

УДК 621.181.12:658.567.1:662.769.1

Р.В. Рашевченко ⁽¹⁾, магістрант
О.І. Чепрасов ⁽²⁾, професор, к.т.н.
А.А. Кузьменко ⁽²⁾, доцент

ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДОМЕННОГО ГАЗУ В ПАРОГЕНЕРАТОРАХ ТЕЦ ПАТ «МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

⁽¹⁾ ВАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь», м. Запоріжжя,

⁽²⁾ Запорізька державна інженерна академія

Рассмотрена работа парогенераторов ТП-150 ТЭЦ ПАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь» за последние шесть лет. Обоснована возможность увеличения их паропроизводительности и предложена модернизация с целью повышения энергоэффективности за счет увеличения поверхности нагрева воздухоподогревателя, повышения пропускной способности горелочных устройств по доменному газу, размещения дополнительного сепаратора, а также уменьшения количества труб для подачи коксового газа.

Ключевые слова: эффективность, вторичные энергоресурсы, доменный газ, парогенератор, модернизация, горелка

Розглянуто роботу парогенераторів ТП-150 ТЕЦ ПАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь» за останні шість років. Обґрунтовано можливість збільшення їх паропродуктивності та запропоновано модернізацію з метою підвищення енергоефективності за рахунок збільшення поверхні нагрівання повітропідігрівача, підвищення пропускної здатності пальникових пристроїв за доменним газом, розміщення додаткового сепаратора, а також зменшення кількості труб для подавання коксового газу.

Ключові слова: ефективність, вторинні енергетичні ресурси, доменний газ, парогенератор, модернізація, пальник

There is considered work of steam generator GP-150 heat electropower of PAJ «Metallurgical combine «Zaporozhstal'» for the last six years. Possibility of increase of him is reasonable steam productivity and modernization is offered with the purpose of increase of energy efficiency due to the increase of heating surface for air heater, increase of carrying capacity of gas-ring devices on blast furnace gas, fluidizer of additional separator, and also diminishing of quantity of pipes serve of coke gas.

Keywords: effectiveness, secondary energy resources, the blast furnace gas, steam generator, modernization, the burner

Вступ. ¹⁸Металургія як невід'ємна частина економіки України працює за умов її кризи. Тому кожне підприємство прагне понизити собівартість власної продукції, впроваджувати новітні технології, перейняти передовий досвід інших підприємств, зменшувати кількість енергоресурсів, що купляють, а також максимально використовувати вторинні енергетичні ресурси власного виробництва. При цьому цехи підприємства повинні вносити свій вклад у підвищення енергоефективності його виробництва.

На ТЕЦ ПАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь» встановлено сім парогенераторів для виробництва технологічної пари, з яких три є агрегатами типу ТП-150, два – агрегатами типу «Рілей-Стакер» і по одному агрегату Е 120/150 ПГМ і ПК 8. Головні технічні характеристики та техніко-економічні показники роботи парогенератора типу ТП-150 за 2015 р. наведено у табл. 1 і 2.

Під час виробництва технологічної пари з параметрами, що складають: тиск 2,9 МПа і температуру 390 °С, – парогенератори ТП-150 ТЕЦ застосовують певну кількість палива, електроенергії та живильної води. Як паливо використовують доменний газ (у повному обсязі), коксовий газ (за його наявності) і природний газ (у разі, коли не вистачає іншого газу), а також мазут. Всі перелічені види палива мають різну теплоту згоряння тому зручніше подавати їх витрату в тонах умовного палива (т.у.п).

За роботи парогенераторів встановлена наявність значних коливань продуктивності джерел енергії. Так, підведення доменного газу характеризується різким та частим змінюванням його тиску, що не дозволяє обслуговуючому персоналу ТЕЦ своєчасно зменшувати споживання природного газу (у разі його використання) та збільшувати використання доменного газу, та, як результат, його залишки допалюють на свічці. Таким чином, з одного боку, відбувається недовантаження парогенераторів ТЕЦ, а, з іншого, – неповне виробництво пари й електроенергії за рахунок більш дешевого доменного газу. Іноді

обсяги доменного газу, які надходять на ТЕЦ, перевищують максимальну спроможність його використання за повним завантаженням парогенераторів,

що також спричиняє викиди доменного газу на допалювання.

Таблиця 1 – Технічні характеристики парогенератора типу ТП-150

Характеристика, розмірність	Чисельне значення
Номінальна паропроductивність, кг/с	41,67
Тиск у барабані, МПа	3,33
Тиск перегрітої пари, МПа	3,14
Температура, °С:	17
– живильної води	105
– перегрітої пари	400

Таблиця 2 – Техніко-економічні показники роботи парогенератора ТП-150 за 2015 р.

Середнє парове навантаження, т/год.	Загальна витрата палива, т.у.п.	Виробництво пари, ГДж	Питома витрата палива, т.у.п./ГДж	Витрата електроенергії, тис. кВт·год.	ККД, %	Вартість, 1,0 ГДж
69,8	70666	404590	174,7	6455,44	81,9	484,5

Парогенератори типу ТП-150 обладнано однотипними плоскофакельними пальниками конструкції ВТП УЕЧМ [1-3]. Зазначені пальники (по два пальника встановлено на один агрегат) розміщено на бічних стінках парогенераторів та призначено для спалювання суміші доменного, коксового та природного газу, а також мазуту.

Пальник конструкції ВТП УЕЧМ виконано з диференційним підведенням газу, тобто доменний і коксовий газ підводять до верхньої частини пальника, природний газ – до його нижньої частини, при цьому мазутну форсунку розміщують у розрізі між нижньою та верхньою частинами пальника.

Верхня частина пальника являє собою конструкцію «труба у трубі». Повітря підводять до центральної частини пальника (внутрішнього кола діаметром 426 мм), а також до периферійного каналу пальника (зовнішнього кільця) діаметром 890 мм. Підведення доменного газу здійснюють до центральної частини пальника (середнього кільця діаметром 780 мм), а коксового газу – до топки за допомогою восьми труб діаметром 108 мм, розташованих у середині трубопроводу подавання доменного газу.

На виході з пальника потоки газів і повітря верхньої та нижньої його частин співударяються та створюють широкий плоский факел із збільшеним периметром струменя, який забезпечує надійне утворення суміші газу з повітрям та якісне горіння, що сприяє інтенсифікації процесу окиснення та мінімізації хімічного недопалу палива.

Для зазначеної ТЕЦ актуальними є такі заходи, як зменшення теплових втрат і втрат елек-

троенергії, що використовують на власні потреби, мінімальне споживання технологічної пари, максимальне використання вторинних енергетичних ресурсів (доменного газу та продувної води).

Повна утилізація доменного газу дасть змогу забезпечити енергозбереження та дозволить економити такий енергетичний ресурс як природний газ, який купляють, а також сприяє виробництву додаткової пари, яку, в свою чергу, перетворюють на електричну енергію [4].

Постановка завдання. Завданням роботи є підвищення ефективності використання доменного газу як вторинного енергетичного ресурсу власного виробництва в умовах ТЕЦ ПАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь» за рахунок модернізації її парогенераторів типу ТП-150.

Головна частина досліджень. У роботі застосовано розрахунково-експериментальний метод досліджень, що поєднує використання нормативних характеристик, заснованих на результатах попередніх досліджень та експлуатаційних даних, а також розрахунків окремих складових технологічного процесу.

Як свідчить аналіз фактичних експлуатаційних показників роботи парогенератора № 6 ТЕЦ ПАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь» з паропроductивністю 41,67 кг/с (150 т/год.) за період з 2010 по 2015 рр. (рис. 1), його парове навантаження у середньому коливалося від 16,67 кг/с (60 т/год.) до 23,61 кг/с (85 т/год.). За експлуатаційними даними парогенератора за роботи на доменному газі його максимальне парове навантаження складає 26,67 кг/с (96 т/год.).

Температура газів, що відходять, у 2010-2012 рр. була досить високою (240...280 °С), у 2013 р. – її значення знижувалося та у 2014-2015 рр. – складає ~220 °С. Змінювання витрати палива (табл. 3) залежно від наявності доменного газу впродовж 2010...2015 рр. було суттєвим.

Для підвищення паропродуктивності до 50 кг/с (180 т/год.), а також ефективності роботи парогенератора запропоновано виконати його модернізацію, що передбачає:

- збільшення площі конвективної поверхні нагрівання повітропідігрівача з 5940 до 7540 м² (на 27 %), що призведе до зменшення температури газів, які відходять, та підвищення ефективності роботи парогенератора;

- додатково встановити у барабані парогенератора жалюзійний сепаратор розміром 8,8 х 0,9 м [5,6] для одержання насиченої пари потрібної якості;

Таблиця 3 – Середньомісячна витрата різних видів палива у парогенераторі № 6 ТЕЦ за 2010-2015 рр.

Рік	Витрата газоподібного палива, т.у.п.:				Мазут, т.у.п.
	загальна	доменного газу	коксового газу	природного газу	
2010	6247,5	5083,1	181,7	981,0	1,6
2011	6483,7	4804,9	-	1660,6	18,2
2012	5464,8	4036,7	-	1361,8	66,3
2013	5571,3	4474,5	679,7	414,8	2,2
2014	3217,8	2620,5	449,9	147,4	0,0
2015	5888,8	5243,0	80,8	508,3	56,4

- збільшити кількість труб діаметром 133 мм для підведення води до парогенератора з восьми до дванадцяти;

- обладнати камеру, що збирає пару, додатковим запобіжним клапаном Т-32М-1, Ду 80.

Для збільшення пропускної здатності пальникових пристроїв щодо доменного газу парогенератора типу ТП-150 ТЕЦ запропоновано зменшити з восьми до трьох кількість труб, за допомогою яких коксового газу подають до топки парогенератора. Як свідчать розрахунки пальника за методикою роботи [7], його максимальна пропускна здатність за коксовим газом зменшиться (з 2,50 до 0,94 м³/с), яка є доцільною. На сьогоднішній день кількість коксового газу, що прямує на всі парогенератори ТЕЦ ПАТ «Металургійний комбінат» Запоріжсталь» не перевищує 1,944 м³/с. В роботі, як правило, знаходиться п'ять парогенераторів, тобто слід чекати, що потрібні витрати коксового газу забезпечуються із запасом.

Розрахунками зазначеного пальника парогенератора типу ТП-150 ТЕЦ за методикою роботи [8] також встановлено, що його максимальна пропускна здатність за доменним газом збіль-

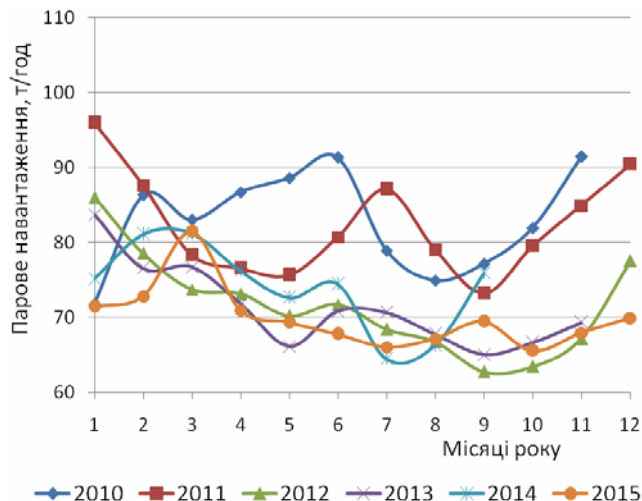


Рисунок 1 – Змінювання парового навантаження парогенератора ТП-150 № 6 впродовж 2010-2015 рр.

шиться з 14,4 м³/с (51800 м³/год.) до 16,9 м³/с (60856 м³/год.), тобто на 17,5 %.

Після конструктивних змінювань багатопаливних плоскофакельних пальників, що встановлено на парогенераторі типу ТП-150, та модернізації повітропідігрівача діапазон його парових навантажень збільшиться з 26,67 кг/с (96 т/год.) до 36,94 кг/с (133 т/год.), тобто на 38,5 %.

Отже, значення річної кількості теплової енергії, яку можна додатково одержати у парогенераторі ТП-150 за його номінальним навантаженням, ГДж, обчислюють як

$$Q_1 = k_1 \cdot k_2 \cdot (G_{k2} - G_{k1}) \cdot \tau_p, \quad (1)$$

де k_1 – коефіцієнт нерівномірності навантаження парогенератора ТП-150, $k_1 = 0,90$; k_2 – коефіцієнт перерахунку т/год. на ГДж, $k_2 = 2,931$; G_{k1} , G_{k2} – середня паропродуктивність зазначеного парогенератору до та після його модернізації, т/год., відповідно, $G_{k1} = 96$ т/год., $G_{k2} = 133$ т/год.; τ_p – кількість годин у році, год., $\tau_p = 8760$ год.

Тоді $Q_1 = 854996,1$ кДж.

Встановлено, що залишки доменного газу, який спалюють на свічці у 2015 р., становлять $\Delta V_{d.e} = 334,4 \cdot 10^9$ м³ та їх можна у повному обсязі використовувати в топці парового парогенератора ТП-150.

Річну кількість теплової енергії $Q_{доо}$, яку можна додатково одержати у парогенераторі ТП-150 за рахунок повної утилізації доменного газу, кДж, обчислюють як

$$Q_{доо} = \frac{k_3 \cdot \Delta V_{d.e}}{k_4}, \quad (2)$$

де k_3 – коефіцієнт переведення тисяч м³ палива на т.у.п., $k_3 = 0,143$; k_4 – питома витрата т.у.п. на виробництво 1,0 ГДж у 2015 р., $k_4 = 0,041717$.

Тоді $Q_{доо} = 1138552,0$ ГДж.

Попередній економічний ефект E_{non} від впровадження заходів щодо модернізації обладнання, з урахуванням що $Q_1 < Q_{доо}$, млн. грн., розраховують за формулою

$$E_{non} = Q_{доо} \cdot N_{m.e.}, \quad (3)$$

де $N_{m.e.}$ – вартість теплової енергії у 2015 р., грн./ГДж; $N_{m.e.} = 115,72 \cdot 10^6$ грн./ГДж.

Значення зазначеного ефекту становить $E = 98,94 \cdot 10^6$ грн.

Висновки. Виконано аналіз використання палива за умов ТЕЦ ПАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь». Встановлено, що для збільшення паропродуктивності парогенераторів типу ТП-150 ТЕЦ необхідно здійснити їх модернізацію, зокрема, збільшити на 27 % площу поверхні нагрівання повітропідігрівача; встановити у барабані парогенератора додатковий жалюзійний сепаратор; збільшити кількість труб, якими підводять воду; а також зменшити кількість труб, за допомогою яких коксовий газ подають до топки парогенератора. Після модернізації парогенератора типу ТП-150 ТЕЦ ПАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь» максимальна пропускна здатність пальника щодо доменного газу збільшиться на 17,5 %, а попередній економічний ефект від впровадження модернізації буде складати 98,93 млн. грн.

Бібліографічний список

1. **Гусовский, В. Л.** Сожигательные устройства нагревательных и термических печей [Текст] : Справочник / В. Л. Гусовский, А. Е. Лифшиц, В. М. Тымчак. – М. : Металлургия, 1981. – 272 с. – Библиогр.: с.269-270. – 5700 экз.
2. **Иванов, Ю. В.** Газогорелочные устройства [Текст] / Ю. В. Иванов. – М. : Недра, 1972. – 376 с. – Библиогр.: с.368-375. – 7300 экз.
3. **Чавчанидзе, Е. К.** Применение многотопливных плоскофакельных горелок для обеспечения расчетных параметров котлов ТЭЦ металлургических заводов [Текст] / Е. К. Чавчанидзе, А. В. Шатиль, В. В. Компанец и др. // Промышленная энергетика. – 1982. – № 7. – С. 58-61. – Библиогр.: с. 61. – Библиогр.: с.61.
4. **Данилин, Е. А.** Оптимизация многотопливных плоскофакельных горелок паровых котлов ТЭЦ-ПВС заводов черной металлургии [Текст] / Е. А. Данилин // Промышленная энергетика. – 1989. – № 7. – С. 27-31. – Библиогр.: с. 31.
5. **Цкитишвили, Э. О.** Повышение эффективности работы промышленных парогенераторов на доменном газе [Текст] // Э. О. Цкитишвили, С. С. Федоров, М. В. Губинский, Г. Л. Шевченко // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2004. – № 6. – С. 95-98. – Библиогр.: с. 98.
6. **Проект модернизации воздухоподогревателя** и разработка технических решений по повышению паропроизводительности парогенератора ТП-150 № 7 ТЭЦ металлургического комбината «Запорожсталь» до 180 т/ч [Текст] / Пояснительная записка. – Арх. № 554102. – Харьков : ПТП УЭЧМ, 1989. – 72 с.
7. **Частухин, В. И.** Тепловой расчет промышленных парогенераторов [Текст] / В. И. Частухин. – Киев : Вища школа, 1980. – 184 с. – Библиогр.: с. 182-184.
8. **Кузнецов, Н. В.** Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод) [Текст] / Н. В. Кузнецов, В. В. Митор, И. Е. Дубльский, Э. С. Карасев. – М. : Энергия, 1973. – 296 с. – Библиография в конце каждого раздела. – 1500 экз.

Стаття надійшла до редакції 24.04.2016 р.
Рецензент, проф. І.Г. Яковлева