

ВПЛИВ ВІДНОСНОЇ ШВИДКОСТІ ВОДИ ТА ПОВІТРЯ НА ЇХ ТЕПЛООБМІН ПРИ ТЕЧІЇ ПЛІВКИ ПО ПРОФІЛЬОВАНІЙ ПОВЕРХНІ

Експериментально досліджено вплив відносної швидкості води та повітря на тепловіддачу до оточуючого середовища від плівки рідини, що стікає по поверхні зі сферичними лунками. Отримано дані щодо коефіцієнта тепловіддачі для різних розмірів лунок і витрат рідини.

Ключові слова: профільована поверхня, лунки, відносна швидкість води та повітря, тепловіддача.

Процес охолодження циркуляційної води у плівкових градирнях залежить від інтенсивності повітряного потоку, який у градирнях може утворюватися як природною тягою, так і примусовою вентиляцією. Швидкість потоку істотно впливає на теплообмін контактуючих фаз. При використанні поверхонь зі сферичними лунками, по яких стікає плівка рідини, як показали раніше проведені нами дослідження [1, 2], суттєво інтенсифікується теплообмін у порівнянні з гладкою поверхнею. На відміну від дослідів, що було виконано з профільованими лотками в нерухомому оточуючому повітрі [1, 2], метою цієї роботи є дослідження теплообміну в умовах примусового обдування плівки рідини повітряним потоком у режимі протитечії.

Експериментальна установка. Методика проведення дослідів. На рис. 1 показана спрощена схема стенда, на якому проводились дослідження тепловіддачі від води до повітря при її стіканні по лотку. За основу був взятий стенд, який використовувався у дослідженнях раніше [1]. Вода з водонагрівача 1 по трубопроводу 2 поступала на дослідний лоток 3 і стікала по ньому в піддон 4, з якого за допомогою відцентрового насоса 5 поверталась у водонагрівач. Таким чином, забезпечувалась циркуляція

води у замкненому контурі. В процесі дослідів встановлювалась необхідна температура води в контурі, яка підтримувалась незмінною за допомогою електронного терморегулятора (на рисунку не показаний). Температура води, що подавалась на лоток, контролювалась цифровим термометром 6. Витрата води у лотку визначалась за допомогою лічильника.

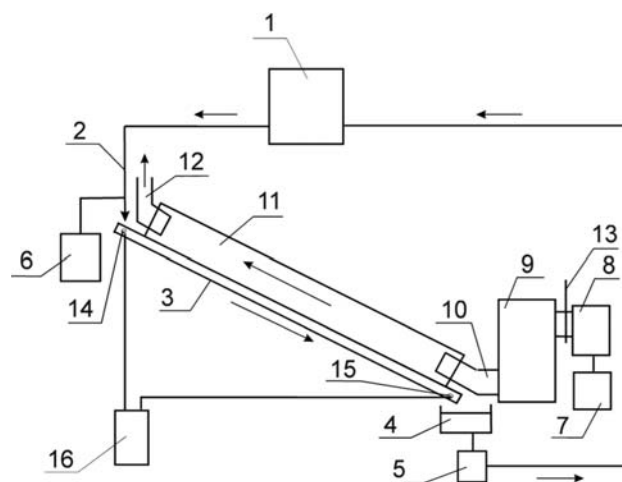


Рис. 1. Схема стенда

В процесі реконструкції стенд був дообладнаний пристроєм обдування, який забезпечував повітряний потік над поверхнею плівки рідини. Пристрій складався з електродвигуна 7, відцентрового вентилятора 8, ресивера 9 для зменшення пульсацій тиску повітря і короба-повітроводу

10. В процесі експеримента лотік накривався спеціальним кожухом 11, який зроблено з прозорого органічного скла для візуальних спостережень поведінки плівки. В кожух знизу нагніталось повітря, яке взаємодіяло з плівкою у режимі протитечії. Для відведення повітряного потоку з кожуха в атмосферу використовувався короб 12. Інтенсивність повітряного потоку в кожусі регулювалась спеціальною засувкою 13. Швидкість потоку повітря над плівкою води визначалась анемометром. За допомогою датчиків 14 та 15 диференціального цифрового термометра 16 вимірювалась різниця температур між точками на початку течії плівки і в кінці. Також стенд був обладнаний термометрами для вимірювання температури та вологості повітря.

Методика визначення коефіцієнта тепловіддачі від плівки води до повітря в умовах її примусового обдування повітряним потоком в цілому не відрізнялась від тієї, що використовувалась раніше [1]. Дослідний профільований лотік розміщувався на стенді з нахилом і на відміну від попередніх експериментів накривався кожухом. Встановлювались початкова стабілізована температура циркуляційної води, її витрата та інтенсивність повітряного потоку над поверхнею плівки.

За даними, отриманими в дослідях, визначалась кількість тепла Q , яка відбиралась від води при її стіканні по лотку:

$$Q = c G \Delta t,$$

де c – питома теплоємність води; G – її масова витрата; Δt – різниця між температурами води у верхній та нижній точках лотка.

Середній на довжині течії плівки коефіцієнт тепловіддачі визначався за формулою

Ньютона – Ріхмана:

$$\alpha = Q / (F(t_w - t_a)),$$

де F – площа поверхні плівки, що контактувала з повітрям; t_w – середня температура води в лотку; t_a – середня температура повітря над плівкою вздовж течії.

Проведення дослідів. В експериментах використовувались три лотки шириною 180 мм зі сферичними лунками різних діаметрів та глибин: Л13, Л20 і Л30 (відповідно діаметри лунок 13, 20 і 30 мм, їх глибини 4, 6 і 9 мм). Лунки розташовані у шаховому порядку (відстань між центрами лунок у рівносторонньому трикутнику дорівнювала відповідно 26, 40 і 60 мм). Дослідні лотки встановлювались на стенді під кутом 30 град до горизонту. Довжина ділянки течії рідини по лотку L , де мала місце взаємодія фаз вода – повітря, становила 1,7 м. В експериментах температура води на вході в лотік підтримувалась 40°C, її витрата G змінювалась від 0,068 до 0,143 кг/с, а швидкість повітряного потоку V_a над плівкою рідини – від 0 до 4,3 м/с. Для кожного дослідів визначався ступінь охолодження води Δt , та розраховувались коефіцієнти тепловіддачі α .

Результати досліджень. На рис. 2 як приклад наведено отриману з експериментів залежність ступеня охолодження стікаючої води від її витрати. Дані приведені для лотка Л20. Швидкість повітряного потоку для кривих 1 – 3 становила відповідно 4,3; 3,1 та 1,8 м/с. У порівнянні з нерухомим повітрям (крива 4) охолодження води при примусовому обтіканні плівки повітряним потоком помітно збільшується.

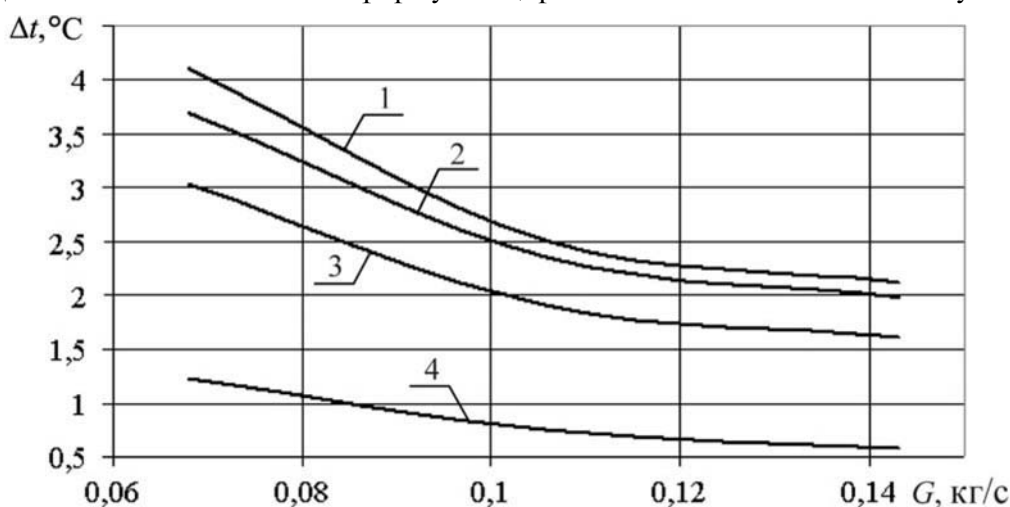


Рис. 2. Залежність ступеня охолодження рідини від витрати

Таблиця 1 – Відносна швидкість контактуючих фаз

| Лотік | V_a , м/с | V_r , м/с | G , кг/с |
|-------|-------------|-------------|------------|
| Л13 | 1,8 | 2,11 | 0,068 |
| Л20 | | 2,07 | |
| Л30 | | 2,04 | |
| Л13 | 3,1 | 3,41 | |
| Л20 | | 3,37 | |
| Л30 | | 3,34 | |
| Л13 | 4,3 | 4,61 | |
| Л20 | | 4,57 | |
| Л30 | | 4,54 | |

В табл. 1 приведено обчислені значення відносної швидкості контактуючих фаз з урахуванням швидкості потоку води по лотках, яка була отримана експериментально [2].

На рис. 3 показано залежність коефіцієнта тепловіддачі від відносної швидкості V_r фаз при течії води по лотках з витратою $G = 0,068$ кг/с (1 – лотік Л13, 2 – Л20, 3 – Л30). Природно, коефіцієнт збільшується при збільшенні V_r . На даному режимі обдування плівки рідини повітряним потоком, а також при малій витраті води і тонкій плівці на поверхні лотка, найкращий результат показував лотік з невеликими лунками (Л13).

Криві 1 – 3 на рис. 4 ілюструють вплив розмірів лунок на коефіцієнт тепловіддачі при обдуванні плівки потоком повітря зі швидкістю 4,3; 3,1 та 1,8 м/с відповідно. В цьому прикладі витрата води становила 0,068 кг/с. З рисунка видно, що лотік з більшими лунками (Л30) на усіх швидкостях повітря має менший коефіцієнт тепловіддачі.

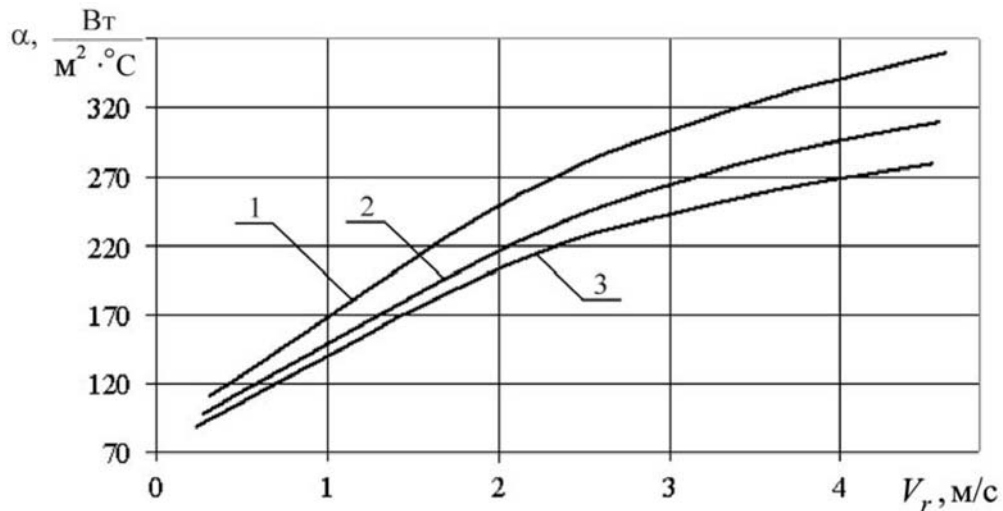


Рис. 3. Залежність коефіцієнта тепловіддачі від відносної швидкості фаз

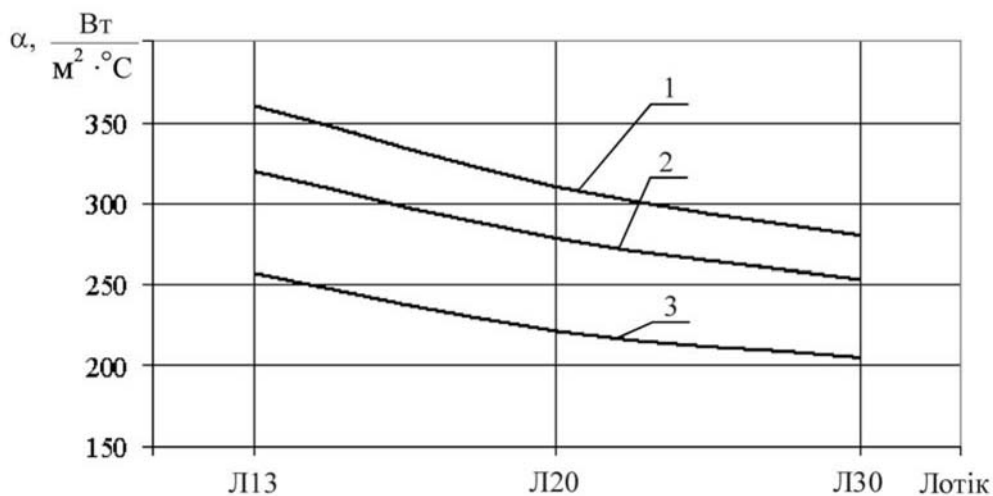


Рис. 4. Коефіцієнти тепловіддачі від води до повітря на лотках із різними розмірами лунок

Висновки

Проведено експериментальне дослідження впливу відносної швидкості води та повітря на їх теплообмін при течії плівки по профільованій поверхні. Знайдено значення коефіцієнтів тепловіддачі при різних відносних швидкостях контактуючих фаз на лотках з різними розмірами лунок.

Досліди показали, що тепловіддача від плівки води до оточуючого повітря значно збільшується в умовах примусового обдування у порівнянні з нерухомим середовищем.

1. Дубровский В.В., Подвысоцкий А.М., Шрайбер А.А. Экспериментальное исследование теплообмена пленки жидкости, стекающей по профилированной поверхности, с воздухом // Проблемы загальної енергетики. – 2009. – № 19. – С. 39–45.

2. Шрайбер А.А., Дубровский В.В., Подвысоцкий А.М. Обобщение опытных данных по теплообмену пленки жидкости, стекающей по гладким и профилированным поверхностям, с воздухом // Пром. теплотехника. – 2010. – Т. 32, № 4. – С. 21–27.

Надійшла до редколегії: 10.10.2012 р.