

# Інститут хімії та хімічних технологій

*Освітня програма (спеціалізація):*

## **Хімічні технології органічних речовин**

(код G1/1102)

*Спеціальність:*

## **Хімічні технології та інженерія**

(код G1)

*Галузь знань:*

## **Інженерія, виробництво та будівництво**

(код G)

### **Перелік дисциплін**

**для вступу на навчання за освітньою програмою підготовки магістр**

- **Основи проектування хімічних виробництв (Ч. 1)**
- **Теорія хімічних процесів органічного синтезу**
- **Технологічне обладнання виробництв органічного синтезу**
- **Хімія і технологія органічних речовин**

## **Дисципліна: Основи проектування хімічних виробництв (Ч. 1)**

---

### **Розділ 1. Основи технологічного проектування**

- § 1. Загальні поняття
- § 2. Передпроектна розробка
- § 3. Проектно-кошторисна документація
- § 4. Створення та оцінка надійності технологічної схеми
- § 5. Компонування обладнання
- § 6. Погодження та затвердження проекту, авторський нагляд
- § 7. Технологічний регламент

### **Розділ 2. Хіміко-технологічні системи**

- § 1. Мета створення хіміко-технологічних систем
- § 2. Особливості технології органічного синтезу
- § 3. Принципи створення безвідходних і маловідходних виробництв
- § 4. Виробництво як система
- § 5. Властивості та основні етапи створення хіміко-технологічних систем
- § 6. Типи технологічних зв'язків
- § 7. Особливості безперервних і періодичних процесів

### **Розділ 3. Матеріальні баланси хіміко-технологічних процесів**

- § 1. Поняття матеріального балансу
- § 2. Вихідні дані для розрахунку матеріальних балансів
- § 3. Принципи складання матеріальних балансів технологічних процесів

### **Розділ 4. Теплові баланси хіміко-технологічних процесів**

- § 1. Поняття теплового балансу
- § 2. Принципи розрахунку теплових балансів
- § 3. Теплоносії та холодоагенти
- § 4. Поняття ексергетичного балансу

### **Розділ 5. Елементи системного аналізу в технології органічного синтезу**

- § 1. Застосування системного аналізу під час створення хіміко-технологічних систем
- § 2. Критерії оптимізації хіміко-технологічних систем
- § 3. Вплив технологічних параметрів на економічні показники процесу

### **Література**

1. *Мельник С.Р.* Проектування та розрахунок технологічних процесів органічного синтезу : навч. посіб. / С.Р. Мельник, Ю.Р. Мельник, З.Г. Піх. – Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2005. – 448 с.
2. *Солтис М.М.* Теоретичні основи процесів хімічної технології / М.М. Солтис, В.П. Закардонський. – Львів : Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2003. – 430 с.

## **Дисципліна: Теорія хімічних процесів органічного синтезу**

---

### **Розділ 1. Стехіометричний аналіз і розрахунок матеріального балансу хімічних реакцій**

- § 1. Матеріальний баланс простих хімічних реакцій
- § 2. Матеріальний баланс складних хімічних реакцій
- § 3. Безрозмірні характеристики матеріального балансу реакцій

### **Розділ 2. Побудова кінетичних моделей хімічних реакцій**

- § 1. Основні поняття хімічної кінетики
- § 2. Кінетична модель хімічної реакції

- § 3. Побудова кінетичних моделей зі схеми реакції
- § 4. Побудова кінетичних моделей реакцій, які відбуваються за участю стабільних речовин
- § 5. Побудова кінетичних моделей багатостадійних реакцій, які відбуваються за участю інтермедіатів

§ 6. Теорія стаціонарних реакцій

§ 7. Метод маршрутів реакцій

### **Розділ 3. Побудова кінетичних моделей реакцій на основі експериментальних даних**

§ 1. Експериментальні установки для дослідження закономірностей хімічних реакцій

§ 2. Встановлення відтворюваності роботи установки

§ 3. Вибір умов проведення кінетичних дослідів. Експериментальні серії

### **Розділ 4. Математична обробка кінетичних експериментів. Обчислення параметрів кінетичних моделей**

§ 1. Інтегральний метод аналізу кінетичних кривих

§ 2. Диференціальний метод аналізу кінетичних кривих

§ 3. Обробка кінетичних даних і обчислення параметрів моделей

§ 4. Дослідження і обробка даних для гомогенних каталітичних реакцій

### **Розділ 5. Використання математичних моделей хімічних реакцій для вибору оптимальних умов їх проведення**

§ 1. Аналіз математичних моделей при виборі умов проведення простих хімічних реакцій

§ 2. Аналіз математичних моделей при виборі умов проведення складних реакцій

§ 3. Послідовне і паралельне сполучення реакторів

### **Література**

1. Піх З.Г. Теорія хімічних процесів органічного синтезу : підруч. / З.Г. Піх. – Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2002. – 396 с.
2. Піх З.Г. Теорія хімічних процесів органічного синтезу (Електронний ресурс) : навч. посіб. / З.Г. Піх; НУ «Львівська політехніка». – Львів, 2011. – Режим доступу : <http://vns.lp.edu.ua/moodle/course/view.php?id=9379>.

## **Дисципліна: Технологічне обладнання виробництв органічного синтезу**

---

### **Розділ 1. Вступ**

§ 1. Специфіка обладнання виробництв органічного синтезу

### **Розділ 2. Конструкційна розробка технологічного устаткування**

§ 1. Типове технологічне обладнання

§ 2. Конструювання нестандартного обладнання

§ 3. Масштабування обладнання

§ 4. Обґрунтування потужності та режиму роботи обладнання

### **Розділ 3. Матеріали для виготовлення та захисту обладнання**

§ 1. Вимоги до матеріалів і критерії їх вибору

§ 2. Металічні матеріали

§ 3. Неметалічні матеріали

§ 4. Захисні покриття

### **Розділ 4. Теплова ізоляція апаратів і трубопроводів**

§ 1. Теплоізоляційні матеріали, їх класифікація. Конструкція теплової ізоляції

§ 2. Послідовність розрахунку теплової ізоляції

### **Розділ 5. Конструкційні особливості технологічного обладнання**

§ 1. Конструкційні елементи апаратів

§ 2. Обичайки, днища, секції

§ 3. Теплообмінні пристрої

§ 4. Пристрої для перемішування середовищ

§ 5. Штуцери

### **Розділ 6. Трубопроводи**

- § 1. Призначення, класифікація і прокладання трубопроводів
- § 2. Розрахунок трубопроводів виробництв органічного синтезу

### **Розділ 7. Реакційні апарати виробництв органічного синтезу**

- § 1. Задачі проектування реакційного вузла
- § 2. Температурний режим роботи реактора
- § 3. Вимоги до хімічних реакторів
- § 4. Класифікація та застосування реакторів
- § 5. Принципи конструювання реакційних апаратів
- § 6. Характеристика основних типів реакційних апаратів

### **Розділ 8. Реактори для процесів у газовій фазі на твердому каталізаторі**

- § 1. Реактори з нерухомим шаром каталізатора
- § 2. Реактори з рухомим каталізатором

### **Розділ 9. Реактори для процесів у газовій фазі з використанням рідких каталізаторів**

- § 1. Реакційні апарати барботажного типу
- § 2. Реактори типу ерліфт
- § 3. Реактори пінного типу
- § 4. Реактори з механічним розпиленням рідини

### **Розділ 10. Реактори для процесів у рідкій фазі**

- § 1. Реактори з мішалками
- § 2. Реакційні апарати проточного типу

### **Розділ 11. Реактори для процесів у газовій фазі**

- § 1. Реактори для процесів у газовій фазі
- § 2. Трубчасті печі

### **Розділ 12. Допоміжне обладнання виробництв органічного синтезу**

- § 1. Колонні апарати
- § 2. Теплообмінні апарати
- § 3. Ємності
- § 4. Машинне устаткування

### **Розділ 13. Технологічний розрахунок обладнання виробництв органічного синтезу**

- § 1. Визначення технологічних розмірів апаратів за даними діючих установок
- § 2. Принципи розрахунку печей піролізу
- § 3. Механічний розрахунок апарата

### **Література**

1. Мельник С.Р. Проектування та розрахунок технологічних процесів органічного синтезу : навч. посіб. / С.Р. Мельник, Ю.Р. Мельник, З.Г. Піх. – Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2005. – 448 с.
2. Рейхсфельд В.О. Реакционная аппаратура и машины заводов основного органического синтеза и синтетического каучука / В.О. Рейхсфельд, В.С. Шеин, В.И. Ермаков. – Л. : Химия, 1985. – 264 с.
3. Гутник С.П. Примеры и задачи по технологии органического синтеза / С.П. Гутник, Г.Л. Кадоркина, В.Е. Сосонко. – М. : Химия, 1984. – 192 с.

## **Дисципліна: Хімія і технологія органічних речовин**

---

### **Розділ 1. Характеристики продуктів промисловості органічного синтезу.**

- § 1. Спеціалізація
- § 2. Перспективи розвитку технології органічного синтезу

### **Розділ 2. Застосування парафінових вуглеводнів в органічному синтезі.**

- § 1. Нижчі і вищі парафіни, їхні фізико-хімічні властивості
- § 2. Природні ресурси парафінових вуглеводнів
- § 3. Методи виділення нижчих парафінів із природних і побіжних газів
- § 4. Каталітична ізомеризація n-парафінів C4-C5

§ 5. М'які і тверді парафіни лінійної будови, методи їхнього виділення з фракцій нафти.  
Порівняння методів

§ 6. Вимоги до чистоти різноманітних парафінових вуглеводнів, які використовуються як сировина органічного синтезу

### **Розділ 3. Застосування олефінів в органічному синтезі.**

§ 1. Фізико-хімічні властивості нижчих олефінів

§ 2. Структура споживання олефінів C2 і C3

§ 3. Теоретичні основи крекінгу і піролізу вуглеводнів

§ 4. Вільнорадикальний характер і ланцюговий механізм реакцій термічного розкладу вуглеводнів

§ 5. Залежність виходу і складу продуктів термічного розкладу вуглеводнів від природи сировини, температури і часу контакту

### **Розділ 4. Технологія процесів крекінгу і піролізу.**

§ 1. Піроліз газоподібної та рідкої вуглеводневої сировини

§ 2. Способи піролізу. Режими піролізу та вибір умов його проведення

§ 3. Технологічна схема піролізної установки. Баланс піролізу етану і бензину

§ 4. Технологічне оформлення процесу каталітичного крекінгу

§ 5. Виділення і концентрування олефінів з газів крекінгу і піролізу

§ 6. Технологічна схема процесу

§ 7. Тенденції розвитку процесу поділу газів піролізу

### **Розділ 5. Асортимент ароматичних вуглеводнів – сировини для виробництв органічного синтезу.**

§ 1. Джерела ароматичної сировини

§ 2. Структура споживання і структура виробництва бензолу

§ 3. Коксування вугілля

§ 4. Хімічні перетворення сировини при каталітичному риформінгу

§ 5. Технологічне оформлення процесу каталітичного риформінгу

§ 6. Гідродеалкілювання алкілароматичних вуглеводнів з одержанням бензолу і нафталіну

§ 7. Одержання ароматичних вуглеводнів методами каталітичної ізомеризації, диспропорціонування і трансалкілювання

### **Розділ 6. Використання ацетилену в органічному синтезі.**

§ 1. Одержання ацетилену з карбїду кальцію

§ 2. Очищення карбїдного ацетилену від домішок

§ 3. Одержання ацетилену піролізом вуглеводневої сировини. Електрокрекінг, окисний піроліз, регенеративний піроліз, піроліз у плазмі

§ 4. Виділення ацетилену з газів піролізу

§ 5. Порівняння техніко-економічних показників різноманітних методів виробництва ацетилену

### **Розділ 7. Хімічне використання синтез-газу і окису вуглецю.**

§ 1. Методи промислового одержання синтез-газу

§ 2. Окисна конверсія вуглеводнів, її наукові основи і технологічна схема

§ 3. Засоби очищення синтез-газу і регулювання його складу

§ 4. Одержання синтез-газу з вугілля, основи теорії і технології цього процесу, його перспективи

§ 5. Одержання концентрованого окису вуглецю

§ 6. Техніко-економічне порівняння засобів виробництва синтез-газу

### **Розділ 8. Процеси галогенування.**

§ 1. Області використання галогенвмістних продуктів органічного синтезу

§ 2. Загальна характеристика процесів галогенування. Галогенуючі агенти

§ 3. Радикально-ланцюгове хлорування, його наукові основи

§ 4. Технологія рідкофазного і газофазного радикально-ланцюгового хлорування. Продукти, які одержують цими методами

§ 5. Іонно-каталітичне галогенування. Приєднання галогенів по ненасичених зв'язках, його

наукові основи, технологія

§ 6. Реакція хлоргідрування

§ 7. Галогенування алкенів і алкінів, наукові основи і технологія

§ 8. Галогенування ароматичних сполук в ядро, його наукові основи і технологія. Продукти

§ 9. Реакції розщеплення хлор заміщених і окислювальне хлорування. Поєднання цих реакцій з хлоруванням. Технологія процесу. Продукти

§ 10. Процеси фторування вищими фторидами металів, фтором, фтористим воднем та його солями. Наукові основи реакцій. Технологія і продукти

§ 11. Процеси розщеплення хлорпохідних, суміщені та комбіновані процеси на їх основі.

Продукти отримані цим методом

§ 12. Способи утилізації хлорорганічних відходів

§ 13. Реакція оксихлорування, каталізатори, механізми і способи проведення реакції.

Збалансований по хлору метод синтезу хлористого вінілу

### **Розділ 9. Процеси гідролізу, гідратації, етерифікації та амідування.**

§ 1. Значення та класифікація процесів гідролізу гідратації, етерифікації і амідування

§ 2. Гідроліз і дегідрохлорування хлорпохідних. Виробництво спиртів і фенолів

§ 3. Процеси гідратації і дегідратації, їх наукові основи і селективність, гідратація олефінів

§ 4. Технологія прямої і сірчаноокислої гідратації

§ 5. Гідратація ацетилену

§ 6. Дегідратація спиртів

§ 7. Процеси етерифікації. Наукові основи і продукти. Типи реакторів. Технологія процесів

§ 8. Етерифікація спиртами і олефінами

§ 9. Гідратація, гідроліз і етерифікація нітрilів. Виробництво метилметакрилату

§ 10. Синтез і перетворення азотпохідних кислот

### **Розділ 10. Процеси алкілювання.**

§ 1. Загальна характеристика реакції алкілювання. Алкілюючі агенти

§ 2. Алкілювання по атому вуглецю

§ 3. Наукові основи і технологія алкілювання ароматичних сполук, продукти

§ 4. Алкілювання ізопарафінів

§ 5. S-алкілювання, його наукові основи і технологія, продукти

§ 6. Реакції O- і N-алкілювання, їх наукові основи, технологія, продукти

§ 7. Оксидалкілювання і синтези із алкенілоксидів, їх наукові основи і технологія, продукти

§ 8. Вінілювання. Його наукові основи і технологія, продукти

### **Розділ 11. Процеси окислення.**

§ 1. Значення і класифікація процесів окислення

§ 2. Окислювальні агенти, енергетична характеристика та техніка безпеки в процесах окислення

§ 3. Основні продукти, які одержують процесами окислення

§ 4. Наукові основи радикально-ланцюгових процесів окислення. Механізм утворення продуктів. Селективність радикально-ланцюгового окислення

§ 5. Гомогенний каталіз

§ 6. Типи реакційних апаратів для рідкофазного окислення. Хімія і технологія одержання гідропероксидів та їх застосування

§ 7. Технологія одержання фенолу і ацетону кумольним методом

§ 8. Окислення нижчих парафінів в газовій фазі. Наукові основи окислення парафінів C4-C9 в оцтову кислоту. Одержання СЖК, закономірності процесу, продукти і технологія

§ 9. Окислення нафтенів та їх похідних, хімія і одержувані продукти. Виробництво спиртів і кетонів

§ 10. Окислення спиртів і кетонів в дикарбонові кислоти, наукові основи і технологія

§ 11. Окислення метилбензолів в ароматичні кислоти. Продукти

§ 12. Окислення ненасичених альдегідів і спиртів. Одержання надкислот. Хімія і технологія одержання оцтової кислоти і ангідриду. Одержання пероксиду водню окисленням вторинних спиртів

§ 13. Гетерогенно-каталітичне окислення, каталізатори наукові основи і селективність окислення

§ 14. Основні типи реакційних вузлів. Хімія і технологія окислення пропілену і ізобутилену, одержання акрилової і метакрилової кислоти

§ 15. Окислювальний амоніліз вуглеводнів, одержання акрилонітрилу

§ 16. Прямий синтез оксиду етилену і технологія його виробництва

§ 17. Епоксидування олефінів надкислотами, пероксидом водню і гідропероксидами

§ 18. Технологія поєданого синтезу оксиду етилену і стиролу (Халкон-процес)

§ 19. Технологія одержання ацетальдегіду окисленням етилену

## **Розділ 12. Процеси дегідрування і гідрування.**

§ 1. Значення процесів дегідрування і гідрування, класифікація, наукові основи, каталіз і селективність

§ 2. Хімія і технологія процесів дегідрування

§ 3. Дегідрування вторинних спиртів

§ 4. Окисне дегідрування метанолу

§ 5. Дегідрування алкілароматичних сполук, каталізатори і продукти. Типи реакційних вузлів. Виробництво стиролу

§ 6. Дегідрування парафінів і олефінів, продукти, селективність. Закономірності і технологія дегідрування парафінів C4-C5 в олефіни. Виробництво дієнів і їх технологія. Окислювальне дегідрування парафінів в дієни

§ 7. Хімія і технологія процесів гідрування. Каталіз, основні закономірності і одержувані продукти

§ 8. Технологія рідкофазного і газофазного гідрування. Типи реакційних вузлів. Технологічна схема гідрування фенолу

## **Розділ 13. Синтези на основі оксиду вуглецю.**

§ 1. Значення і класифікація синтезів на основі оксиду вуглецю. Каталіз і наукові основи синтезу вуглеводнів. Типи реакційних вузлів

§ 2. Виробництво метанолу. Перспективи його розвитку. Синтез карбонових кислот та їх похідних

§ 3. Виробництво мурашиної та оцтової кислот карбонілюванням метанолу

## **Розділ 14. Процеси конденсації по карбонільній групі.**

§ 1. Конденсація альдегідів і кетонів з ароматичними сполуками

§ 2. Синтез ацеталей і реакція Принса. Одержання ізопрену

§ 3. Конденсація альдегідів і кетонів з азотвмістними основами. Одержання капролактаму

§ 4. Реакції типу альдольної конденсації

## **Література**

1. *Хімія і технологія органічних речовин* (Електронний ресурс) : навч. посіб. / З.Г. Піх, В.В. Реутський, В.В. Івасів, О.С. Іващук; НУ «Львівська політехніка». – Львів, 2011. – Режим доступу : <http://vns.lp.edu.ua/moodle/course/view.php?id=9369>.
2. *Лебедев Н.Н.* Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза / Н.Н. Лебедев. – М. : Химия, 1988. – 592 с.
3. *Тимофеев В.С.* Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза / В.С.Тимофеев, Л.А. Серафимов. – М. : Химия, 1992. – 432 с.