

## УДК 535.62

**В.А. ПАРХОМЧУК**, асп.,асис., НТУУ «КПІ», Київ,  
**Б.О. ЯХНО**, канд.техн.наук,доц., НТУУ «КПІ», Київ

### **ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ І ГУСТИНИ ЗРОШЕННЯ ПЛІВКИ, ЯКА СТИКАЄ ПІД ДІЄЮ ГРАВІТАЦІЙНИХ СИЛ, НА КОНІЧНИХ ПОВЕРХНЯХ**

Розглянуто стенд для вивчення течії рідинної плівки по профільованим поверхням. Представлені профільовані конічні поверхні, по яким стікає рідинна плівка.

**Ключові слова:** конічна поверхня, рідинна плівка, профільована поверхня.

Рассмотрен стенд для изучения течения жидкостной пленки по профилированным поверхностям. Представлены профилированные конические поверхности, по которым стекает жидкостная пленка.

**Ключевые слова:** коническая поверхность, жидкостная пленка, профилированная поверхность.

The stand for the study of stream of liquid film on the profile surfaces is considered. The researches of flow down film of liquid on the cone surface are resulted.

**Keywords:** conical surface, liquid tape, profiled surface.

#### **1.Вступ**

В технологічних процесах, пов'язаних з інтенсифікацією масо- і теплообміну, в апаратах для випарювання рідини, при очищенні рідин і газів все ширше використовуються течії в тонких рідинних шарах. Використання таких течій в багатьох випадках підвищує ефективність роботи обладнання, його економічність, екологічну чистоту. Практичний досвід показує, що коло проблем, які відносяться до течій рідинних плівок по твердим поверхням, надзвичайно широкий і містить в собі течії різного типу рідин по вертикальним, нахиленим, циліндричним та іншим типам поверхонь. Формування плівок на таких поверхнях залежить від багатьох факторів: виду розподільчих пристроїв, умов на межі контакту рідина – тверда поверхня, рідина – газ. Плівкові течії охоплюють великий комплекс реологічних і гідромеханічних проблем, вирішення якого суттєво підвищило б ефективність виробництва і забезпечило б значний економічний ефект. Цим пояснюється актуальність і великий практичний інтерес до подібного типу проблем. Однією з найактуальніших серед них є проблема течії в'язких і аномально в'язких рідин по конічним поверхням, тобто поверхням з кривизною, що змінюється по довжині, яка, в свою чергу, призводить до появи відмінних від плоскої поверхні ефектів в плівці, підвищену дестабілізацію течії і т.д. Нажаль, на сьогодні ще повністю не вирішені задачі визначення для даного випадку основних гідродинамічних параметрів в плівці і вплив на них аномалій в'язкості рідини. Відсутні методики розрахунку елементів плівкових апаратів з робочою рідиною у вигляді конуса.

## 2. Геометричні параметри твердих поверхонь, на яких формується плівкова течія

В досліді використовуються об'ємні тіла, поверхні яких утворені в наслідок руху кривих, які можна описати функцією

$$f(x) = a_0 + a_1 \sin \frac{2\pi x}{\lambda}, \quad (1)$$

де  $a_0$  і  $a_1 = \text{const}$  (рис. 1, а), а також функцією

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^k (a_n \cos nS + b_n \sin nS), \quad (2)$$

де  $a_n = 2h \frac{S_1}{S} \left( \frac{\sin \pi x}{\pi x} \right) \left( \frac{nS_1}{S} \right)$ ,  $b_n = 0$ ,  $a_0 = \text{const}$  (рис. 1, б), при цьому вони проходять через нерухому точку і перетинають площину, яка знаходиться на відстані по колу.

Розглянемо конічну профільовану поверхню, яка формується кривою, що описується функцією (2), підрахуємо бічну поверхню (рис. 1 в).

$$S_{\text{бічн.}} = \pi b \overbrace{r_1 + r_2} + \overbrace{r_3 + r_4} + \dots + \overbrace{r_n + r_{n+1}} + \pi h \overbrace{R_1 + r_2} + \overbrace{R_2 + r_3} + \overbrace{R_n + r_{n+1}} + \pi a \overbrace{R_1 + R_2} + \overbrace{R_2 + R_3} + \overbrace{R_n + R_{n+1}}$$

Простий

розрахунок показує, що при профільованні поверхні можна збільшити площу контакту в 2 рази. Це покращить процес тепло-масообміну і в кінцевому результаті може привести до зменшення розмірів плівкових апаратів.

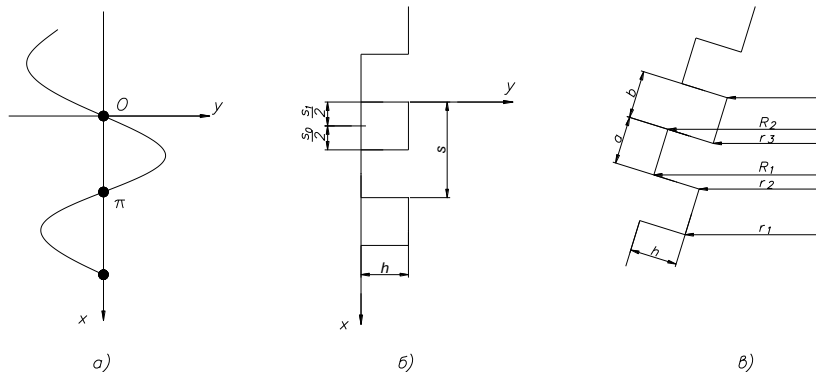


Рис. 1. Форми профільованих поверхонь: а і б - криві, якими формується профільована поверхня, в - розрахункова схема

## 3. Стенд

Як відомо, для отримання основних характеристик плівкових течій, необхідних при проектуванні відповідного обладнання, необхідно знати товщину плівки і густину зрошення. Якщо в результаті експериментів вдається знайти залежність між цими величинами і оцінити вплив реологічних властивостей рідини на них, то це дає можливість з достатньою точністю описати плівкову течію. В даному експерименті товщина плівки визначалася в різних перерізах потоку по довжині конічної поверхні.

З метою дослідження товщини плівки на конічній профільованій поверхні, визначення різних характеристик плівкової течії був створений спеціальний стенд. Поставлені завдання досліджень визначили конструкцію стенда. Він був виконаний за схемою замкнутого типу (рис. 2). Робоча рідина з резервуара 6 по всмоктувальному трубопроводу надходила у відцентровий насос 5 і далі подавалася в бак 8. З ємності через розподільний пристрій 2 рідина попадає на поверхню конуса 1 і гравітаційно стікає в секційний збірник 13, звідки попадає в

приймний резервуар 6. Регулювання витрати рідини здійснюється за допомогою зміни числа обертів двигуна постійного струму насоса й кульовим краном на напірному патрубку насоса. Для виміру тиску перед розподільним пристроєм використовувався п'єзометр 9 або зразковий манометр.

Розподільний пристрій являє собою змінний конічний або циліндричний насадок, який вкручується у металеву плиту. Для досліджень були виготовлені насадки з різними кутами конусності й з різною довжиною. Регулювання зазору між насадком і конусом здійснюється за допомогою підвіски. Поворот гайки 11 на  $360^\circ$  відповідав вертикальному переміщенню плити на 1 мм. Зазор між

насадком і конусом визначався шляхом опускання або піднімання плити 14. Плита була закріплена на трьох опорах за допомогою щупів. Горизонтальність положення плити контролювалася поплавковим рівнем 4.

В таблиці 1 представлений короткий огляд методів вимірювання товщини плівки. В даній роботі товщина плівки визначалась методом дотику, який являється найпростішим, але отримані результати є достатньо точними. В цьому методі товщина плівки визначалась механічний датчиком з циферблатом 4, що мав волю переміщення уздовж напрямного конуса й навколо його. Товщина плівки реєструвалась, коли вістря голки доторкалось до поверхні плівки. Датчик градуювався перед і після закінчення серії дослідів. Точність виміру товщини плівки становила 0,05 мм. Товщина плівки визначалася уздовж твірного конуса із кроком 5 мм. Температура робочого розчину визначалася за допомогою ртутного термометра з точністю  $0,1^\circ\text{C}$ .

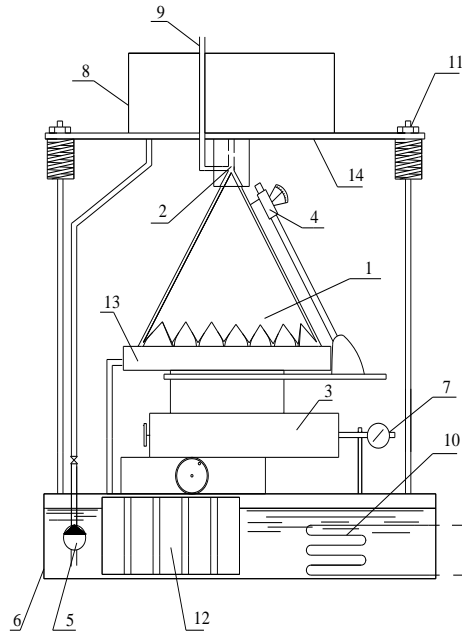


Рис. 2. Схема експериментального стенда: 1 - конус, 2 - розподільний пристрій, 3 - координатний стіл, 4 - електроконтактний вимірник товщини плівки, 5 - насос, 6 - прийомний резервуар, 7 - секундомір, 8 - бак, 9 - п'єзометр, 10 - теплообмінник, 11 - регулювальна гайка, 12 - батарея мірних циліндрів, 13 - секційний збірник, 14 - плита, 15 - пелюстки

На рис. 3 представлені профільовані конуси, використані в експерименті, на яких формується плівкова течія.

У конструкції стенду передбачено секційний збірник 13, який поділено на 8 рівних секторів; з кожного сектору передбачено дренаж в окремий мірний циліндр 12. Засікаючи час одного експерименту секундоміром 7, можна визначити густину зрошення окремого сектору; на основі цього, змінюючи кут нахилу конуса, можливо зробити оцінку впливу гравітації на плівкову течію, що формується на конічній поверхні.



Рис. 3. Профільовані поверхні, на яких формується плівкова течія

Таблиця 1. Методи визначення товщини плівки

Назва	Сутність методу
Метод дотику	Дотик до поверхні рідини кінчиком голки
Радіоактивних добавок	Вимірюється радіоактивне випромінювання
Поглинання світла	Вимірюється інтенсивність світла яке пройшло через плівку
Електропровідності	Вимірюється електропровідність в залежності від товщини плівки
Ємнісний	Вимірюється електроємність між робочою ділянкою і зондом
Тіньовий	Реєструється тінь плівки яка тече по твердій поверхні

На рис. 4 представлений графік зміни товщини плівки  $\delta$  по довжині конуса при обтіканні водяного розчину ПВС з реологічними константами  $k = 0,121$  і  $n = 1,011$ . Як видно з графіку товщина плівки навколо твірної конуса залежить від ряду факторів і реологічних властивостей рідини, кутів конусності поверхні, геометричних розмірів розподільного пристрою. З збільшенням кута конусності степінь не лінійності залежності  $\delta = f(\alpha)$  зменшується.

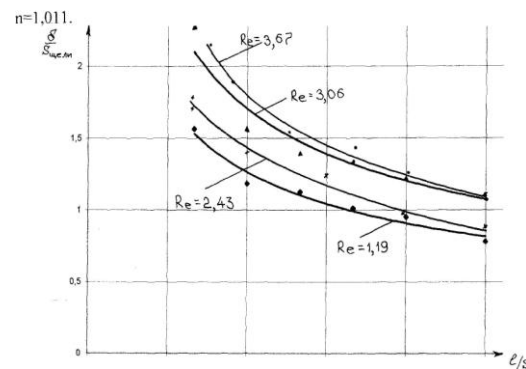


Рис.4. Залежність відносної товщини плівки  $\delta / s_{цилиндри}$  від відносної довжини  $l / s_{цилиндри}$  для ряду значень числа Рейнольдса.

#### 4. Висновки

У такий спосіб на експериментальному стенді представлялася можливість визначати товщину плівки, густину зрошення, витрату через розподільний пристрій, реологічні характеристики робочих рідин.

**Список літератури:** 1. Буевич, Ю.А. Течение и тепломассообмен в тонкой пленке на волнистой поверхности [Текст] / Ю. А. Буевич, О. В. Кудымов О.В. // Инж. физ. журн. — 1982. — Т.42, №4. — С. 564-573. 2. Воронцов, Е. Г. Экспериментальное исследование гидродинамики и теплоотдачи орошающей пленки жидкости при ее гравитационном течении по вертикальной поверхности теплообмена [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук. — К., 1967. — 26 с. 3. Тананайко, Ю. М. Методы расчета и исследования пленочных процессов [Текст] : учеб. / Ю. М. Тананайко, Е. Г. Воронцов; К. : Техника, 1975. — 312 с. 4. Коваленко, В.Ф. Гравітаційна течія аномально в'язких рідин по конічних поверхнях [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук : В. Ф. Коваленко; [Нац. Ун-т буд-ва і архіт.]. — К. , 2001. — 20 с. 5. Коваленко, В. Ф. О некоторых закономерностях течения жидкостных пленок на конических поверхностях [Текст] / В. Ф. Коваленко, Яхно О. М. // Гидравлика и гидротехника. — 1998. — вып. 59. — с.27-32.

*Поступила в редколлегию 01.04.2012*

**УДК 661.321**

**В.В. ШМЕЛЬКОВ**, асп., НТУ «ХПИ», Харьков,  
**М.А. ЦЕЙТЛИН**, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ», Харьков,  
**В.Ф. РАЙКО**, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ», Харьков

#### **СОСТАВ КОНДЕНСАТОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ ГАЗОВ ДИСТИЛЛЯЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СОДЫ**

Розглянуто утворення конденсатів в процесах охолодження газів у виробництві кальцинованої соди. Результати обстеження промислових апаратів покладено в основу одержання формул для розрахунку хімічного складу конденсатів і їх температури залежно від параметрів технологічного режиму.

Рассмотрено образования конденсатов в процессах охлаждения газов в производстве кальцинированной соды. Результаты обследования промышленных аппаратов положены в основу получения формул для расчета химического состава конденсатов и их температуры в зависимости от параметров технологического режима.

Condensates formation in the process of gas cooling in the soda ash production was examined. The results of industrial apparatus survey was used as a basis for obtaining formulas for calculating the chemical composition of the condensates and their temperature in dependence on the parameters of the technological mode.

В производстве кальцинированной соды по аммиачному методу в результате охлаждения технологических газов образуются значительные количества конденсатов, содержащих аммиак и аммонийные соли карбонатной кислоты. Удаление и повторное использование аммиака из этих конденсатов связано со значительными затратами из-за потребления большого количества все дорожающих энергоресурсов. Поэтому актуальным представляется поиск направлений сокращения количества конденсатов и использования оставшихся в производстве без удаления аммиака. Однако решению этих задач должно предшествовать выяснение зависимостей объема и состава образующихся