

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Канигіна Олександра Вікторовича «Підвищення ефективності газових жаротрубних водогрійних котлів», представлену на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика

Загальна характеристика роботи.

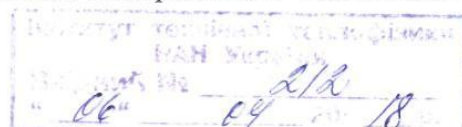
Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних джерел та 9 додатків на 40 сторінках. Загальний обсяг дисертаційної роботи складає 246 сторінок.

Актуальність теми дисертації.

У Європейському союзі та Україні використання природного газу протягом наступних 15-20 років планується в межах 22-31% первинного постачання енергії. Основний напрям використання природного газу в Україні це його спалювання у котлах різної потужності з метою отримання пари чи теплової енергії та в деяких технологічних процесах (металургія, хімія та ін.). Тобто, напрямок наукових досліджень щодо розвитку нових технологій та технічних рішень більш ефективного використання природного газу в котлоагрегатах є надзвичайно перспективним. Крім того, тренд щодо децентралізованого тепlopостачання, для запобігання втрат в мережах, потребує установки великої кількості котлоагрегатів потужності 0,1-2,5 МВт, а також потребується заміна в Україні застарілих типів котлоагрегатів типу НИИСТУ-5 та ін. Зважаючи на вищевикладене, напрямок досліджень даної дисертаційної роботи є надзвичайно актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Основні результати дисертаційної роботи автором одержано при виконанні науково-дослідних робіт № держреєстрації 0106U005313 «Експериментальне дослідження блочного опалювального котла з вбудованим економайзером та повітропідігрівачем на основі врахування впливу вологи на процес горіння»; № держреєстрації 0113U007110 «Розроблення технічних матеріалів з можливого зниження витрат природного газу в системах центрального тепlopостачання



України, які використовуються для надання комунальних послуг»; № держреєстрації 0112U004658 «Розроблення методів модернізації опалювальних котлів для зменшення токсичних викидів».

Короткий аналіз змісту роботи.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, вказана мета роботи, задачі та методи дослідження, висвітлено проблеми на вирішення яких направлені дослідження приведені в даній роботі. Вказані автори, що займалися чи займаються напрямками досліджень які відображені в роботі дисертанта. Приведені екологічні чинники, що повинні бути враховані, зокрема, щодо викидів NOx. Наведено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, вказано де впроваджено результати роботи та де здійснювалась апробація результатів дисертації, вказано особистий внесок здобувача та приведена кількість публікацій.

У першому розділі проаналізовано існуючі конструкції водогрійних жаротрубно-димогарних опалювальних котлів, зокрема, які застосовуються в тепломережах України, вказано їх переваги та недоліки, складений план дослідження. Відмічено, що застосування відомих в світі жаротрубно-димогарних котлів у вітчизняних тепломережах є не завжди ефективним рішенням та, що при цьому приділяється мало уваги впровадженню нових рішень, які б сприяли скороченню викидів шкідливих речовин, підвищенню техніко-економічних характеристик та надійності обладнання. Відповідно, на основі аналізу інформації, що приведена в цьому розділі автором сформульовано задачі дослідження та розроблено план досліджень, результати виконання якого приведено в наступних розділах.

У другому розділі запропонована нова концепція нового водотрубно-димогарного котла, що відрізняється від відомої конструкції жаротрубно-димогарного котла наявністю трубного екранного пучка, вбудованого у простір жарової труби-топки. Особливістю конструкції жарової труби є боковий вихід для продуктів згорання, тобто таким чином за рахунок поперечного руху димових разів через екранний пучок, який формує в районі газового вікна поверхню нагріву, подібну до фестону котла, вдається додатково

інтенсифікувати теплообмін. Показано, що розрахунки критеріїв подібності, проведені з метою відтворення топкового теплообміну водотрубно-димогогарного котла на моделі тепловою потужністю 16 кВт виявили значні розбіжності критеріїв для топки котла і моделі. Проведено моделювання теплообміну у топках типових жаротрубно-димогогарних та у топці водотрубно-димогогарного котла за допомогою комп'ютерного програмного комплексу ANSYS FLUENT. Наведено результати моделювання та зроблено їх аналіз. На підставі результатів моделювання і даних літературних джерел автором на основі робіт А.М. Гурвича, який рекомендує враховувати конвективний теплообмін для високонапружених топок малих розмірів, запропоновано спосіб корегування нормативної методики ЦКТІ теплового розрахунку теплообміну в топці, що враховує конвективний теплообмін. Залежність може використовуватися для розрахунку топки водотрубно-димогогарного котла та жарових труб-топок з $Re_{\tau} > 1,8 \cdot 10^4$.

У **третьому розділі** приведено результати теплових розрахунків топок жаротрубно-димогогарних котлів та топки водотрубно-димогогарного котла. Тепловий розрахунок водогрійного водотрубно-димогогарного котла тепловою потужністю 630 кВт із споживанням природного газу низького тиску виконаний із урахуванням конвективного теплообміну в топці за скоректованою автором на основі робіт А.М. Гурвича нормативною методикою ЦКТІ. Приведено опис промислово-експериментальної установки на базі дослідного зразка водотрубно-димогогарного котла тепловою потужністю 630 кВт, що була оснащена та змонтована у м. Києві у приміщенні районної котельні. Вказано, що водотрубно-димогогарний котел забезпечує стабільну роботу на навантаженнях, близьких до номінальних при надлишку повітря $\alpha = 1,09$ проти $\alpha = 1,12$ для топки еквівалентного з потужністю котла КВа-0,63 Гн типової конструкції.

У **четвертому розділі** приведено описання розроблених нових методів, розроблено заходи із оптимізації роботи котла, обґрунтовано доцільність серійного виробництва. Визначено середньорічні витрати палива на виробіток теплової енергії, а також значення середньорічних викидів оксидів

азоту в атмосферу від водотрубно-димогоарного котла у різних варіантах покриття теплового навантаження. Економічний ефект скорочення споживання палива та середньорічне скорочення викидів NOx, які можуть бути отримані від впровадження водотрубно-димогоарних котлів, встановлювалися у порівнянні визначених показників водотрубно-димогоарного котла із аналогічними показниками розповсюджених на підприємствах комунальної теплоенергетики котлів НИИСТУ-5. Вказано, що запропонована концепція та оптимізація поверхонь нагріву дає можливість зменшити металоємність жаротрубно-димогоарного котла за рахунок підвищення теплосприймання у топці, відповідно зменшується площа конвективних поверхонь і скорочуються габаритні розміри трубних дошок та обичайки.

Висновки по дисертації містять 8 пунктів, що логічно узагальнюють матеріали дисертації та співпадають з висновками автореферату.

Перелік використаної літератури складається з 202 найменувань, причому кількість цитувань літератури, що вийшла за останні 5 років складає близько 11%, що для такого напрямку досліджень є достатнім показником.

Додатки в кількості 9 одиниць на 40 сторінках включають інформацію щодо впровадження результатів дисертаційної роботи; приведені теплові розрахунки топок; описано розрахункові моделі та алгоритми; приведені креслення котла та заміряні і розрахункові параметри котла та пальника RS-70; приведені ескізні креслення утилізатора теплоти і повітропідігрівника до котла; приведено список публікацій автора.

Наукова новизна результатів роботи.

1. Вперше охолоджувальні поверхні нагріву, вбудовані у простір жарової труби-топки, використані з метою запобігання створенню умов для протікання низькотемпературної корозії у конвективних поверхнях, що має місце при зниженні температури зворотної мережної води.
2. Вперше на основі теорії подібності розглянуто постановку експерименту на лабораторній моделі жарової труби-топки із вбудованими поверхнями нагріву, отримані теплофізичні характеристики топки.

3. Вперше розглянутий підхід для врахування конвективного теплообміну у теплових розрахунках жарових труб-топок, який полягає у зіставленні чисел Бугера та Рейнольдса, розгляді конструктивних особливостей топки та характеристик пального пристрою. Розроблений на основі робіт А.М. Гурвича спосіб корегування нормативної методики ЦКТІ теплового розрахунку теплообміну в топці, що враховує конвективний теплообмін.
4. Теоретично та експериментально доведено, що використання додаткових охолоджувальних поверхонь, вбудованих у простір жарової труби-топки, дозволяє скоротити викиди шкідливих речовин в атмосферу, підвищити ККД котла, зменшити його металоемність.

Ступінь обґрунтування наукових положень та їх достовірність.

Достовірність отриманих результатів та наукових положень забезпечено коректною постановкою мети і задач досліджень та апробацією основних положень і результатів дисертаційного дослідження на міжнародних науково-практичних конференціях та конкурсах: Основні результати роботи доповідались та обговорювалися на XVII, XXIII, XXVI Міжнародних конференціях "Проблеми екології і експлуатації об'єктів енергетики" (2007, 2013 рр. м. Ялта, пмт. Кореїз; 2016 р. м. Одеса); міжнародних конференціях "UKR-POWER «Уход от газовой зависимости. Альтернативная и возобновляемая энергетика. Проблемы, перспективы, инвестиции» та «Уход от газовой зависимости. Энергоэффективное использование традиционных энергоресурсов. Возобновляемая и альтернативная энергетика» (2011, 2014 рр. м.Київ); VIII, IX Міжнародних конференціях «Проблеми промислової теплотехніки» (2013, 2015 рр. м.Київ). Результати дисертаційної роботи опубліковані в 17 - ти роботах, в тому числі у 4-х статтях у фахових наукових виданнях України, з них 1 робота у фаховому науковому журналі Республіки Білорусь та 7 статей в збірниках наукових праць за матеріалами конференцій Отриманий патент України на корисну модель.

Практична цінність результатів роботи.

1. Запропоновано спосіб корегування методики ЦКТІ для теплового розрахунку жарових труб-топок котлів.

2. Розроблено конструкцію нової жарової труби-топки, яка може використовуватися у газотрубних котлах.
3. Виготовлений та впроваджений в АК «Київенерго» за конструкторською документацією, розробленою за участі автора, новий газовий водогрійний водотрубно-димогарний котел КВД-0,63 Гн тепловою потужністю 630 кВт. Впровадження результатів роботи підтверджено відповідним актом, Додаток 8.

Особистий вклад здобувача.

Усі основні наукові положення та прикладні результати, що містяться у дисертаційній роботі, отримано здобувачем особисто і полягають у розробленні нової конструкції котла, захищеної патентом України, участі у підготовці конструкторської документації (виконання розрахунків котла), участі в експериментальній роботі, обробці отриманих результатів, проведенні аналітичних досліджень і відображенні їх у наукових роботах, а саме: аналізу особливостей роботи опалювальних водогрійних котлів на підприємствах комунальної енергетики України; дослідженні процесів та режимів експлуатації газоспоживчих опалювальних водогрійних котлів; визначенні ефективності скорочення викидів NOx у конструкції водотрубно-димогарного котла; аналізі процесів теплообміну у топках жаротрубно-димогарних котлів; розгляді впливу теплофізичних умов роботи топок жаротрубно-димогарних котлів у розрахунках теплообміну; розробленні технологічних схем підключення водотрубно-димогарного котла до теплової мережі; розробленні алгоритму розрахунку на міцність і оцінці механічних температурних напружень у топкових поверхнях нагріву водотрубно-димогарного котла.

Критичні зауваження до роботи.

1. Автор пропонує, розроблений на основі робіт А.М. Гурвича, спосіб корегування нормативної методики ЦКТІ теплового розрахунку теплообміну в топці, що враховує конвективний теплообмін, використовувати при розрахунку жарових труб-топок при $Re_{\tau} > 1,8 \cdot 10^4$, у той же час Re_{τ} водотрубно-димогарного котла на номінальному навантаженні складає 11986, табл.2, стор.11 автореферату. Не зрозуміло в якому діапазоні чисел

Ре_т необхідне врахування конвективного теплообміну при розрахунку топки водотрубно-димогарного котла, як це залежить від потужності котла та теплонапруги топкового об'єму.

2. В роботі вказано, що за рахунок підігріву мережної води в трубному пучку на близько 8°C мінімальна температура води, що може подаватись в водотрубно-димогарний котел може бути знижена з 333 К до 325 К, тобто до близько 52°C у той же час вказується, що при цьому зростає аеродинамічний опір на 17-25% та гідравлічний опір. Не зрозуміло на скільки збільшується витрата електроенергії для приводу тягодуттьових пристроїв та насосів і чи співрозмірна вона з витратою електроенергії у випадку застосування насосу рециркуляції для забезпечення підвищення температури вхідної мережної води до мінімально-можливого рівня з точки зору недопущення конденсації водяних парів в димогарних трубах.
3. У п.3 висновків вказано, що за результатами моделювання наявність охолоджувального трубного пучка у жаровій трубі-топці котла дозволяє досягти зменшення концентрації оксидів азоту на 45-50%, а в наступному п.4, що експериментально досягнуто скорочення викидів оксидів азоту у водотрубно-димогарному котлі на 25-40%, тобто діапазони взагалі не співпадають. Не зрозуміло, для моделювання (п.3 висновків) прийнята конструкція впровадженого водотрубно-димогарного котла чи інша.
4. Також є не суттєві зауваження такі як: деякі малюнки автореферату рис.7-8 виконані з недостатньою яскравістю; автор використовує позначення температури «°К», це невірно, правильно «К»; відсутній перелік умовних одиниць та позначень; в авторефераті вказано, що загальний обсяг дисертаційної роботи складає 202 сторінки, а в представленому примірнику дисертації 246 стор.

Загальні висновки по роботі.

Зроблені зауваження мають дискусійний характер і не можуть вплинути на достатній науковий рівень дисертаційної роботи, як закінченого науково-технічного дослідження.

Враховуючи значну актуальність теми, рівень виконання досліджень, достовірність, наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, **вважаю**, що дисертаційна робота Канигіна Олександра Вікторовича «Підвищення ефективності газових жаротрубних водогрійних котлів» відповідає вимогам Постанови КМУ «Про затвердження Порядку присудження наукових ступенів», а її автор **заслуговує** присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика.

Офіційний опонент, к.т.н.,
заступник директора
Інституту газу НАН України
з наукової роботи



А.В. Сміхула

Підпис **ЗАСВІДЧУЮ**,
к.т.н., учений секретар Інституту газу НАН України



Б.К. Ільєнко

М.П.

