

УДК 62-1

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ПАЛЬНИКОВОГО ПРИСТРОЮ НА ОСНОВІ СТРУМЕНЕВО-НІШОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ СПАЛЮВАННЯ ГАЗУ З ЕКОЛОГІЧНИМИ АСПЕКТАМИ РОБОТИ ВОГНЕТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Абдулін М.З., канд. техн. наук, Горбань К.С., Сірий О.А., канд. техн. наук

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», вул. Політехнічна, 6, м. Київ, 02000, Україна

<https://doi.org/10.31472/ttpe.3.2019.9>

Наведено результати теоретичних досліджень екологічних характеристик вогнетехнічних об'єктів та їх взаємозв'язку з робочим процесом пальникового пристрою. Представлено результати практичного використання новітніх пальникових пристроїв на основі струменево-нішової технології спалювання газового палива для модернізації установок муніципальної енергетики з метою підвищення ефективності та екологічності вогнетехнічних об'єктів та процесу генерації енергії в цілому

Приведены результаты теоретических исследований экологических характеристик огнетехнических объектов и их взаимосвязи с рабочим процессом горелочного устройства. Представлены результаты практического использования новейших горелочных устройств на основе струйно-нишевой технологии сжигания газового топлива для модернизации установок муниципальной энергетики с целью повышения эффективности и экологичности огнетехнических объектов и процесса генерации энергии в целом.

The results of theoretical studies of the environmental characteristics of fire-engineering objects and their interrelation with the working process of the burner device are presented. The results of practical use of the new burner devices based on the stream-niche technology of gas fuel combustion for modernization of municipal power engineering are presented. The data are shown in order to increase the efficiency and reduce the environmental influence of engineering gas burning objects and the process of generating energy in general

Бібл. 10, табл. 2, рис. 2.

Ключові слова: екологічність, ефективність, еко-аспекти сучасні технології, вогнетехнічний об'єкт, пальниковий пристрій, струменево-нішова технологія.

ЄС – Європейський союз;
 ПП – пальниковий пристрій;
 ВО – вогнетехнічний об'єкт;
 NO_x – оксиди азоту;
 CO_x – оксиди вуглецю;
 БП – бензпирени;
 $\alpha_{\text{кр}}$ – критичний коефіцієнт надлишку повітря;

$\Delta P_{\text{r}}^{\text{min}}$ – мінімальний тиск по газовому тракту;
 $\Delta P_{\text{o}}^{\text{min}}$ – мінімальний тиск по тракту окисника;
 $\Delta P_{\text{сум}}^{\text{min}}$ – тиск газо-повітряної суміші;
 $T_{\text{середов}}$ – температура в топковому середовищі;
 $K_{\text{р}}$ – коефіцієнт робочого регулювання;
 C – концентрація газу в паливно-окисній суміші,
 ККД – коефіцієнт корисної дії.

Еволюція людства на сьогоднішній день характеризується високою інтенсивністю його розвитку. І з кожним днем даний процес вимагає все більше енергії. Як наслідок, саме енергетична галузь та генерація енергії є основою та рушієм прогресу планети. Проте, чим більші потужності експлуатуються, тим більше проявляється негативний антропогенний вплив на довкілля. У зв'язку з цим, ще у 80-х роках 20-ого сторіччя радою більшості країн планети було узгоджено нову концепцію життя на Землі, яка має на меті сталий розвиток усіх аспектів існування зі збереженням природи та довкілля для свої нащадків у стані, придатному для нормального життя. Концепція сталого розвитку базується на розгляді кожного питання у будь-якій галузі з точки зору основних аспектів: економічного, екологічного та соціального.

На жаль, підсумки показали, що з моменту прийняття нових правил життєдіяльності, практично реалізованих заходів для їх реалізації впроваджено не так багато. [1]

Як наслідок, затверджено значну кількість документів для регулювання різних сфер діяльності, в тому числі і енергетичну. Зараз в Україні діють Енергетичні стратегії до 2030 та 2035, котрі враховують директиви ЄС (75/2010 та 80/2001), а також постійно піддаються правкам по мірі змін внутрішньодержавної ситуації, європейських та світових тенденцій. [2]

На сьогоднішній день Україна не здатна відразу і повністю забезпечити відповідність актуальним світовим нормативам, так як парк енергетичного обладнання застарів і потребує фундаментальних модернізаційних та реконструкційних робіт. Ще одна

з проблем державної енергетики це стан паливного комплексу. Вугілля тривалий час було стабільною основою паливно-енергетичного комплексу країни. Але продукти його згорання мають високу токсичність, до того ж, через військові дії на Донбасі, де розташовані найбільші запаси цього палива, видобуток дуже ускладнюється. [3] Рідкого палива за мало і воно також токсичне. Відновлювана енергетика тільки почала розвивається і набирає потужностей. З урахуванням даних фактів Україна опинилася в критичній ситуації, один із варіантів вирішення якої може бути газ. Тому багато розвинених країн орієнтуються на газ через його екологічність у порівнянні з іншими органічними паливами. Наприклад в державних енергетичних стратегіях Німеччини та Китаю, де вугілля є основою енергетики, фігурує намір максимального заміщення цього палива у зв'язку з екологічними проблемами та пов'язаними з цим різким погіршенням умови життя. [4]

Світові запаси блакитного палива та кількість його різновидів, за оцінкою експертів, є достатньою для покриття значної частки енергетичного комплексу ще на сотні років: природний газ 180 трильйонів м³, сланцевий 230 трильйонів м³, газогідрати 20 тисяч трильйонів м³. [5] Вітчизняних запасів цього палива теж немало, їх би вистачило для покриття потреб муніципальної енергетики, але газодобувна галузь розвивається дуже повільно.

Газ є найбільш безпечним у порівнянні з іншими органічними енергоресурсами з точки зору екологічності, проте для його спалювання необхідно забезпечити необхідні умови, котрі знаходяться у вузьких діапазонах фізико-хімічних констант: швидкість поширення полум'я 0,5 м/с, горюча концентрація палива в газо-повітряній суміші 5-15%, температура займання 650-750 °С.

Ефективність спалювання палива у сучасному розумінні є комплексним поняттям, яке містить у собі не лише економічну, а і екологічну складову, надійність роботи вогнетехнічним об'єктом (ВО), якість вихідного продукту, безпека робочого персоналу та населення поряд з ВО, згідно основи концепції сталого розвитку. Використання гідротермохімічного підходу [6] дозволяє забезпечити ефективність ВО, наприклад енергетичних та водогрійних котлів, що використовуються в комунальній енергетиці. Такий підхід передбачає раціональність робочого процесу паливкового пристрою (ПП) на всіх етапах: розподіл та підготовка газо-повітряної суміші та подача її в зону горіння, спалювання палива та отримання продуктів згорання необхідної якості, відповідні параметри відхідних газів. Тобто саме робочий процес ПП, а від так, і котельних агрегатів займає найбільшу частку в загальному впливі енергетичного об'єкта на

екологічну безпеку, яка, на сьогодні, є першочерговим показником при оцінці енергогенеруючої системи.

Як відомо, екологічні аспекти поділяються на фізичні (теплове забруднення, випромінювання, шум та вібрація) та хімічні (тверді частинки, бензпирени, оксиди азоту, оксиди вуглецю, оксиди сірки та ін.) [7]. При роботі ВО на природному газі до уваги беруться лише теплове, шумове, вібраційне забруднення, оксиди азоту NO_x, оксиди CO_x, бензпирени БП. БП на порядки токсичніший за решту елементів, проте прямим виміром, як от оксиди азоту та вуглецю не піддається (через високу вартість та складність вимірювань), може відстежуватися за рівнем емісії CO_x, які, до того ж, оберненопропорційні виходу NO_x. При цьому, азот розпадається до атомарного і зв'язується в оксид лише при високих температурах (температура в топці під час спалювання газу перевищує 2000 °С), а також хімічні показники залежать від аеродинамічної структури течії, яка при поганій організації призводить до появи «паразитних» вихорів, які є джерелом пульсацій, котрі, у свою чергу, породжують шум та вібрацію. Тобто, саме шляхом комплексного підходу до контролю та регулювання робочого процесу ПП можна досягти високої ефективності енергогенерації процесу.

Треба відмітити, що підвищенню ефективності також сприяє використання сучасного обладнання: пальників, контактних водонагрівачів, вогнетривких ізолюючих матеріалів, автоматики, ін. (табл.1). Як видно з таблиці 1, саме паливковий пристрій (ПП) одночасно позитивно впливає на всі аспекти роботи ВО.

Серед усіх існуючих ПП виділяються прямооточні пристрої, що реалізують струменево-нішову технологію спалювання газового палива. Дана система реалізується за рахунок рівномірної роздачі струменів газу в набігаючому потоці окисника та організації ними стійких контрольованих вихрових структур за рахунок взаємодії течії та ближнього сліду за струменем в нішовій порожнині (рис.1) [8].

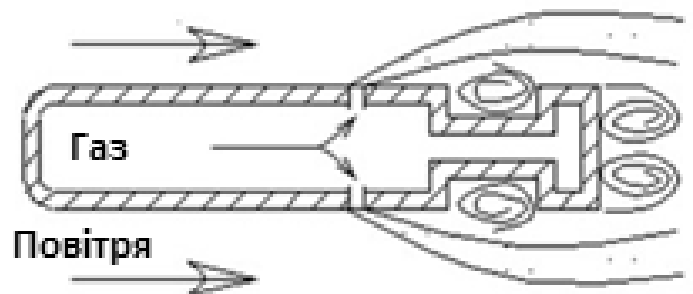


Рис. 1. Схема СНТ.

Табл. 1. Вплив використання нового обладнання на процес енергогенерації

	Економія газу	Економія електричної енергії	Екологічний вплив	Надійність
Утилізатори теплоти	↑	↓	—	↓
Контактні водонагрівачі	↑	↓	↑	↓
Частотні перетворювачі		↑	—	↑
Вогнетривкі та теп. ізоляційні матеріали	↑	—	—	↑
Автоматика	—	↓	—	↑
Пальникові пристрої	↑	↑	↑	↑

Табл. 2 Взаємозв'язок робочих процесів ПП, характеристик їх та екологічних аспектів ВО

№	Робочий процес	Характеристики процесу (об'єкта)	Екологічні аспекти		
1	Роздача палива в потоці окисника	$\Delta P_r^{\min}, \Delta P_o^{\min}$, вигорання	Шум, вібрація, NO_x , CO_x , БП		
2	Сумішоутворення	$\Delta P_{\text{сум}}^{\min}$, пульсації, тиски вигорання палива	Шум, вібрація, NO_x , CO_x , БП		
3	Займання паливної суміші	$T_{\text{середов}}^*$, вигорання, K_p , тепловий «удар», хлопок	Теплове забруднення, NO_x , CO_x , БП		
4	Стабілізація полум'я	$\Delta P_{\text{пуск}}^*$, $T_{\text{середов}}^*$, K_p , пульсації тиску	Шум, вібрація		
5	Вигорання палива	$T_{\text{середов}}^*$, C (концентрації), ККД	Теплове забруднення, NO_x , CO_x , БП		
6	Поля	6.1 концентрацій	Вигорання, витрата палива, ККД, якість відхідних газів, якість продукту	—	NO_x , CO_x , БП
		6.2 швидкостей		Шум, вібрація	
		6.3 температур		Теплове забруднення	

ППСНТ дозволяють реалізувати гідротермохімічний підхід, який має значний вплив на екологічні показники топкового простору. Механізм цього впливу полягає у: 1) покращенні сумішеутворення (за рахунок раціонального розподілу пального в потоці окисника та інтенсифікації турбулізації в компактному вихровому струмені) призводить до зменшення емісії CO_x , БП; 2) можливості зменшення критичного коефіцієнта надлишку повітря ($\alpha_{кр} \rightarrow 1$) при високій степені рівномірності паливної суміші, що призводить до зменшення NO_x ; 3) зменшенні аеродинамічного опору по трактам пального та окисника (за рахунок розподілу в ПП), що призводить до зменшення рівня шуму та вібрації.

Фізико-хімічні процеси, що протікають в пальниках при спалюванні та трансформації енергії палива є найбільш складними. Також екологічні показники ВО тісно пов'язані з ПП. Робочі процеси ПП, а відтак і ВО, можна розглядати на трьох рівнях: модуль ПП ВО (з урахуванням модульності ПП). Як показує практика, модуль ПП на основі СНТ замикає на собі усі аспекти робочого процесу, що дозволяє відслідковувати та ре-

гулювати усі етапи робочого процесу спалювання газу комплексно, в тому числі і екологічні. Основні робочі процеси та їх зв'язок з характеристиками ВО і екоаспектами наведені в таблиці 2.

При роздачі палива системою струменів в потоці окисника, що набігає найбільш вагомими характеристиками процесу є показники тиску по трактах повітря та газу і вигорання палива. Підведення палива та окисника супроводжуються аеродинамічними втратами місцевими та на тертя. Саме на покриття втрат витрачається більша частина потужності тяго-дутьових установок. Подолання опорів ПП по тракту окисника та палива, в даному випадку, це витрата корисного напору вентилятора, а відтак і затрати економічні на придбання більш потужних установок. Ці витрати супроводжуються акустичними проявами, а саме шумом та вібрацією, які відносяться до фізичних показників економічності. На хімічному рівні роздача палива в потоці окисника через вплив на вигорання пов'язана з утворенням в топковому об'ємі оксидів вуглецю CO_x та бензпиренів, а з урахуванням високих температур в ядрі горіння, ще

і оксидів азоту NO_x . Таким чином, робочий процес ПП суттєво впливає на всі основні екологічні аспекти ВО, які підлягають нормуванню та штрафам.

З цими ж екологічними показниками, як для роздачі, пов'язане сумішоутворення, оскільки являється результуючим процесом. Утворення суміші повітря-газ безпосередньо впливає на вигорання її, оскільки саме перемішування та рівномірність розподілу газу в об'ємі окисника дозволяють під дією температури забезпечити максимально ефективне застосування палива, а отже і його економію (при підвищенні якості суміші у порівнянні з попередніми показниками). Крім того, рівномірний розподіл газу в окиснику дозволяє знизити надлишок повітря, критичний коефіцієнт надлишку повітря та емісію NO_x .

Займання – ще один важливий робочий процес, що протікає за участі пального. Також впливає на вигорання палива, а ще на температуру в топковому просторі, що, до всіх вище перелічених еко-аспектів, додає температурне забруднення (фізичний фактор екологічності). Останній являє собою перехід температури від робочого середовища у довкілля з втратами по тракту за рахунок недостатньої ізоляції і з відхідними газами. Даний показник на сьогодні в Україні практично не враховується, проте у світі, як значний фактор сприяння глобальному потеплінню, відіграє значну роль при моніторингу промислових та енергетичних об'єктів. Займання також впливає на коефіцієнт робочого регулювання, котрий характеризує здатність роботи на часткових режимах, які є звичними для муніципальної енергетики. Для ПП

СНТ цей коефіцієнт знаходиться в широкому діапазоні і дозволяє забезпечувати високу ефективність процесу в усьому діапазоні навантажень (рис.2) [6].

Стабілізація полум'я є дуже вагомим етапом усього робочого процесу ВО і характеризується такими показниками, як тиск газу при пуску установки, коефіцієнт робочого регулювання пального, температури в топці та пульсації в об'ємі горіння. Стабілізація полум'я впливає на формування факела та аеродинамічні показники в топковій камері. Тому, даний процес, перш за все, пов'язаний з шумом та вібрацією. Утворення шкідливих вихорів в топковому просторі, що є ознакою неефективної організації аеродинаміки, призводить до появи пульсацій, а отже, як наслідок, вібрацій та шуму. Варто зауважити, що зниження шумових показників на підприємстві дозволяє підвищити працездатність та знизити негативний вплив на стан здоров'я персоналу (у зв'язку з цим виплати по шкідливості роботи теж знижуються).

У процесі вигорання палива значну роль грають температура в топці, концентрація палива у співвідношенні з окисником в об'ємі, а також цей процес впливає на ККД котла. При цьому має місце зв'язок з усіма основними хімічними аспектами екологічності (NO_x , CO_x , Б(а)П), а також з тепловим забрудненням.

Основною задачею пального пристрою є забезпечення в топковому просторі продуктів згорання необхідної якості, що реалізується за рахунок формування полів швидкостей, концентрацій та температур продуктів згорання з відповідними значеннями.



Рис. 2. Робоче регулювання ПП при різних навантаженнях.

Характер полів також має значний вплив на роботу ВО та його економічність. Вони пов'язані з усіма основними фізичними та хімічними еко-аспектами за рахунок того, що являються результуючими усіх вище названих робочих процесів.

З практичного досвіду [9] встановлено, що застосування ПП СНТ дозволяє регулювати робочий процес ВО комплексно, при цьому дотримуючись сучасних екологічних нормативів. Серед модернізованих котли КВ-Г-7,56, ДКВР-10, ПТВМ-50 та ін. Наприклад, на котельні міста Рівне на установках ДКВР-10 при ККД 93% вдалося досягти економії газу 18% за рік, при цьому екологічні показники залишилися в нормованих діапазонах: CO не перевищував 50 мг/м³, а NO_x в середньому становив 100 мг/м³. Також досягнуто економії електроенергії на приводи тяго-дутьових машин близько 40%. До того ж робочим персоналом відмічено значне зниження шуму та більш комфортні умови роботи після модернізації. А для житомирських КВ-Г-7,56-150 заміна штатних пальників ГМГ призвела до зниження корисного напору зі 103 до 34 мм.в.ст., а цей перепад витрачався на пульсації, від так – на шум і вібрації. Згідно останніх європейських стандартів, які діють в Україні, допустимий рівень звуку знаходиться в діапазоні 80-85 дБа. Для звичних пальників це значення сягає 85 дБа, в той час як для ПП СНТ це значення не перевищує 75 дБа. Світові дослідження показали, що при зниженні рівня шуму лише на 3-5 дБа негативний вплив його знижується вдвічі, що дозволяє підвищити тривалість перебування у зоні звукового навантаження та зберегти здоров'я робітників [10].

Висновки

У світлі світового прогресу та концепції сталого розвитку, саме комплексний підхід з урахуванням економічних, екологічних та соціальних потреб суспільства у рішенні поточних проблем в енергетиці є найбільш вірними. Саме газове паливо найближчим часом може замінити інші традиційні ресурси з огляду на його екологічність у порівнянні з іншими органічними паливами та достатність запасів (від так розвинені країни, такі як Німеччина та Китай, уже активно відмовляються від вугілля). Для ВО на природному газі відслідковують теплові, шумові, вібраційні аспекти, а також емісію NO_x, CO_x, БП. Для забезпечення ефективності енергогенерації актуальним є використання сучасних технологій та підходів до цього процесу. Так, пальникові пристрої на основі струменевої технології спалювання газу, які підтримують гідротермохімічний підхід у роботі вогнетехнічного

об'єкта, дозволять комплексно відстежувати та регулювати процес переходу хімічної енергії палива у теплову на всіх етапах роботи, а модуль ПП замикає на собі всі основні функції пристрою. З практичного досвіду використання ПП СНТ виявлено тісний взаємозв'язок робочого процесу ПП та екологічних аспектів ВО. Роздача палива в потоці окисника, сумішоутворення, займання, стабілізація, вигорання, формування концентраційних, швидкісних і температурних полів у топковому об'ємі з використання ПП СНТ дозволяє покращити знизити емісію усіх шкідливих речовин та покращити теплові, шумові, вібраційні характеристики. Так, на прикладі котлів муніципальної енергетики КВ-Г-7,56, ДКВР-10 модернізація дозволила забезпечити нормативні екологічні показники, а також економію електроенергії та палива з урахуванням номінальних параметрів установок, а також роботи її в широкому діапазоні потужностей.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Світовий центр* даних з геоінформатики та сталого розвитку. ІПСА, НТУУ «КПІ». [Електронний ресурс]. Київ, 2008—15. URL: <http://wcd.org.ua/uk/sustainable-development/conception> (дата звернення 10.12.2018).
2. *Законодавство України*. [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/index> (дата звернення 07.05.2019).
3. *«Справжня ціна вугілля в умовах війни на Донбасі: погляд крізь призму прав людини»* / Д. Казанський, А. Некрасова, О. Савицький, Ю. Павлов, П. Смірнов, С. Тарабанова, Г. Янова ; за заг. ред. А. Некрасової та В. Щербаченка // ГО «Східноукраїнський центр громадських ініціатив». – Київ : Видавництво ТОВ «АРТ КНИГА», 2017. – 140 с.
4. *Факти про німеччину*. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.tatsachen-ueber-deutschland.de/uk/kategoriya/dovkillya-i-klimat/proekt-pokolinnya-perevorot-v-energetyci> (дата звернення 13.05.2019).
5. *Запасы газа: самый обширный ресурс* [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <http://tek360.rbc.ru/articles/67/#start> (дата звернення 19.12.2018).
6. *Абдулин М.З., Овсиенко И.П., Дворцин Г.Р., Жученко А.М., Кулешов Ю.А.* Оптимизация топочного процесса – путь к повышению эффективности, экологической безопасности и надежности работы котлов. Новости теплоснабжения. 2008. №4. С. 31-35
7. *Тупов В.Б.* Факторы физического воздействия ТЭС на окружающую среду: учебное пособие / 2012. С. 284.

8. *Абдулін М.З., Серый А.А.* Изотермические исследования модулей горелочных устройств на основе струйно-нишевых систем. Вісник «ХП», Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. 2013. №13. С. 81-88.

9. *Горбань К.С., Абдулін М.З., Сірий О.А.* Екологічні аспекти впливу енергетики на довкілля у світлі концепції сталого розвитку. Новітній підхід до модернізації на основі універсальної струменево-

нішової технології спалювання палива. Prospects for the development of technical sciences in EU countries and Ukraine. International scientific and practical conference. December 21-22. 2018. Wloclawek. Poland. Izdevnieciba "Baltija Publoshing". 105-108 pages.

10. *Промышленный шум* [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата звернення 04.02.2019).

INTERRELATION OF WORKING PROCESS OF THE BURNER DEVICE BASED ON STREAM-NICHE TECHNOLOGY OF GAS BURNING WITH ENVIRONMENTAL ASPECTS OF FIREENGINEERING OBJECT'S WORK

Abdulin M.Z., Horban K.S., Siryy O.A.

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute", st. Polytechnic, 6, Kiev, 02000, Ukraine.

<https://doi.org/10.31472/ttpe.3.2019.9>

In the light of world progress and the concept of sustainable development, the integrated approach, taking into account the economic, environmental and social needs of society in solving current problems in the energy sector, is the most correct. It is precisely that gas can replace other traditional resources in the near future, given its environmental friendliness compared to other organic fuels and the sufficiency of stocks (from developed countries such as Germany and China, are already actively abandoning coal). For FO on natural gas, thermal, noise, vibrational aspects, as well as emission NO_x , CO_x , BP are monitored. To ensure the efficiency of energy generation, the use of modern technologies and approaches to this process is relevant. Thus, burners based on the jet-niche gas combustion technology that support the hydrothermochemical approach in the work of the fire engineering object will allow complex monitoring and adjusting of the process of transition of the chemical fuel energy to the heat, and the BD module closes on itself all the main functions of the device. From the practical experience of the use of PP SNT revealed a close interrelation between the BD workflow and environmental aspects of FO. The distribution of fuel in the stream of oxidizer, the formation of mixtures, the ignition, stabilization, burning, formation of concentration, speed and temperature fields in the furnace volume with the use of BD SNT allows to improve the emission of all harmful substances and to improve the thermal, noise, vibration characteristics. Thus, on the example of the municipal power engineering KV-G-7,56, DKVD-10, modernization allowed to provide normative ecological indicators, as well as electricity and fuel economy, taking into account the nominal parameters of the installation, as well as its work in a wide range of capacities.

References 10, tables 2, figures 2.

Keywords: environmental aspects, efficiency, modern technologies, fire engineering object (FO), burner device (BD), stream-niche technology (SNT).

1. *World Data Center for Geoinformatics and Sustainable Development*. IPSA, NTUU "KPI". [Electronic resource]. Kyiv, 2008-15. URL: <http://wdc.org.ua/uk/sustainable-development/conception> (application date 10.12.2018).

2. *Gas reserves: the most extensive resource* [Electronic resource]. - 2015. - Resource access mode: <http://tek360.rbc.ru/articles/67/#start> (application date dated December 19, 2014).

3. *Abdulin M.Z., Ovsienko I.P., Dvortsin G.R., Zhuchenko A.M., Kuleshov Yu.A.* Optimization of the flue process is a way to increase efficiency, ecological safety and reliability of boiler operation. *Heat supply news*. 2008. №4. Pp. 31-35

4. *Tupov V.B.* Factors of the physical impact of thermal power plants on the environment: a manual / 2012. p. 284.

5. *Abdulin M.Z., Serii A.A.* Isothermal studies of modules of burner devices based on jet-niche systems. *Bulletin "KhPI", Energy and heat engineering processes and equipment*. 2013. №13. Pp. 81-88.

6. *Gorban K.S., Abdulin M.Z., Sirius O.A.* Environmental aspects of the energy impact on the environment in the light of the concept of sustainable development. The newest approach to modernization on the basis of universal jet-niche fuel combustion technology. Prospects for the development of technical sciences in EU countries and Ukraine. *International scientific and practical conference*. December 21-22? 2018. Wloclawek. Poland. Publishing company Baltija Publoshing. 105-108 pages.

7. *Industrial noise* [Electronic resource]. 2016. Resource access mode: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (application date 04.02.2019).

Отримано 19.06.2019

Received 19.06.2019