


НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою Хіміко-технологічного факультету  
Протокол № 2 від « 24 » « лютого » 2020 р.

Голова вченої ради  Ігор АСТРЕЛІН



## ПРОГРАМА

### комплексного фахового випробування

для вступу на освітню програму підготовки магістра  
«Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення»  
*за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія*

Програму рекомендовано кафедрою  
технології неорганічних речовин, водоочищення  
та загальної хімічної технології

Протокол № 8 від « 19 » « лютого » 2020 р.

В.о. завідувача кафедри



Наталія ТОЛСТОПАЛОВА

## ВСТУП

Головна мета фахових випробувань полягає у виявленні у студентів фахових знань і вмінь з технологічних процесів і виробництв неорганічних речовин з можливістю практичної роботи за напрямом і професійним спрямуванням.

Основними забезпечуючими дисциплінами є: «Загальна хімічна технологія», «Теоретичні основи хімії і технології водопідготовки», «Теоретичні основи процесів хімічної технології», «Хімічна технологія неорганічних речовин», «Обладнання виробництв неорганічних речовин», що входять до навчального плану підготовки студентів за освітньо-кваліфікаційним рівням «бакалавр».

Головними задачами фахових випробувань є:

- вміння студентів критично розглядати і аналізувати існуючі і перспективні вітчизняні і зарубіжні технологічні схеми з виробництв мінеральних кислот, солей, неорганічних і супутніх продуктів, а також питань водопідготовки і водоочищення;
- вміння чітко виділяти завдання і обов'язки, що покладаються на фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» з хімічної технології та інженерії, а саме: здійснювати кваліфікований вибір раціонального (оптимального) режиму і оперативне його підтримання як в окремому хіміко-технологічному агрегаті, так і в технологічній лінії в цілому при виробництві неорганічної та суміжної продукції, при цьому, особливу увагу звертати на стан сировинної бази України.
- вміння аргументовано аналізувати позитивні сторони і недоліки технологічних процесів на основі науково-технічних маркетингових, менеджерських, екологічних і соціальних оцінок застосованих інженерних рішень з наробкою і реалізацією обґрунтованих пропозицій і рекомендацій в напрямку вдосконалення конкретних виробничих професій за фахом.

Комплексні фахові випробування здійснюються у вигляді письмового іспиту, тривалість якого 180 хвилин. До екзаменаційних білетів включено по три питання із фахових дисциплін, які охоплюють різнопланові теоретичні і практичні питання.

# ОСНОВНИЙ ВИКЛАД

## РОЗДІЛ I

### ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ СІРКИ ТА СІРКОВМІСНИХ СПОЛУК

Області застосування сірковмісних сполук в народному господарстві.

Хімічна галузь України і характеристика її складової частини – виробництва сірковмісних неорганічних сполук. Сульфатна кислота – "хліб" хімічної промисловості. Історичний аспект виробництва і застосування сірковмісних сполук.

Фізико-хімічні властивості сульфатної кислоти.

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

Фізико-хімічні властивості оксидів сірки.

Хімічні і фізико-хімічні властивості  $\text{SO}_2$  і  $\text{SO}_3$ . Оксиди сірки як окиснювачі і відновники. Полімеризація  $\text{SO}_2$ . Амідо- і імідосульфінкові кислоти. Одержання чистих  $\text{SO}_2$  і  $\text{SO}_3$  та їх застосування. Хлорсульфонова кислота.

Фізико-хімічні властивості сірки.

Фізико-хімічні властивості кристалічних енантіотропних модифікацій елементарної сірки. Діаграма топлення сірки. Залежність в'язкості сірки від температури. Полімерна сірка. Проміжні алотропні форми сірки. Одержання полімерної сірки з натрія тіосульфату.

Добування самородної сірки та її очищення.

Родовища самородної сірки в Україні і світі. Сингенетична та епігенетична сірка. Методи добування самородної сірки та їх критичний аналіз. Огляд технологій збагачення самородної сірки. Одержання газової сірки. Процеси Клауса і "Superclaus". Новітні розробки з технології одержання чистої сірки.

Природня сірковмісна сировина.

Гіпс, алуніти, сірчаний колчедан, галіт, каїніт, лангбейніт, шеніт, мірабіліт, бімофіт, сильвініт, піротин (магнітний колчедан), вуглистий колчедан, халькопірит та інші сульфідні руди - їх характеристика як природної сировини для одержання сульфатної кислоти і промислово-цінних сірковмісних сполук. Відповідні технології переробки.

Сірковмісні промислові відходи як сировина для одержання сірки, сульфатної кислоти та іншої продукції.

Травильна кислота, фосфогіпс, гідролізна кислота, агломераційні, топкові та інші  $\text{SO}_2$ -вмісні викидні гази, сірководень. Їхня фізико-хімічна характеристика. Масштаби таких відходів в Україні. Перспективні технології їх утилізаційної переробки.

Випалення твердої сірковмісної сировини.



Фізико-хімічні засади випалення піриту, вугільного колчедану, трюїліту, сульфідних мінералів. Склад випального газу. Кількість і склад недогарків.

Печі для випалення твердої сірковмісної сировини.

Головні недоліки механічних печей і печей . Теоретичні засади процесів в киплячому шарі (КШ). Швидкість процесів масо- і теплопередачі в КШ. Конструкції печей КШ і схема пічного відділення відповідних цехів. Прогресивні рішення проблеми подальшої інтенсифікації печей КШ (печі КШЦВ, ДКШМ, циклонні печі "Chemadex").

Недогарок випалення твердої сірковмісної сировини. Спалювання сірки і сірководню.

Обладнання для відбору і транспортування недогарку. Утилізація колчеданного недогарку. Печі для спалювання сірки. Підготовка сірки до спалювання. Здобування сірководню з промислових газів. Агрегати для спалювання  $H_2S$ .

Очищення промислових газів від пилу, туману, домішків.

Механічне, електричне очищення, режими, обладнання. Схеми і режими спеціального очищення промислових газів. Очищення випального газу без утворення туману. Новітні розробки з технології очищення промислових газів від пилу і туману.

Фізико-хімічні засади контактного окиснення оксиду сірки (IV).

Становлення контактного методу. Статика і динаміка окиснення  $SO_2$ . Принципи розрахунків з кінетики окиснення оксиду сірки (IV).

Каталізатори окиснення  $SO_2$ .

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  $SO_2$ .

Кінетичні і технологічні умови окиснення  $SO_2$  на ванадієвих каталізаторах. Визначення кількості контактної маси. Рівняння Борескова-Іванова-Буянова, Марса-Мейсена, Еклунда, Померанцева, Іваненко-Салтанової, Шимічека. Оптимальні економічні умови окиснення  $SO_2$ .

Окиснення  $SO_2$  в киплячому шарі каталізатора.

Гідродинамічні фактори і їх вплив на кінетику окиснення  $SO_2$  в КШ каталізатора. Порівняльний аналіз процесу окиснення оксиду сірки (IV) в нерухомому і киплячому шарах ванадієвих каталізаторів. Відображення процесу окиснення  $SO_2$  на діаграмі  $x-T$  при умові двошарового розміщення каталізатора.

Контактні апарати.

Конструкції контактних апаратів. Аналіз переваг і недоліків різних за конструкцією контактних апаратів. Контактне відділення сульфатноокислотного цеху. Схеми ПК-ПА. Напрямки удосконалення конструкції контактних апаратів (вітчизняні і зарубіжні нароби).

Сталість контактних апаратів.

Визначення сталості за Ляпуновим. Параметрична чутливість шарів каталізатора і контактного апарату. Рівняння параметричної чутливості і умови сталості контактного апарату.

Фізико-хімічні основи процесу абсорбції  $\text{SO}_3$ .

Теоретичні основи процесу абсорбції цільового інгредієнту газової суміші. Фізико-хімічні засади визначення оптимальних умов абсорбції  $\text{SO}_3$  з "контактного" газу. Розрахункові обґрунтування абсорбції  $\text{SO}_3$ . Використання над сульфатних кислот при одержанні продукційної сульфатної кислоти.

Абсорбційне відділення сульфатнокислотного цеху.

Обґрунтування технологічної схеми абсорбційного відділення. Конструкції основної апаратури абсорбційного відділення. Новітні розробки в напрямку удосконалення процесу абсорбції газів. Автоматизація абсорбційного відділення.

Одержання покращених і спеціальних сортів сульфатної кислоти.

Галузі промисловості, що вимагають застосування покращених сортів сульфатної кислоти. Обґрунтування схем одержання 65%-го олеуму, реактивної сульфатної кислоти, акумуляторної сульфатної кислоти, 100%-го  $\text{SO}_3$ .

Виробництво сульфатної кислоти за методом  $\text{CO}$  (сухого очищення).

Недоліки класичних схем виробництва сульфатної кислоти ("довгих схем"). Теоретичні засади процесу  $\text{CO}$ . Ефект ЗАПК (захоплення аерозолів працюючим каталізатором). Розрахункові обґрунтування процесу  $\text{CO}$ . Технологічна схема  $\text{CO-2}$ .

Альтернативні технології сульфатної кислоти.

Одержання сульфатної кислоти з гіпсу і фосфогіпсу, з топкових газів, з викидних газів металургійних виробництв, з відпрацьованих кислот, з сірководню. Техніко-економічний і екологічний аналізи цих технологій.

Енергозбереження у виробництві сульфатної кислоти.

Теплові процеси при виробництві сульфатної кислоти. Баланс енергії. Методи і обладнання для утилізації і перетворення енергії екзотермічних процесів у виробництві 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.

Стратегічні напрямки вдосконалення технології контактної сульфатної кислоти.

Підвищення одиничної потужності устаткування, застосування тиску, циркуляційні схеми. Аналіз цих напрямків на основі трьох принципів:



випереджуючого загального рішення, комплексної реалізації факторів інтенсифікації (принцип доповнення), принципу реальної перспективи.

Прогресивні нароби з вдосконалення технології сульфатної кислоти.

Циркуляційні схеми з застосування тиску і кисню. Циркуляційно-конденсаційні системи. Суміщений агрегат „ $\text{FeS}_2$  -  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ”. Нестационарний каталіз. Суміщення виробництва  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ . Струмінно-циркуляційний шар. Біотехнологічні методи.

Нітрозна сульфатна кислота.

Фізико-хімічні основи нітрозного процесу. Технологічна схема, режим і апаратура баштових систем. Недоліки сучасних схем. Внесок кафедри в вирішення проблеми вдосконалення технології нітрозної сульфатної кислоти. Напрямки подальшої модернізації цієї технології. Концентрування розбавлених сульфатних кислот.

Конструкційні матеріали у виробництві агресивних газуватих і рідинних неорганічних сполук: метали, сплави, хімічно стійкі неорганічні матеріали.

Корозія. Корозійна стійкість металів. Сталь, свинець, алюміній, сплави, мідь, титан. Хімічно стійкі неорганічні матеріали: кислототривкий цемент, кам'яне лиття, кераміка, емаль (палива).

Хімічно стійкі органічні матеріали.

Фаоліт, вініпласт, поліізобутилен, поліетилен, фторопласт, АТМ-1, гума, синтетичні каучуки, „полін”. Техніка безпеки у виробництві неорганічних речовин.

## РОЗДІЛ 2

### ТЕХНОЛОГІЯ НЕОРГАНІЧНИХ ТА СУМІЖНИХ СПОЛУК

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.

Області застосування фтористих сполук і їх властивості. Джерела отримання фтористих сполук і технологічні способи. Схема одержання безводного фториду водню і плавикової кислоти із флюориту. Одержання фториду-біфториду амонію із викидних фтористих газів.

Область використання засобів захисту рослин, зокрема, хлороксиду міді. Способи виробництва. Фізико-хімічні основи методу з використанням відходів мідного лому і природного вапняку. Вибір і обґрунтування технологічної схеми виробництва.

Класифікація і властивості металів. Типові хіміко-технологічні процеси в металургії. Виробництво глинозему із природних каолінів, нефелінів. Виробництво урану. Особливості збагачення уранвмісної сировини. Стадії виробництва уранового концентрату і металічного урану.

Номенклатура силікатних виробів. Сировина, яка використовується у виробництві силікатних матеріалів. Типові процеси технології силікатів. Технологічна схема виробництва портландцементу.

Області застосування, способи одержання бертолетової солі. Фізико-хімічні основи технології виробництва  $KClO_3$  з використанням вапняного молока. Вибір і обґрунтування технологічної схеми виробництва.

### РОЗДІЛ 3

#### ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗВ'ЯЗАНОВОГО АЗОТУ

Азот та його значення в природі та народному господарстві.

Сполуки азоту. Кругообіг азоту в природі. Методи фіксації азоту. Розвиток азотної промисловості в Україні та її перспективи.

Цикли охолодження повітря.

Технологія глибокого охолодження повітря. Холодильні цикли Лінде та Капіці. Термодинамічні діаграми. Визначення холодопродуктивності.

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. Апаратне оформлення схеми. Технологічні схеми одноступеневої конверсії метану. Апаратне оформлення схем. Технологія та технологічна схема високотемпературної конверсії.

Синтез аміаку.

Властивості аміаку. Значення аміаку в народному господарстві. 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.

Окислення оксиду азоту(II).

Механізм окислення. Рівновага. Кінетика. Вибір оптимальних параметрів окислення.

Абсорбція оксидів азоту водою.

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

Очищення викидного газу.

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

Схеми виробництва нітратної кислоти.

Класифікація схем. Технологічні схеми УКЛ, АК-72, АК-72М. Апаратне оформлення. Нові напрямки розвитку технології нітратної 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.

Література: 7.

## РОЗДІЛ 4

### ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ХІМІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВОДОПІДГОТОВКИ

Проблема загального раціонального використання водних ресурсів. Оборотної 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.