

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ТА ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

ГРИЦЬКО ВІТАЛІЙ ІГОРОВИЧ

УДК 621.18

**ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ
ВОДОГРІЙНИХ КОТЛІВ
МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ**

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Автореферат

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль
2018

Дипломною роботою магістра є рукопис

Робота виконана в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник

кандидат технічних наук, доцент
Зінь Мирослав Михайлович,
доцент кафедри електричної інженерії
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Рецензент

кандидат фізико-математичних наук, доцент
Шелестовський Борис Григорович,
завідувач кафедри вищої математики
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 24 грудня 2018 р. о 17:00 годині на засіданні екзаменаційної комісії № 38 з атестації здобувачів ступеня вищої освіти магістр спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» при Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя МОН України за адресою: 46000, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, аудиторія 404.

З авторефератом дипломної роботи магістра можна ознайомитись в інституційному репозиторії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (ELARTU) за адресою: <http://elartu.tntu.edu.ua/>.

Секретар

екзаменаційної комісії № 38

Коцорко Р.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Велике значення для нашої держави має проблема енергозбереження. Виробництво побутової опалювальної техніки потужністю до 100 кВт досить сильно розвинене в багатьох країнах світу, в тому числі і в Україні. Виходячи із загальноприйнятих тенденцій енергозбереження і ефективного використання теплогенерувального обладнання в конструюванні та виготовленні сучасних побутових котлів (як на природному газі так і на твердому паливі) для автономного опалення та гарячого водопостачання необхідно забезпечити високий ККД, невеликі габарити та масу котла. Тому проблема розробки високоефективних теплообмінних елементів є актуальною.

Швидкий темп виробництва опалювальних котлів випереджає науково-технічне забезпечення їх розробки. Загальні науково-обґрунтовані принципи розробки водогрійних котлів малої потужності в літературі не зустрічаються. Недостатньо приділена увага рекомендаціям по їх тепловому, аеро- та гідродинамічному розрахунку. Крім того, проблема інтенсифікації теплообміну в жаротрубних пучках водогрійних котлів недостатньо вивчена, відсутні залежності для розрахунку інтенсифікованого теплообміну. В зв'язку з великою різноманітністю ринку опалювального обладнання як на твердому паливі так і на природному газі виникає необхідність у оцінці характеристик такого обладнання не лише в аспекті екологічної і енергетичної ефективності під час експлуатації, а й на повному життєвому циклі. Тому дослідження в цьому напрямку є актуальними і необхідними.

Мета роботи – розробка методів та засобів ресурсо- та енергозбереження в котлах малої потужності на традиційних та альтернативних паливах з врахуванням техногенного навантаження на навколишнє середовище.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі задачі.

- аналітичний огляд інформації по котлах малої потужності, методах їх розрахунку та оцінки ефективності;
- систематизація інформації по котлах малої потужності на альтернативних паливах;
- розробка методу оцінки ефективності котлів малої потужності на традиційних та альтернативних паливах з врахуванням життєвого циклу;
- експериментальні дослідження процесів інтенсифікації теплообміну в круглому каналі;
- розробка критеріїв оцінки ефективності жаротрубного пучка ВК з інтенсифікацією теплообміну;
- розробка рекомендацій по проектуванню водогрійних котлів малої потужності на традиційних та альтернативних паливах.

Об'єкт дослідження – теплогідродинамічні процеси в елементах жаротрубного водогрійного котла малої потужності.

Предмет дослідження – енергетична та екологічна ефективність водогрійних котлів малої потужності.

Методи дослідження – аналітичні й експериментальні дослідження процесу інтенсифікації теплообміну в круглому каналі теплообмінника та в жаротрубному

елементі котла малої потужності, обробка результатів досліджень з використанням методів статистики.

Наукова новизна одержаних результатів:

– набули подальшого розвитку методи розрахунку та підвищення ефективності водогрійних котлів малої потужності;

– розроблена математична модель водогрійного котла малої потужності для спалювання традиційних та альтернативних палив.

Особистий внесок магістранта: систематизація залежностей, які можуть бути використані для теплових розрахунків конвективної частини водогрійних котлів малої потужності; розробка математичної моделі процесів в елементах котлів малої потужності; обробка експериментальних даних, проведення числових досліджень та аналіз результатів досліджень.

Практичне значення отриманих результатів. Результати дипломної роботи можуть бути основою для розробки та вдосконалення водогрійних котлів малої потужності (ВКМП) на традиційних та альтернативних паливах.

Публікації. Основні положення та результати дипломної роботи магістра доповідалися на XI Міжнародній студентській науково-технічній конференції ТНТУ імені Івана Пулюя «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (26-27 квітня 2018 року, м. Тернопіль).

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається зі вступу, 9 розділів, висновків та списку використаних джерел. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 135 аркушів формату А4, графічна частина – 8 аркушів формату А1.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі досліджень, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено дані про особистий внесок здобувача, публікації, апробацію та впровадження результатів роботи.

В першому розділі проведено літературний огляд за напрямком магістерської роботи, зокрема, подано: сучасний стан розробки водогрійних котлів малої потужності, методи оцінки енергетичної ефективності ВК малої потужності.

В основній частині приведено дослідну установку та методику проведення дослідження, аналіз та узагальнення результатів дослідження, практичну реалізацію отриманих результатів.

В спеціальній частині розроблено програмне забезпечення для теплового розрахунку ВКМП.

В частині «Обґрунтування економічної ефективності» виконано аналіз ефективності інвестицій у конденсаційні котли.

В частині «Охорона праці» описано організацію безпечної експлуатації парових та водогрійних котлів та заходи пожежної безпеки при експлуатації газовикористовуючого обладнання.

В частині «Безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто прогнозування

та узагальнену оцінку надзвичайних ситуацій, організацію цивільного захисту на об'єктах теплоенергетики.

В частині «Екологія» подано методи оцінки екологічної ефективності водогрійних котлів малої потужності та порівняння екологічних характеристик котлів на традиційних та альтернативних паливах.

У загальних висновках описано прийняті в роботі технічні рішення та організаційно-технічні заходи, які забезпечують виконання завдання на проектування; оригінальні технічні рішення, прийняті автором в процесі роботи; технічні рішення, що можуть бути впроваджені у виробництво; техніко-економічні показники та їх порівняння з базовими.

В графічній частині приведено креслення, ілюстрації, графіки, діаграми та таблиці, що доповнюють пояснювальну записку дипломної роботи магістра.

ВИСНОВКИ

1. Існуючі методики теплових розрахунків котлоагрегатів та оцінки їх ефективності недостатньо відповідають особливостям сталевих водогрійних котлів малої потужності на традиційних та альтернативних паливах, що вимагає розробки теплогідродинамічних процесів в елементах таких котлів та методів оцінки ефективності з врахуванням їх життєвого циклу. Недостатність інформації для розрахунків інтенсифікованого теплообміну в жаротрубних елементах обумовлює необхідність проведення відповідних досліджень.

2. На основі систематизації інформації по водогрійних котлах малої потужності та аналізу існуючих методів теплового розрахунку котлоагрегатів запропоновано математичну модель ВКМП для спалювання традиційних та альтернативних палив, яка дозволяє врахувати особливості і взаємозв'язок теплообміну і аеродинаміки, наявність інтенсифікаторів теплообміну в жаротрубному пучку, режими конденсації смол.

3. Для перевірки адекватності запропонованої математичної моделі ВКМП проведено порівняння експериментальних результатів, отриманих при роботі котла на газовому паливі потужністю 32 кВт і газогенераторного водогрійного котла (40 кВт) малої потужності на відходах деревини із розрахованими за розробленою моделлю. Виявлено, що розбіжність між експериментальними та розрахованими значеннями температур відхідних газів для котла на газовому паливі складають до 5 %, для котла на деревині до 20 %. Це підтверджує правомірність закладених в математичну модель теплового розрахунку ВКМП спрощень та доповнень.

4. Для перевірки ефективності встановлення інтенсифікаторів оригінальної конструкції проаналізовано експериментальні дослідження ВКМП на природному газі. Виявлено, що за рахунок встановлення інтенсифікатора температура відхідних газів зменшилась на 275 °С в порівнянні з дослідом без інтенсифікації, при цьому ККД і потужність котла зросли на 44 %. Концентрація NO_x в газах при цьому залишалась в межах норми, а концентрація СО – зросла в 5...6 разів, що пов'язано із збільшенням аеродинамічного опору котла і відповідним зменшенням коефіцієнта надлишку повітря.

5. На основі експериментальних та числових досліджень показано, що

застосування Нормативного методу теплового розрахунку котлоагрегатів для розрахунків жаротрубних водогрійних котлів малої потужності (до 100 кВт) правомірне лише з врахуванням особливостей конструкцій топок таких котлів, режимів течії газів і початкової ділянки стабілізації потоку в жаротрубному пучку.

6. На основі методології життєвого циклу (LCA) розроблена система оцінки ефективності водогрійних котлів малої потужності на традиційних та альтернативних паливах. Така система дозволяє комплексно враховувати енергетичні, екологічні та масогабаритні показники котлів.

7. Для визначення ефективності використання інтенсифікаторів тепловіддачі в жаротрубних каналах запропоновані критерії, що враховують такі фактори як витрата палива, аеродинамічний опір, габарити та металоємність. Співставлення критеріїв із результатами, розрахованими з використанням системи оцінки життєвого циклу, дозволило отримати коефіцієнти впливу вищенаведених факторів на ефективність інтенсифікації тепловіддачі для котлів, що працюють на традиційних та альтернативних паливах.

8. За результатами проведених досліджень показано, що зменшення металоємності для жаротрубного пучка із встановленою прямою та скрученою стрічкою складає 19,9 % в порівнянні з котлом без інтенсифікації, а для котла із зігнутою пластиною цей показник складає 10,5 %. Показано, що інтенсифікація теплообміну може розглядатись не тільки як ефективний спосіб підвищення енергетичних показників котла, а й дієвий спосіб ресурсозбереження (металу).

9. Виявлено, що температура точки роси смоли в газогенераторному котлі на деревині знаходиться в діапазоні 100...135 °С в діапазоні концентрації смоли в димових газах від 1000 до 10000 мг/ нм³. Виходячи з цього встановлені режими роботи котла потужністю 32 кВт, при яких не відбувається відкладення смол.

10. На базі отриманих результатів розроблені рекомендації по проектуванню енерго- та екологічно ефективних котлів малої потужності на традиційних та альтернативних паливах.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

Грицько В.І. Сучасний стан розробки водогрійних котлів малої потужності [Текст] // Тези доповіді на XI Міжнародній студентській науково-технічній конференції ТНТУ імені Івана Пулюя «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (26-27 квітня 2018 року, м. Тернопіль). – Тернопіль, ТНТУ, 2018. – С. 111-112.

АНОТАЦІЯ

У магістерській роботі вирішено важливу задачу створення енергетично та екологічно ефективних водогрійних котлів малої потужності на традиційних та альтернативних паливах, розроблено методи розрахунку теплогідродинамічних процесів в елементах котлів та методи оцінки їх ефективності з врахуванням життєвого циклу.

Ключові слова: ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ВОДОГРІЙНИЙ КОТЕЛ

ANNOTATION

The master's thesis solved the important task of creating energy-efficient and environmentally efficient water-heating boilers of low power on traditional and alternative fuels, developed methods for calculating heat-hydrodynamic processes in boiler elements and methods for evaluating their efficiency taking into account the life-cycle.

Key words: ENERGY SAVING, ENERGY EFFICIENCY, WATER HEATING BOILER