

Я.Я. Карчев и др.]; под ред. А.А. Долинского, В.М. Бродянского; Ин-т технической теплофизики АН УССР. – К.: Наук. думка, 1991. – 360 с. 4. Лабай В.Й. Ексергетичний аналіз місцевих автономних кондиціонерів / В.Й. Лабай, О.В. Омелчук // Науковий вісник: зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУ України, 2005. – Вип. 15.3. – С. 262–266. 5. Лабай В.Й. Приведення роботи холодильних машин split-кондиціонерів до однакового внутрішнього температурного режиму / В.Й. Лабай, Й.С. Мисак // Науково-технічний журнал “Холодильна техніка і технологія”. – Одеса: ОДАХ, 2010. – № 4 (126). – С. 19–22. 6. Лабай В.Й. Термодинамічні основи знаходження ексергетичного ККД холодильних машин split-кондиціонерів / В.Й. Лабай, Й.С. Мисак // Науково-технічний журнал “Холодильна техніка і технологія”. – Одеса: ОДАХ, 2010. – № 5 (127). – С. 15–19.

УДК 621.18

А.О. Капустянський
ПрАТ “Техенерго”

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРТНИХ ВИПРОБУВАНЬ КОТЛА БКЗ-210-140ПТ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ТЕЦ ПРИ СПАЛЮВАННІ ТВЕРДОГО ПАЛИВА З ДОДАВАННЯМ КАТАЛІЗАТОРА ГОРІННЯ

© Капустянський А.О., 2013

Наведено результати випробувань котла БКЗ-210-140ПТ Чернігівської ТЕЦ при спалюванні твердого палива з додаванням присадки-катализатора в тракт первинного повітря.

Ключові слова: присадка-катализатор, котел, вологість палива, зольність палива.

In this article are presented the results of research of boiler BKZ-210-140PT Chernigivska HPC combustion of solid fuels with the addition of additive-catalyst in the path of primary air.

Key words: additive catalyst, boiler, wetness of fuel, ash content of fuel.

Постановка проблеми

Рівень розвитку енергетики має вирішальний вплив на стан економіки в державі, вирішення проблем соціальної сфери та рівень життя людини.

Україна належить до країн, частково забезпечених традиційними видами первинної енергії, а отже, змушена вдаватися до їх імпорту [1, 5].

Напружена ситуація у забезпеченні електроенергетики вугіллям належної якості призводить до його заміщення природним газом, що збільшує енергозалежність від іноземних країн і спричиняє загрозу енергетичній безпеці нашої держави (табл. 1).

Таблиця 1

Структура споживання первинної енергії в Україні, країнах ЄС-15, США та у світі загалом

	Світ	Україна	Країни ЄС-15	США
Природний газ	21%	41%	22%	24%
Нафта	35%	19%	41%	38%
Вугілля	23%	19%	16%	23%
Уран	7%	17%	15%	8%
Гідроресурси та інші відновлювальні джерела	14%	4%	6%	7%
Разом	100%	100%	100%	100%

Нещодавнє зростання ціни на природний газ до середньоєвропейського рівня призвело до зниження його конкурентоспроможності в енергетиці та інших галузях промисловості України. Тому найбільші зміни відбуватимуться під час вибору первинного енергоносія для виробництва тепла та електроенергії.

Розвиток теплової енергетики прогнозується з переважним використанням вугілля і враховує обсяги заміщення природного газу електричною енергією на опалення та гаряче водопостачання. У 2030 р. частка вугілля в паливному балансі ТЕС, ТЕЦ і блок-станцій становитиме 85,1%, частка природного газу – 14,5%, а частка мазуту та інших видів органічного палива – 0,4%. Такі паливні баланси сприятимуть розвитку вітчизняної вугледобувної галузі, що забезпечить підвищення її економічної ефективності, задоволення екологічних вимог та позитивно вплине на енергетичну безпеку держави [1,6].

Сьогодні 92,1% енергоблоків ТЕС відпрацювали свій розрахунковий ресурс (100 тис. год), а 63,8% енергоблоків перетнули визнану у світовій енергетичній практиці межу граничного ресурсу та межу фізичного зносу відповідно 170 тис. та 200 тис. год і потребують модернізації чи заміни [1,6].

Україна не може не враховувати такі тенденції, але досягти узгодженості до світових стандартів можливо лише за умови, що будуть зняті відповідні наявні перешкоди, які можуть бути поділені так:

1. Технологічні – перешкоди, що ґрунтуються на неефективних і застарілих технологіях вироблення, перетворення, передавання, розподілення та використання енергії.
2. Управлінські – перешкоди організаційного та поведінкового характеру.

Подолання перешкод технологічного характеру потребує змін відповідного технологічного обладнання та самих технологій на всіх стадіях існування енергії – вони є зрозумілими для кожного, хто використовує ті, чи інші технології. Технологічні зміни для досягнення енергоефективності зазвичай потребують значних капіталовкладень (заміна або капітальний ремонт обладнання, введення нових ефективніших потужностей енергогенерування, заміна споживачами свого технологічного устаткування або технологій на енергоефективніші тощо) [2].

Також однією з найактуальніших проблем сучасності є дефіцит маневреної генерації в об'єднаній енергетичній системі, яка нині крім гідроелектростанцій значною мірою забезпечується енергоблоками теплових станцій.

Додаткову тривогу спричиняє той факт, що сформована ситуація не знаходить ефективного вирішення і в межах розробленої довгострокової енергетичної стратегії України, де основний акцент робиться на розвиток атомної енергетики [1].

Традиційним шляхом формування парку маневрених потужностей є розвиток гідроенергетики. Проте виконання програми реконструкції та продовження терміну експлуатації діючих ГЕС, введення в експлуатацію нових ГАЕС, на думку фахівців, не дасть змоги вирішити її повністю, особливо в найближчій перспективі.

Отже, створення додаткових ефективних маневрених потужностей у необхідному обсязі винятково традиційним способом неможливо, що має стимулювати пошук нестандартних шляхів розв'язання цієї задачі [3].

Однак протягом тривалого періоду часу, згідно з [4], відбулося істотне погіршення якості твердого палива, що постачається на ТЕС України. Погіршення якості кам'яного вугілля відбулося переважно за рахунок підвищення його зольності та вологості і, як наслідок, до зниження економічності і надійності котельного устаткування.

Можливість отримання більшої кількості теплової енергії від спалювання менших обсягів традиційних і нетрадиційних вуглеводневих енергоносіїв безпосередньо залежить від умов перебігу окислювально-відновних реакцій горіння. Тому спалювання низькосортного твердого палива в нестандартних умовах робить особливо актуальним узагальнення накопиченого досвіду та винайдення шляхів покращення паливовикористання.

Мета дослідження

- виявлення впливу подання присадки-катализатора в паливню котла на горіння та вихід рідкого шлаку;
- визначення впливу присадки-катализатора на величину теплових втрат та ККД котла брутто, а також на величину викидів оксидів сірки та оксидів азоту;
- визначення мінімального рівня підсвічування вугільного факелу природним газом у разі подавання присадки-катализатора за умови стабільного горіння.

Виклад основного матеріалу

У статті розглянуто питання впливу виду та якості палива на ефективність та техніко-економічні показники роботи котлів з додаванням та без додавання катализаторів горіння, як один із способів вирішення сформульованих проблем.

Такі дослідження, під час спалювання твердого органічного палива, проводили на Чернігівській ТЕЦ, перша черга якої введена в експлуатацію в 1961–1964 р.р. у складі чотирьох пилувугільних барабанних котлів БКЗ-210-140ПТ (ст. №№1–4) та двох турбін типу ПТ-50-130/7 (ст. №№1÷2) з генераторами ТВ-60-2.

Теплова схема ТЕЦ з поперечними зв'язками по перегрітій парі і живильній воді. У котлах Черкаської ТЕЦ спалюють вугілля марки АШ. За реакційними властивостями антрацит належить до категорій найінертніших твердих видів палива, а відповідно до числа важких для спалювання у зв'язку зі слабким розвитком пористої структури і малим вмістом легких речовин, низькою реакційною здатністю і необхідністю дуже тонкого помолу, низькою розмолотоздатністю і великою абразивністю, найвищою з усіх викопних палив температурою займання (табл. 2).

Регулювальні можливості котлів у разі зміни якості і виду палива знижуються, це ускладнює реалізацію електростанцією диспетчерських завдань. Досвід експлуатації показав, що це призводить до обмеження наявної потужності котлів, зниження їх економічності, підвищення витрати природного газу на підсвічування факелу і значного зниження надійності експлуатації енергетичного обладнання. Під час розвантаження котлів до рівня технічного мінімуму втрата теплоти з механічним недопалом може перевищувати 17%, а частка газу, необхідного для забезпечення стійкого горіння і нормального виходу рідкого шлаку становитиме від 10% до 20% по теплу [8].

Таблиця 2

Вплив зміни зольності і вологості палива на втрати теплоти від механічної неповноти згорання

Паливо	Поправка до $q_4\%$, на зміну характеристик робочої маси палива	
	вологості на $\pm 1\%$	зольності на $\pm 1\%$
Донецький АШ	$\pm 0,23-0,32$	$\pm 0,06-0,08$
Донецьке вугілля ДСШ, ТР, ПАРШ	$\pm 0,15-0,20$	$\pm 0,03-0,05$
Екібазтуське вугілля	$\pm 0,07$	$\pm 0,08-0,09$
Львівсько-волинське вугілля	$\pm 0,08$	$\pm 0,04-0,06$
Буре вугілля	$\pm 0,06-0,08$	$\pm 0,03-0,07$

Для котлів БКЗ-210-140ПТ Чернігівської ТЕЦ регулювальний діапазон навантажень становить 210–110 т/год. Для забезпечення стійкого режиму рідкого шлаковидалення на знижених навантаженнях (нижче 140 т/год) додатково використовується підсвічування природним газом, що не задовольняє Чернігівську ТЕЦ за вартісними витратами на паливо в виробленій електроенергії за забезпечення графіка навантажень. Для можливого розширення регулювального діапазону котла і зменшення обсягів підсвічування природним газом були виконані експертні випробування під час спалювання в котлі БКЗ-210-140ПТ Чернігівської ТЕЦ антрацитового штибу (марки АШ) з додаванням активатора горіння (REDUXCO).

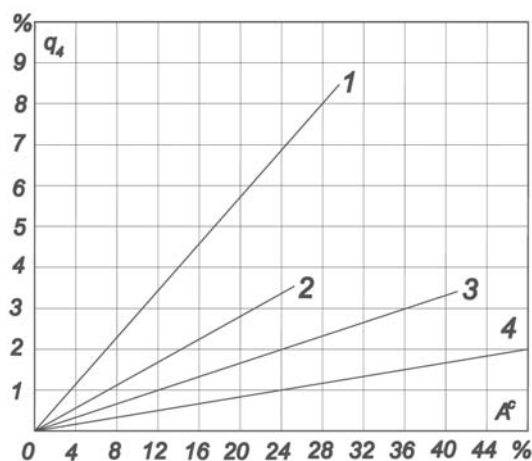


Рис. 1. Залежність втрат теплоти з механічним недопалом від зольності вихідного палива під час пилового спалювання ($\alpha_{\text{вип}} = 90\%$): 1 – донецький АШ; 2 – кам'яне вугілля типу кузнецького СС; 3 – кам'яне вугілля типу кизелівського ПЖ; 4 – буре вугілля типу підмосковного

Присадка-каталізатор REDUXCO та технологія її подавання в паливню котла

Розчин присадки є хімічним каталізатором під час окислення вуглеводнів, а отже, є каталізатором в процесі спалювання палива.

Дія присадки-каталізатора REDUXCO на паливо ґрунтується на поляризації вільних радикалів та додатковій емісії протонів водню з молекул води.

Особливості каталізатора МНФ(ReduxCO):

– Виробництво компанії ReduxCO (Польща);

– Формула активної речовини : $C_5H_5FeC_5H_4C_mH_n$;

– Іон заліза виступає як центральний елемент координаційного з'єднання – ліганда;

– Мета цього ліганда – пришвидшення розщеплення молекули води на вільні радикали:
 $H_2O + M = H^* + OH^* + M$;

– Активна речовина водорозчинна;

– Витрата:

25-40 мл на 1000 кг кам'яного вугілля і антрациту;

до 100 мл на 1000 кг мазуту;

25-100 мл на 1000 м³ природного газу.

Технологія застосування полягає у введенні водяного розчину присадки у канал первинного повітря (рис. 2). Технологічна схема введення присадки дуже проста та не потребує особливих конструкційних змін в наявній схемі експлуатації котла. Розчин присадки з ємності подається в місце впорскування насосом-дозатором. Розпилення розчину в повітропроводі здійснюється форсунками під тиском до 2,5 бар. Кількість форсунок для розпилення та їх розташування залежить від площі поперечного перерізу та конфігурації повітроводів.

Розпилена присадка разом з первинним повітрям та вугільним пилом по пилопроводах надходить в пальники. Розчин присадки під час горіння прискорює іонізацію газових компонентів, сприяє кращому доступу кисню до горючої маси, покращуючи, отже, окислення і процес горіння за рахунок збільшення площі хімічного контакту горючої маси і окислювача. У результаті дії розчину присадки в зоні горіння зменшується кількість зон, в яких перебуває недостатня кількість повітря.

Коротка характеристика котельного обладнання

Пилувугільний котел БКЗ-210-140ПТ (ст. №4) розрахований на такі параметри:

– паропродуктивність.....210 т/год;

– тиск пари за котлом140 кгс/см² ;

– тиск у барабані котла.....155 кгс/см²;

- температура перегрітої пари.....550 °С;
- температура живильної води.....230 °С;
- температура гарячого повітря.....370 °С;
- температура відхідних газів.....127 °С.

Котел розрахований на спалювання Донецького вугілля марки АШ з такими характеристиками:

- нижча теплота згоряння робочого палива, Q^p6010 ккал/кг;
- вологість робочого палива, W^p7,0 %;
- зольність робочого палива, A^p16,7 %;
- вміст летких на горючу масу, V^r4,0 %.

ПТ – в позначенні котла означає напіввідкрита паливня.

Компоновка котла виконана за П-подібною схемою.

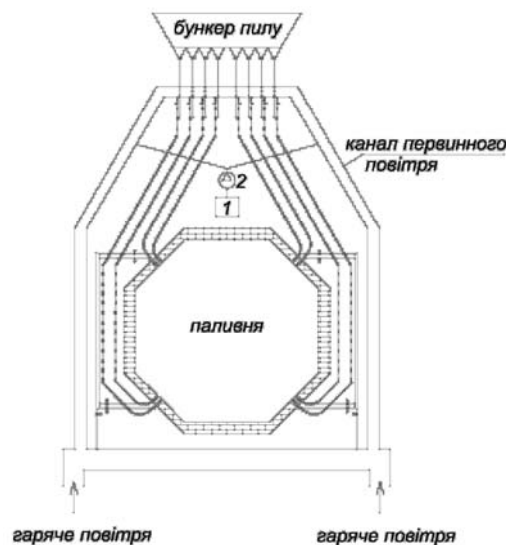


Рис. 2. Схема подавання каталізатора:
1 – сміть з каталізатором; 2 – насос-дозатор

Труби фронтного і заднього екранів паливні утворюють пережим, який розділяє паливню на передтопок і камеру охолодження. Передтопок має вигляд восьмикутника, на гранях якого розміщені чотири блоки щілинних газопилоугільних пальників (у кожному блоці по два яруси пальників). Осі пальників верхнього яруса спрямовані по дотичній до кола ≈ 1200 мм, а осі пальників верхнього яруса дотичні до кола ≈ 800 мм. Центр кіл збігається з центром паливні.

Паливня котла з пережимом працює з рідким шлаковидаленням. Для підвищення температури в паливні в районі ядра факела екранні труби до пережиму обшиповані і покриті карборундовою обмазкою, утворюючи запалювальний пояс.

У каналах вторинного повітря пилоугільних пальників вмонтовані трубки газових пальників конструкції Чернігівської ТЕЦ. Трубки газових пальників діаметром 25x3 розташовані по висоті каналу в шаховому порядку.

Основними проблемами під час експлуатації котлів БКЗ-210-140ПТ є:

– вихід рідкого шлаку. За проведеними у ході випробувань вимірюваннями, температура в льотці котла перебуває на рівні 1550–1570 °С, що дуже близько до температури плавлення шлаку вугілля марки АШ. Низька температура в льотці обумовлена, з одного боку, великими присосами внизу паливні, а з іншого, конструкцією самої паливні й поганим перемішуванням вугільного пилу з повітрям. Це зумовлює необхідність подавати велику кількість підсвітного газу і, крім того, приводить до регулярного затягування льотки котла і його зупинки на розшлакування. Такий

простій котла триває від 5 до 7 діб та спричиняє втрати, пов'язані з недовиробітком пари і значні пускові втрати природного газу і електроенергії;

– погане вигорання вугілля і, як наслідок, високий вміст горючих у золі виносу приводить до великих втрат з мехнедопалом. Ця проблема має два аспекти. Перший – це незадовільна робота паливни через нерівномірну роздачу вугілля й повітря по пальниках, а також погане їх перемішування. Другий – це похибка самого відбору виносів. Це є окремою проблемою, яку у цій статті не розглядаємо;

– неможливість роботи котла без підсвічування високореакційним паливом через нестабільність горіння пиловугільного факела. Це пов'язано із властивостями вугілля марки АШ, яке має низький вміст летючих, малу пористість і високу енергію активації. Проблема збільшується низькою температурою гарячого повітря (365–370 °С), значними присосами в паливню, порушенням аеродинаміки паливни внаслідок короблення амбразур пальників.

Результати випробувань

Під час випробувань у котлі спалювалось вугілля марки АШ з такою середньою технічною характеристикою:

- нижча теплота згорання робочого палива, Q_n^p5650 ккал/кг;
- вологість робочого палива, W^p8,4 %;
- зольність робочого палива, A^p18,8 %;
- вміст сірки на робочу масу, S^p1,57 %.

Під час проведення кожного дослідження фіксували параметри роботи обладнання на блоковому і місцевому щитах управління.

Перед кожним дослідом чистили виносні установки. Наприкінці кожного дослідження вміст виносних установок відбирали в герметичну ємність, після чого проби відносили на аналіз в хіміялабораторію Чернігівської ТЕЦ.

Протягом дослідження кожні 30 хв відбирали вугілля з живильників сирого вугілля та проби пилу з-під циклонів, після чого проби відносили на аналіз у лабораторію.

Протягом кожного дослідження представник ПрАТ “ТЕХЕНЕРГО” за допомогою переносного газоаналізатора заміряв концентрації SO_2 , NO_x , CO , O_2 в димових газах балансової та режимної точки.

Також заміряли температуру в ядрі факела через льотку котла та лючки на відмітці 6.00 м. Заміряли за допомогою візуальних пірометрів представники групи режимів Чернігівської ТЕЦ та ПрАТ “ТЕХЕНЕРГО”.

Під час проведення кожного дослідження знімали покази з витрати електроенергії на тягу і дуття (табл. 3).

Підсвічування пиловугільного факела проводиться двома основними газовими пальниками. У зв'язку з відсутністю на котлі підсвічувальних пальників і окремої схеми подавання підсвічувального газу, витратомір газу на котел перебуває в зоні недостовірних показів, тому важко чітко визначити витрату газу на підсвічування. По балансу витрати газу на ТЕЦ та інші котли на підсвічування котла № 4 в експлуатаційному режимі подається від 1300 до 2500 м³/год при спалюванні вищезазначеного вугілля.

Відповідно до технічної програми були проведені такі дослідження:

– фіксація експлуатаційного режиму роботи котла протягом трьох годин на навантаженні 180 т/год в обсязі вимірювань, необхідному для визначення складових теплових втрат, ККД бруто та шкідливих викидів (крім летючої золи). По закінченні фіксації режиму почалася подача присадки-катализатора. Після роботи котла з подачею катализатора протягом трьох годин режим був зафіксований повторно. Дослід виявив такі зміни в роботі котла з подачею катализатора. Парове навантаження котла зросло на 10–12 т/год (рис. 3), збільшилась температура в льотці котла з ~1550 °С до ~1700 °С, температури газів у поворотній камері й на виході з котла практично не змінилися, трохи знизився коефіцієнт надлишку повітря в відхідних газах, а також вміст CO . У результаті ККД бруто котла зріс із 77,91 % до 81,85 %. Збільшився вміст оксидів

азоту з 785 мг/нм^3 до 836 мг/нм^3 (технологічний норматив для котла БКЗ-210 – 1300 мг/нм^3). Вміст оксидів сірки знизився з 3500 мг/нм^3 до 3310 мг/нм^3 (технологічний норматив по оксидах сірки – 3400 мг/нм^3);

– на навантаженні 185 т/год , експлуатаційному режимі роботи й подачі в паливню каталізатора поетапно знижувалася витрата вторинного повітря. Помітне підвищення СО у відхідних газах відбулося тільки при вмісті кисню в режимному перерізі на рівні 4% , що значно нижче від критичного надлишку повітря для цього навантаження під час роботи котла без каталізатора;

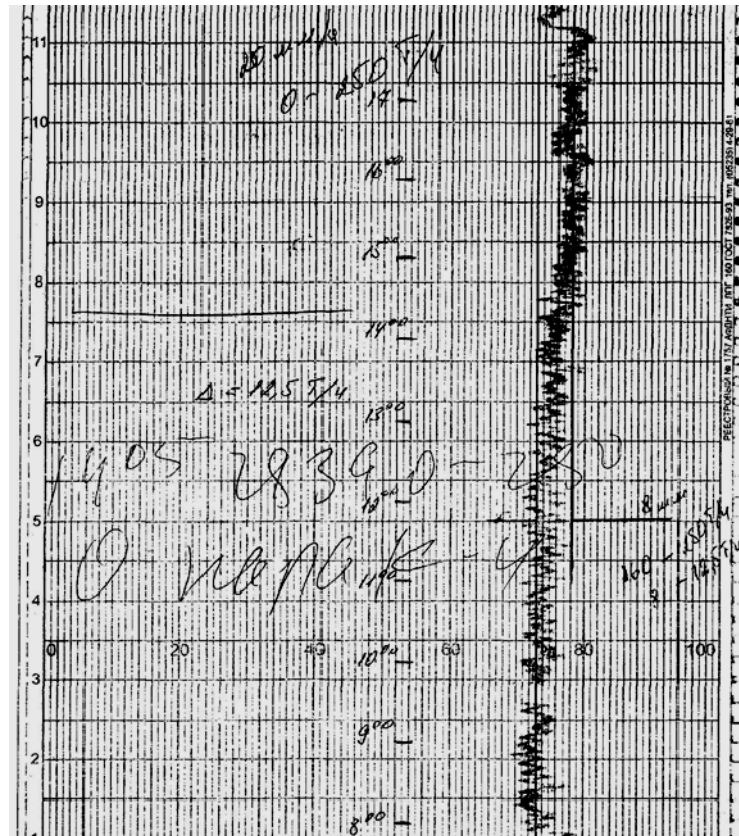


Рис. 3. Штатна діаграма парового навантаження котла ст. №4 до та після введення каталізатора

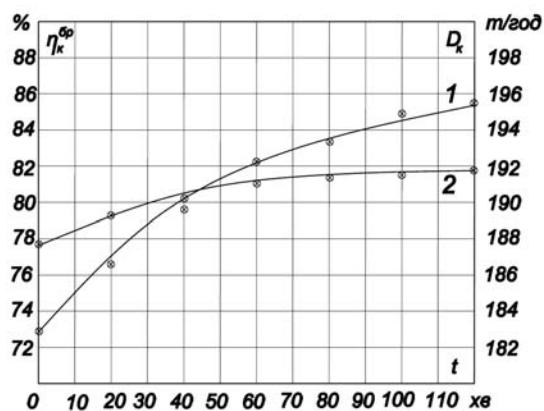


Рис. 4. Часова зміна показників роботи котла під час введення каталізатора: 1 – парове навантаження котла, т/год; 2 – ККД бруто котла, %.

– за навантаження 210 т/год, експлуатаційного режиму роботи й подачі в паливню каталізатора поетапно знижувалася витрата природного газу на підсвічування. Вихідний рівень підсвічування становив ~ 2400 м³/год. Спочатку витрата природного газу знижувалася прикриттям регулюючого клапану. Після його повного закриття було від'єднано один із двох працюючих пальників і після витримки часу подавати газ у котел повністю припинили закриттям запірної арматури. Котел без підсвічування пропрацював більше чотирьох годин. Температура в льотці не знижувалася нижче ніж ~ 1700 °С, вихід рідкого шлаку був стабільним, затування льотки не спостерігалось. Горіння було стійким, без пульсацій у паливні та сепарації пилу. Коливання парового навантаження не перевищувало діапазону коливань під час роботи з підсвічуванням. Для перевірки запасу міцності режиму без підсвічування від'єднали одну із двох працюючих пилосистем. При цьому проблем у роботі паливні помічено не було.

Висновки

У результаті проведених випробувань та аналізу експериментальних даних можемо зробити такі висновки:

- присадка-каталізатор МНФ-REDUXCO під час введення її в паливню котла з первинним повітрям інтенсифікує процес горіння;
- інтенсифікація процесу горіння призводить до підвищення температури факела на 100–120 °С з підтриманням температура в льотці на рівні 1680–1700 °С;
- підвищення температури факела поліпшує текучість шлаку і, навіть за значних порушень режиму горіння в паливні, забезпечує його надійний вихід;
- інтенсифікація процесу горіння каталізатором дозволяє відмовитися від подавання в паливню котла природного газу для стабілізації горіння;
- подавання каталізатора дає змогу організувати горіння вугільного пилу з меншими надлишками повітря (знижується критичний надлишок повітря), що підвищує ККД котла (за рахунок зниження втрат тепла з відхідними газами) і зменшує витрату електроенергії на власні потреби;
- подавання каталізатора підвищує вміст оксидів азоту в відхідних газах. Однак їхній максимальний рівень не перевищує технологічного нормативу;
- подавання каталізатора, можливо, інтенсифікує зв'язування оксидів сірки з'єднаннями кальцію й магнію, що містяться в золі палива. Під час подавання каталізатора знижується вміст оксидів сірки у відхідних газах (приблизно на 5–7 %). За рівні викидів оксидів сірки для Чернігівської ТЕЦ трохи вище від технологічного нормативу, такий рівень зв'язування може вирішити проблему виконання технологічного нормативу;
- у разі подавання каталізатора паропродуктивність котла збільшується на ~ 5–7 %;
- за час проведення дослідів на котлі ст. №4 під час подавання каталізатора (протягом семи днів) вміст горючих у золі виносу поступово знизився на 8–10%, що призвело до підвищення ККД котла в середньому на ~ 4 %.

Враховуючи вищевказані висновки, можемо рекомендувати:

- на котлах, що спалюють низькорекційне паливо з підсвічуванням природним газом, використання присадки-каталізатора однозначно є доцільним та дозволить істотно заощаджувати природний газ, а також скоротити витрати на власні потреби за рахунок зменшення зупинок на розшлакування паливні. Економія буде мати місце і за рахунок підвищення ккд котла;
- на котлах, що спалюють вугілля з високим вмістом сірки без підсвічування природним газом, доцільно перевірити ефективність застосування присадки-каталізатора для інтенсифікації зв'язування оксидів сірки золою палива;
- для Чернігівської ТЕЦ, як і для інших станцій, що працюють на вугіллі марки АШ, застосування присадки-каталізатора є доцільним як з погляду економії експлуатаційних витрат, так і з погляду зниження шкідливих викидів.

Таблиця 3

Зведена таблиця результатів випробувань котла БКЗ-210 ст.№ 4 Чернігівської ТЕЦ під час спалювання вугілля

Найменування параметрів	Познач.	Розмірність	Досліди	
			5	6
1	2	3	без кат-ра	з кат-ром
Вода, перегріта пара				
Витрата живильної води на котел, заміряна згідно показів приладу	$D_{ж.в}^{зам}$	т/год	177	185
Тиск живильної води перед регулюючим живильним клапаном	$P_{рпк}^{п}$	кгс/см ²	148	149
Температура живильної води	$t_{ж.в}$	°C	226	225
Тиск в барабані котла	$P_б$	кгс/см ²	144	145
Витрата перегрітої пари, заміряна по приладу	$D_{пе}^{зам}$	т/год	183	195
Тиск перегрітої пари, заміряний згідно показів приладу	$P_{пе}$	кгс/см ²	133	134
Температура перегрітої пари, заміряна згідно показів приладу	$t_{пе}$	°C	554	552
Теплова продуктивність котла	$Q_k^{бр}$	Гкал/год	107,5	112,1
Паливо				
Вологість на робочу масу палива	W^p	%	9,3	9,3
Зольність на робочу масу палива	A^p	%	18,4	18,4
Нижча теплота згоряння вугілля на робочу масу палива	$Q_{н.вуг}^p$	ккал/кг	5649	5649
Вміст сірки на робочу масу палива	S^p	%	1,58	1,58
Тонкість пилу млина "Б"	R_{90}	%	12,5	13,7
Вміст горючих у золі перед золовловлювачами	Гун	%	39,0	30,6
Витрата природного газу на чотири підсвіточні пальники	$V_{газ}^{зам}$	нм ³ /год	1900	2000
Димові гази				
Розрідження в паливні	S_T	кгс/м ²	3,4	3
Температура димових газів в поворотній камері	$T_{п.к}$	°C	564	565
Температура факела	відмітка +6.000 м.	°C	1670	1715
	відмітка ±0.000 м. (льотка)	°C	1637	1650

Продовження табл. 3

1		2	3	5	6
Економічні та екологічні показники роботи котла					
Склад димових газів в поворотній камері (режимна точка)	об'ємна концентрація кисню	O ₂ ^{реж}	%	6,6	6,8
	об'ємна концентрація діоксиду вуглецю	CO ₂ ^{реж}	%	14,0	13,8
	концентрація оксиду вуглецю	CO ^{реж}	ppm	54	87
	масова концентрація оксиду вуглецю	CO ^{реж}	мг/нм ³	68	109
	об'ємна концентрація оксиду вуглецю	CO ^{реж}	%	0,005	0,009
	об'ємна концентрація кисню	O ₂ ^{бал}	%	10,5	10,0
	об'ємна концентрація діоксиду вуглецю	CO ₂ ^{бал}	%	10,2	10,7
Склад димових газів за повітряпідігрівником (балансова точка)	концентрація оксиду вуглецю	CO ^{бал}	ppm	36	34
	масова концентрація оксиду вуглецю	CO ^{бал}	мг/нм ³	45	43
	об'ємна концентрація оксиду вуглецю	CO ^{бал}	%	0,0036	0,0034
	концентрація оксиду азоту	NOx ^{бал}	ppm	268	299
	масова концентрація оксиду азоту	NOx ^{бал}	мг/нм ³	549	613
	в режимній точці	α ^{реж}	-	1,45	1,47
	в балансовій точці	α ^{бал}	-	1,98	1,89
Коефіцієнт надлишку повітря	Втрати тепла з відхідними газами	q ₂	%	8,80	8,76
	Втрати тепла від хімічної неповноти згоряння	q ₃	%	0,021	0,019
	Втрати тепла від механічної неповноти згоряння	q ₄	%	12,48	8,60
	Втрати тепла в навколишнє середовище	q ₅	%	0,59	0,57
	Втрати тепла з фізичним теплом шлаку	q ₆	%	0,19	0,19
	Сума втрат тепла	∑q	%	22,09	18,15
Коефіцієнт корисної дії (ККД) котла бругто	η ^{бр} _к	%	77,91	81,85	
Витрата вугілля по зворотньому балансу	B _{вуг}	т/год	24,4	24,3	
Питома витрата електричної енергії механізмами власних потреб на 1 Гкал виробленого тепла	E _{вп}	кВт*год/Гкал	1,3	1,2	

1. *Енергетична стратегія України на період до 2030 року*. 2. *А.В. Праховник, Енергозбереження – нетрадиційний погляд та інша стратегія // Енергетика та електрифікація. – 2008. – №4. – С.30–32*. 3. *Праховник А.В., Попов В.А., Находов В.Ф., Баталов А.Г., Денисевич К.Б. Развитие маневренной генерации ОЭС Украины как фактор повышения энергетической безопасности государства // Енергетика та електрифікація. – 2008. – №7. – С.9–12*. 4. *Кравець Т.Ю., Мисак Й.С. Оцінка збитку блоків ТЕС через перевитрати палива при використанні вугілля погіршеної якості // Енергетика та електрифікація. – 2008. – №2. – С.18–21*. 5. *Офіційний сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості України <http://tre.kti.gov.ua>*. 6. *Про основні показники роботи паливно-енергетичного комплексу, Энергосбережение, энергетика, энергоаудит, №8 (66), серпень 2009 рік*. 7. *ГКД 34.20. 507-2003. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила. “ГРІФРЕ”, Київ, 2003*. 8. *Трембовля В.И., Фингер Е.Д., Авдеева А.А. Теплотехнические испытания котельных установок. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1991*. 9. *Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод). – М.: Энергия, 1973*.

УДК 628.16.087:620.19+628.162.4

С.Є. Антоненко

Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
кафедра міського будівництва та господарства

АНАЛІЗ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ З ДОСЛІДЖЕННЯ УТВОРЕННЯ НАКИПУ В ПАРОВОМУ КОТЛІ ПРИ ПІДЖИВЛЕННІ ЕЛЕКТРОХІМІЧНО ЗМ'ЯКШЕНОЮ ВОДОЮ

© Антоненко С.Є., 2013

Досліджували процес утворення накипу на моделі парового котла. Підживлення парового котла здійснювалося незм'якшеною водою (контрольний експеримент), а також електрохімічно зм'якшеною водою з питомою витратою електричного струму 50, 100 і 150 А-годину/м³. Наведено результати дослідів у разі тривалості експерименту 8 год і 72 год. Представлено залежності інтенсивності утворення накипу від глибини зм'якшення підживлювальної води.

Ключові слова: електрохімічне зм'якшення, питома витрата електричного струму, інтенсивність утворення накипу.

In article scaling process on model of a steam copper was investigated. Feed of a steam boilers was carried out by raw tap water (check experiment), and also water processed by an electrochemical method with the specific expense of an electricity 50, 100 and 150 A-h/m³. The scheme of laboratory installation, results of experiences is resulted at duration of experiment of 8 hours and 72 hours. Dependences of intensity of scaling on depth softening feeding waters are presented.

Key words: electrochemical softening, the specific expense of an electricity, intensity of scaling.

Постановка проблеми

Дефіцит паливно-енергетичних ресурсів в Україні спонукає займатися економією зазначених ресурсів, крім того, напруженість екологічної обстановки в Донбасі вимагає зниження шкідливих викидів у навколишнє середовище [1–6]. Значний інтерес в обох цих напрямках становить