

## Структура і зміст опису кредитного модуля

### 5.2.11.02 Хімічна технологія неорганічних речовин – 2. Технологія зв'язаного азоту і хімічних добрив

Рівень кредитного модуля бакалаврський

Статус кредитного модуля Дисципліна вільного вибору

Лектор Концевой Андрій Леонідович, доцент

Інститут/факультет Хіміко-технологічний факультет

Кафедра технології неорганічних речовин та загальної хімічної технології

#### **I. Загальні відомості**

Кредитний модуль «Хімічна технологія неорганічних речовин – 2. Технологія зв'язаного азоту і хімічних добрив» належить до дисциплін вільного вибору в циклі Професійної та практичної діяльності навчального плану підготовки бакалаврів на напрямом 6.051301 – Хімічна технологія.

Кредитний модуль викладається згідно навчального плану підготовки бакалаврів і 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 нормативної частини ОПП 2.4 «Загальна та неорганічна хімія», 3.1.2 «Процеси і апарати хімічних виробництв», 3.1.3 «Загальна хімічна технологія», 3.1.9 «Фізична хімія»; дисциплін варіативної частини ОПП 2.06 «Прикладна хімія», 2.07 «Теоретичні основи технології неорганічних речовин», 2.12 «Технологічна практика». Кредитний модуль також сприяє підготовці студентів до виконання дипломного проекту ОКР «Бакалавр» і складання вступних екзаменів для подальшого навчання за ОКР «Магістр» і «Спеціаліст» за спеціальністю 8(7).05130101 «Хімічні технології неорганічних речовин».

На вивчення кредитного модулю відводиться 180 години або 6 кредитів ECTS.

## II. Розподіл навчального часу

Семестр	Всього (кредитів / годин)	Розподіл за видами занять (всього годин / годин у тижні)			СРС (годин)	Модульні контрольні роботи (кількість)	Індивідуальні завдання (вид)	Семестровий контроль (вид)
		Лекції	Практичні/ семінарські	Лабораторні/ комп'ютерні практикуми				
8	6/180	40	20	40	80	2	-	Диф. залік

## III. Результати навчання

Після засвоєння кредитного модуля студент має продемонструвати **здатність**: використовувати базові знання в області технології неорганічних речовин для освоєння дисциплін професійної та практичної підготовки (компетенція загальнонаукова КЗН-3 ОКХ бакалавра); мати базові уявлення про різноманітність об'єктів хімічної технології, промисловості, хімічної продукції (компетенція загально-професійна КЗП-1 ОКХ бакалавра); використовувати сучасні уявлення про принципи структурної організації та типові функції і механізми роботи технологічних об'єктів хімічних виробництв (компетенція загально-професійна КЗП-3 ОКХ бакалавра), використовувати базові уявлення про основні закономірності розвитку й сучасні досягнення в хімічних технологіях, розуміння ролі енергозбереження в сучасній техніці (компетенція загально-професійна КЗП-7 ОКХ бакалавра), а також **здатність** використовувати теоретичні знання й практичні навички для оволодіння основами теорії й методів хіміко-технологічних досліджень в технології *промислових газів* (компетенція спеціалізовано-професійна КСП-4 ОКХ бакалавра), в хімічній технології *зв'язаного азоту та азотної кислоти* (компетенція спеціалізовано-професійна КСП-5 ОКХ бакалавра), в хімічній технології виробництва *мінеральних добрив* (компетенція спеціалізовано-професійна КСП-8 ОКХ бакалавра).

### 2.2. Основні завдання кредитного модуля.

Студенти після засвоєння кредитного модуля «Хімічна технологія неорганічних речовин – 2. 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.

#### **IV. Зміст кредитного модуля**

### **ТЕХНОЛОГІЯ ЗВ'ЯЗАНОВОГО АЗОТУ**

#### **Методи фіксації атмосферного азоту**

Роль азоту і його сполук у житті рослинного і тваринного світу. Властивості азоту (нітрогену), його застосування і сполуки. Історія і перспективи розвитку азотної промисловості. Методи фіксації атмосферного азоту.

#### **Виробництво азоту кріогенним методом**

Реальні гази. Т – S діаграма і зображення на ній основних процесів. Методи одержання низьких температур. Ам'ячна холодильна установка. Тепловий баланс випарника. Цикли кріогенних установок Лінде і Капіці. Визначення частки зрідженого газу, холодопродуктивності і ККД циклу. Розділення повітря. Типи установок для розділення повітря. Конструкції ректифікаційних колон і конденсатора. Технологічна схема розділення повітря.

## **Виробництво азотно-водневої суміші конверсійним методом**

Методи очищення природного газу від сполук сірки. Гідрування органічних сполук сірки. Адсорбційне очищення від сірководню. Каталізатори і адсорбенти. Конструкція реакторів. Методи конверсії природного газу. Обґрунтування двоступеневої конверсії природного газу. Конверсія природного газу парою. Пароповітряна конверсія метану. Фізико-хімічні основи. Термодинаміка, каталізатори, кінетика. Технологічна схема і апарати двоступеневої конверсії природного газу. Парокиснева, парокисневоповітряна, паровуглекислотна конверсії метану, область застосування і їх порівняння.

Конверсія оксиду вуглецю (II) парою. Фізико-хімічні основи конверсії оксиду вуглецю (II) парою. Термодинаміка, каталізатори, кінетика. Технологія конверсії: Радіальні і поличні конвертори оксиду вуглецю (II).

Очищення конвертованого газу від оксидів вуглецю. Технологія очистки газу від оксиду вуглецю (IV) розчином гарячого поташу та моноетаноламіну. Порівняльний аналіз абсорбційних методів очистки від оксидів карбону. Технологія очищення газу від оксидів вуглецю методом каталітичного гідрування (метанування). Термодинаміка, каталізатори, кінетика. Технологія очищення. Конструкція метанатора. Особливості розрахунку процесу в зовнішньо-дифузійній області.

### **Синтез аміаку**

Фізико-хімічні основи синтезу аміаку. Термодинаміка, каталізатори, кінетика синтезу. Конденсація аміаку: необхідність двох ступіней, вплив технологічних параметрів на ступінь конденсації. Технологія синтезу аміаку. Вибір параметрів. Регламент синтезу аміаку. Технологічні схеми синтезу різної продуктивності. Конструкції колон синтезу. Організація температурного режиму. Розрахунок об'єму каталізатора. Конструкції колон синтезу аміаку та їх порівняння. Допоміжне устаткування агрегатів синтезу аміаку. Виробництво водню мембранним розділенням продувального газу.

### **Виробництво азотної (нітратної) кислоти**

Стадії виробництва азотної кислоти. Хімічна схема виробництва неконцентрованої азотної кислоти. Фізико-хімічні основи і технологія контактного окиснення аміаку. Каталізатори конверсії аміаку: склад і методи виготовлення. 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. 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. Технологія концентрованої азотної кислоти

Отримання рідких оксидів азоту. Колона синтезу. Технологічна схема. Перспективи і напрями розвитку виробництва азотної кислоти.

#### **Синтез метанолу**

Конструкція реакторів синтезу метанолу. Організація теплообміну. Технологічна схема під середнім тиском. Допоміжне устаткування синтезу метанолу.

#### **Виробництво водню**

Виробництво водню електролізом води. Теоретичні основи і конструкція електролізерів.

Високотемпературна некаталітична конверсія метану. Термодинаміка процесу. Вірогідність виділення карбону. Технологічна схема.

Газифікація твердого палива. Термодинаміка процесу. Вірогідність виділення карбону. Технологічні схеми. Основна апаратура.

### **ТЕХНОЛОГІЯ ХІМІЧНИХ ДОБРІВ**

#### **Синтез азотних добрив**

Фізико-хімічне обґрунтування апаратурного оформлення і технологічної схеми виробництва аміачної (амонійної) селітри. Злежуваність селітри і методи її усунення. Особливості зберігання і транспортування аміачної селітри. Особливості розрахунків матеріальних і теплових балансів цього виробництва. 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. Фізико-хімічне обґрунтування апаратурного оформлення і технологічної схеми виробництва аміачної води. Основне обладнання. Особливості розрахунків матеріальних і теплових балансів цього виробництва.

#### **V. Методи навчання та інформаційно-методичне забезпечення**

Рекомендована література (місце знаходження НТБ):

##### **Основна**

1. Технологія зв'язаного азоту. Підручник/Л. Л.Товажнянський, О.Я. Лобойко та ін. – Харків: НТУ “ХПІ”, 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 “ХПІ”, 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. Астрелін І.М. Методичні вказівки до вивчення дисципліни "Хімічна технологія неорганічних речовин", виконання лабораторного практикуму, практичних, контрольних робіт та курсових проектів (робіт). / І.М. Астрелін, Ю.В. Князєв, Н.М. Манчук та ін. - К.: НТУУ "КПІ", 1998. - 58 с.
7. Андреев Ф.А. Технология связанного азота. / Ф.А. Андреев, С.И. Каргин, Л.И. Козлова - М.: Химия, 1974. – 464 с.
8. 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.

### **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.

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

Індивідуальне консультування проводиться особисто лектором і за встановленим перед семестром графіком.

### **VI. Мова**

Мова викладання – українська.

### **VII. Характеристика індивідуальних завдань**

Індивідуального завдання немає – його замінює виконання курсової роботи (окремий кредитний модуль).

## **VIII. Методика оцінювання**

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

- 1) Виконання та захист завдань (розрахунків) на 10 практичних заняттях;
- 2) Виконання та захист 5 тематичних лабораторних робіт;
- 3) Аналітичні огляди з тем, що передано на самостійне вивчення;
- 4) Дві модульні контрольні роботи;
- 5) Письмову відповідь під час залікового заняття.

### **Система рейтингових (вагових) балів ( $r_k$ ) та критерії оцінювання**

#### **1 Робота на практичних заняттях:**

Ваговий бал – 5. Максимальна кількість балів на усіх практичних заняттях дорівнює:  $5 \text{ балів} \times 10 = 50 \text{ балів}$ .

#### ***Критерії оцінювання:***

5 балів: безпомилкове виконання та оформлення завдання (розрахунку) *під час поточного заняття*;

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

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

2 бали: неповне виконання завдання викладача або проведення розрахунку з грубими помилками, що підлягають не виправленню, а переробки завдання;

1 бал: виконання завдання викладача з помилками принципового характеру;

0 балів: відсутність на занятті без поважних причин.

#### **2 Робота під час лабораторних занять:**

Ваговий бал – 4. Максимальна кількість балів на усіх лабораторних заняттях дорівнює:  $4 \text{ бали} \times 5 = 20 \text{ балів}$ .

#### ***Критерії оцінювання:***

6 балів: безпомилкове виконання та оформлення завдання *під час виконання поточної лабораторної роботи*;

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

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

3 бали: неповне або несамотійне виконання завдання викладача або проведення роботи з грубими помилками, що підлягають не виправленню, а переробки завдання;

2 бали: виконання завдання викладача з помилками принципового характеру;

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

### **3 Аналітичний огляд з тем, що передано на самотійне вивчення або додаткова робота обчислювального характеру**

Кількість завдань цього виду: 1. Ваговий бал – 5.

#### ***Критерії оцінювання:***

5 балів: 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;

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

3 бали: достатньо повне розкриття теми при наявності чисельних зауважень непринципового характеру при грамотному викладанні матеріалу і при достатньо охайному оформленні огляду;

2 бали: відносно повне розкриття теми при наявності помилок і зауважень щодо грамотності і охайності оформлення огляду;

1 бал: недостатнє або дуже слабке розкриття теми з великою кількістю помилок і зауважень принципового характеру при неграмотному і неохайному оформленні огляду;

0 балів: робота не виконана або списана.

### **4 Модульні контрольні роботи (МКР)**

Ваговий бал – 25. Робота виконується в 5 етапів 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 рейтингової оцінки з кредитного модуля (RD):**

Сума вагових балів контрольних заходів ( $R_c$ ) протягом семестру складає:  $R_c = \sum_k r_k = 50 + 20 + 5 + 25 = 100$

**Необхідними умовами отримання заліку є зарахування контрольних робіт, виконання всіх лабораторних і практичних занять.**

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його рейтингова оцінка **RD** переводиться згідно з таблицею

<b>RD = <math>R_c</math></b>	<b>Оцінка ECTS</b>	<b>Традиційна оцінка</b>
100...95	A - відмінно	Відмінно
94...85	B – дуже добре	Добре
84...75	C - добре	Добре
74...65	D - задовільно	Задовільно
64...60	E – достатньо (задовольняє мінімальні критерії)	Задовільно
RD < 60 або списування (плагіат) під час іспиту	Fx незадовільно	Незадовільно
$r_s < 25$	F – незадовільно (потрібна додаткова робота)	Не допущений

Якщо семестровий рейтинг студента дорівнює 60 балам і більше, він має право на отримання заліку «автоматом» (безпосередньо за результатами роботи в семестрі) згідно вище наведеної таблиці. Якщо студент бажає підвищити оцінку, він виконує залікову контрольну роботу. Розмір шкали оцінювання залікової контрольної роботи дорівнює  $r_{кр} = 100$ .

#### **Критерії залікової контрольної роботи:**

Білет містить 4 питання, письмова відповідь на кожне з яких оцінюється за наступною системою:

5 балів: повна і безпомилкова відповідь при наявності елементів продуктивного творчого підходу; демонстрація вміння впевнено 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 питання 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) -  $\sum$ . Заліковва складова:  
 $Re = 100/20 \cdot \sum = 5 \cdot \sum$ .

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його рейтингова оцінка **RD** переводиться згідно з вищенаведеною таблицею:

#### **IX. Організація**

Регістрації на вивчення кредитного модуля не передбачено.