

А. М. Ялова¹
Н. В. Бондар¹
Є. О. Зуєва¹

ДОСВІД ТЕХНІЧНОГО ПЕРЕОСНАЩЕННЯ ЗАСТАРІЛОГО КОТЕЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ПІВДЕННОГО ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ПРОМИСЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ ТА ПОЛІПШЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

¹Криворізький національний університет

Запропоновано варіант технічного переоснащення морально застарілого обладнання зі збільшенням промислової потужності котлів для потреб виробництва ПівдГЗК за рахунок реалізації сучасних технічних рішень зі збереженням наявних габаритних розмірів котельні. Котельня призначена для покриття теплових навантажень споживачів. Технічне переоснащення має на меті поліпшення енергетичних показників та екологічних характеристик роботи обладнання котельні завдяки реалізації у котельні сучасних технічних рішень з обладнанням, що має високоефективні показники. Проаналізовано обладнання, яке використовується для впровадження технічного переоснащення реальної промислової водогрійної котельні. Зазначено, що застосування водогрійних котлів Viessmann Vitoplex 200 тип Sx2A з економайзерами VITOTRANS 300 відповідно до вимог є найдоцільнішим із зазначенням потреб підприємства та переваг обладнання. Встановлено, що переоснащена котельня має значні переваги у порівнянні з раніше працюючою, результатом модернізації котельні ПівдГЗК є не тільки технологічні ідеї, закладені в проєкті, а й матеріальний результат у вигляді введеного в експлуатацію нового енергетичного об'єкта. Розробка проєкту передбачає, що основним видом палива є природний газ з нижчою теплотою згоряння $Q = 8100 \text{ Ккал/нм}^3$, резервне паливо для такої котельні не передбачається. З урахуванням технічних умов питного водопостачання котельні та необхідності заповнення теплових мереж обробленою водою, в котельні встановлено Na-катіонову установку води «BWT». Встановлено нове технічне обладнання: п'ять водогрійних котлів Viessmann Vitoplex 200 тип Sx2A потужністю 1100 кВт кожен, п'ять газових пальників, п'ять економайзерів Vitotrans 300, п'ять насосів котлового контуру, п'ять насосів обв'язування економайзерів, сепаратор повітря, сепаратор шламу, два мережеві насоси, пом'якшення води BWT, два підживлювальні насоси, два баки запасу підготовленої води (єврокуб) ємністю 1250л, виробництва фірми "SCHUTZ"; розподільні колектори (що подає та зворотний) діаметром 325 мм та довжиною 2 м кожний; два розширювальні баки Reflex G3000 6 бар/120 °С, об'ємом 3000 л кожний, п'ять розширювальних баків котлового контуру Reflex G300 6 бар/120 °С, об'ємом 300 л кожний, виробництва фірми «Reflex» (Німеччина); станція дозування DOZOMAT 60AT.MT2, яке дозволило зарезервувати 38 % потужності котельні.

Ключові слова: котельня, технічне переоснащення, обладнання, потужність, водогрійні котли, тепло, характеристики.

Вступ

Для виробництва високоякісної металургійної сировини ПівдГЗК використовує сучасні технології, обладнання та машини кращих світових виробників. В останні роки спостерігається суттєве зростання потреби в енергетичних ресурсах, що створює необхідність підвищення енергоефективності активних теплогенерувальних установок.

Актуальною проблемою стає оптимізація методів спалювання палива за умови забезпечення

економічності, надійності та екологічності роботи промислових котлів. На промислових підприємствах непоодинокі випадки експлуатації котлів, які на сьогодні не відповідають вимогам енергоефективності. Вік основного фонду котельень в Україні становить більше 30...40 років. В енергетиці поняття модернізації відноситься до обладнання, що перебуває в експлуатації і вимагає з різних причин зміни первісних конструктивних рішень. Технічне переоснащення передбачає зміну схеми або вузлів діючого обладнання відповідно до нових вимог, що забезпечують поліпшення показників роботи, підвищення надійності, зниження енергетичних та матеріальних витрат та трудових ресурсів в процесі експлуатації, технічного обслуговування та ремонту. Модернізацію проводять також у разі морального зносу. Багато фахівців справедливо стверджують, що до морального зносу (принаймні, на такому проміжку часу) котельне обладнання не схильне, оскільки котли заводського виготовлення старих конструкцій не гірші від масово застосовуваних сьогодні, а у світі повно прикладів котельень значно соліднішого віку і при цьому успішно працюючих дотепер. Навіщо потрібна реконструкція чи будівництво котельні на активному підприємстві? Є дві основні причини: глибоке фізичне зношення обладнання або невідповідність збільшеним потужностям працюючого підприємства та перспективним енергетичним потребам підприємства. Друга ситуація — аж ніяк не рідкість на гірничо-збагачувальних підприємствах: розвиток виробництва не завжди пов'язаний з будівництвом нових майданчиків. Часто нові цехи і промислові потреби вбудовують у об'єкти, що вже діють, а для їхньої роботи потрібна пара або гаряча вода в обсягах, непосильних для наявних котельні.

Мета роботи — запропонувати варіант технічного переоснащення водогрійної котельні гірничо-збагачувального комбінату, що дозволить в подальшому модернізувати морально застарілі котельні на підприємствах гірничовидобувної галузі.

Результати досліджень

Скелюватське родовище магнетитових залізистих кварцитів є сировинною базою Південного гірничо-збагачувального комбінату. На підприємстві використовується циклічно-поточкова технологія видобутку руди з використанням автомобільного, залізничного та конвеєрного транспорту.

Модернізація котельні проводиться для підвищення ефективності, підвищення потужності, поліпшення екологічної безпеки, зменшення споживання палива та витрат на експлуатацію котельні. Технічно переоснащена котельня призначена для теплопостачання ланцюговозбиральної бази та покриття теплових навантажень, при цьому 38 % потужності зарезервовано. Котельня за розміщенням є окремою. Відбулась заміна морально застарілих та наявних котлів, що відпрацювали свій ресурс загальною потужністю 5,5 МВт [1]. Найвищого рівня енергоефективності котельні можна досягти лише за рахунок комплексного підходу до вирішення конструктивних, технологічних, техніко-економічних та екологічних проблем.

Технічне переоснащення відбувалось з урахуванням таких умов: впровадження ефективного обладнання; забезпечення необхідних теплових навантажень; максимального використання наявних будівель, споруд та комунікацій; забезпечення безпечної експлуатації обладнання котельні.

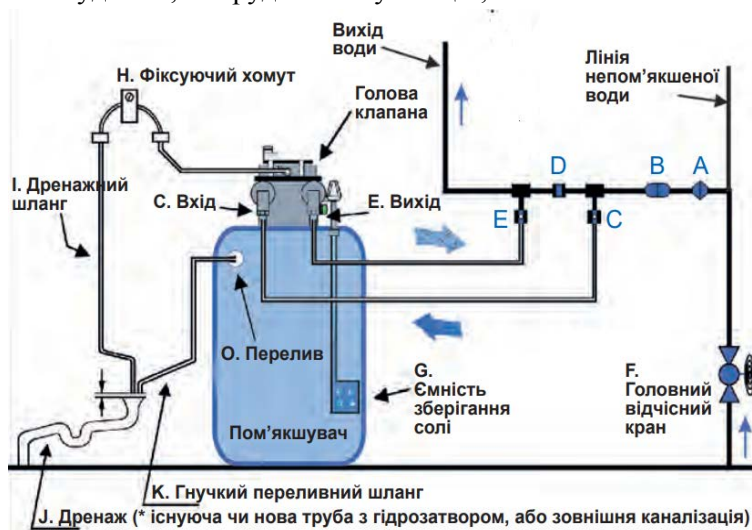


Рис. 1. Схема становлення систем пом'якшення води BWT

Морально застаріле обладнання оновлено, встановленням п'яти водогрійних котлів.

Для забезпечення необхідної якості живильної води оновлення проводилося у два етапи. На першому застосовано фільтр грубої очистки на вході в установку хімводопідготовки. На другому етапі доповнено системою пом'якшення води BWT (рис. 1, 2) [2]. Саме система BWT в комплексі з сучасними котлами дає можливість забезпечити ефективність роботи котла, зменшити енергоспоживання обладнання, забезпечити безпечну роботу і продовжити робочий ресурс обладнання котельні.

Оцінюючи вплив відкладень від води на теплові втрати системи визначено, що за обсягом системи 1...3 м³ та підживленням водою з жорсткістю 10...20 °dH, втрати енергії становлять 7...11%.



Рис. 2. Система пом'якшення води BWT у котельні

Система пом'якшення води BWT для водогрійної котельні проектувалась з урахуванням таких параметрів: потужність та тепловий режим котла; максимальна годинна витрата води для підживлення; жорсткість вихідної води; вміст заліза; вміст нафтопродуктів; вміст розчиненого кисню та рівень рН. Схема водопідготовки для водогрійних котлів з системою пом'якшення води BWT складається з таких ступенів: ступінь механічного очищення, ступінь знезалізнення, ступінь пом'якшення, ступінь дозування. Для контролю параметрів якості котлової води в програмі BWT є аналітичний набір, який дозволяє зробити замір параметрів: рН, жорсткість, вміст сульфатів і фосфат-іонів.

Початкова вода надходить на сітчастий механічний фільтр. Фільтр призначений для видалення великих частинок окалини, ґрата зварювального та піску, який може виноситися з трубопроводів, що підводяться. Установка складається з одного фільтра, рейтинг фільтрації 90 мкм. Фільтр промивається вручну.

Технічні характеристики :

- продуктивність номінальна м³/год 2,5;
- середня витрата солі на одну регенерацію кг 16,0.

Експлуатація натрій-катионітних фільтрів ХВП відбувається в автоматичному режимі через клапан управління і зводиться до чергування таких операцій:

- технологічна обробка води;
- регенерація катіоніту.

Клапан керує всім процесом водоочищення, зокрема і регенерацією або промиванням обох фільтрів. На ньому можна встановити всі дані для цього циклу. Складова частина клапана — форсунокова система, яка забезпечує у напірному патроні оптимальний пропуск води через шар катіоніту.

Трубопроводи води в котельні ізолювані. Ізоляція труб діаметром менше 50 мм передбачена з теплоізоляційного матеріалу — фізично спіненого поліетилену з додаванням оригінальної композиції присадок Thermaflex. У нижніх точках трубопроводів та обладнання передбачені дренажі для спуску води.

Відведення продуктів згоряння здійснюється в теплоізолюванні димоходи з нержавіючої сталі в оцинкованому кожусі від кожного котла окремо, з улаштуванням кріплення димових труб до котельні.

Тепломеханічні рішення та призначення котельні

Теплова схема розроблена для закритої системи тепlopостачання. Котельня подає споживачам мережну воду з температурою 95 °С за опалювальним графіком 95...70 °С. При цьому температура спрацьовування захисного обмежувача температури для допустимого робочого тиску 6 бар становить 110 °С, згідно з паспортом котла.

Від споживачів зворотна мережева вода надходить у розподільний колектор через осадовий фільтр та сепаратор шламу і подається до котлів.

Нагріта в котлах до 95 °С вода надходить через сепаратор повітря у розподільний колектор і далі на мережеві насоси. Після насосів по контуру вода надходить до споживачів.

Підтримка температури води, що подається відповідно до температурного (режимного) графі-

ка, проводиться автоматично за допомогою керування паливним клапаном горіння у режимі модуляції з регулюванням подачі повітря.

Регулювання потрібної температури води у зворотному трубопроводі перед котлами для захисту від низькотемпературної корозії відбувається у двоступінчастому режимі по рециркуляційному трубопроводу через триходові клапани насосами котлових контурів.

Другий ступінь регулювання включається датчиком у разі недосягнення результатів регулювання на першому ступені. Цим датчиком включається триходовий клапан на трубопроводі, що подає, при цьому зменшується об'ємна витрата теплоносія на розподільчий колектор та температура у котлів підвищується.

Дотримання режимів та опалювальних графіків роботи котлів керується двома видами контролерів. Контролери — це індивідуальні пристрої, що дозволяють дистанційно керувати роботою сучасних водогрійних котлів. В процесі технічного переоснащення застосовані колектор Vitotronic 100 для кожного котла та два контролери Vitotronic 300 (на 3 та на 2 котли). Vitotronic 100 контролює режим програмованої теплогенерації зі змінною температурою теплоносія для кожного котла, Vitotronic 300 запрограмований на погодозалежну теплогенерацію для двох та трьох контурів з регулюванням змішування.

Технічне переоснащення котельні проводилось згідно з договором та завданням замовника, а саме ПівГЗК. Котельня призначена для забезпечення теплових потреб споживачів, заявлених замовником [1]:

- опалення та технологічні потреби $Q = 2,9$ МВт;
- власні потреби котельні $Q = 58,75$ кВт;
- резерв $Q = 2,24125$ МВт.

Кількість котлоагрегатів, що встановлюються в котельні, вибрано за розрахунковою продуктивністю котельні згідно з ДБН В.2.5-77:2014. Продуктивність взята з розрахунку безперервної роботи котельні у зимовий період.

Загальна теплопродуктивність котельні складає 5500 кВт. Теплопродуктивність кожного котла — 1100 кВт.

У приміщенні котельні встановлюються 5 водогрійних котлів Viessmann Vitoplex 200 тип Sx2A, потужністю 1100 МВт кожний (рис. 3). Основними перевагами даних водогрійних котлів є:

перевірена якість фірми Viessmann; завдяки великому водонаповненню котлового блоку та широким проходам між жаровими трубами відсутні обмеження щодо мінімальної витрати теплоносія, внаслідок чого спрощується гідравлічна стиковка котла із системою. [3].

Паливо для котельні передбачено природний газ з нижчою теплою згоряння $Q_H^P = 8100$ Ккал/нм³, резервне паливо не передбачається.

Річний витрата тепла на теплопостачання знаходимо за формулою:

$$G = Q \frac{T_{\text{вн}} - T_{\text{ср.от}}}{T_{\text{вн}} - T_p} \kappa_{\text{с.н.}} z n_0, \text{ Гкал/кг}$$

де Q — теплове навантаження споживачів на теплопостачання; $T_{\text{вн}}$ — середня температура повітря в опалювальних приміщеннях; $T_{\text{ср.от}}$ — середня температура повітря за опалювальний період; T_p — розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення вентиляції (згідно з ДБН В.2.5-67:2013

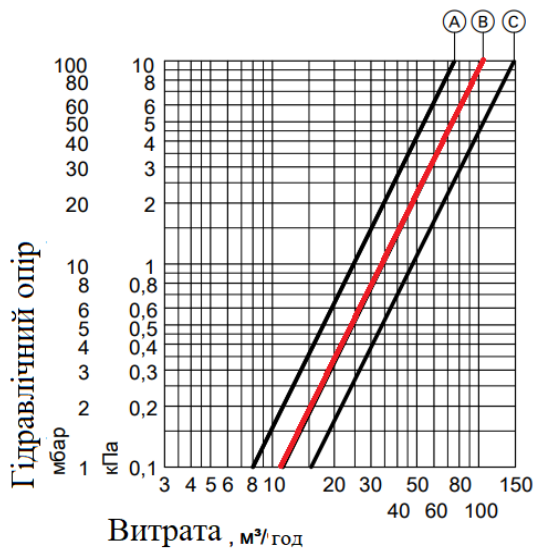


Рис. 3. Гідродинамічний опір контуру з водогрійним котлом Viessmann Vitoplex 200 тип Sx2A, потужністю 1100 МВт (В)

«Опалення, вентиляція та кондиціонування»); $\kappa_{\text{с.н.}} = 1,05$ — коефіцієнт, що враховує втрати тепла за власні потреби котельні та в теплових мережах; Z — число годин роботи котельні на добу; n_0 — кількість днів опалювального періоду:

Враховуючи графік роботи підприємства маємо $G = 9951,8$ Гкал/кг, за річної витрати умовного палива $V = 1580$ тис. т. у.п.

У котельні встановлюється: п'ять водогрійних котлів Viessmann Vitoplex 200 типу Sx2A потужністю 1100 кВт кожний, п'ять газових пальників, п'ять економайзерів Vitotrans 300, п'ять насосів котлового контуру, п'ять насосів об'язування економайзерів, сепаратор повітря, сепаратор шламу, два мережеві насоси, пом'якшення води BWT, два підживлювальні насоси, два баки запасу підготовленої води (єврокуб) ємністю 1250 л, виробництва фірми «SCHUTZ»; розподільні колектори (що подає та зворотний) діаметром 325 мм та довжиною 2 м кожний; два розширювальні баки Reflex G3000 6 бар/120 °С, об'ємом 3000 л кожний, п'ять розширювальних баків котлового контуру Reflex G300 6 бар/120 °С, об'ємом 300 л кожний, виробництва фірми «Reflex» (Німеччина); станція дозування DOZOMAT 60AT.MT2 (рис. 4)



Рис. 4. Встановлення водогрійних котлів Viessmann Vitoplex 200 тип Sx2A

Основними перевагами водогрійних котлів Viessmann Vitoplex 200 тип Sx2A є: перевірена якість фірми Viessmann; завдяки великому водонаповненню котлового блока та широким проходкам між жаровими трубами відсутні обмеження щодо мінімальної витрати теплоносія, внаслідок чого спрощується гідравлічна стиковка котла з системою.

Водогрійні котли Viessmann Vitoplex 200 типу Sx2A вирішено оснастити газовими двоступінчастими пальниками серії MG, які розроблені для використання в теплогенераторах різного призначення середньої потужності. Низькі викиди оксидів азоту під час роботи пальників RS дозволяють використовувати їх у тих місцях, де є обмеження щодо викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище.

Функціональні характеристики: фронтальний доступ до всіх вузлів пальника; наявність повітряної заслінки, що закривається при вимкненні пальника (запобігання втратам тепла через димовідвід); наявність рухомого фланця пальника (дозволяє підібрати оптимальну довжину головки пальника); регулювання геометричних параметрів головки пальника в залежності від потужності пальника; вентилятор пальника зі спеціальною формою лопатей (знижений рівень шуму); наявність на корпусі пальника роз'ємів для електричних підключень, спрощуючи монтаж та технічне обслуговування.

Для додаткового використання тепла газів, що відходять, і як наслідок, підвищення ККД групи «котел—економайзер» в котельні встановлено 5 економайзерів VITOTRANS 300. Переваги економайзера VITOTRANS 300: висока експлуатаційна надійність та тривалий термін служби за завдяки використанню нержавіючої сталі; вертикально розташовані поверхні конденсації та газоходи забезпечують безпосереднє стікання вниз конденсату, це сприяє придушенню вторинного випаровування; посилений процес самоочищення завдяки гладким поверхням нержавіючої сталі; високо-ефективний теплообмін та прискорення процесу конденсації.

Висновки

Як показав накопичений в останні роки досвід, застосування в котельнях та системах теплопостачання і теплоспоживання сучасного енергетичного обладнання і вимірювальних засобів (тепло-, водо-, паро- та газолічильників), а також засобів автоматизованого відпуску теплоти, заміна застарілого обладнання на сучасне забезпечує економію палива (за різними підрахунками в залежності від пори року та навантаження на 5...15% або 8...10%. З урахуванням цього економія газу в порівнянні з морально застарілим обладнанням може становити 13...19%.

Результати технічної переоснащеності наявної котельні на Південному гірничо-збагачувальному комбінаті дали такі результати:

- підвищення надійності та продуктивності обладнання;
- значне збільшення ККД та теплової потужності;

- оптимальний режим роботи;
- скорочення витрат на обслуговування та експлуатацію через зниження витрати пального та кількості обслуговчого персоналу;
- зниження кількості екологічно шкідливих викидів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Завдання на проектування котельні АТ «Південний гірничо-збагачувальний комбінат», від 31.03.2018 р.
 [2] Інструкція з обслуговування BWT Perla Silk M. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://vencon.ua/uploads/goods/195182/manual/bwt-perla-silk-m-3.pdf>.
 [3] Технічний паспорт водогрійного котла Viessmann Vitoplex 200 тип Sx2A. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.viessmann.ua/uk/zhytlovi-budynky/hazovi-kotly/nyzkotemperaturni-hazovi-kotly/vitoplex-200.html>.

Рекомендована кафедрою теплоенергетики ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 25.04.2023

Ялова Альона Миколаївна — канд. техн. наук, доцент кафедри теплоенергетики, e-mail: a.yalovaya@knu.edu.ua ;

Бондар Наталія Василівна — старший викладач кафедри теплоенергетики, e-mail: nbndar2013@gmail.com ;

Зуєва Єлизавета Олександрівна — студентка електротехнічного факультету, e-mail: lizazyeva990@gmail.com .

Криворізький національний університет, Кривий Ріг

A. M. Yalova¹
N. V. Bondar¹
Ye. O. Zuiyeva¹

Experience of Technical Re-Equipment of the Outdated Boiler Equipment of the Southern Mining and Concentration Plant for Increasing its Industrial Output and Improvement of Technical, Economic and Environmental Characteristics

¹Kryvyi Rih National University

The principle of technical re-equipment of morally outdated equipment with an increase in the industrial capacity of boilers for the needs of the production of the Semi-Owned Gas Power Plant due to the implementation of modern technical solutions while maintaining the overall dimensions of the boiler room, which already exist, is presented. The boiler house is designed to cover heat loads of consumers. Technical re-equipment is aimed at improving the energy performance and environmental characteristics of the boiler house equipment as a result of the implementation of modern technical solutions with highly efficient equipment in the boiler house. The equipment used for the implementation of technical re-equipment of a real industrial water-heating boiler house is analyzed. It is noted that the use of water heating boilers of Viessmann Vitoplex 200 type Sx2A with economizers VITOTRANS 300 in accordance with the requirements is the most expedient, indicating the needs of the enterprise and the advantages of the equipment. It has been established that the re-equipped boiler house has significant advantages compared to the previously operating one, the result of the modernization of the boiler house of the South GZK is not only the technological ideas laid down in the project, but also the material result in the form of a new energy facility put into operation. The development of the project assumes that the main type of fuel is natural gas with a lower heat combustion heat $Q = 8100 \text{ Kcal/nm}^3$, reserve fuel for this boiler house is not expected. Taking into account the technical conditions of the potable water supply of the boiler house and the need to fill the heating networks with treated water, the Na-cation water installation "BWT" was used in the boiler house. New technical equipment was installed: five Viessmann Vitoplex 200 type Sx2A water heating boilers with a capacity of 1100 kW each, five gas burners, five Vitotrans 300 economizers, five boiler circuit pumps, five economizer bypass pumps, air separator, sludge separator, two mains pumps, BWT water softener, two feeding pumps, two 1250l prepared water storage tanks (eurocube), manufactured by "SCHUTZ" company; distribution collectors (supply and return) with a diameter of 325 mm and a length of 2 m each; two expansion tanks Reflex G3000 6 bar/120 °C, volume 3000 l each, five expansion tanks of the boiler circuit Reflex G300 6 bar/120 °C, volume 300 l each, manufactured by the company "Reflex" (Germany); dosing station DOZOMAT 60AT.MT2, which made it possible to reserve 38 % of the boiler house capacity.

Keywords: boiler house, technical re-equipment, equipment, power, water heating boilers, heat, characteristics.

Yalova Alyona M. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of the Chair of Heat and Power Engineering, e-mail: a.yalovaya@knu.edu.ua ;

Bondar Nataliya V. — Senior Lecturer of the Chair of Heat and Power Engineering, e-mail: nbndar2013@gmail.com ;

Zuiyeva Yelyzaveta O. — Student of the Department of Electrical Engineering, e-mail: lizazyeva990@gmail.com