

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

д.т.н., проф. Горобця Валерія Григоровича

на дисертаційну роботу **Веремійчук Ганни Миколаївни**

«Аеродинаміка та теплообмін при спалюванні агропелет в котлах побутових споживачів», представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 14 Електрична інженерія за спеціальністю 144 – Теплоенергетика

Актуальність теми дисертації

Значний обсяг паливних потреб Україна задовольняє за рахунок імпортованого природного газу. Частина його можна замінити, використовуючи біопаливо аграрного походження, що виступає як стратегічний ресурс України. Це важливо в умовах економічної кризи, необхідності імпортозаміщення і найсуворішої економії паливно-енергетичних ресурсів особливо в воєнний час.

Біомаса, включаючи товарні відходи сільського господарства, займає важливу роль у досягненні цілі ЄС щодо 32% відновлюваних джерел у загальному споживанні енергії до 2030 року. Згідно з аналітичних звітів Bioenergy Europe біомаса, у поєднанні з сонячною тепловою та вітровою енергією, має найбільший потенціал у досягненні енергетичних цілей ЄС до 2050 року (повне покриття енергетичних потреб для опалення та охолодження, скорочення викидів парникових газів на 80-95%).

У наш час біомаса в основному використовується для виробництва теплоти у великих або середніх системах централізованого опалення або в побутових котлах на дровах/пелетах, печах і в камінах. При цьому використання біомаси як палива при виробництві теплової енергії для забезпечення потреб в опаленні та гарячому водопостачанні дає значні економічні переваги, адже це дозволить зменшити витрати на опалення, а також скоротити викиди парникових газів на понад 8,0 млн. т CO₂. Важливе значення мають викиди окисів вуглецю, органічних газоподібних сполук та твердих часток. Використання біомаси для отримання теплової і

електричної енергії може покращити екологічні показники навколишнього середовища.

В Україні біомаса має значний потенціал і може бути використана в результаті діяльності сільськогосподарських підприємств. Наразі основними джерелами біомаси в Україні (якщо не брати до уваги деревину) є відходи з сільськогосподарських культур: солома, стебла та стрижні кукурудзи, стебла та лущиння соняшника, а також – у перспективі – енергетичні культури: верба, тополя, міскантус, що вирощуються спеціально.

Успішна технічна реалізація процесу спалювання пелет пов'язана з вибором раціональних технічних рішень та режимних параметрів роботи відповідного обладнання. Тому вдосконалення технологій та устаткування для спалювання біопалива аграрного походження є актуальною задачею, що обумовлена екологічним станом довкілля та необхідністю залучення в енергетику альтернативних та відновлювальних джерел енергії у зв'язку з вичерпністю та постійним зростанням цін на викопні енергоносії.

Структура та обсяг дисертації.

Дисертація складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку використаної літератури та додатку. Загальний обсяг дисертації складає 182 сторінки, містить 69 рисунків, 15 таблиць, список використаної літератури з 76 найменувань.

Оформлення дисертації, стиль викладу та мова дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до стандарту ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки й техніки. Структура і правила оформлення». Матеріал дисертації викладено в послідовності, що відповідає поставленим в роботі завданням, текст дисертаційної роботи написано у науковому стилі. Дисертаційна робота оформлена відповідно

до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Стиль висловлювання та подача матеріалу досліджень є логічними, послідовними і зв'язаними єдиною цільовою спрямованістю. Стиль викладу матеріалу дисертації, висновків, наукових положень є притаманним науковим дослідженням. Мова дисертації лаконічна, термінологічно відповідає сучасним нормам, коректна та зрозуміла.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Веремійчук А. М. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 144 Теплоенергетика та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Теплоенергетика.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям енергозбереження та підвищення ефективності теплоенергетичних систем. Отримані автором результати дисертаційного дослідження вирішують всі поставлені завдання та свідчать про хороший науковий рівень роботи та її методичну цінність.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові збіги, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Веремійчук Ганни Миколаївни є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Основний зміст роботи.

У першому розділі було проведено аналіз літературних джерел сучасних технологій щодо наявного потенціалу вирощування енергетичних культур в Україні, їх застосування та енергетичний

потенціал кожного виду біоенергетичних ресурсів, наведено огляд літератури, в якому описано актуальність обраної теми дослідження. З'ясовано особливості застосування агропелет в комунальному секторі, а також проаналізовані проблеми щодо використання агропелет в енергетичному секторі України. Проведено аналіз нормативно-правового забезпечення підтримки та розвитку біоенергетики. Проведено аналіз даних сучасного рівня технологій спалювання агропелет, класифікації пальників та принципу їх роботи.

В другому розділі наведено результати проведених експериментальних досліджень спалювання рослинних пелет, визначено характеристики процесу горіння пелет в топці пальника, що приєднаний до побутового котла. Визначено характерні особливості температурних режимів роботи котла при спалюванні агропелет різного типу (солома ячменю та пшениці, гранули із качанів кукурудзи, пелети із соломи ріпаку та з бурякового жому) та пелет з деревини. Приведено результати досліджень у вигляді побудованих графічних залежностей та знайдені основні закономірності процесу їх горіння і досліджено вплив режимних параметрів на розподіл температур в топковій камері котла.

У третьому розділі було проведено моделювання згоряння деревних пелет в топковій камері котла на твердому паливі та виявлено теплогідравлічні особливості течії у «водяній сорочці» котла. Проведено розрахунок горіння пелет за допомогою скінчено-елементних CFD-моделей котла і пальника в середовищі програмного комплексу ANSYS-Fluent, здійснено прогнозування розподілу середніх швидкостей і температур агропелет в пальнику, який встановлений в експериментальній установці твердопаливного котла для опалення будинку пасивного типу. Наведено порівняння результатів чисельного моделювання з власними експериментальними даними для отримано задовільний збіг і підтвердження можливості використання обраної моделі для системи пальник-котел.

В четвертому розділі висвітлено дослідження емісії CO та NO_x при спалюванні подрібненого палива в пальнику, що дозволило виявити режими спалювання, що прийнятні для реалізації в промисловому обладнанні різної потужності. При спалюванні деревних пелет були здійснені вимірювання значень CO та NO_x, що дозволить в подальшому виключити екологічно небезпечні режими спалювання пелет в котлах.

У п'ятому розділі дисертаційної роботи запропоновано рекомендації щодо виготовлення пальників для спалювання біопалива аграрного походження. Наведені в розділі матеріали можуть бути використані для розробки та вдосконалення пальників котлів малої потужності для спалювання пелет аграрного походження та зменшення витрати на опалення і підвищення ефективності використання енергоресурсів.

У висновках наведено узагальнення отриманих у дисертаційній роботі наукових і практичних результатів. Наведені в дисертаційній роботі матеріали можуть бути використані для розроблення та вдосконалення пристроїв для спалювання пелет сільськогосподарського походження, а також для вибору найбільш оптимальних режимів спалювання даних пелет в котлах малої потужності.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються.

Положення та висновки дисертаційної роботи достатньо обґрунтовані теоретичними та експериментальними дослідженнями. Ця оцінка базується на коректній постановці мети та завдань дослідження, використанні перевірених вихідних даних, застосуванні адекватних методів досліджень, логічному та чіткому формулюванні їх результатів. Про необхідний ступінь наукового обґрунтування та верифікації основних положень дисертаційної роботи свідчить також всебічна апробація результатів у вигляді публікацій та доповідей на міжнародних науково-

практичних конференціях, які входять в наукометричну базу Scopus і Web of Science.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Наукова новизна отриманих результатів.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Представлено чисельну модель аеродинаміки і теплопереносу, що дозволяє детально аналізувати теплофізичні процеси в побутовому пелетному пальнику малої потужності при спалюванні пелет із рослинної сировини, що в подальшому відкриває можливості для точного прогнозування та оптимізації роботи пальників.

2. Розроблено алгоритми чисельного дослідження та отримано результати, які можуть використовуватися при проектуванні побутових пелетних пальників малої потужності.

3. Визначено характеристики температурних режимів котла малої потужності із пальником, які дозволять спалювати широкий асортимент пелет сільськогосподарського походження.

4. Визначено концентрації NO_x , O_2 і CO у димових газах при спалюванні агропелет та отримано оптимальне співвідношення даних компонент, які відповідають діючим нормативам.

Практичне значення одержаних результатів.

Практичне значення результатів дисертаційної роботи полягає в подальшому використанні їх практичній області:

1. Використання для модульних містечок для переселенців та для шелтерів.

2. Стійке теплозабезпечення індивідуально-побутового сектору та малого бізнесу в сучасних умовах воєнного стану для уникнення блек-тепло-аутів.

3. Завдяки моніторингу отримано оперативне, оптимальне та раціональне використання пелетного біопалива місцевого походження.

4. Мінімізація склування та спікання золи розумним керуванням процесу спалювання.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувачка повною мірою оволоділа методологією наукової діяльності.

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях.

Наукові результати дисертації висвітлені у 13 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 5 статей у наукових спеціалізованих виданнях України, перелік яких затверджено МОН України; 1 стаття у наукових виданнях за кордоном; опубліковано 7 тез доповідей у збірниках матеріалів конференцій.

Обсяг друкованих робіт та їх кількість відповідають вимогам щодо висвітлення наукових результатів дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії. Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертації були оприлюднено в 7 доповідях на 4 наукових фахових конференціях.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У п. 1.2.2. «Класифікація пальників та принцип їх роботи» авторка провела патентний аналіз пальників вітчизняних вчених, доцільно було б розглянути також закордонні винаходи в даному напрямку.

2. В розділі 3, підрозділ 3.1 наведені дані про недоліки спалювання біопалив різного типу. Було б доцільно привести ці дані в оглядовій частині дисертації.

3. В підрозділі 3.2 розроблена математична модель гідродинаміки і теплопереносу для пальника та окремої пелети. Не приведена геометрія об'єктів досліджень, немає обґрунтування вибору $k-\varepsilon$ моделі турбулентності та відсутні результати чисельних розрахунків.

4. В підрозділі 3.4 проведено CFD-моделювання пальника і водяного економайзера котельної установки. Не наведені вихідні рівняння та крайові умови математичної моделі. Знайдено, що збільшення довжини пальника (від 0,4 до 0,5 м) призводить до покращення ефективності його роботи. Проте не наведені рекомендації по вибору оптимальної довжини пальника. Результати порівняння температурних розподілів в продуктах згоряння, які знайдені чисельними і експериментальними методами, мають якісний характер. Важко оцінити достовірність результатів чисельного моделювання для водяного економайзера оскільки експериментальні дослідження для нього не проводились.

5. В розділі 2, підрозділ 2.1.2, (стор. 76,77) відсутні рис. 2.13, 2.14, які задекларовані в тексті дисертації.

6. На рис. 2.3 (стор. 64) не зовсім вірно вказані елементи котла в підрисуючих підписах (котел - 4, труба котла - 3).

7. В розділі 4 для рис. 4.10. підрисуючі підписи наведені англійською мовою, проте варто було б привести їх українською мовою.

Наведені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів, а також не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота Веремійчук Ганни Миколаївни на тему «Аеродинаміка та теплообмін при спалюванні агропелет в котлах

побутових споживачів» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є завершеним науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має суттєве значення для теплоенергетичної галузі. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувачка Веремійчук Ганна Миколаївна заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 144 «Теплоенергетика».

Офіційний опонент

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри інженерії енергосистем,
Навчально-науковий інституту енергетики,
автоматики і енергозбереження,
Національного університету біоресурсів
і природокористування

Валерій ГОРОБЕЦЬ

