

УДК 338.364.4

Т.І. Балич, Р.І. Михайлишин, канд. тех. наук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РОЗРАХУНКУ ПЛАСТИНЧАСТИХ ТЕПЛОБМІННИКІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ РОЗЧИНУ ФОРМАЛІНУ

T.I. Balych, R.I. Mykhailyshyn, Ph.D.

### DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR CALCULATING PLATE HEAT EXCHANGERS IN THE PRODUCTION OF FORMALIN SOLUTION

Основний спосіб отримання формальдегіду - абсорбція формальдегідомісних реакційних газів. Ці гази утворюються в результаті взаємодії метанолу з киснем повітря, в присутності парів води, в контактному апараті, в шарі каталізатора. Окислення метанолу в формальдегід проводиться з використанням срібного каталізатора при температурі  $650^{\circ}\text{C}$  і атмосферному тиску. Це добре освоєний технологічний процес, і 80% формальдегіду виходить саме за цим методом. Нещодавно розроблений більш перспективний спосіб, заснований на використанні залізо-молібденових каталізаторів. При цьому реакція проводиться при  $300^{\circ}\text{C}$ . В обох процесах ступінь перетворення становить 99% [1].

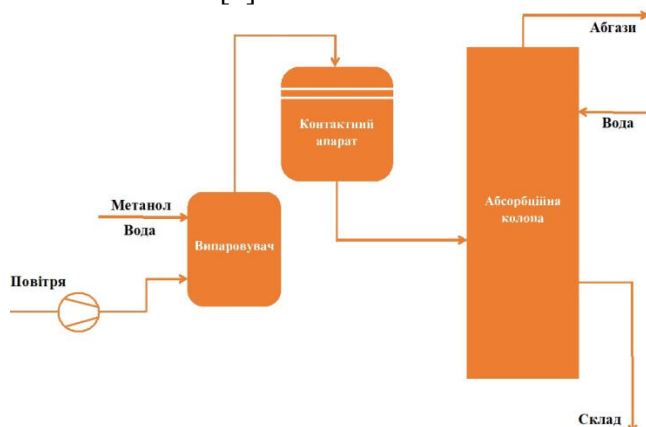


Рисунок 1. Процес виробництва формаліну

колони;

- готова продукція, розчин формальдегіду, направляється на склад готової продукції.

Варто згадати, що карбамідоформальдегідний концентрат (КФК) отримують так само, як і формалін, тільки абсорбцію формальдегідомісного газу ведуть розчином карбаміду, а не водою, як в разі отримання формаліну [2].

В процесі дослідження виробництва КФК було виявлено, що на одному із етапів виробництва газ, що виходить з восьмої тарілки, практично вільний від органічних речовин, насичений парою і має достатньо високу температуру (від  $45$  до  $55^{\circ}\text{C}$ ). Частина газу використовується для окислення метанолу, частина викидається з установки.

Так як кількість пари в газі для окислення надто велика, його необхідно перед відправкою в секцію окислення метанолу охолодити, що дає можливість сконденсувати його і відділити частину пари з газу.

Таке охолодження досягається в третій насадці колони, яка працює як конденсатор газопарової суміші. В третій насадці газ промивається конденсатом, який циркулює при роботі насоса через пластинчастий охолоджувач.

Надлишкова частина одержаного водного конденсату відправляється в ємність

У загальних рисах, процес виробництва формаліну виглядає наступним чином:

- стадія підготовки спиртоповітряної суміші, яка проводиться в випарнику метанолу;
- каталітичне перетворення метанолу в формальдегід, яке проводиться в контактному апараті при температурі понад шестисот градусів, в шарі каталізатора;
- стадія поглинання формальдегіду водою, яка проводиться в абсорбційній

технічного конденсату і використовується для приготування розчину карбаміду, що подається на восьму тарілку колони, а також служить для першого наповнення третьої насадки. Чим більший перепад температури між входом і виходом теплообмінника, тим більше пари сконденсується з газу, який набуде більшої концентрації. Теоретично це може дозволити збільшити вихід готової продукції КФК, та зменшити викиди в атмосферу. Розрахунок теплообмінного апарату і визначення площі поверхні теплообмінника проводяться за рівнянням теплопередачі, з якого слід:

$$F = \frac{Q}{k \times \Delta t} \quad (1)$$

Рішення поставленої задачі полягає в послідовному визначенні  $Q, k, \Delta t$

$$Q = G_1 \times c_{p1} \times (t_{1,1} - t_{1,2}) \quad (2)$$

де  $t_{1,1}$  – температура формальдегіду на вході в теплообмінник,  $t_{1,2}$  – температура формальдегіду на виході з теплообмінника,  $G_1$  – витрата формальдегіду,  $C_{p1}$  – питома теплоємність.

$$\Delta t = \frac{(t_{1,2} - t_{2,1}) - (t_{1,1} - t_{2,2})}{\ln \left( \frac{t_{1,2} - t_{2,1}}{t_{1,1} - t_{2,2}} \right)} \quad (3)$$

де  $t_{2,1}$  – температура охолоджуючої води на вході в теплообмінник,  $t_{2,2}$  – температура охолоджуючої води на виході з теплообмінника.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (4)$$

де  $\alpha_1$  – коефіцієнт тепловіддачі формальдегіду,  $\alpha_2$  – коефіцієнт тепловіддачі води,  $\delta_{cm}$  – товщина стінки пластини,  $\lambda_{cm}$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу пластини.

В даній роботі був розроблений програмний застосунок, який дозволяє автоматизувати розрахунок пластинчастих теплообмінників по заданим параметрам.

Охолодження потоку 2% розчину формальдегіду від температури	t1_1	35,6	°C
Охолодження потоку 2% розчину формальдегіду до температури	t1_2	33	°C
Масова витрата формальдегіду	G1	78	kg/s
Температура охолоджуючої води на вході в теплообмінник	t2_1	28	°C
Витрата охолоджуючої води	G2	56	kg/s
Коефіцієнт тепловіддачі	α1	2000	W/(m²·K)
Коефіцієнт тепловіддачі	α2	4000	W/(m²·K)
Товщина стінки	δст	0,0015	m
Коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки	λст	100	W/(m·K)
Питома теплоємність	Ср2	4191	J/(kg·K)
Питома теплоємність	Ср1	4187	J/(kg·K)

Результат: 145,26 м²



Рисунок 2. Програма для розрахунку теплообмінників

### Література

1. Усачев Н.Я., Круковский И.М., Канаев С.А. Неокислительное дегидрирование метанола в формальдегид- М.: издательство «Российская академия наук (Москва)», 2004. - 420 с.
2. Митронов О. П., Глікін М. А., Кочергін О. М., Мудрий О. П., Ставраті В. І., Зубко Л. П., Кулешов М. П., Громихаліна С. О. Спосіб одержання формальдегіду. — 2003.
3. Небесний Р. В., Івасів В. В., Жизневський В. М., Шибанов С. В. Спосіб отримання каталізатора газофазної конденсації насичених карбонових кислот з формальдегідом. — 2010.
4. Химическая энциклопедия / Под. ред. Зефирова Н. С. — Москва : Большая российская энциклопедия, 1998. — Т. 5. — С. 115.