

**Розробка високоефективної та екологічно безпечної пальникової системи котлів  
комунальної енергетики**  
**Разработка высокоэффективной и экологически безопасной горелочной системы  
котлов коммунальной энергетики**  
**The development of highly efficient and environmentally friendly burner system fired  
utility power**

1. **Номер державної реєстрації:** №0113U000997, НТУУ «КПІ» 2639-п.
2. **Науковий керівник** – д.т.н., проф. Варламов Г.Б., Варламов Г.Б.,  
Varlamov Gennadiy B.
3. **Суть розробки, основні результати.**  
(укр.)

Для парових та водогрійних котлів встановлені відомі вимоги до пальникових систем, а саме: універсальність, надійність, стійкість запалювання і стабілізація фронту горіння в широких межах, забезпечення сумішоутворення заданої інтенсивності, забезпечення повноти згорання газу при мінімальному коефіцієнті надлишку повітря, ремонтпридатність, висока енерго-екологічна ефективність, незначний термін модернізації та окупності. Перераховані вимоги стали основою при розробці проекту пальникової системи для котлів комунальної енергетики. Для виконання роботи було проведено аналіз основних об'єктів комунальної енергетики київського регіону та обрано для проведення наукових досліджень котлоагрегат ПТВМ-180 ст№2 філіалу «ТЕЦ-5» ПАТ «КИЇВЕНЕРГО».

Для забезпечення високоефективної та екологічно безпечної роботи пальника за основу під час його створення було обрано трубчасту технологію газоспалювання (ТТГ), яка базується на раціональному використанні аеродинамічних ефектів течії в насадку Борда, що є основним конструктивним елементом. Вибір насадка Борда як базового елемента нової технології організації горіння вуглеводневих палив обумовлений тим, що гідравлічні і аеродинамічні характеристики такого елемента сприяють реалізації «канонічних» принципів мінімізації токсичності пальників (попереднє сумішоутворення, стадійне горіння, прямоточна аеродинамічна схема). Інтенсифікація процесу сумішоутворення і стабілізація процесу горіння відбувається за рахунок існування кільцевої циркуляційної течії (вихору-стабілізатора), яка виникає у насадку Борда.

Трубчасті модулі, як і кутові стабілізатори і пілони, утворюють так названі регулярні паливоспалюючі системи, що додають універсальності конструкції пальників. Однак, при використанні трубчастих модулів у порівнянні з плоскими стабілізаторами виникає додатковий “компоновочний” ефект, що сприяє інтенсифікації тепло-масообмінних процесів.

Особливістю ТТГ є те, що при одноструменевій подачі повітря і багатоструменевій подачі палива реалізується ефект “обволакування” газовими струменями центрального повітряного струменя. У результаті інтенсивного перемішування в прикордонному шарі повітряного струменя виникають сминаючі локальні дифузійні факели, що утворюють практично однорідну інтегральну систему факелів.

При багатомодульному виконанні пальників відсутня необхідність в установці на кожному модулі зовнішнього насадка, тому що в цьому випадку існує природна зона розділу між сусідніми модулями, яка виконує усі позитивні функції зовнішнього насадка.

Однією з особливих властивостей факельних систем на базі трубчастих модулів є їх конструктивна та технологічна простота в поєднанні з можливістю застосування різних методів сумішоутворення в тому числі: дифузійного, попереднього та комбінованого.

**(рос.)**

Для паровых и водогрейных котлов установлены известные требования к горелочным системам, а именно: универсальность, надежность, устойчивость зажигания и стабилизация фронта горения в широких пределах, обеспечение смесеобразования заданной интенсивности, обеспечение полноты сгорания газа при минимальном коэффициенте избытка воздуха, ремонтпригодность, высокая энерго-экологическая эффективность, незначительный срок модернизации и окупаемости. Перечисленные требования стали основой при разработке проекта горелочной системы для котлов коммунальной энергетики. Для выполнения работы был проведен анализ основных объектов коммунальной энергетики киевского региона и выбран для проведения научных исследований котлоагрегат ПТВМ-180 ст.№2 филиала «ТЭЦ-5» ПАО «Киевэнерго».

Для обеспечения высокоэффективной и экологически безопасной работы горелки за основу при его создании была взята трубчатая технология газосжигания (ТТГ), основанная на рациональном использовании аэродинамических эффектов течения в насадке Борда, которая является основным конструктивным элементом. Выбор насадки Борда как базового элемента новой технологии организации горения углеводородных топлив обусловлен тем, что гидравлические и аэродинамические характеристики такого элемента способствуют реализации «канонических» принципов минимизации токсичности горелок (предварительное смесеобразование, стадийное горения, прямоточная аэродинамическая схема). Интенсификация процесса смесеобразования и стабилизация процесса горения происходит за счет существования кольцевого циркуляционного течения (вихря-стабилизатора), который возникает в насадке Борда.

Трубчатые модули, как и угловые стабилизаторы и пилоны, образуют так называемые регулярные топливосжигающие системы, которые придают универсальность конструкции горелок. Однако, при использовании трубчатых модулей по сравнению с плоскими стабилизаторами возникает дополнительный "компоновочный" эффект способствующий интенсификации тепло-массообменных процессов.

Особенностью ТТГ является то, что при одноструйной подаче воздуха и многоструйной подаче топлива реализуется эффект "обволакивания" газовыми струями центральной воздушной струи. В результате интенсивного перемешивания в пограничном слое воздушной струи возникают дергающие локальные диффузионные факелы, образующие практически однородную интегральную систему факелов.

При многомодульном исполнении горелок отсутствует необходимость в установке на каждом модуле внешнего насадка, так как в этом случае существует природная зона раздела между соседними модулями, которая выполняет все положительные функции внешнего насадка.

Одним из особых свойств факельных систем на базе трубчатых модулей является их конструктивная и технологическая простота в сочетании с возможностью применения различных методов смесеобразования в том числе: диффузионного, предварительного и комбинированного.

**(англ.)**

For steam and hot water boilers installed burners known requirements to systems, namely, versatility, reliability, stability and stabilization ignition combustion front widely, given intensity mixing software, ensuring the completeness of combustion gas with minimal excess air ratio, maintainability, high energy environmental efficiency, minor upgrades and payback period. These requirements were the basis for drafting the burner system for municipal energy boilers. For performance was analyzed major communal energy Kyiv region and selected for research boiler PTVM-180 st№2 branch "CHR-5" PAT "KYIVENERGO."

To ensure high performance and environmentally safe operation of the burner as a basis during its creation was elected tubular technology gas burning (TGB), which is based on the

rational use of aerodynamic effects of flow in the nozzle Borda is the basic building block. The choice of nozzle Borda as a basic element of the new technology of combustion of hydrocarbon fuels due to the fact that hydraulic and aerodynamic characteristics of the element facilitate implementation of the "canonical" principles of minimizing toxicity burners (pre-mixing, phasic combustion ramjet aerodynamic scheme). The intensification of the process of mixing and stabilization of the combustion process is due to the existence of a ring circulation flow (vortex stabilizer) that occurs in the nozzle Borda.

Tubular modules as stabilizers and angular pylons, forming the so-called regular fuel burning system, giving universal design burners. However, the use of tubular modules compared to the flat there is an additional stabilizers "linking" effect that promotes intensification of heat-mass transfer processes.

TGB peculiarity is that when single-threaded air supply and fuel supply of multi realized "enshrouding" effect gas jets central air jet. As a result of intensive mixing in the boundary layer air stream there tugging local diffusion torches, forming almost uniform integrated system torches.

In multimodal performance burners is no need to install external modules in each nozzle, as in this case, there is a natural area of interface between adjacent modules that performs all the functions of positive external nozzle.

One of the special properties of flare systems based on tubular modules is their structural simplicity and technology combined with a variety of methods including mixing, diffusion, and the previous combined.

#### **4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності (заявка на патент, патент, свідоцтво на авторське право).**

1. Патент на корисну модель № 87785. Спосіб уніфікованого трубчастого спалювання газоподібного палива /Варламов Г.Б., Варламов Д.Г., Приймак К.О. вид.25.02.2014, № u201306859.
2. Патент на винахід № a201306860. /Спосіб уніфікованого трубчастого спалювання газоподібного палива виданий 31.05.2013 р. Варламов Г.Б., Варламов Д.Г., Приймак К.О.
3. Патент ЕАП (Евразийская патентная организация) №019766. Низкоэмиссионная газовая горелка трубчатого типа с направленным воздушным потоком. /Варламов Г.Б., Родинков С.Ф., Приймак Е.А., Олиневич Н.В., Варламов Д.Г., Выдан 30.06.2014г.

#### **5. Порівняння зі світовими аналогами.**

Результати відповідають світовому рівню, а підходи які використані для забезпечення ефективного та безпечного горіння природного газу у пальниковому пристрої трубчастого типу не мають аналогів у світовій практиці.

#### **6. Економічна привабливість для просування на ринок.**

Застосування пальникової системи трубчастого типу під час проведення модернізації котлів комунальної енергетики дозволяє:

- підвищити коефіцієнт корисної дії котлоагрегату на 2...3%;
- зменшити питому витрату палива на 10%;
- зменшити викиди забруднюючих речовин у атмосферу, в залежності від компоненту у 2...10 разів;
- провести роботи з модернізації у короткі строки.

#### **7. Потенційні користувачі (галузі міністерства, підприємства).**

Трубчаста технологія газоспалювання може бути застосованою у різних галузях промисловості. На сам перед дана технологія може бути використана для модернізації

котлів комунальної енергетики України та енергетичних господарств підприємств різних типів, де застосовується природний газ і гостро стоїть проблема його ефективного і ощадливого використання.

#### **8. Стан готовності розробки (лабораторний або промисловий зразок, технічна документація, бізнес-план, готова до впровадження).**

Розроблено технічну пропозицію створення вискоелективних і екологічно безпечних пальникових пристроїв нового покоління для спалювання природного газу на об'єктах комунальної енергетики на основі вітчизняної трубчастої технології газоспалювання. Створено методологію технічного переоснащення пальникової системи котла. Розроблено математичну модель пальникової системи трубчатого типу у програмному середовищі Solid Works. Створено дослідний зразок.

#### **9. Існуючі результати впровадження.**

Здійснено впровадження дослідно-промислових зразків пальникового пристрою на котлі ПТВМ-180, про що складено акт впровадження. Пальниковий пристрій трубчастого типу також був обраний за основу під час розробки проекту заміни пальника котла КВГМ-20 РК «Веркон» у СВП «Київські теплові мережі» ПАТ «Київенерго», який успішно пройшов Державну експертизу. Заплановано подальше співробітництво з впровадження трубчастої технології газоспалювання на даному підприємстві.

Результати роботи також впроваджено в навчальний процес при викладанні курсів «Математичне моделювання систем і процесів» (Розділ «Комп'ютерне моделювання фізичних процесів»). Підготовлено до захисту 1 кандидатську дисертацію на тему «Технологія комплексної параметричної ідентифікації фактичних характеристик енергетичного об'єкту».

#### **10. Назва підрозділу, телефон, e-mail.**

НТУУ «КПІ» Науково-технічний центр «Екотехнології та технології енергозбереження», тел.: 454-98-95, тел./факс: 454-92-45, e-mail: ekotez@ukr.net.

#### **11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання (вагомі): (монографії, підручники, посібники, наукові статті, дисертації, інші публікації).**

12. Варламов Г.Б., Позняков П.О., Тычина А.В. Повышение энергоэкологических показателей эксплуатации газотурбинных двигателей за счет использования трубчатой технологии газосжигания // Насосы. Турбины. Системы, выпуск №1 (6) 2013 рік, стор.14-21.
13. Варламов Г.Б. Сталий розвиток у гармонії з природою // VIII Міжнародна конференція «Зелена енергетика», доповідь, 17-19 червня 2013 року, м.Київ.
14. Варламов Г.Б., Приймак К.О. Системный анализ базовых методик идентификации фактических характеристик газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций // Энерготехнологии и ресурсосбережение, выпуск № 2, 2013 рік, стор.66-72.
15. Варламов Г.Б., Приймак Е.А. Фактические характеристики оборудования компрессорных станций и оптимизация загрузки магистрального газопровода // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, выпуск № 5/8 (65) 2013 рік, стор.10-13.
16. Варламов Г. Б., Халатов А. А. Аэродинамические и тепловые характеристики камер сгорания ГТУ с горелочной системой трубчатого типа // // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, выпуск № 3/12 (63) 2013 рік, стор.79-83.
17. Варламов Г.Б., Шварцзова Х. Загальні підходи до створення методологічних основ енерго-екологічного аналізу експлуатації об'єктів ПЕК // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит, выпуск №10(116) жовтень 2013 р. стор. 2-10.

18. Varlamov G., Pryimak K. Technology of comprehensive parametric diagnostics of power facility operating condition // Innovations and Science Technology, відправлено 11.09.2013р.
19. Научные и прикладные работы промышленного газотурбостроения (сборник опубликованных статей), под редакцией Халатова А.А.
20. Варламов Г.Б., Ландау Ю.А., Приймак Е.А. «Экологические аспекты энергопроизводства. Энергетика на возобновляемых источниках». Учебное пособие для студентов. 376 с. Гриф МОНУ №1-/11-12988 от 13.08.2014г.

**21. Фото або слайди (декілька з фото) презентації розробки в електронному вигляді (рекламного характеру). Якщо фото надається окремим файлом, бажано використовувати JPEG формат.**



Фотознімок встановленого пальника трубчастого типу (зліва) поруч із штатним пальником