розділи яких входять до програми

До програми комплексного фахового випробування включено теоретичні питання з таких освітніх компонентів бакалаврської освітньої програми:

1. теоретична електрохімія;
2. основи процесів осадження та розчинення металів;
3. загальна хімічна технологія.
4. теоретичні основи хімії і технології водопідготовки;
5. хімічна технологія неорганічних речовин.

1.2 Зміст програми

1.2.1 Тематика, яка виноситься на комплексне фахове випробування з дисципліни «Теоретична електрохімія»

Рівноважні та не рівноважні явища в розчинах.

Предмет та зміст електрохімії. Предмет та зміст електрохімії. Відмінність електрохімічних процесів від хімічних. Поняття про електрохімічну систему. Складові частини електрохімічних систем та їх можливий стан. Види електрохімічних систем. Короткі історичні відомості про розвиток електрохімії. Основні області застосування електрохімії та перспективи її розвитку. Роль електрохімії в розв'язанні проблеми раціонального використання енергетичних ресурсів та охорони навколишнього середовища.

Хімічна дія електричного струму. Хімічна дія електричного струму. Закони Фарадея. Число Фарадея. Вихід за струмом. Кулонометри.

Теорія електролітичної дисоціації. Кількісні співвідношення теорії електролітичної дисоціації. Зв'язок між константою та ступенем дисоціації (закон розведення Оствальда). Застосування класичної теорії розчинів електролітів для пояснення осмотичних властивостей, термохімічних ефектів та хімічної рівноваги в розчинах електролітів. Недоліки класичної теорії електролітів та шляхи її удосконалення по Д.І. Менделєєву.

Взаємодія між електролітом та розчином. Сольватація (гідратація) в розчинах електролітів. Фізичні та енергетичні характеристики процесу сольватації. Енергія кристалічної ґратки та її розрахунок. Співвідношення енергії ґратки з теплою сольватації (гідратації) іонів. Розрахунок енергії та теплоти гідратації по термодинамічним циклам Габера-Борна.

Зв'язок енергії сольватації (гідратації) з властивостями іонів. Визначення енергій гідратації окремих іонів. Ентропії гідратації та числа гідратації. Роль діелектричної проникності в явищах дисоціації електролітів.

Протолітична теорія кислот та основ. Рівняння Бренстеда. Сучасні тенденції в розвитку вчення про рівновагу в розчинах електролітів.

Теорія міжіонної взаємодії. Активність та коефіцієнт активності. Вираз складу розчину через активності та концентрації. Загальна та середня активність електроліту. Середній коефіцієнт активності. Експериментальне визначення коефіцієнтів активності. Іонна сила розчинів.

Основи теорії міжіонної взаємодії. Модель розчину по Гхошу і Дебая-Гюккелю. Перше наближення теорії Дебая-Гюккеля. Припущення, покладені в основу теорії Дебая-Гюккеля.

Зіставлення теорії Дебая-Гюккеля з дослідом. Недоліки першого наближення теорії Дебая-Гюккеля. Удосконалення теорії Дебая-Гюккеля. Друге наближення теорії Дебая-Гюккеля та його уточнення. Формула Гюккеля. Врахування гідратації іонів при розрахунку

коефіцієнтів активності. Емпіричні формули для розрахунку коефіцієнтів активності. Емпіричні формули для розрахунку коефіцієнтів активності.

Електропровідність розчинів електролітів. Загальна характеристика нерівноважних явищ в розчинах електролітів. Шляхи доставки речовини до поверхні електрода. Електропровідність електролітів. Основні поняття. Визначення понять "молярна" та "питома" електропровідність. Зв'язок між ними. Рухливість іонів та електричні числа переносу іонів. Принципи експериментального визначення електропровідності чисел переносу та іонних рухливостей.

Експериментальні дані по електропровідності. Вплив концентрації, температури, тиску на електропровідність розчинів електролітів. Закони Кольрауша. Зв'язок електропровідності з властивостями електролітів та природою розчинника. Правило Вальдена-Писаржевського. Кондуктометрия.

Теоретична інтерпретація електропровідності електролітів. Класична (гідродинамічна) теорія електропровідності. Основні положення теорії електропровідності Дебая-Онзагера. Електрофоретичний та релаксаційний ефекти. Удосконалення теорії Дебая-Онзагера. Формула Шидловського. Ефект Віна та дисперсія електропровідності. Кінетична теорія електропровідності. Прототропна теорія електропровідності кислот та основ.

Дифузія в розчинах електролітів. Стаціонарна і нестаціонарна молекулярна дифузія. Закони Фіка. Особливості дифузійних процесів в розчинах електролітів. Дифузійний потенціал. Термодинамічна трактовка дифузійного потенціалу. Теорії Планка та Гендерсона. Методи обчислення дифузійного потенціалу на межі розчинів різної концентрації та з різною рухомістю іонів. Методи його зниження.

Термодинаміка електрохімічних систем. Основні термодинамічні функції. Визначення роботи, відмінної від об'ємно-механічної за допомогою основних термодинамічних функцій. Рівняння Гіббса-Гельмгольца та їх аналіз. Правило Томсона. Температурний коефіцієнт. ЕРС електрохімічної реакції. Тепловий ефект електрохімічної реакції. Корисна робота електрохімічних систем у незворотних умовах.

Рівноважні електродні потенціали. Термодинамічне трактування рівноважних електродних потенціалів. Термодинамічна формула для розрахунку рівноважного електродного потенціалу. Умовний характер величини електродного потенціалу. Воднева шкала потенціалів. Міжнародна конвенція про ЕРС та електродні потенціали.

Класифікація електродів. Електроди першого, другого роду. Газові електроди. Окислювально-відновні електроди. Правило Лютера. Іоноселективні електроди. Стандартні електроди. Використання стандартних потенціалів для оцінки термодинамічної можливості протікання електрохімічних процесів.

Електрохімічні кола. Принципи класифікації електрохімічних кіл. Типи електрохімічних кіл. Фізичні, концентраційні та хімічні кола. Здвоєні хімічні кола. Потенціометрія та її використання при проведенні електрохімічних досліджень.

Теорія виникнення електродного потенціалу та ЕРС. Фізична та хімічна теорії ЕРС та електродного потенціалу. Осмотична теорія Нернста. Сольватаційна теорія Писаржевського-Ізгаришева та її розвиток.

1.2.2 Основи процесів осадження і розчинення металів

Процеси розчинення і осадження металів у промисловості. Осадження та розчинення металів у виробництвах гальваностегії, гальванопластики, гідроелектрометалургії, порошкової металургії та електрохімічної обробки металів (ЕХО).

Вимоги до осадів металів, сплавів та композиційних електрохімічних покриттів (КЕП). Загальні вимоги. Структура металевих осадів: ознаки структури; методи вивчення

структури; вимоги до структури осадів у виробництвах. Відсутність пор, піттингу, тріщин у покриттях. Катодні та анодні металеві покриття, механізм захисної дії металу – основи цими покриттями. Рівномірність за товщиною осадів металів на поверхні, що покривають. Адгезія металу-покриття до металу основи; фактори, що впливають на міцність зчеплення. Сталість складу і структури сплавів та КЕП за товщиною.

Катодні процеси. Вплив різних чинників на перенапругу виділення металу, його структуру і властивості. Зв'язок перенапруги виділення металу, його структури і властивостей. Класифікація металів за величиною металічної перенапруги при їх виділенні з розчинів простих солей. Вплив компонентів простих кислих і комплексних лужних електролітів, їх концентрації на перенапругу виділення металу, структуру і властивості одержуваного осаду. Механізм дії ПАР на катодне виділення металу. Критерії вибору ПАР для електролітів осадження металів. Блискоутворювачі, їх класифікація і механізм дії.

Вплив умов (режимів) електролізу: густини струму, температури, відносного руху електроліту і електроду, різних режимів поляризуючого струму - на перенапругу виділення металу, його структуру і властивості.

Сумісне виділення металу і водню. Потенціали металевих електродів у розчинах їх солей та їх значення для процесів електроосадження. Застосування діаграми Пурбе води для прогнозування можливості виділення водню при електроосадженні металів із електролітів.

Сумісний розряд іонів металів і електрохімічне одержання сплавів. Основні закономірності суміщеного розряду іонів різних металів. Вплив різних факторів на електроосадження сплавів.

Композиційні електрохімічні покриття (КЕП) і матеріали. Види композиційних електрохімічних покриттів і сфери їх застосування. Електроліти - суспензії та їх властивості. Порошкові матеріали, що використовуються для одержання КЕП.

Розподіл струму і металу на катодній поверхні. Природа розсіювальної здатності електролітів і механізм перерозподілу струму в них. Вплив різних факторів на розподіл струму і металу. Способи оцінки розсіювальної здатності електролітів.

Адгезія електролітичних осадів металів до поверхні, яка покривається. Фактори, які впливають на адгезію осадів до поверхні, що покривають.

Підготовка поверхні виробів перед осадженням металів. Механічні способи підготовки. Хімічні та електрохімічні способи підготовки поверхні виробів перед осадженням металів. Контактний обмін металів (цементация) в технічній електрохімії. Механізм і кінетика контактного обміну металів (цементация).

Осадження покриттів на легкі метали. Осадження металів на алюміній, магній, титан та їх сплави.

Анодні процеси. Анодна поведінка металів у процесах гальванотехніки, ГЕМ та ЕХО. Використання розчинних і нерозчинних анодів у гальванотехніці, ГЕМ та ЕХО. Анодне розчинення чистих металів і металів, які містять металеві і неметалеві домішки.

Електрохімічне і хімічне полірування. Основи теорії процесів електрохімічного і хімічного полірування. Електрохімічне і хімічне полірування сталі.

Неметалеві покриття, які одержують при анодному розчиненні металу-основи. Загальні відомості. Теорія процесів утворення оксидних і фосфатних плівок на сталі. Механізм утворення анодних плівок на алюмінії та його сплавах.

1.2.3 Загальна хімічна технологія

Поняття хіміко-технологічного процесу, критерії оцінки ХТП. Зміст і мета вивчення дисципліни "Загальна хімічна технологія". Поняття хімічної технології. Історичний аспект розвитку хімічної технології. Роль хімічної технології в господарському комплексі України. Основні тенденції розвитку хімічних виробництв. Масштаби і асортимент виробництва хімічної продукції.

Класифікація ХТП за комплексом динамічних, хімічних і фазових ознак. Критерії оцінки ефективності хіміко-технологічних систем (ХТС): економічні, соціальні, експлуатаційні, технологічні. Технологічні критерії ефективності ХТП: ступінь перетворення, вихід цільового продукту, селективність, інтенсивність.

Термодинамічний аналіз хіміко-технологічного процесу. Попередній вибір технологічних режимів проведення ХТП, що ґрунтуються на оборотних реакціях за участю газової (рідинної) фази. Температурна залежність енергії Гіббса хімічної речовини і реакції та її розрахунок. Термодинамічний аналіз ХТП, що ґрунтується на оборотних реакціях. Розрахунок рівноважного виходу цільового продукту з використанням різних методів для ХТП, що ґрунтуються на простих та складних оборотних реакціях за участю газової фази. Методи розрахунку рівноважного виходу. Визначення впливу температури, тиску, співвідношення компонентів на рівноважний вихід цільового продукту. Визначення необхідності організації рециркуляції сировини, проміжного виведення продуктів та інертних компонентів із реакційної суміші. Кількісний вираз принципу Ле Шательє для оборотних реакцій. Розрахунок рівноважного ступеня перетворення та виходу цільового продукту для ХТП, що ґрунтується на складних паралельних або послідовно-паралельних реакціях.

Кінетичний аналіз хіміко-технологічного процесу. Класифікація ХТП. Мікро- і макрокінетика ХТП. Використання кінетичного рівняння для розрахунків показників ХТП. Трансформація змінних кінетичного рівняння. Швидкість реакції та процесу. Порядок реакції та енергія активації. Кінетика ХТП, що ґрунтується на оборотних реакціях. Поняття оптимальної температури ХТП. Розрахунок оптимальної температури з використанням кінетичних констант реакції.

Гомогенні та гетерогенні хімічні процеси. Визначення гомогенного хімічного процесу. Прості реакції (незворотні та зворотні), залежність швидкості простих реакцій від концентрації та ступеня перетворення. Лінія оптимальних температур. Складні реакції. Кінетика гомогенних ХТП, її основні закономірності. Швидкість ХТП, що ґрунтуються на оборотних та послідовно-паралельних гомогенних реакціях. Вплив технологічних параметрів (температури, тиску, концентрації компонентів) на швидкість проведення гомогенних ХТП. Методи інтенсифікації гомогенних процесів. Гетерогенні хімічні процеси: основні положення, кінетика гетерогенних некаталітичних процесів.

Класифікація гетерогенних некаталітичних ХТП. Основні моделі гетерогенних ХТП. Стадії проходження гетерогенного ХТП. Лімітуюча стадія ХТП. Стаціонарний режим ХТП. Визначення лімітуючої стадії з використанням температури, швидкості потоку, тиску, пористості твердої фази. Области проходження гетерогенного ХТП: зовнішньо-дифузійна, внутрішньо-дифузійна, кінетична. Інженерні методи інтенсифікації лімітуючої стадії ХТП. Особливості гетерогенного процесу в системі "газ-рідина".

Каталітичні процеси. Промисловий катализ. Стадії гетерогенно-каталітичного процесу. Особливості проходження гетерогенно-каталітичного ХТП. Технологічні характеристики твердих катализаторів: активність, селективність, робоча температура, каталітичні отрути, питома поверхня, пористість та інші. Ступінь використання внутрішньої поверхні катализаторів. Кінетичні особливості гетерогенно-каталітичних ХТП. Промислові катализатори (контакти). Кінетика гомогенного каталізу. Конструкції реакторів для каталітичних процесів. Особливості конструкції реакторів для процесів під тиском.

Інтенсифікація каталітичних хіміко-технологічних процесів. Конструктивні особливості реакторів для проведення ХТП різних типів.

Хімічні реактори. Ідеальні моделі реакторів і їх промислові метаморфози. Температурний режим в реакторах: ізотермічний, адіабатичний, політермічний. Адіабатична зміна температури в реакторі. Особливості розрахунку робочого об'єму адіабатичного реактора. Конструктивні особливості реакторів для підтримання оптимального температурного режиму: ізотермічного, адіабатичного, політермічного.

Конструктивні особливості реакторів для проведення гомогенних і гетерогенних процесів в системах "газ-тверде тіло", "газ-рідина", "рідина-тверде тіло". Особливості конструкції реакторів для каталітичних процесів. Особливості конструкції реакторів для процесів під тиском. Конструктивні особливості реакторів для проведення ХТП різних типів.

Сировинна та енергетична підсистеми ХТС. Сировинні джерела хімічної промисловості. Класифікація сировинних ресурсів. Комплексне використання сировини. Комбіновані хіміко-технологічні системи. Підготовка сировини для ХТП.

Збагачення твердої, рідинної сировини та концентрування (збагачення) газових сумішей. Стандартизація сировини. Проблеми неповної переробки сировини. Відходи виробництва та їх класифікація. Типові схеми знешкодження газових, рідких і твердих відходів виробництва. Енергетичні джерела хімічної промисловості. Рациональне використання енергії. Енерготехнологічний принцип ХТС. Основні технологічні методи утилізації вторинних енергоресурсів.

Відходи ХТП як вторинне джерело енергії та ресурсів. Потенційні запаси вторинних енергетичних ресурсів. Умови формування відходів на підприємствах хімічної, нафтопереробної та нафтохімічної промисловості, чорної та кольорової металургії, промисловості будівельних матеріалів.

Виробництво мінеральних добрив як приклад гетерогенних некаталітичних ХТП. Виробництво мінеральних добрив як приклад гетерогенних некаталітичних ХТП. Використання і об'єми виробництва. Сировинна база фосфоровмісних мінеральних добрив. Фізико-хімічне обґрунтування режимів простого, подвійного суперфосфату. Технологічні схеми виробництва.

Виробництво соди і содових продуктів. Фізико-хімічні властивості та принципи положення хімічної взаємодії сировинних та вихідних речовин у процесах виробництва кальцинованої соди, «важкої» соди, каустичної соди хімічним та електрохімічним способами, питної соди, кристалічної соди, оксиду кальцію, оксиду вуглецю (IV), оксидів алюмінію, хлору. Галузі застосування кальцинованої соди і содопродуктів, оксидів алюмінію, а також хлору. Хімічні схеми одержання цих важливих стратегічних продуктів.

Хімічна переробка палива як приклад комплексного використання сировини. Хімічна переробка палива як приклад комплексного використання сировини. Класифікація палива. Сировинні запаси. Проблеми раціонального використання та економії палива.

Хімічне перероблення нафти як приклад комплексного використання сировини. Класифікація нафти. Сировинні запаси. Проблеми раціонального використання та економії продуктів нафтопереробки.

Виробництво екстракційної фосфорної кислоти як приклад гетерогенного ХТП класу "рідина - тверде тіло". Сировина, фізико-хімічні основи. Домішки, їх вплив на процес. Технологічна схема. Апаратурне оформлення. Екологія виробництва. Области використання.

Виробництво термічної фосфорної кислоти як приклад високотемпературного процесу. Об'єми виробництва у світі і в Україні. Области використання. Сировинна база в Україні. Фізико-хімічні основи процесу і обґрунтування технологічної схеми як результат вирішення технологічних і екологічних проблем виробництва. Основні (типові) технологічні реактори. Способи отримання екстракційної фосфорної кислоти – переваги та недоліки. Напрями вирішення екологічних проблем у виробництві фосфорної кислоти.

Виробництво сульфатної кислоти як приклад синтезу енерготехнологічної багатоступеневої ХТС, що працює при атмосферному тиску. Галузі використання. Сировинні джерела. Фізико-хімічне обґрунтування технологічних режимів виробництва оксиду сірки(IV), окиснення оксиду сірки(IV) і абсорбції оксиду сірки(IV). Каталізатори окиснення оксиду сірки(IV). Екологічно-безпечна технологічна схема ДК-ДА. Основні технологічні реактори відділення обпалу, окиснення і абсорбції. Перспективи удосконалення процесів виробництва сульфатної кислоти.

Виробництво хлориду водню і хлоридної кислоти. Застосування і способи виробництва хлориду водню та хлоридної кислоти. Сировина. Теоретичні основи процесів одержання хлориду водню та хлоридної кислоти, функціональна та принципова технологічна схема, апаратурне оформлення. Відходи виробництв.

Синтез аміаку - хіміко-технологічна система неорганічного класу зі складною схемою технологічних зв'язків. Аміак - основа виробництва азотовмісних сполук. Сировинні джерела. Виробництво технологічних газів на основі твердих, рідких та газоподібних палив. Фізико-хімічні обґрунтування режимів пароповітряної конверсії метану, конверсії оксиду вуглецю (II) та очищення технологічних газів від кисневих сполук. Каталізatori відділення виробництва синтез-газу. Типові прийоми реалізації енерготехнологічної схеми виробництва синтез-газу. Основні технологічні реактори відділення синтез-газу. Технологічні і екологічні проблеми та їх вирішення у відділенні синтезу аміаку. Фізико-хімічні обґрунтування режимів процесу синтезу аміаку. Основні технологічні реактори. Перспективи вдосконалення технології виробництва аміаку.

Виробництво нітратної кислоти як приклад синтезу високотехнологічної ХТС. Сировинні джерела. Технологічні і екологічні проблеми, що вирішуються при виробництві НК. Фізико-хімічне обґрунтування технологічних режимів стадій конверсії аміаку, абсорбції нітрозних газів та знешкодження технологічних викидів. Каталізatori конверсії аміаку та проблеми економії платини. Енерготехнологічна схема виробництва розведеної нітратної кислоти. Основні технологічні реактори. Виробництво концентрованої нітратної кислоти. Фізико-хімічне обґрунтування технологічних режимів процесів. Технологічні схеми. Перспективи вдосконалення технологій виробництва НК. Вивчення принципів роботи та конструкцій технологічних реакторів, що використовуються в енерготехнологічних схемах виробництва азотної кислоти.

Синтез метилового спирту. Области використання. Масштаби виробництва. Сировинна база. Виробництво синтез-газу метилового спирту. Фізико-хімічні основи процесу синтезу метилового спирту та обґрунтування технологічних режимів. Компонування технологічної схеми. Апаратурне оформлення процесу (типові прийоми). Аналітичне порівняння технології синтезу неорганічної, біохімічної, органічної продукції як результат інженерного вирішення фізико-хімічних проблем реакцій синтезу речовин. Вивчення принципів роботи та конструкції технологічних реакторів, що використовуються в енерготехнологічних виробництвах метилового спирту. Засоби захисту апаратури від корозії. Циклічність процесів, віддувка.

Синтез етилового спирту – хіміко-технологічна система органічного класу зі складною схемою технологічних зв'язків. Об'єми виробництва. Области використання, сировинна база. Виробництво технічного газу - етилену. Технологічні та екологічні проблеми та їх вирішення при виробництві етилену. Фізико-хімічні основи процесу прямої гідратації етилену і обґрунтування оптимальних технологічних режимів. Каталізatori синтезу. Компонування і обґрунтування технологічної схеми прямої гідратації етилену як результат оптимізації технологічних режимів і рішення технологічних проблем. Синтези на основі етилового спирту, виробництво дивінілу. Вивчення принципів роботи та конструкції реакторів у виробництвах синтезів етилового спирту та дивінілу.

1.2.4 Теоретичні основи хімії та технології водопідготовки

Рациональне використання водних ресурсів. Оборотні системи водопостачання. Роль хімії та хімічної технології у вирішенні питань розширення ресурсів промислового водопостачання й у виборі методів захисту водоймищ та навколишнього середовища від забруднення.

Характеристика природних джерел водопостачання для питних і промислових цілей. Класифікація джерел та водоймищ природної води. Вимоги до води різного призначення.

Класифікація й характеристика стічних вод за місцем їх утворення. Методи та принципи каналізування стічних вод. Очисні споруди, їх призначення. Умови спуску стічних вод до водоймищ. Законодавчі акти України та інших країн світу щодо охорони природних водоймищ і водних ресурсів.

Природні та стічні води – багатокомпонентні гетерогенні системи. Вода як хімічна сполука. Аномальні властивості води. Моделі структури рідкої води. Фізичні, хімічні, біологічні (бактеріологічні) показники якості води.

Класифікація домішок та забруднювачів води за їх фазово-дисперсним станом. Значення класифікації, розробленої Л. А. Кульським, для вибору альтернативних методів видалення з води домішок.

Безреагентні методи обробки води, сфера їх застосування. Первинне очищення води. Проціджування крізь решітки й сітки. Теоретичні основи процесу відстоювання домішок. Рівняння Стокса та його застосування до процесу осадження грубодисперсних домішок. Гідравлічна крупність частинок та її визначення. Обладнання механічних методів підготовки води. Конструкції та принцип дії пісковловлювачів, нафтомасловловачів, циклонів, центрифуг, горизонтальних, вертикальних, радіальних, тонкошарових відстійників.

Видалення з води завислих речовин за допомогою фільтрування, сфера застосування методу. Класифікація фільтрів із зернистим завантаженням. Стадії фільтроциклу. Вимоги до зернистого завантаження фільтрів. Головні конструктивні елементи й принцип дії самопливних та напірних фільтрів. Прояснювачі із завислим шаром осаду – акселератори. Двопотоківі фільтри.

Переваги і недоліки засипних фільтрів, картриджних фільтрів та сітчастих фільтрів. Визначення поняття «мікрофільтрація». Основні види матеріалів для виготовлення мікрофільтраційних картриджів.

Флотаційний метод видалення з води завислих речовин і сфера його застосування. Чинники, що впливають на ефективність флотації. Порівняльна характеристика напірної та вакуумної флотації. Типові схеми напірної флотації: прямотечіїні, частково прямотечіїні, рециркуляційні. Принцип дії флотаторів: імпелерного, з пористими ковпачками, електрофлотатора, флотатора системи «Аерофлотор».

Коагуляційна обробка води та сфера його застосування. Фізико-хімічні основи процесу коагулювання домішок води. Колоїдні системи, їх будова та властивості. Кінетична й агрегативна стійкість колоїдних систем. Стадії утворення та будова міцели, подвійний електричний шар. Головні положення теорії стійкості ліофобних золь. Коагулянти, що використовують для обробки води, і вимоги до них. Доза коагулянту та її вибір. Флокулянти, що використовують у процесах очищення води. Елементи схем очищення води за допомогою коагуляції та флокуляції: основне та допоміжне обладнання, конструктивні особливості й принцип дії камер пластівцеутворення, прояснювачів.

Мембранні процеси: ультрафільтрація. Теоретичні та прикладні аспекти групи мембранних методів водопідготовки. Типи мембранної фільтрації, мембранних елементів і матеріалів мембран, основні стадії технології ультрафільтраційного очищення води, технологічна схема процесу і приклади експлуатації. Визначення переваг і недоліків сучасного мембранного методу очищення стічних вод.

Мембранні процеси: зворотний осмос і нанофільтрація. Теоретичні основи методів, області їх застосування, а також вимоги до якості оброблюваної води і склад очищеної води, отриманої з використанням мембран різних типів. Будова рулонних мембранних елементів, їх класифікація та принципи роботи. Основні правила і особливості конструювання технологічних схем.

Окисні методи знезараження води й сфера їх застосування. Хлорування води: дія сполук хлору на бактерії та мікроорганізми, мінеральні й органічні домішки води. Показники хлорування води, доза хлору, способи його знаходження. Хлоровмісні реагенти, що використовують у процесах знезараження води. Озонування води: переваги та недоліки методу знезараження води за допомогою озону. Основне апаратурне обладнання дільниці знезараження води реагентним методом. Обробка води іонами благородних металів (олігодинамія). Фізико-хімічні методи знезараження води.

Видалення з води домішок за допомогою твердих сорбентів. Суть фізичної адсорбції, сфера застосування методу. Динаміка процесу адсорбції: модель Шилова, вихідні криві процесу сорбції. Сорбенти, що використовують у процесах водопідготовки. Методи регенерації сорбентів. Типи схем та обладнання адсорбційної очистки води. Адсорбери з нерухомим, рухомим та псевдозрідженим шаром сорбенту.

Пом'якшення води реагентними методами. Суть і сфера застосування термічних методів. Реагентні методи: фізико-хімічні основи, реагенти, що використовують у процесах обробки води та їх порівняльна характеристика. Апаратурне оснащення відділень реагентної обробки води.

Пом'якшення й знесолення води за допомогою іонного обміну. Марки іонітів, їх будова та властивості. Хімізм і рівновага реакцій іонного обміну. Динаміка процесу іонного обміну. Типові схеми пом'якшення та знесолення води за допомогою методу іонного обміну. Принцип дії та конструктивні особливості фільтрів іонного обміну й фільтрів змішаної дії.

Регенерація іонітів, реагенти, що застосовують у процесах регенерації. Сутність та сфера застосування інших методів очищення води: дистиляція, зворотний осмос, електродіаліз. Порівняльна техніко-економічна характеристика методів знесолення води.

Біохімічне очищення води. Суть і сфера застосування біохімічних методів очищення води. Способи біохімічного очищення. Характеристики активного мулу та біоплівки. Біологічне споживання кисню (БСК). Вимоги до води, яка проходить біохімічну обробку. Природні та штучні споруди біохімічного очищення. Конструктивні особливості й гідродинамічний режим роботи аеротенків та біофільтрів. Основні складові принципової технологічної схеми біохімічного очищення води. Загальні положення анаеробної обробки води та осадів. Конструктивні особливості метантенків.

1.2.5 Хімічна технологія неорганічних речовин

Фізико-хімічні властивості сульфатної кислоти. Валентно-структурна формула сульфатної кислоти, її хімічна активність, фізико-хімічні властивості, теплоти розбавлення і змішування та їх розрахунок. Сорти сульфатної кислоти.

Каталізатори окиснення SO₂. Характеристика ванадієвих каталізаторів (СВД, СВС, СВБ, ІК, LP-120, Cs-120, VK-38A, RHV-49, BASF-04-10, СВНТ, МВВ, КС, КД). Теоретичні засади їх дії. Отруєння каталізаторів. Перспективні нароби з синтезу нових ванадієвих каталізаторів.

Кінетика контактного окиснення SO₂. Кінетичні і технологічні умови окиснення SO₂ на ванадієвих каталізаторах. Визначення кількості контактної маси. Рівняння Борескова-Іванова-Буянова, Марса-Мейсена, Еклунда, Померанцева, Іваненко-Салтанової, Шимічека. Оптимальні економічні умови окиснення SO₂.

Окиснення SO₂ в киплячому шарі каталізатора. Гідродинамічні фактори, їх вплив на кінетику окиснення SO₂ в КШ каталізатора. Порівняльний аналіз процесу окиснення оксиду сірки(IV) в нерухомому і киплячому шарах ванадієвих каталізаторів. Відображення процесу окиснення SO₂ на діаграмі «ступінь перетворення – температура» за умови двошарового розміщення каталізатора.

Фізико-хімічні основи процесу абсорбції SO₃. Теоретичні основи процесу абсорбції цільового інгредієнту газової суміші. Фізико-хімічні засади визначення оптимальних умов абсорбції SO₃ з "контактного" газу. Розрахункові обґрунтування абсорбції SO₃. Використання над сульфатних кислот при одержанні продукційної сульфатної кислоти.

Знешкодження викидних газів контактних сульфатно-кислотних систем. Розрахункове обґрунтування екологічної необхідності очищення викидних газів сульфатнокислотних систем. Методи знешкодження викидних газів сульфатнокислотних виробництв та аналіз їх ефективності. Новітні розробки з забезпечення екологічної чистоти сульфатнокислотних виробництв.

Властивості хлориду водню і соляної кислоти, області застосування. Способи виробництва хлориду водню. Фізико-хімічні основи сульфатного методу і методу прямого синтезу хлориду водню. Апаратурне оформлення процесу.

Технологія розділення повітря. Основи розділення повітря. Колони ректифікації повітря. Технологічна схема розділення повітря.

Апаратурне оформлення розділення повітря. Промислові установки розділення повітря. Апаратурне оформлення. Техніко-економічні показники промислових установок розділення повітря. Техніка безпеки і охорона праці.

Виробництво водню методами газифікації. Газифікація твердого та рідкого палива. Технологічні схеми. Техніко-економічні показники виробництва водню методами газифікації палива.

Виробництво водню методом електролізу води. Електроліз води. Теоретичні основи процесу електролізу. Технологія виробництва важкої води. Техніко-економічні показники виробництва водню методом електролізу.

Конверсія природного газу парою. Методи конверсії природного газу. Технологія конверсії природного газу парою. Термодинаміка. Каталізатори. Кінетика. Вибір параметрів.

Конверсія метану киснем. Технологія конверсії метану киснем. Термодинаміка. Каталізатори. Кінетика. Вибір параметрів.

Конверсія оксиду вуглецю(II) парою. Фізико-хімічні основи конверсії оксиду вуглецю(II) парою. Термодинаміка. Каталізатори. Кінетика. Вибір параметрів.

Моноетаноламінове очищення газу від оксиду вуглецю(IV). Фізико-хімічні основи очищення конвертованого газу від оксиду вуглецю(IV) методом моноетаноламінової очистки.

Фізико-хімічні основи очищення газу від оксиду вуглецю(IV) гарячим розчином поташу. Тонке очищення технологічного газу від оксидів карбону гідруванням.

Схеми конверсії метану. Технологічна схема двоступеневої конверсії метану. Апаратурне оформлення схеми. Технологічні схеми одноступеневої конверсії метану. Апаратурне оформлення схем. Технологія та технологічна схема високотемпературної конверсії.

Синтез аміаку. Властивості аміаку. Значення аміаку в сучасних виробничих процесах. Термодинаміка синтезу. Каталізатори синтезу. Кінетика синтезу. Виділення аміаку із синтез газу.

Колони синтезу. Типи колон. Конструкції колон полочного типу. Організація температурного режиму в колоні синтезу.

Схеми синтезу аміаку. Принципова схема синтезу аміаку під середнім тиском. Схеми синтезу аміаку потужністю 600 т/добу, 1360 т/добу. Обладнання схем. Основні техніко-економічні показники. Охорона праці. Екологія. Перспективи розвитку технології виробництва синтетичного аміаку.

Синтез метанолу. Фізико-хімічні основи синтезу метанолу. Значення метанолу в народному господарстві. Властивості метанолу. Термодинаміка. Каталізатори. Кінетика. Вибір параметрів. Колони синтезу.

Технологічна схема синтезу метанолу під середнім тиском. Хімічна схема виробництва нітратної кислоти. Властивості нітратної кислоти. Значення нітратної кислоти в народному господарстві. Конверсія аміаку.

Фізико-хімічні основи процесу конверсії аміаку. Каталізатори. Шляхи зменшення витрат платиного каталізатору. Неплатинові каталізатори. Кінетика процесу. Вибір параметрів процесу. Конструкція контактного апарату.

Окиснення оксиду азоту(II). Механізм окиснення. Рівновага. Кінетика. Вибір оптимальних параметрів окиснення.

Абсорбція оксидів азоту водою. Рівновага. Кінетика. Вибір оптимальних параметрів абсорбції оксидів азоту водою. Конструкції абсорбційної колони.

Очищення викидного газу. Методи очистки викидного газу. Технологія високотемпературного і селективного очищення. Техніко-економічне порівняння схем очищення.

Схеми виробництва нітратної кислоти. Класифікація схем. Технологічні схеми УКЛ, АК-72, АК-72М. Апаратурне оформлення. Нові напрямки розвитку технології нітратної кислоти.

Виробництво нітратної кислоти як приклад синтезу високотехнологічної ХТС. Сировинні джерела. Технологічні і екологічні проблеми, що вирішуються при виробництві НК. Фізико-хімічне обґрунтування технологічних режимів стадій конверсії аміаку, абсорбції нітрозних газів та знешкодження технологічних викидів. Каталізатори конверсії аміаку та проблеми економії платини. Енерготехнологічна схема виробництва розведеної нітратної кислоти. Основні технологічні реактори. Виробництво концентрованої нітратної кислоти. Фізико-хімічне обґрунтування технологічних режимів процесів. Технологічні схеми. Перспективи вдосконалення технологій виробництва НК. Вивчення принципів роботи та конструкцій технологічних реакторів, що використовуються в енерготехнологічних схемах виробництва азотної кислоти.

Синтез азотних добрив. Фізико-хімічне обґрунтування апаратурного оформлення і технологічної схеми виробництва нітрату амонію (аміачної селітри). Злежуваність селітри і методи її усунення. Особливості зберігання аміачної селітри. Конструкція і принцип дії апарату ВТН (використання теплоти нейтралізації) у виробництві нітрату амонію. Вплив концентрації азотної кислоти на концентрацію розчину селітри. Конструкції випарних апаратів. Можливість отримання селітри без упарювання. Рішення екологічних проблем у виробництві селітри.

Фізико-хімічне обґрунтування апаратурного оформлення і технологічної схеми виробництва карбаміду. Реакції синтезу карбаміду. Обґрунтування високого тиску. Схеми синтезу з рециклом повним і частковим – порівняння, недоліки і переваги. Конструкція і принцип дії колони синтезу карбаміду. Особливості стріпінг – процесу.

Фізико-хімічне обґрунтування апаратурного оформлення і технологічної схеми виробництва аміачної води. Опис схеми і основного обладнання.

1.3 Допоміжні матеріали для складання комплексного фахового випробування

На комплексному фаховому випробуванні дозволяється користуватись тільки роздатковим матеріалом, який містить довідникові дані і виданий членами комісії: таблиця Менделєєва, атлас Пурбе, таблиця рівноважних потенціалів електрохімічних реакцій.

1.4 Опис завдання комплексного фахового випробування

На комплексному фаховому випробуванні абітурієнт отримує екзаменаційний білет, який містить три теоретичних питання за матеріалами освітніх компонент, зазначених вище в п. 1.1.

1.5 Критерії оцінювання комплексного фахового випробування

Рейтингову систему оцінювання комплексного атестаційного екзамену складено відповідно до вимог чинної редакції «Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (<https://osvita.kpi.ua/node/37>).

У відповіді на теоретичні питання комплексного фахового випробування вступник має продемонструвати знання теорії дисципліни, понятійно-категоріального апарату, термінології, принципів предметної області освітньої компоненти. Перше питання відноситься до дисципліни «Теоретична електрохімія» та оцінюється у 30 балів; друге запитання відноситься до дисципліни «Загальна хімічна технологія» та оцінюється у 30 балів; третє питання відноситься до професійної дисципліни та оцінюється у 40 балів. При перевірці завдань застосовуються критерії оцінювання, при розробці яких береться за основу повнота, правильність та логічність написання питання.

Критерії екзаменаційного оцінювання для першого та другого запитань

- повна відповідь зі схемами, поясненнями, прикладами (не менше 95% потрібної інформації) – 30...28 балів;
- повна відповідь з непринциповими неточностями (не менше 83% потрібної інформації) – 27...25 балів;
- повна принципово правильна відповідь зі скороченим набором схем, пояснень, прикладів (не менше 73% потрібної інформації) – 24...22 бали;
- повна принципово правильна відповідь зі скороченим набором схем, пояснень, прикладів та (або) з неточностями у формулюваннях (не менше 66% потрібної інформації) – 21...20 балів;
- неповна відповідь, в якій відсутні принципові неточності (не менше 60% потрібної інформації) – 19...18 балів;
- неповна відповідь з грубими помилками та (або) принциповими неточностями (менше 60% потрібної інформації) – 17...1 бал;
- відсутність відповіді – 0 балів.

Критерії екзаменаційного оцінювання для третього запитання

- повна відповідь зі схемами, поясненнями, прикладами (не менше 95% потрібної інформації) – 40...38 балів;
- повна відповідь з непринциповими неточностями (не менше 85% потрібної інформації) – 37...34 балів;
- повна принципово правильна відповідь зі скороченим набором схем, пояснень, прикладів (не менше 75% потрібної інформації) – 33...30 бали;
- повна принципово правильна відповідь зі скороченим набором схем, пояснень, прикладів та (або) з неточностями у формулюваннях (не менше 65% потрібної інформації) – 29...26 балів;
- неповна відповідь, в якій відсутні принципові неточності (не менше 60% потрібної інформації) – 25...24 бали;
- неповна відповідь з грубими помилками та (або) принциповими неточностями (менше 60% потрібної інформації) – 23...1 бал;
- відсутність відповіді – 0 балів.

Загальна оцінка за Комплексне фахове випробування обчислюється як сума балів, отриманих за кожне з трьох складових екзаменаційного білету комплексного фахового

випробування. Таким чином, за результатами Комплексного фахового випробування вступник може набрати від 0 до 100 балів.

З метою обчислення конкурсного балу вступника в Єдиній державній електронній базі з питань освіти сумарний бал, отриманий вступником за РСО (60...100 балів), має бути переведений на бали шкали ЄДЕБО (100...200 балів) згідно з Таблицею відповідності:

Таблиця відповідності оцінок РСО (60...100 балів)
оцінкам 200-бальної шкали (100...200 балів)

шкала РСО	шкала 100...200	шкала РСО	шкала 100...200	шкала РСО	шкала 100...200	шкала РСО	шкала 100...200
60	100	70	140	80	160	90	180
61	105	71	142	81	162	91	182
62	110	72	144	82	164	92	184
63	115	73	146	83	166	93	186
64	120	74	148	84	168	94	188
65	125	75	150	85	170	95	190
66	128	76	152	86	172	96	192
67	131	77	154	87	174	97	194
68	134	78	156	88	176	98	196
69	137	79	158	89	178	99	198
						100	200

1.6 Приклад типового завдання комплексного фахового випробування

<p>НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО» Кафедра технології електрохімічних виробництв Кафедра технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології</p>	
Спеціальність 161	Хімічні технології та інженерія
Освітня програма	Хімічні технології неорганічних, електродних матеріалів та водоочищення
ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №# (ЗРАЗОК)	
<p>1. Опишіть принцип роботи технологічного обладнання контактного відділення виробництва сульфатної кислоти. Обґрунтуйте температурний режим роботи контактної апаратури (максимальна кількість балів - 30).</p> <p>2. Розкрийте сутність та область застосування йонного обміну в процесах водопідготовки. Охарактеризуйте основні характеристики іонітів (максимальна кількість балів - 30 балів).</p> <p>3. Наведіть хімічну схему отримання нітратної кислоти та опишіть вплив основних факторів на рівновагу процесу (максимальна кількість балів - 40 балів).</p>	
<p>Затверджено на засіданні кафедри ТЕХВ, протокол №__ від _____</p> <p>В.о. зав. кафедри _____ Олексій КОСОГІН</p>	
<p>Затверджено на засіданні кафедри ТНР,В та ЗХТ протокол №__ від _____</p> <p>Зав. кафедри _____ Тетяна ДОНЦОВА</p>	

II ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

Порядок проведення комплексного фахового випробування

Комплексне фахове випробування проводиться в очній або дистанційній формі з використанням технологій дистанційного навчання «Google» та сервісу відеотелефонного зв'язку «GoogleMeet» або «Zoom» із обов'язковою відеофіксацією процесу проведення іспиту.

Порядок проведення екзамену відповідає «Положенню про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (<https://osvita.kpi.ua/node/32>) та «Регламентам проведення семестрового контролю та захистів кваліфікаційних робіт та атестаційних екзаменів в дистанційному режимі» (<https://osvita.kpi.ua/node/148>).

Фахове випробування складається вступниками згідно із затвердженим розкладом. Відхилення від розкладу випробувань неприпустимо.

У разі проведення випробування в дистанційній формі посилення на відеоконференцію для проведення комплексного фахового випробування створюється напередодні та розсилається всім учасникам (екзаменаторам та вступникам) через відповідні інформаційні канали – електронну пошту, мережі «Viber», «Telegram».

Екзаменаційна комісія зобов'язана забезпечити надійну ідентифікацію (встановлення особи) вступника. В іншому разі, вступник вважається таким, що не з'явився на фахове випробування. Ідентифікація вступника може здійснюватися, наприклад, шляхом демонстрації екзаменаторові через засоби відеозв'язку свого паспорту або іншого документу, що посвідчує особу.

Для уникнення завчасної підготовки відповідей вступниками порядок проведення комплексного фахового випробування передбачає написання на кожному аркуші екзаменаційної роботи певного кодового слова, яке вступникам повідомляють під час проведення випробування.

Загальний час, який виділяється на рукописне виконання завдань екзаменаційного білету, складає 90 хвилин. Час початку та час завершення випробування оголошується екзаменатором. Протягом всього часу підготовки відповідей на питання екзаменаційного білету у здобувача має бути постійно увімкнена камера пристрою, за допомогою якого здійснюється відеозв'язок із екзаменатором.

На комплексному фаховому випробуванні дозволяється користуватись тільки роздатковим матеріалом, який містить довідникові дані і виданий членами комісії: таблиця Менделєєва, атлас Пурбе, таблиця рівноважних потенціалів електрохімічних реакцій.

За 3...5 хвилин до закінчення випробування вступник повинен підписати кожний аркуш своєї екзаменаційної роботи, зробити їх фотокопію та переслати її до встановленого часу на електронну пошту екзаменаційної комісії або в інший встановлений екзаменаційною комісією спосіб (мережі «Viber», «Telegram»).

Після отримання всіх фотокопій письмових робіт екзаменаційна комісія розпочинає їх перевірку. Оцінювання робіт здійснюється відповідно до рейтингової системи оцінювання (п. 1.5).

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологія зв'язаного азоту: технологія та алгоритми розрахунків виробництва аміаку і метанолу. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / А.Л. Концевой ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,55 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 211 с.
2. Технологія зв'язаного азоту: курс лекцій. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», ОПП «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / А.Л. Концевой, С.А. Концевой ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 293 с.
3. Технологія зв'язаного азоту і хімічних добрив: технологія та алгоритми розрахунків виробництва азотних добрив. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / А.Л. Концевой ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 21,46 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 221 с.
4. Толстопалова Н.М., Обушенко Т.І. Теоретичні основи хімії та технології водопідготовки: навчальний посібник для студентів спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» – К: НТУУ «КПІ», 2016. – 148 с.
5. Технічна електрохімія. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з кредитного модуля «Основи процесів осадження і розчинення металів» // Укл. В.Ф. Панасенко, М.І. Донченко, Т.І. Мотронюк, О.В. Лінючева, С.В. Фроленкова.-Київ:НТУУ «КПІ», 2011.-52с.
6. Антропов Л.І. Теоретична електрохімія. - К.: Либідь, 1993, 544 с.
7. Фізико-хімічні методи очищення води. Управління водними ресурсами / Під редакцією І.М. Астреліна, Х. Ратнавіри. – К.: «Ніка-Центр», 2015. – 614 с.
8. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод / А. К. Запольський, Н. А. Мішкова-Клименко, І. М. Астрелін та ін. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
9. Серія видань «Світ сучасної водопідготовки» Технологічні рішення. За редакцією Мітченко Т.С. ВУВТ WATERNET. – Київ, 2021.
10. Електрохімія для студентів технічних університетів: [навчальний посібник] / С.Г. Шейко, М.П. Міхеєва; Донец. нац. техн. ун-т. - Донецьк: Вид-во «Ноулідж» (донецьке відділення), 2011. – 226с.
11. Якименко Г.Я, Артеменко В.М. Технічна електрохімія, Харків: НТУ «ХПІ», 2006.-272с.
12. Загальна хімічна технологія / Яворський В.Т., Перекупко Т.В., Знак З.О., Савчук Л.В. – Львів: Львівська політехніка, 2005. – 552 с.

Розробники програми:

Професор кафедри ТЕХВ	Ольга ЛІНЮЧЕВА
Доцент кафедр ТЕХВ	Тетяна МОТРОНЮК
Доцент кафедри ТЕХВ	Михайло БИК
Зав. кафедри ТНР, В та ЗХТ	Тетяна ДОНЦОВА
Доцент кафедри ТНР, В та ЗХТ	Ірина КОСОГІНА
Ст.викладач кафедри ТНР, В та ЗХТ	Андрій ЛАПІНСЬКИЙ

Програму рекомендовано:

кафедрою технології електрохімічних виробництв

Протокол № 10 від 29 березня 2023 р.

В.о. завідувача

Олексій КОСОГІН

кафедрою технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології

Протокол № 19 від 29 березня 2023 р.

Завідувач

Тетяна ДОНЦОВА