

**Алексєєнко В.В., канд. техн. наук,
Сезоненко О.Б., Васечко О.О.**

Інститут газу НАН України, Київ

вул. Дегтярівська, 39, 03113 Київ, Україна, e-mail: a-vv@ukr.net, alsez@ukr.net

Рекуперація теплоти інсинераторів для знешкодження відходів лікувальних закладів

Розглянуто способи зниження температури продуктів згоряння для інсинераторів та особливості їх практичного застосування. Розглянуто умови ефективного використання рекуперації теплоти продуктів згоряння при термічному знешкодженні відходів. Приведено способи рекуперації теплоти продуктів згоряння відходів лікувальних закладів та дано їх характеристики. Представлено оцінку потенційної кількості теплоти в продуктах згоряння при спалюванні відходів лікувальних закладів. Розглянуто нестаціонарності у виділенні теплоти, характерні для інсинераторів лікувальних закладів, які впливають на узгодження з графіком навантаження потенційного споживача теплоти. Запропоновано спосіб рекуперації теплоти нагріванням повітря, що подається безпосередньо в інсинератор. Представлено конструктивну реалізацію даного способу та параметри рекуператора при робочих навантаженнях інсинератора. *Бібл. 11, рис. 4, табл. 2.*

Ключові слова: інсинератор, медичні відходи, рекуператор, термічне знешкодження.

Відходи лікувальних закладів становлять потенційну небезпеку не тільки з точки зору забруднення середовища, а ще й можуть негативно впливати на його санітарно-епідеміологічний стан. До таких відходів належать матеріали для перев'язки, одноразові шприци, системи переливання крові й фізрозчинів, рукавички, інфікована кров та інші, що утворюються в лікарнях, поліклініках, диспансерах, медичних НДІ, ветлікарнях, медичних лабораторіях, стоматологічних клініках, на станціях швидкої допомоги й переливання крові та інших установах. Дані відходи потребують особливого поводження та методів знешкодження.

В Інституті газу НАН України був розроблений інсинератор для знешкодження відходів лікувальних закладів. Інсинератор — це спеціалізована установка для знешкодження відходів термічними методами, а саме: спалюванням або піролізом та газифікацією з подальшим допалюванням продуктів, що утворилися.

Особливо важливе значення застосування інсинераторів має для знешкодження саме медичних відходів, сортування та переробка яких неможлива через потенційну інфекційну небезпеку, на відміну від твердих побутових. При цьому за належного використання можна досягти суттєвого зменшення маси та об'єму відходів.

Розвиток сучасних технологій та стан на ринку енергоресурсів зумовлюють підвищення

вимог до подібного обладнання не тільки щодо екологічності, але й до їх енергоефективності.

При експлуатації інсинератора утворюються продукти згоряння з температурою 800–1200 °С, тобто температурою, необхідною для деструкції стійких органічних забруднювачів. Перед подачею цих високонагрітих продуктів згоряння до системи газоочищення та газовидалення їх необхідно охолодити до прийнятної температури (не вище 300 °С) [1]. Європейська Директива 2000/76/ЄС [2] рекомендує по можливості здійснювати корисне використання цього теплового потенціалу, що зумовлює потребу в розробці та виборі найбільш ефективних методів та технологій.

Існують методи та апарати для утилізації теплоти продуктів згоряння, зокрема інсинераторів, проте далеко не всі з них, які застосовуються при термічному знешкодженні твердих побутових чи промислових відходів, можна ефективно застосувати в інсинераторах відходів лікувальних закладів. Звідси впливає необхідність ґрунтовного розгляду існуючих методів корисного використання теплового потенціалу продуктів згоряння відходів з урахуванням конструкційних та експлуатаційних особливостей саме інсинераторів медичних відходів.

З літературних джерел відомі два способи зниження температури для інсинераторів [3]: 1) контактний — введення у потік продуктів зго-

ряння рідкого теплоносія повітря або їх обох; 2) рекуперативний — передача теплоти сторонньому теплоносію через поверхневий теплообмінник із подальшим його корисним використанням.

При виборі способу слід враховувати, що наявність у відходах лікувальних закладів компонентів із вмістом хлору, а також вільного кисню в інсинераторі може призвести до синтезу таких небезпечних речовин, як діоксини та фурани. Ці речовини утворюються в діапазоні температур від 700 до 300 °С, зокрема діапазон 300–400 °С є особливо сприятливим для їх синтезу, тому при відносно повільному охолодженні продуктів згоряння, яке відбувається у рекуператорах, кількість діоксинів та фуранів суттєво збільшується (процес синтезу вторинних діоксинів та фуранів) [4]. Для запобігання утворенню вторинних діоксинів рекомендується застосовувати різке зниження температури продуктів згоряння до рівня нижче порога утворення діоксинів (200 °С) [3, 5]. У такому випадку застосування рекуперативного способу є неприйнятним. Різке зниження температури газів на кілька сотень градусів за максимально короткий проміжок часу можливо досягти тільки в апаратах, у яких відбувається безпосередній контакт гарячих продуктів згоряння з холодною рідиною (скрубери повного та неповного випарування, контактні теплообмінники). Проте навіть застосування скрубєрів із водяною сорочкою призводить до втрати суттєвої частини теплового потенціалу продуктів згоряння. Застосування контактних теплообмінників має такі обмежувальні фактори: 1) відбувається насичення води речовинами, що містяться у продуктах згоряння; 2) підігрів рідини можливий тільки до температури мокрого термометру, яка у подібних теплообмінниках не перевищує 83–85 °С.

Рекуперативний спосіб дає можливість утилізувати значно більшу частину теплоти при отриманні нагрітого теплоносія різної температури та тиску, і тому є більш поширеним. Враховуючи вищенаведену потенційну небезпеку утворення вторинних діоксинів та фуранів, у даній статті розглядаються методи корисного використання теплоти продуктів згоряння інсинераторів медичних відходів при рекуперативній лише для відходів без вмісту хлору.

Можливість ефективної рекуперативної теплоти передусім залежить від місцевих умов та потреб теплопостачання [1, 3]: 1) інфраструктури для енергопостачання — наявності відповідних мереж для подачі продукту до кінцевого споживача; 2) відповідності графіків навантаження та параметрів енергії виробника та споживача; 3) кінцевої вартості енергії для споживача.

Для оцінки потенційної кількості теплоти наведемо дані з експлуатації двокамерного інсинератора медичних відходів. При навантаженні інсинератора 20 кг/год полімерних відходів та охолодженні їх продуктів згоряння з 1100 до 300 °С у середньому можна отримати до 0,3 МВт теплової енергії. При цьому значення температури 300 °С не завжди можливо отримати з конструктивних причин. Для такого глибокого охолодження продуктів згоряння рекуперативним способом необхідна наявність теплообмінника з добре розвинутою поверхнею, що суттєво збільшить загальну матеріаломісткість установки та збільшить навантаження на димосос.

При цьому конструкція рекуператора залежить від таких характеристик:

— потоку продуктів згоряння, а саме: витрати потоку, ентальпії, корозійних та ерозійних властивостей, властивостей забруднення поверхонь (наприклад, залипання поверхонь утвореними смолами). Визначаються із складу та кількості відходів, що завантажуються в інсинератор. При цьому корозійні властивості визначають вибір температури продуктів згоряння на виході з рекуператора;

— потоку стороннього теплоносія, які визначаються споживачем.

Для рекуперативної теплоти продуктів згоряння інсинераторів використовуються такі агрегати [1,6]: водонагрівачі; парові котли низького тиску; парові котли високого тиску; повітрянагрівачі.

Водонагрівачі дають можливість отримати гарячу воду, яку можна використати для постачання сторонньому споживачу (опалення, гаряче водопостачання, гаряча вода для технічних процесів), для покриття потреб організації, що експлуатує інсинератор.

За відсутності споживача чи нерентабельності постачання гарячу воду можна направити для подальшого охолодження на градирню, суху градирню, теплообмінники з використанням води відкритих водойм, або за допомогою теплових насосів отримати більш нагрітий теплоносієм і таким чином підвищити його привабливість для стороннього споживача.

Як правило, водонагрівачі мають просту конструкцію, легко монтуються та підключаються, невибагливі в експлуатації, можуть нагрівати воду до температури, яка залежить від робочого тиску води в системі. ККД водонагрівача суттєво залежить від температури зворотньої води [1]. Досить поширеним є використання жаротрубної конструкції водонагрівача, яка є дешевшою у виготовленні у порівнянні із

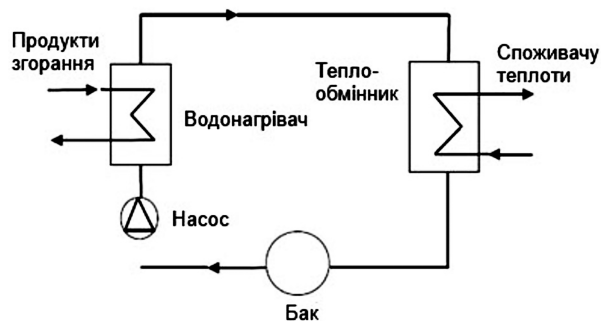


Рис.1. Схема циркуляційного контуру системи гарячого водопостачання.

водотрубною конструкцією [7]. Для водонагрівачів є характерною проблема заляпання теплообмінних поверхонь у місцях введення потоку води, тобто місцях із найменшою температурою теплоносія, що сприяє конденсації парів смол на цих поверхнях. Типова схема циркуляційного контуру системи гарячого водопостачання представлена на рис.1. Як і будь-який водяний контур, схема потребує наявності системи підготовки та очищення води.

Парові котли низького тиску дають можливість отримати пару з параметрами, необхідними для умов парового опалення або для різних технологічних потреб. У залежності від робочого тиску в системі паропостачання можна отримати пару з температурою 120–250 °С. Потенційні споживачі такої пари приведені у табл.1 [1]. Для використання такої пари необхідно, щоб підприємство було поблизу інсинератора, аби запобігти значним втратам тиску та теплоти при транспортуванні. Як і в контурі водонагрівача, існує потреба у системі водоочищення, при цьому вимоги до якості води значно вищі, ніж для водонагрівача [3].

Таблиця 1. Температура пари в технологічних процесах різних виробництв

№№ з/п	Виробництво	Температура пари, °С
1	Броварні	150–250
2	Хімічна промисловість	200–500
3	Цукроварні	100–200
4	Виробництво паперу	100–300
5	Деревообробна промисловість	100–200
6	Виробництво цементу	120–150
7	Харчова промисловість	150–200
8	Сушка мулів	150–200

Парові котли високого тиску дають можливість отримати пару, яку можна використати для технологічних потреб або направити на турбіну для вироблення електроенергії. Наприклад, на сміттєспалювальному заводі в Нідерландах частину отримано пари використовували в системі очистки газів, що відходять [4]. Подібні котли набагато складніші у виготовленні, монтажі, обслуговуванні, більш чутливі до корозії, спричиненої агресивним середовищем з боку продуктів згорання, мають вищі вимоги до матеріалів та якості води, тому застосовуються лише на крупних сміттєспалювальних заводах із постійним підвезенням відходів для їх неперервної роботи [1]. Для інсинераторів медичних відходів вони не застосовуються.

Для порівняння вищенаведених агрегатів у табл.2 наведені дані щодо теплової загальної ефективності використання теплових утилізаторів за типом теплоносія для сміттєспалювальних заводів [1]. Загальна ефективність ви-

Таблиця 2. Ефективність різних систем теплової утилізації

№№ з/п	Теплоносії	Загальна ефективність, %
1	Гаряча вода	80
2	Пара	80
3	Електроенергія	35
4	Пара та електроенергія	35–75
5	Гаряча вода та електроенергія	85

значається як відношення теплової енергії, що була передана теплоносію та може бути корисно використана, до загальної кількості елегії відходів за нижчою теплотворною здатністю. Повітрянагрівачі дають можливість отримати гаряче повітря, яке можна використати у системі повітряного опалення та кондиціонування, для сушки вологих відходів, для підвищення ККД інсинератора при подачі нагрітого повітря в камери для горіння палива та відходів [3, 8].

Дані апарати можна розділити ще на два додаткові типи: апарати з допалюванням всередині апарату; апарати без допалювання.

Розглянемо особливості роботи інсинераторів медичних відходів, які впливають на можливість корисного використання теплоти продуктів згорання.

Більшість інсинераторів медичних відходів, що використовуються на території лікарняних закладів, застосовуються для знешкодження відходів не більше 50–500 кг на добу. Подібні

інсинератори, як правило, мають кілька стаціонарних камер, оснащених пальниками для підтримання постійної високої температури. Завантаження відходів у первинну камеру здійснюється окремими порціями (вручну чи спеціальними пристроями для завантаження) [1]. Установки з безперервним завантаженням відходів рентабельні лише на інсинераторах досить великої потужності, у тому числі з роторною камерою спалювання, для яких необхідно організувати постійне підвезення відходів із декількох джерел, що важко реалізувати для інсинераторів медичних відходів у зв'язку з потенційними небезпеками при транспортуванні цих відходів.

Існують установки, у яких в якості основного палива використовують тирсу, щепу, солому й т.п., для завантаження яких використовують неперервні пристрої подачі, зокрема шнекові. При цьому у паливо додають обмежену кількість медичних відходів, проте доля цих відходів дуже незначна у відношенні до основного палива, тому такі установки важко віднести до класичних інсинераторів. Таким чином, можна стверджувати, що для інсинераторів медичних відходів порційна подача є більш поширеною.

Невеликі об'єми відходів, що знешкоджуються, також зумовлюють те, що у більшості медичних інсинераторів відсутня система автоматичного вивантаження золи з камери, тому вивантаження здійснюється вручну після охолодження камери [1].

Ці та інші особливості роботи та конструкції інсинераторів медичних відходів зумовлюють розглянуті далі нестаціонарності у виділенні теплоти в ході роботи цих інсинераторів.

Нестационарність одного (добового) робочого циклу інсинератора складається з таких етапів:

1) етап прогріву камер до встановлених температур перед початком завантаження. Прогрів відбувається за рахунок теплоти зовнішніх джерел, тобто спалювання додаткового палива. Гарячі димові гази на виході з інсинератора складатимуться виключно з продуктів згорання палива, температура яких буде поступово збільшуватися у міру прогрівання інсинератора.

2) етап, у ході якого відбувається порційне завантаження відходів та їх термічне знешкодження. Саме цей етап дає основну кількість теплоти, яку можна корисно використати;

3) етап охолодження інсинератора перед вивантаженням золи з камери. При цьому інси-

нератор продувається повітрям, яке відбиратиме теплоту від гарячої золи та стінок камер.

Цілком очевидно, що на етапах прогріву та охолодження втримати постійні параметри теплоносія на виході з рекуператора є неможливим. Найбільш ефективно можна використати лише етап знешкодження відходів. У період простою, пов'язаного з відсутністю відходів для знешкодження, та на етапах прогріву та охолодження для отримання теплоносія із заданими параметрами має працювати інший апарат. При цьому закордонний досвід використання інсинераторів у лікарняних закладах показує, що енергії, отриманої від рекуперації теплоти продуктів згорання, навіть на етапі знешкодження часто буває недостатньо для покриття усіх теплових потреб даних закладів [6]. Отож у будь-якому разі при виробленні інсинератором теплоти для опалення чи гарячого водопостачання наявність основного джерела тепlopостачання, зокрема окремої котельної для лікарняного закладу, є необхідною умовою.

Існують варіанти, коли інсинератор розташовується у котельні лікарняного закладу, при цьому продукти згорання з інсинератора направляються у топку одного з існуючих котлів. Таким чином котел лікарняного закладу не тільки утилізує теплоту продуктів згорання інсинератора, а й виконує роль додаткового допалювача можливих органічних забруднювачів [7].

Нестационарність завантаження однієї порції відходів. Для переважної більшості компонентів медичних відходів характерним є різке виділення великої кількості летючих газів та парів смол відразу після завантаження у розігріту камеру, після чого йде поступовий спад швидкості виділення летючих газів [9]. При цьому можна очікувати на зміну хімічного складу летючих газів та парів смол. У подальшому відбувається повільне, відносно рівномірне випалювання органічної частини відходів до досягнення певного постійного значення, що відповідає масі твердого залишку, тобто мінеральної частини медичних відходів (рис.2). Зокрема, при температурі 800–900 °С у первинній камері швидкість нагрівання та термічного розкладу полімерних матеріалів, присутніх у медичних відходах, надзвичайно висока. Так, політетрафторетілен, один із найбільш термостабільних полімерів, тільки при температурі 500 °С втрачає вагу зі швидкістю 1 %/хв, а при підвищенні температури на кожні 10 °С швидкість деструкції збільшується майже вдвічі [10].

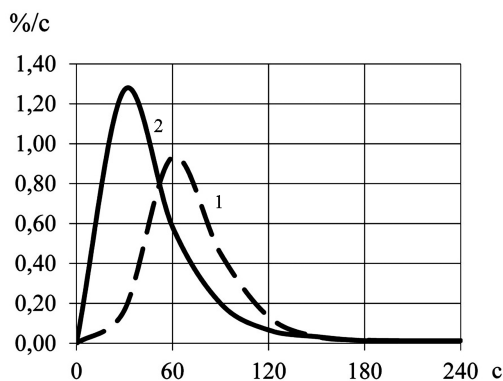


Рис.2. Характер виходу летючих газів та парів смол при термічній деструкції медичних відходів: 1 — фармацевтичні; 2 — полімерні.

Далі відбувається згоряння горючих компонентів летючих газів та парів смол у камері допалювання з виділенням відповідної кількості теплоти, а відповідно і різке збільшення температури в камерах. При цьому в залежності від налаштування автоматики паливник(-и) первинної камери вмикаються, а паливник(-и) камери допалювання продовжують працювати в багатьох конструкціях для кращого допалювання горючих компонентів димових газів.

Таким чином, відразу після завантаження відходів до нагрітої камери відбувається різке збільшення витрати продуктів згоряння та їх температури. У міру зменшення виходу летючих газів та парів смол з відходів та переходу до випалювання твердих органічних речовин відбувається зменшення загальної витрати продуктів згоряння на виході з інсинератора та пониження їх температури до встановленого значення, яке підтримується паливниками.

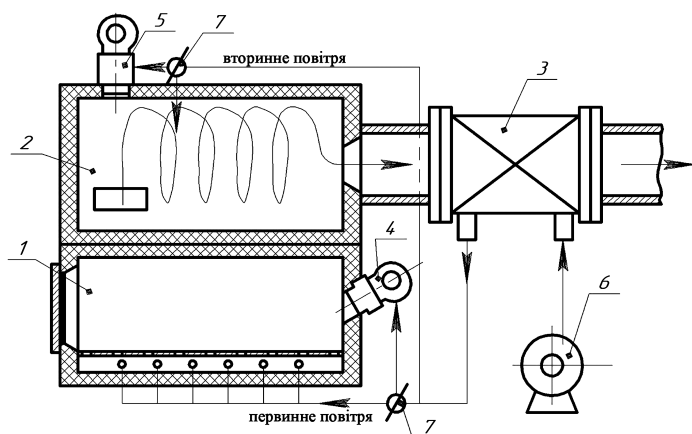


Рис.3. Інсинератор медичних відходів, розроблений Інститутом газу: 1 — первинна камера; 2 — камера допалювання; 3 — рекуперативний циліндричний теплообмінник; 4 — паливник первинної камери; 5 — паливник камери допалювання; 6 — вентилятор; 7 — трьохходовий клапан.

Нерівномірність виходу продуктів згоряння та їх температури відповідно впливатиме на параметри нагріву теплоносія. Якщо для гарячої води ця проблема вирішується встановленням бака-накопичувача, то вирівнювання параметрів для пари потребує складніших заходів.

Нестационарність роботи паливника.

Для інсинераторів відходів лікувальних закладів, зокрема у зв'язку з їх невеликими об'ємами, не доцільно ставити складну автоматику. У переважній більшості випадків підтримання температури в камері паливником здійснюється таким чином: при зниженні температури в камерах нижче заданої паливника автоматично вмикаються, а при підвищенні температури в камерах вище заданої вмикаються. У зв'язку з цим у залежності від конструкції камер та часу реагування автоматики відбуваються коливання температури продуктів згоряння на виході з інсинератора, які в окремих випадках можуть досягати сотні градусів від встановленої у вихідній камері. Це також матиме вплив на параметри теплоносія, хоч і значно менше, ніж нерівномірність при завантаженні порції відходів.

Дані нерівномірності тепловиділення інсинераторів суттєво ускладнюють можливість теплопостачання сторонньому споживачеві або на покриття власних потреб та не дають можливості відмовитися від наявності окремої котельні, тому взагалі стає сумнівною доцільність використання інсинераторів медичних відходів для цих цілей.

Використання гарячого повітря для сушки медичних відходів виключається через потенційну інфекційну небезпеку цих відходів. У такому випадку застосування теплоти продуктів згоряння для нагріву повітря, яке подається в інсинератор, є більш прийнятним. Цей спосіб дає можливість повернути отриману теплоту безпосередньо в інсинератор і таким чином зменшити його витрату палива. При цьому даний підхід майже не чутливий до вищезгаданих нестаціонарностей тепловиділення.

З урахуванням вищевказаних переваг та недоліків різних апаратів в Інституті газу НАН України був розроблений та запатентований [11] двокамерний інсинератор медичних відходів з повітряним рекуперативним циліндричним теплообмінником типу «труба у трубі», що коаксіально з'єднаний з камерою допалювання та паливниками власної конструкції, які працюють на підігрітому повітрі (рис.3). Подібна

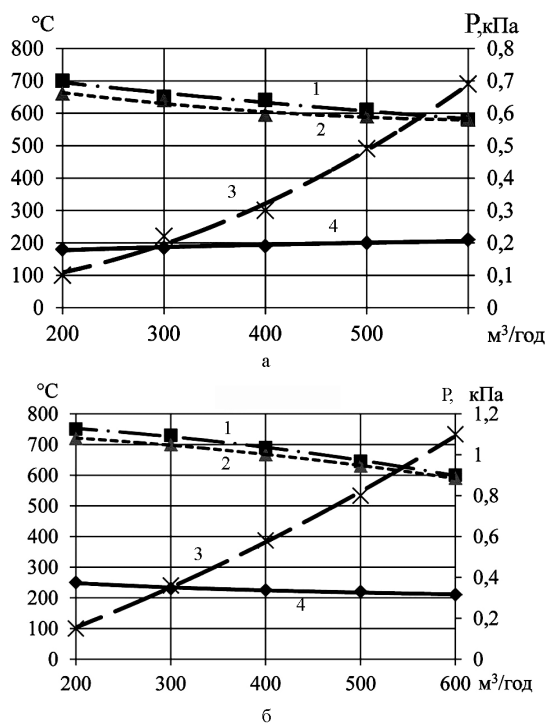


Рис. 4. Результати випробування рекуператора при температурах продуктів згоряння перед рекуператором $t''_{пзг} = 950$ °С (а) та 1050 °С (б): 1 – $t''_{пзг}$; 2 – $t''_{ст^{max}}$; 3 – ΔP_{Σ} ; 4 – $t''_{пов}$.

установка дає можливість використання внутрішнього об'єму теплообмінника як продовження камери допалювання при пікових виходах продуктів деструкції відходів, має низький аеродинамічний опір, стійка до можливого забруднення поверхні теплообміну, легко монтується та ремонтується.

При спалюванні 20 кг/год полімерних відходів у середньому утворюється 300 м³/год продуктів згоряння (без урахування піків). Для повного спалювання такої кількості полімерних відходів необхідно у середньому 270–300 м³/год повітря. Тому для даного теплообмінника були проведені дослідження температури повітря на виході $t''_{пов}$, максимальної температури теплообмінної поверхні $t''_{ст^{max}}$, температури продуктів згоряння на виході з рекуператора $t''_{пзг}$ та загального аеродинамічного пору рекуператора ΔP_{Σ} для витрати продуктів згоряння $V_{пзг} = 300$ м³/год у діапазоні витрати повітря $V_{пов} = 200$ –600 м³/год при температурі продуктів згоряння перед рекуператором $t''_{пзг} = 950$ та 1050 °С. Результати досліджень приведені на рис.4.

На відміну від традиційного підходу, коли нагріте повітря направляється виключно у камеру допалювання (у первинній камері здійс-

нюється регуляція кількості повітря у залежності від характеру процесів у камері — термічна деструкція в піролітичних умовах чи допалювання твердого органічного залишку [8]), дана конструкція дає можливість направляти гаряче повітря на пальники (на етапі розігріву інсинератору) та безпосередньо у камери (на етапі термічного знешкодження, щоб уникнути зайвого перегрівання пальників).

Таким чином, можливості утилізації теплоти продуктів згоряння інсинераторів медичних відходів обмежуються нерівномірністю виділення теплоти та наявністю споживача даної теплоти. Застосування рекуператора для нагрівання повітря, що подається у камери інсинератора, дає можливість ефективно використати теплоту та знизити витрати основного палива на 7–12 %.

Висновки

Раціональна утилізація теплоти продуктів згоряння інсинераторів медичних відходів потребує врахування багатьох комплексних факторів, викладених у даній статті. Утилізація теплоти рекуперативним нагріванням повітря, що потім подається в інсинератор, дає можливість уникнути питань, пов'язаних з постачанням теплоти сторонньому споживачу, оскільки при такому підході безпосереднім споживачем теплоти є сам інсинератор. Отримано характеристики рекуператора для робочих параметрів інсинератора та показана можливість економії палива при застосуванні даного способу утилізації теплоти.

Список літератури

1. Municipal Solid Waste Incineration. Technical Guidance Report / The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. Washington, D.C. 20433, U.S.A. August 1999. P. 51, 59–63.
2. Directive 2000/76/EC of the European Parliament and of the Council on the incineration of waste. 04 December 2000 / Official Journal L 332, 28 December 2000, P. 91–111.
3. Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration. BAT Reference Document (BREF), European IPPC Bureau, Seville, Spain. August 2006. P. 81, 86–99.
4. Юфит С.С. Яды вокруг нас. Вызов человечеству. — М. : Классикс Стиль, 2002. С. 196, 211.
5. UNEP/POPS/COP.1/INF/7. Руководящие принципы по наилучшим имеющимся методам и предварительные указания по наилучшим видам природоохранной деятельности применительно к Статье 5 и Приложению С Стокгольм-

- ской конвенции о стойких органических загрязнителях. — Стокгольм, Швеция : Секретариат Стокгольмской конвенции, 2004. С. 112.
6. Sparks S. Heat Recovery from Incineration of Solid Waste from Hospitals / Public Health Reports. March-April 1981, Vol. 96, No. 2. P. 105–110.
 7. Unified Facilities Criteria (UFC) 3-240-05A. Solid Waste Incineration. Department of the Army U.S. Army Corps of Engineers. Washington, DC. 16 January 2004. P. 7–3.
 8. Rong Xie1, Jidong Lu, Jie Li, Jiaqiang Yin. A Burning Experiment Study of an Integral Medical Waste Incinerator // Energy and Power Engineering. 2010. Vol. 2. P. 175–181.
 9. Zhu H.M., Yan J.H., Jiang X.G., Lai Y.E., Cen K.F. Study on pyrolysis of typical medical waste materials by using TG-FTIR analysis // Journal of Hazardous Materials. 2008. No. 153. P. 670–676.
 10. Мадорский С. Термическое разложение органических полимеров. Пер. с англ. под ред. С.Р.Рафилова. — М. : Мир, 1967. 328 с.
 11. Пат. 111562 Укр., МПК6 C2 F 23 G 5/00. Установка для спалювання твердих горючих та рідких відходів / В.В.Алексеевко, О.О.Васечко, В.Ю.Нікітін, О.Б.Сезоненко, В.О.Сорока. Опубл. 10.05.2016, Бюл. № 9.

Надійшла до редакції 15.05.18

**Алексеевко В.В., канд. техн. наук,
Сезоненко А.Б., Васечко А.А.**

Институт газа НАН Украины, Киев

ул. Дегтяревская, 39; 03113 Киев, Украина, e-mail: a-uv@ukr.net, alsez@ukr.net

Рекуперация теплоты инсинераторов для утилизации отходов лечебных учреждений

Рассмотрены способы снижения температуры продуктов сгорания для инсинераторов и особенности их практического применения. Рассмотрены условия эффективного использования рекуперации теплоты продуктов сгорания при термическом обезвреживании отходов. Приведены способы рекуперации теплоты продуктов сгорания отходов лечебных учреждений и даны их характеристики. Представлены оценки потенциального количества теплоты в продуктах сгорания при сжигании отходов лечебных учреждений. Рассмотрены нестационарности в выделении теплоты, характерные для инсинераторов лечебных учреждений, которые влияют на согласование с графиком нагрузки потенциального потребителя теплоты. Предложен способ рекуперации теплоты нагреванием воздуха, который подается непосредственно в инсинератор. Представлена конструктивная реализация данного способа и параметры рекуператора при рабочих нагрузках инсинератора. *Библ. 11, рис. 4, табл. 2.*

Ключові слова: инсинератор, медицинские отходы, рекуператор, термическое обезвреживание.

**Alekseenko V.V., Candidate of Technical Sciences,
Sezonenko O.B., Vasechko O.O.**

The Gas Institute of National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev

39, Degtyarivska St., 03113 Kiev, Ukraine, e-mail: a-uv@ukr.net, alsez@ukr.net

Recuperation Heat of Incinerators for Neutralization of Waste of Medical Institutions

Methods of reduction of temperature of exhausted gases for incinerators and features of their practical application were considered. Conditions of effective usage of recuperation of exhaust gases heat during thermal disposal of waste were considered. Methods of recuperation of exhaust gases heat of medical institutions' waste were adduced and character-

ized. Evaluation of potential value of heat in exhaust gases of combustion of medical institutions' waste was produced. Nonstationarity of the development of heat, typical of incinerators of medical institutions, which influence on coordination with load curve of potential heat consumer, was considered. The method of heat recuperation by heating of air, which is fed directly into incinerator, was offered. The constructive realization of this method and parameters of recuperator under working loads of incinerator were presented. *Bibl. 11, Fig. 4, Tab. 2.*

Key words: incinerator, medical waste, recuperator, thermal disposal.

References

1. Municipal Solid Waste Incineration. Technical Guidance Report / The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. Washington, D.C. 20433, U.S.A. August 1999. P. 51, 59–63.
2. Directive 2000/76/EC of the European Parliament and of the Council on the incineration of waste. 04 December 2000 / Official Journal L 332, 28 December 2000, pp. 91–111.
3. Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration. BAT Reference Document (BREF), European IPPC Bureau, Seville, Spain. August 2006. pp. 81, 86–99.
4. Jufit S.S. Poisons around us. The Challenge to Humanity. Moscow : Klassiks Stil', 2002. pp. 196, 211. (Rus.)
5. Guidelines on best available techniques and provisional guidance on best environmental practices in relation to Article 5 and Annex C of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutant (POP).– UNEP/POPS/COP.1/INF/7. Secretariat of the Stockholm Convention. Stockholm (Sweden). 2004. p. 112. (Rus.)
6. Sparks S. Heat Recovery from Incineration of Solid Waste from Hospitals. Public Health Reports. March-April 1981, 96 (2). pp. 105–110.
7. Unified Facilities Criteria (UFC) 3-240-05A. Solid Waste Incineration. Department of the Army U.S. Army Corps of Engineers. Washington, DC. 16 January 2004. pp. 7–3.
8. Rong Xie, Jidong Lu, Jie Li, Jiaqiang Yin. A Burning Experiment Study of an Integral Medical Waste Incinerator. *Energy and Power Engineering*. 2010. 2. pp. 175–181.
9. H.M. Zhu, J.H. Yan, X.G. Jiang, Y.E. Lai, K.F. Cen. Study on pyrolysis of typical medical waste materials by using TG-FTIR analysis. *Journal of Hazardous Materials*. 2008, No. 153. pp. 670–676.
10. Madorsky S. [Thermal decomposition of organic polymers. Translate from English]. Moscow : Mir, 1967. 328 p. (Rus.)
11. Pat. 111562 UA, MPK⁶ C2 F 23 G 5/00. [Installation for burning combustible solid and liquid wastes], V.V. Aleksieienko, O.O. Vasechko, V.Y. Nikitin, O.B. Sezonenko, V.O. Soroka. Publ. 10.05.2016, Bul. No. 9. (Ukr.)

Received May 15, 2018