

Технічні науки

УДК 697.325:621.184.5

Фіалко Наталія Михайлівна

*доктор технічних наук, професор,
член-кореспондент НАН України, завідувача відділом
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Fialko Nataliia

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Corresponding Member NAS of Ukraine, Head Department
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Навродська Раїса Олександрівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Navrodska Raisa

*Candidate of Technical Sciences,
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Шевчук Світлана Іванівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Shevchuk Svitlana

*Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Гнедаш Георгій Олександрович

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Gnedash Georgii

*Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

**УТИЛІЗАЦІЯ ТЕПЛОТИ ДИМОВИХ ГАЗІВ УСТАНОВОК
СПАЛЮВАННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ
HEAT RECOVERY OF FLUE GASES FROM HOUSEHOLD WASTE
INCINERATION PLANTS**

***Анотація.** Запропоновано нове технічне рішення повітрогрійного теплоутилізатора для установок спалювання побутових відходів. Наведено результати досліджень його основних теплотехнічних характеристик в різних режимах експлуатації протягом року і в практичному діапазоні зміни вхідних параметрів димових газів. Показано, що застосування теплоутилізатора забезпечує підігрівання повітря до 100–210°C в залежності від початкових температур димових газів і повітря, коефіцієнта його надлишку в газах, а також від рівня запиленості теплообмінної поверхні.*

***Ключові слова:** повітрогрійний теплоутилізатор, запилені димові гази, очищення поверхні, ефективність.*

***Summary.** A new technical solution of an air-heating heat recovery exchanger for household waste incineration plants is proposed. The results of studies of its main thermal characteristics in different operating modes during the year and in the practical range of changes in the input parameters of flue gases are presented. It is shown that the use of a heat recovery exchanger provides air heating up to 100–210°C, depending on its initial temperature and the excess coefficient in flue gases, as well as the level of dustiness of the heat exchange surface.*

***Key words:** air-heating heat recovery exchanger, dusty flue gases, surface cleaning, efficiency.*

Одним із ефективних способів боротьби з екологічними загрозами від побутових відходів, як відомо, є їхнє термічне знешкодження. Сучасні тенденції щодо використання сміттєспалювальних установок пов’язані не лише зі знищенням сміття, а і з комбінованим виробленням в них теплової і електричної енергії та із заощадженням палива, що використовується на експлуатацію цих установок. Заощадження палива реалізується, до прикладу, завдяки утилізації частини скидної теплоти димових газів та використанням її для нагрівання води або повітря на горіння.

Корисне використання скидної теплоти димових газів пов’язано з певними труднощами, обумовленими вмістом в них пилу і хімічно агресивних речовин. Зокрема, за літературними даними [1–3] у димових газах містяться у газоподібному стані сполуки хлору, фтору, аміаку, азоту тощо, а також твердий виніс різного хімічного та фракційного складу.

Тому основною передумовою у разі застосування теплоутилізаційних технологій для сміттєспалювальних підприємств є використання в системах утилізації спеціального теплообмінного устаткування (теплоутилізаторів). Ці теплоутилізатори повинні характеризуватись високою тепловою ефективністю, стійкістю робочих поверхонь до корозійної дії димових газів, можливістю часткового самоочищення цих поверхонь від відкладень пилу та у разі необхідності примусового їх очищення.

Метою даної роботи є створення ефективної технічної розробки повітрогрійного теплоутилізатора для використання скидної теплоти димових газів установок термічного знешкодження побутових відходів та визначення його основних теплотехнічних характеристик.

Розроблення теплоутилізатора базувалось на багаторічному досвіді створення і впровадження теплоутилізаційного устаткування за скловарними печами [4–6]. За результатами аналізу цього досвіду

запропоновано ефективне конструкційне рішення теплоутилізатора (рис. 1), призначеного для нагрівання повітря на горіння.

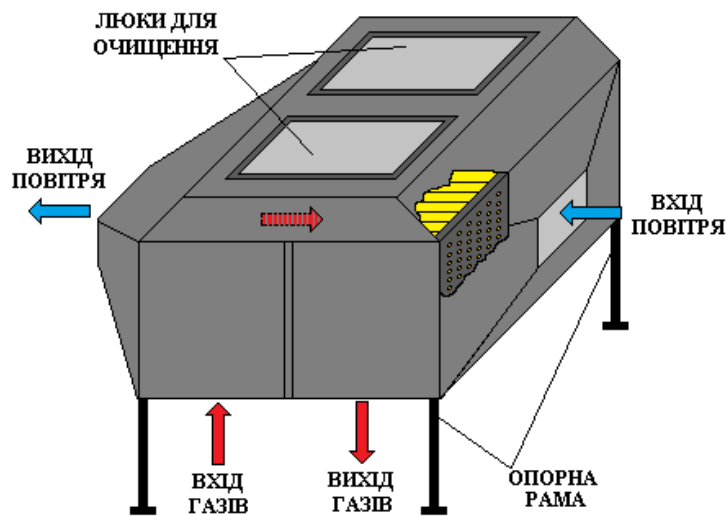


Рис. 1. Схема повітрогрійного теплоутилізатора

Теплообмінна поверхня теплоутилізатора компонується із сталевих панелей, утворених трубами з мембранами. Застосовувані труби мають кільцеві турбулізатори потоку на їхніх внутрішніх поверхнях [4], що забезпечує інтенсифікацію теплообміну в 1,4 – 1,8 разів при помірному (порівняно з іншими методами інтенсифікації теплообміну) зростанні аеродинамічного опору. Рух теплоносіїв перехреснотоківий з проходженням димових газів у міжтрубному просторі, а повітря в трубах. Конфігурація панелей сприяє зменшенню відкладень пилу на панелях в процесі експлуатації теплоутилізатора. Його конструкційне виконання дозволяє також здійснювати примусове очищення цих поверхонь стисненим повітрям.

Визначено основні теплотехнічні параметри теплоутилізатора у разі його використання для сміттєспалювальних установок. Вихідні режимні параметри (табл. 1) для виконання розрахунків приймалися в їхньому практичному діапазоні на 1 тону побутових відходів згідно з даними [1–3].

Таблиця 1

Вихідні дані

Найменування характеристики, розмірність	Значення
Витрата димових газів, кг/с	1,8
Коефіцієнт надлишку повітря	1,5
Температура димових газів на вході, °С	200 – 300
Температура повітря на вході, °С	-20 – +20
Вологовміст димових газів на вході, кг/кг с.г.	150 – 200
Коефіцієнт запиленості теплообмінної поверхні	0,5 – 1,0

Вказаний в таблиці коефіцієнт запиленості робочої поверхні, рівний одиниці, приймався для чистої поверхні нагрівання, а його значення 0,5 відповідало максимальному зниженню теплопродуктивності теплоутилізатора, при якому необхідно здійснювати очищення його теплообмінної поверхні стисненим повітрям через передбачені конструкційні отвори.

Результати визначення основних характеристик теплоутилізатора вказано в табл. 2. Рис. 2 ілюструє закономірності зміни розрахункової температури димових газів та повітря в різних режимах експлуатації теплоутилізатора протягом року. Аналіз отриманих результатів свідчить, що застосування пропонованого теплоутилізатора забезпечує охолодження димових газів до температури 100 – 215 °С та нагрівання повітря – до 100 – 210 °С в залежності від початкових температур газів та повітря, коефіцієнта його надлишку в димових газах і рівня запиленості робочої поверхні.

Таблиця 2

Розрахункові характеристики повітрогрійного теплоутилізатора

Найменування характеристики, розмірність	Значення
Теплопродуктивність, кВт	110–265
Температура газів на виході, °С	100–215
Вологовміст димових газів на виході, °С	120–180
Витрата повітря, кг/с	1,19
Температура повітря на виході, °С	100–210
Аеродинамічний опір газового тракту, Па	220–320
Аеродинамічний опір повітряного тракту, Па	270–300

Габаритні розміри, мм: ДхШхВ	1400x800x1000
Маса, кг	500

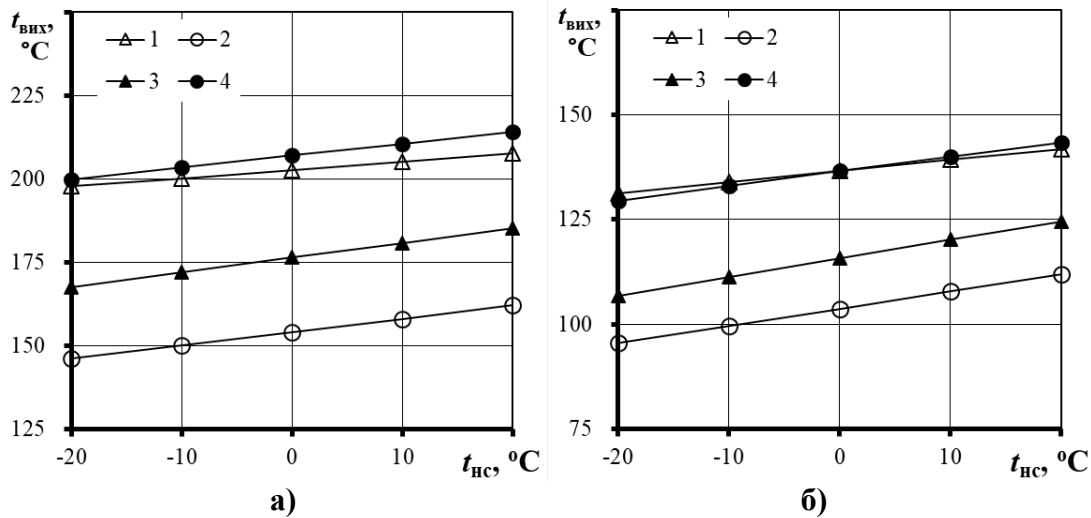


Рис. 2. Залежність від температури навколишнього середовища $t_{нс}$ температур повітря $t_{вих}^n$ (1, 2) та димових газів $t_{вих}^g$ (3, 4) на виході з теплоутилізатора для чистої (1, 3) та запиленої (2, 4) поверхні нагрівання за різних температур димових газів на вході $t_{вх}$ та коефіцієнті надлишку повітря $\alpha = 1,5$:
а) $t_{вх} = 300$ °C; б) $t_{вх} = 200$ °C.

За досліджуваних умов, як показали розрахунки, зміна початкового вологовмісту димових газів не впливає на його кінцеве значення. Тобто в процесі теплоутилізації не реалізується глибоке охолодження цих газів, що забезпечує в процесі експлуатації теплоутилізатора його робочі поверхні від агресивної дії конденсату, в якому розчиняються корозійно активні сполуки, що входять до димових газів.

Отже, розроблене технічне рішення повітрогрійного теплоутилізатора задовольняє вимогам щодо створення теплоутилізаційного устаткування для сучасних установок спалювання побутових відходів і може бути рекомендоване до застосування.

Література

1. Johnke B. Emissions from waste incineration. *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*. 2000. P. 455–468.

2. Магера Ю. М. Підвищення ефективності термічної інсінерації твердих побутових відходів: дис. ... канд. тех. наук: 05.14.06 / Ін-т технічної теплофізики НАНУ Київ, 2019. 161с.
3. Крот О. П. Моделювання та оптимізація процесів термічного знешкодження побутових і промислових відходів у теплогенеруючих установках: дис. ... д-ра тех. наук: 05.23.03 / Харківський нац. універ. буд. та архіт., Харків, 2019. 329 с.
4. Фіалко Н. М., Прокопов В. Г., Навродська Р. О., Шевчук С. І., Пресіч Г. О. Особливості застосування теплоутилізаційних технологій для газоспоживальних скловарних печей. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2021. Т. 31, № 4. С. 109–113. <https://doi.org/10.36930/40310418>
5. Фіалко Н. М., Прокопов В. Г., Навродська Р. О., Шевчук С. І., Степанова А.І. Результати експериментальних досліджень теплотехнічних характеристик водогрійних теплоутилізаторів промислових печей. *Теплофізика та теплоенергетика*. 2022. т. 44, № 1. С. 84–91. doi: <https://doi.org/10.31472/tpe.1.2022.10>
6. Фіалко Н. М., Навродська Р. О., Шевчук С. І., Гнедаш Г. О. Поліпшення режимів експлуатації димових труб промислових печей регенеративного типу з повітрогрійними теплоутилізаторами. *Міжнародний науковий журнал "Інтернаука"*. 2023. № 12. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2023-12-9004>