

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Редька Ігоря Олександровича

“ЦЕНТРАЛІЗОВАНІ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ НА ОСНОВІ УДОСКОНАЛЕНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ І СПОСОБІВ СПАЛЮВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДІВ ПАЛИВ”,

що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.23.03 – вентиляція, освітлення та теплогазопостачання

Дисертація складається із вступу, семи розділів, основної частини, загальних висновків, списку використаних літературних джерел із 356 найменувань та додатків. Основний матеріал викладено на 329 сторінках комп'ютерного набору, містить 134 рисунків, 38 таблиць.

1. Структура дисертації

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, задачі, об'єкт, предмет та методи досліджень, а також наведено загальну характеристику роботи, відмічено наукову новизну і практичну цінність отриманих результатів.

У *першому розділі* наведено результати аналізу проблеми підвищення енергоефективності системи теплогенерації та централізованого теплопостачання. Аналіз літературних джерел показав, що актуальними є дослідження технологій спалювання місцевих палив і паливних відходів із застосуванням топків із киплячим шаром. Потреби розвитку цих технологій зумовлюють необхідність їх всебічного аналізу, що базується на сучасних теоретичних та експериментальних дослідженнях. Аналіз літературних джерел засвідчив також про складність процесів спалювання твердого палива у вихрових топках, про необхідність застосування чисельних методів, лабораторних експериментальних досліджень для обґрунтування даної технології.

На основі проведеного огляду літературних джерел обґрунтовано актуальність роботи та сформульовано завдання досліджень.

У другому розділі розглядаються числові методи дослідження процесів спалювання низькосортних газових палив та твердих палив у топках ЗЗП. Наводяться описи методики експериментального дослідження процесів спалювання твердого палива та деревних відходів в топках з киплячим шаром, а також програми натурних теплотехнічних та екологічних випробувань водогрійних котлів з топкою в киплячого шару. Методики можуть бути застосовані для дослідження процесів аеродинаміки та теплообміну в топковому об'ємі водотрубних котлів обладнаних газовими вихровими пальниками. Відзначалось, що запропоновані методики дають можливість здійснення оцінки гідравлічного опору топки, вивчення структури закрученого потоку газу з твердими частинками при різних витратах твердих частинок і повітря.

У третьому розділі представлено результати числового і експериментального моделювання процесів спалювання газових та низькосортних твердих палив. Визначено структуру факела з характерними зонами, а також поля концентрації компонентів продуктів згоряння, поля температур та швидкостей. Обґрунтовано конструктивні параметри подового пальника для процесів спалювання газоподібного палива, зокрема біогазу та шахтного метану. Отримані результати досліджень дозволили встановити структуру факела на вході рампового змішувального пальника, визначити поля концентрації, температури та швидкостей компонентів горіння газоподібного палива. Аргументовано розташування оребреної трубчастої поверхні в киплячому шарі для забезпечення низькотемпературного горіння твердого палива в діапазоні температур 800 – 900 °С.

Четвертий розділ присвячено удосконаленню теплової схеми топки водотрубного котла з вторинним випромінювачем, моделюванню теплообміну та аеродинаміки процесів спалювання газоподібного палива. Результати чисельного дослідження підтвердили суттєвий вплив кута нахилу лопаток в регістрах пальникового пристрою на процеси теплообмінних газів в топковому об'ємі водотрубного котла. Встановлено, що модернізація парового котла за рахунок влаштування тупикового трубчастого вторинного

випромінювача в топці, забезпечує рециркуляцію топкових газів, а також допалювання палива і зниження шкідливих викидів оксиду азоту. При цьому було визначено оптимальний діаметр трубчатого випромінювача, який складає $2D_{гор}$. Обґрунтовано конструктивні параметри пальникового пристрою і коефіцієнта надлишку повітря, що показало можливість зниження термічних оксидів азоту в вихровому потоці. Аналіз результатів математичного моделювання процесу спалювання природного газу в топці котла дозволив розширити і доповнити уявлення про процеси в закрученому факелі і їх особливості в різних зонах топкового простору. На основі термодинамічного аналізу визначено основні втрати енергії в топці котла.

У п'ятому розділі наводяться конструктивні параметри теплової схеми вихрової топки із зустрічними закрученими потоками, зокрема представлено схему топки котла із ЗЗП для спалювання торфу тепловою потужністю 2,5 МВт. Обґрунтовано конструкцію неохолоджуваної топки з рідким шлаковидаленням в нижній частині топки, а також запропоновано габаритні розміри топки - її висота та діаметр; запропоновано конструкцію завихрювачів подачі повітря і суміші повітря та палива. Встановлено гідравлічний опір топки в залежності від витрати повітря.

Шостий розділ присвячено чисельному моделюванню теплообміну та аеродинаміки процесів спалювання торфу у вихровій топці із зустрічним закрученим потоком. Визначено вплив конструктивних параметрів топки, зокрема діаметра та її висоти на процеси горіння, а також необхідні витрати первинного і вторинного повітря та їх співвідношення, способи подачі палива, як знизу топки так зверху. Проаналізовано процеси спалювання торфу в охолоджуваних та теплоізолюваних топках, особлива увага зверталась на переваги верхньої подачі палива. Встановлено, що найбільш ефективними технологіями спалювання пилоподібних низькокалорійних твердих палив є спалювання у циліндричних вихрових топках із зустрічними закрученими потоками.

У сьомому розділі наводяться результати числового моделювання та оптимізація температурного режиму систем тепlopостачання. Визначено раціональні конструктивні та режимні параметри центральних систем тепlopостачання для різних значень температури теплоносія, враховувались етапи переходу на низькотемпературні графіки. Встановлено вплив опалювальної характеристики будівлі на параметри центральної системи тепlopостачання, зокрема у випадку коли фактичні дані нижчі розрахункових значень, тим самим існує необхідність підвищення температури у подавальному трубопроводі. Були запропоновані низькотемпературні графіки в контурах систем опалення, подана пропозиція щодо заходів із підвищення безпеки і надійності системи тепlopостачання.

2. Актуальність теми дисертації

Наразі в енергетичній галузі України гостро постає проблема раціонального використання палива, зменшення споживання природного газу та покращення екологічної ситуації в країні. Один із ефективних шляхів вирішення цієї проблеми - впровадження новітніх технологій, що використовують різного роду паливні відходи, зокрема деревні відходи, газоподібні та низькосортні палива. Потреби розвитку цих технологій зумовлюють необхідність їх всебічного аналізу, що базується на застосуванні сучасних теоретичних та експериментальних методів досліджень. На сьогодні ще недостатньо вивченим є питання енергоощадності систем теплогенерації за рахунок модернізації топкових пристроїв з інтенсифікацією внутрішніх процесів аеродинаміки і теплообміну, глибокого охолодження продуктів згоряння із застосуванням абсорбційних теплових насосів, що дозволяє суттєво змінити концепцію енергозбереження в тепlopостачанні. З огляду на це, слід констатувати, що тема дисертаційної роботи Редька І.О. є актуальною як у науковому, так і прикладному аспектах.

3. Мета і завдання досліджень

Метою роботи було науково-технічне обґрунтування прогресивних технологій підвищення енергоефективності процесів спалювання шляхом модернізації існуючого і розробки більш досконалого топкового обладнання

котельних агрегатів, оптимізації режимів централізованого теплопостачання, а зокрема:

1. На основі проведеного аналізу сучасних технологій та проблем теплогенерації і централізованого теплопостачання, методів моделювання та шляхів підвищення їх ефективності виконати чисельне моделювання: а) процесів спалювання низькосортних газів; б) процесів спалювання газоподібних палив в топках з вторинним випромінювачем; в) процесів спалювання низькосортних твердих палив в топках із зустрічним закрученим потоком; г) систем теплопостачання при низькотемпературному графіку.
2. Виконати експериментальне моделювання процесів спалювання низькосортних твердих палив в топках киплячого шару та розробити теплову схему топки нового класу із зустрічними закрученими потоками для спалювання торфу.
3. Розробити рекомендації з впровадження енергоощадних технологій теплогенерації та теплопостачання та запропонувати концептуальні положення щодо рішення проблеми підвищення енергоефективності цих систем.

4. Наукова новизна дисертаційної роботи

Основні наукові результати полягають у наступному:

1. Уперше теоретично обґрунтовано і експериментально підтверджено створення топок нового класу теплової потужності від 0,25 до 25 МВт із взаємодією зустрічних закручених потоків (ЗЗП) повітря та пилоподібного палива, що інтенсифікує та забезпечує більш глибоке спалювання низькосортних твердих палив, підвищує ексергетичну та екологічну ефективності як теплогенератора зокрема, так і централізованої системи теплопостачання в цілому;
2. Удосконалено фізичну та математичну моделі аеродинамічних та тепломасообмінних процесів спалювання твердого палива в топці ЗЗП із врахуванням геометричних та режимних параметрів топки (коефіцієнта надлишку повітря, висоти та діаметра топки, ступеня скрученості

поток, охолодження топки, тощо), що значно розширило уявлення про фізико-хімічні перетворення у подібних процесах в цілому, і зокрема встановлено, що горіння частинок торфу відбувається при знижених температурах (1300-1450 °C) із зниженням рівня емісії NOx;

3. Набули подальшого розвитку:

- наукове обґрунтування параметрів неохолоджуваної топки, тепловою потужністю 2,5 МВт із зустрічним закрученим потоком для спалювання торфу з рідким шлаковидаленням;
- теплові схем та організація процесів дифузійного спалювання низькосортних газоподібних палив (біогаз, шахтний газ та ін.);
- організація процесів спалювання низькосортних твердих палив (відходи вуглезбагачення, деревні відходи, водо вугільні палива, тощо) в топках з киплячим шаром з експериментально встановленим зростанням теплової ефективності занурених поверхонь на 30-40% при співвідношенні зануреної площі поверхні до об'єму киплячого шару 6-10 м²/м³;
- термодинамічні моделі підвищення енергетичної ефективності топкових процесів при розміщенні циліндричного вторинного випромінювача в топці водогрійного котла, наприклад типу ДКВР, ДЕ;
- наукове обґрунтування підвищення енергоефективності систем тепlopостачання шляхом розробки гібридної теплової схеми котельного агрегату з додатковим джерелом теплоти - абсорбційним тепловим насосом;
- наукове обґрунтування термодинамічних ентропійних моделей для впровадження знижених температурних графіків теплоносіїв 80/60 °C та 70/50 °C централізованих систем тепlopостачання.

5. Практична цінність дисертаційної роботи

Результати дослідження є науково-методичною основою для підвищення енергоефективності систем централізованих систем

теплопостачання за рахунок удосконалення спалювання альтернативних видів палива.

Результати дослідження були впроваджені при реконструкції ЦСТ в містах Харківської області:

1. Філія ХОКП «ДРІТ» «Дергачівське підприємство комунального господарства», «Коригування енерго- та екологіоефективної схеми розвитку системи теплопостачання м. Дергачі в Харківській області», акт впровадження від 12.05.2017р.

2. КП «ОіТЦ» «Коригування енерго- та екологіоефективної схеми розвитку системи теплопостачання міста Куп'янськ в Харківській області», акт впровадження від 09.01.2020р.

Результати дисертаційного дослідження використовуються в навчальному процесі Київського національного університету будівництва і архітектури при викладанні таких навчальних дисциплін: теплогенеруючі установки; теплопостачання; паливо та технології його спалювання; низькотемпературні джерела теплоти, теплові насоси.

6. Достовірність отриманих наукових результатів роботи.

Вірогідність наукових результатів дисертаційної роботи підтверджена застосуванням сучасних методик теплофізичних досліджень, зіставленням експериментальних і розрахункових даних, зіставленням отриманих результатів з результатами інших авторів, даними випробувань відповідного устаткування та позитивним досвідом впровадження отриманих результатів.

7. Повнота викладу основних результатів роботи в опублікованих працях.

Результати дисертаційної роботи опубліковано у 26 наукових роботах, в тому числі у 18 статтях фахових видань України, у 8 міжнародних виданнях. 10 тез доповідей на міжнародних конференціях, одержано 8 патентів України.

Персональний внесок дисертанта в роботах, опублікованих у співавторстві, відображено в авторефераті.

Зміст автореферату й основних положень дисертації ідентичні.

Зауваження по дисертації

1. У першому розділі дисертації, присвяченому огляду літературних джерел, занадто багато уваги приділено розгляду проблем стану систем теплопостачання та методам підвищення їх ефективності, а також проблемам паливного балансу. Хоча доцільно було б докладніше зупинитися на аналізі наявних досліджень робочих процесів пальників.
2. В роботі, на жаль, не розглядалися питання планування експерименту щодо екологічних випробувань водогрійних котлів з топкою киплячого шару. Хоча узвичаєний порядок здійснення вибору числа та умов проведення дослідів є необхідним та достатнім для вирішення завдань досліджень із заданою точністю.
3. В дисертації наведені результати експериментальних досліджень рампового пальника, за прототип було прийнято повітрянагрівач газовий змішувальний ВГС-1,0 з номінальною витратою газу 100 м³ / год, і номінальною тепловою потужністю - 1,0 МВт. Слід було детальніше зупинитись на адекватності отриманих результатів для інших типів повітрянагрівачів, оскільки вони виготовляються з номінальною тепловою потужністю від 0,15 до 6,3 МВт.
4. Наведені результати експериментальних досліджень теплообміну труб у високотемпературному та пульсуючому високотемпературному киплячому шарі, але на жаль не наводяться схеми експериментальних установок та методики проведення експерименту.
5. В роботі представлені результати чисельного моделювання процесів аеродинаміки, теплообміну та ефективності спалювання газу в топці із вторинним випромінювачем, слід було більш детально вказати як вплине вторинний випромінювач на екологічні параметри топки.
6. В дисертації наведено конструктивні параметри топки із закрученими зустрічними потоками, а також розроблено модельний ряд ТЗЗП для номінальних теплових потужностей, але на жаль не в повній мірі відображена і описана теплова схема вихрової топки із запропонованими конструктивними рішеннями.

7. При дослідженні впливу конструктивних параметрів трубопроводів на температуру теплоносія із використанням методу планування експерименту слід було зробити оцінку впливу факторів на параметр оптимізації, оскільки із залежностей (7.14) та (7.17) слідує, що товщина теплової ізоляції суттєво не впливає на температуру теплоносія.
8. Бажано було б навести у дисертації більш глибокий опис технологій глибокого охолодження продуктів згоряння теплогенеруючих агрегатів в АБТН і АБХМ, що дало можливість скоротити витрату палива до 40% і забезпечити підігрів мережної води з параметрами низькотемпературного графіка.
9. В дисертаційній роботі викладено загальні положення щодо методики моделювання та оптимізації параметрів температурного графіка теплової мережі з використанням в якості критерію мінімальне виробництво ентропії, але зміст основних етапів висвітлено недостатньо.
10. В роботі та авторефераті наявні певні вади щодо їх оформлення. Так, умовні позначення наводяться у авторефераті без розмірностей величин, подекуди мають місце русизми та відповідне калькування тощо.

8. Висновок про відповідність дисертації вимогам п. 12 «Порядку присудження наукових ступенів та вченого звання старшого наукового співробітника».

Зроблені вище зауваження не є принциповими і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Редька Ігоря Олександровича “Централізовані системи тепlopостачання на основі удосконалених технологічних методів і способів спалювання альтернативних видів палив” є завершеною науковою працею, що містить нові наукові положення, які вирішують важливу проблему підвищення ефективності використання палива. Дисертаційна робота Редька І.О. відповідає паспорту спеціальності 05.23.03. – Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання і профілю спеціалізованої вченої ради Д26.056.07.

На підставі проведеного аналізу дисертаційної роботи Редька І. О. «Централізовані системи теплопостачання на основі удосконалених технологічних методів і способів спалювання альтернативних видів палив» можна зробити висновок про те, що за актуальністю вирішеної проблеми, отриманими новими науковими результатами, їх практичною цінністю вона відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України до докторських дисертацій, а її автор Редько Ігор Олександрович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.03 – Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання.

Офіційний опонент

доктор технічних наук, професор,

завідувач кафедри теплогазопостачання та вентиляції

Інституту будівництва та інженерних систем

Національного університету

«Львівська політехніка» МОН України

Желих В.М.

Підпис доктора технічних наук,

професора Желиха Василя Михайловича засвідчую:

Вчений секретар ради Національного університету.

«Львівська політехніка»



Брилинський Р.Б.