

ПЛІВКОВА ГРАДИРНЯ ІЗ ПРОФІЛЬОВАНОЮ ПОВЕРХНЕЮ ЗРОШУВАЧІВ

Розроблено конструктивну схему нової плівкової градирні із профільованою поверхнею зрошувачів. Пропонується використовувати як зрошувач знайдену вискоєфективну теплообмінну поверхню зі сферичними лунками. На відміну від типових плівкових градирень із вертикально розташованими зрошувачами, у запропонованій градирні зрошувачі розташовуються під певним кутом нахилу до горизонту. Розглянуто варіанти компоновки блоків та секцій плівкової градирні.

Ключові слова: конструктивна схема плівкової градирні, блок зрошувачів, ступінь охолодження.

Підприємства теплоенергетичної галузі у цілому споживають дві третини свіжої води, яка іде на промислові потреби з водних джерел. Застосування градирень – апаратів для охолодження води атмосферним повітрям у системах оборотного водопостачання – забезпечує дуже істотну економію природної води у порівнянні з прямоочними системами і запобігає тепловому забрудненню водойм. Відведення низькопотенціального тепла від циркуляційної води на теплових і атомних електростанціях за допомогою градирень – це найдешевший спосіб, який дозволяє зекономити не менше 95 % свіжої води. У плівкових градирнях, які широко поширені в енергетиці та промисловості, одним із основних їх елементів є теплообмінна поверхня – зрошувач, по якому стікає плівка води, що охолоджується. Від здатності зрошувача ефективно віддавати тепло від води до повітря багато в чому залежить охолоджувальна спроможність градирні.

В Інституті загальної енергетики НАН України в результаті комплексу експериментальних досліджень знайдено вискоєфективну теплообмінну поверхню, яка може бути вико-

ристана як зрошувач плівкової градирні [1, 2]. За коефіцієнтом тепловіддачі ця поверхня майже утричі перевищує показники для гладкої поверхні. Рельєф поверхні утворюється сферичними лунками певних діаметра та глибини, розташованими у шаховому порядку на певній відстані одна від одної. Саме сферичні лунки є ефективними турбулізаторами стікаючої плівки води і інтенсифікаторами тепловіддачі від неї до повітря. Розроблення конструкції нової плівкової градирні виконується на основі отриманих раніше даних щодо геометричних характеристик зрошувачів, режимів течії води та швидкостей повітряного потоку, що обдуває стікаючу плівку.

Важливою особливістю запропонованих градирень у порівнянні з типовими плівковими є те, що зрошувачі розташовуються під певним рекомендованим кутом нахилу до горизонту, а не вертикально. Кут нахилу зрошувачів, який приводить до найкращої інтенсивності теплообміну, визначений нами експериментально.

На рис. 1 схематично показано запропонований зрошувач у вигляді листа відповідного матеріалу (сферичні лунки розміщуються на усій його поверхні, а на рисунку показано лише частину). Такі зрошувачі можуть бути викона-

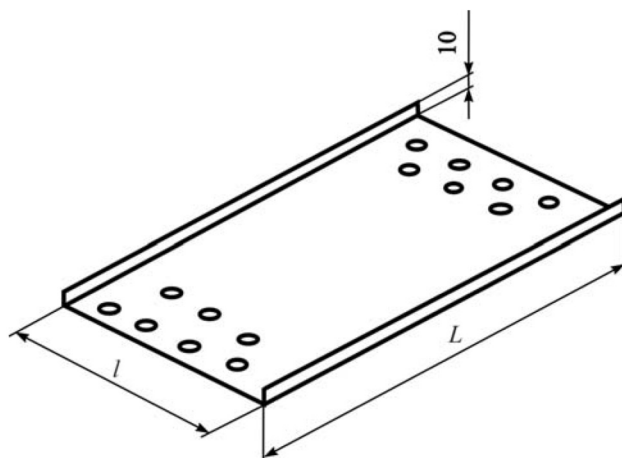


Рис. 1. Зрошувач зі сферичними лунками

ні, наприклад, із оцинкованої сталі певної товщини. Основне — це забезпечити запропонований рельєф поверхні, який призводить до інтенсивної тепловіддачі від плівки води до повітря. Для зрошувачів може бути використано стандартні листи металу певної довжини L . Але, оскільки запропонована градирня призначена для поперечної (перехресної) взаємодії фаз вода — повітря, ширина зрошувача не має бути занадто великою. Вона повинна забезпечити приплив свіжого повітря, що обдуває стікаючу плівку у поперечному напрямку. Нагадаємо, що при протіканні повітря над теплою водою воно нагрівається, і інтенсивність теплообміну зменшується. Зрошувач з боків обмежений невисокими бортиками, які перешкоджають стіканню плівки води з поверхні. Висота бортиків (наприклад, 10 мм) визначається товщиною стікаючої плівки, яка пов'язана із заданою густиною зрошування.

На рис. 2 (рис. 2, а — в аксонометрії) показано вузол градирні з низкою зрошувачів 2, які розташовуються на каркасі 1 під кутом φ (рис. 2, б) паралельно один одному. Така конструкція складає блок зрошувачів (на рисунку кількість зрошувачів показано умовно). Циркуляційна вода подається зверху, тече по поверхнях кожного зрошувача та стікає з них униз (рис. 2, б). В конструкції блока треба враховувати відстань між поверхнями зрошувачів, яка є важливим фактором забезпечення вільного руху охолоджувального повітря. У типових плівкових градирнях [3] відстань між вертикально розташованими листами може дорівню-

вати 25 мм. З часом, як показала практика експлуатації, зрошувачі можуть жолобитися, забруднюватися, і це негативно впливає на рух повітря, що обдуває стікаючу плівку.

У запропонованій нами конструкції блоків, до яких входить низка зрошувачів, відстань S_2 (за нормаллю, див. виноску I на рис. 2, б) між їх поверхнями становить понад 50 мм, що позитивно відбивається на проходженні повітря між зрошувачами і, як результат, на покращенні охолодження плівки. Вплив розміру S_2 між зрошувачами на інтенсивність тепловіддачі було визначено раніше в експериментах. Довжина S та висота h блока (габарити) визначаються довжиною L зрошувача, їх кількістю у низці та сумою величин S_1 (див. рис. 2, б). Продуктивність блока визначається витратними характеристиками рідини на одиницю поверхні зрошувачів та їх кількістю. При цьому необхідно дотримуватись виконання рекомендованих умов щодо густини зрошування G/l [2], тобто товщини стікаючої плівки, при якій забезпечується найкраща тепловіддача. Треба відзначити, що одну і ту саму задану продуктивність градирні можна забезпечити різними шляхами: або меншою кількістю зрошувачів (при цьому утворюється певна товщина плівки на окремому зрошувачі і відповідний ступінь охолодження води), або більшою кількістю зрошувачів з відповідним зменшенням товщини плівки і покращенням ступеня охолодження. Зрозуміло, що другий шлях, попри позитивні моменти, призведе до збільшення габаритів градирні.

У градирні передбачається можливість встановлення блоків зрошувачів один над одним у вертикальну низку, що складає певну секцію. На рис. 3 показано схему градирні з двох блоків висотою H . Оборотна вода подається на зрошувачі 2 верхнього блока 1 цієї секції, стікає по

них і перетікає на нижній блок, звідки попадає у басейн. Конструктивно низку верхніх зрошувачів 2 зміщено по відношенню до нижньої низки 3 (див. виноску I на рис. 3) на таку величину, яка забезпечує вільне перетікання води зі зрошувачів одного блока на другий.

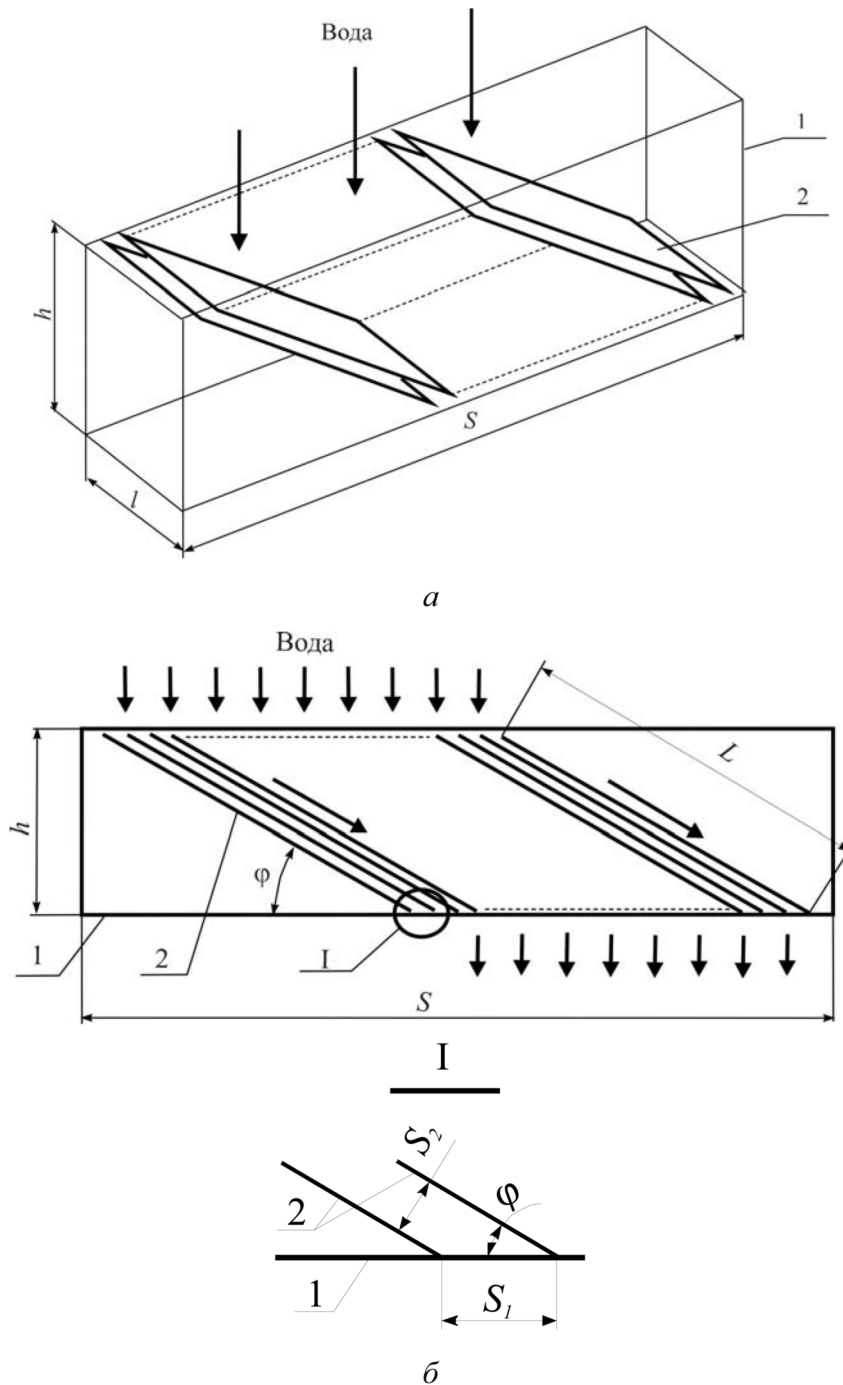


Рис. 2. Блок зрошувачів градирні

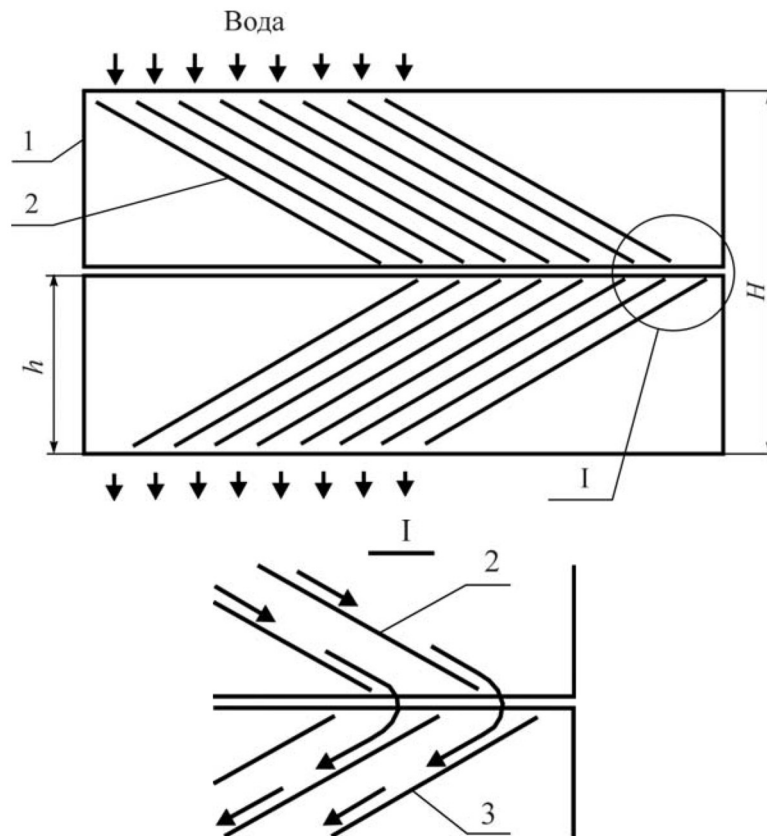


Рис. 3. Секція градирні з двох блоків

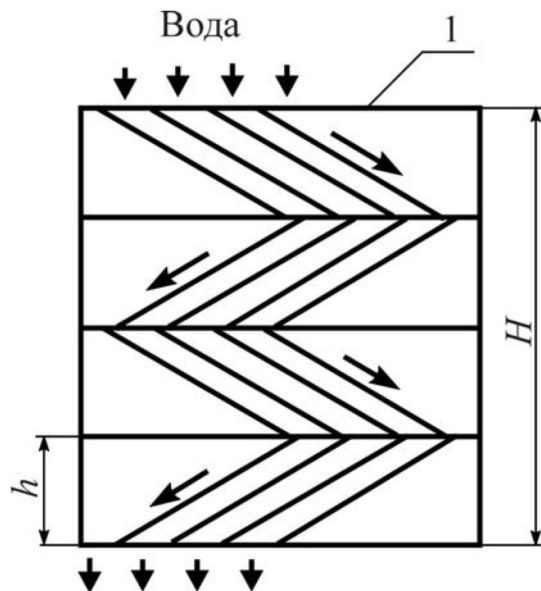


Рис. 4. Секція градирні з чотирьох блоків

Ступінь охолодження води в окремому блоці градирні, окрім, природно, кліматичних умов,

залежить у першу чергу від ефективної профільованої поверхні – основного фактора інтенсивної тепловіддачі, а також від товщини плівки стікаючої води (витратної характеристики), інтенсивності обдування повітрям поверхні течії та її довжини. Тобто конструктивні параметри блока та режими течії і обдування повітрям визначають ступінь охолодження. Зі збільшенням кількості блоків, встановлених у вертикальну низку один над одним із перетіканням води зі зрошувача на зрошувач, за рахунок подовження течії води і, відповідно, часу контакту фаз вода–повітря зростає ступінь охолодження.

На рис. 4 проілюстровано схему градирні з однією секцією на чотири блоки 1. Зигзагоподібна компоновка зрошувачів у блоках секції дозволяє за невеликих габаритів градирні забезпечувати високий ступінь охолодження води. У типових плівкових градирнях із вертикально розташованими зрошувачами довжина течії по їх поверхні становить, наприклад, 8 м, тобто на цю висоту подається

Таблиця – Конструктивні елементи градирні

Продуктивність градирні, м ³ /год	Кількість зрошувачів у блоці, шт	Продуктивність секції, м ³ /год	Кількість секцій, шт	Довжина градирні, м
50	15	50	1	5,5
100	30	100	1	7
500	75	250	2	11,5
1000	75	250	4	11,5

вода. У запропонованій градирні із зигзагоподібною компоновкою зрошувачів довжиною 4 м (під кутом 30 град) при подачі води на 8 м довжина течії дорівнює 16 м. Враховуючи зменшення середньої швидкості течії води по профільованій поверхні, ми бачимо, що помітно зростає час контакту взаємодіючих фаз, і охолодження покращується.

Схему розподілу циркуляційної води на зрошувачі градирні може бути здійснено різними шляхами. Або рідина надходить індивідуально на кожний зрошувач з подальшим розтіканням у плівку, або методом розбризкування з форсунок на низку зрошувачів у блоці із забезпеченням рівномірного розподілу по площі зрошування. Додамо до цього, що наявність поздовжніх бортиків-роздільників на поверхні зрошувача, які можна забезпечити конструктивно, приводять до кращої рівномірності розтікання води по ньому.

Запропонована блочна конструкція градирні забезпечує можливості різного вибору конструктивних елементів згідно з потрібним ступенем охолодження циркуляційної води. Компактне розташування зрошувачів у блоці та секції призводить до зменшення габаритів градирні. Градирні великої продуктивності можуть складатися з кількох секцій у різному розташуванні на будмайданчику. В таблиці як приклад наведено дані щодо конструктивних елементів запропонованої плівкової градирні різної продуктивності. Тут довжина поверхні зрошувача L дорівнює 4,6 м, його ширина $l = 1,2$, густина зрошування $G/l = 2,83 \text{ м}^3/(\text{м} \cdot \text{год})$, витрата води на один зрошувач $G = 3,4 \text{ м}^3/\text{год}$.

ВИСНОВКИ

Розроблено конструктивну схему нової плівкової градирні, у якій застосовуються профільовані зрошувачі з високоефективною теплообмінною поверхнею. На відміну від існуючих типових схем градирень пропонується розташовувати зрошувачі під певним кутом нахилу до горизонту. Запропоновано оригінальну компоновку зрошувачів у блоках та секціях градирні, що дозволяє маневрувати її продуктивністю, ступенем охолодження циркуляційної води та габаритами.

1. Шрайбер А. А. Обобщение опытных данных по теплообмену пленки жидкости, стекающей по гладким и профилированным поверхностям, с воздухом / А. А. Шрайбер, В.В. Дубровский, А.М. Подвысоцкий // Промышленная теплотехника. – 2010. – Т. 32, № 4. – С. 21–27.
2. Дубровський В.В. Тепловіддача на профільованих поверхнях промислових плівкових градирень / В.В. Дубровський, О.М. Підвисоцький, М.С. Гришук, А. П. Неділько // Проблеми загальної енергетики. – 2014. – Вип. 3 (38). – С. 50–56.
3. Пономаренко В.С. Градирни промышленных и энергетических предприятий / В.С. Пономаренко, Ю.И. Арефьев. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 376 с.

Надійшла до редколегії 19.05.2016