

## **АЛЬТЕРНАТИВНИЙ ВАРІАНТ ЗАМІНИ ВЕНТИЛЯТОРНОЇ ГРАДИРНІ НА МЕТАЛУРГІЙНОМУ КОМБІНАТІ**

**Ялова Альона Миколаївна**

канд. техн. наук, доцент кафедри теплоенергетики,  
Криворізький національний університет

**Бондар Наталія Василівна**

старший викладач кафедри теплоенергетики,  
Криворізький національний університет

«АрселорМіттал Кривий Ріг» виняткове за своїми масштабами та промисловими можливостями підприємство з повним металургійним циклом. Багато років поспіль на підприємстві працювали 4 градирні, які за час своєї експлуатації фізично та морально застаріли. У 2019 року було завершено масштабний проект із заміни однієї з працюючих вентиляторних градирень. Цей проект, був реалізований компанією "Далгакіран" та виявився особливим, так як на даний час це найбільша вентиляторна градирня в Україні.

Проект проводився у рамках модернізації стратегічної енергоінфраструктури і полягав у реконструкції нещодавно збудованої градирні 16Б, яка не відповідала поставленим завданням. Згадана градирня є теплообмінним апаратом змішувального типу, в якому передача теплоти від одного теплоносія (води) до іншого (повітря) здійснюється при безпосередньому їх зіткненні та супроводжується повним чи частковим змішуванням. Охолодження води проходить в результаті конвективного теплообміну між поверхнею води та контактуючим із нею повітрям. При цьому температура води не може знижуватись нижче температури повітря, що вимірюється по сухому термометру. Процес у градирні супроводжується масообміном, при якому частина води випаровується, і пара, що утворилася, виноситься потоком повітря. При цьому на випаровування води витрачається теплота пароутворення, яка відбирається від теплоносіїв, в результаті чого температура може опуститися нижче за температуру повітря, що вимірюється по сухому термометру. Граничним значенням є температура мокрого термометра, що залежить від вологості повітря, що надходить у градирню.

Відповідно до проекту, перед компанією "Далгакіран" два основні завдання: 1) спроектувати, виготовити та змонтувати градирню на вже існуючому басейні; 2) забезпечити підприємству систему, що відповідає необхідним параметрам охолодження води оборотного циклу водопостачання ТЕЦ-2, доменних печей № 7 та 8 та компресорної станції кисневого виробництва.

Реалізований проект полягає у введенні в експлуатацію склопластикової вентиляторної градирні типу CENK 3EFM1460 (Туреччина) має продуктивність 10900 м<sup>3</sup>/год. Незважаючи на те, що вона є найбільшою вентиляторною

градирнею в Україні (довжина – 44 м., ширина – 14,6 м., висота – 15 м.), обладнання вважається дуже компактним для такої продуктивності.

Система охолодження води працює за допомогою трьох вентиляторів діаметром 9,2 м кожен. В результаті реалізації проекту «АрселорМіттал Кривий Ріг» отримав значну економію електроенергії та технологічної води, що відповідають стратегії компанії з модернізації та підвищення енергоефективності виробничого обладнання.

Альтернативний варіант заміни вентиляторних градирень, що продовжують експлуатуватись може бути не заміна на нове обладнання, а модернізація існуючого. Метою модернізації градирні є зниження температури зворотної води приблизно 5 °С. Таке зниження температури води буде забезпечуватись застосуванням зрошувачів та вихрового циклону, що працюють у взаємодії один з одним (рис. 1).

Розрахунок температури охолоджуваної води в цих умовах може бути виконаний за рівнянням теплового балансу, який у спрощеному вигляді має наступний вид:

$$Lh_1 + Gct_1 = Lh_2 + (G - \Delta G)ct_2 \quad (1)$$

де  $L$  – масова витрата повітря, кг/с;  $h_1$  – ентальпія повітря на вході в градирню, кДж/кг;  $h_2$  – ентальпія повітря на виході з градирні, кДж/кг;  $G$  – масова витрата води, кг/с;  $\Delta G$  – масова витрата води, що випарувалася, кг/с;  $c$  – масова теплоємність води, кДж/кг К;  $t_1$  – температура води на вході до градирні, °С;  $t_2$  – температура води на виході із градирні, °С.

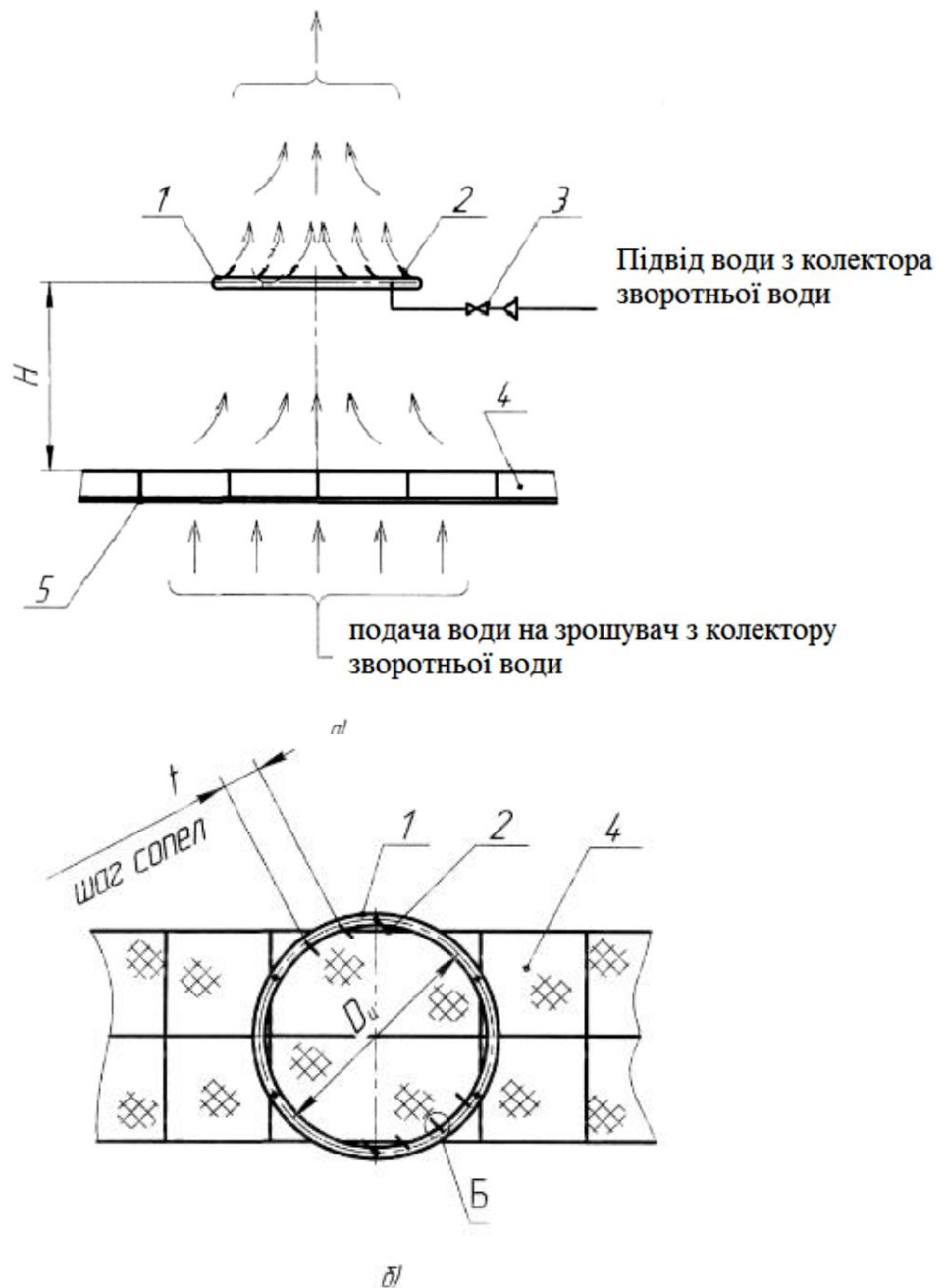
Вирішуючи рівняння (1) щодо температури води на виході з градирні, отримаємо співвідношення

$$t_2 = \frac{Gct_1 - L(h_2 - h_1)}{(G - \Delta G)c} \quad (2)$$

Як впливає із співвідношення (2), головними факторами, що впливає на зменшення температури води на виході з градирні, є витрата повітря і збільшення його ентальпії.

Аналіз існуючих конструкції градирень показує, що рух охолодного повітря можливий тільки в результаті ежектування його струменями води, що подаються через два ряди форсунок у диспергованому стані. При цьому існуюча схема розташування форсунок забезпечує ежектуючу дію струменів води тільки верхньої поверхні водяних смолоскипів верхнього ряду. Ця поверхня обмежена глибиною камери, оскільки осі форсунок спрямовані практично горизонтально, і краплі води, маючи ще досить велику швидкість, ударяються об задню стінку камери, виходять із зіткнення з повітрям, що охолоджує, потрапляючи в потік практично неохолодженої води, що надходить із форсунок нижнього ряду.

Ефективна робота зрошувачів, полягає у багаторазовому дробленні води, що надходить на них, буде забезпечена тільки при рівномірному розподіл води на поверхні зрошувача. Зрошувач має бути розташований у зоні активного розбризкування води, що виходить з колектору оборотної води.



**Рис. 1.** Вихровий циклони градирні:

- а) схема повітряно-водяних потоків;
- б) схема розташування зрошувачів та вихрового циклону:
- 1 – колектор вихрового циклону;
- 2 – сопло;
- 3 – вентиль;
- 4 – зрошувач;
- 5 – лежак

При попаданні струменів на ґратчасті зрошувачі вода багаторазово дробиться на них і стікає до басейну градирні. При цьому інтенсифікується процес випаровування (охолодження). Зрошувачі являють собою ґратчасті блоки

розміром  $0,8 \times 0,8 \times 0,25$  м, які укладаються на лежаки та кріпляться притисками, що розташовані над ними.

Підвищення аеродинамічних властивостей градирні здійснюється за допомогою вихрового циклону, що складається з кільцевого колектору та 21 сопла рівномірно розподілених за периметром колектору. До колектору через вентиль підводиться також оборотна вода. Сопла спрямовані усередину кільцевого колектору, що сприяє створенню ежектуючого потоку в зоні внутрішнього діаметра кільцевого колектора. Все сказане вище підвищує аеродинамічні властивості градирні і може слугувати більш економічно вигідним варіантом модернізації існуючих градирень.

### Список літератури

1. Електронний ресурс: <https://dalgakiran.ua/>
2. Шабалин А.Ф. Обратное водоснабжение промышленных предприятий. М.: Стройиздат, 1972. 296 с
3. Бергман Д. Испарительные градирни: современные конструкции и преимущества реконструкции // Энергетик – 2000, спецвыпуск, С. 15-21.
4. Афанасенко В.Г. Использование сил центробежной сепарации в процессе улавливания мелкодисперсной капельной жидкости в градирнях. / В.Г. Афанасенко, С.П. Иванов, Е.В. Боев, Е.А. Николаев // Химическая промышленность сегодня. 2008. № 2. С. 38-41.