

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Хіміко-технологічний факультет

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан хіміко-технологічного
факультету

_____ І.М. Астрелін

(підпис)

“ 22 ” червня 2018 р.

_____ (підпис)

_____ (ініціали, прізвище)

“ ” 201 р.

**Хімічна технологія неорганічних речовин - 3.
Технологія зв'язаного азоту і хімічних добрив**

_____ (назва кредитного модуля)

**РОБОЧА ПРОГРАМА
кредитного модуля**

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія
(шифр і назва)

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

спеціалізація Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення
(назва)

форма навчання денна
(денна/заочна)

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

Протокол від 21 червня 2018 р. № 6

Голова методичної комісії

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

«21» червня 2018 р.

Київ – 2018

Робоча програма кредитного модуля Хімічна технологія неорганічних речовин - 3.
Технологія зв'язаного азоту і хімічних добрив

(назва кредитного модуля)

складена відповідно до програми навчальної дисципліни Хімічна технологія
неорганічних речовин

(назва навчальної дисципліни та код за ОП)

Розробник робочої програми:

Доцент, к.т.н. Концевой Андрій Леонідович

(підпис)

Робочу програму затверджено на засіданні кафедри
технології неорганічних речовин, водочищення
та загальної хімічної технології
Протокол від «13» червня 2018 року № 13

В/о завідувача кафедри

(підпис)

Н.М. Толстопалова
(ініціали, прізвище)

« 13» червня 2018 р.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018 рік

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 20__ рік

1. Опис кредитного модуля

Рівень ВО, спеціальність, освітня програма, форма навчання	Загальні показники	Характеристика кредитного модуля
Рівень ВО <i>перший(бакалаврський)</i>	Назва дисципліни <i>Хімічна технологія неорганічних речовин</i>	Лекції 36 год.
Спеціальність <i>161 Хімічні технології та інженерія</i>	Цикл <i>професійної підготовки</i>	Практичні 18 год.
Освітня програма <i>Хімічні технології та інженерія</i>	Статус кредитного модуля <i>вибірковий</i>	Лабораторні 18 год.
Спеціалізація <i>Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення</i>	Семестр 8	Самостійна робота 78 год., у тому числі на виконання індивідуального завдання _____ год.
		Індивідуальне завдання <i>(вид)</i>
Форма навчання <i>денна</i>	Кількість кредитів 5 (150 годин)	Вид та форма семестрового контролю <i>екзамен</i>

Кредитний модуль "Хімічна технологія неорганічних речовин – 3. Технологія зв'язаного азоту і хімічних добрив" є базисним для профілюючих дисциплін в навчальному плані підготовки фахівців професійного спрямування «Хімічні технології неорганічних речовин». Кредитний модуль займає важливе місце у формуванні світогляду сучасного фахівця з технології неорганічних речовин. Навчальний матеріал кредитного модулю базується на знаннях і вміннях, отриманих студентами при вивченні дисциплін загальної підготовки «Загальна та неорганічна хімія», «Процеси і апарати хімічних виробництв», «Загальна хімічна технологія», «Фізична хімія»; дисциплін професійної підготовки «Прикладна хімія», «Теоретичні основи технології неорганічних речовин». Кредитний модуль також сприяє підготовці студентів до виконання бакалаврського дипломного проекту і складання вступних екзаменів для подальшого навчання за ОНП або ОПП «Магістр» за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія, спеціалізації "Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення".

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ

2.1. Мета кредитного модуля.

Після засвоєння кредитного модуля студент має продемонструвати **здатність:**
 ФК1. Здатність продемонструвати знання і розуміння основних фактів, концепцій, принципів і теорій, що належать до хімічної технології та інженерії.
 ФК2. Здатність використовувати методи спостереження, опису, ідентифікації, класифікації об'єктів хімічної технології та промислової продукції.

ФК5. Здатність обробляти та інтерпретувати дані, що належать до хімічної технології та інженерії, співвідносити їх з відповідними теоріями.

ФК7. Здатність використовувати обчислювальну техніку та інформаційні технології для вирішення практичних завдань у галузі хімічної інженерії.

ФК11. Здатність оформлювати науково-дослідницьку та науково-технічну документацію, згідно з чинними вимогами.

2.2. Основні завдання кредитного модуля.

Студенти після засвоєння кредитного модуля «Хімічна технологія неорганічних речовин – 3. Технологія зв'язаного азоту і хімічних добрив» мають продемонструвати такі результати навчання:

ЗНАННЯ:

- хімічних та фізико-хімічних характеристик сировини і продуктів виробництва;
- фізико-хімічних основ розглянутих процесів;
- типових технологічних схем виробництва азоту, кисню, аміаку, азотної кислоти і хімічних добрив;
- конструкцій основного і допоміжного обладнання розглянутих процесів;
- принципів обґрунтування основних технологічних параметрів виробництв зв'язаного азоту і хімічних добрив;
- класифікації і асортименту сучасних мінеральних добрив;
- основних функцій живильних елементів;
- екологічних наслідків, пов'язаних як з нестачею, так і з надлишком від застосування мінеральних добрив;
- основних показників якості продукції, умов їх зберігання і транспортування;

УМІННЯ:

- обґрунтувати оптимальні і раціональні параметри технологічних режимів виробництв технології зв'язаного азоту і хімічних добрив;
- розрахувати рівноважний склад продуктів гомогенних і гетерогенних реакції;
- розрахувати матеріальні і енергетичні потоки (баланси);
- розрахувати габарити основного обладнання, вибрати стандартне обладнання;
- здійснити лабораторні дослідження хіміко-технологічних процесів та оцінити одержані результати;
- виконати хімічний аналіз сировини і продуктів хімічного перетворення при одержанні хімічних добрив і солей;

ДОСВІД: асоціативного використання професійно профільованих знань і умінь для аналізу особливостей і виконання окремих видів проектних розробок технологічних процесів та устаткування виробництв технології неорганічних речовин.

3. СТРУКТУРА КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні заняття	Лабораторні роботи	СРС
1	2	3	4	5	6
Розділ 1. Технологія зв'язаного азоту					
Тема 1. Методи фіксації атмосферного азоту	6	2	2		2
Тема 2. Виробництво азоту і кисню кріогенним методом	18	6	4		6
Контрольна робота 1 з тем 1 і 2					
Тема 3. Виробництво азотно-водневої суміші конверсійним методом	19	8	4		7
Контрольна робота 2 з теми 3	2,25	0,25			2
Тема 4. Синтез аміаку	14	5	2		6
Контрольна робота 3 з теми 4	2,25	0,25			2
Тема 5 Виробництво азотної кислоти	20	6	6		7
Тема 6 Виробництво метанолу	4	2			2
Контрольна робота з тем 5 і 6	2,25	0,25			2
Тема 7 Виробництво водню	4	2			2
Разом за розділом 1	91,75	31,75	18		38
Розділ 2. Технологія хімічних добрив					
Тема 8 Синтез азотних добрив	26	4		18	4
Контрольна робота 4 з тем 7 і 8	2,25	0,25			2
Разом за розділом 2	28,25	6,25		18	19
Екзамен	30				30
Всього	150	36	18	18	78

4. ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<p>Методи фіксації атмосферного азоту Роль азоту і його сполук у житті рослинного і тваринного світу. Властивості азоту, його застосування і сполуки. Історія і перспективи розвитку азотної промисловості. Методи фіксації атмосферного азоту. Реальні гази. Т – S діаграма і зображення на ній основних процесів. СРС: Валентність і ступінь окиснення азоту в його сполуках. Література: 1, 2</p>
2	<p>Виробництво азоту кріогенним методом Методи одержання низьких температур. Аміачна холодильна установка. Тепловий баланс випарника. СРС: Т – S діаграма для аміаку – інтервали температури і тиску рідини. Література: 1, 8</p>
3	<p>Цикли кріогенних установок Лінде і Капіці. Визначення частки зрідженого газу, холодопродуктивності і ККД циклу. СРС: Т – S діаграма для кисню, азоту і повітря – інтервали температури і тиску рідини. Література: 1, 2, 8</p>
4	<p>Розділення повітря. Типи установок для розділення повітря. Конструкції ректифікаційних колон і конденсатора. Технологічна схема розділення повітря. СРС: принципи побудови рівноважної і робочої ліній ректифікації повітря. Література: 1, 2, 8</p>
5	<p>Виробництво азотно-водневої суміші конверсійним методом Методи очищення природного газу від сполук сірки. Гідрування органічних сполук сірки. Адсорбційне очищення від сірководню. Каталізatori і адсорбенти. Конструкція реакторів. Методи конверсії природного газу. Обґрунтування двоступеневої конверсії природного газу. Конверсія природного газу парою СРС: Методика термодинамічного розрахунку парової конверсії метану. Література: 1, 2, 3, 7, 6д</p>
6	<p>Пароповітряна конверсія метану. Фізико-хімічні основи. Термодинаміка, каталізatori, кінетика. Технологічна схема і апарати двоступеневої конверсії природного газу СРС: парокисневоповітряна конверсія природного газу, область застосування і перспективи використання. Література: 1, 2, 3, 7, 6д Конверсія оксиду вуглецю (II) парою. Фізико-хімічні основи конверсії оксиду вуглецю (II) парою. Термодинаміка, каталізatori, кінетика. Технологія конверсії СРС: Радіальні і поличні конвертори оксиду вуглецю (II). Література: 1, 2, 3, 7, 2д</p>
7	<p>Очищення конвертованого газу від оксидів вуглецю. Технологія очистки газу оксиду вуглецю (IV) гарячим розчином поташу та моноетаноламіну. СРС: Порівняльний аналіз абсорбційних методів очистки від оксидів карбону. Очищення розчином метилдіетаноламіну. Література: 1, 2, 3, 7, 3д</p>
8	<p>Синтез аміаку Технологія тонкого очищення газу від оксидів вуглецю методом каталітичного гідрування (метанування). Термодинаміка, каталізatori, кінетика. Технологія очищення. Конструкція метанатора.</p>

	<p>Фізико-хімічні основи синтезу аміаку. Термодинаміка, каталізатори, кінетика синтезу. Конденсація аміаку: необхідність двох ступіней, вплив технологічних параметрів на ступінь конденсації.</p> <p>СРС: Технологічні схеми синтезу різної продуктивності</p> <p>Література: 1, 3, 8, 2д</p>
9	<p>Технологія синтезу аміаку. Вибір параметрів. Регламент синтезу аміаку. Конструкції колон синтезу. Організація температурного режиму. Розрахунок об'єму каталізатора</p> <p>СРС: Конструкції колон синтезу аміаку та їх порівняння.</p> <p>Література: 1, 3, 8, 2д, 4д</p>
10	<p>Допоміжне устаткування агрегатів синтезу аміаку. Виробництво водню мембранним розділенням продувального газу.</p> <p>СРС: огляд промислових мембран за даними мережі Інтернет.</p> <p>Література: 1, 3, 2д, 4д</p>
11	<p>Виробництво азотної кислоти</p> <p>Стадії виробництва азотної кислоти. Хімічна схема виробництва неконцентрованої азотної кислоти. Фізико-хімічні основи і технологія контактного окиснення аміаку.</p> <p>СРС: Особливості розрахунку процесу в зовнішньо-дифузійній області.</p> <p>Література: 1, 2, 6, 1д</p>
12	<p>Фізико-хімічні основи і технологія окиснення оксиду азоту (II). Особливості процесу, кінетичне рівняння. Обладнання. Технологія переробки оксидів азоту на неконцентровану азотну кислоту. Процеси і апарати, основні і допоміжні.</p> <p>СРС: Аналітичне інтегрування кінетичного рівняння Боденштейна.</p> <p>Література: 1, 2, 6, 1д</p>
13	<p>Технологія очищення викидних газів: високо- і низькотемпературна каталітична схема очищення. Технологічна схема виробництва азотної кислоти під єдиним тиском 0,73 МПа та комбінованої за тиском схеми АК-72. Устаткування схем. Конструкції контактної апарату, абсорбційної колони, реактора очищення викидних газів.</p> <p>СРС: використання енергії викидного газу: розрахунок потужності газової турбіни.</p> <p>Література: 1, 2, 6, 1д, 5д</p>
14	<p>Виробництво метанолу</p> <p>Технологія приготування синтез – газу для синтезу метанолу: паровуглекислотна конверсія метану. Реакції, термодинаміка, каталізатори, кінетика. Реакторна база. Фізико-хімічні основи синтезу метанолу. Термодинаміка, каталізатори, кінетика синтезу метанолу.</p> <p>Конструкція реакторів синтезу метанолу. Організація теплообміну. Технологічна схема під середнім тиском. Допоміжне устаткування синтезу метанолу.</p> <p>СРС: Порівняння режимів та економічних показників схем синтезу метанолу під високим і середнім тиском.</p> <p>Література: 1, 2</p>
15	<p>Виробництво водню</p> <p>Виробництво водню електролізом води. Теоретичні основи і конструкція електролізерів.</p> <p>СРС: методи зниження споживання електроенергії при електролізі.</p> <p>Література: 1, 8</p> <p>Парокіснева конверсія природного газу. Фізико-хімічні основи. Термодинаміка, каталізатори, кінетика. Технологічна схема і реактор одноступеневої конверсії природного газу</p> <p>СРС: термодинамічний аналіз виділення карбону при конверсії.</p>

	Література: 1, 7, 4д, 6д
16	<p>Високотемпературна некаталітична конверсія метану. Термодинаміка процесу. Вірогідність виділення карбону. Технологічна схема.</p> <p>СРС: термодинамічний аналіз виділення карбону при піролізі гомологів метану.</p> <p>Література: 1, 8, 4д</p> <p>Газифікація твердого палива. Термодинаміка процесу. Вірогідність виділення карбону. Технологічні схеми. Основна апаратура.</p> <p>СРС: термодинамічний аналіз виділення карбону при газифікації вугілля.</p> <p>Література: 1, 8, 4д</p>
17	<p>Синтез азотних добрив</p> <p>Фізико-хімічне обґрунтування апаратурного оформлення і технологічної схеми виробництва аміачної селітри. Злежуваність селітри і методи її усунення. Особливості зберігання і транспортування аміачної селітри. Особливості розрахунків матеріальних і теплових балансів цього виробництва.</p> <p>СРС: рішення екологічних проблем у виробництві селітри.</p> <p>Література: 1, 2, 5д</p>
18	<p>Фізико-хімічне обґрунтування апаратурного оформлення і технологічної схеми виробництва карбаміду. Стрипінг - процес. Основне обладнання. Особливості розрахунків матеріальних і теплових балансів цього виробництва. Вимоги до якості карбаміду, зберігання карбаміду.</p> <p>СРС: машини для стискання двооксиду вуглецю та аміаку.</p> <p>Література: 8, 5д</p>

5. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Основним завданням циклу практичних занять з кредитного модуля "Хімічна технологія неорганічних речовин – 2. Технологія зв'язаного азоту і хімічних добрив" є закріплення теоретичних знань, що набуті на лекціях та при самостійній роботі, для вирішення конкретних розрахунків. Для цього на практичних заняттях в режимі індивідуальної роботи (згідно варіанта, закріпленого за кожним студентом) послідовно виконуються розрахунки згідно нижченаведеної тематики.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<p>Вступне заняття</p> <p>Матеріальний і тепловий розрахунок спалювання природного газу. Термодинамічний розрахунок реакції азоту з киснем.</p> <p><i>Література:</i> виконується на базі отриманих знань і вмінь при вивченні попередніх дисциплін</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> завершення розрахунків</p>
2	<p>S-T діаграмами</p> <p>Розрахунки параметрів повітря, азоту і кисню за S-T діаграмами. Розрахунок аміачної холодильної установки.</p> <p><i>Література:</i> 1, 2, 10</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> Перевірочні розрахунки параметрів повітря, азоту і кисню за комп'ютерними S-T діаграмами</p>
3	<p>Криогенні технології</p> <p>Термодинамічні розрахунки циклів Лінде та Капіці. Матеріальний і конструктивний розрахунки нижньої колони розділення повітря.</p>

	<i>Література:</i> 1, 2, 10 <i>Завдання на СРС:</i> завершення розрахунків
4	Каталітичні методи виробництва водню Матеріальні і теплові розрахунки двоступеневої конверсії метану і оксиду карбону (II) парою. <i>Література:</i> 1, 7, 10 <i>Завдання на СРС:</i> завершення розрахунків
5	Абсорбційні методи очищення технологічного газу – варіант 1 Розрахунок очищення технологічного газу від двооксиду карбону гарячим розчином поташу. <i>Література:</i> 1, 7, 10, 3д <i>Завдання на СРС:</i> завершення розрахунків
	Абсорбційні методи очищення технологічного газу – варіант 2 Розрахунок очищення технологічного газу від двооксиду карбону розчином моноетаноламіну. <i>Література:</i> 1, 7, 10, 3д <i>Завдання на СРС:</i> завершення розрахунків
6	Синтез аміаку Розрахунок матеріального і теплового балансу синтезу аміаку. <i>Література:</i> 1, 2, 10, 2д <i>Завдання на СРС:</i> завершення розрахунків
7	Синтез неконцентрованої нітратної кислоти Матеріальний і тепловий розрахунок окиснення аміаку і оксиду азоту. <i>Література:</i> 1, 6, 10, 1д <i>Завдання на СРС:</i> завершення розрахунків
8	Синтез неконцентрованої нітратної кислоти Розрахунок кислотоутворення в холодильнику конденсаторі. <i>Література:</i> 1, 6, 10, 1д <i>Завдання на СРС:</i> завершення розрахунків
9	Екологічні аспекти синтезу нітратної кислоти Розрахунок низькотемпературного каталітичного очищення викидного газу від оксидів азоту <i>Література:</i> 1, 6, 10, 1д <i>Завдання на СРС:</i> завершення розрахунків

6. ЛАБОРАТОРНІ ЗАНЯТТЯ

Основні завдання циклу лабораторних занять націлені на те, щоб виконати хімічний аналіз сировини і продуктів хімічного перетворення при одержанні хімічних добрив і солей і здійснити лабораторні дослідження хіміко-технологічних процесів та оцінити одержані результати.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	Вступне заняття. Техніка безпеки. Особливості проведення лабораторних робіт з хімічної технології неорганічних речовин. Правила оформлення протоколів. Ревізія основних методів аналізу неорганічних речовин. <i>Література:</i> 9. <i>Завдання на СРС:</i> оформлення протоколів виконаної роботи і	1

	підготовка до наступного заняття	
2	Одержання хроматів окиснювальним випалювання хромітів <i>Література: 9.</i> <i>Завдання на СРС:</i> оформлення протоколів виконаної роботи і підготовка до наступного заняття	6
3	Отримання йодиду калію, як препарату, який входить до складу мікродобрив і сільськогосподарських префіксів <i>Література: 9.</i> <i>Завдання на СРС:</i> оформлення протоколів виконаної роботи і підготовка до наступного заняття	6
4	Отримання сульфату міді (мідного купоросу) - речовини для виробництва мікродобрив них сумішей. <i>Література: 9.</i> <i>Завдання на СРС:</i> оформлення протоколів виконаної роботи і підготовка до наступного заняття	5

7. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Основний перелік видів самостійної роботи студентів надано в розділах 4, 5 і 6 робочої навчальної програми	48
2	Підготовка і складання екзамену	30
	Всього	78

8. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Не передбачені робочим навчальним планом.

9. КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ

Метою контрольних робіт є ревізія і закріплення теоретичних знань, що набуті на лекціях, і закріплені на практичних заняттях та при самостійній роботі.

За робочим навчальним планом передбачено проведення одної МКР, які, з огляду на більш раціональну організацію контролю знань, розділено на чотири контрольні роботи тривалістю до 0,25 академічної година. Тематика і час проведення контрольних робіт визначено в розділі 4 даної програми. Методика проведення контрольних робіт – письмова відповідь по варіантах на ряд питань за відповідними темами. Формами контролю самостійної роботи студентів є також усне опитування на лекціях та практичних заняттях, перевірка виконання домашніх завдань. Контрольні питання формуються на підставі матеріалу Додатку А.

10. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Положення про рейтингову систему оцінювання знань студентів з кредитного модуля наведене у Додатку Б.

11. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Комплексне і системне вивчення кредитного модуля досягається взаємозв'язком лекцій, практичних занять та лабораторних робіт. Підвищенню рівня засвоєння матеріалу сприяє також виконання курсової роботи.

При викладанні дисципліни слід акцентувати увагу студентів на взаємозв'язок фізико-хімічних основ процесів з конструкцією реакторів і послідовністю їх розташування в технологічному ланцюгу. При цьому треба робити акцент на виборі конструкційних матеріалів для обладнання і устаткування технологічних схем виробництв неорганічних речовин з точки зору ефективного, безпечного і раціонального проведення технологічного процесу. В основу програми даної дисципліни покладено авторські підходи, рішення і лабораторне забезпечення, що напрацьовані на кафедрі ТНР та ЗХТ впродовж ряду років з урахуванням великої кількості підручників і посібників, що видано за останні роки. Лекційний матеріал є квінтесенцією досить широкої інформації про процес з термодинамічної, кінетичної і технологічної точок зору і викладається виключно в проблемному плані з акцентом на зв'язок теоретичних засад процесу з особливостями його реалізації на практиці. В разі пропуску практичного заняття з метою запобігання списування студент отримує індивідуальне завдання (розрахункова задача) з технології зв'язаного азоту.

12. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

12.1. Базова

1. Технологія зв'язаного азоту. Підручник/Л. Л.Товажнянський, О.Я Лобойко та ін. – Харків: НТУ “ХП”, 2007. - 536 с.
2. Методи розрахунків у технології неорганічних виробництв (т.1. Зв'язаний азот): Підручник /Лобойко О.Я., Товажнянський Л.Л., Слабун І.О. та ін. - Харків: НТУ “ХП”, 2001. - 512 с.
3. Янковський М.А. Технологія аміаку. Навчальний посібник / М.А. Янковський, І.М. Демиденко, Б.І. Мельников, О.Я. Лобойко, Г.М. Корона. Дніпропетровськ, УДХТУ, 2004.–300 с.
4. Производство аммиака / Под ред. В.П. Семенова. – М.:Химия, 1985. – 368 с.
5. Производство азотной кислоты в агрегатах большой единичной мощности/ Под ред. В.М. Олевского. - М.: Химия, 1985. - 300 с.
6. Технологія зв'язаного азоту і хімічних добрив: технологія і алгоритми розрахунків виробництва нітратної кислоти. Навч. посіб. для студ. спец. 161 Хімічні технології та інженерія / Уклад.: А.Л. Концевой. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 218 с.
7. Технологія зв'язаного азоту і хімічних добрив: технологія та алгоритми розрахунків виробництва технологічного газу. [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 данні (1 файл: 8,41 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 223 с.

8. Андреев Ф.А. Технология связанного азота / Ф.А. Андреев, С.И. Каргин, Л.И. Козлова - М.: Химия, 1974. – 464 с.
9. Методичні вказівки до проведення лабораторного практикуму з курсу «Хімічна технологія неорганічних речовин» /Укладачі І.М. Астрелін, Н.М. Манчук, Г.М. Прокоф'єва та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 1997. – 88 с.
10. Технологія зв'язаного азоту і хімічних добрив: Практикум. Курсова робота [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 данні (1 файл: 1,45 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 86 с.

12.2. Допоміжна

1. Производство азотной кислоты в агрегатах большой единичной мощности [Текст] / Под ред. В.М. Олевского. – М.: Химия, 1985. – 400 с.
2. Аммиак. Вопросы технологии. [Текст] учебное пособие /под общ. ред. Н.А. Янковского. Горловка. ОАО «Концерн Стирол». – 2001. – 497 с.
3. Очистка технологических газов [Текст] учебное пособие //Под ред. Т.А. Семеновой –/М.: Химия, 1977. – 488 с.
4. Жаворонков Н. М. Справочник азотчика: В 2 ч. / под ред. Н. М. Жаворонкова. - М.: Химия, 1986. – Ч. 1. – 512 с.
5. Жаворонков Н. М. Справочник азотчика: В 2 ч. / Под ред. Н. М. Жаворонкова. - М.: Химия, 1987.- Ч.2. – 464 с.
6. Вакк Э.Г. Производство технологического газа для производства аммиака, метанола, водорода и высших углеводов. Теоретические основы, технология, катализаторы, оборудование, системы управления. Учебное пособие / Э.Г. Вакк, Г.В.Шуклин, И.Л. Лейтес. – М., 2011 – 480 с.
7. Технологія фосфоровмісних добрив, кислот і солей. /І.М. Астрелін, Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, О.Я. ЛОБОЙКО та ін; за ред.. Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКОГО. – Харків: Видавництво «Підручник НТУ «ХПІ», 2011. – 288 с.

13. Інформаційні ресурси

Практично вся вищевказана література розміщена у формі файлів на сервері кафедри ТНР та ЗХТ на диску `srv\transit\kontsevoy\TSA`

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ЗНАТЬ**1. Методи фіксації атмосферного азоту**

Роль азоту і його сполук у житті рослинного і тваринного світу.

Властивості азоту, його застосування і сполуки. Історія і перспективи розвитку азотної промисловості. Методи фіксації атмосферного азоту. Валентність і ступінь окиснення азоту в його сполуках.

Література: 1, 6

2. Виробництво азоту і кисню кріогенним методом

Методи концентрування газових сумішей. Методи одержання низьких температур. S-T діаграми і зображення на них процесів стиснення ізотермічного, адіабатичного і неадіабатичного, випаровування, конденсації, дроселювання, детандування, охолодження, нагрівання. Компресійні і абсорбційні холодильні цикли – принцип дії, схема і зображення на діаграмі S-T, розрахунок холодопродуктивності. Цикли кріогенних установок високого тиску Лінде і низького тиску Капіці – принцип дії, схема і зображення на діаграмі S-T. Визначення холодопродуктивності, частки зрідженого газу і ккд циклу.

Розділення повітря. Схеми принципова і технологічна установки для розділення повітря. Обґрунтування різних значень тиску в нижній і верхній ректифікаційних колонах при розділенні повітря. Конструкції ректифікаційних колон і конденсатора.

Принципи побудови рівноважної і робочої ліній ректифікації повітря. Розрахунок тарілчастої ректифікаційної колони.

Література: 1, 2, 6

3. Виробництво азотно-водневої суміші конверсійним методом

Методи очищення природного газу від сполук сірки. Гідрування органічних сполук сірки. Адсорбційне очищення від сірководню. Каталізатори і адсорбенти. Технологічна схема. Конструкції реакторів.

Методи конверсії природного газу. Обґрунтування двоступеневої каталітичної конверсії природного газу. Конверсія природного газу парою. Термодинаміка, кінетика і каталізатори процесу. Пароповітряна конверсія метану. Фізико-хімічні основи. Термодинаміка, каталізатори, кінетика. Запобігання утворенню вуглецю. Технологічна схема і апарати двоступеневої конверсії природного газу. Конструкція реакційної труби. І шахтного конвертору. Компресорне обладнання.

Одноступеневі каталітичні конверсії метану: парокиснева, парокисневоповітряна, паровуглекислотна; область застосування і їх порівняння.

Література: 1, 2, 3, 4, 6, 3д, 5д

Конверсія оксиду вуглецю (II) парою. Фізико-хімічні основи конверсії оксиду вуглецю (II) парою. Термодинаміка, каталізатори СТК і НТК, кінетика. Технологічна схема двоступеневої конверсії. Елементи енерготехнології. Радіальні і поличні конвертори оксиду вуглецю (II), їх переваги і недоліки..

Література: 1, 2, 3, 4, 6, 3д, 5д

Очищення конвертованого газу від оксиду вуглецю (IV). Абсорбційні методи очищення технологічного газу від двооксиду вуглецю: переваги і недоліки. Фізична абсорбція: переваги і недоліки, розрахунок рушійної сили для прямого току і протитоку. Хімічна абсорбція: переваги і недоліки, розрахунок рушійної сили для прямого току і протитоку. Тарілчасті і насадкові абсорбери, переваги і недоліки. Ескізи конструкції. Технологія очищення газу від двооксиду вуглецю гарячим розчином поташу та моноетаноламіну, технологічні схеми очищення. Сучасний метод очищення активованим розчином метилдіетаноламіном. Порівняльний аналіз абсорбційних методів очищення від оксиду вуглецю (IV).

Література: 1, 2, 3, 4, 6, 1д, 2д, 5д

Технологія тонкого очищення газу від оксидів вуглецю методом каталітичного гідрування – необхідність, реакції. Термодинаміка, каталізатори, область протікання процесу, кінетика. Технологічна схема очищення, конструкція апарату. Графік залежності $X=f(T)$. Причини направлення газу на факельну установку («свічу»).

Література: 1, 3, 4, 2д, 3д, 5д

4. Синтез аміаку

Фізико-хімічні основи синтезу аміаку. Термодинаміка, каталізатори, кінетика синтезу. Конденсація аміаку: вплив технологічних параметрів на ступінь конденсації, необхідність двох ступіней. Вплив інертних газів на термодинаміку і кінетику синтезу. Вплив концентрації інертних газів на параметри процесу – витрати свіжого, продувного та циркуляційного газів. Принципова і технологічна схеми синтезу.

Конструкції колон синтезу. Воднева корозія та її попередження. Організація теплообміну (температурного режиму). Розрахунок об'єму каталізатора за об'ємною швидкістю.

Допоміжне устаткування агрегатів синтезу аміаку – конденсаційна колона і випарник, компресорне обладнання.

Література: 1, 3, 4, 6, 1д, 3д

5. Виробництво азотної кислоти

Хімічна схема виробництва неконцентрованої азотної кислоти. Технологія контактного окиснення аміаку. Вплив співвідношення кисень до аміаку на параметри конверсії. Фізико-хімічні основи - термодинаміка, каталізатори, кінетика. Технологія окиснення оксиду азоту (II). Термодинаміка, кінетика. Особливість кінетики окиснення оксиду азоту (II) з точки зору впливу температури. Взаємні перетворення оксидів азоту. Димерізація двооксиду азоту.

Технологія переробки оксидів азоту на неконцентровану азотну кислоту. Фізико-хімічні основи. Термодинаміка: частинна константа рівноваги. Швидкість абсорбції, ккд тарілки абсорбційної колони. Ступінь окисненості нітрозного газу. Розрахунок рівноважних тисків оксидів азоту над розчином азотної кислоти. Розрахунок робочих тисків оксидів азоту над розчином азотної кислоти. Визначення ступеня переробки оксидів азоту в азотну кислоту. Розрахунок витратних коефіцієнтів за брутто реакціями перетворення оксидів азоту в азотну кислоту.

Технологія очищення викидних газів: високо- і низькотемпературна каталітична схема очищення.

Технологічна схема виробництва азотної кислоти під єдиним тиском 0,73 МПа та схеми АК-72 комбінованого тиску. Конструкції контактної апарату, холодильника-конденсатору, абсорбційної колони, реакторів очищення викидних газів. Використання енергії нітрозного і викидного газів: котли-утилізатори, теплообмінники і газова турбіна.

Література: 1, 2, 5, 6, 4д

Технологія прямого синтезу концентрованої азотної кислоти. Стадії процесу прямого синтезу. Отримання рідких оксидів азоту. Фізико-хімічні основи окремих стадій - термодинаміка, кінетика. Колона синтезу, вибілювальна колона.

Література: 1, 4, 6

6. Виробництво метанолу

Фізико-хімічні основи синтезу метанолу. Термодинаміка, каталізатори, кінетика синтезу метанолу. Порівняння режимів та економічних показників схем синтезу метанолу під високим і середнім тиском. Вплив концентрації інертних газів на параметри процесу – витрати свіжого, продувного та циркуляційного газів. Конструкції колон синтезу метанолу. Організація теплообміну в реакторі. Технологічна схема під середнім тиском. Допоміжне устаткування синтезу метанолу.

Література: 1

7. Виробництво водню

Виробництво водню електролізом води. Теоретичні основи і конструкція електролізерів. Методи зниження споживання електроенергії при електролізі.

Література: 1, 6

Високотемпературна некаталітична конверсія природного газу. Термодинаміка процесу. Вірогідність виділення карбону. Технологічна схема.

Література: 1, 6, 3д

Газифікація твердого палива. Перспективність процесу для України. Реакції газифікації твердого палива, склад генераторного газу в залежності від його призначення і складу суміші окиснювачів. Способи компенсації ендотермічних ефектів при газифікації.

Література: 1, 6, 3д

8. 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.

Література: 1, 2, 4д

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.

Література: 1, 2, 4д

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

Література: 7

Рекомендована література

Основна

7. Технологія зв'язаного азоту. Підручник/Л. Л.Товажнянський, О.Я Лобойко та ін. – Харків: НТУ “ХП”, 2007. - 536 с.
8. Методи розрахунків у технології неорганічних виробництв (т.1. Зв'язаний азот): Підручник /Лобойко О.Я., Товажнянський Л.Л., Слабун І.О. та ін. - Харків: НТУ “ХП”, 2001. - 512 с.
9. Янковський М.А. Технологія аміаку. Навчальний посібник / М.А. Янковський, І.М. Демиденко, Б.І. Мельников, О.Я. Лобойко, Г.М. Корона. Дніпропетровськ, УДХТУ, 2004.–300 с.
10. Производство аммиака / Под ред. В.П. Семенова. – М.:Химия, 1985. – 368 с.
11. Производство азотной кислоты в агрегатах большой единичной мощности/ Под ред. В.М. Олевского. - М.: Химия, 1985. - 300 с.
- а. Андреев Ф.А. Технология связанного азота / Ф.А. Андреев, С.И. Каргин, Л.И. Козлова - М.: Химия, 1974. – 464 с.

Допоміжна

4. Аммиак. Вопросы технологии. [Текст] учебное пособие /под общ. ред. Н.А. Янковского. Горловка. ОАО «Концерн Стирол». – 2001. – 497 с.
5. Очистка технологических газов [Текст] учебное пособие //Под ред. Т.А. Семеновой –/М.: Химия, 1977. – 488 с.
3. Жаворонков Н. М. Справочник азотчика: В 2 ч. / под ред. Н. М. Жаворонкова. - М.: Химия, 1986. – Ч. 1. – 512 с.
4. Жаворонков Н. М. Справочник азотчика: В 2 ч. / Под ред. Н. М. Жаворонкова. - М.: Химия, 1987.- Ч.2. – 464 с.
5. Вакк Э.Г. Производство технологического газа для производства аммиака, метанола, водорода и высших углеводов. Теоретические основы, технология, катализаторы, оборудование, системы управления. Учебное пособие / Э.Г. Вакк, Г.В. Шуклин, И.Л. Лейтес. – М., 2011 – 480 с.

ПОЛОЖЕННЯ
про рейтингову систему оцінки успішності студентів

з кредитного модуля: *ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ НЕОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН-3. ТЕХНОЛОГІЯ ЗВ'ЯЗАНОГО АЗОТУ І ХІМІЧНИХ ДОБРИВ*

(код і назва)

для напрямку 6.051301 Хімічна технологія (161 Хімічні технології та інженерія) професійного спрямування – Хімічні технології неорганічних речовин

(шифр і назва)

факультету: хіміко-технологічного

кафедри: Технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань дисципліни згідно з робочим навчальним планом:

СЕМЕСТР / ШИФР КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ ЗА ОПП	Всього годин	Розподіл годин за видами занять						СРС	Кількість МКР	Вид інд. завд.	Семестрова атестація	
		Лекції	Практичні заняття	Семінари	Лабораторні роботи	Комп'ютерні й практикум	Всього					У тому числі на виконання індив.завд
8/2.2.11	150	36	18	–	36	–	78	1		екз		

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- 1) Виконання та захист завдань (розрахунків) на 9 практичних заняттях;
- 2) Виконання та захист 3 тематичних лабораторних робіт;
- 3) Аналітичні огляди з тем, що передано на самостійне вивчення;
- 4) Одна модульна контрольна робота;
- 5) Письмову відповідь під час екзамену.

Система рейтингових (вагових) балів (гк) та критерії оцінювання

1 Робота на практичних заняттях:

Ваговий бал – 3. Максимальна кількість балів на усіх практичних заняттях дорівнює: 3 балів × 9 = 27 балів.

Критерії оцінювання:

3 бали: безпомилкове виконання та оформлення завдання (розрахунку) *під час поточного заняття*;

2 бала: вірне в цілому рішення з незначними недоліками в оформленні, або похибками окремих елементів розрахунку, здача роботи під час наступного заняття;

1 бал: виконання вірного розрахунку після навідної допомоги викладача або проведення розрахунку зі значущими помилками, які підлягають виправленню; здача роботи під час наступного заняття;

0 балів: відсутність на занятті без поважних причин.

2 Робота під час лабораторних занять:

Ваговий бал – 3. Максимальна кількість балів на усіх лабораторних заняттях дорівнює:

3 бали × 3 = 9 балів.

Критерії оцінювання:

3 бали: безпомилкове виконання та оформлення завдання *під час виконання поточної лабораторної роботи;*

2 бали: вірне в цілому виконання з незначними недоліками в оформленні, або помилковим виконанням окремих елементів роботи, здача роботи під час наступного заняття;

1 бал: вірне виконання роботи після навідної допомоги викладача або проведення роботи зі значущими помилками, які підлягають виправленню; здача роботи під час наступного заняття;

0 балів: неучасть у виконанні лабораторної роботи або відсутність на занятті без поважних причин.

3 Аналітичний огляд з тем, що передано на самостійне вивчення або додаткова робота обчислювального характеру

Кількість завдань цього виду: 1.

Ваговий бал – 4.

Критерії оцінювання:

4 бали: повне розкриття теми без будь-яких зауважень при бездоганному оформленні огляду і при умові добровільного розширення рамок матеріалу, що викладено (поза межами завдання) при наявності елементів продуктивного (творчого) підходу до тематики;

3 бали: повне розкриття теми без зауважень або з незначними зауваженнями при бездоганному оформленні огляду;

2 бали: достатньо повне розкриття теми при наявності чисельних зауважень не принципового характеру при грамотному викладанні матеріалу і при достатньо охайному оформленні огляду;

1 бал: поверхневе розкриття теми без широкого залучення інформаційних джерел;

0 балів: робота не виконана або списана.

4 Модульна контрольна робота (МКР)

Ваговий бал – 10. Робота виконується в 2 етапи з рейтинговим балом кожного етапу, що дорівнює 5.

Критерії оцінювання МКР:

5 балів: безпомилкова відповідь на всі питання при наявності елементів продуктивного творчого підходу; демонстрація вміння впевненого застосування фундаментальних і фахових знань;

4 бали: недостатньо повна відповідь на всі питання або безпомилкова відповідь на 80% питань;

3 бали: безпомилкова відповідь на 50% питань або неповна відповідь на всі питання з двома – трьома досить суттєвими помилками;

2 бал: неповна відповідь на всі питання або безпомилкова відповідь не менше 30 % питань; наявність принципових помилок;

1 бал: неповна відповідь на частину питань; наявність принципових помилок;

0 балів: відсутність на занятті без поважних причин, списування (плагіат) під час контрольної або відмова від виконання контрольної роботи.

Штрафні бали (r_s) за :

- використання розрахункових або дослідних матеріалів інших студентів і подання їх за свої.....-5 балів;
 - регулярне порушення вимог техніки безпеки та/або правил пожежної безпеки під час виконання лабораторної роботи -5 балів;
 - одноразове порушення вимог техніки безпеки та/або правил пожежної безпеки під час лабораторної роботи, яке призвело до явної загрози життю або здоров'ю людей -5 балів;
 - самочинний ухід після виконання лабораторної роботи без дозволу викладача -2 бали;
 - відсутність на лабораторному або практичному занятті без поважних причин.....-3 балів;
 - запізнення (до 15 хв.) на заняття без поважних причин.....-1 бал;
 - запізнення (до 25 хв.) на заняття без поважних причин.....-2 бали.
- Сума штрафних балів (r_s) не повинна перевищувати, як правило $0,1R_c$ (себто 10 балів).

Розрахунок шкали семестрової рейтингової оцінки з кредитного модуля (R_c):

Сума вагових балів контрольних заходів (R_c) протягом семестру складає:

$$R_c = 27 + 9 + 4 + 10 = 50.$$

Екзаменаційна складова рейтингу: $R_e = 100 - R_c = 50$.

5 Письмова відповідь під час екзамену

Ваговий бал – 50. Екзаменаційний білет містить 4 запитання, письмова відповідь на кожне з яких оцінюється за наступною системою.

5 балів: повна і безпомилкова відповідь при наявності елементів продуктивного творчого підходу; демонстрація вміння впевненого застосування фундаментальних і фахових знань, бездоганне обґрунтування цієї відповіді з залученням літературних джерел;

4 бали: достатньо повна і взагалі вірна відповідь з 80% розкриттям питання, відповідь ґрунтується тільки на матеріалах конспекту;

3 бали: взагалі вірна але недостатньо повна відповідь на запитання зі значними помилками та зауваженнями принципового характеру, з 50% розкриттям питання з двома – трьома досить суттєвими помилками;

2 бали: неповна відповідь з 30 % розкриттям питання; наявність принципових помилок;

1 бал: неповна відповідь з 20 % розкриттям питання; наявність великої кількості суттєвих і принципових помилок;

0 балів: відсутність відповіді, відсутність на іспиті без поважних причин або відмова від участі в іспиті.

Сума балів на 4 запитання (максимум 20) - Σ . Екзаменаційна складова:

$$R_e = 50/20 \cdot \Sigma = 2,5 \cdot \Sigma.$$

Необхідними умовами допуску до екзамену є зарахування контрольної роботи, виконання всіх лабораторних і практичних занять.

Рейтингова оцінка з кредитного модуля $RD = R_c + R_e$. Для отримання студентом оцінки його рейтингова оцінка RD переводиться згідно з таблицею:

RD = R_c+ Re	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
RD < 60 або списування (плагіат) під час екзамену	Незадовільно
r _c < 20	Не допущений

Склав доц. Концевой А.Л. _____

Ухвалено на засіданні кафедри ТНР та ЗХТ
Протокол №13 від 13 червня 2018 р.

В.о. завідувача кафедри _____ доц. Толстопалова Н.М.