

ДАВИДОВ А. С., БІРЮК Д. О., магістранти; ЗУБРІЙ О. Г., к.т.н., доц.  
 Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ РОТОРНО-ПЛІВКОВОГО АПАРАТА З ВИСХІДНИМ ПОТОКОМ

Проведено експериментальне дослідження середньої товщини плівки, гальмівного впливу стінки на рідину в роторно-плівковому апараті з висхідним потоком.

**Ключові слова:** роторно-плівковий апарат, висхідний потік, тонка плівка, гальмівний ефект.

© Давидов А. С., Бірюк Д. О., Зубрій О. Г., 2014.

**Постановка задачі та аналіз попередніх досліджень.** Актуальною науковою проблемою є підвищення інтенсивності процесів оброблення сировини в роторно-плівкових апаратах із висхідним потоком. Через складність гідродинаміки висхідного потоку відсутні точні аналітичні залежності, що його описують.

Існують плівкові апарати з гравітаційним рухом та висхідним потоком, що вимагають застосування довгих труб і певних гідродинамічних умов [1]. Коли необхідно забезпечити рівномірну товщину плівки, випаровувати в'язкі рідини та розчини, що кристалізуються, використання гравітаційних плівкових апаратів не рекомендовано [2].

Використання роторно-плівкового апарата з висхідною плівкою гарантує рівномірне розподілення плівки й максимальну щільність зрошення завдяки нерозривності потоку за висотою апарата. Відомі залежності для визначення висоти підйому рідини, що знаходиться в апараті, які встановлені без урахування складності характеру руху рідини [3].

**Метою** статті було експериментальне встановлення емпіричних залежностей висоти підйому та товщини плівки від кількості обертів та витрат рідини.

**Виклад основного матеріалу.** Дослідження здійснювали на експериментальній установці (рис. 1), що складається з роторно-плівкового апарата 1 з прозорою стінкою та висотою зливу 200 мм, ротора 2 з жорстко закріпленими лопатями, із можливістю регулювання кількості лопатей (від 2 до 6) і зазора між лопатями та стінкою. Досліджували висхідний рух ізотермічної течії води з температурою 18 °С за 6 лопатей і відстані між ними та стінкою 2 мм. Швидкість обертання ротора змінювали від 5 до 70 рад/с.

Рідина, що перебуває в апараті, обертаючись, утворює параболічний профіль і піднімається на висоту  $h = h_3 + \omega^2 R^2 / (4g)$ , де  $h_3$  – рівень рідини за нерухомого ротора, м;  $\omega$  – кутова швидкість, рад/с;  $R$  – радіус обертання, м;  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup> [4]. Ця формула є справедливою, якщо рідина обертається з тією ж кутовою швидкістю. Продуктивність забезпечується висотою підйому, більшою за висоту зливу.

Якщо під час обертання лопатей, внаслідок гальмівного впливу стінки, рідина рухається з кутовою швидкістю меншою, ніж у ротора, висота  $h$  перевищує дійсну висоту підйому. У такому випадку висота підйому  $h_p = K(h_3 + \omega^2 R^2 / (4g))$ , де  $K$  – коефіцієнт гальмівного впливу, що зростає зі збільшенням об'єму рідини  $V$ , яка перебуває в апараті, та зменшується із зростанням кутової швидкості (рис. 2).

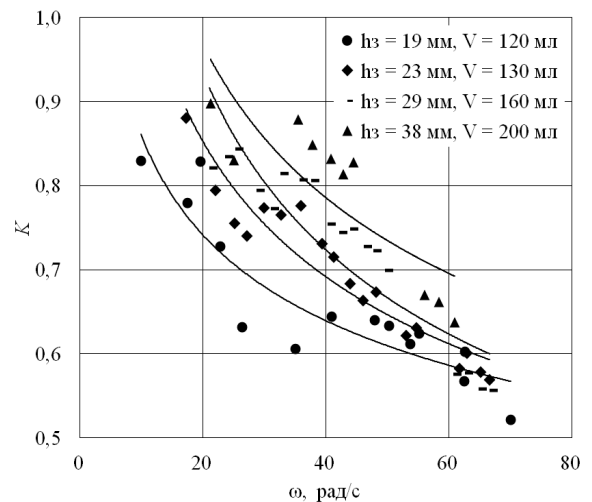
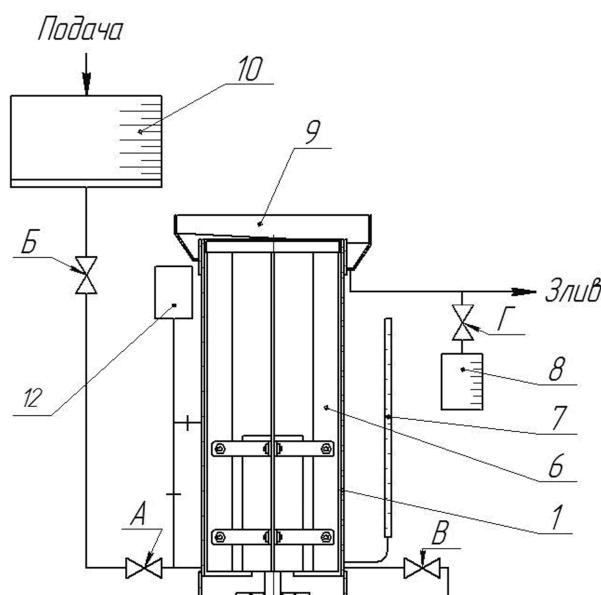
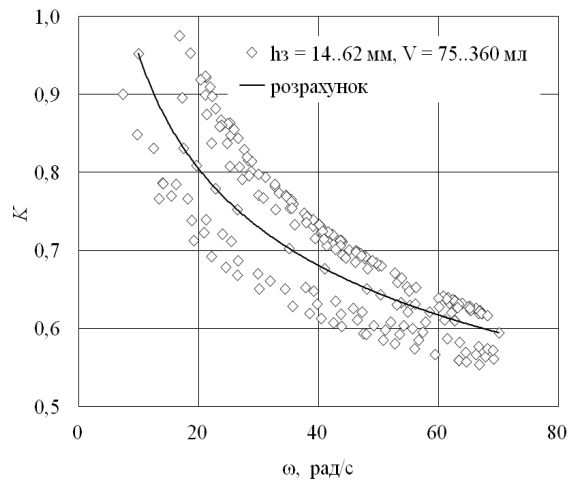


Рис. 2 – Залежність коефіцієнта гальмівного впливу від кутової швидкості ротора за різного об'єму рідини, що перебуває в апараті



**Рис. 3 – Узагальнена залежність**

Одержано узагальнену залежність коефіцієнта гальмівного впливу від кутової швидкості ротора за різного об'єму рідини, що перебуває в апараті  $K = (72,39h_3 + 0,283)\omega^{-7,8h_3 - 0,093}$ . Порівняння розрахункової величини  $h_p$  із дослідною висотою підйому рідини свідчить про достатню збіжність результатів (рис. 3). Достовірність апроксимації становить 0,96.

Далі визначали середню товщину плівки. Для цього після виходу апарата на продуктивність  $U$ , мл/с, за кутової швидкості  $\omega$  – кутова швидкість,  $\text{хв}^{-1}$ , одночасно зупиняли ротор та перекривали подачу води в апарат. Об'єм води  $V$ ,  $\text{м}^3$ , що залишався в апараті, вважали об'ємом плівки.

Середню товщину плівки визначали як  $\delta = V/(2\pi RH)$ .

Експериментально встановлено, що товщина плівки зростала із збільшенням продуктивності і зменшувалася із зростанням кутової швидкості. Одержано узагальнену залежність товщини плівки від цих параметрів  $\delta = 3,44U^{0,41}\omega^{-2,14}$ . Достовірність апроксимації становить 0,95.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** За результатами експериментальних досліджень гальмівного впливу стінки та товщини плівки в роторно-плівковому апараті з висхідною плівкою та консольним закріпленням лопатей встановлено залежності висоти підйому та товщини плівки від кутової швидкості ротора та витрати рідини. Похибка розрахунків не перевищує 5%. Результати можуть бути використані для попереднього розрахунку й подальшого дослідження роторно-плівкових апаратів із висхідною плівкою.

#### Список використаної літератури

1. *Василинец И. М.* Роторно-пленочные аппараты в пищевой промышленности / И. М. Василинец, А. Г. Сабуров. – М. : Агропромиздат, 1989. – 136 с.  
*Пленочная тепло- и массообменная аппаратура* / под ред. В. М. Олевского. – М. : Химия, 1988. – 240 с. – (Сер. «Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии»)  
*Hadley G. F.* A Mathematical and Experimental Study of a Climbing Film Evaporator / G. F. Hadley, A. L. Thomas // *Ind. Eng. Chem.* – 1960. – 52, № 1. – P. 71–74.  
*Канторович З. Б.* Основы расчета химических машин и аппаратов / З. Б. Канторович. – М. : Госмашиздат, 1960. – 743 с.

Надійшла до редакції 01.02.2014