

УДК 622.012.2:620.92.002.2

Ніколенко М.О., к.т.н.¹, Воробйов Є.О., к.т.н.¹, Стонога О.І.², Сухар К.В.¹

1 — АДІ ДВНЗ «ДонНТУ», м. Горлівка; 2 — ЗОШ № 7, м. Кіровоград

НАПРЯМКИ ПОЛІПШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ АТМОСФЕРИ НА ТЕРИТОРІЇ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНУ ДОНБАСУ

Розглянуті можливості скорочення викидів в атмосферу шахтного газу метану та пилу, шляхом створення енергокомплексів в якості палива яких використовується високозольне вугілля та шахтне повітря головної вентиляційної установки з концентрацією 0,2 % газу метану. Приведені основні параметри енергокомплексу на прикладі шахти ім. В.І. Леніна ДП "Артемвугілля".

Постановка проблеми

Основними джерелами забруднення повітря району є вентиляційні установки шахти, у викидах яких вміщується вуглепородний пил і значна кількість газу метану, та котли котельних установок і сушильних установок вуглезбагачувальних фабрик.

Україна щорічно потребує 65-70 млрд. м³ природного газу в т. ч. 25-30 % при використанні власних ресурсів. Одним із шляхів вирішення проблеми дефіциту енергетичної сировини є використання шахтного газу метану.

Існуючі дегазаційні установки на шахтах Центрального району Донбасу (ЦРД) не діють через низку концентрацію метану (менше 30 %) в дегазуємій газоповітряній суміші, яка не може бути використана в якості палива через вибухонебезпечність і тому викидається в атмосферу.

Загальний об'єм метану, який поступає в атмосферу під час роботи всіх шахт ЦРД, становить 99,8 тис. т/рік або 140 млн. м³/рік, вуглепородного пилу — близько 1 тис. т/рік (табл. 1).

Таблиця 1

Підприємство	Видобуток вугілля, тис. т/рік	Викиди забруднюючих речовин, тис. т/рік					
		ГВУ*		Котельні			
		Газ метан CH ₄	Вуглепородний пил	NO _x	CO	SO _x	Пил
ДП "Артемвугілля"	770	35,5	0,36	0,087	0,16	1,26	0,96
ДП "Орджонікідзевугілля"	730	33,1	0,33	0,075	0,11	1,13	0,93
ДП "Дзержинсьвугілля"	700	33,2	0,31	0,068	0,1	0,88	0,9
Σ	2200	99,8	1,0	0,23	0,37	3,27	2,79
Шахта ім. В.І. Леніна ДП "Артемвугілля"	200	10,5	0,118	0,033	0,088	0,360	0,330

ГВУ* — головна вентиляційна установка

Концентрація метану у вентиляційному повітрі в середньому складає 0,2 %, вугільного пилу 60 мг/м³.

З великою долею вірогідності можливо передбачати, що кількість метану, який потрапляє в атмосферу у 2 рази більша внаслідок додаткового попадання через тріщини в товщі порід підробленої площі.

Під дією викидів метану в комплексі з іншими речовинами відбувається зміна складу, стану і якості атмосфери, зокрема руйнування озонового шару та створення умов для виник-

нення парникового ефекту. У зв'язку з цим проблема використання газоповітряної суміші з низькою концентрацією газу метану вентиляційного повітря є актуальною.

Аналіз досліджень

Істотними джерелами забруднення атмосфери є шахтні котельні установки. Вони викидають: пил, оксиди сірки, оксиди вуглецю, оксиди азоту, вуглеводні. Величини викидів представлені в таблиці 1.

Котельні установки обладнані тільки апаратами очищення димових газів від пилу, ефективність роботи яких через знос, як правило, є низькою. Тому вміст твердих частинок, що викидаються в атмосферу, становить до 500 мг/м^3 , що значно вище за норму.

Проблемним питанням є очищення димових газів від оксидів сірки та вуглецю. Відомі і такі, що використовуються за кордоном, технології на ТЕС є складними і дорого коштують, внаслідок чого їх використання на малих шахтних котельнях практично не можливе.

Одним із перспективних напрямків є утилізація метану відпрацьованого шахтного повітря в енергетичних комплексах шляхом подачі його в топку парових енергетичних котлів з циркулюючим киплячим шаром (ЦКШ).

В установках із ЦКШ досягається більш висока ефективність використання палива (низькосортного вугілля зольністю до 60 %, відходів збагачення — шламів).

В топках із ЦКШ спалювання відбувається при менших коефіцієнтах надлишку повітря, а за рахунок багаторазової циркуляції частково вигорілого палива в реакційній зоні забезпечується скорочення викидів в атмосферу пилу та СО. Викиди оксидів азоту скорочуються за рахунок низьких температур горіння твердого палива (850-900 °С) і багатоступінчастої подачі повітря.

Подача вапняку до реакційної зони по відношенню до сірки в паливі $\text{Ca/S} = 1,6-2,5$ забезпечує скорочення викидів оксидів сірки більше ніж на 90 %, через утворення твердих відходів CaSO_3 , CaSO_4 [1].

Формування мети

Метою роботи є дослідження спроможності створення шахтного енергокомплексу на базі впровадження котельнею технології циркуляційного киплячого шару та використання в якості палива котлів високозольного вугілля і відпрацьованого шахтного повітря з концентрацією газу метану 0,2 %.

Вирішення задачі

Вірогідність ефективності запропонованої технології визначаємо на прикладі шахти ім. В.І. Леніна ДП "Артемвугілля". Котельня шахти обладнана котлами ДКВр-10-13 з топками шарового спалювання, з яких два знаходяться в роботі, один — у резерві і два котли КЕ-25-14. В якості палива використовується кам'яне вугілля — 8600 *т/рік* калорійністю 5170 *ккал/кг*. Кількість теплової енергії, яка виробляється, — 39,25 *тис. Гкал/рік*. Вона використовується на гаряче водопостачання (70 %) та технологічні потреби шахти. Викиди токсичних речовин надані в таблиці 1.

Відомо, що енергокомплекси, які реалізують когенераційні технології на базі парових турбін, працюють зі співвідношенням енергій 6:1, тобто для виробки 1 *кВт* електричної енергії необхідно 6 *кВт* (5170 *ккал*) теплової енергії. За умови, що теплова потужність котельні (20 *тон* пару на годину) не зменшиться, вірогідна кількість електроенергії, виробленої за рік енергокомплексом визначається з виразу:

$$N = \frac{Q_k}{g}, \quad (1)$$

де $Q_k = 39,25$ тис. Гкал/рік — кількість тепла що виробляється котельнею;
 $g = 5170$ ккал — кількість тепла необхідного для вироблення 1 кВт електроенергії енергокомплексом.

$$N = \frac{39,25 \cdot 10^9}{5170} = 7,6 \text{ млн. кВт} \cdot \text{год.}$$

Що становить 10 % від потреби шахти в електроенергії.

Теплотехнічне обладнання енергокомплексу (рис. 1) складається з парового котла КЕ-25-14 (або двох ДКВр-10-13), які працюють на високозольному енергетичному вугіллі за технологією ЦКШ. У зимовий час котельня забезпечує навантаження гарячого водопостачання (ГВП), опалення та калориферну установку шахти. Пар із тиском 1,3 МПа, температурою 190 °С на виході парового котла 1, поступає на турбогенератор типу ТГ05ПА/04Р13/6 із турбіною 2 із протитиском, з турбіни пар поступає в теплообмінники 3, забезпечуючи навантаження ГВП та технологічні потреби шахти в теплі.

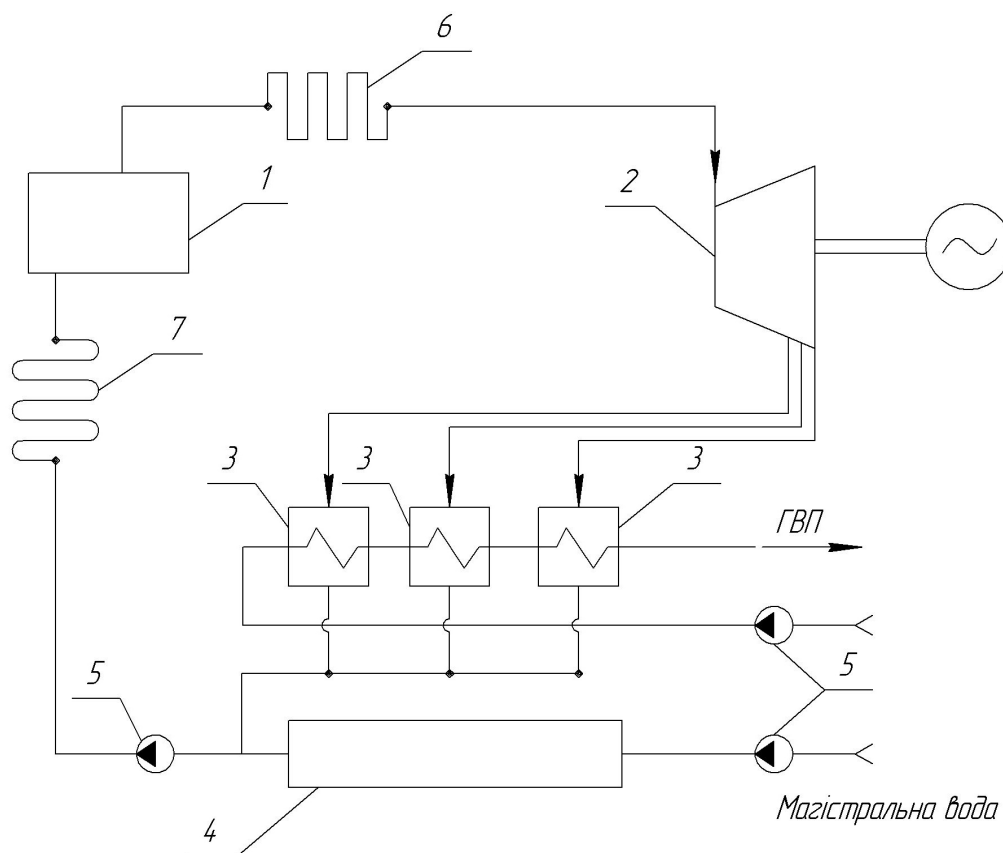


Рис. 1. Теплова схема з когенерацією на базі парової турбіни:

1 — паровий котел, 2 — парова турбіна, 3 — теплообмінники, 4 — блок хімічної підготовки води, 5 — водяні насоси, 6 — пароперегрівач, 7 — водяний економайзер

В якості палива котельні використовується суміш, яка складається з вугільного промпродукту зі шламом "Узловської" ЦЗФ (зольністю 45 %).

Досвід використання котлів із ЦКШ, у порівнянні з топкою шарового спалювання вугілля зольністю 30 %, показує, що при тій ж величині тепlopідготовки вартість витрат вугільного палива на рік на 10 % нижча в котлах із ЦКШ [2]. Під час спалювання твердого палива замість повітряного дуття з атмосфери до котла подається відпрацьоване шахтне повітря з концентрацією метану — 0,2 %, вугільного пилу — 60 мг/м³. Кількість тепла, що утворюється під час спалювання газоповітряної суміші, визначається з виразу:

$$Q = (Q_{\text{мет}}^m V_{\text{мет}} P_{\text{мет}}) + (Q_{\text{пил}}^{\text{пил}} V_{\text{пил}}), \quad (2)$$

де Q — теплота згоряння метану та вуглепородного пилу, що подається до топки, дуттям газоповітряної суміші; $Q_{\text{мет}}^m = 8500 \text{ ккал/кг}$ — питома теплота згоряння метану; $Q_{\text{пил}}^{\text{пил}} = 5500 \text{ ккал/кг}$ — питома теплота згоряння пилу; $P_{\text{мет}} = 0,715 \text{ кг/м}^3$ — щільність газу метану; $V_{\text{мет}} = (V_o T C)/100$ — об'єм метану в газоповітряній суміші що подається до топки котла дуттєвим вентилятором; $V_o = 14,4 \text{ м}^3/\text{с}$ — об'єм газоповітряної суміші, що подається до топки котла; $T = 3600 \text{ с}$ — час; $C = 0,2 \%$ — концентрація метану в газоповітряній суміші (табл. 1).

$$V_{\text{мет}} = (14,4 \cdot 3600 \cdot 0,2)/100 = 103,7 \text{ м}^3/\text{год}.$$

$$V_{\text{пил}} = \frac{P}{T}, \quad (3)$$

де $P = 118 \text{ т/рік}$ — кількість пилу у викидах головного вентилятору провітрювання (табл. 1);

$$T = 305 \cdot 24 = 7320 \text{ год},$$

де 305 — кількість робочих днів на рік.

$$V_{\text{пил}} = \frac{118000}{7320} = 16,2 \text{ кг/год};$$

$$Q = (8500 \cdot 103,7 \cdot 0,715) + (5500 \cdot 16,2) = 630237 + 89100 = 720 \text{ тис. ккал/год}.$$

Таким чином, кількість тепла, що утворюється від згоряння метану та вуглепородного пилу, складає 0,13 % від 5,36 Гкал/год кількості тепла, що виробляється котельнею.

Таким чином, економічний ефект від впровадження запропонованої технології складає:

$$E = NЦ_1 + AnЦ_2, \quad (4)$$

де $Ц_2 = 330 \text{ грн/т}$ — вартість низькосортного вугілля;

$Ц_1 = 0,4 \text{ грн·кВт·год}$ — вартість електроенергії;

$A = 8600 \text{ т/рік}$ — витрата вугілля котельнею за технологією ЦКШ;

$n = 0,13 \%$ — скорочення витрат вугілля за рахунок впровадження ЦКШ та спалювання метану вентиляційного струменю.

$$E = 7600000 \cdot 0,4 + \frac{8600 \cdot 0,13}{100} \cdot 330 = 3040000 + 3690 = 3,077 \text{ млн. грн}.$$

У котлоагрегатах, які працюють за технологією "Лурге" на високозольному кам'яному вугіллі (зольність 45 %), потужність 810 тонн пару на годину, викиди токсичних речовин складають: $\text{NO}_x = 100 \text{ мг/нм}^3$, $\text{CO} = 150 \text{ мг/нм}^3$, $\text{SO}_2 = 200 \text{ мг/нм}^3$, пилу = 40 мг/нм^3 [1]. Впровадження технології ЦКШ на шахті ім. В.І. Леніна з потужністю котлоагрегатів 20 тонн пару на годину за аналогією забезпечить скорочення концентрації токсичних речовин у викидах до: $C_{\text{NO}_x} = 2,7 \text{ мг/нм}^3$, $C_{\text{CO}} = 3,7 \text{ мг/нм}^3$, $C_{\text{SO}_2} = 5 \text{ мг/нм}^3$, $C_{\text{пилу}} = 1 \text{ мг/нм}^3$ за рахунок скорочення витрат вугілля і повноти його згоряння.

Скорочення виплат за викиди забруднюючих речовин в атмосферу шахтою визначається з виразу:

$$B = (e_1 - e_2)C_1 + (e_3 - e_4)C_2 + (e_5 - e_6)C_3 + (e_7 - e_8)C_4 + (e_9 - e_{10})C_5, \quad (5)$$

де e_1, e_3, e_5, e_7, e_9 — викиди відповідно CH_4 , пилу, NO_x , CO , SO_x (табл. 1);

$e_2 = 0, e_4, e_6, e_8, e_{10}$ — викиди CH_4 , пилу, NO_x , CO , SO_x за запропонованою технологією;

$C_1 = 3 \text{ грн/т}$, $C_2 = 3 \text{ грн/т}$, $C_3 = 80 \text{ грн/т}$, $C_4 = 3 \text{ грн/т}$, $C_5 = 80 \text{ грн/т}$ — вартість викидів відповідно CH_4 , пилю, NO_x , CO , SO_x [3].

$$e_4 = V_0 C_{\text{пил}} t, \quad e_6 = V_0 C_{\text{NO}_x} t, \quad e_8 = V_0 C_{\text{CO}} t, \quad e_{10} = V_0 C_{\text{SO}_x} t$$

де $t = 180 \cdot 24 \cdot 3600 = 15,55 \cdot 10^6 \text{ с}$ — час роботи котельні на рік.

$$e_4 = 14,4 \cdot 1 \cdot 15,55 \cdot 10^6 = 0,22 \text{ т}; \quad e_6 = 14,4 \cdot 2,7 \cdot 15,55 \cdot 10^6 = 0,6 \text{ т}; \\ e_8 = 14,4 \cdot 3,7 \cdot 15,55 \cdot 10^6 = 0,83 \text{ т}; \quad e_{10} = 14,4 \cdot 5 \cdot 15,55 \cdot 10^6 = 1,12 \text{ т}.$$

$$B = (10500 - 0) \cdot 3 + [(118 + 330) - 0,22] \cdot 3 + \\ + (33 - 0,6) \cdot 80 + (88 - 0,83) \cdot 3 + (36 - 1,12) \cdot 80 = 38,5 \text{ тис. грн}.$$

Загальний економічний ефект визначається з виразу:

$$E_{\text{заг}} = E + B, \quad (6)$$

$$E_{\text{заг}} = 3,077 + 0,0385 = 3,11 \text{ млн. грн}.$$

Термін окупності переобладнання котельні на спалювання твердого палива за технологією ЦКШ визначається з виразу:

$$T_o = \frac{K}{E_{\text{заг}}}, \quad (7)$$

де $K = 0,85 \text{ млн. дол. США}$ або $4,12 \text{ млн. грн}$. — капітальні витрати на переобладнання котельні [2].

$$T_o = \frac{4,12}{3,11} = 1,35 \quad (1 \text{ рік } 4 \text{ місяці}).$$

Це засвідчує високу ефективність запропонованої технології.

Висновки

Впровадження запропонованої технології на всіх шахтах ЦРД дозволить

1. Значно поліпшити стан екологічних параметрів атмосфери району за рахунок зменшення викидів газу метану та вуглепородного пилю головним вентилятором провітрювання та зменшення шкідливих викидів в атмосферу котельними до жорстких Європейських норм ($\text{NO}_x = 2,7 \text{ мг/нм}^3$, $\text{CO} = 3,7 \text{ мг/нм}^3$, $\text{SO}_2 = 5 \text{ мг/нм}^3$, пилю = 1 мг/нм^3).

2. Значно підвищити економічні показники роботи шахт ЦРД за рахунок впровадження технології когенерації вироблення електроенергії більше ніж $1 \text{ млрд. кВт}\cdot\text{год}\cdot\text{рік}$ та завдяки використанню високозольного палива низької вартості (шахтне незбагачене вугілля, газ метан, шлам).

Список літератури

1. Корчевой Ю.П. и др. Технология сжигания угля в циркулирующем кипящем слое: Производственное издание. — Киев: ОВПЭ ИПЭ НАН Украины, 1994. — 64 с.
2. Булат А.Ф., Чемерис И.Ф. Научно-технические основы создания шахтных когенерационных энергетических комплексов. — Киев "Наукова думка", 2006. — 174 с.
3. Постанова КМУ № 402 від 28.03.2003 м. Київ.

Стаття надійшла до редакції 07.11.08

© Ніколенко М.О., Воробйов Є.О., Стонога О.І., Сухар К.В., 2008