

Відгук
офіційного опонента на дисертаційну роботу
Веремійчук Ганни Миколаївни
на тему «Аеродинаміка та теплообмін при спалюванні агропелет в котлах
побутових споживачів»
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
в галузі знань 14 «Електрична інженерія»
за спеціальністю 144 «Теплоенергетика»

Актуальність теми дисертації.

Авторкою дисертаційного дослідження було проведено визначення основних закономірностей процесу горіння агропелет сільськогосподарського походження й дослідження впливу режимних параметрів на розподіл температур в топковій камері, а також дослідження продуктивних характеристик біопаливної сировини.

В сьогоденні складних умовах воєнного стану виникає необхідність у інтенсивному впровадженні інноваційних технологій для виробництва теплової енергії. Це особливо важливо у тих місцевостях, де мешканці не мають необхідного теплозабезпечення, а ракетні атаки постійно руйнують або пошкоджують підприємства комунального теплопостачання (котельні, теплоелектроцентралі). Виходячи з цього, виникає потреба у впровадженні розосередженої теплової генерації, а саме з використанням індивідуальних котлів. Оскільки котли малої потужності, теплогенератори, печі, тощо можуть спалювати різноманітні види палива маючи при цьому пальники різних конструкцій, то пріоритетним напрямом в теплоенергетиці для України залишається використання альтернативних видів палива серед яких найбільш доступним і перспективним є біопаливо.

Спалювання біомаси, а особливо пелет рослинного походження, вимагає спеціальної конструкції котлів. Основні вимоги до котлів і котелень на біопаливі направлені на забезпечення: теплової потужністю котла; необхідності комплектації котельні надійним обладнанням для накопичення і подачі біомаси різної вологості; системою пожежогасіння і підготовки палива до спалювання; забезпеченості вискоефективними системами очищення газових викидів із котлів від золи і дисперсних частинок; можливості періодичного (бажано автоматизованого) очищення поверхонь нагрівання котлів

від золи; забезпечення повноти згорання палива та інші. Отже, вдосконалення існуючих та розробка інноваційних пальників для спалювання пелет сільськогосподарського походження в котлах є актуальною задачею та є одним із шляхів забезпечення енергетичної безпеки в умовах відновлення та "зеленої" трансформації енергетичної системи України.

Результати роботи демонструють, що дослідження присвячене вирішенню актуального наукового завдання, що полягає в розробці та вдосконаленні пальників для спалювання пелет сільськогосподарського походження, визначення основних закономірностей процесу їх горіння й дослідження впливу режимних параметрів на тепловий стан топкової камери котла малої потужності.

З урахуванням викладеного, робота Веремійчук Г.М., яка присвячена дослідженню аеродинаміки та теплообміну при спалюванні агропелет в котлах побутових споживачів, є актуальною як з наукової, так і з практичної точки зору.

Структура та обсяг дисертації.

Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаної літератури із 76 найменувань. Загальний обсяг дисертаційної роботи складає 182 сторінки, зокрема робота містить 69 рисунків та 15 таблиць.

Оформлення дисертації, стиль викладу та мова дисертаційної роботи.

Стиль висловлювання та подача матеріалу досліджень є логічними, послідовними і зв'язаними єдиною цільовою спрямованістю. Стиль викладу матеріалу дисертації, висновків, наукових положень є притаманними 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 Веремійчук Г.М. повністю відповідає Стандарту вищої освіти за спеціальністю 144 Теплоенергетика та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Теплоенергетика.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувачки у науковий напрям енергозбереження та підвищення ефективності процесу горіння у котлах малої потужності. Отримані авторкою результати дисертаційного дослідження вирішують всі поставлені завдання та свідчать про високий науковий рівень роботи та її методичну цінність.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Веремійчук Ганни Миколаївни є результатом самостійних досліджень здобувачки і не містить елементів фальсифікації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідні літературні джерела.

Основний зміст роботи.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено її зв'язок із науковими програмами, планами і темами, сформульовано мету і основні задачі досліджень, розглянуто об'єкт, предмет та методи досліджень, визначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Наведено дані про апробацію результатів дисертаційної роботи, відомості про особистий внесок автора, опубліковані результати, структуру та обсяг роботи.

У першому розділі розглядається сучасний стан технологій, щодо наявного потенціалу вирощування енергетичних культур в Україні, їх застосування та енергетичний потенціал кожного виду біоенергетичних ресурсів. Визначено основні фізичні та енергетичні характеристики сировини з біомаси. З'ясовано особливості застосування агропелет в комунальному секторі, а також проаналізовані проблеми щодо використання агропелет в енергетичному секторі України. Проведено аналіз даних сучасного рівня технологій спалювання агропелет та класифікації пальників і принципу їх роботи.

У другому розділі приведено опис розробленої експериментальної установки на основі твердопаливного котла типу Viadrus тепловою потужністю 30 кВт з оригінальним пелетним пальником, яка дозволяє ґрунтовно

досліджувати особливості спалювання різноманітних палив рослинного походження для опалення приватного будинку. У результаті проведено експериментальні дослідження щодо спалювання рослинних пелет у котлах малої потужності до 30 кВт у філії ІТТФ НАН України (по вул. Булаховського, 2). На основі даних експерименту було визначено характерні особливості температурних режимів в об'ємі котла та процесу горіння при спалюванні пелет.

У третьому розділі засобами ANSYS-Fluent здійснено прогнозування розподілу середніх швидкостей і температур в пальнику, який встановлений в експериментальній установці твердопаливного котла для опалення будинку пасивного типу. Проведено розрахунок горіння пелет за допомогою скінчено-елементних CFD-моделей котла і пальника в середовищі програмного комплексу ANSYS-Fluent. При моделюванні складових тензора напруг Рейнольдса, використовувався підхід Буссінеска, для замикання осереднених по Рейнольдсу рівнянь Нав'є-Стокса використовувалась Realizable $k-\varepsilon$ модель турбулентності. Також проведено моделювання теплогидравлічних параметрів теплоносія у теплообміннику «водяній сорочці» котла. Проведено порівняння результатів чисельного моделювання з експериментальними даними отриманими на установці на основі твердопаливного котла типу Viadrus для визначення задовільного співпадіння і підтвердження можливості використання обраної моделі для системи пальник-котел.

У четвертому розділі досліджена емісія 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 на основі проведених досліджень викладено рекомендації для підвищення ефективності горіння при спалюванні пелетного біопалива та модернізації пальників котлів малої потужності комунальної та промислової теплоенергетики, соціально-бюджетної сфери, індивідуально-побутового сектора.

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.

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

Наукова новизна отриманих результатів.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- розроблено чисельну модель, що дозволяє детально аналізувати теплофізичні процеси в побутовому пелетному пальнику малої потужності при спалюванні пелет із рослинної сировини. Це відкриває можливості для точного прогнозування та оптимізації роботи пальників;

- знайдено залежність енергетичних характеристик пальника, таких як теплова потужність, температура газоподібних продуктів згорання, що виводяться з камери згорання, від його геометричних розмірів, зокрема від його довжини при сталій ширині. Розроблені алгоритми чисельного дослідження та його результати можуть використовуватися при проектуванні побутових пелетних пальників малої потужності;

- визначено характеристики температурних режимів котла малої потужності із пальником, які дозволять спалювати широкий асортимент пелет сільськогосподарського походження;

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

Практичне значення одержаних результатів.

– стійке теплозабезпечення індивідуально-побутового сектору та малого бізнесу в сучасних умовах воєнного стану для уникнення блек-тепло-аутів;

– використання для модульних містечок для переселенців та для шелтерів;

– завдяки моніторингу отримано оперативне, оптимальне та раціональне використання пелетного біопалива місцевого походження;

– мінімізація склування та спікання золи розумним керуванням процесу спалювання.

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

Наукові результати дисертації висвітлені у 13 публікаціях наукових робіт, у тому числі: 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 дисертацій роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувачки.

Апробація результатів дисертації.

Основні результати роботи обговорювались та отримали схвалення на міжнародній науково-практичній конференції «Екологія. Ресурси. Енергія. Багатофункціональні еко- та енергоефективні, ресурсозберігаючі технології в архітектурі, будівництві та суміжних галузях» (Київ, 2020), VII Міжнародній науково-технічній та навчально-методичній конференції (Київ, 2021), IV International Scientific-Technical conference “Actual problems of renewable power engineering, construction and environmental engineering” (Kielce, 2020), V International Scientific-Technical conference «Actual problems of renewable energy,

construction and environmental engineering» (Kielce, 2021), VI International Scientific-Technical Conference (Kielce, 2022), XIII Міжнародна онлайн конференція «Проблеми теплофізики та теплоенергетики» (Київ, 2023).

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

При загальній позитивній оцінці одержаних в роботі результатів і зроблених здобувачкою висновків, вважаю за необхідне зробити наступні зауваження:

1. Перший розділ дещо перевантажений аналітичним оглядом технологій спалювання біопалива та їх перевагам. Разом з тим, недостатньо обґрунтовано застосування моделювання процесів спалювання агропелет, чому присвячено третій розділ.

2. В 3-му розділі при описі CFD-моделей не наводиться апробація сітки, варто було б пояснити перевірку та аналіз незалежності сітки, підтвердивши дані в таблиці чи графіку. Наприклад, на Рисунку 3.3. наведено розрахункову схему розбиття на кінцеві елементи у вигляді багатокутників, однак не вказані розміри цих елементів, їх кількість і число розширення утвореної сітки. Це важливо, оскільки від цього залежить точність отриманих результатів моделі і варто було б вказати параметр при якому подальше збільшення числа елементів вже не є доцільним з точки зору точності результатів і затрат часу та оперативної пам'яті.

3. Варто було б більш чітко конкретизувати граничні умови для CFD-моделей топкової камери та водяної сорочки котла. Наприклад, для водяної сорочки сказано, що обирається швидкість 1 м/с, яка взята із паспортних характеристик котла, однак, не уточнюється де саме в досліджуваному об'ємі встановлюється вхід «Inlet», і який саме параметр при цьому задається: об'ємна витрата чи швидкість теплоносія в конкретному перерізі. Аналогічна ситуація стосується граничних умов на виході з об'єму «Outlet», умов які задаються на стінках «Wall», тощо. Це можливо було б зробити вказавши граничні умови на розрахунковій схемі моделі та надавши роз'яснення до них, який саме параметр задається і відповідно його числове значення. Це є важливим фактором для можливості відтворення проведеного моделювання.

4. До розділу 5 авторкою наведено 2 висновки, необхідно було більш детально викласти дані висновки до розділу.

5. В роботі не виконано розрахунок техніко-економічної ефективності спалювання агропелет у порівнянні з викопними видами палива, це б значно підвищило інвестиційну привабливість котлів для спалювання пелет.

6. В роботі інколи зустрічаються орфографічні помилки і неточності.

В цілому, представлені зауваження не є визначальними та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновки про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувачки ступеня доктора філософії 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 закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має важливе 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 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 ступеня доктора філософії в галузі знань 14 Електрична інженерія за спеціальністю 144 Теплоенергетика.

Офіційний опонент

К.Т.Н., доц., доцент
кафедри біотехніки та інженерії,
Факультет біотехнології і біотехніки,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

