

Міністерство освіти і науки України  
Чернігівський промислово-економічний коледж  
Київського національного університету технологій та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора з НР

Л.РОСЛАВЕЦЬ

30 08 2019р.

**Методичне забезпечення  
практичних робіт з дисципліни  
«Основи технології галузі»  
спеціальності  
133 «Галузеве машинобудування»**

Уклав

Т. СЕМЕРНЯ

Розглянуто на засіданні  
циклової комісії  
спеціальних механічних та  
загально-технічних дисциплін

Протокол № 1 від 30 08 2019 року

Голова циклової

Т. СЕМЕРНЯ

# Інструкція до виконання практичної роботи 1

**Тема:** Визначення основних показників хіміко-технологічного процесу

**1 Мета:** Навчитись розраховувати кінетичні параметри хіміко-технологічних процесів.

## 2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення

2.1 Обчислювальна техніка

2.2 Інструкція

2.3 Роздатковий матеріал

## 3 Теоретичні відомості

Вплив температури на швидкість хімічної реакції необхідно розглядати для знаходження оптимальних умов проведення хіміко-технологічного процесу.

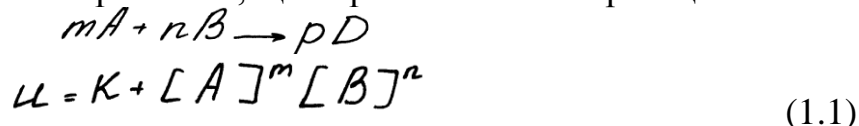
Розглянемо два різних випадки:

1 Процес необоротний.

2 Процес оборотний.

В першому випадку температура буде впливати тільки на швидкість процесу, в другому - як на швидкість, так і на рівновагу.

Реакція необоротна. Кінематичне рівняння, що виражає механізм реакції:



Залежність константи швидкості хімічної реакції від температури визначається рівнянням Арреніуса:

$$k = k_0 \cdot e^{-E/RT} \quad (1.2)$$

де  $E$  - енергія активації, кДж/кмоль/ккД/ккмоль/;

$R$  - газова стала;

$k_0$  - предекспоненціальний множник

Користуючись рівнянням (1.1) можна визначити константи швидкості реакції для повного інтервалу температури, якщо відома  $T$  або за відомими  $k_1$  і  $k_2$  знайти енергію активації  $E$ .

Якщо при  $T_1$  константа швидкості реакції дорівнює  $k_1$ , а при  $T_2$  -  $k_2$ , то:

$$-E = R T_2 \ln \left( \frac{k_1}{k_2} \right) = E (R (1/T_2 - 1/T_1)) \quad (1.3)$$

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{k_0 e^{-E/RT_1}}{k_0 e^{-E/RT_2}} = e^{E/R \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)} \quad (1.4)$$

$$E = \frac{R T_1 T_2}{T_1 - T_2} \ln \frac{k_1}{k_2} \quad (1.5)$$

З підвищенням температури відповідно до рівнянь (1.1) і (1.2) зростає константа швидкості реакції і відповідно швидкість реакції. Але по мірі протікання реакції, зменшується движуча сила процесу ( $[A]^m [B]^n$ ), яка до кінця реакції наближується до нуля.

Вихід продукту при цьому прямує до максимального.

Це підтверджено на рис. 1.1

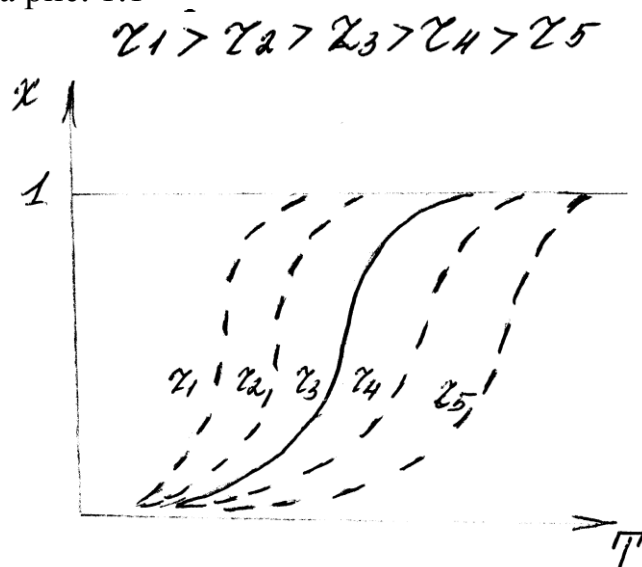


Рисунок 1.1 — Залежність ступеня перетворення від температури необоротних реакцій.

Із малюнка видно, що збільшення часу перебування продукту в реакторі дозволяє при даній температурі забезпечити більш високий ступінь перетворення. Реакція оборотна. Вплив температури на швидкість протікання оборотних реакцій виражається кривими, які зображені на рисунках 1.2 і 1.3.

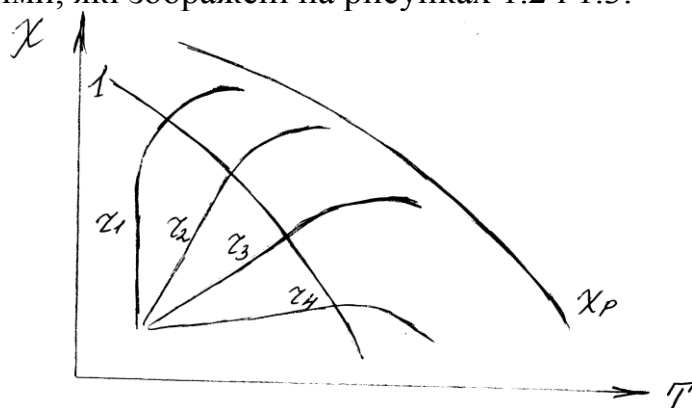


Рисунок 1.2- Залежність ступеня перетворення від температури для оборотних екзотермічних реакцій.

1- крива оптимальних температур.

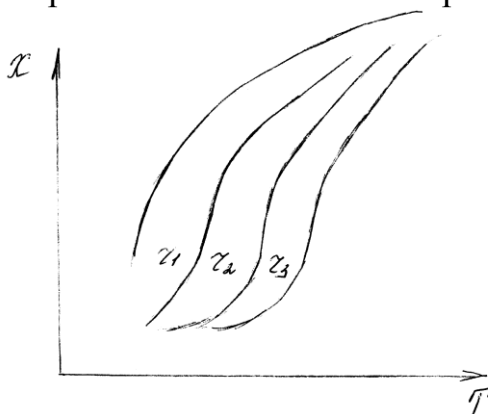


Рисунок 1.3- Залежність ступеня перетворення від температури для оборотних ендотермічних реакцій.

Як видно із рис. 1.2 для екзотермічних реакцій при сталості часу реакції ступінь перетворення досягає максимуму, а потім знижується з підвищенням

температури. Температура, яка відповідає максимальному виходу продукту називається оптимальною температурою.

Для знаходження максимуму на кривій ступінь перетворення, температура приміняють загальні методи аналізу таких кривих, а саме: якщо в точці, в якій перша похідна дорівнює нулю, друга - виявляється від'ємною, у цій точці функція має максимум. Знайдем значення оптимальної температури для оборотної екзотермічної реакції типу:  $aA + bB \rightleftharpoons 2D$  Швидкість якої описується рівнянням:

$$u = k_1 [A]^{\alpha} [B]^{\beta} [D]^{\delta} - k_2 [D]^{\delta'} [A]^{\alpha'} [B]^{\beta'} \quad (1.6)$$

$$\gamma_1 > \gamma_2 > \gamma_3$$

Знайдем першу похідну швидкості за температурою:

$$\frac{du}{dT} = \frac{dk_1}{dT} [A]^{\alpha} [B]^{\beta} [D]^{\delta} - \frac{dk_2}{dT} [A]^{\alpha'} [B]^{\beta'} [D]^{\delta'} = 0$$

$$\frac{dk_1}{dT} [A]^{\alpha} [B]^{\beta} [D]^{\delta} = \frac{dk_2}{dT} [A]^{\alpha'} [B]^{\beta'} [D]^{\delta'}$$

Так як:  $\frac{dk}{dT} = k \frac{d \ln k}{dT}$

А із рівняння 1.2  $\frac{d \ln k}{dT} = \frac{E}{RT^2}$

То:  $\frac{E_1 k_1}{RT_1^2} [A]^{\alpha} [B]^{\beta} [D]^{\delta} = \frac{E_2 k_2}{RT_2^2} [A]^{\alpha'} [B]^{\beta'} [D]^{\delta'}$

де  $E_1$  і  $E_2$  - енергії активації прямої і зворотної реакції відповідно і

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{E_2}{E_1} \cdot \frac{[D]^{\delta-\delta'}}{[A]^{\alpha-\alpha'} [B]^{\beta-\beta'}}$$

Але як уже відомо

$$\frac{k_1}{k_2} = K^n \quad (1.7)$$

де  $K$  - константа рівноваги.

$k_1$  і  $k_2$  - константа швидкості прямої зворотної реакції. Звідси:

$$K = \left[ \frac{k_1}{k_2} \right]^{1/n} = \left( \frac{E_2}{E_1} \right)^{1/n} \frac{[D]^{\frac{\delta-\delta'}{n}}}{[A]^{\frac{\alpha-\alpha'}{n}} [B]^{\frac{\beta-\beta'}{n}}}$$

Враховуючи рівняння:

$$n = \frac{\alpha-\alpha'}{\alpha} = \frac{\beta-\beta'}{\beta} = \frac{\delta-\delta'}{\delta} \quad (1.8)$$

Отримуємо рівняння :

$$K = \left( \frac{E_a}{E_1} \right)^{1/n} \frac{[D]^d}{[A]^a [B]^b} \quad (1-9)$$

де  $K$  - константа рівноваги при температурі, що дорівнює оптимальній;  
 $a, v, d$  - стехіометричні коефіцієнти реакції.

Якщо відома залежність константи рівноваги від температури і енергії активації прямої і зворотної реакції, а також механізм реакції (показник залежить від механізму), то можна відрахувати оптимальні температури для оборотної екзотермічної реакції для будь якого заданого виходу продукту.

## 4 Хід роботи

### 4.1 Розв'язати наступні задачі

**4.1.1** Визначити енергію активації реакції окислення оксиду сірки(IV) до оксиду сірки (VI) на ванадієвому каталізаторі, якщо значення константи швидкості процесу при підвищенні температури змінюється таким чином:

$t$ °C	455	470	490
$k$ C <sup>-1</sup>	6,3	12	26,2

**4.1.2** При 400°C швидкість хімічної реакції в десять раз менша, чим при 450°C. Яка енергія активації процесу, якщо движуча сила не змінилась із змінною температури?

## 5 Висновки

### 6 Контрольні питання:

- 6.1.** Як залежить швидкість хімічної реакції від температури?  
**6.2.** Наведіть рівняння Арреніуса.

## Література

1 Сороко В.Е., Вечная С.В., Попова Н.Н. Основи химической технологии. -Ленинград.: Химия, 1986, с.35-41.

## Інструкція до виконання практичної роботи 2

**Тема:** Поняття про матеріальний баланс

**1 Мета:** Ознайомитись з принципом складання матеріального балансу

**2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення**

- 2.1 Обчислювальна техніка  
 2.2 Інструкція

**3 Теоретичні відомості**

Матеріальний і енергетичний баланс складають при проектуванні виробництв і для аналізу існуючого.

Матеріальний баланс - це вираз закону збереження маси речовини, відповідно до якого в усякій замкнутій системі маса речовини, що вступила в взаємодію, дорівнює масі речовини, що утворилася в результаті взаємодії.

Стосовно матеріального балансу будь-якого технологічного процесу, це означає, що маса речовин які надходять на технологічну операцію надходженням дорівнює масі одержаних речовин - витратам.

Матеріальний баланс складають за рівнянням сумарної реакції з урахуванням паралельних і побічних реакцій.

У виробничих процесах навіть між головними компонентами сировини крім головної відбуваються побічні реакції, окрім того побічні реакції виникають за рахунок домішок. Зазвичай враховують не всі реакції які відбуваються і утворювані побічні продукти, а лише ті які мають найбільш істотне значення, отже матеріальний баланс має приблизний характер.

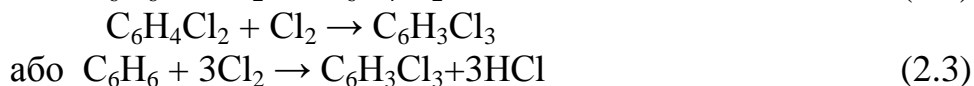
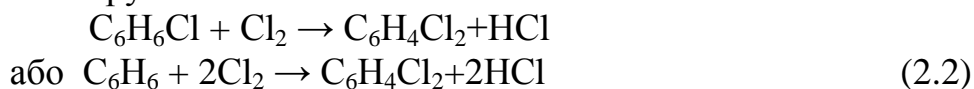
Допускається, що надходження матеріалів дорівнює витратам. Матеріальний баланс-це дзеркало технологічного процесу. Чим детальніше вивчений процес, тим більш повно можна скласти матеріальний баланс.

Задача. Скласти матеріальний баланс хлорату у виробництві хлорбензолу (1т хлорбензолу), якщо склад рідких продуктів в %(мас) слідує: - бензолу -65,0; хлорбензолу -32,0; дихлорбензолу – 2,5; три хлорбензолу – 0,5. Технічний бензол містить 97,5% (мас)  $C_6H_6$ . Технічний хлор - 98% (мас)  $Cl_2$ .

Розв'язок. Хлорбензол це напівпродукт для одержання різних похідних бензолу таких як фенол анілін та інші. Його одержують пропускаючи хлор і рідкий бензол в присутності хлориду заліза (III). По мірі утворення хлорбензолу окрім основної реакції



Відбувається подальше хлорування



Щоб попередити утворення великих кількостей поліхлоридів хлорування треба припинити при вмісті в реакційні суміші трохи більше половини бензолу, що не прореагував (60-65%)

Мол. маса

Mr  $C_6H_6$  -72

Mr  $C_6H_4Cl_2$  -147

Mr  $Cl_2$  -71

Mr  $C_6H_5Cl$  -112,5

Mr  $C_6H_3Cl_3$  -181,5

Mr HCl -36,5

Відповідно, до заданого складу рідких продуктів реакції, в продукційній (рідкій) суміші знаходиться 1000кг  $C_6H_5Cl$  (1т хлорбензолу)

$$C_6H_5Cl_2 - \frac{1000 \cdot 2,5}{32} = 78 \text{ кг}$$

$$C_6H_3Cl_3 - \frac{1000 \cdot 0,5}{32} = 15,6 \text{ кг}$$

Вміст хлороводню в продукційній суміші визначаємо

за реакцією (2.1)  $\frac{10000 \cdot 36,5}{112,5} = 324 \text{ кг}$

за реакцією (2.2)  $\frac{78 \cdot 2 \cdot 36,5}{147} = 39 \text{ кг}$

за реакцією (2.3)  $\frac{15,6 \cdot 3 \cdot 36,5}{181,5} = 9,4 \text{ кг}$

Всього HCl в продукційній суміші 372,4кг.

Для одержання 1т C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>Cl потрібно чистого бензолу C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>

на утворення C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>Cl потрібно  $\frac{1000 \cdot 78}{112,5} = 693 \text{ кг}$

на утворення C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub> потрібно  $\frac{78 \cdot 78}{147} = 41 \text{ кг}$

на утворення C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>Cl<sub>3</sub> потрібно  $\frac{15,6 \cdot 78}{181,5} = 6,7 \text{ кг}$

бензол, що не прореагував  $\frac{1000 \cdot 65}{32} = 2031,0 \text{ кг}$

всього бензолу 27771,7кг.

Технічного бензолу витрачається  $\frac{2771,7}{0,975} = 2842,8 \text{ кг}$

Витрати хлору:

на утворення C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>Cl  $\frac{1000 \cdot 71}{112,5} = 631 \text{ кг}$

на утворення C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>  $\frac{78 \cdot 2 \cdot 71}{147} = 75 \text{ кг}$

на утворення C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>Cl<sub>3</sub>  $\frac{15,6 \cdot 3 \cdot 71}{181,5} = 18,3 \text{ кг}$

Всього хлору витрачається: 724,3кг.

Технічного хлору витрачається  $\frac{724,3}{0,98} = 739 \text{ кг}$

Результати розрахунків зводим у таблицю

Таблиця 2.1 - Матеріальний баланс хлоратору бензолу (1т хлорбензолу)

Надходження		Витрати	
Вихідна речовина	Кг	Продукт	Кг
Технічний бензол в тому числі	(2842,8)	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl	1000
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	2771,7	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	78
домішки.	71,8	C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> Cl <sub>3</sub>	15,6
Технічний хлор в тому числі	(739)	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	2031,0
Cl <sub>2</sub>	724,3	HCl	372,4
домішки	14,7	Домішки до C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	71,1
		Домішки до Cl <sub>2</sub>	14,7
Всього	3581,8	Всього	3582,8

#### 4 Хід роботи

**4.1** Провести розрахунки процесу кристалізації аміачної селітри, якщо відомо, що на кристалізацію подається  $G$  кг розчину аміачної селітри з масовою часткою  $W(\%)$ .

Готовий продукт аміачна (селітра) містить  $W_1(\%)$  NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> і  $W_2(\%)$  вологи. Дані вашого варіанту в таблиці 2.2.

**4.1.1** Кількість безводної селітри NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> в початковому розчині  $G^1 = \frac{G \cdot W}{100}$

**4.1.2** Кількість вологи в цьому розчині  $G_B = G - G^1$

**4.1.3** Кількість готового продукту, одержаного після кристалізації  $G^{11} = \frac{G}{W \cdot 100}$

**4.1.4** Кількість вологи в готовому продукті  $G_B = G^{11} - G^1$

**4.1.5** Кількість вологи, видаленої у вигляді пари під час кристалізації  $G_B^1 = G_B - G_B^1$

**4.2** Результати розрахунків представити у вигляді таблиці матеріального балансу.

Таблиця 2.2

№ варіанту	G	W(%)	W <sub>1</sub> (%)	W <sub>2</sub> (%)	№ варіанту	G	W(%)	W <sub>1</sub> (%)	W <sub>2</sub> (%)
1	100	96	98,8	0,2	13	4000	95	98,8	0,2
2	200	96	98,8	0,2	14	5000	95	98,9	1,1
3	300	96	98,8	0,2	15	6000	95	98,9	1,1
4	400	96	98,8	0,2	16	7000	95	98,9	1,1
5	500	96	98,8	0,2	17	8000	95	98,9	1,1
6	600	96	98,8	0,2	18	9000	95	98,9	1,1
7	700	96	98,8	0,2	19	1000	95	98,9	1,1
8	800	96	98,8	0,2	20	2,50	95	98,9	1,1
9	900	96	98,8	0,2	21	250	95	98,9	1,1
10	1000	96	98,8	0,2	22	1150	95	98,9	1,1
11	2000	96	98,8	0,2	23	125	95	98,9	1,1
12	3000	96	98,8	0,2	24	225	95	98,9	1,1



## 5 Висновки

### 6 Контрольні питання:

6.1 Який закон лежить в основі розрахунку матеріального балансу?

6.2 Для чого складають матеріальний баланс?

6.3 Привести формулювання закону збереження речовини?

### Література

1 Сороко В.Е., Вечная С.В., Попова Н.Н. Основи химической технологии. -Ленинград.: Химия, 1986, с.42-44.

## Інструкція до виконання практичної роботи 3

**Тема:** Вивчення і порівняння будови і роботи печей для випалювання колчедану

**1 Мета:** Ознайомитись з роботою і будовою печей для випалювання колчедану

### 2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення

2.1 Схеми

2.2 Інструкція

### 3 Теоретичні відомості

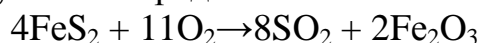
Сірчистий газ являє собою суміш оксиду сірки (IV) з азотом, киснем і іншими домішками.

Сірчистий газ використовується не тільки для одержання сірчаної кислоти, але і в деяких інших виробництвах. Всі виробництва, що використовують сірчистий газ, отримують його внаслідок випалювання сірковмісного матеріалу.

Сировиною для виробництва сірчистого газу, частіше за все служать природні мінерали і відходи інших виробництв, які містять сірку.

Для випалювання колчедану використовують печі різної конструкції: механічні поличні печі, печі КС, печі пильовидного обжигу колчедану.

Процес обжигу колчедану можна представити загальним рівнянням:



Печі пильовидного обжигу застосовуються для обжигу сухого флотаційного колчедану. Дрібні частинки колчедану, що випалюються омиваються з усіх сторін повітрям і тому інтенсивніше згорають і важче спікаються, чим у полочних печах. В печі допустима температура до 1100°C. Це дозволяє подавати в печі менший (чим в полочних) надлишок повітря.

Отримують газ, який містить 13% SO<sub>2</sub>, а в огарку залишається 1 - 1,5% S. При простому устрої інтенсивність роботи печі складає 700-1000 кг/м за добу. Тепло газів, що входять з температурою 1000°C, використовується в котлах - утилізаторах для отримання пару.

Недолік цих печей:

- необхідність застосування колчедану з малою вологістю і без великих коливань вмісту сірки. При зміні складу колчедану різко коливається склад газу; вологий газ забиває форсунки і порушує роботу печі.

- запиленість газу складає більше  $100\text{г/м}^3$  проти приблизно,  $10\text{ г/м}$  в механічних печах.

Печі КС. На відміну від механічних не можна спалювати матеріал, що різниться по розміру частинок, так як швидкість повітря, що відповідає зависанню зерен, приблизно пропорційна їх розміру і крупні частинки рядового колчедану матимуть в десятки раз більшу швидкість повітря, чим частинки флотаційного.

В печах КС при повному обтіканні повітрям частинок концентрація їх в об'ємі вища, чим в печах пильовидного обжиту, тому вищі інтенсивність роботи печей, і складає  $10000 - 1800\text{ кг/м}^3$  за добу. Отримують газ, що містить до  $15\%$   $\text{SO}_2$  при  $0,5\%$  сірки в огарку. Для використання тепла реакції труби парових котлів - утилізаторів встановлюю в потоці газу, або в киплячому шарі. Зйом пару вищий, чим в печах пильовидного обжиту і досягає  $1,3\text{ т}$  на  $1\text{ т}$  колчедану; температура однакова в усьому шарі; шляхом відводу тепла, вона підтримується на рівні  $800^\circ\text{C}$ .

Запиленість газу в печах КС іще більша, чим при пильовидному обжиту.

Механічні поличні печі є універсальними для обжиту будь-якої сипучої сировини. Огарок, що виходить містить до  $2\%$  сірки, що не вигоріла. Інтенсивність роботи складає  $185\text{ кг}$  на  $1\text{ м}^3$  об'єму печі за добу. При випалюванні флотаційний колчедан легко спікається в куски, тому температура вище  $850-900^\circ\text{C}$  не допустима. Висока температура викликає також корозію і поломки чавунних зубців, гребків і навіть валу печі. Механічні поличні печі мають складну конструкцію, вони мало інтенсивні, а також дорогі в експлуатації, не забезпечують достатнього випалювання сірки із колчедану і високу концентрацію. Сірчистого газу і тому вони витісняються печами інших типів.

## **4 Хід роботи**

**4.1** Замалювати і описати роботу механічної поличної печі

**4.2** Замалювати і описати роботу печі пильовидного обжиту колчедану

**4.3** Замалювати і описати роботу печі КС

## **5 Висновки**

### **6 Контрольні питання:**

**6.1** Що являє собою сірчистий газ?

**6.2** Яка будова печей для випалювання колчедану?

**6.3** Який тип печей найбільш ефективний?

**6.4**Що служить сировиною для обжиту сірчистого газу?

## **Література**

**1** Основы химической технологии, под ред. Мухленова И.П. – Москва.: Высшая школа, 1991, с 249-354

## **Інструкція до виконання практичної роботи 4**

**Тема:** Виробництво метилового спирту

**1 Мета :** Ознайомитись з процесом виробництва метилового спирту

## 2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення

### 2.1 Схеми

### 2.2 Інструкція

## 3 Теоретичні відомості

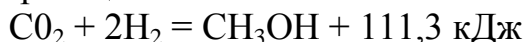
На території бувшого РС перший завод по виробництву синтетичного метанолу був введений в дію в 1933 році.

В даний час біля 90% всього метанолу випускають синтетичним шляхом, решту при перегонці деревини.

Із метанолу отримують формальдегід, який використовують при виробництві пластмас, диметилсульфату, метиламіну, метилового ефіру, акрилової кислоти і ряду інших продуктів. Застосовують метанол також як розчинник і в якості добавки для моторного палива.

Сировиною для виробництва служить синтез-газ, в якому співвідношення CO:H<sub>2</sub> досягає 1:2-1:4.

Метанол утворюється по реакції



Синтез метилового спирту на основі вуглецю і водню за фізико-хімічними умовами його проведення і за технологічним оформленням аналогічний процесу синтезу аміаку. Взаємодія суміші ретельно очищених газів відбувається при високому тиску і температурі в присутності каталізаторів. Із-за малого виходу кінцевого продукту процес є циклічним. Параметри процесу T = 620 - 680K, P = 20 - 30 Мпа і об'ємна швидкість V = 3500-4000 год<sup>-1</sup> на цинкохромовому каталізаторі (ZnO + Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), або при T = 490 - 570K, 5-10 Мпа, і V = 8000-10000 год<sup>-1</sup> на низькотемпературних каталізаторах, що містять мідь (CuO+ZnO+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> або CuO+ZnO+Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Каталізатори, що містять мідь значно уступають каталізаторам, які називають цинкохромовими за стійкістю.

Позитивно впливає на їх активність присутність в газі невеликих кількостей CO<sub>2</sub>. Вихід метанолу за один цикл складає біля 4%.

При підвищенні об'ємної швидкості степінь перетворення вихідної суміші за один перехід зменшується, але при циклічній схемі з циркуляцією газів кількість метилового спирту зростає, так як ступінь перетворення знижується повільніше, чим збільшується об'ємна швидкість.

Константа рівноваги

$$K = - \frac{p \cdot \text{CH}_3\text{OH}}{p \cdot \text{CO} \cdot \text{H}_2}$$

Падає із підвищенням температури і може бути розрахована за рівнянням:

$$\lg K_p = 10,826 + 3886/T - 8,1421 \lg T + 2,479 \cdot 10^{-7} T.$$

При низьких температурах (коли рівновага дуже зміщена в сторону метанолу) реакція проходить дуже повільно. Стічні води у виробництві метанолу - це води від промивки шламів і ємностей разом із виходами на стадії очистки метанолу. У стічних водах разом з метанолом міститься до 0,3% метанолу і інших кисневих сполук вуглецю

Повна очистка стічних вод досягає при їх біологічній обробці в аеротенках з активним (шаром) ілом

## **4 Хід роботи**

**4.1** Замалювати технологічну схему одержання метанолу

**4.2** Описати технологічну схему одержання метанолу

**4.3** Порівняти виробництво метанолу і аміаку

## **5 Висновки**

### **Література**

**1** Основы химической технологии, под ред. Мухленова И.П. – Москва: Высшая школа, 1991, с 249-354

**2** Лебедев М.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза

## **Інструкція до виконання практичної роботи 5**

**Тема:** Виробництво оцтового альдегіду

### **1 Мета:**

**1.1** Ознайомитись з процесом виробництва оцтового альдегіду

**1.2** Ознайомитись з процесом гідратації

### **2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення**

**2.1** Схеми

**2.2** Інструкція

### **3 Теоретичні відомості**

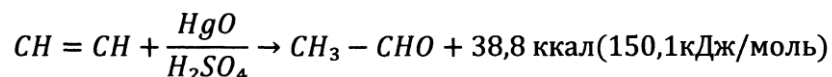
Ацетальдегід використовується великими кількостями як напівпродукт для численних промислових синтезів: оцтова кислота, оцтовий ангідрид, етиловий спирт, пентаеритрит  $C(CH_2OH)_4$ , акролеїн  $CH_2=CH-CHO$ , молочна кислота,  $\alpha$ -оксипропіонітрил, 1,3-бутадієн, етилацетат, синтетичні смоли та інш.

$CH_3CHO$  - летка рідина з різким запахом, температура кипіння  $21^\circ C$ , температура плавлення =  $-123,5^\circ C$  [теплота випаровування (при  $20^\circ C$ )  $137 \text{ ккал/кг}$ ]. [Границі вибухонебезпечної концентрації парів ацетальдегіду у повітрі 4-57% об'єми.].

Ацетальдегід змішується у всіх відношеннях з водою, спиртом, ефіром і іншими органічними речовинами. Вдихання парів  $CH_3CHO$  викликає прискорене серцебиття і подразнення слизових оболонок, а великі концентрації викликають ядуху, сильний кашель і головний біль.

Гранично припустима концентрація  $CH_3CHO$  в повітрі виробничих приміщень  $0,1 \text{ мг/л}$ . Ацетальдегід синтезують такими способами: пряма гідратація ацетилену, гідратація ацетилену з проміжним одержанням вінілового ефіру, дегідрування етилового спирту, ізомерізація окису етилену (як побічний продукт виробництва бутадієну з етилового спирту, окислення насичених вуглеводнів і інш).

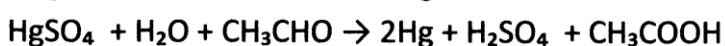
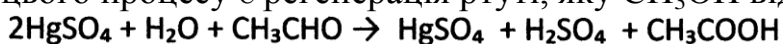
Синтез ацетальдегіду за реакцією Кучерова полягає у взаємодії ацетилену з водою у присутності окису ртуті, розчиненої в сірчаній кислоті



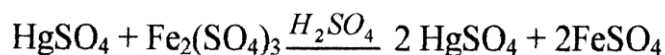
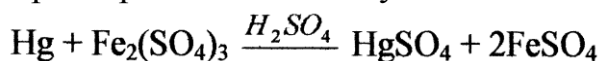
Процес гідратації ацетилену проводиться за безперервною схемою.

Ацетилен барботує через шар каталізаторної рідини ( розчин сірчаної кислоти ртуті у розчині сірчаної кислоти)  $\omega(H_2SO_4)$  у каталізаторній рідині у різних установках складає від 6 до 35% (від ваги рідини)

При підвищенні кислотності швидкість гідратації ацетилену збільшується і зменшується необхідний об'єм каталізаторної рідини, але можуть бути побічні реакції (утворення кротонового альдегіду, обсмолення продукту реакції). Вміст HgO в каталізаторній рідині не перевищує 1%. Гідратацію проводять при температурі 75-100°C. З підвищенням температури та підвищується швидкості але посилюється обсмолення. Оптимальну температуру встановлюють залежно від складу каталізаторної рідини та об'ємної швидкості ацетилену. Проблемою цього процесу є регенерація ртуті, яку  $CH_3OH$  відновлює :



Завдяки присутності окисного заліза і вільної кислоти металічна ртуть перетворюється в окисну:



Основним реакційним апаратом процесу є гідратор, який являє собою порожнисту вертикальну колону висотою близько 15 м. Діаметр нижньої частини колони 1,34 м; верхня частина колони є бризговловлювачем, розширена (діаметр 2,6 м). Нижнє днище гідратора - конічне.

Апарат виготовляють із хромонікелевої або хромонікельмолібденової сталі або із звичайної вуглецевої сталі, гумової для захисту від корозії (товщина шару гуми 4-6 мм).

Одержання ацетальдегіду в присутності не ртутних каталізаторів. Застосування ртуті має такі недоліки: металічна ртуть дорога і шкідлива для здоров'я (серцева слабкість, запальні процеси в легенях, ураження нервової системи).

Металічна ртуть летка, хоча кипить при температурі 357°C, але випаровується при кімнатній температурі. Ртуть в умовах процесу гідратації проникає в майже в усі апарати установки і в одержу вальні продукти. Можуть бути значні втрати ртуті і професійні захворювання персоналу.

Застосовують не ртутні каталізатора, які менш активні і працюють при більш високих температурах, та суміш  $CdHPO_4 \cdot Ca(PO_4)_2$  є активною при температурі 350-400° С.

Реакція Кучерова в присутності не ртутного каталізатора є гетерогенною каталітичною реакцією. Високий вихід ацетилену можна одержати, наприклад, за таких умов.

Ацетилен, розведений азотом змішують з водяною парою і пропускають при підвищеній температурі над каталізатором. Завдяки розведенню ацетилену азотом і водяною парою можна запроваджувати великі об'ємні швидкості і зменшити до часток секунди тривалість контакту при високій температурі. За цих умов заглушуються побічні реакції і вихід ацетальдегіду складає (92-95%).

## 4 Хід роботи

4.1 Замалювати схему одержання оцтового альдегіду

4.2 Описати процес гідратації ацетилену з ртутним каталізатором

## 5 Висновки

### 6 Контрольні питання

6.1 Які процеси лежать в основі одержання спиртів, фенолів, простих ефірів, ненасичених сполук, карбонових кислот і їх похідних, складних ефірів, ангідридів, нітрilів, амідів і інших сполук?

6.2 Яка реакція лежить в основі одержання оцтового альдегіду в присутності ртутного каталізатора?

## Література

1 Основы химической технологии, под ред. Мухленова И.П. – Москва.: Высшая школа, 1991, с 249-354

2 Лебедев М.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза

## Інструкція до виконання практичної роботи 6

**Тема:** Виробництво волокна капрон

**Мета:** Ознайомтесь з технологією виробництва волокна капрон

### 2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення

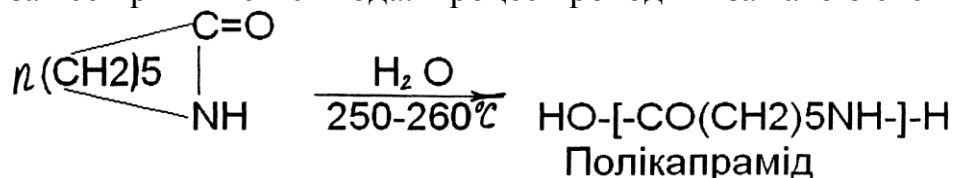
2.1 Технологічна схема

2.2 Інструкція

### 3 Теоретичні відомості

Синтетичні волокна одержують із синтетичних полімерів: гетероцепних і карбоцепних.

Волокно капрон виготовляють із поліамідної смоли (полікапроаміду) шляхом формування із розплаву. Поліамідну смолу одержують термічною полімеризацією циклічного мономеру капролактаму. Перетворення циклів в лінійні полімери називається поліамідування. Процес полімеризація капролактаму проходить тільки при порівняно високій температурі і підвищеному, нормальному чи пониженому тиску в присутності активатора. На виробництві в якості активатору процесу поліамідування капролактаму частіше за все приміняється вода. Процес проходить за такою схемою



До полікапроаміду, який призначений для переробки у волокно капрон, ставляться певні вимоги. Він повинен мати достатньо велику молекулярну масу

(не нижче 1100 ) і повинен бути монолітним - не повинен містити великого числа пустот і раковин. Крім того, в полімері не повинен бути продуктів окислення (колір полікапроаміду - (білий).

Задана молекулярна маса полімеру може бути досягнена регулюванням умов поліамідування - температури, тривалості процесу і вмістом регулятора (стабілізатора).

Регулятором молекулярної маси поліамідів є речовини, які здатні при синтезі полімеру взаємодіяти з однією з кінцевих груп макромолекули, припиняючи її ріст. Частіше за все в якості регулятора застосовують оцтову, сецабинову чи адіпінову кислоту. Змінюючи кількість регулятора, який додають, можна отримати полімер з бажаною молекулярною масою. Чим більше регулятора додається до мономеру, тим менше молекулярна маса полімеру.

Окислення полікапроаміду можна уникнути при відповідних умовах, що забезпечують повну ізоляцію реакційної маси від дії кисню повітрям. В якості захисного середовища при поліамідуванні капролактаму і формуванні ниток використовують азот, який містить не більше 0,0005% кисню.

Азот, необхідний для цих цілей виробляють безпосередньо на заводах хімічних волокон.

В промисловості полікапроамід спочатку отримували періодичним способом, але зараз цей спосіб майже втратив своє значення і витісняється більш прогресивним неперервним процесом. Цей спосіб являється прогресивним за рахунок сталості і рівномірності властивостей отриманого полімеру, так як можливо максимально механізація і автоматизація виробництва.

Капрон як і інші поліамідні волокна поліамідні волокна мають високу міцність на розрив стійкість до витирання, еластичність, стійкість до дії мікроорганізмів.

Капрон використовують для виготовлення високоякісного корду, парашутів, тканин для надувних подушок безпеки.

Специфічні властивості багатьох волокон утворюючих поліамідів, здатних плавитись без розкладу дозволили розробити спосіб формування ниток із розплаву. Цей спосіб є найбільш ефективним із всіх відомих способів формування хімічних волокон.

Основні параметри процесу формування ниток - температура й швидкість - визначаються властивостями полімеру, товщиною елементарних і комплексних ниток, призначенням і заданими властивостями ниток.

Температури формування ниток відповідає температурі правильної решітки. Остання змінюється в межах 265 - 290°C залежності від молекулярної маси полімеру. Чим вона більша, тим вище температура формування нитки. Температура рубашки звичайно нижче температури решітки на 2 - 5°C.

Швидкість формування міняється в межах 350 -1500 м/хв і залежить від продуктивності правильного пристрою, в'язкості розплаву полімеру, молекулярної маси полімеру і температури формування товщини елементарних і комплексних ниток.

#### **4 Хід роботи**

**4.1** Ознайомтесь з технікою безпеки на виробництві поліамідного волокна капрон

**4.2** Замалювати технологічну схему виробництва поліамідного волокна капрон

**4.3** Описати основні стадії технологічного процесу виробництва капрону:

**4.3.1 Синтез полімеру**

**4.3.2 Приготування прядильного розплаву полімеру**

**4.3.3 Формування волокна**

**4.3.4 Обробка волокна**

## **5 Висновки**

### **6 Контрольні питання**

**6.1** Які волокна називають поліамідними ?

**6.2** Де застосовується волокно капрон?

**6.3** В присутності якої речовини іде процес полімеризації поліакапроаміду?

**6.4** В чому переваги безперервного способу виробництва капрону?

## **Література**

**1** Основы химической технологии, под редакцией И. П. Мухлленова, Москва.: «Высшая школа», 1991. - с. 443 - 444.

**2** Рязов А. Н. Технология производства химических волокон, - Москва.: Химия, 1980 -с. 263 -309

## **Інструкція до виконання практичної роботи 7**

**Тема:** Виробництво волокна анід

**1 Мета:** Ознайомитись з процесом одержання поліамідного волокна анід

### **2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення**

**2.1** Технологічна схема

**2.2** Інструкція

### **3 Теоретичні відомості**

Виробництво найлону 6,6 (аніду) розпочалося в 1783 року.

Широке виробництво поліамідів обумовлене їх простотою одержання, наявністю економічних методів синтезу похідних речовин із нафтохімічної сировини, а також вдалим поєднанням хімічних і механічних властивостей полімерів.

Технологічний процес виробництва анідного волокна включає такі стадії:

1 розчинення солі АГ

2 поліконденсація солі АГ

3 одержання крихти

4 сушка крихти

5 формування ниті

6 послідуоча обробка

Технологічний процес одержання поліаміду

Анід є розчинення солі АГ в дистильованій воді або демінералізованій воді при 70 -75 °С. Сіль АГ являє собою еквімолярне співвідношення адипінової кислоти і гексаметилендіаміну.

При розчиненні солі АГ додають регулятор молекулярної маси полімера - оцтову кислоту.



При проведенні процесу поліконденсації солі АГ необхідно дотримуватися вимог, які характерні для волокнотворних полімерів: висока молекулярна маса, монолітність і відсутність продуктів окислення

При проходженні даного процесу необхідно:

1 постійне співвідношення гексаметилендіаміну і адипінової кислоти (за масою) в процесі реакції

2 досить повне видалення води

3 виключення можливості термічної деструкції полімера

4 повну ізоляцію реакційної маси від дії кисню та повітря

При періодичному процесі поліконденсації солі АГ відбувається в три стадії

*Перша стадія.* Реакція протікає під тиском 1,5 - 1,7 Па до температури реакційної маси 260°C. Реакція проводиться в водному середовищі.

*Друга стадія* складається із операції відгонки води і пониження в автоклаві тиску до атмосферного.

*Третя стадія* одержання полімеру здійснюється під вакуумом. Тиск в автоклаві знижується рівномірно протягом однієї години. Після витримки розплаву полімеру під вакуумом реакція закінчується і полімер вигружується із автоклаву за допомогою азоту зжатого під тиском 0,2 - 0,3 Па загальна тривалість процесу третьої стадії 3 години. На цій стадії температура в автоклаві підтримується в межах 275 - 278 °С.

Сумарна тривалість другої та третьої стадій повинна бути не менше ніж 5 годин, так як тільки в цьому випадку вдається забезпечити високу ступінь завершеності реакції і одержати полімер із заданою молекулярною масою.

Тривалість вигрузки полімера із автоклави 20 - 60 хвилин, тривалість циклу одержання полімеру 8 - 10 годин.

Із автоклава стрічка полімеру подається у ванну, а з ванни на рубильний станок. Формування анідної нитки проводять із розплаву. Використовують прядильні машини оснащені пристроєм для термічної витяжки і паровою камерою для фіксації витягнутої нитки.

Анідна нитка після формування містить незначну кількість (до 1%) низькомолекулярних сполук, тому при її обробці не потрібна обробка гарячою водою. Для фіксації крутіння, нитку піддають термічній обробці на сталевих перфорованих бабінах при 125 - 130°C в середовищі водяного пара в горизонтальних автоклавах. Після фіксації нитку витримують 6 -8 годин в кондиціонованих умовах перемотувального цеха. Потом нитки текстильного призначення перемотують (з замаслюванням).

Кордна нитка далі піддається крутінню і подається на ткацтво корда.

## **4 Хід роботи**

**4.1** Замалювати технологічну схему виробництва анід

**4.2** Описати стадії одержання анідної нитки

## **5 Висновки**

### **6 Контрольні питання**

**6.1** Яка речовина використовується для виробництва анідного волокна?

**6.2** Як ведеться формування анідної нитки?

**6.3** Де використовуються анідні волокна?

## **Література**

**1** Рузов Д.Н, Груздев В.А. та ін. Технологія виробництва хімічних волокон -  
Молсква. : Хімія, 1780