

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Магєри Юрія Михайловича «Підвищення ефективності термічної інсінерації твердих побутових відходів», представлену на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика

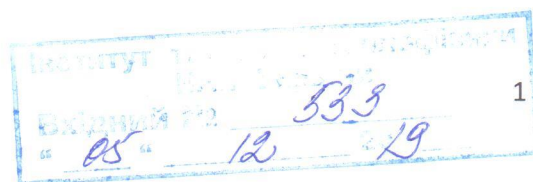
Загальна характеристика роботи.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи без додатків складає 139 сторінок.

Актуальність теми дисертації.

Зберігання твердих побутових відходів (ТПВ) на полігонах призводить до значних викидів до атмосферного повітря шкідливих речовин і забруднення ґрунтових вод. Крім того, постійні пожежі на таких полігонах, особливо в країнах колишнього СРСР, є звичайним явищем. Тобто, крім викидів до атмосфери речовин які утворюються під час біологічної деструкції органічної маси, відбувається і викид димових газів з шкідливими і небезпечними речовинами, у тому числі продуктів неповного згорання. Спалення твердих побутових відходів на спеціалізованих заводах дозволяє: утилізувати горючі відходи і запобігти їх зберіганню чи захороненню; зменшується емісія шкідливих речовин до атмосфери, зокрема, завдяки застосуванню технологій організованого спалювання і очистки димових газів від шкідливих речовин; отримується додатково тепла та електрична енергія. Відповідно, мета приведеної дисертаційної роботи «забезпечити підвищення ефективності спалювання твердих побутових відходів з низькою і нестабільної теплотою згорання, знизити витрату природного газу на підсвічування за допомогою вибору раціональних технологічних параметрів роботи обладнання за умови дотримання вимог екологічної безпеки» - є надзвичайно актуальною, особливо для м.Києва де працює сміттєспалюваний завод «Енергія», який розташовано безпосередньо в межах міста.

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



Основні результати дисертаційної роботи автором одержано при виконанні НДР бюджетної тематики за номером держаної реєстрації 0115U002605 та господарчого договору №438 від 26.10.2017: «Аналіз існуючого стану очищення димових газів від забруднюючих речовин на сміттєспалювальному заводі «Енергія».

Короткий аналіз змісту роботи.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, обґрунтована необхідність досліджень викладених в роботі щодо підвищення ефективності термічної інсінерації ТПВ. Визначено мету та основні задачі дослідження, об'єкт та предмет дослідження. Наведено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, вказано де впроваджено результати роботи та де здійснювалась апробація результатів дисертації, приведена кількість публікацій.

У **першому розділі** - 22% об'єму дисертації. Проаналізовано як вирішується проблема з твердими побутовими відходами в розвинених країнах. Розглянуті технології та екологічні аспекти спалювання ТПВ на колосникових решітках, в киплячому шарі та ін., проаналізовано переваги та недоліки таких технічних рішень. Показано, що однією з проблем аналізу енергоефективності технології спалювання ТПВ є те, що у загальному випадку у кожний момент часу теплота згоряння ТПВ є невідомою і на основі цього роблено висновок про необхідність розробки методики прямого визначення теплоти згоряння ТПВ. Обґрунтовано, що за допомогою такої розрахункової методики можливо дослідити вплив теплотехнічних характеристик процесу (склад і теплота згоряння ТПВ, коефіцієнт надлишку повітря) на необхідність та обсяг спалювання додаткового палива і температурний рівень процесу, а також встановити залежності, що дозволяють для конкретних умов визначити чи є можливим спалювання ТПВ без додаткового палива і, якщо можливе, то визначити раціональні технологічні параметри процесу. Відповідно, на основі аналізу інформації, що приведена в цьому розділі автором сформульовано задачі дослідження, результати яких приведені в дисертаційній роботі.

У другому розділі - 18% об'єму дисертації. Приведено розроблену методику та визначено технічні засоби проведення експериментальних досліджень з прямого визначення тепловиділення наважки ТПВ (визначеної маси) в котлі-калориметрі з метою перенесення результатів досліджень на сміттєспалювальні установки. Адекватність розробленої методики встановлення теплоти згоряння наважки ТПВ довільного відомого морфологічного стану доведено в результаті зіставлення експериментально визначеної теплоти згоряння з розрахунком.

Показано, що створена методика дозволяє вирішувати задачу визначення в кожному конкретному випадку необхідності спалювання додаткового палива для забезпечення можливості горіння ТПВ та заданого рівня температури в топці котла. При необхідності спалювання додаткового палива опрацьовано можливість визначення його необхідної витрати. Також створена методика дозволяє досліджувати вплив технологічних (наприклад, коефіцієнт витрати повітря) та конструктивних параметрів на умови спалення ТПВ, зокрема на температурний рівень в топці.

У третьому розділі - 16% об'єму дисертації. Встановлено тепловиділення при спалюванні наважок як з їх реальною вологістю, так і в повітряно-сухому стані. Показано, що для скорочення використання додаткового палива при спалюванні ТПВ, та підвищення ефективності використання енергетичного потенціалу ТПВ, необхідно проводити спалювання ТПВ з меншим вмістом води. Адаптація створеної в дисертації розрахункової методики проведена шляхом визначення підстроєчного значення пірометричного коефіцієнта для різних режимів експлуатації. Шляхом проведення ряду чисельних експериментів та аналізу їх результатів обґрунтовано високий ступінь впливу коефіцієнта витрати повітря на температурний стан топки за інших рівних умов. Обґрунтовано високий ступінь впливу температури підігріву повітря на процес спалювання ТПВ. Адекватність отриманих рівнянь регресії обґрунтовано за допомогою методів математичної статистики. Отримані рівняння можуть бути корисним інструментом для визначення умов роботи

топок сміттєспалювальних котлів, за яких є можливість проводити процес спалювання ТПВ без використання додаткового палива.

У четвертому розділі – 11 % об'єму дисертації. Приведено алгоритм, що дозволяє в режимі реального часу з достатньою точністю визначати склад і теплоту згоряння вихідного ТПВ на підставі розрахункової обробки сигналів датчиків про витрату повітря на горіння та концентрації таких компонентів продуктів згоряння як кисень, вуглекислота, водяні пари і, таким чином, робить можливим застосування розробок за визначенням і аналізу моментальних теплових балансів.

Показано, що в основі системи діагностики лежить розгляд системи рівнянь, що встановлює зв'язок між вихідними для діагностики величинами, визначеними за допомогою інформаційно-вимірювальної системи в режимі реального часу.

Також в роботі проведений аналіз чутливості моделі розробленої системи діагностики. Показано, шукані значення вмісту вуглецю, водню і вологи в робочій масі мають якісно однакову залежність від похибок визначення концентрації різних газоподібних компонентів.

Висновки по дисертації містять 10 пунктів, що узагальнюють матеріали дисертації які по суті в основному співпадають з висновками автореферату, а по формі їх представлення відрізняються.

Перелік використаної літератури складається з 122 найменувань, причому кількість цитувань наукової літератури, що вийшла за останні 10 років складає близько 40%, що для такого напрямку досліджень є високим показником.

Додатки включають технічні характеристики використаного під час лабораторних досліджень обладнання з зазначенням умов його роботи та скріншоти вікон аналізу вхідних даних в створеному емуляторі системи діагностики процесу спалювання ТПВ.

Наукова новизна результатів роботи.

1. Вперше запропоновано спосіб визначення кількості теплоти і витрати природного газу на підсвічування, що виділяється при спалюванні ТПВ в топці

сміттєспалювального котлоагрегату, здійснювати за допомогою окремого котла-калориметра.

3. Вперше для умов сміттєспалювального заводу, (зокрема м.Києва, заводу «Енергія») на розробленому котлі-калориметрі визначена залежність впливу витрати повітря і температури його підігріву на температуру в топці.

4. Вперше для визначення і оптимізації витрат природного газу на підсвічування на основі розробленої методики отримані рівняння регресії, що встановлюють взаємні залежності між теплотою згорання ТПВ, коефіцієнтом надлишку повітря і температурою його підігріву.

5. Створено алгоритм для визначення в режимі реального часу вмісту основних горючих елементів і теплоти згорання ТПВ .

Ступінь обґрунтування наукових положень та їх достовірність.

Основні наукові положення й результати дисертації обговорювалися на XXVI міжнародній конференції «Проблеми екології і експлуатації об'єктів енергетики» (Одеса, 2016 р.); X Міжнародній конференції «Проблеми 24 теплофізики та теплоенергетики» (Київ, Інститут технічної теплофізики НАН України, 2017), XXVII міжнародній конференції «Проблеми екології і експлуатації об'єктів енергетики» в рамках науково-практичної платформи «SMART ENERGY PLATFORM 2017» (Одеса, 2017).

Результати досліджень, опубліковані в 7-ти наукових працях, у тому числі: 6 статтях в спеціалізованих наукових виданнях, включених у перелік ВАК України, а також 1 стаття у виданні, що включено у склад наукометричної бази даних SCOPUS.

Практична цінність результатів роботи.

1. Створено спосіб та розрахункова методика для прямого визначення тепловиділення при спалюванні ТПВ в умовах котла-калориметра.
2. Створена розрахункова методика дозволяє визначати кількість природного газу, необхідного для підсвічування при спалюванні ТПВ з низькою теплотою згорання.

3. Експериментальні та розрахункові дослідження виконані для умов сміттєспалювального заводу «Енергія». Використання заходів, запропонованих в роботі, дозволило знизити використання природного газу, що підтверджується листом №047/01-518 від 10.08.2017.

Особистий вклад здобувача.

Усі основні наукові положення та прикладні результати, що містяться у дисертаційній роботі, отримано здобувачем особисто. Серед них, вивчення умов горіння модельних наважок в лабораторному котлі-утилізаторі. Проведення відповідних експериментальних досліджень. Створення розрахункової моделі, проведення численних експериментів, аналіз результатів і формулювання висновків. Розробка методики діагностики, що дозволяє визначати склад і теплоту згорання ТПВ на підставі розрахункової обробки результатів вимірювання концентрацій основних компонентів продуктів згорання.

Критичні зауваження до роботи.

1. В формулі для визначення калориметричної температури, стор.8 автореферату в знаменнику розрахована середньозважена питома теплоємність ($\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$), теплоємність має розмірність $\text{кДж}/\text{К}$ яку треба ще помножити на $V^{\circ}_{\text{ТПВ}} + \xi \cdot V^{\circ}_{\text{ПГ}}$, де $V^{\circ}_{\text{ТПВ}}$ - теоретичний об'єм продуктів згорання від 1 кг ТПВ, $\text{м}^3/\text{кг}$; $V^{\circ}_{\text{ПГ}}$ - теоретичний об'єм продуктів згорання від 1 кг природного газу, $\text{м}^3/\text{кг}$. Крім того, додаткова кількість теплоти, що внесена при спалюванні природного газу $\xi \cdot Q_{\text{нр}}^{\text{ПГ}}$ має розмірність $\text{кДж}/\text{м}^3$, тобто нижча теплота згорання природного газу має бути приведена в $\text{кДж}/\text{кг}$, з, відповідно, використанням іншої частки природного газу.
2. На рис.4 автореферату приведено залежність питомої теплоти згорання ТПВ від заданої частки природного газу (ξ), що подається на підсвічування при коефіцієнті надлишку повітря $\alpha=2,23$ та незмінній температурі підігріву повітря. Не зрозуміло, чому замість зменшення коефіцієнту надлишку повітря, що призведе до підвищення температури в топковій камері до 850°C (а також зменшиться втрата електроенергії на привід димососу), додатково подається природний газ на підсвічування. Можливо, при

зменшенні коефіцієнту надлишку повітря і падінні об'єму димових газів, зменшується їх швидкість в конвективній частині, що в деяких конструкціях котлів може призвести до її шлакування.

3. На рис.5 автореферату приведено залежність раціонального значення коефіцієнту надлишку повітря від температури підігріву повітря при питомій теплоті згорання ТПВ 6900 кДж/кг, для забезпечення заданого температурного рівня в топці 850 °С. З тексту дисертації зрозуміло обґрунтування нижнього діапазону температури 850 °С, але не обґрунтовано верхній – 900 °С. Так, на с.32 дисертації вказано, що при спалюванні ТПВ на колосникових решітках є обмеження щодо температури на вході в конвективні поверхні (не більше 750 °С) за умовами мінімізації шлакування цих поверхонь. Тобто, рекомендований діапазон температур 850–900 °С це лише для котлів з колосниковими решітками, чи і інших конструкцій?
4. На стор.33 приведено, що газоподібні продукти згорання необхідно витримувати при температурі понад 850 °С протягом не менше 2 с для розкладання діоксинів, які можуть утворюватися при горінні ТПВ, хоча в директиві ЄС 2000/76/ЕС для повного розкладання діоксинів та інших шкідливих речовин рекомендується рівень температур ≥ 1100 °С з витримкою газоподібних продуктів згорання не менше 2 с.
5. Не зрозуміло навіщо в дисертації приведено розділ 4.3 (стор.118) щодо обґрунтування вибору програмного середовища для створення емулятора системи діагностики процесів спалювання ТПВ.
6. Не вся література приведена у відповідності до ДСТУ 3008:2015 "Інформація і документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення" та ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Бібліографічний запис, бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання».

Загальні висновки по роботі.

Зроблені зауваження не можуть вплинути на достатній науковий рівень дисертаційної роботи, як закінченого науково-технічного дослідження.

Враховуючи значну актуальність теми, рівень виконання досліджень, достовірність, наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів,

вважаю, що дисертаційна Магери Юрія Михайловича «Підвищення ефективності термічної інсінерації твердих побутових відходів» відповідає вимогам Постанови КМУ «Про затвердження Порядку присудження наукових ступенів», а її автор **заслуговує** присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика.

Офіційний опонент, к.т.н.,
заступник директора
Інституту газу НАН України
з наукової роботи



 А.В. Сміхула