

Технічні науки

УДК 664.002.5

Бишко Микита Андрійович

студент

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Бышко Никита Андреевич

студент

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Byshko Mykyta

Student of the

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorskiy Kyiv Polytechnic Institute"

Зубрій Олег Григорович

кандидат технічних наук, доцент кафедри машин та апаратів

хімічних і нафтопереробних виробництв

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Зубрий Олег Григорьевич

кандидат технических наук, доцент кафедры машин и аппаратов

химических и нефтеперерабатывающих производств

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Zubriy Oleg

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of

Machines and Apparatus for Chemical and Oil Refining Production

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorskiy Kyiv Polytechnic Institute"

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТУЖНОСТІ У РОТОРНОМУ ПЛІВКОВОМУ
АПАРАТІ
ИССЛЕДОВАНИЕ МОЩНОСТИ В РОТОРНОМ ПЛЁНОЧНОМ
АППАРАТЕ
RESEARCH WORK OF POWER IN ROTARY FILM APPARATUS**

***Анотація.** Розглянуто вплив зміни фізичних властивостей речовин на потужність, що витрачається на перемішування та розподіл рідини. У роботі представлено результати експериментальних досліджень, що проводились у роторному плівковому апараті з шарнірним кріпленням лопатей. У якості оброблюваних речовин використовувались вода та розчини 20%, 30%, 40%, 50% гліцерину у воді. На основі експериментальних даних отримано узагальнену розрахункову залежність коефіцієнта потужності K_N в залежності від відцентрового критерія Рейнольдса $Re_{\text{ц}}$ та плівкового критерію Рейнольдса $Re_{\text{п}}$.*

***Ключові слова:** роторний плівковий апарат, гідродинаміка, гліцерин, вода, потужність, коефіцієнт потужності.*

***Аннотация.** Рассмотрено влияние изменение физических свойств жидкостей на мощность, которая тратится на перемешивание и распределение жидкости. В работе представлено результаты экспериментальных исследований, которые проводились в роторном пленочном аппарате с шарнирным креплением лопастей. В качестве обрабатываемых жидкостей использовались вода и растворы 20%, 30%, 40%, 50% глицерина в воде. На основании экспериментальных данных получено обобщенную расчетную зависимость коэффициента мощности K_N в зависимости от центробежного критерия Рейнольдса $Re_{\text{ц}}$ и пленочного критерия Рейнольдса $Re_{\text{п}}$.*

***Ключевые слова:** роторный пленочный аппарат, гидродинамика, глицерин, вода, мощность, коэффициент мощности.*

Summary. *The influence of fluid physical properties on the power that is spent on mixing and distribution of liquid is considered. The paper presents the results of experimental studies, which were carried out in a rotary film apparatus with hinged blades. As the treated liquids, water and solutions of 20%, 30%, 40%, 50% glycerol in water were used. On the basis of the obtained experimental data, the power factor was calculated depending on the centrifugal and film Reynolds criterias.*

Key words: *rotary film apparatus, hydrodynamics, glycerin, water, power, power factor.*

Постановка проблеми. Через складність течії рідини в роторному плівковому апараті складно створити теоретичну модель яка б адекватно описувала гідродинаміку, тепло та масообмін та інші процеси, що не дозволяє провести достатньо точний розрахунок роторного апарата. Використовуються спрощені моделі [7], значним досягненням є розгляд явищ переносу в уявленнях напівемпіричної теорії турбулентного переносу [5], але в більшості випадків пропонується експериментально визначати окремі величини, наприклад коефіцієнт тепловіддачі [6]. Однією з гідродинамічних величин РПА є потужність, яка витрачається на розподілення, перемішування рідини лопатями ротора, подолання сил тертя в ущільненнях, опорах на ін. [1]. Потужність є важливою характеристикою роторного плівкового апарата для вибору приводу і крім того може бути використана для опису процесів переносу в плівці рідини [2].

Мета статті. Головною метою цієї роботи є експериментальне дослідження витрат потужності із врахуванням впливу швидкості обертання, витрат рідини та її фізичних властивостей в роторному плівковому апараті з шарнірним кріпленням лопатей та узагальнення результатів дослідів.

Виклад основного матеріалу. Дослідження потужності проводилися на експериментальній скляній установці роторного плівкового апарата з шарнірним кріпленням фторопластових лопатей (рис. 1).

Установка складається з наступних основних вузлів: скляного роторного плівкового апарата 1 з оболонню 2, ротора 3 з приводом 4 і торцевим ущільненням 5. На роторі 3 шарнірно прикріплені фторопластові лопаті.

Початковий розчин подається в ємність 6 і далі в роторний плівковий апарат 1, де лопатями ротора 3 розподіляється по внутрішній поверхні та переміщується в тонкому шарі. Температурний режим регулюється за допомогою термостата. Оброблений розчин стікає в приймальну і зливну ємності 7 і 8.

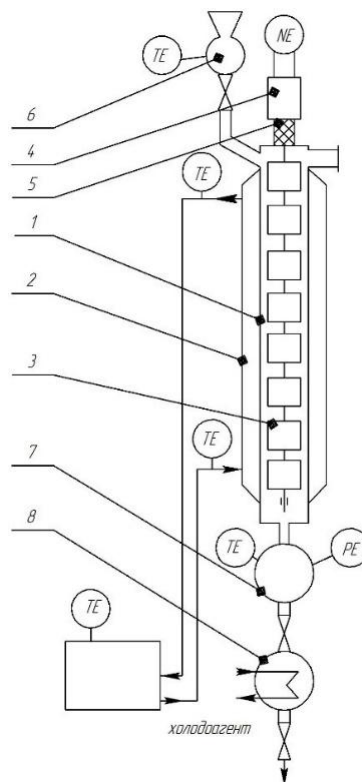


Рис. 1. Схема дослідної установки: 1 – роторний плівковий апарат; 2 – теплообмінна оболонь; 3 – шарнірний ротор; 4 – привід; 5 – ущільнення; 6 – напірний бак; 7 – приймальна ємність; 8 – зливна ємність

В якості робочої рідини для проведення дослідження на лабораторній установці використовувалась вода та розчини 20%, 30%, 40% та 50 % гліцерину у воді.

У попередніх роботах були визначені витрати енергії на подолання тертя в ущільненнях та опорах валу.

В наступному викладенні аналізується потужність, яка витрачається лише на розподілення та перемішування рідини.

Результати дослідження показано у вигляді залежності потужності від кутової швидкості на рис. 2.

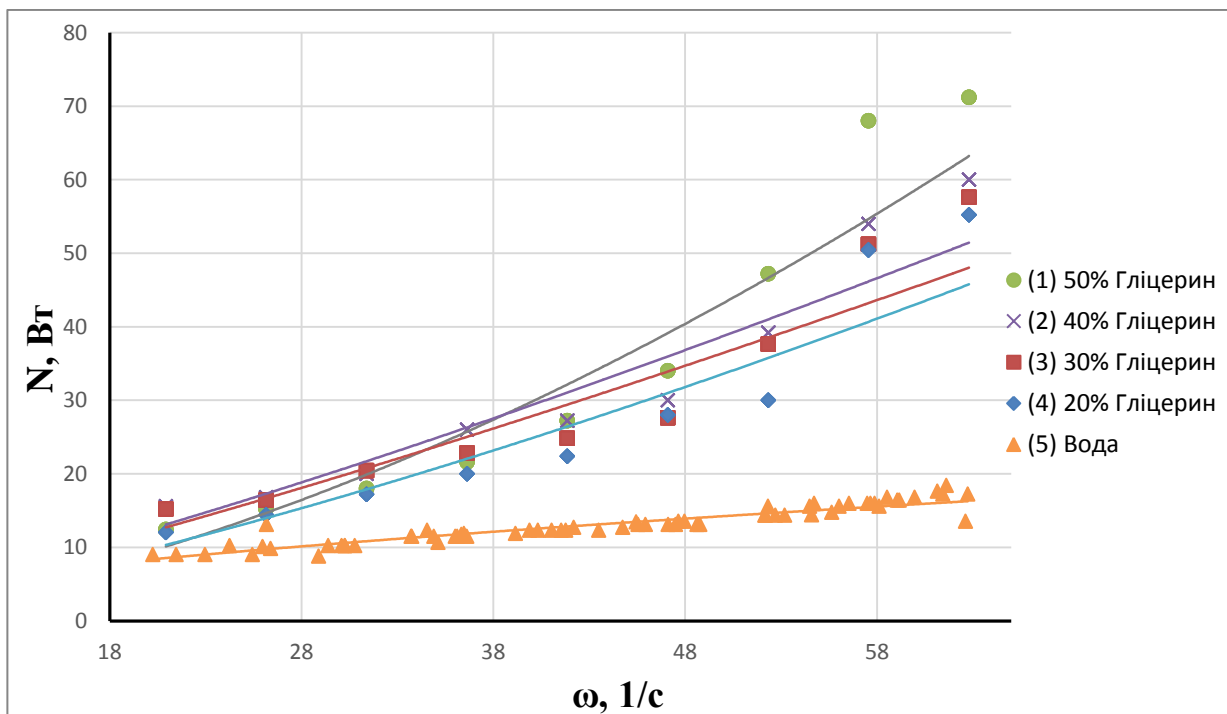


Рис. 2. Залежність потужності N від кутової швидкості ω для 50% гліцерину (1), 40% гліцерину (2), 30% гліцерину (3), 20% гліцерину (4) та води (5)

Як видно з рис. 2 кутова швидкість показує значний вплив на величину потужності. Також був оцінений вплив витрат рідини на потужність.

За результатами проведених досліджень та за літературними даними [3]. запропоновано узагальнююче рівняння у вигляді:

$$K_N = A \cdot Re_{\text{ц}}^{\alpha} \cdot Re_{\text{пл}}^{\beta}, \quad (1)$$

де $K_N = \frac{N}{\omega^3 \cdot \rho \cdot D^4 \cdot h}$ - коефіцієнт потужності [5],

$Re_{\text{ц}} = \frac{\omega D^2}{\nu}$ - відцентровий критерій Рейнольдса,

$Re_{\text{пл}} = \frac{4\Gamma}{\nu}$ - плівковий критерій Рейнольдса.

В наведених формулах: N – потужність на переміщення рідини в апараті, ω – кутова швидкість, ρ - густина рідини, D – діаметр апарата, h - висота робочої поверхні апарата, ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості, $\Gamma = \frac{V}{\pi D}$ – густина зрошення поверхні апарата [4], V – витрати рідини.

Використовуючи логарифмічну систему координат, рис. 3, було знайдено область зміни виду залежності величини K_N від критерію $Re_{\text{ц}} = 8000$. В літературі ця область зазвичай оцінюється як критична і характеризує зміну режиму течії рідини (перехід до турбулентного режиму течії). За [8] $Re_{\text{ц}} = 4000 - 5000$ для апарата з жорстким кріпленням лопатей).

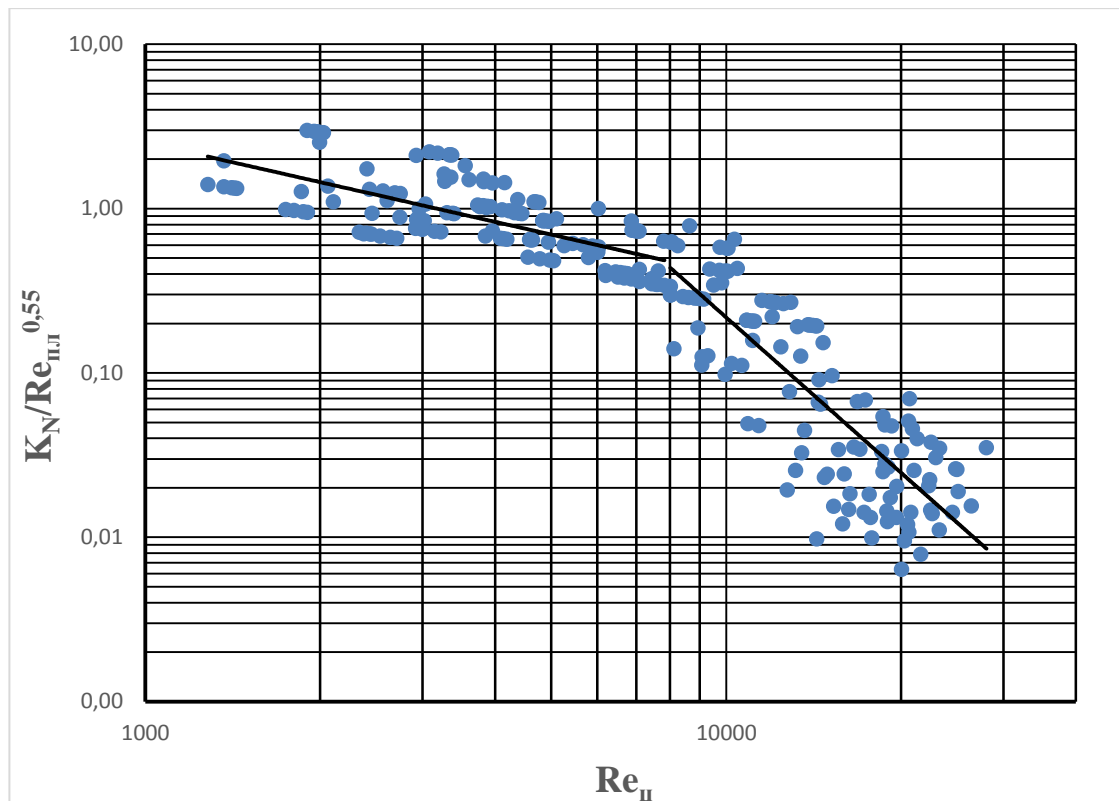


Рис. 3. Залежність коефіцієнта потужності K_N від відцентрового критерію $Re_{\text{ц}}$ в логарифмічній системі координат

На основі отриманих результатів експерименту була встановлена залежність коефіцієнта потужності від відцентрового критерію Рейнольдса при постійних величинах $Re_{пл}$ (рис. 4).

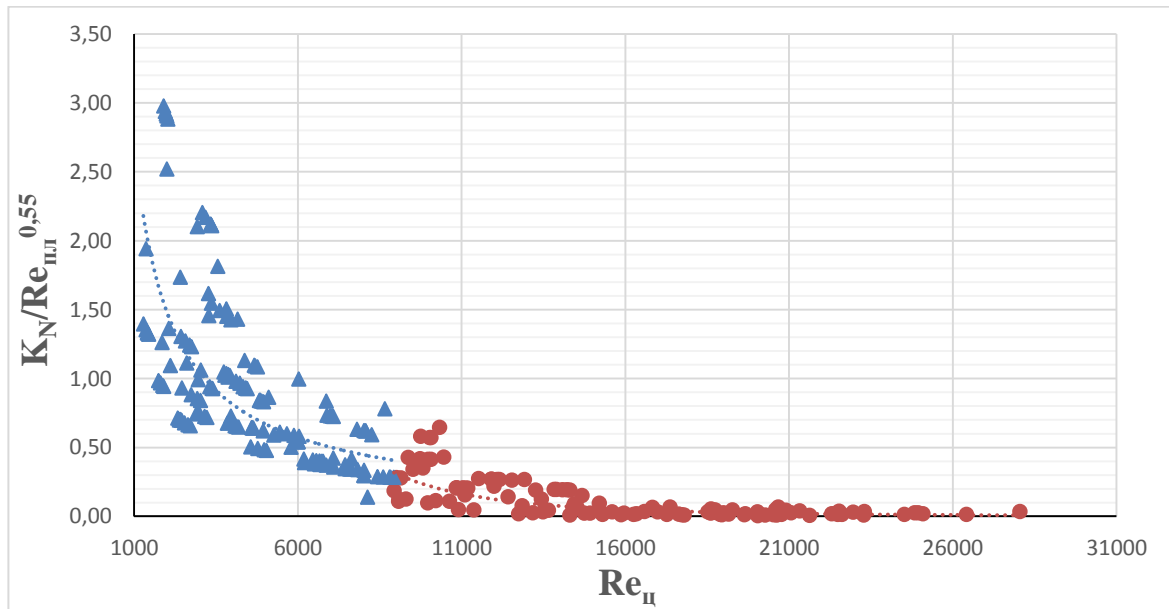


Рис. 4. Залежність коефіцієнта потужності K_N від відцентрового критерію $Re_{ц}$

Як видно з графіка відцентровий критерій Рейнольдса має значний вплив і оцінюється як $K_N \sim Re_{ц}^{-3,3}$ при $Re_{ц} > 8000$ та $K_N \sim Re_{ц}^{-0,86}$ при $Re_{ц} < 8000$.

Окремо була встановлена залежність коефіцієнта потужності від критерію Рейнольдса плівкового і оцінено як $K_N \sim Re_{пл}^{0,55}$.

Залежності визначення коефіцієнта потужності у визначених діапазонах мають вигляд:

$$K_N = 1,495 \cdot 10^{12} \cdot Re_{ц}^{-3,3} \cdot Re_{пл}^{0,55} \quad (2)$$

$$K_N = 1060 \cdot Re_{ц}^{-0,86} \cdot Re_{пл}^{0,55} \quad (3)$$

Залежність (2) справедлива для заданих діапазонів $160 < Re_{пл} < 2300$ та $8000 < Re_{ц} < 31000$.

Залежність (3) справедлива для в заданих діапазонів $300 < Re_{пл} < 400$ та $1500 < Re_{ц} < 8000$.

А також була запропоноване узагальнююче рівняння у вигляді:

$$K_N = 1,02 \cdot 10^6 \cdot Re_{\text{ц}}^{-1,86} \cdot Re_{\text{пл}}^{0,55}$$

Висновки і пропозиції. Проведені експериментальні дослідження витрат потужності в роторному плівковому апараті з шарнірним кріпленням лопатей. За результатами досліджень встановлена залежність коефіцієнта потужності від критерію Рейнольдса відцентрового. Отримані результати можуть бути використанні для подальшого дослідження роторно-плівкових апаратів з шарнірним кріпленням лопатей.

Література

1. Антипов С. Т. Машины и аппараты пищевых производств, учеб. для вузов. В 2 кн. / С. Т. Антипов, И. Т. Кретов, А. Н. Остриков др.; под ред. акад. РАСХН В. А. Панфилова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: КолосС, 2009. - Кн. 1610 с.
2. Василюк И.М., Сабуров А.Г. Роторные пленочные аппараты в пищевой промышленности.- М.: Агропромиздат, 1989. – 136 с.
3. Олевский, В. М. Роторные пленочные тепло-и массообменные аппараты/ В. М. Олевский, В. Р. Ручинский. - М.: Химия, 1977.
4. Воронцов Е. Г. Теплообмен в жидкостных пленках / Е. Г. Воронцов, Ю. М. Тананайко. – К. : Техника, 1972. – 196 с.
5. Соколов В. Н. Аппаратура микробиологической промышленности / В. Н. Соколов, М. А. Яблокова. – Л. : Машиностроение, 1988. – 278 с.
6. Рябовол Е.Н., Юдина А.А., Зинченко М.Г., Анохин Г.А. Исследование процесса теплопередачи в роторно-пленочном аппарате при концентрировании томатного сока. ХФ ПАТ «Укрнефтехимпроект», Харьков ISSN 2079-0821. Вісник НТУ «ХП». – 2014. - № 27.
7. Ащеулов А.С., Исследование кинетики потоков в роторно-пленочном выпарном аппарате. ФГБОУ ВО, ISSN 2074-9414. Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 42. - № 3 .

8. Марченко А.Н., Соляник О.Н. Расход мощности на привод ротора тонкопленочного роторного аппарата / Химическая промышленность Украины №6, 1967. – С. 26.