

Голові разової спеціалізованої вченої ради в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», доктору технічних наук, професору кафедри теплової та альтернативної енергетики

Безродному Михайлу Костянтиновичу

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, завідувача відділу технологій альтернативних палив Інституту газу НАН України П'яних Костянтина Євгеновича на дисертаційну роботу Бєтіна Юрія Олексійовича на тему **«Підвищення ефективності печей малої потужності за рахунок струменево-нішової технології»**, подану до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 14 – «Електрична інженерія» за спеціальністю 144 – «Теплоенергетика».

На сучасному етапі розвитку суспільства можна стверджувати встановленим факт впливу процесів горіння при використанні мінеральних (органічних) та альтернативних палив на локальний клімат окремих регіонів та глобальний клімат Землі. Підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів є одним з важливих напрямків зменшення впливу людства на навколишнє середовище.

Актуальність теми дисертаційної роботи

Проблема підвищення ефективності використання палива, є перманентно актуальною в технологічних процесах промисловості. Природний газ є одним з найбільш цінних видів палива, доступ до якого в умовах воєнних дій є обмеженим. Забезпечення зменшення споживання цього ресурсу важливо не тільки з точки зору зменшення паливної складової в собівартості продукції підприємств, які використовують природний газ. Економія природного газу в умовах обмеженої пропозиції еквівалентно створенню цього ресурсу, який історично є ключовим для забезпечення теплопостачання населення і є важливим ресурсом виживання.

Великий об'єм досліджень дисертації присвячено пекарським печам харчової промисловості малої потужності. Результатами цієї роботи окрім підвищення ефективності використання палива стало підвищення якості продукції, що є ще одним фактором актуальності цього дослідження.

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

Дисертаційна робота виконувалась в рамках досліджень, проведених бюджетних досліджень 4.01 «Розробка методів та засобів підвищення ефективності обладнання теплових електростанцій та газотурбінних установок», Д/р № 0116U005215 (2016 – 2020 рр.).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій
Наукова новизна сформульована у дисертації.

Найбільш важливі наукові положення дисертаційної роботи полягають у:

- визначенні впливу крайових ефектів на плоскому пілоні при зменшенні ширині його газорозподіляючої поверхні;
- обґрунтуванні обмеженості використання вихрових пальникових пристроїв при організації імпульсного обігріву робочого простору печей. Експериментальному підтвердженні наднормативних викидів чадного газу СО та недопалу метану внаслідок періодичного включення-виключення пальникових пристроїв в таких режимах роботи;
- визначенні критичного розміру плоского пілону, який становить 50 мм і вирішенні проблеми за рахунок використання пілонів циліндричної форми.

Висновки, представлені в роботі перевірені шляхом промислової експлуатації, створених створених пальникових пристроїв, що є найкращим підтвердженням їх якості.

Достовірність одержаних результатів, повнота їх викладення в опублікованих працях

Достовірність результатів дослідження, висновків і рекомендацій, які містяться в дисертаційній роботі, підтверджуються:

- великим масивом експериментальних досліджень, проведених з використанням сучасних методів, приладів та обладнання;
- результатами впровадження в промисловість.

Дисертація є самостійною роботою автора, яка включає всю необхідну для її оцінки інформацію, містить основні положення, висновки та рекомендації. Здобувачем самостійно були розроблені конструкції пальників, на основі яких була проведена модернізація обжигової машини та конструкції пальників щодо печі випікання вафельного листа. Планування експериментів, обробка отриманих результатів та аналіз отриманих даних здобувачем зроблено особисто. Аналіз результатів експериментальних досліджень, а також їх узагальнення, промислові випробування пальникових пристроїв із урахуванням результатів дисертації проведені при безпосередній участі здобувача.

Основні наукові результати описані в дисертаційній роботі висвітлені в 7 наукових працях, у тому числі у 4 статтях, 1 з яких опубліковано в збірці, яка індексується міжнародною бібліографічною базою даних Scopus, 3 – у статтях фахових журналів, категорії «Б»; 3 роботи є тезами доповідей, опублікованих у матеріалах міжнародних наукових конференцій.

Основні положення дисертації заслуговувались та обговорювались на:

- міжнародних науково-практичних конференціях аспірантів, магістрантів, студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», НТУУ «КПІ», ТЕФ (Київ, Україна, 2021, 2022, 2023 рр.);
- XVIII Міжнародній науково-практичній конференції «Теплова енергетика: шляхи реновації та розвитку» (Київ, Україна, 20 жовтня 2022 року);
- наукових семінарах кафедри ТЕУ Т та АЕС НТУУ «КПІ» «Підвищення ефективності використання органічних палив в енергетиці та промисловості», присвячених пам'яті видатного вченого в галузі створення технологій

спалювання Христича В.О. НТУУ «КПІ» (м. Київ, листопад 2019, 2021, 2022, 2023 рр.).

Академічна доброчесність

У дисертації та наукових публікаціях порушень принципів академічної доброчесності (академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації та фальсифікації) не виявлено.

Практичне значення отриманих результатів

Практичне значення результатів роботи, викладених в дисертації полягає у створенні на основі математичного моделювання та експериментальних досліджень пальникових присторів нового з газорозділяючою поверхнею високого ступеня кривизни, що дає можливість удосконалити організацію топкового процесу в низькотемпературних печах малої потужності.

Важливим результатом є також визначення обмеженості використання вихрових пальникових пристроїв під час використання імпульсного режиму палювання печей.

Впровадження створеного в рамках виконання роботи пальникового пристрою дозволило провести модернізацію 4 машин випалу вапна (КМ-14) на ММК Ілліча, що працюють у діапазоні навантажень 8-40 м.куб/год да досягти зниження споживання природного газу до 50%.

Ідентичність змісту анотації та основних положень дисертації

Аналіз змісту опублікованої анотації засвідчує її відповідність основним положенням, які викладено в тексті дисертації. Обсяг та оформлення анотації та дисертації відповідають встановленим чинним вимогам.

Аналіз стилю викладення матеріалу і оформлення роботи

Дисертація написана державною мовою, грамотно, логічно та систематизовано. Стиль викладення наукових положень, результатів досліджень та висновків забезпечує доступність сприйняття матеріалу. Обсяг і оформлення дисертації та анотації відповідають вимогам МОН України «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», характеризується єдністю змісту, є кваліфікаційною, завершеною науковою працею. Вимоги Постанови КМУ від 12 січня 2022 р. № 44 (із змінами, внесеними згідно Постанови КМУ від 21.03. 2022 р. № 341) «Порядок присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» до кількості публікацій у спеціалізованих виданнях виконано.

Структура дисертації

Дисертація складається з:

- анотації;
- вступу;
- шести розділів,
- висновка по роботі;

- списку використаних джерел (104 найменувань, серед яких 20 - іноземні публікації);
- восьми додатків.

Загальний об'єм дисертації становить 232 сторінки. Основна частина дисертації викладена на 181 сторінках та містить 3 таблиці, 112 рисунків.

У вступі представлено основну інформацію по роботі: сформульовано актуальність теми, мету та задачі дослідження, представлено зв'язок роботи з науковими програмами Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», описано методи досліджень, наукову новизну та практичне значення роботи, наведено інформацію про внесок здобувача та апробацію матеріалів дисертації.

В першому розділі дисертації розглянуто сучасний стан теорії горіння, показано, що процес спалювання палива є складовою частиною організації топкового процесу, проведено огляд принципів стабілізації процесу горіння та показані основні рішення, що забезпечують переваги струменево-нішевої технології спалювання палива. В розділі наведена класифікація промислових печей та показано особливості функціонування низькотемпературних печей малої потужності, які є основою хлібопекарської промисловості. Глибоко вивчено особливості організації технологічного процесу хлібопекарських печей, роль конвективного, радіаційного та кондуктивного теплообміну в роботі цих агрегатів.

Другий розділ присвячено опису експериментальних стендів методології та методика проведення досліджень.

Приведено описи лабораторних експериментальних стендів для дослідження струменево-нішевої технології організації спалювання природного газу з використанням плоских та циліндричних пілонів

Надано конструкції та схеми проведення вимірювань на промисловому обладнанні:

- експериментальному, промисловому обладнанні фабрики ХААС-МАЙНКЕ для вивчення характеристик робочого процесу пальникових пристроїв вихрового типу, працюючого в імпульсному режимі;
- експериментальній печі GOCMEN для випікання вафельного листа;
- експериментальній машині КМ-14 аглофабрики заводу ММК «імені Ілліча».

Опрацьовано методику проведення та обробки експериментальних даних, включаючи оцінку похибки вимірювань, що є надзвичайно важливим елементом експериментальних досліджень.

В третьому розділі наведено обширні результати дослідження закономірностей та особливості роботи пальникових пристроїв вихрового типу в умовах експлуатації в імпульсному режимі на дослідно-промисловому зразку печі з випікання кексів на фабриці Haas-Mainke (м. Копенгаген, Данія). Проведені дослідження показали невідповідність прийнятої системи опалення вимогам ефективного використання палива, більше того вимогам безпечної експлуатації та екологічним вимогам. Зроблено висновок, що всі перераховані проблеми пов'язані в першу чергу з вузьким діапазоном роботи пальникового пристрою з закруткою потоку окислювача, який є

недостатнім для організації ефективного топкового процесу в низькотемпературних печах малої потужності.

Розділ чотири присвячено обґрунтуванню вибору пального пристрою для кекс-печі фабрики Naas-Maincke, проведено оцінку потужності пального пристрою, який має відповідати вимогам технологічного процесу. Автор за результатами досліджень визначив, що палинковий пристрій, використаний на кекс-печі не відповідає вимогам експлуатації і запропонував, посилаючись на широкий діапазон регулювання палинків, які реалізують процес спалювання за струменево-нішевою технологією, використати для опалення таких печей палинків серії СНТ. В рамках вивчення можливості проведення такої заміни проведено серію випробувань пального модулю СНТ-11 80x80 мм з діаметром отворів 3 мм та перевірено його діапазон стійкої роботи на лабораторному дослідному стенді. Промислові дослідження були проведені на печі випалу вапна КМ-14, наданій агрофабрикою ММК «Завод імені Ілліча» (м. Маріуполь). За результатами обробки експериментальних даних визначено діапазон стійкої роботи одиничного ПП СНТ-11, який становить від 1 до 40 м³/год природного газу. Таким чином можливість використання модулю СНТ-11 на кекс-печі фабрики Naas-Maincke було підтверджено.

П'ятий розділ присвячено вивченню технологічного процесу низькотемпературних печей по виготовленню вафельного листа фабрики Naas (м. Відень; Австрія) та фабрики Домінік (м. Полтава; Україна). Дослідження показали, що використання мікрофакельної технології спалювання газу не відповідає топковим процесам, організованим в цих печах. Проведені дослідження дозволили автору запропонувати заміну встановлених палинкових пристроїв на кілька рядів палинків, що реалізують струменево-нішеву технологію. Запропоновано схему модернізації даних печей на основі струменево-нішевої технології. Виконано попередній розрахунок базового палинка необхідного для проведення модернізації.

В шостому розділі представлено матеріали, які демонструють проблеми, пов'язані з крайовими ефектами при використанні струменево-нішевої технології при зближенні стінок каналу подачі повітря базового модуля СНТ на ширину в 50 мм та шляхи вирішення цієї проблеми автором. З результатами математичного моделювання та експериментальних досліджень було створено циліндричний струменево-нішевий модуль, проведено всебічне обстеження його роботи. В результаті проведених досліджень було отримано палинковий пристрій, який задовільняє умовам експлуатації в низькотемпературних печах.

Зауваження до дисертаційної роботи.

1. В розділі один наведено опис основних напрямків науки і техніки, вивченню яких присвячена робота, обширна інформація викладена по особливості організації технологічного процесу хлібопекарських печей. Вага розділу була б набагато більшою, якби в ньому було представлено проблему, вирішення якої є завданням цієї роботи.
2. Використання для опрацювання обладнання, розрахованого для роботи в низькотемпературних печах досліджень, виконаних на печі випалу вапняків з

характерними температурними режимами 1000°C та вище потребує додаткового обґрунтування.

3. Перелік малюнків виконано з недоліками. Приклад: після рис.1.2. і в тексті і в переліку іде рис.1.8. після 1.9 - 1.11, після 1.12 – 1.14, після 1.14 – 1.17 і т.п. Є велика кількість малюнків, які не оформлені як такі. Жоден малюнок на підрозділу 3.2 «Обробка результатів досліджень» не оформлено належним чином.
4. В анотації приведено інформацію що «робота складається зі вступу, п'ятьох розділів, висновків, списку використаних джерел». В дисертації шість розділів.

Вказані зауваження по роботі не вплинули на зроблений раніше висновок щодо достовірності отриманих результатів, їх теоретичної та експериментальної обґрунтованості, на новизну його наукових положень, висновків, рекомендацій та практичну цінність результатів досліджень.

Відповідність дисертації визначеній спеціальності. Висновки опонента.

Дисертаційна робота Бетіна Юрія Олексійовича на тему «Підвищення ефективності печей малої потужності за рахунок струменево-нішової технології» є завершеною самостійною роботою, в якій отримані нові науково обґрунтовані та практично цінні результати. Автором дотримані правила організації досліджень, використано сучасні методи збирання та обробки наукової інформації. Дисертаційна робота спрямована на вирішення проблеми підвищення ефективності використання палива в теплотехнічних агрегатах, що обумовлює її відповідність спеціальності 144 «Теплоенергетика». Результати експериментальних досліджень та впровадження на промислових та енергетичних агрегатах підтверджують ефективність запропонованих в роботі рішень.

Дисертація Бетіна Юрія Олексійовича на тему «Підвищення ефективності печей малої потужності за рахунок струменево-нішової технології» відповідає наказу МОН України від 12.01.2017 № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44), а її автор – Бетін Юрій Олексійович може бути рекомендований на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 144 «Теплоенергетика», галузь знань – 14 «Електрична інженерія».

Завідувач відділу Технологій альтернативних палив

Інституту газу НАН України,

д.т.н.

Особистий підпис П'яних К.Є. підтверджую.

заступник директора Інституту газу НАН України

к.т.н.



Костянтин П'яних

Анатолій Сміхула