

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Новаківського Максима Олександровича**

**“Комплексні теплоутилізаційні системи для котлів  
малої та середньої потужності з підвищеним вологовмістом  
відхідних газів”,**

що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 05.14.06 – Технічна теплофізика та промислова  
теплоенергетика

Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, переліку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 226 сторінок машинописного тексту, що містять 189 сторінок основної частини, 44 рисунки та 9 таблиць, 186 бібліографічних найменувань, а також 3 додатки.

### **1. Структура дисертації**

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми; сформульовано мету, завдання, 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 сучасного стану проблем стосовно комплексних теплоутилізаційних систем котельних установок з підвищеним вологовмістом відхідних димових газів. Розглянуто основні способи зволоження цих газів з метою скорочення викидів оксидів азоту. Проаналізовано особливості комплексних теплоутилізаційних систем, що застосовуються за вказаних умов, обґрунтовано необхідність проведення спеціальних теплофізичних досліджень цих систем та відповідно проведеному аналізу сформульовано основні завдання дисертаційної роботи.

У *другому розділі* викладено особливості методики теплофізичних досліджень комплексних теплоутилізаційних систем котельних установок при підвищених вологовмістах димових газів, яка включає методику теплового



розрахунку цих систем, методику визначення тепловологісних характеристик газовідвідних трактів котельної установки та методику аналізу ефективності комплексних теплоутилізаційних систем на основі ексергетичного підходу.

*У третьому розділі* представлено результати теплофізичних досліджень комплексних теплоутилізаційних систем з підігріванням вхідної котлової води і води на хімоводоочищення та систем для підігрівання котлової води і повітря на горіння при підвищених вологовмістах димових газів. Наведено принципові схеми котельних установок з вказаними теплоутилізаційними системами та результати комплексу проведених досліджень щодо тепловологісних режимів цих систем і аналізу їхньої теплової ефективності в широкому діапазоні зміни навантаження котла при вологовмісті його відхідних газів від 0,14 до 0,2 кг/кг с.г.

*У четвертому розділі* викладено результати теплофізичних досліджень нової пропонованої комплексної теплоутилізаційної системи з попереднім підігріванням та зволоженням повітря на горіння і підігріванням холодної води на хімоводоочищення. Наведено принципову схему комплексної теплоутилізаційної системи. Показано, що згідно з одержаними даними загальна теплопродуктивність та приріст КВТП для таких систем за наявності нагрівання води хімоводоочищення значно перевищує відповідні показники цих систем без вказаного нагрівання для водогрійних і парових котлів в усіх режимах їхньої роботи.

*У п'ятому розділі* для умов застосування пропонованих комплексних теплоутилізаційних систем наведено результати досліджень щодо захисту газовідвідних трактів котелень, аналізу ефективності даних систем, рекомендацій стосовно їх впровадження тощо.

Дисертаційна робота Новаківського М. О. характеризується логічною послідовністю та завершеністю. Висновки за окремими розділами, а також загальні висновки по роботі відповідають поставленим завданням та отриманим науковим і практичним результатам.

## **1. Актуальність теми дисертації**

Наразі в енергетичній галузі України, особливо в комунальній теплоенергетиці, гостро постає проблема раціонального використання палива та покращення екологічної ситуації. Один із ефективних шляхів вирішення цієї проблеми – впровадження новітніх технологій на основі глибокої утилізації теплоти відхідних газів котлоагрегатів. Теплоутилізаційні установки з комбінованим використанням утилізованої теплоти та введенням вологи в зону дозволяють суттєво покращити теплові та екологічні характеристики систем теплоутилізації і внаслідок цього підвищити ефективність використання палива в газоспоживальних котельних установках комунальної теплоенергетики.

З огляду на це, слід констатувати, що тема дисертаційної роботи Новаківського М. О. є актуальною як у науковому, так і прикладному аспектах.

## **2. Мета і завдання досліджень**

Метою роботи є теплофізичне обґрунтування нових прогресивних теплоутилізаційних технологій з комплексним використанням утилізованої теплоти для котлів малої та середньої потужності підвищеної екологічної ефективності з введенням вологи в зону горіння та розроблення на цій основі відповідних технічних рішень і рекомендацій щодо їх впровадження.

Основні завдання, які підлягали вирішенню для досягнення поставленої мети, можна сформулювати таким чином:

- Виконати дослідження тепловологісних режимів комплексних теплоутилізаційних систем, призначених для підігрівання вхідної котлової води та холодної води на хімоводоочищення, та систем для підігрівання вхідної котлової води і повітря, що надходить на горіння, при підвищених рівнях вологості відхідних газів котла ( $X_1 = 0,14 - 0,2$  кг/кг с.г.).
- Провести порівняльний аналіз теплової ефективності комплексної теплоутилізаційної системи з підігріванням котлової води і холодної води для хімоводоочищення та системи з нагріванням котлової води і повітря на горіння за умов підвищеного вологовмісту відхідних димових газів котла.

- Стосовно комплексних систем для підігрівання котлової води та повітря на горіння встановити закономірності впливу вологовмісту відхідних димових газів котла на такі характеристики даної системи, як річне вироблення теплової енергії, середньорічний приріст ККД котла, обсяг утвореного конденсату, оптимальне співвідношення площ водо- і повітропідігрівачів тощо.
- Дослідити тепловологісні режими та виконати аналіз ефективності нових комплексних систем теплоутилізації з підігріванням та зволоженням повітря на горіння і підігріванням холодної води на хімводоочищення у порівнянні з відповідними системами без використання утилізованої теплоти на хімводоочищення.
- Обґрунтувати вибір методів захисту газовідвідних трактів котельних установок при підвищених рівнях вологовмісту відхідних газів.

### 3. Наукова новизна дисертаційної роботи

*Основні наукові результати полягають у наступному:*

1. Встановлено залежність тепловологісного стану і показників енергетичної ефективності комплексних теплоутилізаційних систем для підігрівання вхідної котлової води та холодної води на хімводоочищення від рівня вологовмісту відхідних димових газів котла.
2. Виконано оцінку впливу рівня вологості відхідних газів котла на основні характеристики теплоутилізаційної системи з підігріванням котлової води та повітря на горіння.
3. В широкому діапазоні зміни вологовмісту відхідних газів котла одержано дані порівняльного аналізу тепловологісних режимів та теплової ефективності комплексної системи утилізації теплоти з підігріванням вхідної котлової води і води на хімводоочищення та системи для нагрівання котлової води і повітря на горіння.
4. Здійснено теплофізичне обґрунтування запропонованого технічного рішення комплексної теплоутилізаційної системи з підігріванням та

зволоженням повітря на горіння і нагріванням холодної води хімводоочищення.

5. Визначено умови раціонального застосування методів захисту газовідвідних трактів котла при підвищених рівнях вологовмісту його відхідних газів.

#### **4. Практична цінність дисертаційної роботи**

Основні результати виконаних досліджень було використано при розробці комплексних теплоутилізаційних систем для газоспоживальних котлів комунальної теплоенергетики: систем з підігріванням котлової води та води хімводоочищення до котла ТВГ-8 і систем з підігріванням та зволоженням повітря на горіння та води хімводоочищення до котла Е-1,0-9Гн-2. Застосування даних систем дозволяє підвищити КВТП котла на 5,8 – 11,1 % для першої з вказаних систем і на 11,3 – 13,9 % для другої системи.

Розроблену теплоутилізаційну систему з підігріванням та зволоженням повітря на горіння впроваджено в ПАТ «Київенерго».

#### **5. Достовірність результатів дисертаційної роботи**

Достовірність наукових результатів підтверджена застосуванням сучасних методик теплофізичних досліджень, зіставленням експериментальних і розрахункових даних, зіставленням отриманих результатів з результатами інших авторів та даними теплотехнічних випробувань відповідного устаткування, встановленого у комунальних котельнях «Житло теплоенерго», коректністю фізичних припущень та позитивним досвідом впровадження результатів дисертаційної роботи.

#### **6. Повнота викладу основних результатів роботи в опублікованих працях**

Результати дисертаційної роботи опубліковано в 16 друкованих працях, в тому числі у 1 статті в журналі, що входить до наукометричних баз даних, у 7 статтях у наукових фахових виданнях України, та 8 публікаціях в збірниках наукових праць за матеріалами конференцій.

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

Зміст автореферату й основних положень дисертації ідентичні.

### **Зауваження по дисертації**

1. Нерівномірність розподілу матеріалу за розділами дисертації, а саме, перший розділ надто великий за обсягом та перенасичений конструктивними подробицями технічних рішень. Матеріали третього і четвертого розділів могли б бути перерозподілені більш раціонально.
2. У другому розділі роботи, присвяченому методиці досліджень, наводяться основні підходи до виконання розрахунків теплоутилізаційних систем без детального викладення застосованих методик.
3. У третьому розділі дисертації розглядаються дві комплексні теплоутилізаційні системи – з підігріванням котлової води і води на хімоводоочищення та з підігріванням котлової води і повітря на горіння. Бажано було б розглянути інші комплексні системи, наприклад, систему з використанням утилізованої теплоти для нагрівання котлової води, повітря на горіння та води хімоводоочищення.
4. Слід було б приділити більше уваги дослідженням екологічної ефективності пропонованих теплоутилізаційних технологій.
5. В роботі наявні незначні вади щодо її оформлення. Наприклад, деякі формули в роботі потребують більш правильного написання. Так формули 2.2, 2.5 та інші включають константи, в яких кількість знаків після коми різна.

### **8. Висновок.**

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

Дисертаційна робота Новаківського Максима Олександровича “Комплексні теплоутилізаційні системи для котлів малої та середньої потужності з підвищеним вологовмістом відхідних газів”, є завершеною науковою працею, що

містить нові наукові положення, які вирішують важливу проблему щодо підвищення ефективності використання палива в котельних установках комунальної теплоенергетики шляхом створення комплексних теплоутилізаційних систем для котлів малої та середньої потужності з підвищеним вологовмістом відхідних газів.

Дисертаційна робота Новаківського М. О. відповідає паспорту спеціальності 05.14.06. – Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика і профілю спеціалізованої вченої ради Д 26.224.01.

На підставі проведеного аналізу дисертаційної роботи Новаківського М. О. *“Комплексні теплоутилізаційні системи для котлів малої та середньої потужності з підвищеним вологовмістом відхідних газів ”* можна зробити висновок про те, що за актуальністю вирішеної проблеми, отриманими новими науковими результатами їх практичною цінністю вона відповідає вимогам п. 9, 11, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (зі змінами, затвердженими постановами Кабінету Міністрів України № 656 від 19.08.2015, № 1159 від 30.12.2015, № 567 від 27.07.2016), а її автор Новаківський М. О. заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика.

Офіційний опонент

Вчений секретар Інституту

відновлюваної енергетики НАН України

ст. наук. співробітник відділу

сонячної енергетики,

кандидат технічних наук



Т.В. Суржик