

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ТА ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ

КУРТЯК ВОЛОДИМИР ЙОСИПОВИЧ

УДК 621.1

**ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ СПАЛЮВАННЯ
ТА ОБЛІКУ ПАЛИВА НА ПІДПРИЄМСТВАХ
ТЕПЛОКОМУНЕНЕРГО**

8.05070108 – Енергетичний менеджмент

АВТОРЕФЕРАТ
дипломної роботи на здобуття вищої освіти
освітнього ступеня магістр

Тернопіль – 2017

Дипломною роботою магістра є рукопис

Робота виконана в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник

доктор технічних наук, професор
Тарасенко Микола Григорович,
професор кафедри "Енергетичного менеджменту" Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

Рецензент

кандидат технічних наук, доцент
Костик Любов Миколаївна
доцент кафедри світлотехніки та електротехніки Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 22 лютого 2017 р. о 11:00 годині на засіданні екзаменаційної комісії № 41 з атестації здобувачів вищої освіти освітнього ступеня магістр 8.05070108 – енергетичний менеджмент при Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя МОН України за адресою: 46000, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, аудиторія 404.

З авторефератом дипломної роботи магістра можна ознайомитись в інституційному репозиторії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (ELARTU) за адресою: <http://elartu.tntu.edu.ua/>.

*Секретар
екзаменаційної комісії № 41*

Хомишин В.Г.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми роботи. Питаннями підвищення енергоефективності процесу спалювання палива в котлах на підприємствах теплокомуненерго, зменшення шкідливих викидів в атмосферу займалися такі вчені як: Красовский А.В., Ракитин А.Ю., Долинский А.А., Черняк В.П., Сигал А.И., Базеев Е.Г., Абдулин М.З., Magnussen В.Ф. та ін. Незважаючи на це, низка питань так і залишилася не до кінця вирішеною, а саме – процеси прийняття рішень з ефективного спалювання палива в котлах з інтенсифікацією топкового теплообміну; інтенсифікація топкового теплообміну в топках котлів; розроблення елементів конструкції системи забезпечення внутрішньої циркуляції топкових і димових газів.

Саме це і зумовило **актуальність** проведення робіт, спрямованих на розроблення системного підходу щодо прийняття рішень з ефективного спалювання палива в котлах з інтенсифікацією топкового теплообміну на підприємствах теплокомуненерго.

Мета й задачі дослідження. Метою дипломної роботи магістра є підвищення енергоефективності процесу спалювання палива в котлах на підприємствах теплокомуненерго. Для досягнення вказаної мети в роботі вирішувались наступні *задачі*:

1. Аналіз сучасного стану досліджень аеродинамічних, теплообмінних процесів і процесів горіння палива в топкових камерах котлів.
2. Інтенсифікація топкового теплообміну в топках котлів.
3. Розроблення елементів конструкції системи забезпечення внутрішньої циркуляції топкових і димових газів.
4. Опис моделі роботи системи забезпечення внутрішньої циркуляції топкових димових газів в котлах типу ВК.

Об'єкт дослідження – процес прийняття рішень з ефективного спалювання палива в котлах з інтенсифікацією топкового теплообміну.

Предмет дослідження – параметри аеродинамічних, теплообмінних процесів і процесів горіння палива в топкових камерах котлів.

Методи дослідження. Поставлені задачі вирішувались на основі:

а) теоретико-експериментальних досліджень процесів у топковій камері котлоагрегату; б) системного та статистичного аналізу в середовищі *Microsoft Office Excel* та програмі *Advanced Grafer*; в) планування експериментальних робіт та оброблення отриманих результатів із використанням методів математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в обґрунтуванні та вирішенні науково-технічної задачі підвищення енергоефективності процесу спалювання палива в котлах на підприємствах теплокомуненерго. При цьому одержано такі наукові результати:

1. Розроблено аналітичну модель тепломасопереносу в топці котла.
2. Запропоновано конструкцію дзеркал у вигляді гладкого циліндру («вогняної труби»), який встановлюється вздовж центральної осі пальникового пристрою. Це інтенсифікує рециркуляцію топкових газів.

3. Підкреслено, що наявність вологи забезпечує екологічно чисте спалювання органічних палив. Кількість оксидів азоту в продуктах згорання знижується, а рециркуляція призводить до підвищення значень співвідношення «паливо/повітря», вмісту кисню, ККД і зниженню значень температури на фронті і виході з котла, CO , CO_2 , і NO_x

4. В результаті математичного моделювання встановлено, що найбільший об'єм рециркуляції газів в топці (101,6 %) виникає при зазорі $L = 70$ мм. При нульовому зазорі, рециркуляція відсутня.

Практичне значення одержаних результатів. Грунтуючись на результатах експериментальних досліджень і теоретичних узагальненнях отримані результати, які мають важливе народногосподарське значення:

1. Встановлено, що для поліпшення процесу згорання палива і підвищення економічності роботи котлоагрегату повітря перед подачею в топку повинно попередньо підігріватися димовими газами в повітропідігрівнику.

2. Доведено, що для інтенсифікації топкового теплообміну потрібно змінити геометрію топкового простору з урахуванням аеродинамічних процесів, розподілу температурних градієнтів, швидкостей і повноти протікання хімічних реакцій. Це може бути здійснено шляхом створення багатоканальної топки, в якій відбувається позонне відділення реагентів (факела) від продуктів згорання.

3. Підкреслено, що установка «теплових дзеркал» в топковій камері котла забезпечує інтенсифікацію променистого теплообміну, за рахунок чого збільшується тепловіддача в топці і, відповідно, підвищується ККД котлів і зменшується витрата палива.

4. Запропоновано ділити топку на окремі камери шляхом інсталяції в зону горіння додаткового тіла, яке виконуватиме функцію екрану (теплових «дзеркал»). При цьому екран починає виконувати функції «димарів» всередині топки, створюючи додаткове розрядження. Це підвищує коефіцієнт випромінювання топки та збільшує відношення площі поверхні встановленого екрану до площі поверхні нагріву, що призводить до зростання тепловіддачі в топці.

Апробація результатів дипломної роботи. Окремі положення та результати дипломної роботи оприлюднені та обговорені на Всеукраїнській студентській науково-технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» м. Тернопіль. – ТНТУ ім. І. Пулюя (20-21 квітня 2016 р).

Структура і обсяг роботи. Дипломна робота магістра складається із вступу, 8 розділів, загальних висновків та списку використаних джерел із 7 найменувань на 1 сторінці. Загальний обсяг дипломної роботи становить 107 сторінок, з них 102 сторінки основного тексту, 31 рисунок та 10 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі досліджень, сформульовано наукову новизну та практичне значення

отриманих результатів, наведено дані про публікації та апробацію результатів роботи.

Перший розділ «Літературний огляд» носить оглядово-аналітичний характер і висвітлює основні тенденції по досліджуваним проблемним питанням. Підкреслено, для кардинальної зміни ситуації, що склалася в структурі нашого енергоспоживання, необхідно суттєво зменшити як абсолютні показники, так і частку споживання природного газу. Це можна досягти за допомогою енергозберігаючих заходів.

Якщо ціни будуть рости, то попит – падати, а отже буде потреба в новій альтернативній технології енергопостачання. Це завдання для науковців на наступні 20 років. А до цього часу необхідно шукати шляхи підвищення ефективності використання існуючих енергоресурсів, одним з основних яких є газ. Шляхами ефективного використання газу є: а) застосування пальників спеціальної конструкції; б) використання каталізаторів горіння; в) впровадження мікропроцесорних систем, які контролюють температуру, хімічний склад димових газів, а також регулюють подачу повітря та газу (коректорів).

В результаті аналізу літературних джерел розкрито стан і суть існуючих проблем, виокремлено низку завдань, вирішення яких потребує відповідних теоретичних та експериментальних досліджень.

У другому розділі «Основна частина» розглянуті питання щодо інтенсифікації теплообміну в топках на прикладі водогрійних котлів типу ВК потужністю до 3,15 МВт, які призначені для спалювання газу і мазуту. Інтенсифікація топкового теплообміну реалізується шляхом зміни геометрії топкового простору з урахуванням аеродинамічних процесів, розподілу температурних градієнтів, швидкостей і повноти протікання хімічних реакцій. Це здійснено шляхом створення багатокамерної топки, в якій відбувається позонне відділення реагентів (факела) від продуктів згорання за рахунок установки твердих, нагрітих до високих температур, тіл. Дія таких «теплових дзеркал» заснована на тому, що вони сприймають тепло селективним випромінюванням і конвекцією від продуктів згорання і передають його повним спектром випромінювання до охолоджуваних водою поверхонь, розташованих в топці. Знаходячись в стаціонарному режимі при незмінній температурі, «дзеркала» весь падаючий на них тепловий потік випромінюють на поверхні екрану у вигляді відбитого тепла і власного випромінювання. У результаті у топковому просторі збільшується радіаційна складова теплопереносу. Цьому сприяє розжарена поверхня тіла, яка перевипромінює променисту енергію.

Установка «теплових дзеркал» в топковій камері котла забезпечує інтенсифікацію променистого теплообміну, за рахунок чого збільшується тепловіддача в топці і, відповідно, підвищується ККД котлів і зменшується витрата палива.

Для виготовлення «дзеркал» потрібно використовувати вогнетривкі матеріали, на основі оксидів або тугоплавких сполук. Це забезпечує можливість тривалої експлуатації в умовах високих температур в окислювально-відновному середовищі.

Наявність вологи забезпечує повніше «екологічно чисте» спалювання органічних палив. Результатом цього є зниження кількості оксидів азоту в продуктах згорання. Рециркуляція призводить до підвищення значень співвідношення «паливо/повітря», кисню, ККД і зниженню значень температури на фронті і виході з котла, CO , CO_2 , і NO_x .

«Дзеркало» у вигляді «вогневої труби» циліндричної форми добре узгоджується з конфігурацією топки і пальниковим пристроєм. Така конструкція майже не збільшує аеродинамічний опір котла тому, що вона ґрунтується на газодинамічній схемі, яка передбачає поперечну подачу пального зносячий потік повітря перед вихроутворювачем у вигляді ніш (струйно-нішева система див. рис. 1).

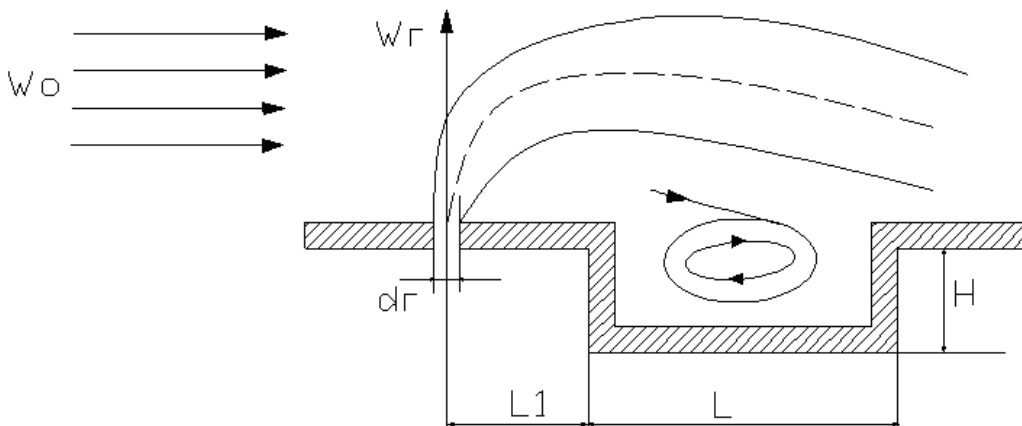


Рис. 1. Газодинамічна схема з подачею пального однорядною системою струменів перед нішевим вихроутворювачем.

Струйно-нішева система володіє стійкою вихровою структурою із змінним об'ємом стійкої циркуляційної зони і постійним складом паливної суміші в області стабілізації факела.

У **третьому розділі** «Оптимізація процесів горіння» для визначення ефективності вогневої труби, як вторинного випромінювача, були проведені чисельні розрахунки тепломасопереносу. Для цього було розроблено аналітичну та фізичну моделі для визначення реальних значень коефіцієнта рециркуляції димових топкових газів та розглянуті аеродинамічні, кінетичні та теплові процеси, які виникають після інсталяції у топковий простір вторинних випромінювачів.

Регулювання об'ємів рециркуляційних топкових газових потоків запропоновано здійснювати зміною довжини L вогневої труби, що передбачає її переміщення до жарової на фоні зміни глибини занурення пальника, а також ширини площини виходу. У результаті серії проведених вимірювань був визначений ККД котла, що склав 96,4% , а концентрація $NO_x=69,41$ мг/м³.

У **четвертому розділі** «Спеціальна частина» описано розроблене програмне забезпечення для теплового розрахунку водогрійних котлів малої потужності. Виділено основні етапи розрахунку, а саме: 1) розрахунок об'ємів та ентальпій повітря і

продуктів згорання; 2) розрахунок теплового балансу і витрати палива; 3) тепловий розрахунок топки і конвективного пучка. Початковими даними для розрахунку є конструктивні характеристики котла: розміри топки, об'єм, площа екранованої поверхні топки, конструкція пальників та розміри конвективного пучка. Програма дозволяє також розрахувати температуру точки роси продуктів згорання, смоли. На практиці це важливо для запобігання корозії та забруднень поверхонь.

У п'ятому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» наведено результати розрахунків економічної ефективності запропонованої розробки. Зазначено, що для промислових споживачів, теплоелектроцентралей, теплогенеруючих підприємств, загальна часова економія складе 27643 грн/год. Час повернення інвестицій при вартості модернізації 470 300 грн – 1860,8 год.

У шостому розділі «Охорона праці» наведено: а) аналіз ризиків щодо охорони праці в умовах експлуатації котельні; б) забезпечення безпечних умов функціонування котелень; в) захист від шуму та вібрації; г) загальні вимоги пожежної безпеки тощо.

У сьомому розділі «Безпека в надзвичайних ситуаціях» висвітлено: а) законодавча база цивільної оборони України; б) Стійкість роботи об'єктів господарської діяльності та основні шляхи її підвищення; в) ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій; г) Підвищення стійкості роботи котелень в умовах застосування ядерної зброї; д) ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій; е) рятувальні та інші невідкладні роботи.

У восьмому розділі «Екологія» наведено відомості щодо: а) стану повітряного середовища в Україні; б) впливу роботи котелень на навколишнє середовище; в) захисту повітряного басейну.

ВИСНОВКИ

1. Доведено, що впровадження сучасних технологій спалювання та обліку палива, модернізація наявного устаткування, зокрема водогрійних котлів малої та середньої потужності типу ВК (КСВА), застосування когенераційних установок забезпечують перетворення енергії з більшою ефективністю. Призводять до використання того тепла, яке звичайно просто втрачається.
2. Підкреслено, що використання струменево-нішових пальників призводить до: а) скорочення витрат на одиницю виробленої продукції; б) зменшення втрат від недопалу; в) істотного покращення екологічних показників роботи вогнетехнічних об'єктів.
3. Установлено, що нескладна заміна неефективних пальників в газових котлах – це дешевий захід, який дозволяє: а) суттєво підняти ККД неефективних, застарілих газових котлів, що працюють на підприємствах; б) отримати значну економію природного газу в опалювальний період; в) подовжити на 15-20 років терміну служби котлового обладнання.
4. Показано, що найбільш об'єктивними і базовими критеріями розвитку діючих

систем теплопостачання вважаються їх об'єктивні технічні параметри, які не залежать від сьогоденного швидкозмінного економіко-правового поля. Економічні і правові аспекти, що розглядаються як додаткові фактори, є визначними для короткострокового періоду діяльності теплопостачальних підприємств.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати роботи:

Куртяк В. Впровадження сучасних технологій спалювання палива на підприємствах теплокомуненерго: тези доповідей ІХ Всеукраїнська студентська науково - технічна конференція "Природничі та гуманітарні науки. актуальні питання", (Тернопіль 20-21 квітня 2016 р.) / Міністерство освіти і науки України, Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя. – Т.: ТНТУ, 2016. – С. 185.

АНОТАЦІЯ

Куртяк В.Й. Впровадження сучасних технологій спалювання та обліку палива на підприємствах теплокомуненерго. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 8.05070108 – енергетичний менеджмент. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2017.

Дипломна робота магістра присвячена розвитку науково-технічних основ підвищення енергоефективності процесу спалювання палива в котлах на підприємствах теплокомуненерго. Підкреслено неекономічність використання паливно-енергетичних ресурсів на вогнетехнічних об'єктах України. Доведено, що впровадження сучасних технологій спалювання та обліку палива, модернізація наявного устаткування, зокрема водогрійних котлів малої та середньої потужності типу ВК (КСВА), застосування когенераційних установок забезпечують перетворення енергії з більшою ефективністю. Призводять до використання того тепла, яке звичайно просто втрачається. Використання струменево-нішових пальників призводить до: а) скорочення витрат на одиницю виробленої продукції; б) зменшення втрат від недопалу; в) істотного покращення екологічних показників роботи вогнетехнічних об'єктів. Нескладна заміна неефективних пальників в газових котлах – це дешевий захід, який дозволяє: а) суттєво підняти ККД неефективних, застарілих газових котлів, що працюють на підприємствах; б) отримати значну економію природного газу в опалювальний період; в) подовжити на 15-20 років терміну служби котлового обладнання.

Ключові слова: топка котла, струйно-нішева технологія, аеродинаміка, масообмін, коефіцієнт надлишку повітря, газові потоки, облік палива.

ANNOTATION

Kurtiak V. The implementation of modern fuel combustion and accounting technology at the district heating companies. – Manuscript.

Diploma paper for a Master's Degree, speciality 8.05070108 – energy conservation and energy management. – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2017.

Master's Thesis is dedicated to the development of scientific and technical bases of energy efficiency combustion process of fuel-fired in the district heating companies. The thesis highlighted not economical usage of energy resources on fire technical objects in Ukraine. It has been proved that introduction of burning and accounting of fuels by modern technologies, modernization of existing equipment, including hot water boilers of small and medium power, type BK (КСВА), the usage of cogeneration plants, providing more efficiently energy conversion. Leads to the usage of heat, which is usually just lost. Usage of the jet-niche burners leads to: a) cost saving of produced per unit; b) decrease losses from underburning; c) substantially improvement of environmental specifications of fire technical objects work. A simple replacement of inefficient burners in gas boilers - is cheap procedure which permits: a) significantly raise the efficiency factor of inefficient, outdated gas boilers in enterprises; b) to get considerable saving of natural gas during the heating season; c) to prolongate a service life of boiler equipment on 15-20 years.

Key words: boiler furnace, jet-niche technology, aerodynamics, mass-transfer, excess-air coefficient, gas flotations, fuel consumption.