

ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ НА ОСНОВІ ІНТЕГРАЦІЇ ТЕРМОТРАНСФОРМОВАНОЇ ЕНЕРГІЇ ОХОЛОДЖЕННЯ ПЕЧІ ТА НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

Для розробленої системи теплопостачання на основі інтеграції термотрансформованої енергії охолодження печі та низькопотенціальних джерел встановлено, що її потужність може бути збільшена за рахунок низькопотенціальної теплоти від 16% до 37% в залежності від вихідної температури рециркуляційного потоку, а також охолодження його в випарному теплообміннику.

Раціональне науково-обґрунтоване використання вторинних енергоресурсів (ВЕР), значні резерви яких є в промисловості виробництва будівельних матеріалів у випалювальних печах, дозволяє підвищити енергоекономічні, екологічні та технологічні характеристики промислового та комунально-побутового теплопостачання. Проблема зниження витрат палива та підвищення ефективності утилізації теплоти зовнішнього охолодження обертових печей відомими способами є актуальною, оскільки більше половини енергії у вигляді викидів розсіюється в атмосфері. Зокрема, в найбільш енергоємних печах виробництва в'яжучих та стінових матеріалів коефіцієнт використання палива в 2-3 рази менший, ніж в генераторах традиційного теплопостачання. Втрати теплоти в довкілля з бічної поверхні не вкритої печі досягають 6-7 кВт/м². При цьому ефективність спалювання палива в таких агрегатах не перевищує 40%, а втрати теплоти з бічної поверхні досягають 10-30% його загальної витрати. Раціональне використання цього ресурсу може значно підвищити енергоекономічність промислового теплопостачання з відповідним зниженням забруднення довкілля.

Досить перспективним можна вважати застосування теплонасосних технологій для енергозбереження в процесах виробництва будівельних матеріалів в печах, які обертаються, з утилізацією низькотемпературних газоповітряних потоків. Логічно, що мінімізація термотрансформаторної компоненти в загальному енергетичному потоці має бути домінуючою в енергозбереженні.

Слід зазначити, що стабілізація встановленого [1] теплового режиму охолодження печі протягом року є важливим техніко-економічним завданням, направленим на поліпшення теплотехнічного процесу та енергозбереження, перш за все, для зони випалювання. Вона запобігає перегріву конструктивних шарів пічного агрегату, збільшує стійкість і подовжує термін служби футерівки. Робота системи стабілізуючого охолодження печі сприяє також підвищенню якості продукції, яка випускається.

З позиції ефективнішого використання енергії стабілізуючого охолодження печі недовліком раніше розглянутої системи [2, 3] для промислового теплопостачання є те, що у вказаній системі відсутня можливість одночасної утилізації теплоти і використання енергії низькотемпературних джерел, а також обмеженість її структурно-функціонального взаємозв'язку з абонентськими системами з теплогенеруючими системами термотрансформації. Цей недолік вкрай звужує функціональні можливості інтегрованих систем, знижуючи не лише їх загальну енергетичну ефективність, але й техніко-економічні показники систем теплопостачання з використанням низькопотенційних джерел.

Задача підвищення ефективності промислового теплопостачання базується на основі повної компенсації енергії парокомпресійного охолодження рециркуляційного потоку повітряного охолодження печі теплою низькопотенційних джерел (НПД) з подальшим використанням енергії переохолодженого потоку. При цьому до низькотемпературних джерел енергії відносяться, перш за все, відпрацьовані газоповітряні потоки, зокрема після розроблених пристроїв повітродструмин охолодження печей на суміжних ділянках, після технологічного охолодження кінцевого продукту, а також теплові потоки вентиляційного та зовнішнього повітря, наприклад, в міжопалювальний період року, перш за все в південних регіонах України.

У розробленій системі рис.1, контур повітряного охолодження складається з укриття печі 1, калорифера 2 з вентилятором 3, патрубка скидання повітря 9 та повітрозабірний патрубок 10, послідовно з'єднаних рециркуляційним повітропроводом. У спареному каналі укриття печі забезпечується регульована струминна дія повітряного потоку з постійною витратою при незмінному перепаді температур теплоносія в умовах змінної температури зовнішнього повітря протягом року. Після охолодження печі гаряче повітря поступає в теплообмінник 2, де нагріває воду. Частина охолодженого рециркуляційного потоку скидається через патрубок 9 і компенсується потоком низькопотенційного джерела, що дає можливість використовувати теплоту суміжних енергетичних потоків печі, що вкривається, і вторинного низькопотенційного джерела теплоти.

У системі використовується парокомпресійний цикл теплового насоса, конденсатором для якого служить теплообмінник 4, а випарниками є теплообмінники 5 і 5' і паралельно сполученими між собою по воді і по холодоносію (фреону). Конденсатор і випарники розташовані на одному рівні. Контур теплового насоса, показаний на рис.1 пунктиром, виконує функцію теплотрансформатора. Він забезпечує відбір частини теплоти від циркулюючого теплоносія і холодної води відповідно в теплообмінниках 5 і 5' з передачею енергії в

конденсаторі 4 для догрівання теплої води від температури t_T до нормованого значення t_{TB} , наприклад, за встановленими вимогами промислового теплопостачання.

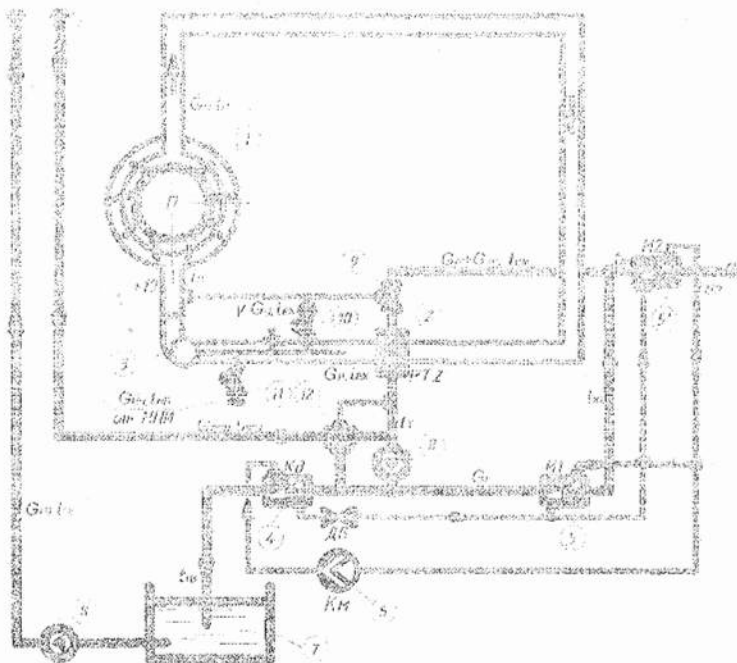


Рис. 1. Система теплопостачання на основі термотрансформованої енергії.

- 1- укриття печі; 2- калорифер; 3- вентилятор; 4- конденсатор;
5, 5' - випарники; 6- компресор; 7- бак-акумулятор; 8- насос; 9- регулятор витрати теплоносія; 10- скидний патрубок; 11- забірний патрубок; 12- триходовий регулятор витрати.

Завданням аналітичного дослідження інтегрованої системи теплопостачання є визначення умов високоефективного використання енергії низькопотенційних джерел в процесі стабілізуючого охолодження бічної поверхні печі, яка обертається, при характерних режимах її роботи в умовах зміни параметрів зовнішнього повітря.

Встановимо граничне значення витрати і ресурс теплоносія, що поступає, від низькопотенційного джерела в процесі термотрансформації теплоти. Тепловий потік від циркуляційного теплоносія на вході в укриття печі $Q_{п}$ визначається співвідношенням теплоти переохолодження рециркулюючої частини газоповітряного потоку після теплообмінника Q'_n і теплової потужності газоповітряного

теплоносія від низькопотенційного джерела Q'_{III} , що надходить в компенсацію скидної частини рециркуляційного потоку:

$$Q_H = Q'_H + Q'_{III}, \quad (1)$$

При відповідних термодинамічних параметрах теплових потоків залежність (1) набуває виду:

$$G_{II} c t_H = G'_{II} c t'_H + G'_{III} c t'_{III},$$

де: G_{II} - загальна витрата рециркуляційного газоповітряного потоку в системі, що забезпечує режим стабілізуючого охолодження печі;

G'_{III} - змінна витрата газоповітряного теплоносія від НПД, що поступає в компенсацію скидної частини рециркуляційного потоку після калорифера;

t_H - початкова температура газоповітряного потоку на вході в укриття печі;

t'_H - температура газоповітряного рециркуляційного потоку після охолодження в теплообменнику 2;

t'_{III} - температура газоповітряного теплоносія від НПД.

Питома витрата теплоносія, що поступає, від низькопотенційного джерела відносно загальної витрати середовища, що охолоджує, на вході в укриття печі має вигляд:

$$\frac{G'_{III}}{G_{II}} = \frac{t_H}{t'_{III}} - \frac{G'_{II} \cdot t'_H}{G_{II} \cdot t'_{III}} \quad (2)$$

Зважаючи, що $\frac{G'_{II}}{G_{II}} = 1 - \frac{G'_{III}}{G_{II}}$, після відповідних перетворень шукана частина теплоносія G'_{III} від НПД на вході в укриття згідно (2) набуває остаточного вигляд:

$$\frac{G'_{III}}{G_{II}} = \frac{t_H - t'_H}{t'_{III} - t'_H} \quad (3)$$

Співвідношення аналізованих витрат по залежності (3) ілюструється графічно (рис.2), залежно від температури теплоносія t'_{III} при різних значеннях температури охолодження рециркуляційного потоку t'_H .

З наведених графіків виходить, що в аналізованій системі теплопостачання збільшення витрати теплоносія, що надходить, від низькопотенційного джерела залежить від температури охолодження рециркуляційного потоку, необхідної для підтримки встановленої температури на вході в укриття печі.

Для виключення замерзання води в калорифері гранична температура охолодження рециркуляційного потоку повинна знаходитись в області позитивних температур. Відзначимо, що

залежність (3) дозволяє, визначити конструктивні розміри відповідних пристроїв для скидання переохолодженого повітряного потоку і забору теплоносія від низькопотенційного джерела в процесі автоматичного регулювання загальної витрати теплоносія в рециркуляційному контурі.

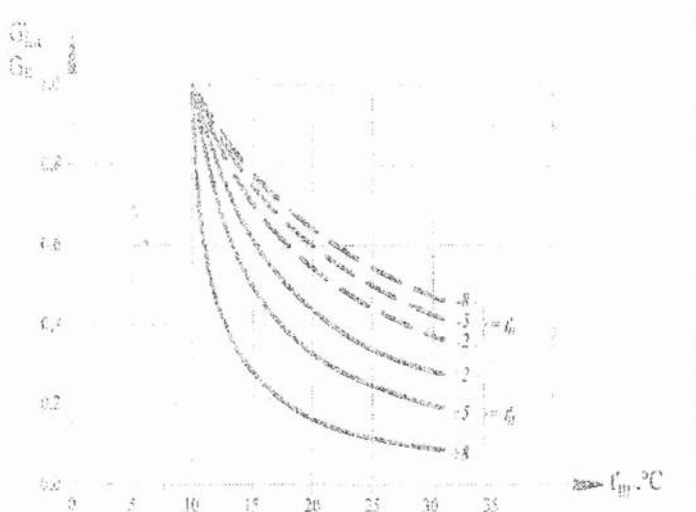


Рис.2. Залежність витрати теплоносія, що поступає, від НДП, від його початкової температури.
 — при $t'_H = (2-8)^\circ\text{C}$, — при $t'_H = -(2-8)^\circ\text{C}$

Оцінимо питому складову теплового потоку від НДП Q'_{III} , який забезпечує збільшення потужності термотрансформаторної системи теплопостачання відносно загальної потужності рециркуляційного потоку після укриття печі Q_{II} , представивши їх у вигляді співвідношення:

$$\frac{Q'_{III}}{Q_{II}} = \frac{G'_{III} \cdot c \cdot (t'_{III} - t'_H)}{G_{II} \cdot c \cdot (t_{II} - t'_H)} \quad (4)$$

З врахуванням залежності (3) співвідношення (4) набуває наступного вигляду:

$$\frac{Q'_{III}}{Q_{II}} = \frac{t_H - t'_H}{t_{II} - t'_H} \quad (5)$$

На рис.3 графічно ілюструється залежність (5) питомого теплового потоку НДП від початкової і кінцевої температур циркулюючого теплоносія в системі стабілізуючого охолодження печі.

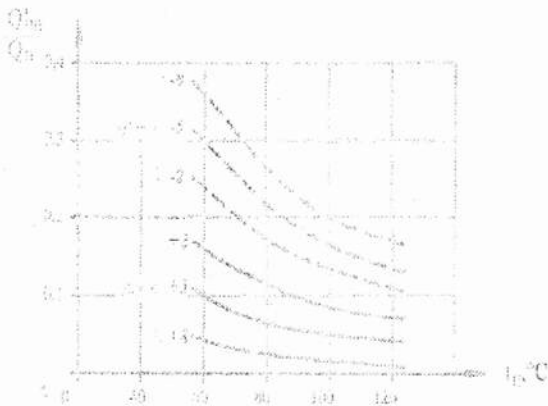


Рис. 3. Залежність питомого теплового потоку НПД від початкової температури рециркуляційного потоку після укриття печі.
 — при $t'_{H}=(2-8)^{\circ}\text{C}$, — — — при $t'_{H}=(2-8)^{\circ}\text{C}$

З наведених графіків виходить, що потужність теплового потоку НПД зростає із збільшенням глибини охолодження рециркуляційного потоку, що є характерним для ділянок печі із зменшеною температурою теплоносія.

Висновок.

Теплова потужність інтегрованої системи теплопостачання може бути збільшена за рахунок енергії низкопотенційного джерела від 16% до 37% залежно від вихідної температури рециркуляційного потоку, а також охолодження його у випарному теплообміннику термотрансформаторного контура.

Список літератури:

1. Петраш В. Д. Теплоснабжение на основе утилизации энергии регулируемого охлаждения вращающихся печей. - Одеса: ВМВ, 2006. - с.280-288.
2. Петраш В.Д., Сорокіна І.В., Басіст Д.В. Патент України № 88327 на винахід. Система стабілізуючого охолодження печі на основі термотрансформації теплоти, яка утилізується. Бюл. №19, 2009р.
3. Петраш В.Д., Сорокіна І.В., Басіст Д.В. Повышение энерготехнологической эффективности вращающейся печи и качества теплоснабжения на основе термотрансформаторного цикла утилизации теплоты. ж. Энерготехнологии и ресурсосбережение, №4, 2008. Институт газа НАН Украины. Киев 2008г.

Надійшла до редакції 23.11.2012р.