



ТОКСИЧНІ ВИКИДИ ГАЗОТРУБНИХ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРІВ АВТОНОМНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ПРИ СПАЛЮВАННІ ГАЗОПОДІБНОГО ПАЛИВА

О. В. Лук'янов

*Кафедра "Теплотехніка, теплогазопостачання і вентиляція"
Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
вул. Державіна, 2, м. Макіївка, 86123, Україна.*

Отримана 12 січня 2006; прийнята 21 лютого 2006

Анотація. В статті розглядається проблема викидів з газотрубних теплогенераторів автономних систем теплопостачання. Аналізуються характерні фактори, що впливають на утворення шкідливих викидів, рекомендуються засоби по зниженню концентрацій викидів в димових газах, що йдуть з теплогенераторів.

Ключові слова: викиди, газотрубні теплогенератори, оксиди азоту, бенз(а)пірен, коефіцієнт надлишку повітря, неповнота змішування.

ТОКСИЧНЫЕ ВЫБРОСЫ ГАЗОТРУБНЫХ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРИ СЖИГАНИИ ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА

А. В. Лукьянов

*Кафедра "Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция",
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
ул. Державина, 2, г. Макеевка, 86123, Украина.*

Получена 12 января 2006; принята 21 февраля 2006

Аннотация. В статье рассматривается проблема выбросов из газотрубных теплогенераторов автономных систем теплоснабжения. Анализируются характерные факторы, которые влияют на образование вредных выбросов, рекомендуются мероприятия по снижению концентраций выбросов в дымовых газах, которые отходят из теплогенераторов.

Ключевые слова: выбросы, газотрубные теплогенераторы, оксиды азота, бенз(а) пирен, коэффициент избытка воздуха, неполнота смешивания.

TOXIC EFFLUENTS OF GAS PIPE HEAT GENERATORS OF INDEPENDENT HEAT SUPPLY SYSTEMS UNDER GAS FUEL BURNING

A. V. Luk'yanov

*Department "Heat Gas Supply and Ventilation",
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
Derzhavin Str. 2, Makiyivka, Ukraine*

Received January 12, 2006; accepted February 21, 2006

Abstract. The problem of effluents from the gas pipe heat generators of independent heat supply systems is considered in the paper. The typical factors affecting the formation of harmful effluents are analysed, the measures on reducing effluent concentration in smoke gases passing from heat generators are recommended.

Key words: effluent, gas pipe heat generator, nitrogen oxide.

Останнім часом в Україні отримало поширення використання газотрубних теплогенераторів малої потужності для автономних систем теплопостачання. При розробці і створенні нового обладнання, що використовує органічне паливо, основними вимогами є ефективне використання палива і зниження викидів шкідливих речовин.

Зниження викидів, що утворюються в процесі горіння газоподібного палива і приводять до порушення екологічної рівноваги навколишнього середовища, має велике природоохоронне і наукове значення і може досягатися різними методами. В рамках статті розглядається, з погляду досягнення результату, зниження викидів за рахунок вдосконалення процесу спалювання природного газу в газотрубних теплогенераторах малої потужності в автономних системах теплопостачання.

Для газотрубних теплогенераторів автономних систем теплопостачання відсутні дані про склад і кількість забруднювачів в димових газах, так само, як і системи зниження викидів токсичних речовин, що може значно загострити і без того небезпечну екологічну обстановку, що склалася в Україні в даний час. Тому перед опалювально-комунальною теплоенергетикою стоїть комплексне завдання підвищення економіко-екологічної ефективності роботи теплогенераторів малої потужності, пов'язане із збільшенням

економічності спалювання палива і захистом атмосферного повітря від забруднень токсичними речовинами з продуктами згорання, що викидаються.

Дослідження виконуються відповідно до пріоритетних науково-технічних напрямів науки і техніки України "Екологічно чиста енергетика й енергозберігаючі технології" у рамках проектів по завданню Міністерства освіти і науки України "Розробка й удосконалення екотехнологічних процесів утилізації теплоти та використання нетрадиційних джерел енергії", "Створення теоретичних та технологічних засад розробки систем автономного теплопостачання".

Зниження викидів в атмосферу забруднюючих речовин з продуктами згорання палива є важливим напрямом вдосконалення опалювальної техніки і технологічних топкових процесів, розробками яких займалися ряд вчених (Р. Б. Ахметов, С. Н. Батуєв, С. П. Висоцький, В. Ф. Губар, Я. Б. Зельдович, І. Я. Сигал, Л. М. Цирульников, А. В. Шушляков та ін.).

Під час спалювання газоподібного палива викидаються в навколишнє середовище продукти згорання: вуглекислий газ (CO_2), водяна пара (H_2O), незгоріле паливо: чадний газ (CO), водень (H_2), незгорілі вуглеводи (C_mH_n) і екологічно шкідливі нормовані забруднювачі: оксиди азоту (NO_2), поліциклічні

ароматичні вуглеводи (ПАВ). Не дивлячись на різноманіття поліциклічних ароматичних вуглеводнів, що утворюються при горінні природного газу, присутність їх в продуктах згорання і повітрі оцінюється по наявності бенз(а)пірена як найбільш небезпечного інгредієнта. Якщо до складу газоподібного палива входить сірководень (H_2S), то в продуктах згорання з'являються оксиди сірки (SO_2). Найсуттєвішими з перелічених викидів є оксиди азоту і сірки.

Оксид вуглецю (СО) належить до найбільш поширених забруднювачів навколишнього середовища. Поява в продуктах згорання оксиду вуглецю пояснюється хімічним недоспалюванням (q_3). Для визначення хімічного недоспалювання при роботі теплогенераторів на природному газі автори [8] рекомендують користуватися формулою

$$q_3 = 1,6(Q_{CO} \cdot CO)(V_{C.G.} / Q_p^p) \quad (1)$$

де Q_{CO} — нижча теплота згорання СО, кДж/нм³;
 Q_p^p — наявна теплота згорання палива, кДж/нм³;
 CO — вміст СО у відхідних газах, %;
 $V_{C.G.}$ — об'єм сухих газів, нм³/нм³.

Взагалі викид СО в значній мірі залежить не стільки від потужності тепло генераторів, скільки від досконалості газопальникових пристроїв та їх налагодження [6].

Практично в продуктах згорання при оптимальному режимі горіння повинна міститися незначна кількість СО, що обумовлено дисоціацією. Концентрація СО визначається в першу чергу режимом горіння. При коефіцієнті надлишку повітря $\alpha=1,4$ досягається найбільш низька концентрація СО в димових газах. У той же час від значення коефіцієнту надлишку повітря залежить втрата теплогенераторами теплоти з відхідними газами q_2 , тобто для мінімізації втрат теплоти коефіцієнт надлишку повітря повинен бути меншим. При $\alpha=1,02-1,03$ досягаються найменші втрати теплоти з відхідними газами [9].

Проте викиди СО теплогенераторами, особливо опалювальних котелень, які знаходяться в житлових масивах, повинні жорстко контролюватися, тому що димові факели котелень можуть попадати у вікна житлових приміщень.

Для котелень, що розміщуються в житлових масивах, а саме такі котельні обладнуються сучасними газотрубними теплогенераторами,

норму викидів СО рекомендується встановити на рівні 50 мг/м³ [6].

Основні джерела утворення бенз(а)пірена пов'язані з технологічними процесами, причому більше половини емісії припадає на виробництво теплової енергії комунальними котельними.

З аналізу механізму утворення бенз(а)пірена [2, 3] виходить, що чинниками, які впливають на величину концентрації цього компонента в продуктах згорання, є рівень температури, вміст кисню і час перебування початкових компонентів в зоні горіння. Із зростанням вмісту кисню, підвищенням температури і збільшенням часу перебування початкових компонентів реакції в зоні горіння вміст бенз(а)пірена знижуватиметься, а із зменшенням — спостерігається протилежний ефект.

Одним із способів екологічно безпечного спалювання газоподібного палива є завершення окислення вуглеводневого палива до початку прямого контакту з середовищем, що обігрівається. Цього можна досягти при спалюванні наперед підготовлених гомогенних сумішей [1].

При спалюванні природного газу в теплогенераторах токсичність викидів в атмосферу майже цілком залежить від вмісту в газах оксидів азоту.

Основними чинниками утворення оксидів азоту NO_x є високотемпературні процеси, особливо в токових камерах теплогенераторів, і коефіцієнт надлишку повітря " α ". Саме підвищення температури горіння спричиняє перевищення концентрації NO_x у викидах теплогенераторів у порівнянні з нормативними. Залежність концентрації NO_x від " α " носить екстремальний характер [7].

При створенні сучасної котельної техніки, яка працює на природному газі, для дотримання жорстких вимог щодо токсичних викидів передусім треба знаходити шляхи зниження викидів оксидів азоту NO_x як основного забруднювача атмосфери.

З метою зменшення утворення оксидів азоту NO_x використовується рециркуляція продуктів згорання до паливо-повітряної суміші, що подається в топку тепло генератора. Вплив рециркуляції на вихід оксидів азоту NO_x пояснюється дією декількох факторів: а) зниженням максимальної температури у зоні горіння через

розбавлення охолодженими продуктами згорання; б) зниженням концентрацій речовин, що реагують, через розбавлення продуктами згорання [9].

Проте введення рециркуляційних газів призводить до зниження ККД теплогенераторів через збільшення обсягів газів і підвищення температури газів, що йдуть, за теплогенератором.

Майже всі методи зниження викидів азоту в топках теплогенераторів пов'язані із зниженням максимальної температури у факелі і збільшенням довжини факела. Тому в теплогенераторах, де застосовувалися засоби стримування оксидів азоту, можливо збільшення СО.

Питанню визначення інтенсивності емісії оксидів азоту присвячена досить велика кількість досліджень, але всі вони пов'язані з роботою енергетичних теплогенераторів, теплова потужність яких перевищує 100 МВт. У той же час дослідження на газотрубних теплогенераторах автономних систем теплопостачання практично не проводилися.

Аналіз стану питання викиду з теплогенераторів показав, що одні й ті ж чинники роблять абсолютно протилежний вплив на вихід з димовими газами вищенаведених токсичних речовин. Тому виникає необхідність у визначенні компромісного рішення при регламентації технологічних параметрів топкового процесу, від яких залежать вищезгадані чинники.

В цій роботі завданнями дослідження є визначення впливу технологічних параметрів на енергетичну ефективність газотрубних теплогенераторів автономних систем теплопостачання, концентрацію викидів токсичних речовин в топковому просторі і розробка засобів зниження токсичних речовин у викидах цих теплогенераторів.

Аналіз розглянутих механізмів утворення оксидів азоту при дослідженні сучасних газотрубних теплогенераторів дозволив виділити наступні визначальні фактори, що забезпечують мінімальну генерацію оксидів азоту в топках: коефіцієнт надлишку повітря в топковій камері, ступінь попереднього змішування природного газу з повітрям у пальнику, турбулізацію факела за рахунок завихрення газоповітряного потоку, а також відносна теплова потужність теплогенератора.

У сучасних газотрубних теплогенераторах спалювання природного газу організується при

коефіцієнті надлишку повітря в топці в межах $\alpha_t = 1,05..1,25$, що в основному диктується вимогами економічності.

Отримані дані досліджень свідчать про односторонній вплив на рівень емісії NO_x коефіцієнта надлишку повітря в топковому просторі, який виконано у вигляді жарової труби, газотрубних теплогенераторів. Визначальним фактором інтенсивності утворення оксидів азоту NO_x є концентрація фіксованого азоту-радикала й кисню в реактивній зоні [4].

Важливий вплив на концентрацію оксидів азоту NO_x у відхідних газах теплогенераторів має ступінь неповноти змішування палива (ξ) з повітрям, яке подається на горіння. Параметр неповноти змішування характеризує нерівномірність розподілу концентрацій газу в повітряному потоці, що надходить в топкову камеру.

На рисунку 1 [8] представлена залежність виходу NO_x від неповноти змішування газу з повітрям (ξ) і коефіцієнта надлишку повітря α_t при теплонарузі $Q=800$ кВт/м³, характерної для теплогенератора КВ-ГМ-1,6-95СН [5].

З рис. 1 видно, що при різних значеннях коефіцієнта надлишку повітря має місце однакова якісна залежність NO_x від ξ , що характеризується підвищенням емісії оксидів азоту з поліпшенням якості змішування. При зміні ξ від 0,2 до 0 має місце підвищення інтенсифікація процесу згорання газу з одночасним погіршенням тепловіддачі від факела через зменшення його світності, що приводить до підвищення температури факела.

Відповідно до термічної теорії утворення оксидів азоту у цьому випадку різко збільшується концентрація NO_x у продуктах згорання палива.

Зі збільшенням коефіцієнта надлишку повітря зростає й концентрація NO_x , а найбільш істотне підвищення має місце при зміні α_t від 1,05 до 1,1. Ця зміна при $\xi=0$ в 2,5 рази більша, ніж при $\xi=0,8$, що пояснюється зменшенням надходження кисню в місце активного горіння у випадку незначного попереднього змішування газу з повітрям у пальнику. З поліпшенням попереднього змішування все більша кількість кисню надходить безпосередньо в зону горіння, що сприяє збільшенню емісії NO_x . При збільшенні α_t більше 1,1 починає знижуватися температура

факела в результаті витрати теплоти на нагрівання надлишкового повітря, що приводить до зниження росту концентрації NO_x .

Таким чином, в області незначного змішування газу з повітрям у пальнику значення концентрації NO_x зростає зі збільшенням коефіцієнта надлишку повітря, а при поліпшенні якості попереднього змішування максимальна концентрація оксидів азоту переміщується в область значень α_t нижче 1,10.

Вплив останнього фактора повинен узгоджуватися зі збільшенням довжини факела при погіршенні ступеня змішування газу з повітрям, що неминуче приводить до збільшення довжини топкової камери.

Аналіз отриманих даних свідчить про неоднозначність і складність процесів, що відбуваються в структурі газового факела, про що свідчить той факт, що інтенсивність генерації NO_x при роботі одного й того ж теплогенератора може відрізнятися в залежності від конструкції газопальникових пристроїв. Так, заміна прямотокового пальника в теплогенераторі КВ-ГМ-1,6-95СН на вихоровий підвищило концентрацію NO_x у димових газах при $\alpha_t = 1,05$ з 68 до 85 мг/м^3 , тобто на 20% [5].

Вплив турбулентності потоку газоповітряної суміші на вихід NO_x подано на рисунку 2 [9].

Результати досліджень показують, що збільшення кута установки лопаток завихорувача (ϕ) приводить до зростання концентрації NO_x у газах.

При $\xi = 0,8$ це збільшення є максимальним і практично нівелюється при $\xi < 0,2$. Це пояснюється тим, що закручування газоповітряного потоку, збільшуючи турбулентність у факелі, усуває при $\xi > 0,2$ вихідну нерівномірність розподілу природного газу в потоці повітря.

Збільшення кута установки лопаток завихорувача пальника приводить до істотного скорочення довжини факела, що обумовлює можливість зменшення довжини топкової камери.

Аналіз результатів проведених досліджень показує, що при роботі газотрубних теплогенераторів на номінальній потужності основними визначальними параметрами на вихід NO_x із продуктами згорання є коефіцієнт надлишку повітря в топці, кут установки лопаток завихорувача пальника і неповнота змішування газу з повітрям.

На основі розглянутих схем для забезпечення мінімального виходу бенз(а)пірена процес спалювання палива в топкових камерах газотрубних теплогенераторів необхідно організовувати без недоліку кисню в локальних зонах факела і при підвищеному рівні температур.

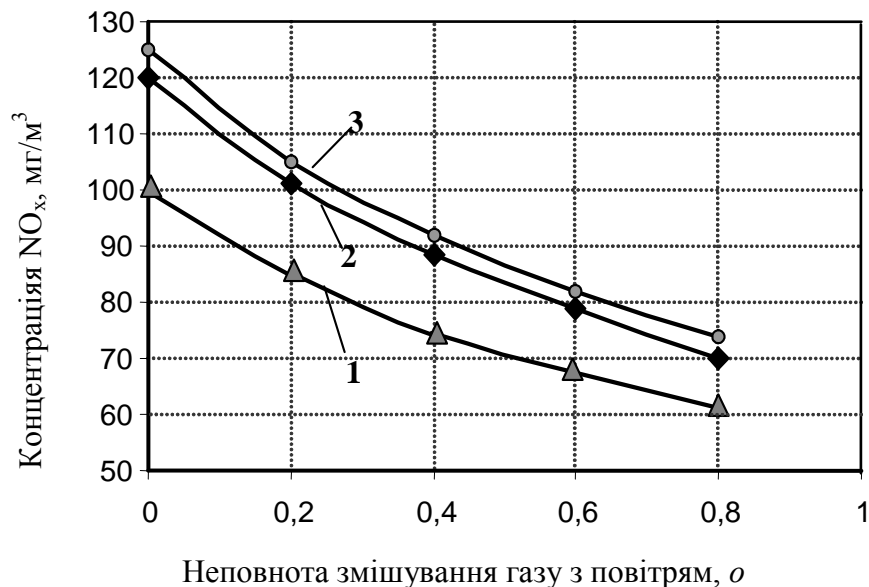


Рисунок 1. Залежність концентрації NO_x в продуктах згорання палива від неповноти змішування газу з повітрям ϕ у пальнику: 1 — $\alpha_t = 1,05$; 2 — $\alpha_t = 1,10$; 3 — $\alpha_t = 1,25$

Дослідження виходу бенз(а)пірена з продуктів згорання залежно від неповноти змішування газу з повітрям в пальнику при різних значеннях коефіцієнта надлишку повітря α_t проводилися при тепловій напрузі топкового об'єму $Q_V = 300 \text{ кВт/м}^3$.

Вплив неповноти змішування газу з повітрям на вміст бенз(а)пірена в димових газах має однаковий характер при всіх значеннях коефіцієнта надлишку повітря (рис.3) [3].

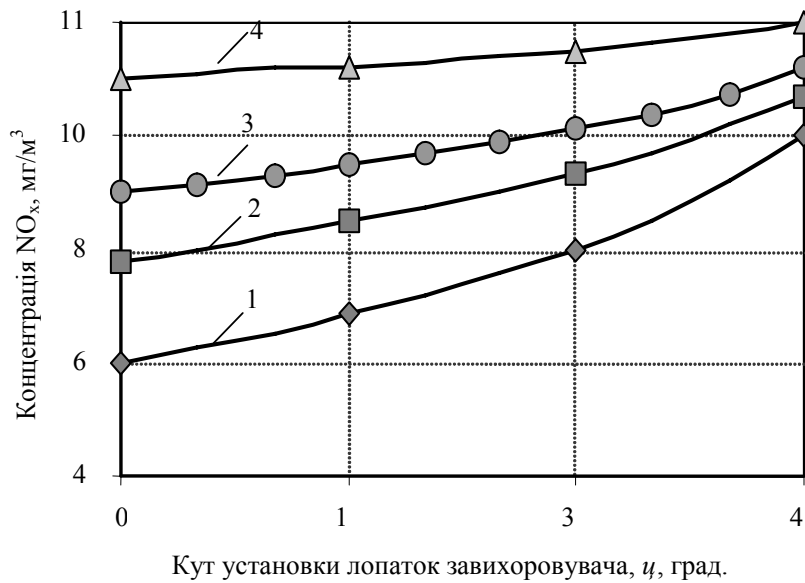


Рисунок 2. Залежність концентрації NO_x у продуктах згорання від кута установки лопаток завихорувача: 1 – $\alpha_t=0,8$; 2 – $\alpha_t=0,4$; 3 – $\alpha_t=0,2$; 4 – $\alpha_t=0$

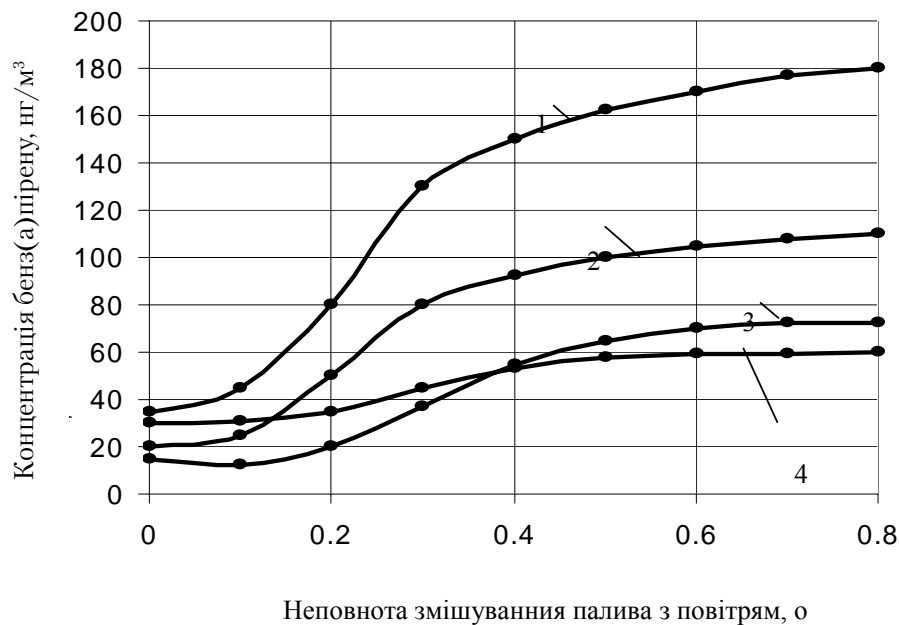


Рисунок 3. Залежність концентрації бенз(а)пірену в продуктах згорання від неповноти змішування палива з повітрям в пальнику при різних коефіцієнтах надлишку повітря: 1 – $\alpha_t=1,03$; 2 – $\alpha_t=1,1$; 3 – $\alpha_t=1,2$; 4 – $\alpha_t=1,3$

Із зміною ξ від 0,8 до 0,4 концентрація бенз(а)-пірена зменшується в середньому на 20 %. На ділянці графіка при ξ від 0,4 до 0,2 відбувається зниження виходу бенз(а)пірена на 70-75 % від максимальної кількості. Зниження виходу бенз(а)пірена з продуктами згорання при цьому пояснюється скороченням локальних зон горіння з нестачею кисню, де відбувається піроліз палива і утворення продуктів неповного горіння.

Поліпшення змішування від $\xi=0,2$ до $\xi=0$, не дивлячись на підвищення інтенсивності вигорання палива і зростання температури, не привело до помітного зменшення концентрації бенз(а)-пірена в продуктах згорання.

Зміна концентрації бенз(а)пірена в продуктах згорання залежно від коефіцієнта надлишку повітря α_t для різних значень ξ неоднаково. Так, при $\xi=0,4-0,8$ із збільшенням α_t концентрація бенз(а)пірена незмінно зменшується, а в діапазоні $\xi=0-0,4$ збільшення α_t більше 1,2 приводить до підвищення вмісту бенз(а)пірена в продуктах згорання. При незначному попередньому змішанні газу з повітрям в пальнику зменшення виходу бенз(а) пірена із збільшенням α_t аж до 1,3 пояснюється тим, що надходження повітря до фронту полум'я ускладнене і відбувається ступінчасто. Не дивлячись на значну кількість надмірного повітря, що йде через пальник, збільшення концентрації кисню у фронті полум'я відбувається поволі. При повному змішуванні практично все повітря надходить в зону горіння. При цьому до $\alpha_t=1,1-1,2$ процес горіння інтенсифікувався, а з $\alpha_t>1,2$ в результаті зниження температури відбувається погіршення процесу вигорання палива. Затягування процесу вигорання метану (CH_4) сприяє збільшенню виходу бенз(а) пірена, оскільки останній є продуктом піролізу метану.

Поліпшення змішування палива і повітря дозволяє інтенсифікувати процес горіння і за рахунок виключення, в деякій мірі крекінгу вуглеводнів, який властивий недостатньо підготовленій суміші, і відбувається зниження емісії бенз(а)пірена.

Враховуючи те, що за даними роботи [10] при зменшенні недовноти змішування нижче 0,2 відбувається різкий приріст концентрації в продуктах згорання оксидів азоту (NO_x), на практиці доцільно підтримувати якість змішування палива з повітрям на рівні $\xi=0,2$.

Найбільш доступним методом зниження виходу бенз(а)пірена є збільшення коефіцієнта надлишку повітря, але при цьому ступінь змішування газу з повітрям залежить від конструкції пальників і топкових камер.

Визначальним способом екологічно безпечного спалювання природного газу є завершення окислення палива до початку прямого контакту факела зі стінкою, яка обігривається, що досягається шляхом організації згорання наперед підготовлених гомогенних паливоповітряних сумішей. В значній мірі швидкість утворення суміші залежить від характеру руху газу і повітря, а також ступеня турбулентності потоку.

Для турбулізації газоповітряного потоку використовувалася аксіальний завихорювач, який встановлюється на зрізі пальника. Конструкція завихорювача дозволяє регулювати кут установки лопаток (ϕ) в межах від 0° до 45° .

На рис. 4 [5] показано вплив кута установки аксіального завихорювача на концентрацію бенз(а)пірена в продуктах згорання при $\alpha_t=1,1$ і $Q_v=300$ кВт/м³.

Дані досліджень показують, що збільшення кута установлення лопаток аксіального завихорювача призводить до зниження концентрації бенз(а)пірена.

На підставі аналізу механізмів і умов утворення токсичних речовин при спалюванні в топках газотрубних теплогенераторів природного газу експериментально визначені залежності інтенсивності їх емісії від основних технологічних чинників: ступеня перемішування природного газу і повітря, коефіцієнта надлишку повітря в топці, кута установки завихорювача в пальнику.

Проте технологічні заходи, направлені на підвищення екологічності спалювання газу, не забезпечують одночасного зниження вмісту шкідливих речовин різного класу в продуктах згорання. Різноплановий характер заходів, що сприяють підвищенню теплотехнічних показників і зниженню викидів шкідливих інгредієнтів окремих класів, припускає визначення у кожному випадку оптимального режиму спалювання палива з урахуванням економічних і екологічних показників роботи теплогенераторів. Досягнення вказаного завдання можливо шляхом визначення технологічних параметрів, що дозволяють здійснити регулювання процесу

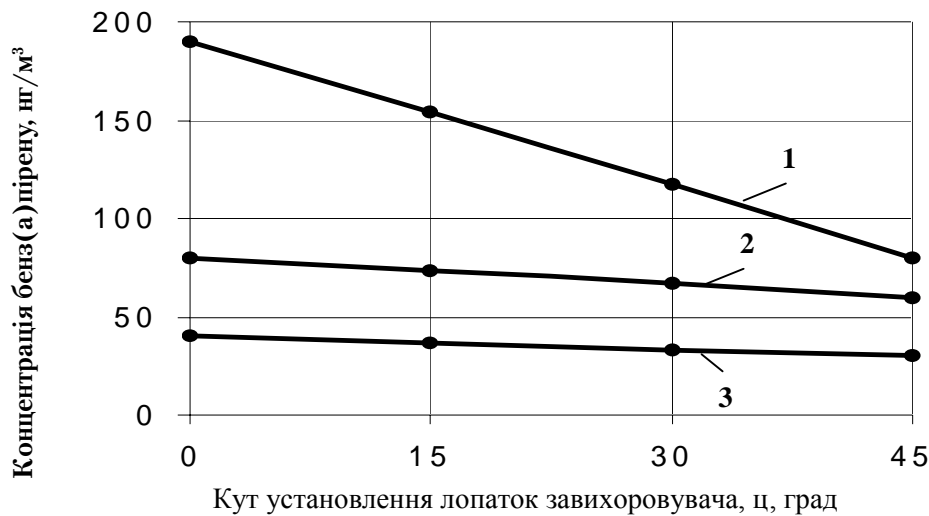


Рисунок 4. Вплив кута установлення лопаток аксіального завихорувача на вміст бенз(а)пірену в продуктах згоряння 1 — $\xi=0,8$; 2 — $\xi=0,2$; 3 — $\xi=0,0$

спалювання палива в широких межах і встановити зв'язок теплотехнічних характеристик факела з вмістом шкідливих речовин різного класу в продуктах згоряння.

Література

1. Сигал И.Я., Смихула А.В. Выброс СО при сжигании природного газа а топках котлов // Экотехнологии и ресурсосбережение, 2003.- №4. - С. 40 - 43.
2. Котляр В.Р., Васильев Б.Н., Кругляк Е.Д. Уменьшение выбросов оксидов азота за счет ступенчатого сжигания топлива в промышленных паровых котлах // Пром. Энергетика. - 1996. - №1. - С. 38 - 42.
3. Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива.- Л.: Недра, 1988. - 313 с.
4. Ахметов Р.Б., Цирульников Л.М. Технология сжигания горючих газов и жидких топлив. - Л.: Недра, 1984. - 238 с.
5. Гевлич И.Г., Губарь В.Ф., Губарь И.В. Влияние технологических параметров жаротрубных теплогенераторов на выбросы бенз(а)пирена с дымовыми газами // Інженерні системи та техногенна безпека в будівництві. Вісник ДонДАБА. - 2003. - № 4(41). - С. 99-101.
6. Акучев С.В., Матвеев С.Г. Влияние подготовки топливно-воздушной смеси на образование углеводородов при сжигании газообразных топлив // Теплоэнергетика. - 1990. - № 6.- С. 24-26.
7. Любчик Г.Н., Варламов Г.Б., Сердюк С.Д. Миколлин Г.А., Трубецкий Е.А. Воздействие коэффициента избытка воздуха, производительности и нагрузки котла на показатели эмиссии оксидов азота // Энергетика: экономика, технологии, экология.-2002.-№ 1.-С. 48-54.
8. Губарь С.А. Выбросы оксидов азота отопительными котлоагрегатами малой мощности // Коммунальное хозяйство городов. Научно-технический сборник. Серия: Технические науки. Вып. 42.-К.: Техніка. 2002.-С.136-138
9. Губарь С.А. Влияние технологических факторов работы жаротрубных теплогенераторов малой мощности на выход оксидов азота с продуктами сгорания // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.-2002.-№6(52). - С.198-201.
10. Цирульников Л.М. Пути уменьшения образования токсичных и агрессивных продуктов сгорания природного газа и мазута // Использование газа в народном хозяйстве. - М.: ВНИИЭГАЗПРОМ, 1980. - С. 36-50.

Лук'янов Олександр Васильович є доцентом кафедри "Теплотехніка, теплогазопостачання і вентиляція", начальником навчальної частини Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Коло наукових інтересів: Оптимізація роботи жаротрубних теплогенераторів локальних систем тепlopостачання

Лукьянов Александр Васильевич является доцентом кафедры "Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция", начальником учебной части Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Круг научных интересов: Оптимизация работы жаротрубных теплогенераторов локальных систем теплоснабжения

Luk'yanov Alexander Vasil'evich is the associate professor of "Warmly- technique, warmly-gas-supply and ventilation" department, the chief of educational part of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Circle of scientific interests: Work`s optimization of caldrons with the heats pipes of the in-plants systems of supply by a heat