

Н.І. Дунаєвська, М.М. Нехамін, Д.Л. Бондзик

Інститут вугільних енерготехнологій НАН України, вул. Андріївська, 19, Київ, 04070, Україна,
тел. (044) 425-50-68; факс (044) 537-22-41

ТЕХНОЛОГІЯ ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ОКСИДІВ АЗОТУ ПРИ ФАКЕЛЬНОМУ СПАЛЮВАННІ ВУГІЛЛЯ



Для оцінки ефективності впливу термохімічної підготовки антрациту на утворення оксидів азоту була створена тривимірна числова модель частини паливної котла ТПП-210А для стандартних і модифікованих пальників. Результати розрахунків показали зниження концентрації оксидів азоту по всій висоті паливної при зменшенні ступеню недопалювання вугілля для модифікованих пальників у порівнянні зі стандартними пальниками.

Ключові слова: оксиди азоту, антрацит, пальник, вугілля, термохімічна підготовка.

Співпраця України з Європейською енергетичною співдружністю має на меті досягнення високих технологічних та екологічних показників роботи в області теплоенергетики, що може бути реалізовано шляхом будівництва нових або реконструкції вже існуючих пилувугільних енергоблоків із застосуванням чистих вугільних енерготехнологій.

Однією з таких технологій для факельних вугільних котлоагрегатів є термохімічна підготовка (ТХП) вугілля перед його спалюванням в паливній котла. Пілотне впровадження такої технології відбулося на паливній котла ТПП-210А (ст. № 3А Трипільської ТЕС), яке продемонструвало покращення горіння. Попередні експерименти інших дослідників [1] продемонстрували можливість зниження утворення оксидів азоту при застосуванні технології ТХП при вмісті летких речовин у вугіллі > 13 %. Для реєстрації впливу розроблених пальників ТХП на концентрацію оксидів азоту в паливній котла при спалюванні антрациту необхідна заміна не менше чотирьох з шести пальників корпусу котла

ТПП-210А. Наразі виготовлено чотири пальники для встановлення на котлі Трипільської ТЕС. Для оцінювання ступеня зниження викидів оксидів азоту при застосуванні пальників з ТХП за допомогою програми ANSYS Fluent було проведено попередні порівняльні розрахунки із застосуванням двох варіантів пальників.

Котел ТПП-210А, що працює на антрациті, складається з двох корпусів, його паливня має перетиск для створення умов рідкого шлаковидалення. Для порівняння було обрано дві технології спалювання пилоподібного антрациту: проектна для котла ТПП 210А із застосуванням стандартних вихрових пальників з подачею вугільного пилу з первинним повітрям і з відокремленим каналом подачі вторинного повітря (рис. 1) та із технологією попередньої термохімічної підготовки. Конструктивну схему та розподіл потоків наведено на рис. 2. Детально опис технології розглянуто в роботах [2–4].

У подальшому для визначення впливу технології ТХП вугілля [3] на показники роботи паливної було виконано порівняльний числовий аналіз за допомогою програми ANSYS FLUENT роботи котла ТПП-210А, оснащеного штатними пальниками для спалювання пилоподібного

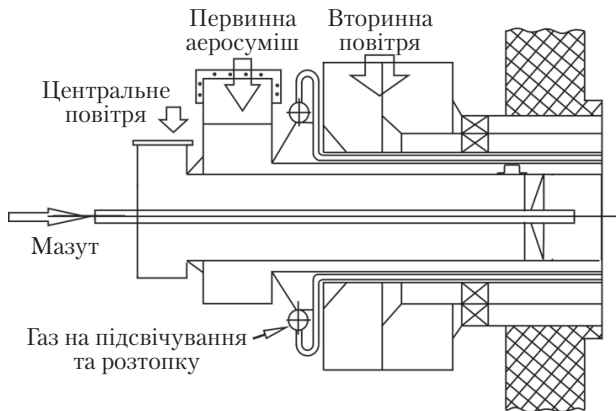


Рис. 1. Схема стандартного пальника для котла ТПП-210А

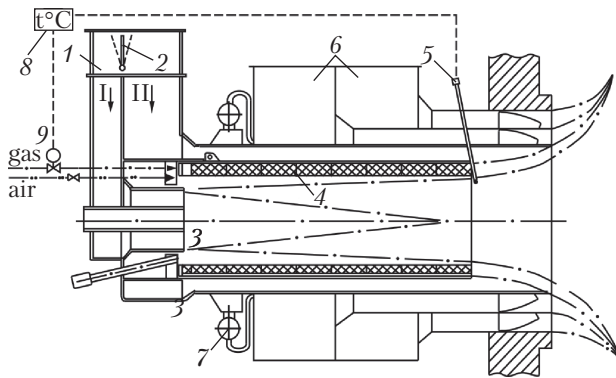


Рис. 2. Схема конструкції пальника з ТХП для котла ТПП-210А: 1 – короб пилоподачі; 2 – поворотний шибер; 3 – запальний пристрій; 4 – муфельна камера термообробки пилу; 5 – датчики температури; 6 – короб подачі вторинного повітря; 7 – існуючий газовий колектор; 8 – контроль температури; 9 – регулятор подачі газу на процес ТХП

вугілля і пальниками з ТХП палива. У програмі моделювання розраховуються процеси горіння газу та вугільного пилу антрациту, двофазної течії й суміщеного конвективного і радіаційного теплообміну в об'єкті, що розглядається. Додатково у постпроцесорному режимі розраховувалось утворення оксидів азоту.

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ЧИСЕЛЬНОГО РОЗРАХУНКУ

Вихідні дані для розрахунку базуються на паспортних даних котла ТПП-210А Трипільської ТЕС та нормативному методі теплового розра-

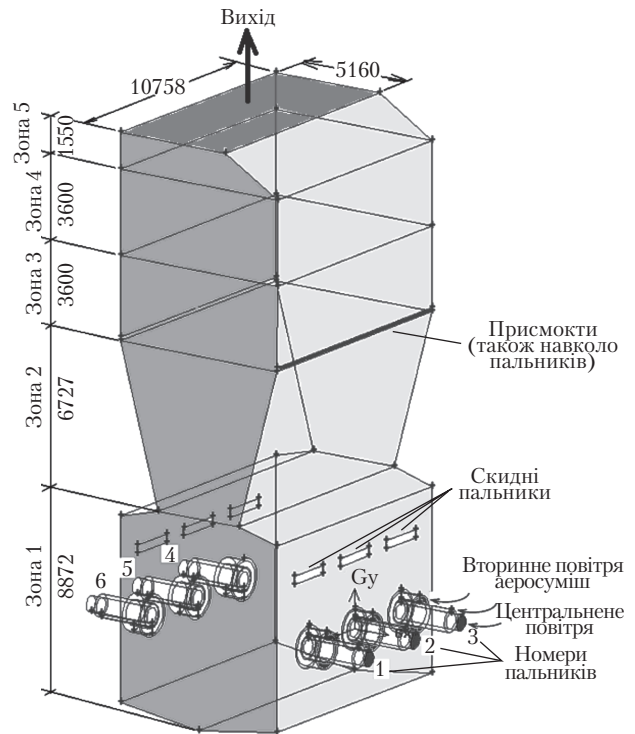


Рис. 3. Геометрія паливної котла ТПП-210А

хунку котлоагрегатів [5]. Геометрія розрахункової області паливної двокамерного котла з рідким шлаковидаленням наведена на рис. 3.

Розрахункова область розбита на 5 зон і обмежена стінками і поверхнею виходу. У 1-й зоні розміщено шість пальників, в які подається аеросуміш і вторинне повітря, 5-а зона закінчується найвужчим перерізом паливної в районі аеродинамічного носа. Моделювання повороту потоку в зоні пережиму сильно ускладнювало процес, а наявні зворотні токи, як виявилось, викривляли результати на виході розрахункової зони. До поверхні стінок 1-ї зони включено і отвір виходу шлаку.

При моделюванні процесів у паливній граничні умови на стінках задавалися температурами, отриманими з виконаного згідно з нормативним методом [5] позонного теплового розрахунку. Отримані значення враховують наявність відкладення шлаку і золи на поверхнях (табл. 1). Для зон 2–5 в моделі вони апрокс-

симовані лінійними залежностями від координати по висоті.

У моделі крім витрат компонентів у пальниках враховані: подача в паливню сушильного агента (повітря) через скидні сопла й присмокоти навколишнього повітря, що мають місце навколо фланців пальників і на вході до 3-ї зони. Режимні параметри, засновані на даних теплових розрахунків котла ТПП-210А Трипільської ТЕС у номінальному режимі, наведені в табл. 2.

Таблиця 1

Температури t (°C) поверхонь стінок

№ зони	t вхідна	t середня	t вихідна
1	1467	1467	1467
2	1242	1169	1063
3	1063	1038	964
4	964	929	908
5	908	850	781

Як паливо розглядається антрацит з нижчою теплотою згоряння на робочу масу $Q_i^r = 24,5$ МДж/кг. Технічний аналіз робочої маси й елементного складу вугілля наведений у табл. 3 та 4.

Гранулометричний склад вугільних частинок прийнятий за формулою Розина—Раммлера з показником розподілу 1,1 у діапазоні 5—205 мкм із середнім розміром 40 мкм. Прийнято також, що вміст азоту розподілений між леткими й твердою частиною порівну, а повний вихід летких (з урахуванням високотемпературного виходу летких) в 1,7 рази перевищує результати стандартного технічного аналізу [6, 7].

У розрахунковій програмі опис процесу горіння вугільних частинок виконано за моделлю Non-Premixed Combustion, виходу летких — Two Competing Rates. Процеси випромінювання описуються моделлю P-1. Турбулентність урахується за моделлю Realizable k-epsilon, використана Enhanced функція стінки. Програма

Таблиця 2

Параметри вхідних потоків у номінальному режимі

Вид потоку	Пальник із ТХП				Штатний пальник			
	повітря		вугілля	Кручення	повітря		вугілля	Кручення
	m^* кг/с	T К	m кг/с	$U_{\text{танг.}}^{**}/U_{\text{ос.}}$	m кг/с	T К	m кг/с	$U_{\text{танг.}}/U_{\text{ос.}}$
Центральний потік	13,7	493	5,61	0,466	14,6	493	0	0,466
Первинна аеросуміш	18,1	387	11,22	1	18,1	387	16,83	1
Вторинне повітря	114,6	493	0	1,73	114,6	493	0	1,73
Повітря для газу	0,87	323	0	0	0		0	0
Скидне повітря	12,6	387	0	0	12,6	387	0	0
Присмокоти	7,80	313	0	0	7,80	313	0	0
Газ	0,24	323	0	0	0	0	0	0

Примітка. * m — витрата; ** $U_{\text{танг.}}/U_{\text{ос.}}$ — відношення тангенційної складової швидкості до осьової

Таблиця 3

Технічний аналіз антрациту

Склад, ваг.	V^r	C (s) ^r	A^r	W^r
%	4	69	19,5	7,5

Таблиця 4

Елементний склад органічної маси вугілля

Елементний склад	C^{daf}	H^{daf}	O^{daf}	N^{daf}	S^{daf}
%	92,5	1,97	2,58	0,79	2,14

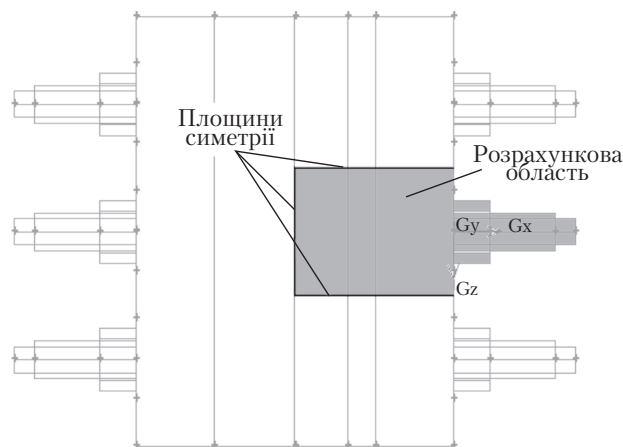


Рис. 4. Розрахункова область

Fluent передбачає можливість уникнути прямого задання значень ϵ на вході розрахункової області при використанні моделі турбулентності $k-\epsilon$. Розрахунки виконані при заданні вхідних характеристик турбулентності значеннями ступеня турбулентності $Tu = 10\%$ і гідравлічного діаметра.

Теплові граничні умови на стінках розрахункової області визначали виходячи з таких міркувань. Значення осереднених по поверхнях зон паливної температур поверхні (поверхні «збруднення» — шлакової плівки) були взяті з результатів позонного розрахунку паливної за нормативним методом, виконаного для номінального режиму навантаження.

Але пряме використання цих даних як граничних умов не цілком коректне, оскільки означає нефізичну стрибкоподібну зміну як температур поверхні, так і щільностей теплового потоку на границях зон паливної.

Тому ми скористалися наданою програмою ANSYS FLUENT можливістю (яка не потребує модифікації сіткової моделі) формулювання теплової граничної умови на стінках як величини теплового опору стінки й температури на зовнішній стосовно розрахункового об'єму поверхні стінки. Необхідні параметри взяті нами зі згаданого позонного розрахунку за нормативним методом і з документації теплового розрахунку паливної котла Трипільської ТЕС.

Для вирішення поставленої задачі в першу чергу були виконані розрахунки течії та процесів утворення оксидів азоту не на всій паливній котла, показаній вище, а в об'ємі, приблизно відповідному до внеску одного пальника. Спосіб виділення цього об'єму ілюструється рисунком 4, на якому показана паливня котла (вид зверху).

Виділена на рисунку розрахункова область примикає до 2-го (центрального) пальника, а верхня й нижня на рисунку площини симетрії відповідають половинам відстаней між осями пальників. Третя площина симетрії розміщена на половині відстані між фронтальною й тильною поверхнями паливної.

Такі допущення були прийняті з метою зменшення об'єму розрахункової області з відповідним зменшенням ресурсоемності завдання й скороченням часу одержання перших результатів розрахунків. Але результати, звичайно, обумовлені неповними відповідностями моделі реальному об'єкту. Зокрема, поперечний переріз розрахункової області в цьому випадку менше 1/6 поперечного перерізу паливної (тоді як витрати компонентів для одного пальника становлять саме 1/6 витрат для всієї паливної). Тому час перебування частинок у розрахунковому об'ємі розглянутої моделі буде занижено. Крім того, частка поверхні стінок у периметрі розрахункової області менша, ніж аналогічна частка в реальному об'єкті. І, нарешті, напрямок кручення потоків у частині суміжних пальників, що обмежують розрахункову область, не в повній мірі відповідає реальній паливній, що впливає на потоки газів в районі пальників.

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ

Спочатку було проведено оцінку адекватності отриманої числової моделі у порівнянні з тепловим розрахунком котлоагрегатів. На основі отриманих результатів моделювання та розрахунків за нормативним методом (рис. 5) можна зробити висновок, що в цілому вони виявляють достатньо якісну і кількісну відповідність. Враховуючи, що нормативний метод розрахунку був свого часу створений як ре-

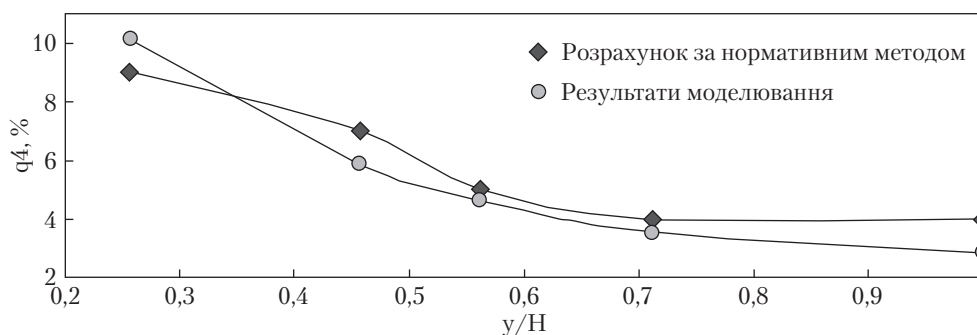


Рис. 5. Співставлення нормативним методом зміни по висоті паливної механічного недопалу палива за результатами моделювання та за розрахунком

зультат узагальнення багаторічних, переважно натурних, експериментальних досліджень і випробувань великого числа діючих котлоагрегатів, можна оцінити отримані результати моделювання як достатньо задовільні.

У подальшому проводилися порівняння параметрів полів для котла із стандартними паливками і паливками з ТХП. На рис. 6–8 (див. кольорову вклейку) показані отримані розподіли температури газової фази в різних перетинах паливни. У обох випадках поля температур подібні. Локальний максимум температур (рис. 6) нижчий при використанні паливків з ТХП, що може позитивно вплинути на процес утворення оксидів азоту. Максимальна зона температур у обох випадках відповідає теплоізолюваній нижній радіаційній частині (НРЧ), після чого температура швидко знижується за рахунок інтенсивного радіаційного теплообміну.

На рівні перетиску середня температура по перерізу (рис. 9) у випадку паливків з ТХП вища, ніж у випадку стандартних (1934 і 1916 К відповідно). Далі по висоті газова фаза охолоджується майже рівномірно в обох випадках. Різниця приблизно в 20 К зберігається до кінця розрахункової зони, де середні температури складають 1593 і 1576 К для варіантів з паливками з ТХП та стандартними паливками відповідно.

На рис. 8 зображено поле температур по верхонь стінок нижньої радіаційної частини (НРЧ) паливни (включаючи черинь), що видається особливо цікавим. Оскільки котел ТПП-210А

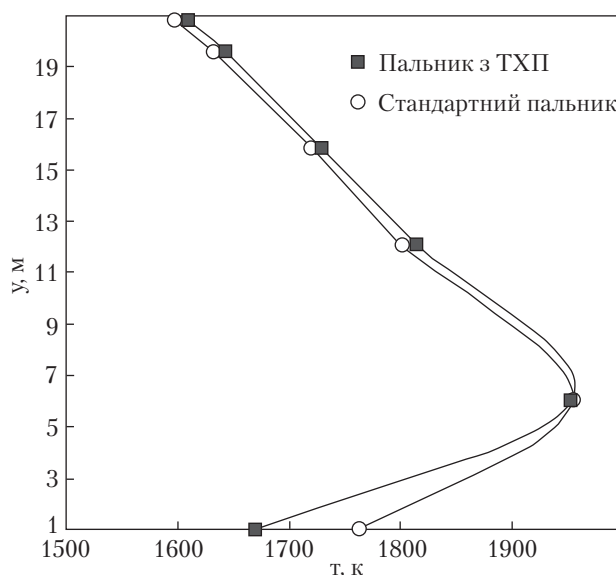


Рис. 9. Зміна середньої температури по висоті паливни

має рідке шлаковидалення, температура поблизу льотки значно впливає на надійність роботи котла в цілому. Температури біля льотки у випадку використання паливків з ТХП суттєво не відрізняються, тобто, незважаючи на меншу температуру ядра при використанні паливків з ТХП, вихід рідкого шлаку не погіршиться.

Поля концентрацій кисню (рис. 10, див. кольорову вклейку) загалом подібні для обох варіантів. На виході розрахункової зони ми маємо майже однакову об'ємну концентрацію кисню (2,53 і 2,52 % для варіантів з паливками ТХП та стандартними паливками відповідно). Але, оскільки

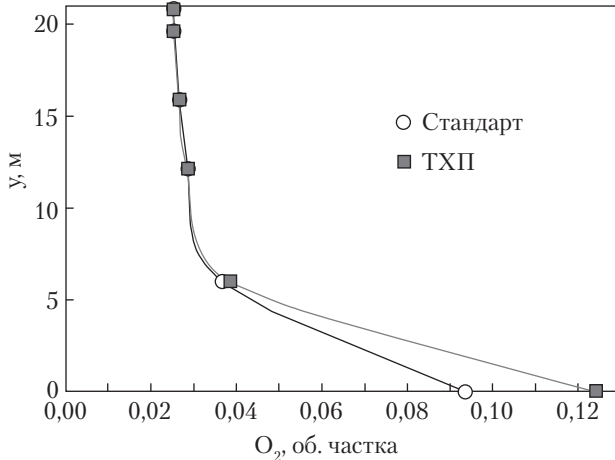


Рис. 11. Зміна середньої концентрації кисню по висоті паливни

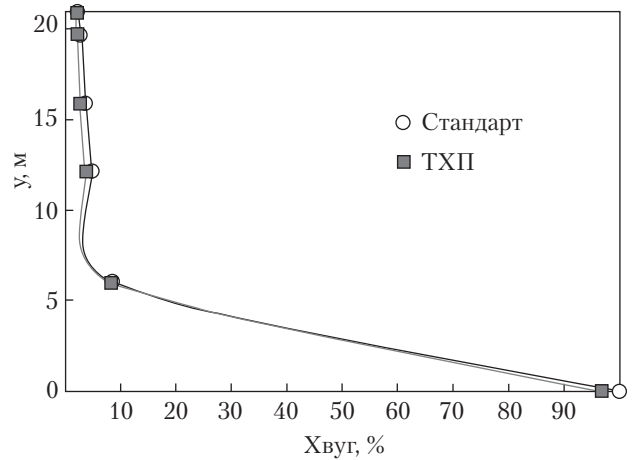


Рис. 14. Зміна ступеню недопалу вугілля по висоті паливни

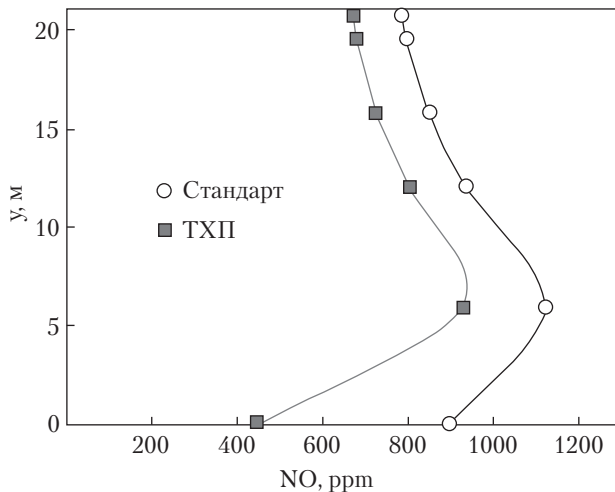


Рис. 19. Зміна середньої концентрації оксидів азоту по висоті паливни

ки процес піролізу і початок горіння у випадку пальників з ТХП починається ще у муфелі, то вже в топці концентрація кисню по висоті є меншою, ніж у варіанті із стандартними пальниками. У зоні активного горіння при використанні пальників з ТХП існують області, де концентрація кисню майже нульова. Це створює відновлювальне середовище, в якому можуть відбуватися реакції відновлення азоту з його оксидів, що має сприяти зниженню загального рівня і вихідної концентрації оксидів азоту.

Водночас зменшення концентрації кисню погіршує процес горіння (рис. 11), що може призводити до деякого зростання концентрації горючих у винесенні для варіанту ТХП у порівнянні зі стандартними пальниками. Тому в подальшому застосування технології ТХП планується поєднувати з внутрішньотопковими заходами по підвищенню ефективності та екологічності спалювання.

Поля виходу летких речовин з вугілля демонструють основний вплив технології ТХП на аеросуміш — вихід і згорання частини летких вугілля в середині пальника, завдяки чому забезпечується надійніше займання низькорекційного вугілля. З рис. 12 (див. кольорову вклейку) видно, що при ТХП процес виходу летких закінчується раніше, ніж при використанні стандартних пальників. Для обох варіантів процес виходу летких закінчується (швидкість стає меншою $5 \cdot 10^{-3}$ кг/(с·м³) не далі як на відстані 1-го калібру від зрізу пальника. Із зіставлення даних рис. 12 з даними рис. 10 випливає, що у випадку пальника із ТХП найбільш інтенсивний вихід летких локалізується в області, де кисню недостатньо. Це також сприяє зниженню інтенсивності утворення оксидів азоту в такому пальнику.

Процес горіння коксового залишку триває протягом усього часу перебування вугільних

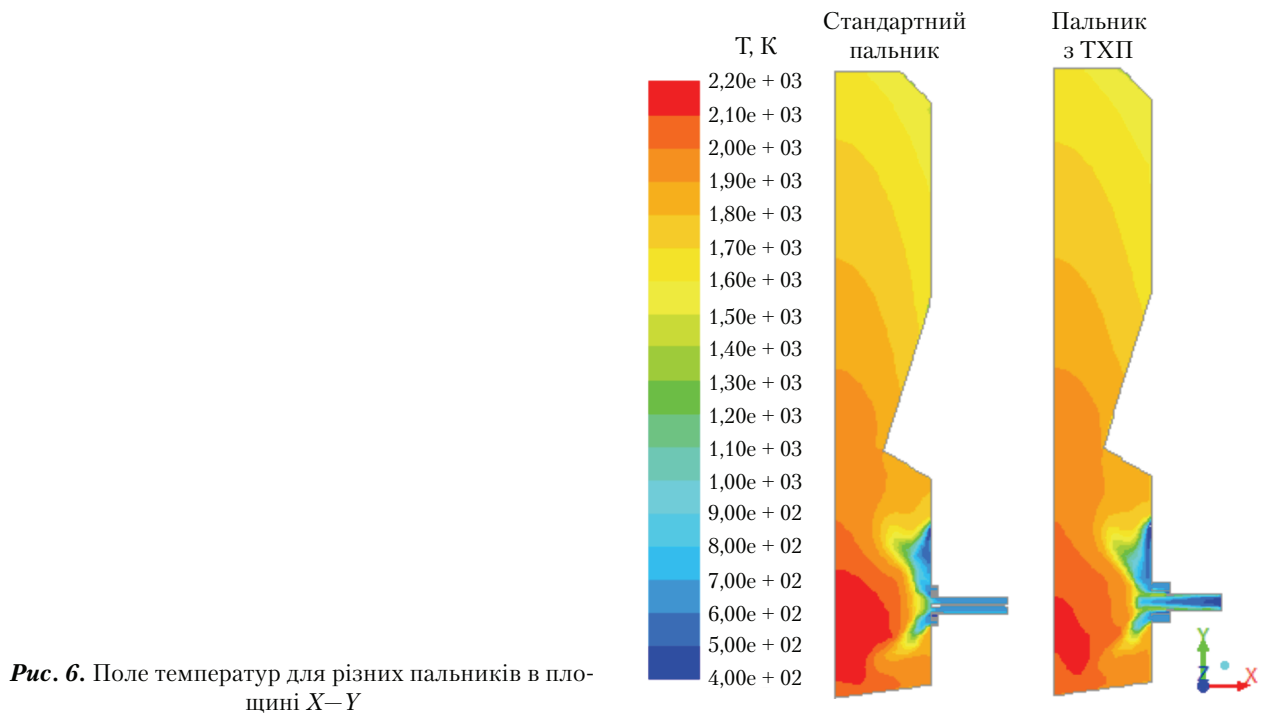


Рис. 6. Поле температур для різних пальників в площині X–Y

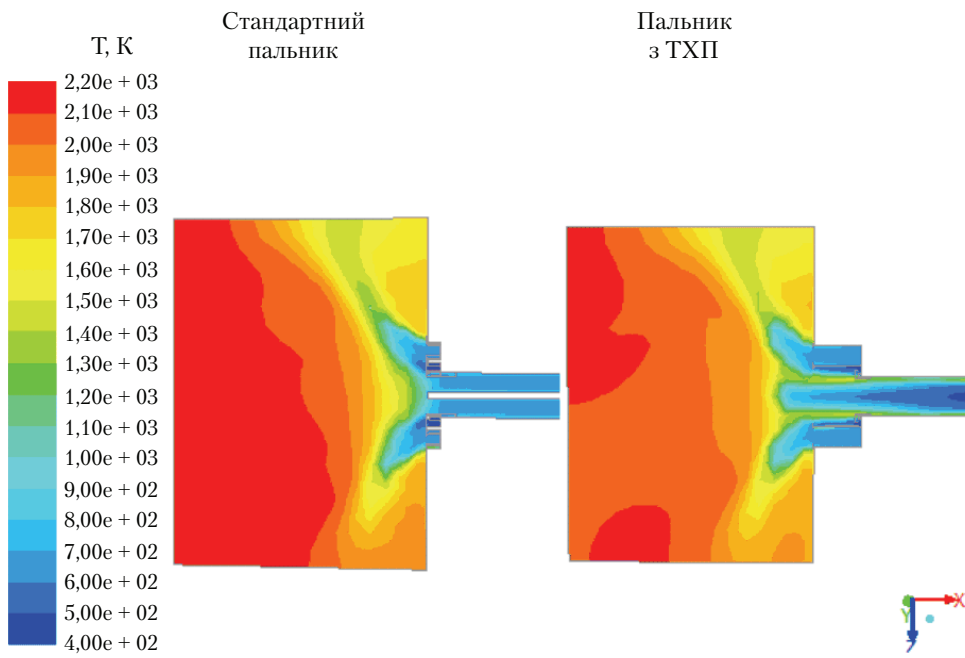


Рис. 7. Поле температур для різних пальників в площині Z–X на рівні пальників

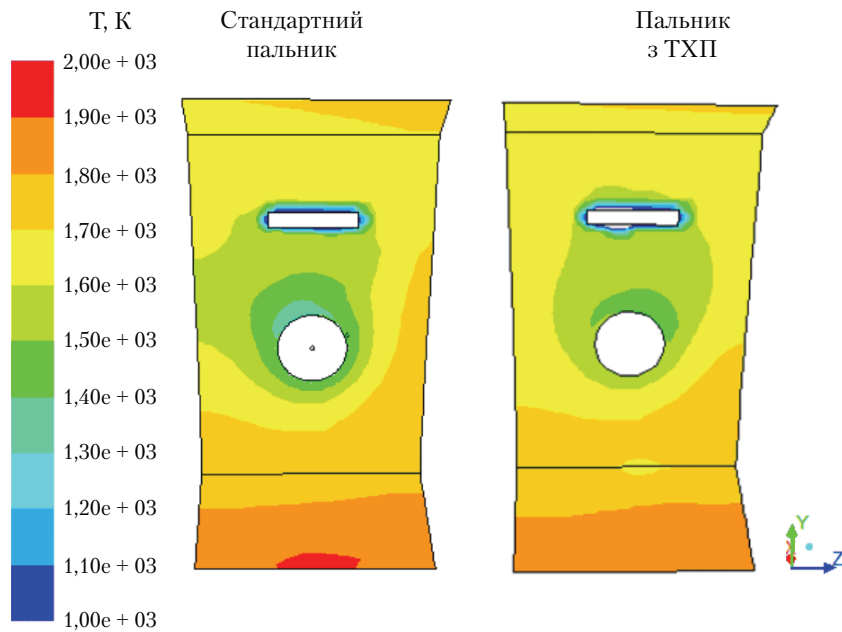


Рис. 8. Поле температур для різних паливників на поверхні стінок НРЧ

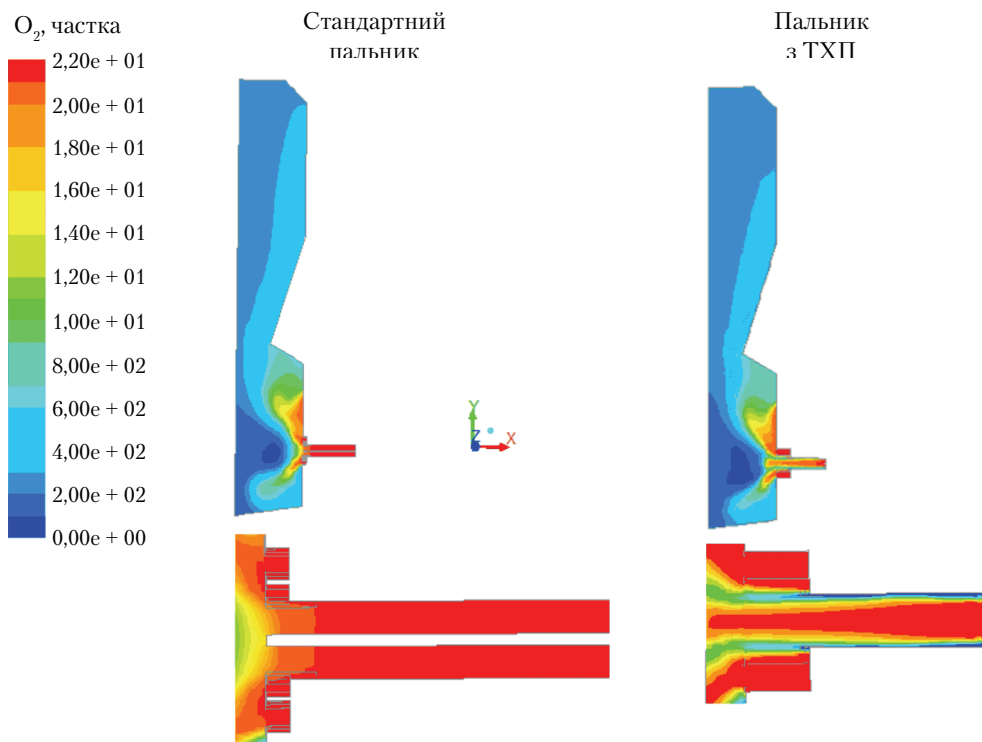


Рис. 10. Поле концентрацій кисню для різних паливників в площині X—Y. Знизу — області паливників у збільшеному масштабі

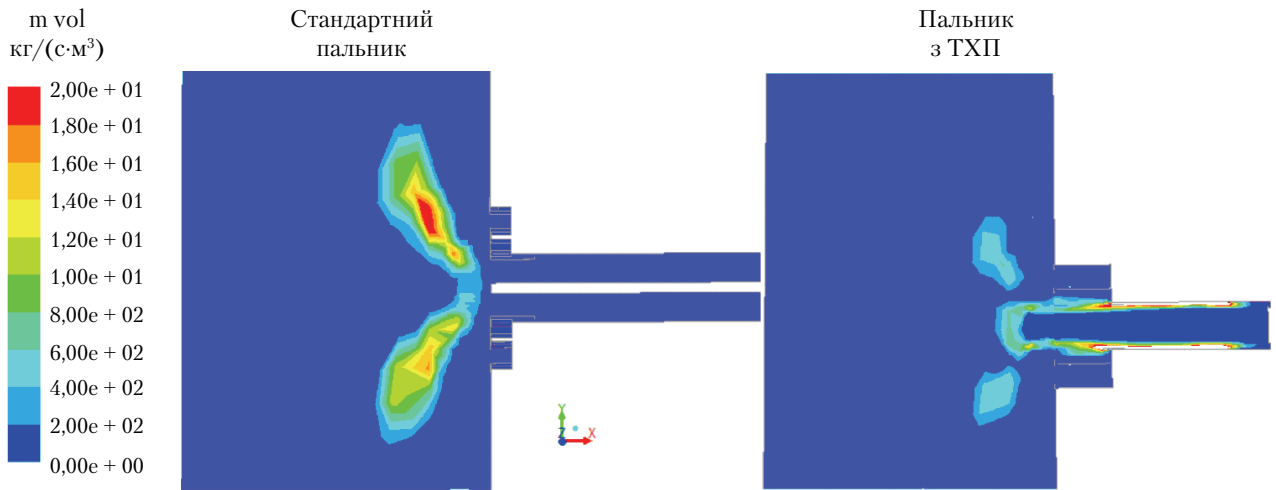


Рис. 12. Поле інтенсивності виходу летких для різних пальників в площині X–Y

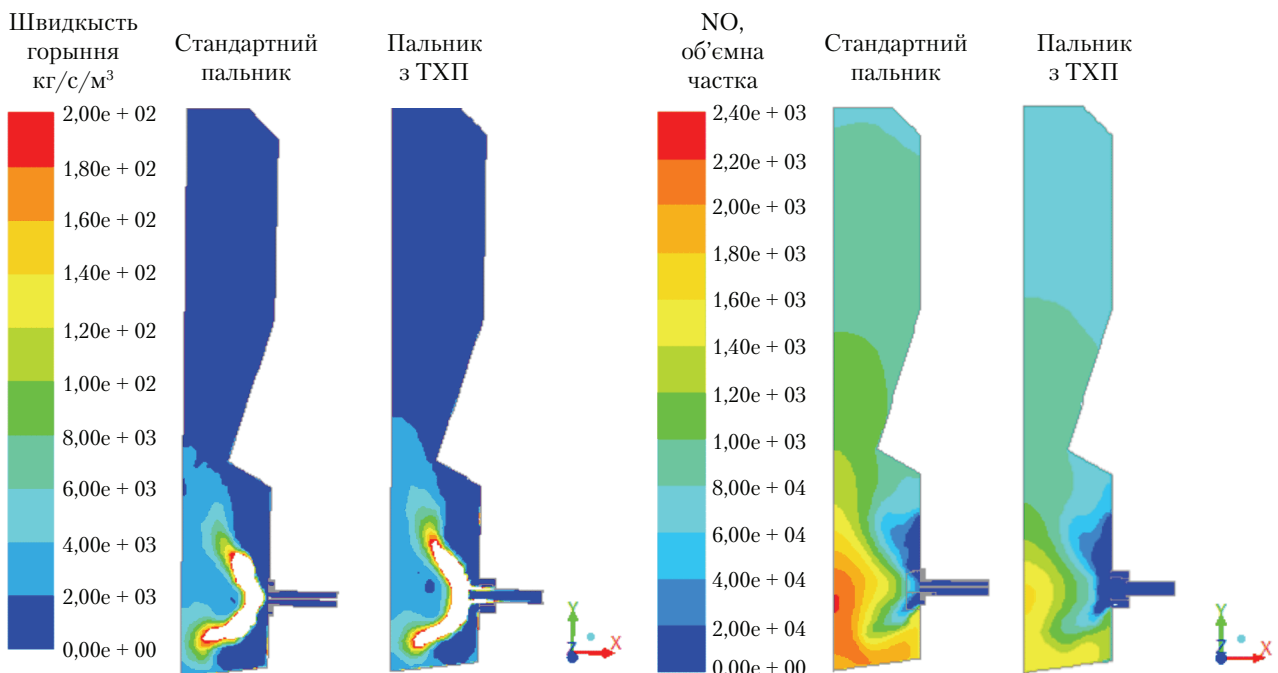


Рис. 13. Поле швидкостей горіння коксового залишку для різних пальників в площині X–Y

Рис. 15. Поле концентрацій оксидів азоту для різних пальників в площині X–Y

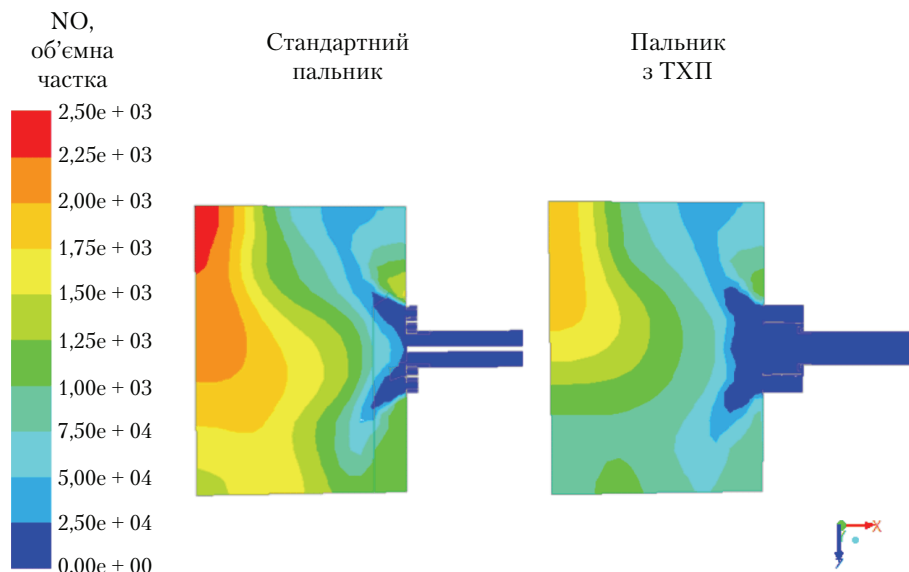


Рис. 16. Поле концентрацій оксидів азоту для різних пальників в площині Z–X на рівні пальників

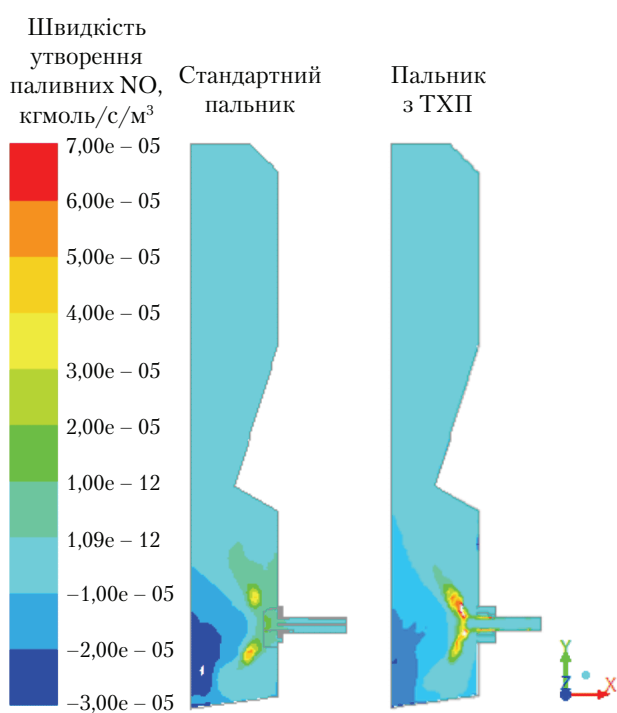


Рис. 17. Зміна швидкості утворення паливних оксидів азоту по висоті паливні

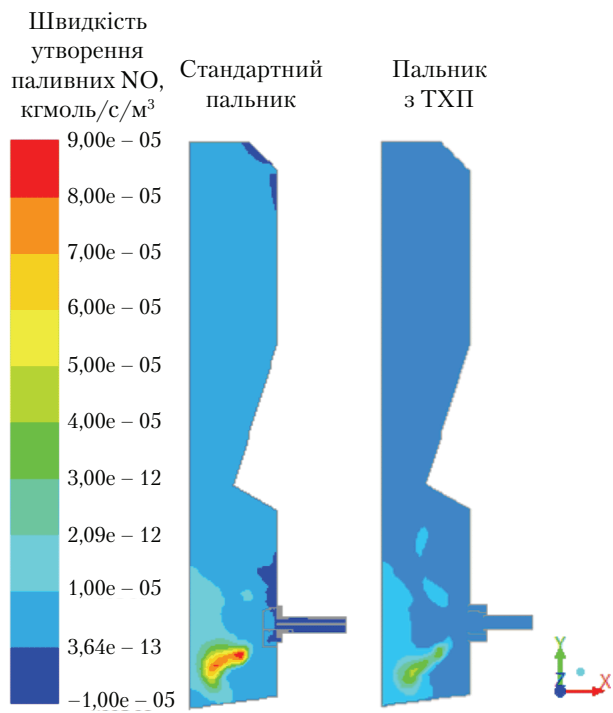


Рис. 18. Зміна швидкості утворення термічних оксидів азоту по висоті паливні

частинок у паливні (рис. 13 (див. кольорову вклейку) та 14). У випадку пальника з ТХП горіння починається ще всередині пальника і є більш інтенсивним біля пальника. У подальшому швидкість горіння твердих частинок вирівнюється по висоті паливні, де вигорання йде майже однаково (рис. 14). Ступінь недопалювання вугільних частинок на виході становлять 2,09 і 2,87 % для пальника з ТХП і стандартного пальника відповідно, що вказує про більш високу роль раннього займання на вигорання, ніж зменшеної концентрації кисню.

Ступінь недопалювання визначається формулою

$$X_{\text{вуг}} = (B_{\text{кз}}^{\text{вх}} + B_{\text{лет}}^{\text{вх}} - (B_{\text{кз}}^{\text{вих}} + B_{\text{лет}}^{\text{вих}})) / (B_{\text{кз}}^{\text{вх}} + B_{\text{лет}}^{\text{вх}}) \times 100, \quad (1)$$

де $B_{\text{кз}}^{\text{вх}}$ і $B_{\text{кз}}^{\text{вих}}$ — витрата горючої частини коксового залишку на вході і виході відповідно; $B_{\text{лет}}^{\text{вх}}$ і $B_{\text{лет}}^{\text{вих}}$ — витрата летких на вході і виході відповідно.

Більш ранній початок горіння вугілля у випадку пальників з ТХП дозволяє забезпечити більш ефективне вигорання і, відповідно, економити паливо.

При розрахунках утворення оксидів азоту враховувалися всі три механізми: *термічний*, *паливний* і *швидкий* [8]. У перетині паливні й на виході при конфігурації з пальниками ТХП отримані нижчі показники концентрації оксидів азоту. Розраховані поля концентрацій NO (рис. 15–16, див. кольорову вклейку) підтверджують гіпотезу, що при застосуванні технології ТХП основна відмінність у процесі утворення оксидів азоту наявна у нижній частині НРЧ, де відбувається активне горіння вугілля. Для варіанту пальників з ТХП, які мають меншу температуру ядра факела та нижчу концентрацію кисню в цій зоні НРЧ, утворюється менше термічних оксидів азоту. Це підтверджено у випадку полів швидкостей утворення паливних і термічних оксидів азоту (рис. 17 і 18 відповідно, див. кольорову вклейку). Далі умови горіння вирівнюються по висоті паливні і графіки середніх концентрацій NO майже еквідистантні (криві на рис. 19), концентрація

оксидів азоту при застосуванні пальників ТХП при цьому на 10–15 % менша.

ВИСНОВКИ

Проведені розрахункові аналізи роботи паливних, обладнаної стандартними пальниками та пальниками з ТХП, дозволяють зробити такі висновки.

1. Для варіанту із застосуванням проектних пальників котла ТПП-210А за допомогою програми ANSYS FLUENT було розраховано температури та ступені вигорання у паливні для режиму 100 % навантаження, які добре узгоджуються з тепловим розрахунком з паспорту котлоагрегату;

2. Використання технології ТХП дозволяє покращити умови запалювання на виході з пальників та покращити вигорання вугільних частинок у паливні.

3. Застосування пальників з використанням термохімічної підготовки дозволяє знизити концентрацію оксидів азоту на виході з паливні на 10–15 %.

4. Для досягнення європейських норм викидів оксидів азоту для факельних котлів пальники з ТХП мають бути доповнені іншими внутрішньотопковими заходами (ступеневим спалюванням, хімічними технологіями поглинання NOx та ін.).

5. Результати розрахунків вважаємо орієнтовними через певні припущення, які були зроблені для спрощення і пришвидшення розрахунків. Подальші розрахунки (зокрема, з повнорозмірною паливнею) та результати повномасштабних випробувань мають уточнити отримані нами дані.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бабий В.И., Вербовецкий Э.Х., Артемьев Ю.П. Горелка с предварительной термоподготовкой угольной пыли для снижения образования оксидов азота. *Теплоэнергетика*. 2000. № 10. С. 33–38.
2. Корчевой Ю.П., Кукота Ю.П., Дунаевська Н.І., Нехамин М.М., Бондзик Д.Л., Дедов В.Г. Створення та підготовка до експериментальної експлуатації пілотних пальників енергетичного котлоагрегату для пи-

- лоподібного антрациту підвищеної зольності. *Наука та інновації*. 2009. Т.5. № 4. С.13–21.
3. Кукота Ю.П., Дунаєвська Н.І., Нехамін М.М., Бондзик Д.Л., Кравець П.П., Салімон М.П., Сотніков В.А., Давидович К.Г., Капустянський А.А. Промислові випробування пальника з термохімічною підготовкою на котлі ТПП-210А Трипільської ТЕС. *Енергетика та електрифікація*. 2012. № 2. С.16–23.
 4. Патент 42038, Україна, МКВ F 23 D 17/00. Спосіб факельного спалювання вугілля / Ю.П. Корчевой, Ю.П. Кукота, Н.І. Дунаєвська, Д.Л. Бондзик, М.М. Нехамін. Заявлено 12.12.2008; опубл. 25.06.2009, Бюл. № 12.
 5. *Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод)*. Издание 2-е. Под ред. Н.В. Кузнецова, В.В. Митора, И.Е. Дубровского, Э.С. Карасиной. Москва: Энергия, 1973. 295 с.
 6. *ANSYS FLUENT Theory Guide*. Документація програми ANSYS FLUENT. 2546 с.
 7. Тагер С.А. Влияние содержания золы и выхода летучих в исходном топливе на механический недожог. *Теплоэнергетика*. 1958. № 10. С. 10–16.
 8. Сигал И.Я. *Защита воздушного бассейна при сжигании топлива*. Ленинград: Недра, 1988. 312 с.

REFERENCES

1. Babyi V., Verbovetskyi E., Artem'yev Yu. Burner with preliminary TCP of the pulverized coal to reduce nitrogen oxides. *Teploenergetika (Thermal energetics)*. 2000. 10: 33–38 [in Russian].
2. Korchevoy Yu., Kukota Yu., Dunayevska N., Nekhamin M., Bondzyk D., Dedov V. Creating and preparing for experimental operation of power boiler pilot burner for pulverized anthracite with high ash content. *Nauka innov. (Science and Innovation)*. 2009. 5(4): 13–21 [in Ukrainian].
3. Kukota Yu., Dunayevska N., Nekhamin M., Bondzyk D., Kravets P., Salimon M., Sotnikov V., Davydovych K., Kapustianskyi A. Industrial tests of TCP burner at boiler TPP 210 A of Trypilska TPP. *Energetika ta elektryfikatsiia (Energetics and electrification)*. 2012. 2: 16–23 [in Ukrainian].
4. *Patent of Ukraine 42038*. Korchevoy Yu., Kukota Yu., Dunayevska N., Bondzyk D., Nekhamin M. (2009) Method of coal torch combustion [in Ukrainian].
5. *Thermal calculation of boiler units (standard method)*. 2nd edition. Edited by N.V. Kuznetsov, V.V. Mitor, I.Ye. Dubrovskii, E.S. Karasina. Moskva: Energia, 1973. 295 p. [in Russian].

6. *ANSYS FLUENT Theory Guide*. ANSYS FLUENT Manual. 2546 p.
7. Taher S.A. Effect of ash content and yield of volatile in the initial fuel to mechanical underburning. *Teploenergetika (Thermal energetics)*. 1958, 10: 10–16 [in Russian].
8. Syhal Y.Ya. *Protection of air basin during fuel combustion*. Leningrad: Nedra, 1988. 312 p. [in Russian].

N.I. Dunaevska, M.M. Nehamin, D.L. Bondzyk

Coal Energy Technology Institute, the NAS of Ukraine,
19, Andriyivska Str., Kyiv, 04070, Ukraine,
Tel. (044) 425-50-68; fax (044) 537-22-41

THE TECHNOLOGY OF NITROGEN OXIDE EMISSIONS REDUCTION AT PULVERIZED COAL BURNING

To assess the effectiveness of the influence of thermochemical preparation of anthracite on the formation of nitrogen oxides the three-dimensional numerical model of the TPP-210A boiler's furnace for standard and modified burners was created. The calculation results are shown the decrease of NO_x concentration across the height of the furnace and reduce of the unburnt coal for the modified burners in comparison with standard ones.

Keywords: nitrogen oxides, anthracite, burner, coal thermochemical preparation.

Н.И. Дунаевская, М.М. Нехамин, Д.Л. Бондзик

Институт угольных энерготехнологий НАН Украины,
ул. Андреевская, 19, Киев, 04070, Украина,
тел. (044) 425-50-68; факс (044) 537-22-41

ТЕХНОЛОГИЯ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА ПРИ ФАКЕЛЬНОМ СЖИГАНИИ УГЛЯ

Для оценки эффективности влияния термохимической подготовки антрацита на образование окислов азота была создана трехмерная числовая модель части топки котла ТПП-210А для стандартных и модифицированных горелок. Результаты расчетов показали снижение концентрации окислов азота по всей высоте топки при уменьшении степени недожога угля для модифицированных горелок по сравнению со стандартными горелками.

Ключевые слова: оксиды азота, антрацит, горелка, уголь, термохимическая подготовка.

Стаття надійшла до редакції 01.08.16