



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

# ПРОЦЕСИ ПЕРЕНЕСЕННЯ В ОБЛАДНАННІ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ: КУРСОВА РОБОТА

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
як навчальний посібник для студентів,  
які навчаються за освітньо-науковою програмою магістерської підготовки за  
спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»,  
спеціалізацією «Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та  
нафтопереробних виробництв»*

Київ  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
2018

Процеси перенесення в обладнанні хімічних виробництв: Курсова робота [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. які навчаються за освітньо-науковою програмою магістерської підготовки, спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: А.Р. Степанюк, – Електронні текстові данні (1 файл: 0,87 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 45 с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
(протокол № 8 від 18.14.2018 р.)  
за поданням Вченої ради інженерно-хімічного факультету  
(протокол № 1 від 29.01.2018 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

# **ПРОЦЕСИ ПЕРЕНЕСЕННЯ В ОБЛАДНАННІ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ – 2. КУРСОВА РОБОТА ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВИХ РОБІТ**

Укладачі: *Степанюк Андрій Романович*, канд. наук, доц.

Відповідальний  
редактор *Корнієнко Я.М.* докт. таех. наук, професор

Рецензент: *Сокольський О.Л.*, канд.тех. наук, доц.

У вимогах до виконання курсових робіт наведено мету та завдання курсової роботи. Сформульовано загальні завдання на курсову роботу, її склад, обсяг і структура. Наведено вказівки до виконання розділів курсової роботи та рекомендації до виконання пояснювальної записки: структура, вимоги до форматування, викладення її тексту, оформлення розрахунків та оформлення додатків. Сформульовано рекомендації до виконання графічної частини роботи. Викладено вказівки щодо порядку захисту роботи та список рекомендованої літератури. Наведено основні відомості про процеси глибокої переробки нафти. У додатках наведено приклади виконання титульних аркушів курсової роботи

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018

## ЗМІСТ

Вступ .....	4
1. Мета та завдання курсової роботи .....	5
2. Постановка завдання на курсову роботу .....	6
3. Склад, обсяг і структура курсової роботи .....	7
4. Вказівки до виконання розділів курсової роботи.....	8
5 Рекомендації до виконання пояснювальної записки.....	11
5.1 Структура пояснювальної записки .....	11
5.2 Вимоги до форматування пояснювальних записок.....	11
5.3 Виклад тексту пояснювальної записки .....	12
5.4 Оформлення розрахунків .....	13
5.5 Оформлення додатків .....	15
6 Рекомендації до виконання графічної частини роботи.....	16
7 Рекомендації щодо порядку захисту роботи .....	17
8 Теоретичні відомості.....	18
8.1 Склад і властивості нафти .....	18
8.2 Підготовка нафти до переробки.....	20
8.3 Основні методи переробки.....	21
8.4 Крекінг вуглеводнів.....	23
8.5 Термічний крекінг .....	24
8.6 Гідрогенізацій процеси.....	28
8.7 Каталітичний риформінг і платформінг .....	30
8.8 Очистка нафтопродуктів .....	32
8.9 Виробництво мастил.....	35
8.10 Виробництво бітуму .....	37
8.11 Технічний вуглець .....	37
9 Список рекомендованої літератури .....	39
Додаток А. Зразок титульного листа курсової роботи.....	40
Додаток Б. Зразок титульного листа пояснювальної записки курсової роботи.....	41
Додаток В. Зразок завдання на курсову роботу .....	42
Додаток Г. Зразок змісту курсової роботи .....	43
Додаток Д. Зразок опису вкладень .....	45

## Вступ

Розвиток сучасних технологій переробки нафти та газу є надзвичайно важливою проблемою. Вважаючи та те, що уласності України знаходиться лише один нафтопереробний завод, і то частково, а запасів нафти і газу Україні вистачить, по деяких оцінках, на 25...30 років, тому постає нагальна проблема по створенню нових, сучасних нафто- та газопереробних заводів. Шлях до впровадження у виробництво наукових розробок лежить через створення конструкторської документації. Розробка такої документації це творчий процес, який потребує від конструктора не тільки глибоких знань дисциплін, що викладаються у ВНЗ, але й уміння використовувати їх при проектуванні. Від якості конструкторської документації, як правило, залежить кінцевий результат наукової розробки, доля нових машин і апаратів.

Методичні вказівки складено у відповідності до вимог:

ГОСТ 2.105-95 «ЄСКД. Загальні вимоги до текстових документів»,

ГОСТ 2.109-73 «ЄСКД. Основні вимоги до креслень»,

ГОСТ 2.111-68 «ЄСКД. Нормоконтроль»,

ГОСТ 2.113-75 «ЄСКД. Групові і базові конструкторські документи»,

ГОСТ 2.114-95 «ЄСКД. Технічні умови»,

ГОСТ 2.118-73 «ЄСКД. Технічні пропозиції»,

ГОСТ 2.119-73 «ЄСКД. Ескізний проект»,

ГОСТ 2.120-73 «ЄСКД. Технічний проект».

## 1. Мета та завдання курсової роботи

Метою курсової роботи є набуття практичних умінь при виконанні студентами технічної документації з дисципліни «Процеси переносу в обладнанні хімічних і нафтоперобних виробництв».

Завданнями курсової роботи є:

- описати технологічну схему;
- обґрунтувати вибір типу апарата для забезпечення процесу;
- обґрунтувати вибір матеріалів для виготовлення апарата (машини);
- скласти матеріальний та тепловий баланси апарата (машини);
- визначити основні геометричні розміри апарата (машини);
- визначити розміри штуцерів;
- розрахувати гідравлічний опір апарата (машини);
- розрахувати елементи конструкції на міцність та стійкість апарата (машини);
- виконати креслення апарата (машини);
- виконати специфікацію;
- презентувати виконану роботу.

## **2. Постановка завдання на курсову роботу**

Завдання для виконання курсової роботи видається кожному студенту особисто протягом перших двох тижнів навчання. Перелік тем курсових робіт наведено в робочій навчальній програмі. Початкові данні для виконання курсової роботи видаються викладачем після вибору теми курсової роботи.

Текст завдання підписується студентом, що буде виконувати курсову роботу та керівником курсової роботи.

Зразок завдання розміщено у Додатку В.

### **3. Склад, обсяг і структура курсової роботи**

Курсова робота складається з пояснювальної записки і графічної частини.

Пояснювальна записка складається з розділів, наведених у зразку змісту (Додаток Г). Орієнтовний обсяг пояснювальної записки 30...50 аркушів формату А4.

Графічна частина складається з креслення складального креслення апарата (машини) та специфікацій складального креслення апарата (машини).

Обсяг графічної частини остаточно визначається керівником курсової проєкту.

#### **4. Вказівки до виконання розділів курсової роботи**

При виконанні розділів, необхідно звернути увагу на:

Розділ «**Вступ**».

У вступі коротко надається інформація про актуальність продукції, яка виробляється на обладнанні роботи, що буде проектуватися. Далі у відповідності до змісту роботи ставляться мета та задачі розробки. В кінці вступу вказується, коли було видано завдання на проектування.

Приблизний обсяг розділу – 1 аркуш.

Розділ «**1.1 Опис технологічного процесу**»

У розділі наводиться опис технологічного процесу та схема цього процесу.

Приблизний обсяг розділу – 2...3 аркуші.

Розділ «**1.2 Вибір типу апарата і його місце в технологічній схемі**»

У розділі наводиться призначення апарата та вибирається його тип, що забезпечує виконання технологічного процесу.

Приблизний обсяг розділу – 1...2 аркуші.

Розділ «**2 Технічна характеристика**»

Подаються основні технічні вимоги до апарата, що буде проектуватися.

Приблизний обсяг розділу – 1 аркуш.



### **Розділ «3.1 Опис конструкції, основних збиральних одиниць та деталей апарата»**

Наводиться опис основних елементів складових частин апарата, надається схема апарата.

Приблизний обсяг розділу – 1...2 аркуші.

### **Розділ «3.2 Вибір матеріалів»**

Наводиться обґрунтування та вибір матеріалів для основних деталей апарата з урахуванням агресивності середовищ та виконання умов міцності. Вказуються джерела та їх бібліографічні данні.

Приблизний обсяг розділу – 1...2 аркуші.

### **Розділ «4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції апарата (машини)**

#### **4.1 Параметричний розрахунок апарата (машини)»**

Виконується проектний або перевірочний розрахунок апарата (машини). Визначаються основні геометричні розміри апарата (машини).

Приблизний обсяг розділу – 8...10 аркушів.

#### **Підрозділ «4.2 Визначення розмірів штуцерів»**

По рекомендованих швидкостях теплоносіїв та заданих витратах теплоносіїв проводиться визначення розмірів штуцерів.

Приблизний обсяг розділу – 2...3 аркуші.

### Підрозділ «**4.3 Розрахунок гідравлічного опору**»

Визначається гідравлічний опір апарата.

Приблизний обсяг розділу – 2...3 аркуші.

### Підрозділ «**4.4 Розрахунок на міцність і стійкість**»

Виконуються розрахунки, що підтверджують надійність та стійкість апарата (машини).

Приблизний обсяг розділу – 10...15 аркушів.

### Підрозділ «**Висновки**»

У висновку переходяться всі роботи, що були виконані у відповідності до змісту роботи, в тому числі і креслення для досягнення мети, поставленої в завданні. Вказуються всі авторські модифікації та модернізації.

Приблизний обсяг розділу – 1 аркуш.

## **5 Рекомендації до виконання пояснювальної записки**

### **5.1 Структура пояснювальної записки**

Пояснювальна записка виконується згідно вказівок:

- Вимог ГОСТ 2.105-95.
- Оформление графической документации. методические указания к выполнению курсовых и дипломных проектов / сост. В.Н. Марчевский. – К.: КП, 1998р. – 250 с.

Пояснювальна записка для курсової роботи розпочинається титульним листом з надписом „Пояснювальна записка”(додаток Б), наступним аркушем є „Завдання на проектування”(додаток В). Далі „Зміст”(додаток Г).

До додатків вносять таблиці ідентифікаторів, алгоритмічні схеми (блок-схеми), програми, після записки вкладаються специфікації.

### **5.2 Вимоги до форматування пояснювальних записок**

Текст пояснювальної записки розділяють на розділи і підрозділи, відповідно до змісту.

Розділи повинні мати порядкові номери в межах усього документа (частини), позначені арабськими цифрами з крапкою. Підрозділи повинні мати нумерацію в межах кожного розділу. Номери підрозділів складаються з номерів розділів або підрозділу, розділених крапкою. Наприкінці номера розділу або підрозділу крапка не ставиться. Розділи, як і підрозділи, можуть складатися з декількох пунктів.

Найменування розділів повинні бути короткими. Найменування розділів і підрозділів записують у вигляді заголовків з абзацу прописними літерами (окрім першої великої літери) напівжирним форматом літер (Приклад 5.1). Використання курсивного форматування, підкреслення та переноси слів у заголовках не допускаються. Крапку наприкінці заголовка не ставлять. Якщо

заголовок складається з двох речень, їх розділяють крапкою. Розташовувати назву розділу, підрозділу та тексту на різних сторінках забороняється.

Відстань між заголовком розділу або підрозділу і текстом повинна бути у 3 інтервали. Відстань між заголовками розділу і підрозділу – 1,5 інтервали. Кожен розділ пояснювальної записки починають з нового листа (сторінки). Відстань між попереднім підрозділом та наступним заголовком підрозділу повинна бути 3 інтервали.

Нумерація сторінок повинна бути наскрізна для всієї записки, включаючи додатки.

#### Приклад 5.1 Оформлення заголовку

**4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції теплообмінника**

##### **4.1 Розрахунок продуктивності теплообмінника**

Мета розрахунку ... .

#### **5.3 Виклад тексту пояснювальної записки**

Повне найменування виробу на титульному листі, в основному написі і при першому згадуванні в тексті документа повинне бути однаковим з найменуванням його в основному конструкторському документі (специфікації). Найменування, що наводяться в тексті пояснювальної записки і на ілюстраціях, повинні бути однаковими.

## 5.4 Оформлення розрахунків

Необхідні розрахунки апаратів визначаються керівником. **Всі величини подаються в системі СІ.** В кожному підрозділі розрахунок складається за такою схемою (Приклад 5.2):

1. Мета розрахунку з вказівкою, що потрібно визначити.
2. Розрахункова схема або ескіз виробу (у довільному масштабі).
3. Вхідні данні.
4. Умови розрахунку.
5. Розрахунок.
6. Висновки, відповідно до мети.

### 4.5 Розрахунок фланцевого з'єднання

Метою розрахунку - є визначення навантаження на кріпильні деталі, визначення діаметру та товщини фланця, кількості та діаметру болтів.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.4.

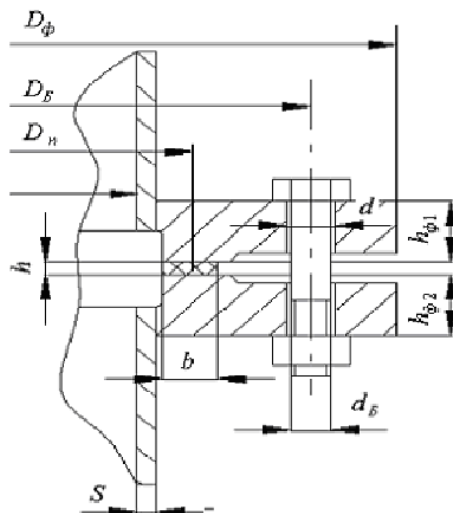


Рисунок 4.4 – Схема фланцевого з'єднання

Вихідні дані:

температура середовища в апараті, К, t 473

.....

внутрішній тиск в апараті, МПа, p 0,25

Розрахунок ведемо по методиці, приведеній в [12].

Згідно з таблицею 1 для заданих умов підходить плоский приварний фланець з гладкою ущільнювальною поверхнею за ОСТ 26-426-79.

По таблиці 9 вибираємо болти М20, тобто  $d_B = 0,02$  м.

Тоді діаметр болтового кола:

$$D_B \geq D + 2(S_0 + d_B + 0,006) = 0,550 + 2(0,014 + 0,02 + 0,006) = 0,680, \text{ м.}$$

.....

Розраховуємо орієнтовну кількість болтів  $z$ :

$$z = \frac{\pi \cdot d_B}{t_B} = \frac{3,14 \cdot 0,680}{0,1} = 21,35, \text{ м,}$$

де  $t$  – рекомендований крок болтів, з таблиці 16 приймаємо  $t_B = 5 \cdot d_B = 5 \cdot 0,02 = 0,1$  м.

Округляємо в більший бік до 22 болтів.

Висновок: Приймаємо стандартний фланець за ОСТ 26-427-79:

зовнішній діаметр, м 0,740

.....

діаметр болтів, м 0,020.

### Приклад 5.3

Метою розрахунку - є визначення навантаження на кріпильні деталі, визначення діаметру та товщини фланця, кількості та діаметру болтів.

... далі наводяться початкові данні, посилання на розрахункову схему, розрахункова схема та посилання на авторів алгоритму розрахунку. ...

... –Подається алгоритм розрахунку... :

Згідно з таблицею 1 для заданих умов підходить плоский приварний фланець з гладкою ущільнювальною поверхнею за ОСТ 26-426-79.

По таблиці 9 вибираємо болти М20, тобто  $d_B = 0,02$  м.

Тоді діаметр болтового кола:

$$D_A \geq D + 2(S_0 + d_A + 0,006), \text{ м.}$$

Зовнішній діаметр фланця:

$$D_O = D_A + a, \text{ м,}$$

де  $a$  – коефіцієнт, що залежить розміру головки болта, з таблиці 10 приймаємо  $a=0,04$  м.

... Алгоритмічна-схема та її опис знаходиться в додатку А, таблиці ідентифікаторів знаходиться в додатку Б, програма розрахунку на мові ВАСІК-80 знаходиться в додатку В.

Результати розрахунку

Зовнішній діаметр .740 м

.....

Діаметр болтів .02 м

Висновок: Приймаємо стандартний фланець за ОСТ 26-427-79:

зовнішній діаметр, м	0,740
----------------------	-------

.....

діаметр болтів, м	0,020.
-------------------	--------

## 5.5 Оформлення додатків

При наявності в пояснювальній записці додатків їх виконують на аркушах формату А4. Додаток нумерують українськими літерами на першому аркуші додатку, за винятком літер Є, З, І, Ї, Й, О, Ч, Ї. Кожний додаток розпочинається з нової сторінки посередині тексту словом додаток з вказівкою номера додатку. В наступній строчці розташовується заголовок додатку.

Текст кожного додатку при необхідності розділяють на розділи, підрозділи, які нумеруються окремо по кожному додатку. Додаток може мати свій зміст та перелік посилань. Ілюстрації і таблиці в додатках нумерують у межах кожного додатка.

Для всієї роботи повинна бути наскрізна нумерація аркушів.

## **6 Рекомендації до виконання графічної частини роботи**

Під час виконання курсової роботи необхідно виконати 1 креслення формату А1: складальне креслення апарата (машини) (А1) та специфікацію до цього креслення.

Графічна частина виконується згідно вказівок:

– ЄКСД.

– Оформление графической документации. методические указания к выполнению курсовых и дипломных проектов / сост. В.Н. Марчевский. – К.: КП, 1998р. – 250 с.



## **7 Рекомендації щодо порядку захисту роботи**

Зброшурована пояснювальна записка та креслення вкладаються до папки на титульну сторінку якої наклеюється аркуш з заголовком „Курсова робота” (додаток А).

На внутрішній стороні папки розміщують „Опис вкладень” (додаток Д).

Курсова робота захищається після перевірки на керівником курсової роботи всіх розділів та креслень, про що свідчать підписи керівника та студента у штампах пояснювальної записки і креслень та на титульних аркушах записки.

## 8 Теоретичні відомості

Розділ викладено за авторами [1, 2].

### 8.1 Склад і властивості нафти

Підрозділ викладено за авторами [1, 2]. Нафта в основному складається з карбону (83-87%) і гідрогену (12-14%), які входять в склад складної суміші вуглеводнів. Крім вуглеводної у нафті є невелика неуглеводна частина і мінеральні домішки. Вуглеводна частина нафти складається з парафінових (алканів), нафтових (цикланів) і ароматичних вуглеводнів. Ненасичені вуглеводні (олефіни), як правило у нафті відсутні, але зустрічаються в продуктах її переробки.

Газоподібні парафінові вуглеводні (від  $\text{CH}_4$  до  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  включно) присутні у нафті у розчиненому стані. При виході нафти з надр землі на поверхню, коли тиску у нафті знижується, газоподібні вуглеводні виділяються з неї у вигляді попутних газів. Рідкі парафінові вуглеводні (від  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  до  $\text{C}_{15}\text{H}_{32}$  включно) складають основну масу рідкої частини нафти і рідких фракцій, які одержуються при її перегонці. Тверді парафінові вуглеводні (від  $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$  і вище) розчинені у нафті і можуть бути з неї виділені. Нафтові вуглеводні у нафтах представлені головним чином похідними циклопентану і циклогексану. Ароматичні вуглеводні зустрічаються у нафтах у відносно невеликих кількостях, у більшості у вигляді бензолу і його гомологів: толуолу, ксилолів, а також утворюються в процесах переробки нафти.

В залежності від переважного вмісту у нафтах вуглеводнів різних класів вони діляться на:

- парафіністі;
- нафтно - парафіністі;
- нафтно - ароматичні;
- парафіно-нафтно-ароматичні.

Неуглеводнева частина нафти складається з сірчистих, кисневих і азотистих органічних сполук. Сірка входить в склад меркаптанів, сульфідів, дисульфідів жирного ряду. По вмісту сірки нафти діляться на мало сірчисті (наприклад, Кавказькі нафти) і багато сірчисті (нафти Башкирії, Татарії). Кисневі сполуки нафти складаються нафтеніві кислоти, смоли і асфальтові речовини. Смоли і асфальти – продукти з високою молекулярною вагою надають нафті темну окраску, вони хімічно нестійкі і легко розкладаються і коксується при нагріванні. Азотисті сполуки нафти представлені похідними піридину, хіноліну і амінами. Сумарний вміст кисню і азоту у нафтах від 0,5 до 1,7%.

Мінеральні домішки у нафті: механічні домішки, мінеральні солі, зола. Механічні домішки: тверді частинки піску, глини, які виносяться нафтою при добуванні. Вода у нафті знаходиться у двох видах: та, що відділяється від нафти при відстоюванні і у вигляді стійких емульсій, які можуть бути зруйновані тільки спеціальними методами. Мінеральні солі, наприклад  $\text{CaCl}_2$  і  $\text{MgCl}_2$ , розчинені у воді, що міститься у нафті. Зола складає у нафті соті і навіть тисячні долі %; в неї входять Na, Ca, Mg, Fe і інші елементи.

Фракційний склад нафти визначається фракційною перегонкою при якій нафта розділяється на фракції по температурі кипіння. При цьому відбирають, як правило, наступні фракції, або дистиляти:

- бензинова, яка пере ганяється в межах від початку кипіння до  $180^\circ\text{C}$ ;
- гасова (гасова) –  $120 - 315^\circ\text{C}$ ;
- дизельна або гасо - газойлева –  $180 - 350^\circ\text{C}$ ;
- різні проміжні погони.

Із дистилятів виробляють так звані світлі нафтопродукти: авіаційні і автомобільні бензини; бензини – розчинники; авіаційні, тракторні і освітлюючі гаси; різні сороти дизельного палива. Для всіх цих нафто- продуктів відповідними ГОСТами нормується певний фракційний склад.

Залишок після відбору світлих дистилятів називається мазутом. Мазут розганяють під вакуумом на різні масляні фракції з яких одержують змазочні і спеціальні масла. Залишок після розгонки мазуту (вище  $500^\circ\text{C}$ ) називається, в

залежності від в'язкості, гудроном або напівгудроном. Гудрон є сировиною для одержання високов'язких змазочних масел і різних бітумів.

## 8.2 Підготовка нафти до переробки

Підрозділ викладено за авторами [1, 2]. Підготовка нафти до переробки полягає у видаленні з сирої нафти, добутої на промислах, розчинених газів, мінеральних солей, води і механічних домішок – піску і глини. Видалення домішок проводиться на промислах і на нафтопереробних заводах.

Відділення газів здійснюється в апаратах, які називаються трапами, в яких знижується тиск і швидкість руху нафти, при цьому з неї десорбуються попутні гази. Поряд з попутними газами у ряді випадків видаляються суміші найлегших вуглеводнів, які називаються газовим бензином. Газовий бензин відділяється від попутних газів абсорбцією соляровим маслом або адсорбцією активованим вугіллям. Газовий бензин містить вуглеводні  $C_3$  і вище.

Мінеральні солі видаляються при знесолені, яке полягає в тому, що нафта для розчинення солей декілька раз промивається теплою водою. Утворені при промивці емульсії відділяються від нафти при зневодненні.

Зневоднення може проводитися тривалим відстоюванням нафти, причому поряд з водою відділяються механічні домішки. Оскільки вода з нафтою утворює стійкі емульсії, повне зневоднення може проводитися при умові руйнування емульсій введенням у нафту при нагріванні деемульгаторів, наприклад натрієвих солей нафтових кислот. Ефективне електрозневоднення нафти, яке полягає в тому, що при проходженні плівки нагрітої нафти між електродами, які живляться змінним струмом напругою 30 – 40 тис. В., відбувається руйнування емульсії; водяні крапельки зливаються і потім вода відділяється від нафти відстоюванням.

### 8.3 Основні методи переробки

Підрозділ викладено за авторами [1, 2]. Методи переробки нафти і рідких нафтопродуктів діляться на дві групи: фізичні і хімічні.

Фізичні методи переробки полягають в тому, що із нафти або нафтопродуктів одержуються індивідуальні вуглеводні, або частіше їх суміші на основі різниці в їх фізичних властивостях – температурі кипіння, кристалізації, розчинності і т.п. Найбільше поширення одержала, так звана, пряма перегонка нафти і нафтопродуктів, заснована на різниці в температурах кипіння окремих фракцій нафти.

Хімічні методи засновані на глибоких хімічних деструктивних перетвореннях, яких зазнають вуглеводні, що містяться у нафті або нафтопродуктах під впливом температури, тиску, каталізаторів. Найбільше поширення серед цих методів одержали різні види крекінгу.

Апаратура, яка застосовується для здійснення фізичних і хімічних процесів переробки нафти і нафтопродуктів, повинна забезпечувати по-перше, нагрівання до високої температури і по-друге, розділення одержаних продуктів. Для деяких хімічних методів переробки, що включають каталітичні процеси, необхідні контактні апарати.

Нагрівання нафти або нафтопродуктів проводиться головним чином у трубчастих печах, у яких передача тепла від гріючих газів до матеріалу, що переробляється, проводиться через стінки радіантних труб шляхом випромінювання від полум'я, розжарених газів, а також від склепіння і шляхом конвекції через стінки конвекційних трубок.

Розділення продуктів нафтопереробки проводиться головним чином ректифікацією у ректифікаційних колонах різних типів. Найбільше поширення одержали колони з барботажними ковпаками. Особливістю ректифікаційних колон нафтопереробних установок є те, що вони мовби представляють собою декілька поставлених одна на одну простих самостійних колон з відбором по висоті рідини. Рідина поступає у розміщені поза колоною відпарні секції і обробляється у них парою. При цьому одержуються пари низькокиплячих

фракцій, які повертаються у колону і рідкий нафто- продукт, або дистилят. Ректифікаційні колони працюють при підвищеному або атмосферному тиску, а також під вакуумом.

Каталітичні процеси нафтопереробних установок здійснюються у контактних апаратах різних конструкцій, Як правило, каталізатор в цих процесах дуже скоро втрачає активність і тому контактні вузли включають контактні апарати і регенератори. Експлуатуються контактні апарати і регенератори з фільтруючим шаром каталізатора, киплячим шаром і з рухомим каталізатором.

Поряд з вказаними основними апаратами на установках є теплообмінники, конденсатори, сховища та інші апарати.

#### **8.4 Пряма атмосферно-вакуумна перегонка нафти**

Підрозділ викладено за авторами [1, 2]. Зневоднену нафту піддають атмосферно-вакуумній перегонці: відгонку легких фракцій (бензин, лігроїн, гас, газойль) здійснюють при атмосферному тиску, а перегонку мазуту з виділенням масел (веретенного, машинного, циліндрового) – під вакуумом. На сучасних установках перегонки нафти застосовують метод одноразового нагрівання продуктів переробки в трубчастих печах з наступною подачею нагрітої маси в ректифікаційну колону. Колона зрошується найбільш легкою фракцією і з неї відбирають кілька різних фракцій. Для більш ефективної роботи у колону подають перегріту водяну пару, яка не змішується з нафтопродуктами і легко розділяється.

З установки відбирають важкий газойль, веретенне, машинне і циліндрове масло та гудрон. Супутні гази містять метан, етан, пропан, бутан і невеликі кількості пентану та гексану. Після скраплення цих газів отримують рідину, що називається газовим бензином. Додаток його до автомобільного та авіаційного бензинів значно покращує їх пускові якості.

Використання сировини після установок газофракціювання [1, 2]:

Етанова фракція – для вироб спиртів, полімерів, сировина піролізу, для виробн. Енсилену.

Пропанова фракція – сировина для піролізу, як розчинник; сировина для нафтохімії (для виробництва полімерів), побутовий газ та паливо, холодоагент.

Ізобутан – сировина для алкілування, сировина для виробництва синтетичного каучуку.

Бутанова фракція – сировина для виробництва бутадієна 1,3; зріджений газ (як паливо), добавка в бензин для підвищення тиску парів.

Ізопентанова фракція – для виробництва ізопренового каучуку та як компонент бензину.

Пентанова фракція – для виробн. полімерів, алілових спиртів, сировина для ізомеризації та піролізу.

Окрім того, отримуються більш широкі фракції ненасичених вуглеводнів:

- пропан - пропіленова фракція – сировина для алкілування та нафтохімії;

- бутан - бутиленова фракція – сировина для алкілування, виробн. метил-етил-кетону; полі-ізо-бутилену; синтетичного каучука

Під час атмосферно-вакуумної перегонки гродненської нафти утворюється від 14 до 15% бензину, від 17 до 18% гасу, до 5% газойль-солярної фракції і близько 55% мазуту. Така кількість палива не може задовольнити потреби машинного парку, тому мазут переробляють не тільки для виділення масел (суміші важких вуглеводнів), а й для збільшення легких фракцій (крекінг).

## **8.4 Крекінг вуглеводнів**

Підрозділ викладено за авторами [1, 2]. Крекінг вуглеводнів – це розкладання їх при нагріванні. Він може бути термічним (без каталізатора) і каталітичним (в присутності каталізатора). Під час термічного крекінгу відбувається розрив довжини вуглецевих ланцюгів з утворенням парафінів і

олефінів або відщеплення гідрогену з утворенням ненасичених вуглеводнів. Під час каталітичного крекінгу спостерігається не тільки розрив вуглецевих ланцюгів, а й інші процеси, такі як: гідрування, циклізація, ароматизація та ізомеризація. Тому асортимент продуктів, що утворюються під час каталітичного крекінгу, набагато більший, ніж асортимент продуктів, які утворюються під час термічного крекінгу. Крекінгу піддаються практично всі вуглеводні. Крекінг нафтопродуктів застосовують для збільшення виходу бензину і гасу, а крекінг газів (природного та попутного) – для виробництва ненасичених вуглеводнів (етилену, пропілену, ацетилену та бутадієну). Вихід цих продуктів залежить від температури і тривалості нагрівання. Чим простіший вуглеводень, тим він стійкіший проти крекінгу, наприклад найстійкішим вуглеводнем є метан.

## 8.5 Термічний крекінг

Підрозділ викладено за авторами [1, 2]. Термічний крекінг проводиться при температурі від 470 до 540<sup>0</sup>С і тиску до 60·10<sup>5</sup> Па.

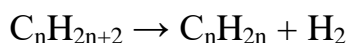
Алкани (тобто насичені вуглеводні) починаючи з пентану, при підвищених температурах схильні тільки до реакції розпаду по зв'язку С – С з утворенням алкена і алкана:



Одержані насичені осколки знову розпадаються на алкен і алкан:



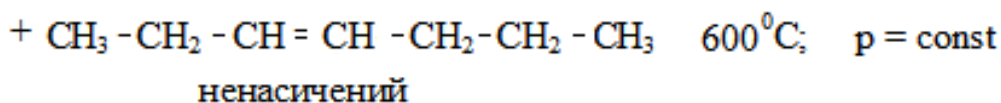
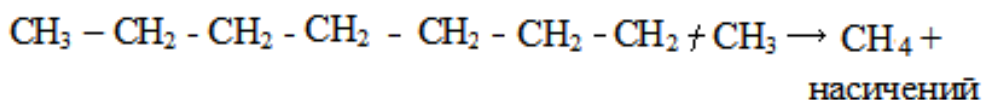
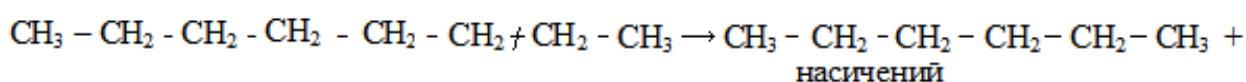
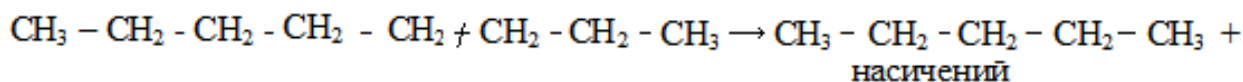
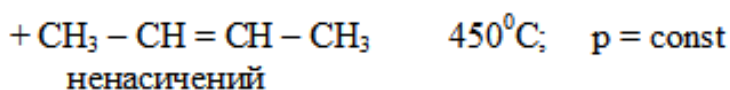
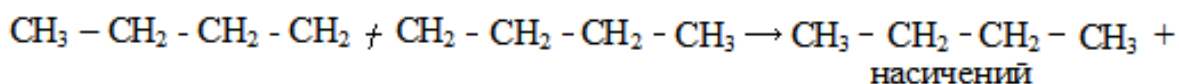
Низькомолекулярні вуглеводні – етан, пропан і бутани – можуть також дегідруватися:



внаслідок чого в газах накопичується водень. Розпад алканів може відбуватися по всіх зв'язках С – С. Місце розриву, а отже, переважне утворення тих чи інших продуктів реакції залежить від температури і тиску. Чим вища температура і нижчий тиск, тим місце розриву вуглецевого ланцюга



все більше переміщається до його кінця і значно зростає вихід газоподібних продуктів. При температурі  $\sim 450^{\circ}\text{C}$  розрив відбувається посередині ланцюга:

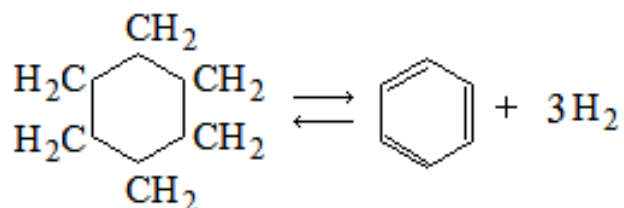


Підвищення тиску зміщує місце розриву до центру молекули. Тому крекінг під тиском дозволяє одержувати більше цільових рідких продуктів.

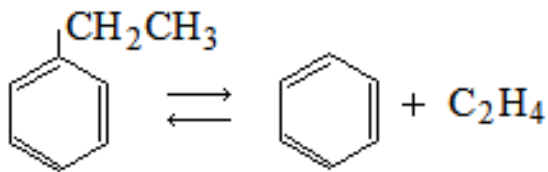
У ряді алканів метан є найбільш термічно стійким, так як у нього відсутній зв'язок C – C. Розклад метану на вуглець і водень можливий при дуже високих температурах ( $\sim 1500^{\circ}\text{C}$ ).

Розклад алканів має ланцюговий характер.

Нафтонові вуглеводні дегідруються з утворенням ароматичних вуглеводнів, наприклад при дегідруванні циклогексану утворюється бензол:



Ароматичні вуглеводні можуть розщеплюватися по зв'язку  $\text{C}_{\text{ар}} - \text{C}_{\text{ал}}$  з відривом бокового ланцюга. При цьому утворюються прості ароматичні і ненасичені вуглеводні, наприклад з етилбензолу утворюється бензол і етилен.



Крім цього можлива конденсація ароматичних вуглеводнів, яка є джерелом коксоутворення.

Термічний крекінг можна розділити на крекінг, що протікає у двофазній системі пара – рідина, так званий рідкофазний і крекінг у паровій фазі – парофазний. Перший проводять при 470 – 540<sup>0</sup>С і (40-60)·10<sup>5</sup> Па, другий – при 550<sup>0</sup>С і вище при тиску (2-5)·10<sup>5</sup> Па

Під час термічного крекінгу мазуту утворюється лише від 7 до 15% бензину і від 15 до 25% газойле-солярної фракції; при крекінгу лігроїну вихід бензину досягає 70%.

Бензини термічного крекінгу володіють більш високою детонаційною стійкістю, ніж деякі бензини прямої гонки, дякуючи тому, що в них є ароматичні вуглеводні і вуглеводні розгалуженої будови. Октанове число таких бензинів біля 70. Присутність в крекінг – бензинах реакційно здатних ненасичених вуглеводнів робить їх менш стабільними, ніж бензини прямої гонки. Гази термічного крекінгу – суміш насичених і ненасичених вуглеводнів: етану, етилену, пропану, пропілену, бутанів, бутиленів, пентанів і ін. Крекінг – залишок використовується головним чином, як котельне паливо.

## 8.6 Каталітичний крекінг

Підрозділ викладено за авторами [1, 2]. В даний час це один з основних деструктивних методів виробництва автомобільних бензинів. Переваги каталітичного крекінгу полягають в тому, що:

1. В результаті загального прискорення процесу (у 500 – 4000 раз швидше ніж відповідний термічний) вдається дещо знизити температуру крекінгу (450 – 500<sup>0</sup>С проти 470 – 540<sup>0</sup>С при термічному) і проводити процес при низькому тиску (1,5·10<sup>5</sup> Па проти 60·10<sup>5</sup> Па при термічному).

2. Селективна дія каталізатора прискорює такі реакції, які приводять до накопичення у крекінг-бензині ароматичних, ізопарафінових і ізоолефінових вуглеводнів, що володіють великими октановими числами.

Таким чином, процес каталітичного крекінгу проводять при 450–500°C під тиском не вище  $1,5 \cdot 10^5$  Па у паровій фазі. У якості каталізаторів застосовують природні, синтетичні і змішані алюмосилікати, у складі яких міститься в середньому 10–25%  $Al_2O_3$ , 80–75%  $SiO_2$  і деяка кількість води. Каталізатори з підвищеним вмістом  $Al_2O_3$  більш активні. Недавно стали застосовувати цеолітні каталізатори – алюмосилікати з порами малого і певно визначеного діаметру. Переваги цеолітвмістних каталізаторів у більшій активності і селективності. Застосування цеолітних каталізаторів дозволяє підвищити вихід бензину і покращити його антидетонаційні властивості, а також розширити сировинну базу каталітичного крекінгу.

Парафінові вуглеводні при каталітичному крекінгу так як і при термічному, розкладаються на олефін і парафін меншої молекулярної маси. Розпад відбувається в декількох місцях вуглецевого ланцюга, але не на самому його краї. Виходи метану, етану і етилену незначні. У газі накопичуються вуглеводні  $C_3$  –  $C_4$ .

Ненасичені вуглеводні розщеплюються по C – C зв'язку, ізомеризуються, полімеризуються, а також піддаються реакціям ароматизації. Вказані процеси обумовлюються, з одного боку, одержанням стабільних бензинів, дякуючи малому вмісту в них ненасичених вуглеводнів, а з другого – утворенню на поверхні каталізатора коксових відкладень.

Нафтові вуглеводні в присутності алюмосилікатів піддаються дегідруванню і розщепленню зв'язку C – C, як з розкриттям кілець, так і з відривом бокових ланцюгів. В результаті перетворень нафтенів утворюються ароматичні вуглеводні, які підвищують октанові числа бензинів.

Ароматичні вуглеводні з боковими ланцюгами крекуються з відривом кілець від бокових ланцюгів без розщеплення самих кілець. При цьому утворюються найпростіші ароматичні і ненасичені вуглеводні; конденсовані ароматичні вуглеводні схильні до процесів коксоутворення.

Реакції крекінгу вуглеводнів супроводжуються утворенням не тільки паро- і газоподібних вуглеводнів, але і твердих коксових відкладень на поверхні каталізатора, що протидіють доступу до нього молекул вуглеводнів і знижують його активність. Для відновлення активності каталізатор регенерують.

Регенерація каталізатора полягає у випалюванні з його поверхні коксу при продувці повітрям при температурі від 550 до 600<sup>0</sup>С, після чого каталізатор знову використовується для крекінгу. Таким чином, каталітичний крекінг практично включає чергування робочого процесу і процесу регенерації каталізатора.

Сировиною для каталітичного крекінгу служить газойль.

Технологічні процеси каталітичного крекінгу відрізняються один від одного станом шару каталізатора. В даний час існує три види установок: з нерухомим, фільтруючим шаром каталізатора, з завислим або киплячим шаром каталізатора, з рухомим каталізатором. Регенерація каталізатора в контактних апаратах з фільтруючим шаром каталізатора полягає в тому, що періодично зупиняється подача сировини і підводиться до них повітря для випалення коксу.

В установках з киплячим шаром і рухомим каталізатором процеси крекінгу і регенерації каталізатора розділені: крекінг проводиться в контактних апаратах, регенерація—в спеціальних апаратах-регенераторах, конструкція яких принципово не відрізняється від конструкції контактних апаратів. Каталізатор безперервно циркулює між контактним апаратом і регенератором.

Сучасна установка для каталітичного крекінгу нафтопродуктів передбачає безперервну регенерацію каталізатора.

## **8.6 Гідрогенізацій процеси**

Підрозділ викладено за авторами [1, 2]. Основною метою процесу гідроочищення ігідрознесірчення паливних дистилатів є поліпшення їх якості за рахунок видалення таких небажаних компонентів, як сірка, азот, кисень,

металорганічні сполуки і смолисті речовини та неграничні сполуки. Хімічні перетворення протікають у присутності надлишкового водню при підвищеній температурі і тиску.

Гідроочищення і гідрознесірчення бензинових фракцій проводять з метою підготовки сировини для установки каталітичного риформінгу. Така попередня обробка сприяє поліпшенню наступних показників процесу риформінгу: глибини ароматизації сировини, октанового числа отриманого бензину, а також збільшенню терміну служби каталізатора.

Гідроочищення газових і дизельних фракцій проводять з метою зниження вмісту сірки до меж, встановлених стандартом та для отримання товарних паливних дистилатів з поліпшеними характеристиками згорання і термічною стабільністю, одночасно знижується корозійна агресивність.

Гідроочищенню піддають бензинові фракції, які мають різні температурні межі википання залежно від подальшої їх переробки: з фракцій 85-180 і 105-180°C – зазвичай шляхом платформінгу отримують високоякісні бензини, а з фракцій 60-85, 85-105, 105-140 і 130-165°C – концентрати відповідно бензолу, толуолу та силолів. Основним продуктом, що отримується при гідроочищенні бензинових фракцій, є стабільний гідрогенізація, вихід якого складає від 90 до 99% мас., вміст в гідрогенізації сірки не перевищує 0,002 мас.

Типовою сировиною при гідроочищенні газових дистилатів є фракції 130-240 і 140-230°C прямої перегонки нафти. Проте при отриманні деяких видів палив верхня межа википання може досягати 315°C. Цільовим продуктом процесу є гідроочищена газова фракція, вихід якої може досягати від 96 до 97 мас. Окрім того, виходять у невеликій кількості низькооктанові бензинові фракції (відгін), вуглеводневі гази та сірководень.

Однією з важливих областей застосування гідроочищення є виробництво малосірчистого дизельного палива з відповідних дистилатів сірчистих нафт. В якості початкового дистилату зазвичай використовують газово-газойлеві фракції з температурами википання 180-330, 180-360 і 240-360°C ( за стандартним методом розгону). Вихід стабільного дизельного палива із вмістом сірки не більше 0,2 % мас. складає 97 % мас. Побічними продуктами процесу

гідроочищення дизельного палива є низькооктановий бензин (відгін), вуглеводневий газ, сірководень і водневмісний газ.

Гідроочищенню нерідко піддають дистиляти вторинного походження (газойлі коксування, каталітичного крекінгу, вісбрекіпгу, тощо) як індивідуально або частіше в суміші з відповідними прямогінними дистилятами.

Процес гідроочищення здійснюють на алюмо-кобальт-молибденовому (Al- Co-Mo) або на алюмо-никель-молибденовому (Al - Ni - Mo) каталізаторі.

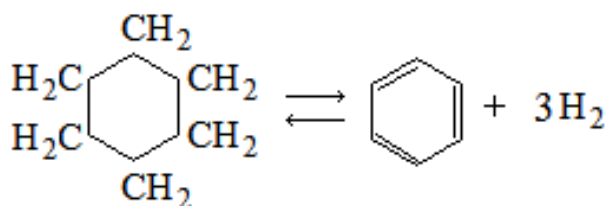
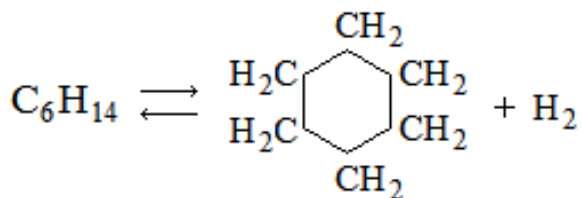
Водневмісний газ, який використовується у процесі зазвичай отримується з установки каталітичного риформінгу, вміст водню у цьому газі коливається у межах від 60 до 95%.

Технологічні схеми промислових установок гідроочищення мають багато спільного і розрізняються по потужності, розмірам і технологічному оформленню секцій сепарації і стабілізації.

## **8.7 Каталітичний риформінг і платформінг**

Підрозділ викладено за авторами [1, 2]. Велике значення в нафтохімічній промисловості мають ароматичні вуглеводні, які є високооктановим паливом і цінною сировиною для хімічної промисловості. Кількість бензолу, який виробляється під час коксування вугілля та перегонки нафти, явно недостатня, тому його виробляють ще і синтетичним способом (риформінгом) з нафтових або парафінових вуглеводнів. Існує два види риформінгу: платформінг – якщо каталізатором є платина (0,3-0,4% на оксиді алюмінію) і гідроформінг – якщо каталізатором є оксид молібдену (10% на оксиді алюмінію). Кращим видом є платформінг, бо платиновий каталізатор працює довше і дає більший вихід ароматичних вуглеводнів. Крім ароматичних вуглеводнів утворюються також ізопарафіни.

Процес ароматизації парафінових вуглеводнів здійснюється у дві стадії: циклізації і дегідруванн:



Сумарну реакцію записують таким рівнянням:



Із гептану відповідно утворюється толуол:



Для ароматизації нафтових вуглеводнів здійснюють лише процес дегідрування. Реакції ароматизації парафінових і нафтових вуглеводнів ендотермічні, тому підвищення температури сприяє збільшенню виходу ароматичних вуглеводнів з одночасним збільшенням виходу коксу, який відкладається на каталізаторі. Зменшення коксоутворення досягається збільшенням тиску. Під час ароматизації парафінових вуглеводнів процес здійснюють при температурі 500<sup>0</sup>С і тиску (15-20)·10<sup>5</sup> Па, а при ароматизації нафтових вуглеводнів – при температурі 550<sup>0</sup>С і тиску (30-60)·10<sup>5</sup> Па.

При всіх способах каталітичного риформінгу поряд з рідкими продуктами одержуються гази, які містять водень, метан, етан, пропан, бутан. Ці гази можна використовувати як сировину для органічного і неорганічного синтезів аміака, метанолу і інших сполук. Вихід газів каталітичного риформінгу складає 5-15% від маси сировини.

У якості сировини каталітичного риформінгу застосовують бензинові фракції з початком кипіння 60<sup>0</sup>С і вище і кінцем кипіння не вище 180<sup>0</sup>С. Бензини з початком кипіння нижче 60<sup>0</sup>С не має змісту піддавати риформінгуванню, так як тут не міститься ні цикланів, ні алканів здатних перетворитися у ароматичні вуглеводні, а є тільки вуглеводні з числом атомів карбону менше 6, які перетворюються у вуглеводневий газ. Це баластні фракції, які підвищують

навантаження установки, збільшуючи вихід газу, причому на газоутворення витрачається водень. Застосування фракційного складу сировини вище 180°C приводить до більших відкладів коксу на каталізаторах.

**Піроліз це високотемпературний крекінг.** Цей процес здійснюють при температурі 670-720°C і атмосферному тиску. У цьому випадку утворюється багато газів в яких міститься близько 30% олефінових (етилен, пропілен, бутілен) і ароматичних вуглеводнів (нафталін, бензол та його похідні), які після уловлювання використовують як сировину для хімічної промисловості. Ароматичні вуглеводні добавляють до авіаційного бензину.

Піролізу піддаються природні вуглеводневі гази, попутні гази нафто - видобутку і гази, які виділяються з нафти при її стабілізації на промислах і нафтопереробних заводах, а також продукти переробки нафти, такі як ненасичені газові потоки установок термічної переробки нафти і каталітичного крекінгу, прямогонний бензин і бензин-рафінат з установок екстракції ароматичних вуглеводнів.

## **8.8 Очистка нафтопродуктів**

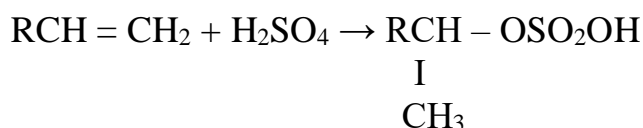
Підрозділ викладено за авторами [1, 2]. Під час крекінгу та перегонки нафти утворюються погони, які мають темне забарвлення, неприємний запах, змінюються при зберіганні, утворюють нагар в циліндрах та призводять до корозії деталей машин. Пояснюється це тим, що в нафтопродуктах містяться сірчисті сполуки, карбонові кислоти, діолефіни, асфальтени та різні сполуки, які здатні утворювати полімери або коксуватися при згоранні палива. Тому всі нафто- продукти слід очищати, застосовуючи хімічні та фізико-хімічні методи. До хімічних методів очищення нафтопродуктів належать сірчаноокислотний і лужний, а також метод гідроочищення.

### **Сірчаноокислотний метод.**

Із названих вище продуктів, а також парафінів, олефінів та ароматичних вуглеводнів з сульфатною кислотою при кімнатній температурі реагують сірчисті сполуки (тіофен), діолефіни та олефіни. Ароматичні сполуки реагують



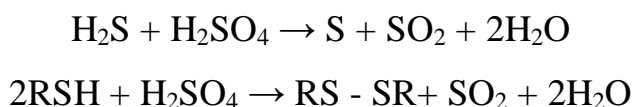
з  $\text{H}_2\text{SO}_4$  тільки при високій температурі, а парафіни та нафтени зовсім не реагують. Олефіни утворюють алкілсульфати, розчинні у сульфатній кислоті



Діолефіни і асфальтени під дією  $\text{H}_2\text{SO}_4$  полімеризуються і випадають з очищених продуктів. У вигляді чорної маси (її називають "чорний контакт" або "кислий гудрон") її нейтралізують і використовують для деемульсації сирової нафти.

Щоб зменшити витрату сульфатної кислоти і запобігти видаленню з нафтопродуктів олефінів,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  додають невеликими порціями при ретельному перемішуванні. Щоб очистити нафтопродукти від залишків сульфатної кислоти, їх промивають водою, розчином соди або лугу.

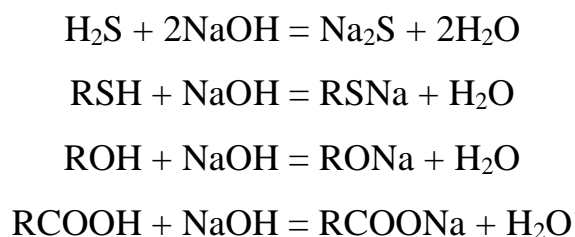
Сірководень і меркаптани, якщо вони попередньо не були видалені залуговуванням, реагують з сульфатною кислотою



Сірка і дисульфіди залишаються в продукті, що очищується.

#### **Лужний метод.**

Нафтопродукти з високим вмістом сірчистих сполук (меркаптанів, нафтенівих кислот та фенолів) краще очищати лужним методом. Ці сполуки добре реагують з лугом і переходять у водну фазу:

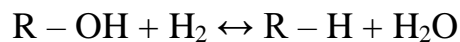
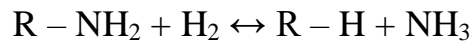
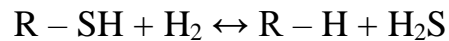


де R – радикал органічної сполуки.

Для більш повного вилучення меркаптанів у систему вводять метанол, що сприяє переходу їх у водно-метанольну фазу.

### **Метод гідроочищення.**

Цей метод набуває дедалі широкого застосування, оскільки він не призводить до видалення з нафтопродуктів цінних компонентів, нафтопродукти гідруються при температурі 260-430<sup>0</sup>С і тиску в системі (10-100)·10<sup>5</sup> Па при наявності відповідних каталізаторів, наприклад алюмо-молібдату. При цьому насамперед гідруються меркаптани, аміни та кисневі сполуки:



Сірководень і аміак уловлюють і переробляють на відповідні продукти, одночасно при цьому гідруються діє нові сполуки і частково олефіни. На очищення 1 м<sup>3</sup> нафтопродуктів витрачається 9-18 м<sup>3</sup> водню. Тому метод гідроочищення комбінують з методом ароматизації вуглеводнів, при якому виділяється велика кількість водню. Метод гідроочищення застосовують для рідких нафтопродуктів і масел з високим вмістом сірки. Тому очищені нафтопродукти при згоранні не руйнують апаратури і не забруднюють навколишнє середовище шкідливими газами.

### **Фізико-хімічні методи очищення.**

Вони ґрунтуються на адсорбції алюмосилікатами з добавкою каталізаторів окислених сірчистих і інших речовин, що містяться в нафтопродуктах. Вони поділяються на парофазні і рідкофазні, причому перші застосовуються для очищення бензинів, лігроїну, гасу та газойлю, а другі – для очищення масел. Каталізаторами є суміш сульфідів нікелю та вольфраму або алюмо-кобальту-молібдену. На поверхні каталізатора сірчисті сполуки окислюються, діолефіни і частково олефіни полімеризуються, а смоли адсорбуються. Процес очищення парофазним методом здійснюється при температурі 230- 370<sup>0</sup>С і тиску (50-55)·10<sup>5</sup> Па, а рідкофазним—при температурі 390-420<sup>0</sup>С і тиску (40-50)·10<sup>5</sup> Па. Якщо масла очищають методом вибіркової екстракції, то застосовують різні розчинники. Так, наприклад, за допомогою рідкого діоксиду сірки з масел можна вилучити сірчисті сполуки, олефіни та ароматичні вуглеводні. Багато шкідливих домішок з масел видаляють фурфуролом.

## 8.9 Виробництво мастил

Підрозділ викладено за авторами [1, 2]. Мастила виробляють з нафти з високим вмістом парафіну, асфальтів, смол. Як правило, у ці нафти містять велику кількість сірки. Технологія виробництва мастил складається з 3-ох основних етапів:

- виробництво мастильних фракцій на установках АВТ та на установках переробки мазуту (ВТ). Залишки виробництва мастила – гудрон;
- вироблення з масляних фракцій базових мастил – компонентів;
- змішування (компаундування). Компаундування – це процес змішування кількох компонентів, які взаємно нерозчинні. При необхідності в компоненти мастил вводять необхідні присадки (приклад – графіт).

Основні процеси виробництва базових мастил – видалення небажаних груп вуглеводнів (асфальтів, смол, поліциклічних, ароматичних вуглеводнів, твердих парафінових вуглеводнів).

Існують наступні процеси очистки сировини для виробництва мастил:

- екстракційна (за допомогою селективних розчинників);
- гідрогенезаційна очистка – це гідрокрекінг та гідроізомеризація;
- адсорбційна очистка;
- сірчано-кисла очистка з подальшою лужною нейтралізацією;
- депарафінізація очищеної сировини;
- доочистка депарафінізованих мастил.

На сьогоднішній день більшість заводів, що виробляють мастила працюють на Волго-Уральській нафті. Деякі невеликі підприємства Росії і України працюють на мало сірчистій та малопарафіністій нафті Краснодарського краю.

На сьогоднішній день існують 4 типи базових мастил:

- малов'язкі (М);
- середньов'язкі (С);
- високов'язкі (В);
- залишки (О).

На сьогоднішній день є понад 500 марок мастил.

### **Класифікації мастил:**

Мастила групуються по областях використання:

- 1) моторні (для карбюраторних, дизельних та авіаційних двигунів);
- 2) трансмісійні;
- 3) турбінні;
- 4) компресорні;
- 5) електроізоляційні;
- 6) індустріальні (для зубчатих передач, для направляючих ковзання, спеціальні мастила);
- 7) мастила для приладів.

Класифікації мастил по джерелу отримання сировини:

- 1) рослинного та тваринного походження (китовий жир);
- 2) мінеральні мастила (прямогонні мастила, отримані з установок АВТ);
- 3) синтетичні (їх отримують шляхом хімічних перетворень).

Класифікація мастил по способу отримання:

- 1) дистиляти;
- 2) залишкові ( які отримуються з гудрону);
- 3) компаундні ( отримуються змішуванням 1-ого і 2-ого виду).

Класифікація по способу очистки:

- 1) неочищені;
- 2) кислотно-лужної очистки;
- 3) кислотно-контактної очистки;
- 4) селективної і адсорбційної очистки;
- 5) гідрокрекінг.

## 8.10 Виробництво бітуму

Підрозділ викладено за авторами [1, 2]. Бітуми отримують шляхом переробки залишкових нафтопродуктів у трьох процесах, які використовуються або окремо або сумісно один з одним: вакумна перегонка мазутів і гудронів, деасфальтизація гудронів пропаном та окислення гудронів повітрям. При вакумній перегонці продукцією є дистильтні фракції, при деасфальтизації – отримання деасфальтизату, бітум в цих процесах – побічним продуктом. При окислення гудронів повітрям продуктом є бітум.

Існують періодичні і установки безперервної дії колонного типу призначені для одержання окислених нафтових бітумів. Як сировина використовується гудрони, напівгудрони, асфальти деасфальтизації нафтових залишків, залишки термічного крекінгу і їхньої суміші, а для важких нефт — мазути (залишки вище 350 °С). Продуктами є дорожні (в'язкі та рідкі), будівельні, покрівельні (присочувальні та покрівельні), високоплавкі зм'ягчувачі добавки (для гумової промисловості), та спеціальні бітуми (для лакофарбової, електротехнічної та шинної промисловостей).

Вихід дорожніх окислених бітумів на сировину (гудрон) близько 98 % (мас.), будівельних 94-96 % (мас.).

## 8.11 Технічний вуглець

Підрозділ викладено за авторами [1, 2, 5]. Технічний вуглець – високодисперсний аморфний вуглець, який виробляють на спеціальних установках, назва «сажа», використовувати некоректно, оскільки вона отримується при умовах, які неможливо контролювати, і, тому, її властивості також неможливо проконтролювати. Розмір частинок технічного вуглецю від 13 до 120 нм, використовують його при виробництві гум (для автомобільних шин та технічних гум), як барвник чорного кольору, при виробництві пластичних мас як модифікатор властивостей полімерів.

Отримують технічний вуглець декількома способами, в основі яких використовується піроліз або термоокиснювальне розкладання рідких або газоподібних вуглеводнів. Тому розрізняють технічний вуглець:

– пічний – отримують у закритих циліндричних проточних реакторах. Рідка вуглеводнева фракція форсунками подається у потік природних газів або дизельного палива, отриману суміш охолоджують, подаючи у її потік воду. Технічний вуглець відводиться з відпрацьованими газами;

– ламповий – процес протікає у проточних реакторах. Рідка вуглеводнева фракція випаровується з апарата за рахунок підведення ззовні енергії, утворені пари подаються до реактора, після чого продукти в кінці реактора охолоджуються водою. Технічний вуглець відводиться з відпрацьованими газами;

– термічний – періодичний процес, при якому до одного з пари реакторів подається природний газ або ацетилен який, після згоряння, нагріває футеровку реактора. У іншому реакторі, який уже нагрітий подається чистий природний газ, протікає реакція піролізу. Технічний вуглець відводиться з відпрацьованими газами;

– каналний – періодичний процес, при якому до реактора подається природний газ, який спалює у каналних пальниках, продукти згорання зверху подають на металевий жолоб, що охолоджується водою, частина газу трансформується у технічний вуглець техвуглецю та всередині камери. Технічний вуглець видаляється вручну;

– залишки піролізу – технічний вуглець, який отримано шляхом подрібнення залишків піролізу природних вуглеводнів (вугілля, нафти).

Технічний вуглець класифікують за ГОСТ 7885 та ASTM D1765. За ГОСТ 7885 встановлено 10 марок технічного вуглецю, яким також присвоєні літерні індекси «П», «К», «Т», в залежності від способу отримання (пічний, каналний, термічний), далі цифровий індекс характеризує середній розмір частинок техвуглецю в цілих десятках нанометрів, дві останні цифри індексу вибираються при затвердженні марки.

## 9 Список рекомендованої літератури

1. Конспект лекцій. <http://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob>
2. Ластовкин Г. А., Радченко Е. Д., Рудин М. Г. Справочник нефтепереработчика. – Л.: Химия, 1986. – 648 с.
3. Кузнецов А.А., Кагерманов С.М., Судаков Е.М. “Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности”. Изд. 2-е , пер. и доп. Л., ”Химия”, 1974 г., 374 с.
4. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.
5. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Технічний\\_вуглець](https://uk.wikipedia.org/wiki/Технічний_вуглець) від 06.06.2018 р
6. Лазинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры - Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.
7. Конструювання та розрахунок фланцевих з'єднань: Навч. посібник / В. Г. Доброногов, І. О. Мікульонок. – К.: НМК ВО, 1992. 104с.
8. Методические указания к выполнению курсовых и дипломных проектов / Конструювання опорних вузлів хімічних апаратів і перевірка несучої спроможності обичайок на дію опорних навантажень: Навч. Посібник / В. Г. Доброногов, І. О. Мікульонок. – К.: ІСДО, 1995. – 184 с.
9. Розрахунок і конструювання машин і апаратів хімічних підприємств / Укл.: Міхальов М.Ф. - М: Машиностроение, - 1984р. – 301ст.
10. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т.2.–5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980.–559с., ил.
11. Оформление графической документации. Методические указания к выполнению курсовых и дипломных проектов/Сост. В.Н. Марчевский. – 1989.
12. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Под ред. Ю.И. Дытнерского. – М.: Химия, 1982. – 772 с.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”  
ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

**КУРСОВА РОБОТА**

з кредитного модулю:

**«Процеси перенесення в обладнанні хімічних і  
нафтоперобних виробництв-2. Курсова робота»**

на тему: **КАТАЛІТИЧНИЙ РЕАКТОР**

Студента(ки) V курсу, групи ЛН-71мн

**Іванов Іван Іванович**

ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ 13 «Механічна інженерія»

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 133 «Галузеве машинобудування»

СПЕЦІАЛІЗАЦІЯ Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування  
обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

Керівник доцент, к.т.н., Степанюк А.Р.

Національна оцінка \_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_\_ оцінка: ECTS \_\_\_\_\_

Члени

комісії:

\_\_\_\_\_  
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Засвідчую, що у цьому курсовому проекті  
немає запозичень праць інших авторів без  
відповідних посилань

Студент \_\_\_\_\_ І.І. Іванов

Київ 2017



**Додаток Б. Зразок титульного листа пояснювальної записки курсової роботи**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”  
ІМ. І.СІКОРСЬКОГО**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до курсової роботи на тему:  
**КАТАЛІТИЧНИЙ РЕАКТОР**

ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ 13 «Механічна інженерія»  
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 133 «Галузеве машинобудування»  
СПЕЦІАЛІЗАЦІЯ Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

з кредитного модулю:  
«Процеси перенесення в обладнанні хімічних і нафтоперобних виробництв-2.  
Курсова робота»

Виконав студент групи ЛН-71мн \_\_\_\_\_ Ю. М. Магдич  
(підпис, дата)

Керівник роботи, к.т.н, доц. \_\_\_\_\_ А.Р. Степанюк  
(підпис, дата)

Київ 2017

Додаток В. Зразок завдання на курсову роботу

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

ЗАВДАННЯ

до курсової роботи

студентові \_\_\_\_\_

1. **Тема роботи:** Каталітичний реактор

2. **Термін** здачі студентом закінченого роботи: 20 грудня 2017р.

**Вихідні дані до роботи:** Спроекувати реактор каталітичний для каталітичного риформінгу Продуктивність 200 кг/год;

- сировина – вакуумний дистилат 623-773 К фракціонуючої установки АТ;
- рециркуляційний каталітичний газойль 56,0 кг/год;
- вихід продуктів з реактора газ 35,2 кг/год; бензин 90,2 кг/год; легкий газойль 31,4 кг/год; важкий газойль 25,6 кг/год; кокс 17,4 кг/год.
- об’ємна швидкість  $0,000416 \text{ c}^{-1}$ ;
- густина киплячого шару  $450 \text{ кг/м}^3$ ;
- тиск технологічний 0,08 МПа; зверху 0,22 МПа; знизу 0,4 МПа;
- температура в реакційній, сепараційній зонах та десорбері 768 К; в розподільному конусі 793 К; на вході сировини і каталізатора в розподільний пристрої 798 К;
- об’ємний вихід бензину на свіжу сировину 54 % ;
- відносна густина свіжої сировини  $910 \text{ кг/м}^3$ ;

3. **Перелік питань, які мають бути розроблені:** 1) Вступ, 2) Призначення та область застосування апарату, 3) Технічна характеристика, 4) Опис і обґрунтування вибраної конструкції, 5) Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції, 6) Висновки.

4. **Перелік графічного (ілюстрованого) матеріалу:** Реактор каталітичний – А1, специфікація до креслення реактора каталітичного – А4.

6. **Дата видачі завдання:** „\_\_\_” \_\_\_\_\_ 200\_\_р.

Завдання прийняв до виконання студент ЛЦ-41 \_\_\_\_\_ Ю. М. Магдич  
(підпис, дата)

Керівник курсової роботи, к.т.н, доцент \_\_\_\_\_ Степанюк А.Р.  
(підпис, дата)

## Додаток Г. Зразок змісту курсової роботи

### Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів	7
Вступ	8
1 Призначення та область використання апарату	9
1.1 Опис технологічного процесу	9
1.2 Вибір типу апарату і його місце в технологічній схемі	12
2 Технічні вимоги до апарату	13
3 Опис та обґрунтування обраної конструкції апарату	14
3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей апарату	14
3.2 Вибір матеріалів	15
4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції апарату	25
4.1 Параметричний розрахунок апарату	25
4.1.1 Визначення матеріального та теплового балансів	26
4.1.2 Визначення швидкості середовищ	27
4.1.3 Визначення витрати	31
4.1.4 Визначення розмірів зони реакції	35
4.1.5 Визначення розмірів зони відпарювання	41
4.1.6 Визначення розмірів розподільників	46
4.1.7 Визначення розмірів апарату	49
4.2 Визначення розмірів штуцерів	51
4.3 Розрахунок гідравлічного опору	53
Висновок	82
Перелік посилань	83

					ЛН81.XXXXXXX.001 ПЗ			
Из	Лист	№ док.ум.	Полпи	Лат				
Разраб.	Маглич				Реактор каталітичний	Лит.	Лист	Листов
Перев.	Собченко						5	80
Репенз.						КПІ ім. Ігоря Сікорського , ІХФ, МАХНВ		
Н.Контр.	Степанюк							
Затв.								

Додаток А. Блок-схема алгоритму розрахунку розмірів розподільників	84
Додаток Б. Таблиця ідентифікаторів програми розрахунку розмірів розподільників	87
Додаток В. Програма розрахунку розмірів розподільників	89

					ЛН81.ХХХХХХ.001 ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Піппис	Лат		44
						6

