

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ У ЯКОСТІ ПАЛИВА В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ

Ч. 2. Особливості конструкції та експлуатації обладнання для спалювання твердих побутових відходів

А. Г. Колієнко, кандидат технічних наук, професор

Національний університет Полтавська політехніка імені Юрія

Кондратюка

О. В. Шеліманова, кандидат технічних наук, доцент

Д. Ю. Білецький, студент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: shelemanova@ukr.net

Анотація. Використання твердих побутових відходів (ТПВ) як енергетичної сировини – один із перспективних способів вирішення проблеми накопичення відходів виробництва та споживання. Останніми десятиліттями частка ТПВ, які спалюють з утилізацією матеріалів і теплоти, неухильно зростає. Однак, оскільки склад ТПВ та їх горючі характеристики суттєво відрізняються від інших відомих видів твердого палива, необхідною є реконструкція існуючих теплофікаційних котлів на твердому паливі.

Мета дослідження – розробка рекомендацій щодо напрямків реконструкції існуючих твердопаливних котлів для безпечної і ефективно організації процесу спалення ТПВ.

Показано, що для досягнення повноти згорання палива і мінімальних викидів дисперсної фази при спалюванні ТПВ необхідно забезпечити високу температуру факела, наявність окислювального середовища і значний об'єм топки.

Наведено вимоги щодо улаштування систем очищення продуктів згорання від пристроїв, призначених для спалювання ТПВ.

Обґрунтовано додаткові вимоги щодо організації експлуатації паливоспалювальних систем з використанням ТПВ.

Ключові слова: *спалювання твердих побутових відходів, очистка продуктів згорання, експлуатація паливоспалювальних систем*

Актуальність. Побутове сміття – фракція твердих побутових відходів (ТПВ), яка утворюється в комунальному господарстві міст та інших населених пунктів. Зростання відходів виробництва та споживання – одна з найактуальніших

екологічних проблем сучасного світу. Одним із способів вирішення цієї проблеми є можливість використати сміття як енергетичну сировину. Останніми десятиліттями частка ТПВ, які спалюють з утилізацією матеріалів і теплоти, неухильно зростає

Як свідчить світовий досвід [1,2], відновлюване паливо з відходів (SRF, RDF) використовується в установках побічного спалювання (на вугільних електростанціях або в цементних печах). Це установки із значними об'ємами топкового простору і високими температурами у реакційній зоні. Крім зазначеного вище необхідно зауважити, що нині на законодавчому рівні питання використання SRF, RDF як палива залишається неврегульованим.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Законом України «Про альтернативні джерела енергії» [3] не передбачена можливість використання такого ресурсу як «відновлюване паливо з відходів» як альтернативного виду палива, у тому числі на об'єктах комунальної енергетики. Відсутні також правила сертифікації такого палива і критерії його відповідності національним стандартам. Не визначено умови використання такого палива. Відсутні нормативні вимоги до використання палива із відходів і до експлуатації установок для спалювання такого палива. Відсутній порядок розрахунків за теплову енергію, для виробництва якої використовується відновлюване паливо у вигляді відходів.

Результати досліджень [4] підтверджують, що використання відходів у якості палива вимагає специфічних умов організації процесу горіння, експлуатації паливоспалювальних установок і облаштування систем очищення продуктів згоряння. Оскільки склад ТПВ та їх горючі характеристики суттєво відрізняються від інших відомих видів твердого палива, необхідною є реконструкція існуючих теплофікаційних твердопаливних котлів.

Мета дослідження – розробка рекомендацій щодо напрямків реконструкції існуючих твердопаливних котлів для безпечної і ефективної організації процесу спалення ТПВ.

Матеріали та методи дослідження. Авторами виконувалися дослідження зі спалювання відсортованої суміші ТПВ, вид якої представлений на рис.1



Рис. 1 Подача палива транспортером із бункера до котла

Дослідження процесів горіння [4] показали, що повнота згоряння палива і мінімальні викиди дисперсної фази при спалюванні відходів можливі за таких умов:

- забезпечення сталого складу палива на основі ТПВ, що гарантує сталий характер роботи паливоспалювального пристрою;

- наявності достатньо великої поверхні рухомої і регульованої колосникової решітки, яка могла б забезпечити спалювання палива за умови рівномірної подачі палива висотою не більше 20-30 см. При цьому необхідно забезпечити безперервний контроль за висотою палива на поверхні колосників і інформування обслуговуючого персоналу про перевищення цього параметру. Збільшення висоти шару палива призводить до небезпечного збільшення величини теплової напруги колосникової решітки і шлакування золи палива;

- наявності футерованої неекранованої топки, яка повинна бути обладнана додатковими склепіннями для забезпечення високого теплового напруження топкового об'єму і допалювання значної кількості летучих компонентів палива;

- дозованої і контрольованої подачі повітря окремо у кожен із зон топкового простору:

 - зону підготовки палива;

 - зону газифікації;

 - зону догорання летучих речовин.

- багатозонального керування швидкістю руху решітки, що дає можливість управляти кожною стадією горіння. Цьому сприяє також вибір кута нахилу решітки і можливість рециркуляції продуктів згорання.

Усі зазначені вище фактори (зональне керування швидкістю решітки, вибір кута нахилу, рециркуляція продуктів згорання, наявність склепінь і радіаційних поверхонь нагрівання) створюють умови для безперешкодного проходження усіх стадій горіння відходів. Це запобігає утворенню продуктів хімічного недопалу і створює умови для повного вигорання вихідних складних органічних поліциклічних з'єднань, які можуть входити до складу відходів;

Шар палива на цій ділянці решітки призводить до неможливості вільного доступу повітря до палива і утворенню значної кількості продуктів хімічного недопалу і продуктів розпаду твердого палива. З огляду на специфіку складу палива до продуктів неповного згорання палива на цій ділянці входять складні поліциклічні органічні вуглеводні для догорання яких потрібна висока температура топки, наявність окислювального середовища і значний об'єм топки.

У результаті високого виходу летучих речовин вуглецевий залишок палива практично відсутній. У результаті до 75 % поверхні колосників за зоною газифікації не завантажені паливом. Через цю поверхню колосників надходить значна кількість повітря, яка не приймає участі в процесі горіння. У результаті коефіцієнт надлишку повітря зростає, а разом з ним падає ККД котла.

Необхідно забезпечити

- можливість автоматичного регулювання кількості первинного і вторинного повітря через зони решітки, які не завантажені паливом. Більшу частину повітря в камері догорання подавати, як вторинне.

- можливість баластування первинної зони горіння. За допомогою факела додаткового палива забезпечити можливість догорання летучих речовин, продуктів хімічного недопалу і термічної дисоціації палива а також поліциклічних органічних сполук, у разі їх утворення.

- температуру продуктів згорання на виході із топки не менше 800 - 850 °С, яка необхідна для процесу догорання. У разі необхідності (при зменшенні температури у реакційній зоні нижче 850 град С) передбачити автоматичне включення комбінованих пальників на газоподібному або рідкому паливі які створюють необхідні згідно директиві WID ЕС умови догорання у вторинній зоні.

Забезпечення сталих характеристик продуктів згоряння можливе лише за умови забезпечення сталого складу ТПВ, або їх суміші з іншим паливом.

За [6] спалювання ТПВ або суміші відходів з іншими видами палива, як основного або додаткового виду палива з метою отримання теплоти, відноситься до категорії Директиви, яка класифікується, як "об'єкт спільного спалювання". Отримана в котлі в результаті спалювання відходів теплота більш як на 40 % повинна визначатись тепловим потенціалом спалюваних відходів.

При цьому енергетична цінність суміші палив (теплота згоряння) не повинна бути меншою за деякі граничні значення.

У ході випробувань відмічалась низька спроможність колосникової решітки пересувати паливо у вигляді відходів по довжині решітки. Рекомендується максимально збільшити кут нахилу решітки дво- або трizonне регулювання швидкості руху колосникової решітки для забезпечення більш рівномірного розподілу палива на поверхні горіння.

Результати досліджень та їх обговорення. У конструкції котла необхідно врахувати наявність корозійно активних інгредієнтів у складі продуктів згоряння.

Конструкція котла повинна передбачати можливість рециркуляції продуктів згоряння або охолодження колосникової решітки для запобігання шлакоутворення на її поверхні.

На рис.2 представлено можливу конструкцію котла, переобладнаного для спалювання ТПВ.

Наявність SO_2 в продуктах згоряння неминуче призведе до збільшення їх точки роси. Тому при початковому вмісті сірки у складі палива до 0,47 % мас. скраплення водяної пари у складі продуктів згоряння буде відбуватись уже не при температурі +56 °С, а при температурі близько 95...100 °С, що вимагає обов'язкової рециркуляції теплоносія при роботі котла і призводить до відповідних втрат теплоти, або переходу котла на високотемпературний графік відпуску теплоти.

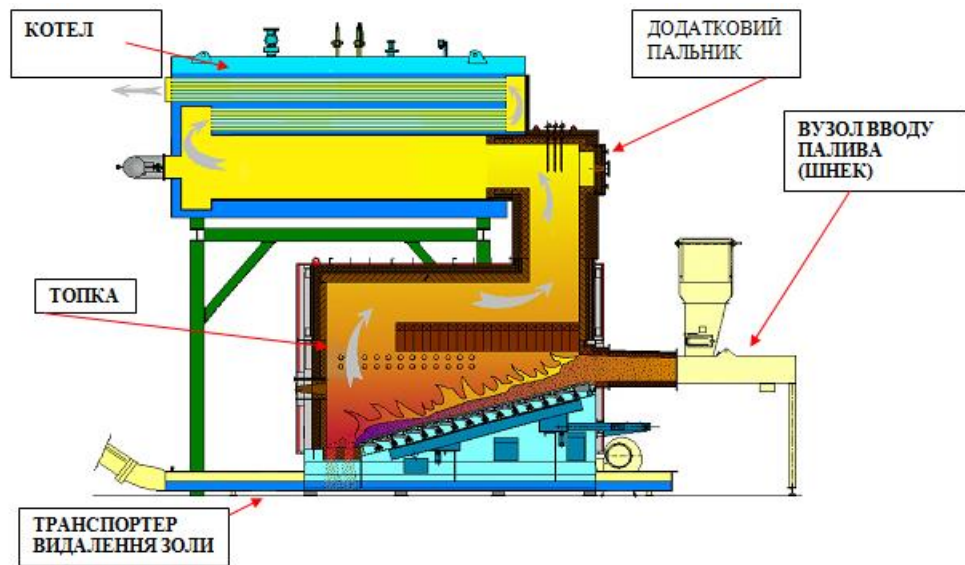


Рис.2 Принципова схема котла, призначеного для спалювання відходів

Спалювання ТПВ можливе лише за рахунок використання в паливоспалювальних установках високоефективних систем очищення газів. Вони повинні включати:

1. Первинне очищення продуктів згоряння від дисперсної фази в мультициклонах.

2. Очищення від оксидів сірки і хлоридів - методом промивання в конденсаційному теплообміннику содовим розчином або водою. Крім очищення від шкідливих інгредієнтів конденсаційний теплообмінник дасть можливість використати приховану теплоту конденсації продуктів згоряння, збільшити ККД котельної установки і виконати очищення продуктів згоряння від водяної пари (осушити продукти згоряння), що надзвичайно важливо для забезпечення ефективної роботи систем вторинного очищення від дисперсної фази.

3. Третій ступінь - тканинні рукавні фільтри (рис. 2). А у разі необхідності - пропонується адсорбційне очищення багатокomпонентної суміші продуктів згоряння у вугільному адсорбері

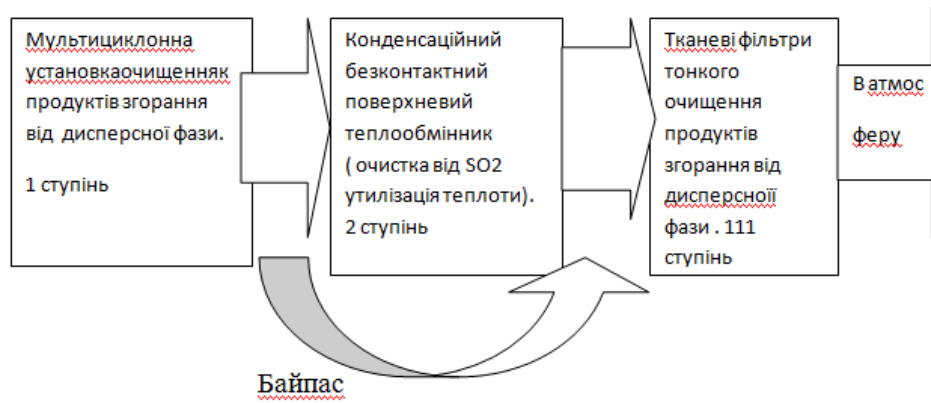


Рис.3. Принципова схема очищення продуктів згорання

Байпас в схемі очищення дає можливість уникнути точки роси в продуктах згорання на виході із конденсаційного теплообмінника і на вході до рукавних фільтрів.

При цьому наголошуємо, що згідно вимог Закону України " Про внесення змін до деяких законів України щодо сприяння виробництву та використанню біологічних видів палива" призначення паливоспалювального агрегату для роботи на альтернативному виді палива повинно бути підтверджено документом підприємства-виробника цього агрегату. Пуск і експлуатація об'єктів для спалювання відходів є можливим лише за умови отримання спеціального дозволу на відповідність Директиві 2000/76 ЄС.

Експлуатація паливоспалювальних установок з використанням ТПВ пов'язана з необхідністю виконання певних додаткових вимог, а саме:

1. Вимога постійного контролю за параметрами процесу горіння в топковому пристрої - температури на виході із топкового простору (на внутрішніх стінках камери згорання або біля неї) не менше 850 °С і часу перебування в зоні високої температури (зоні горіння) - не менше 2 с. При цьому час спрацьовування системи забезпечення необхідної температури у камері згорання повинен бути не менше 2 с.

2. Вимога обов'язкового влаштування на паливоспалювальних агрегатах додаткового пальника на паливі, яке за токсичністю продуктів згорання не гірше відходів (природний газ, пічне паливо). Автоматичне включення пальника у разі зменшення температури у реакційній зоні топки нижче 850 , а також у періоди виведення котла на номінальний режим роботи.

3. Вимога щодо автоматичного постійного моніторингу за складом продуктів згоряння в атмосферу і скидів у систему водовідведення від системи очищення викидів на наявність токсичних інгредієнтів з визначенням їх концентрацій. Щорічне тестування системи моніторингу.

До складу таких інгредієнтів у продуктах згоряння відносяться: оксиди азоту NO_x , CO , тверді речовини (сажа і зола), HCl , HF , SO_2 , органічні продукти хімічного недопалу. У складі стоків до таких речовин відносяться: важкі метали, діоксини, фурани.

Не слід також забувати про необхідність створення запасу значної кількості відсортованих ТПВ, які будуть використовуватись як паливо з урахуванням вкрай нерівномірного річного споживання ТПВ як теплоенергетичного палива, спричиненого значною сезонною нерівномірністю генерації і відпуску теплоти в системі теплопостачання.

Висновки та перспективи. Необхідність реконструкції існуючих теплофікаційних котлів на твердому паливі для спалювання ТПВ обумовлена наявністю корозійно активних інгредієнтів у складі продуктів згоряння.

Конструкція котла повинна передбачати можливість рециркуляції продуктів згоряння або охолодження колосникової решітки для запобігання шлакоутворення на її поверхні.

Спалювання ТПВ можливе лише за рахунок використання в паливоспалювальних установках вискоефективних триступневих систем очищення газів.

При експлуатації паливоспалювальних систем з використанням ТПВ необхідно, зокрема, постійно контролювати параметри процесу горіння, обов'язково використовувати додатковий пальник на нетоксичному паливі (природний газ, пічне паливо), а також здійснювати постійний автоматичний моніторинг складу продуктів згоряння та скидів у систему водовідведення.

Список використаних джерел

1. Williams, Paul T. Waste treatment and disposal. 2nd 2005. 5. Council Directive 75/442/EEC of 15 July 1975 on waste.

2. Council Directive 2006/12/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on waste. Official Journal of the European Union. 2006. L 114. 27.4.2006. С. 9–21.

3. Закон України «Про альтернативні джерела енергії»
https://ips.ligazakon.net/document/view/t030555?an=114&ed=2023_07_27

4. Колієнко А. Г., Шеліманова О. В. Фактори використання відходів у якості палива в теплоенергетичних системах. Частина 1. Дослідження процесів горіння ТПВ. Енергетика і автоматика. 2023. №5.

6. Чмель В. М., Новікова І. П.. Газифікація побутових відходів. Проблеми екології та експлуатації об'єктів енергетики: Збірник праць. Інститут промислової екології. К. : ІВЦ АЛКОН НАН України, 2022. С. 161.

7.Directive 2000/76/EC of the European Parliament and of the Council on the incineration of waste.

References

1.Williams, Paul T. (2005). Waste treatment and disposal. 5. Council Directive 75/442/EEC of 15 July 1975 on waste.

2. Council Directive 2006/12/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on waste. Official Journal of the European Union. 2006. L 114. 27.4.2006, 9–21.

3. Zakon Ukrainy «Pro alternatyvni dzhherela enerhii» [Law of Ukraine "On Alternative Energy Sources"]. Available at:

https://ips.ligazakon.net/document/view/t030555?an=114&ed=2023_07_27

4. Koliienko, A. H., Shelimanova, O.V. (2023). Faktory vykorystannia vidkhodiv u yakosti palyva v teploenerhetychnykh systemakh. Ch. 1. Doslidzhennia protsesiv horinnia TPV [Factors of using waste as fuel in thermal power systems. Part 1. Study of MSW combustion processes]. Enerhetyka i avtomatyka, 5.

6. Chmel, V. M., Novikova, I. P. (2022). Hazyfikatsiia pobutovykh vidkhodiv [Gasification of household waste]. Problemy ekolohii ta ekspluatatsii ob'ektiv enerhetyky: Zbirnyk prats. Instytut promyslovoi ekolohii. Kyiv : IVTs ALKON NAN Ukrainy, 161.

7.Directive 2000/76/EC of the European Parliament and of the Council on the incineration of waste.

FACTORS OF USING WASTE AS FUEL IN THERMAL ENERGY SYSTEMS OF

Part 2. Design and operation features of the equipment for solid waste burning

A. Koliienko, O. Shelimanova, D. Biletskyi

Abstract. *The use of solid household waste (SHW) as an energy raw material is one of the promising ways to solve the problem of accumulation of production and consumption waste. In recent decades, the share of solid waste, which is burned with the utilization of materials and heat, has been steadily increasing. However, since the composition of SHW and their combustible characteristics are significantly different from*

other known types of solid fuel, it is necessary to reconstruct the existing solid fuel heating boilers.

The purpose of the study is to develop recommendations for the reconstruction of existing solid fuel circuits for the safe and efficient organization of the solid waste burning process.

It is shown that in order to achieve complete combustion of the fuel and minimal emissions of the dispersed phase when burning solid waste, it is necessary to ensure a high flame temperature, the presence of an oxidizing medium and a significant volume of the furnace.

The requirements for the arrangement of systems for cleaning combustion products from devices intended for solid waste incineration are given.

Additional requirements for organizing the operation of fuel combustion systems using SHW are substantiated.

Key words: *incineration of solid household waste, cleaning of combustion products, operation of fuel combustion systems*