

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Шосткинський інститут Сумського державного університету
Фармацевтична компанія «Фармак»
Управління освіти Шосткинської міської ради
Виконавчий комітет Шосткинської міської ради

ОСВІТА, НАУКА ТА ВИРОБНИЦТВО: РОЗВИТОК ТА ПЕРСПЕКТИВИ

МАТЕРІАЛИ III Всеукраїнської науково-методичної конференції

(Шостка, 19 квітня 2018 року)



Суми
Сумський державний університет
2018

**МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ
КОНЦЕНТРУВАННЯ РОЗЧИНУ СУЛЬФАТНОЇ КИСЛОТИ
ВИПАРОВУВАННЯМ У ПОТІК НЕЙТРАЛЬНОГО ГАЗУ**

О.Е. Харчук, С.М. Романько, С.В. Тимофіїв

Шосткинський інститут Сумського державного університету
khtms@ishostka.sumdu.edu.ua

Перспективним методом концентрування сульфатної кислоти, особливо для малотонажних виробництв, є спосіб, в якому кислота нагрівається через стінку апарату, а випаровування відбувається в потік нейтрального газу (повітря) [1]. Такий метод дозволяє проводити концентрування при температурі нижче температури кипіння кислоти і відповідно використовувати низькотемпературні теплоносії для її нагрівання [2]. Необхідні для розрахунку процесу концентрування значення швидкості випаровування розчину кислоти w і коефіцієнт масовіддачі води в газову фазу β , при використанні в якості нейтрального газу повітря, можуть бути знайдені за емпіричними рівняннями, які були отримані в роботах [3, 4].

$$w = w_0 e^{k_w x}, \quad (1) \quad Nu_D = Nu_{D0} e^{k_\beta x}, \quad \beta = \frac{Nu_D D}{\delta} \frac{\mu_B}{RT_\Gamma}, \quad (2)$$

де w_0 , Nu_{D0} , k_w , k_β - експериментально визначені коефіцієнти; R - газова стала, Дж/кмоль гр; T_Γ - температура газової фази, К; δ - діаметр апарату (вільної поверхні кислоти), м; D - коефіцієнт дифузії пари води в повітря, м²/с.

Результати визначення масової частки води в кислоті представляли у вигляді її залежності від часу $x = f(\tau)$ при різних параметрах процесу - швидкості подачі повітря, температури вхідного повітря, температури кислоти, початкової концентрації кислоти.

У даній роботі були проведені розрахунки процесу концентрування розчину сульфатної кислоти в діапазоні зміни його параметрів, який відповідав їх змінам при експериментальному визначенні коефіцієнтів рівнянь (1) і (2) [3, 4]. Результати такого моделювання процесу концентрування представляли у вигляді графічних залежностей відносної масової частки води від часу, які характеризують зміни складу розчину кислоти при його концентруванні (рис. 1). Аналіз отриманих даних показує, що з підвищенням температури нагрівання розчину кислоти та зі збільшенням кількості повітря, що подається в апарат інтенсивність концентрування розчину кислоти збільшується (рис. 1 a,b). Температура нейтрального газу мало впливає на процес концентрування (рис. 1 c). Розрахунки показують, що чим більшу концентрацію (меншу масову частку води в розчині) має початковий розчин кислоти, тим повільніше відбувається процес концентрування (рис. 1 d).

Таким чином результати досліджень, отримані на підставі розробленої моделі, дозволили встановити залежність зміни складу розчину кислоти під час концентрування від параметрів процесу. Отриманий алгоритм розрахунку процесу може бути використаний для визначення раціональних режимів концентрування

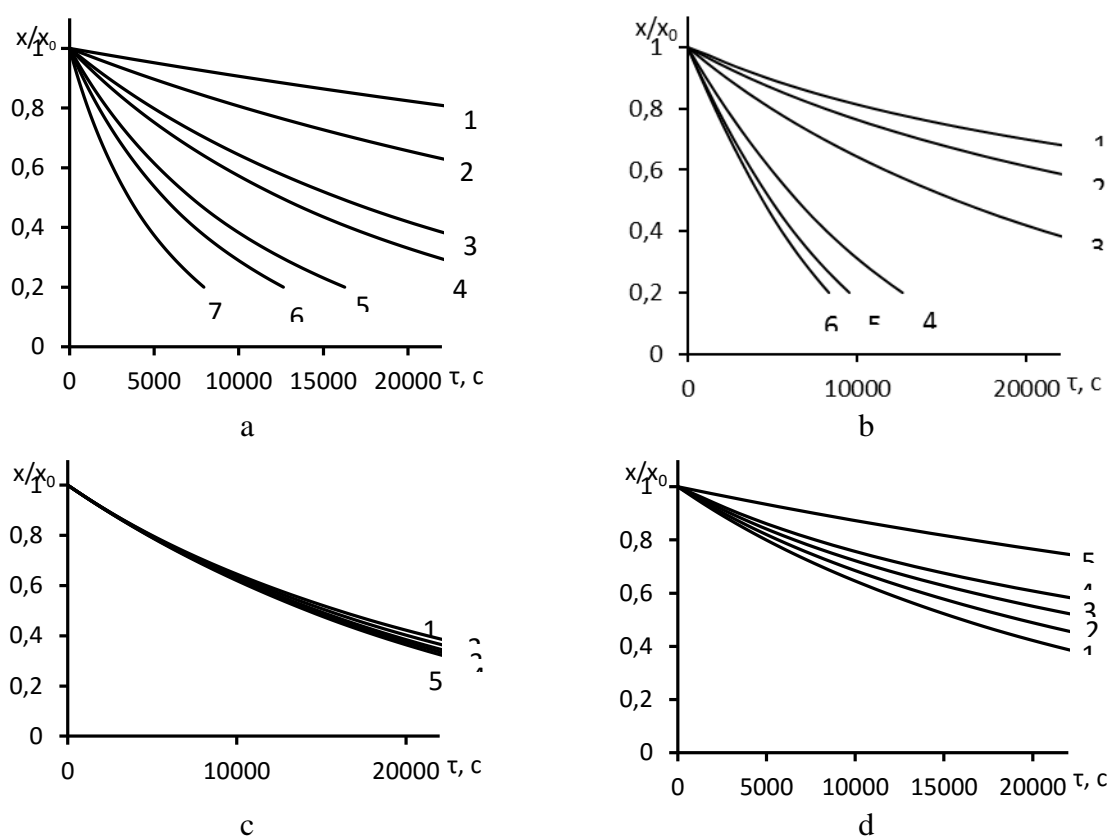


Рис. 1. Вплив параметрів процесу концентрування на зміну відносної масової частки води у розчині кислоти, що концентрується:
 а) температури розчину при $x_0=0,4$; $v=3,9 \cdot 10^{-3}$ м/с; $t_{r0}=20^\circ\text{C}$ (1– $t_k=100^\circ\text{C}$; 2– $t_k=120^\circ\text{C}$; 3– $t_k=142^\circ\text{C}$; 4– $t_k=150^\circ\text{C}$; 5– $t_k=170^\circ\text{C}$; 6– $t_k=180^\circ\text{C}$; 7 – $t_k=200^\circ\text{C}$);
 б) швидкості руху нейтрального газу при $t_k=142$: $x_0=0,4$; $t_{r0}=20^\circ\text{C}$ (1– $v=1,0 \cdot 10^{-3}$ м/с; 2– $v=2,0 \cdot 10^{-3}$ м/с; 3– $v=3,9 \cdot 10^{-3}$ м/с; 4– $v=7,8 \cdot 10^{-3}$ м/с; 5– $v=8,8 \cdot 10^{-3}$ м/с; 6– $v=10 \cdot 10^{-3}$ м/с);
 в) температури нейтрального газу при $t_k=142^\circ\text{C}$; $x_0=0,4$; $v=3,9 \cdot 10^{-3}$ м/с (1– $t_{r0}=20^\circ\text{C}$; 2– $t_{r0}=50^\circ\text{C}$; 3– $t_{r0}=100^\circ\text{C}$; 4– $t_{r0}=142^\circ\text{C}$; 5– $t_{r0}=200^\circ\text{C}$);
 д) початкової масової частки води у розчині кислоти при $t_k=142^\circ\text{C}$; $v=3,9 \cdot 10^{-3}$ м/с; $t_{r0}=20^\circ\text{C}$ (1– $x_0=0,4$; 2– $x_0=0,35$; 3– $x_0=0,3$; 4– $x_0=0,25$; 5– $x_0=0,2$).

Список літературних джерел

1. Пат. 97392 Україна, МПК (2015) С01В17/88 Б01710-00. Спосіб концентрування сірчаної кислоти / В.К. Лукашов, С.М. Романько, С.В. Тимофіїв, А.М. Гудзовський; заявл. 13.10.2014 р; опубл. 10.03.2015, Бюл. №5.
2. Серафимов Л.А. Соблюдение первого закона Коновалова в процессе ректификации с инертным газом / Л.А. Серафимов, А.В. Фролкова // Вестник МИТХТ. – 2008. – Т.3, №2. – С. 45–52.
3. Lukashov V., Romanko S., Timofeev S., Protsenko A. Rate of components evaporation from sulfuric acid solution during its concentrating in air flow // Chemistry and Chemical technology. – 2017. – vol. 11. – no. 3. – pp. 344-348.
4. Лукашев В.К., Романько С.Н., Тимофеев С.В. Массоперенос при концентрировании серной кислоты испарением в поток воздуха // Журнал инженерных наук. – 2016. – № 2. – С. В1-В7.