

Мисак Й.С.¹, докт. техн. наук, проф., **Кравець Т.Ю.¹**, канд. техн. наук,
Мисак С.Й.¹, **Шатило Д.Д.²**, **Якимів Є.М.¹**, канд. техн. наук

¹ Національний університет «Львівська політехніка», Львів

вул. С. Бандери, 12, 79013 Львів, Україна, e-mail: kravetst@ukr.net

² ПрАТ «ЛьвівОРГРЕС», Львів

вул. Тютюнників, 55, 79011, Львів, Україна, e-mail: lvivorgres@mail.lviv.ua

Переведення пилувугільних котлів ТПП-210А Трипільської ТЕС на спалювання твердого палива з технічними характеристиками, відмінними від проектних

В Україні відбулося скорочення поставок донецького антрациту та пісного вугілля на ТЕС, що його використовували як основне паливо. У роботі вперше вдалося вирішити науково-практичні проблеми, зокрема, забезпечити можливість безпечного та економічного спалювання твердого палива з технічними характеристиками, відмінними від проектних, на котлах Трипільської ТЕС. Приведені результати випробувань котла ТПП-210А у діапазоні навантажень від 331/334 до 499/500 т/год (відповідно корпус А/корпус Б) у двокорпусному режимі роботи та при навантаженні 415 т/год в однокорпусному режимі при спалюванні палива з технічними характеристиками, відмінними від проектних (вугілля з Південно-Африканської Республіки), дали змогу визначити вплив надлишку повітря у режимному перетині на роботу котла, а також відкоригувати режимну карту його роботи. *Бібл. 3, рис. 3.*

Ключові слова: пилувугільний котел, вугілля, коефіцієнт надлишку повітря, ККД котла бруто, пилосистема, тверде паливо.

В умовах скорочення поставок донецького антрациту та пісного вугілля з вугільних шахт Донбасу виник дефіцит у постачанні проектного палива для котлів ТП-100, ТПП-210, ТПП-210А, що експлуатуються на українських ТЕС. Оскільки ТЕС України покривають напівпікову та частково пікову частини графіка навантажень, то виникла потреба у забезпеченні їх паливом у достатній кількості. На рівні держави це питання було врегульовано та вирішено закупити для ТЕС тверде паливо з технічними характеристиками, відмінними від проектних, зокрема вугілля з ПАР.

У зв'язку з цим виникла необхідність у проведенні досліджень та режимно-налагоджувальних випробувань для адаптації спалювання вугілля з ПАР на ТЕС України, що експлуатують котли типу ТП-100, ТПП-210, ТПП-210А.

Усі вказані проблеми є характерними для Трипільської ТЕС, яка укомплектована котлами типу ТПП-210А, тому подальші дослідження будуть стосуватися вказаного обладнання.

Згідно з [1], основні дослідження останнім часом проводилися в цьому напрямі при спалюванні суміші антрациту з 27–32 % газового вугілля на котлах Зміївської ТЕС, що дало змогу для ТЕС суттєво розширити паливну базу, проте

за відсутності антрациту ця проблема потребує подальшого розв'язання.

В Україні імпорт вугілля з ПАР здійснено вперше, тому дослідження з його ефективного використання на існуючих пилувугільних котлоагрегатах є актуальною задачею, та її вирішення дасть змогу покращити ситуацію в паливно-енергетичному комплексі держави.

Мета даної статті — на основі даних режимно-налагоджувальних випробувань на котлі ТПП-210А Трипільської ТЕС встановити в діапазоні навантажень 60–100 % при спалюванні вугілля, імпортованого з ПАР, чи може він надійно працювати без підсвічування високореакційним паливом та забезпечувати стабільну роботу з номінальними параметрами перегрітої пари та задовільним виходом рідкого жужелю.

Котел ТПП-210А — прямококовий, П-подібного компонування, двокорпусний, симетричний, підключений до турбіни К-300-240 ХТГЗ по схемі дубль-блока. Кожний корпус є самостійним агрегатом надкритичного тиску, паропроductивністю 475 т/год, пилувугільним з рідким жужелевидаленням, розрахованим на спалювання антрацитового штибу Донецького родовища або природного газу. В кожному корпусі розташовані свої первинний та вторинний пароперегрівники.

Проектні характеристики вугілля для спалювання в котлі на робочу масу такі: нижча теплота згоряння ($Q_{нр}$) – 5790 ккал/кг; зольність (Ap) – 19,0 %; вологість (Wp) – 7,5 %; вихід летких (V^{daf}) – 4,0 %; вміст сірки (Sp) – 1,57 %; вміст вуглецю (C) – 68,0 %.

Паливня кожного корпусу котла обладнана шістьма пилогазовими вихровими триканальними по повітрю пальниками потужністю 70 МВт кожний, розташованими в один ярус (по три пальники на фронтівій та задній стінці передпаливні), спроектованими на три види палива: основне – вугілля, резервне та розпалювальне – мазут та природний газ.

Котел обладнаний системою пилоприготування з трьома кульовими барабаними млинами (КБМ) типу ШБМ-370-850, розмельною проектною продуктивністю 46,2 т/год при розмілі вугілля марки АШ та при залишку на ситі $R_{90} = 7-8$ %.

У період проведення випробувань у паливні котла ТПП-210А Трипільської ТЕС спалювалося паливо з ПАР з характеристиками, що відповідають характеристикам вугілля марки П: теплотворна здатність $Q_{нр} = 5003-5144$ ккал/кг; вологість $Wp = 7,2-9,7$ %; зольність $Ap = 24,9-27,7$ %; вихід летких $V^{daf} = 13,0-15,2$ %.

Присмокти повітря у паливню, приведені до номінального навантаження, становили 7,1/9,2% (корпус А/корпус Б відповідно) при нормативних значеннях 5 %, згідно з [2]. Приведені до номінального навантаження присмокти повітря у газовий тракт на ділянці від режимного до балансового перерізу становлять 41,0/44,0 %. Присмокти у РПП складають 20,0/22,0 % (корпус А/корпус Б) при нормативі 20 %. Присмокти у пилосистему в «А» – 33,0 %, у «Б» – 36,0%, при нормативних значеннях – 22 %. Присмокти у пилосистему «Б» не визначені, оскільки для достовірних замірів відсутні прямі ділянки повітропроводів.

Температура аеросуміші за КБМ під час проведення випробувань при спалюванні вугілля з ПАР підтримувалася не вище 110 °С.

Визначення оптимального надлишку повітря у режимному перетині проводилися при постійних навантаженнях котла у діапазоні від 331/334 до 495/499 т/год (відповідно корпус А/корпус Б) у двокорпусному режимі роботи та 415 т/год в однокорпусному режимі (корпус Б).

Змінюючи витрату повітря до пальників, визначали критичні коефіцієнти надлишку повітря у режимному перерізі, при яких з'являються сліди хімічного недопалу палива. Кри-

тичний надлишок повітря в усьому діапазоні навантажень котла становив 1,04–1,06.

Оптимальний надлишок повітря в режимному перерізі було вибрано з умов надійної роботи обладнання, задовільного плавлення жужелю, мінімального вмісту горючих у виносі та відсутності продуктів хімічного недопалу в димових газах та максимальною наближеною температурою проміжного перегріву до номінальної. При виборі оптимального надлишку також враховано стан обладнання та амплітуду коливання концентрації кисню в режимному перетині при роботі АСУ ТП.

Залежності оптимального коефіцієнта надлишку повітря в режимному перерізі від теплопродуктивності котла наведено на рис.1. Оптимальний надлишок повітря $\alpha_{пн}$ знаходиться у межах від 1,20 до 1,09 в діапазоні навантажень від 223 до 315 Гкал/год. Вміст оксиду вуглецю у відхідних газах не перевищував 0,006 % (50 млн^{-1}), що призводило до втрати тепла з хімічним недопалом менше 0,015 %.

Залежність приведеної до $\alpha_{пн} = 1,4$ концентрації оксидів азоту у відхідних газах від коефіцієнта надлишку повітря у режимному перерізі $\alpha_{рп}$ при різній теплопродуктивності корпусів 2А та 2Б котла приведені на рис.2, 3. З них видно, що при збільшенні коефіцієнта надлишку повітря у режимному перерізі збільшується приведена концентрація NO_x у відхідних газах.

Під час проведення випробувань з визначення оптимального надлишку повітря в режимному перерізі проводився також контроль за виходом рідкого шлаку. Так, при зменшенні коефіцієнта надлишку повітря в режимному перетині вихід рідкого жужелю покращувався.

У діапазоні теплопродуктивності кожного з корпусів котла 260–315 Гкал/год при працюючих усіх пилосистемах спостерігався нормальний вихід рідкого жужелю при оптимальному коефіцієнті надлишку повітря. При його підвищенні в режимному перетині вихід рідкого жужелю погіршувався.

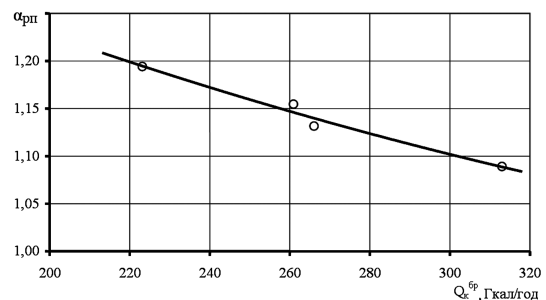


Рис.1. Залежність оптимального коефіцієнта надлишку повітря $\alpha_{пн}$ у режимному перетині від теплопродуктивності котла $Q_{к}^{бр}$.

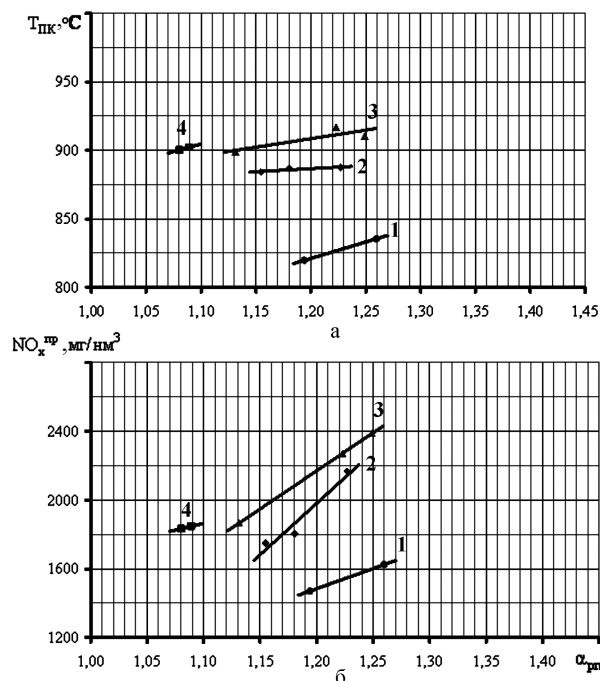


Рис.2. Залежність температури в поворотній камері $T_{\text{пк}}$ (а) та приведеної концентрації оксидів азоту у вихідних газах $\text{NO}_x^{\text{пр}}$ (б) від коефіцієнта надлишку повітря $\alpha_{\text{пр}}$ у режимному перетині котла ТПП-210А (корпус А) при різних значеннях $Q_{\text{к}^{\text{бр}}}$, Гкал/год: 1 – 223,2; 2 – 260,9; 3 – 266,1; 4 – 313,0.

При теплопродуктивності корпусів котла по 225 Гкал/год кожен та при працюючих усіх пилосистемах практично не було виходу рідкого шлаку. Вихід його на мінімальному навантаженні з'явився при вимкненні пилосистеми 2Б.

В усьому діапазоні навантажень зменшення надлишку повітря призводить до зменшення втрат з відхідними газами, збільшення втрат з механічним недопалом та збільшення коефіцієнта корисної дії котла.

На основі результатів проведених випробувань складена режимна карта роботи котла ТПП-210А у двокорпусному та однокорпусному режимах роботи при спалюванні твердого палива з відмінними від проектних технічними характеристиками (вугілля з ПАР).

Висновки

На основі режимно-налагоджувальних випробувань котла ТПП-210А Трипільської ТЕС доведено, що у діапазоні навантажень котла 67–100 % при спалюванні твердого палива з відмінними від проектних технічними характеристиками (вугілля з ПАР) він може надійно працювати без підсвічування високореакційним паливом.

При спалюванні вугілля з ПАР забезпечується стабільна робота котла з номінальними

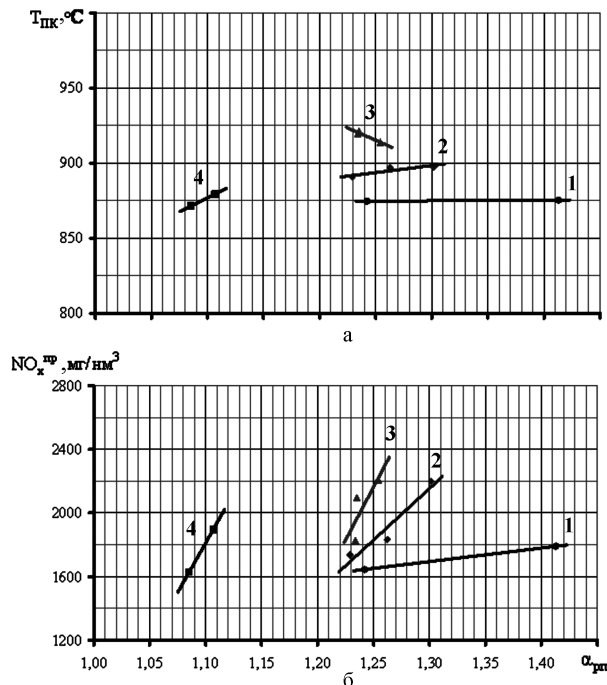


Рис.3. Залежність температури в поворотній камері $T_{\text{пк}}$ (а) та приведеної концентрації оксидів азоту у вихідних газах $\text{NO}_x^{\text{пр}}$ (б) від коефіцієнта надлишку повітря $\alpha_{\text{пр}}$ у режимному перетині котла ТПП-210А (корпус Б) при різних значеннях $Q_{\text{к}^{\text{бр}}}$, Гкал/год: 1 – 226,3; 2 – 258,9; 3 – 282,5; 4 – 312,4.

параметрами перегрітої пари та задовільним виходом рідкого жужелю. Температура гострої пари та пари проміжного перегріву витримуються на номінальному рівні.

За результатами випробувань виконано коректування режимних карт роботи котлів ТПП-210А та їх пилосистем.

У разі проведення заходів з ущільнення паливни та газоходів [3], реконструкції окремих поверхонь нагріву чи спалюванні твердого палива з відмінними від досліджуваного вугілля характеристиками, режимно-налагоджувальні випробування доцільно провести наново та скоригувати режимну карту.

Список літератури

1. Чернявський М.В., Провалов О.Ю., Безценний І.В., Моїсеєнко О.В. Розробка методів, досвід приготування суміші антрациту з газовим вугіллям та її пилвидне спалювання на Зміївській ТЕС // *Енерготехнології та ресурсосбереження*. – 2016. – № 4. – С. 3–13.
2. Пеккер Я. Л. Теплотехнические расчеты по приведенным характеристикам топлива. – М. : Энергия, 1977. – 256 с.
3. ГКД 34.26.503-96. Котли парові стаціонарні. Правила розробки режимних карт. – Введ. 01.05.96. Надійшла до редакції 28.11.17

Мысак И.С.¹, докт. техн. наук, проф., **Кравец Т.Ю.**¹, канд. техн. наук,

Мысак С.И.¹, **Шатило Д.Д.**², **Якимив Е.Н.**¹, канд. техн. наук

¹ **Национальный университет «Львовская политехника», Львов**

ул. С. Бандеры, 12, 79013 Львов, Украина, e-mail: kravetst@ukr.net

² **ПрАТ «ЛьвівОРГРЕС», Львів**

ул. Тютюнников, 55, 79011 Львов, Украина, e-mail: lvivorgres@mail.lviv.ua

Перевод пылеугольных котлов ТПП-210А Трипольской ТЭС на сжигание твердого топлива с техническими характеристиками, отличающимися от проектных

В Украине сократились поставки донецкого антрацита и тощего угля на ТЭС, которые его использовали как основное топливо. В работе впервые удалось решить научно-практические проблемы, в частности, обеспечить возможность безопасного и экономического сжигания твердого топлива с техническими характеристиками, отличающимися от проектных, на котлах Трипольской ТЭС. Приведенные результаты испытаний котла ТПП-210А в диапазоне нагрузок от 331/334 до 499/500 т/ч (соответственно корпус А/корпус Б) в двухкорпусном режиме работы и нагрузке 415 т/ч в однокорпусном режиме при сжигании топлива с техническими характеристиками, отличающимися от проектных (уголь из Южно-Африканской Республики), позволили определить влияние избытка воздуха в режимном сечении на работу котла, а также откорректировать режимную карту его работы. *Библ. 3, рис. 3.*

Ключевые слова: пылеугольный котел, уголь, коэффициент избытка воздуха, КПД котла брутто, пылесистема, твердое топливо.

Mysak Yo.S.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor,

Kravets T.Yu.¹, Candidate of Technical Sciences, **Mysak S.Yo.**¹,

Shatylo D.D.², **Yakymiv E.N.**¹, Candidate of Technical Sciences

¹ **Lviv Polytechnic National University, Lviv**

12, S. Bandery Str., 79013 Lviv, Ukraine, e-mail: kravetst@ukr.net

² **Private Company «LvivORGRES», Lviv**

55, Tyutyunnykiy Str., 79011 Lviv, Ukraine, e-mail: lvivorgres@mail.lviv.ua

Transition of Pulverized Coal Boilers ТПП-210А of Trypillia Power Plant to Burning Solid Fuel with Technical Characteristics Different from the Project Ones

As a consequence of combatting actions in the east of Ukraine there has been a reduction of supply of Donetsk anthracite and lean coal to power plants that used it as the main fuel. That is why in work, for the first time, they managed to resolve scientific and practical problems, in particular, ensure the possibility of safe and economic burning of solid fuel with technical characteristics different from the project ones in boilers of Trypillia power plant. The provided results of tests of the boiler ТПП-210А in the range of loads from 331/334 t/hour to 499/500 t/hour (respectively body А/body Б) in two-body mode of work and with load of 415 t/hour in one-bode mode when burning fuel with technical characteristics different from the project ones (coal imported from the Southern African Republic) allowed to determine the impact of the excess of air in mode crossing on the boiler's work, and correct the mode map of its work. *Bibl. 3, Fig. 3.*

Key words: boiler, coal, anthracite, coefficient of excess of air, gross efficiency of the boiler, pulverization system, mode map, solid fuel.

References

1. Chernyavskyy M.V., Provalov O.Yu., Beztsenny I.V., Moiseyenko O.V. Rozrobka metodiv, dosvid pryhotuvannya sumishi antratsytu z hazovym vuhillyam ta yiyi pylovydne spalyuvannya na Zmiyivskiy TES, *Energotehnologii i resursosberezhennia [Energy Technologies and Resource Saving]*, 2016, (4), pp. 3–13. (Ukr.)

2. Pekker Ya.L. Teplotekhnicheskiye raschety po privedennym kharakteristikam topliva, Moscow : Energiya, 1977, 256 p. (Rus.)

3. HKD 34.26.503-96. Kotly parovi statsionarni. Pravyla rozrobky rezhymnykh kart, Vved. 01.05.96. (Ukr.)

Received November 28, 2017

УДК 662.931.02

Мисак Й.С., докт. техн. наук, проф.,

Кузик М.П., канд. фіз.-мат. наук, **Заяць М.Ф.**

Національний університет «Львівська політехніка», Львів

вул. С. Бандери, 12, 79013 Львів, Україна, e-mail: marzayf@gmail.com

Випробування котла фірми SEFAKO при спалюванні біопалива

Враховуючи екологічну ситуацію, яка є на сьогоднішній день, котел ВР5-СЕХ-22-64-485 фірми SEFAKO з паливною BioGrate є економічним та екологічно ефективним елементом енергетичного блоку. Він забезпечує номінальні параметри температури та тиску перегрітої пари у пароводяному тракті, допустимі нормами концентрацію агресивних газів на виході з котла у діапазоні навантажень від 40 до 100 % номінального під час спалювання біопалива. *Бібл. 6, рис. 5.*

Ключові слова: паливня, гратка паливни, деревина, суміш деревини та торфу, коефіцієнт надлишку повітря, оксиди азоту, ККД котла.

Незважаючи на значний прогрес у технологіях використання біопалива для енергетичної мети пряме його спалювання залишається найпоширенішим завдяки відносній простоті обладнання та способу отримання теплоти з біомаси. Проте існують труднощі, які спричинені високим вмістом вологи у біопаливі, а також проблеми екологічного характеру [1–4].

Під час шарового методу спалювання біопалива як одного з найбільш ефективних використовують колосникові гратки паливни котла, які можуть бути двох основних конструкцій: нерухомої та рухомої. В останніх завдяки рухомості елементів гратки краще регулюється рух палива у паливні та одночасно відбувається підсушування палива.

Нове покоління паливни з рухомими гратками — це розробка BioGrate (фінівська компанія Wärtsilä»). Головна складова BioGrate — кругла обертова колосникова гратка (КГ) з конусною камерою згоряння. BioGrate дає змогу спалювати паливо з вологістю до 65 % без будь-якого підігрівання повітря.

Біопаливо подається зверху до центру гратки. Завдяки радіації тепла від вогнетривкої цегляної кладки та зони спалювання біопаливо підсихає у середній частині гратки, не порушуючи при цьому подушку згоряння в зоні спалювання.

Враховуючи складну ситуацію в Україні з енергоносіями, моральний та фізичний знос котельного обладнання та незначну кількість котлів для спалювання біомаси, дана тема на сьогоднішній час є актуальною. Власне такий тип котлів доцільно використовувати в теплоенергетиці України для спалювання згаданих біопалив [1–3, 5, 6].

Були проведені режимно-налагоджувальні дослідження котла типу ВР5-СЕХ-22-64-485 (фірма SEFAKO, Польща), скомпанованого з паливною BioGrate, під час спалювання деревини та суміші деревини з фрезерним торфом у співвідношенні 60/40 %. Дослідження проводилися у діапазоні навантажень 40–100 % номінального.