

2. Skorohod V. V. Spekanie poroshkovykh materialov pri jelektrotermicheskom, plazmennom i lazernom nagrebe [Sintering of powder materials in the electrothermal, plasma and laser heating] / V. V. Skorohod // Poroshkovaja metallurgija. – 1998. – S. 228–248.
3. Rajchenko A. I. Osnovy processa spekanija poroshkov propuskaniem jelektricheskogo toka [Fundamentals of sintering powders by passing an electric current] / A. I. Rajchenko. – M. : Metallurgija, 1984. – 128 s.
4. Tolochko N. K. Izmerenie pogloshhatel'noj sposobnosti svobodno nasypannyh odnocomponentnyh metallicheskikh poroshkov i ee izmenenie v processe lazernoj obrabotki [Measurement of absorbance freely pour one component metal powders and its change during the laser processing] / N. K. Tolochko, Ju. V. Hlorkov // Poroshkovaja metallurgija. – 1997. – № 7/8. – S. 89–94.
5. Ragulja A. V. Selektivnoe lazernoe spekanie. [Selective laser sintering] 1. Principy. Kontinual'naja model' / A. V. Ragulja // Poroshkovaja metallurgija. – 1998. – № 8/9. – S. 94–99.
6. Kovalenko B. C. Uprochnenie i legirovanie detalej mashin luchom lazera [Alloying hardening of machine parts and the laser beam] / B. C. Kovalenko, L. F. Golovko, B. C. Chernenko. – K. : Tehnika, 1991. – 228 s.
7. Golovko L. F. Lazerni tehnologii i ta komp'juterne modeljuvannja [Laser technology and computer simulation] / L. F. Golovko, S. O. Luk'janenko. – K. : Vistka, 2009. – 295 s.
8. Golovko L. F. Vlijanie lazernogo nagreva na prochnost' kubicheskogo nitrída bora pri staticheskom nagruženii [Effect of laser heating on the strength of cubic boron nitride under static loading] / L. F. Golovko, O. O. Goncharuk, O. D. Kagljak // Vostochno-evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij. – 2010. – № 1/6 (43) – S. 4-10.

УДК 664.002.5

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, випарувувати 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].

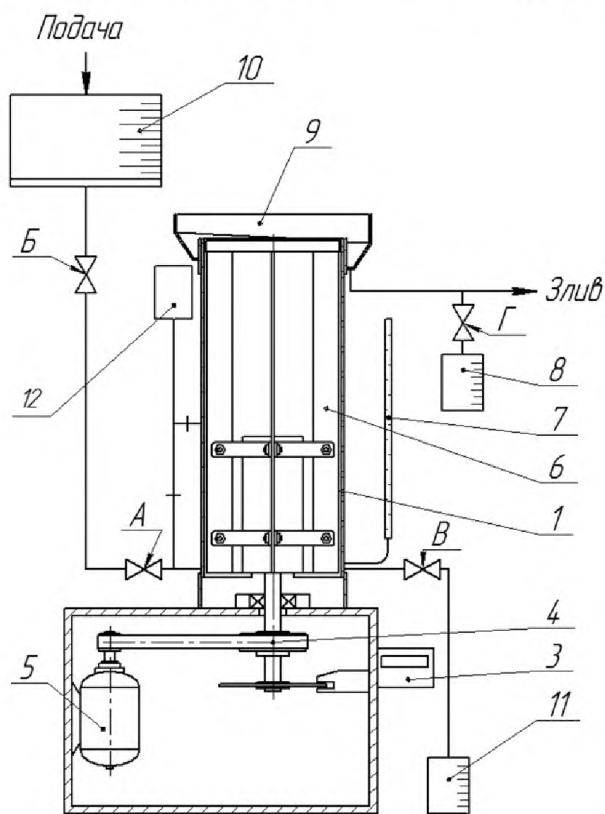
Метою статті було експериментальне встановлення емпіричних залежностей висоти підйому та товщини плівки від кількості обертів та витрат рідини.

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; ω – кутова швидкість, рад/с; R – радіус обер-

тання, m , g – прискорення вільного падіння, m/c^2 [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, аніж у ротора, висота h перевищує дійсну висоту підйому. У такому випадку висота підйому $h_p = K(h_s + \omega^2 R^2 / (4g))$, 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).



1 – РПА; 2 – ротор; 3 – тахометр;
4 – ременна передача; 5 – двигун;
6 – ротор; 7 – мірник гідростатичного тиску; 8, 11 – мірна колба; 9 – збирач;
10 – напірна посудина; 12 – система інжекції фарби; А, Б, В, Г – запірні арматура

Рис. 1 – Експериментальна установка

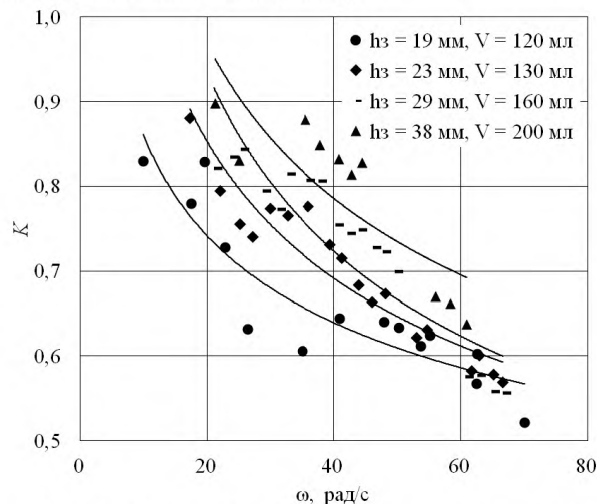


Рис. 2 – Залежність коефіцієнта гальмівного впливу від кутової швидкості ротора за різного об'єму рідини, що перебуває в апараті

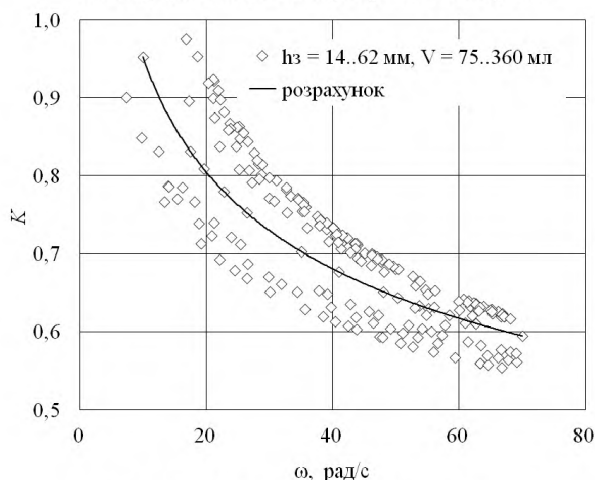


Рис. 3 – Узагальнена залежність

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 , ml/c , за кутової швидкості ω – кутова швидкість, xv^{-1} , одночасно зупиняли ротор та перекривали подачу води в апарат. Об'єм води V , m^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.
2. *Пленочная тепло- и массообменная аппаратура* / под ред. В. М. Олевского. – М. : Химия, 1988. – 240 с. – (Сер. «Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии»)
3. *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.
4. *Канторович З. Б.* Основы расчета химических машин и аппаратов / З. Б. Канторович. – М. : Госмашиздат, 1960. – 743 с.

Надійшла до редакції 01.02.2014

Davydov A. S., Biriuk D. O., Zubrii O. H.

HYDRODYNAMICS OF UPWARD FLOW IN A ROTOR-TAPE MACHINE

Intensification of heat and mass transfer processes in liquids most simply solved by using thin-film equipment. Organization processes in thin layers of liquid widely used in chemical, biotechnology, food and other industries. The basic requirement for improving the quality of thermally labile substances is to ensure continuity of the film and a small residence time of the product on the heating surface. In rotary apparatus with falling film problem is to ensure continuity of the film, especially in the case of high intensity of evaporation. Organization upward flow in rotor-film devices allows you to create favorable conditions for the processing of thermally labile compounds.

Due to the complexity of studying hydrodynamics upward flow in a rotor-tape machine can not only describe the process of theoretical functional dependencies. Experimental studies provide an opportunity to present their results in the form of empirical equations that reflect the real picture of the process.

One of the main parameters characterizing the hydrodynamics of rising film flow is pumping and the average thickness of the film. The results of experimental studies for the height dependence of the number of revolutions of the rotor and the volume of fluid in the apparatus are based on the inhibitory influence of the wall. Also, the average film thickness is depending on the number of revolutions of the rotor and the fluid flow.

The study was carried out on a glass model of rotary-film device with a transparent wall, the height of discharge (235 mm) rotor with rigid blades, adjustable blade number (2 to 6) and the gap between the blades and the wall (0.75...2.00 mm). Experiments were carried out during isothermal upward flow of water at a temperature of 18 °C. Number of blades was 6, the distance between the blade and the wall – 2 mm. Rotor speed was changed from 30 to 100 rad/s.

It was established that the ratio of inhibitory effect increases with the amount of fluid that is in the machine, and decreases with increasing angular velocity. The thickness of the film increased with the flow and decreases with increasing angular velocity. The results are summarized relevant equations. Calculated values differ from the experimental values of less than 5 %. Reliability approximations made 0.96, indicating a sufficient reproducibility.

The results can be used for design calculations and further research rotary-film devices with a rising film.

Keywords: rotary-film device, upward flow, thin film, inhibitory effect.

References

1. *Vasilinac I. M.* Rotorno-plenochnye apparaty v pishhevoj promyshlennosti [Rotary-film devices in the food industry] / I. M. Vasilinac, A. G. Saburov. – М. : Agropromizdat, 1989. – 136 s.
2. *Plenochnaja teplo- i massobmennaja apparatura* [Film heat- and mass transfer equipment] / pod red. V. M. Olevskogo. – М. : Hymija, 1988. – 240 s.
3. *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.
4. *Kantorovich Z. B.* Osnovy rascheta himicheskikh mashin i apparatov [Basis of calculation of chemical machines and apparatus] / Z. B. Kantorovich. – М. : Gosmashizdat, 1960. – 743 s.