

УДК 504.6 + 628.8

## СПОСОБИ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОВИХ ВИКИДІВ

ПОЛИЩУК С. З. <sup>1\*</sup>, *д. т. н., проф.*,МОРОЗОВА Т. В. <sup>2\*</sup>, *ст. викл.*,ПЕТРОВЦІЙ О. В. <sup>3\*</sup>, *асис.*ОСМАН К. А. <sup>4\*</sup>, *маг.*,МИХАЛЬЧЕНКО А. О. <sup>5\*</sup>, *маг.*

<sup>1\*</sup> Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 756-34-92, e-mail: psz@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6473-253X.

<sup>2\*</sup> Кафедра фізики, ВНЗ «Національний гірничий університет», пр. Карла Маркса 19, 49600, Дніпро, Україна, , тел. +38 (0562) 373-07-34, e-mail: nmumorozova@gmail.com.

<sup>3\*</sup> Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 756-34-92, e-mail: olga16061964@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-2082-0711.

<sup>4\*</sup> Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 756-34-92, e-mail: karina.osman2015@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-3631-9668.

<sup>5\*</sup> Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (099) 222-51-53, e-mail: alina.mikhalchenko.1995@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8225-6269

**Анотація. Мета.** Аналіз способів утилізації теплових викидів, що надходять до навколишнього природного середовища. **Методика.** Методика дослідження базується на результатах раніше опублікованих робіт, де надані результати дослідження з використанням пристроїв для утилізації тепла димових газів. **Результати.** Проаналізовано кожен з чотирьох виділених видів теплових викидів. **Наукова новизна.** Полягає у розподілі джерел викидів на чотири основних типи: промислові, вентиляційні, димові та печні. Охарактеризовано вплив теплових викидів на довкілля. **Практична значимість.** Полягає у можливості поліпшенні якості повітряного середовища та підвищення енергоефективності і ресурса збереження.

*Ключові слова:* теплові викиди; утилізація джерела; пристрої та способи утилізації

## СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ВЫБРОСОВ

ПОЛИЩУК С.З. <sup>1\*</sup>, *д. т. н., проф.*,МОРОЗОВА Т.В. <sup>2\*</sup>, *ст. преп.*,ПЕТРОВЦІЙ О.В. <sup>3\*</sup>, *асс.*ОСМАН К.А. <sup>4\*</sup>, *маг.*,МИХАЛЬЧЕНКО А. А. <sup>5\*</sup>, *маг.*

<sup>1\*</sup> Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская академия строительства и архитектуры», ул. Чернишевського, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (0562) 756-34-92, e-mail: psz@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6473-253X.

<sup>2\*</sup> Кафедра физики, ВУЗ «Национальный горный университет», пр. Карла Маркса 19, 49600, Днепр, Украина, , тел. +38 (0562) 46-99-24, e-mail: nmumorozova@gmail.com.

<sup>3\*</sup> Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская академия строительства и архитектуры», ул. Чернишевського, 24-а, 49600, Днепр, Украина тел. +38 (0562) 756-34-92, e-mail: olga16061964@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-2082-0711.

<sup>4\*</sup> Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская академия строительства и архитектуры», ул. Чернишевського, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (0562) 756-34-92, e-mail: karina.osman2015@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-3631-9668.

<sup>5\*</sup> Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. тел. +38 (099) 222-51-53, e-mail: alina.mikhalchenko.1995@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8225-6269

**Аннотация. Цель.** Анализ способов утилизации тепловых выбросов, поступающих в окружающую природную среду. **Методика.** Методика исследования базируется на результатах ранее опубликованных работ, где предоставлены результаты исследования с использованием устройств для утилизации тепла дымовых газов. **Результаты.** Проанализирован каждый из

чотирьох виділених ввидов теплових викидів. **Научна новизна.** Заключається в розподіленні джерел викидів на чотири основних типи: промислові, вентиляційні, димові і печні. Охарактеризовано вплив теплових викидів на навколишнє середовище. **Практична значимість.** Заключається в можливості покращити якість повітряного середовища і підвищити енергоефективність і ресурс збереження.

*Ключові слова:* теплові викиди; утилізація джерела; пристрої та способи утилізації

## METHODS OF DISPOSAL OF THERMAL EMISSION

POLISCHUK S.Z.<sup>1\*</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

MOROZOVA T.V.<sup>2\*</sup>, *Sen. Inst.*,

PETROVTSY O.V.<sup>3\*</sup>, *Ass.*

OSMAN K.A.<sup>4\*</sup>, *master*,

MYKHALCHENKO A. O.<sup>5\*</sup>, *master*

<sup>1\*</sup> Department of heating, ventilation and air quality, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineer and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipro 49600, Ukraine, phone +38 (0562) 756-34-92, e-mail: psz@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6473-253X.

<sup>2\*</sup> Department of physics, HEY "National Mining University", 19 Karl Marx Av., Dnipro 49600, Ukraine, phone +38 (0562) 46-99-24, e-mail: nnumorozova@gmail.com.

<sup>3\*</sup> Department of heating, ventilation and air quality, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineer and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipro 49600, Ukraine, phone +38 (0562) 756-34-92, e-mail: olga16061964@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-2082-0711.

<sup>4\*</sup> Department of heating, ventilation and air quality, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineer and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipro 49600, Ukraine, phone +38 (0562) 756-34-92, e-mail: karina.osman2015@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-3631-9668.

<sup>5\*</sup> Department of heating, ventilation and air quality, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipro 49600, Ukraine, t. +38 (099) 222-51-53, e-mail: alina.mikhalchenko.1995@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8225-6269

**Abstract. Purpose.** Analysis of the methods of recycling thermal emissions entering the environment. **Methodology.** Method study based on the results of previously published works, where the results of the study are provided with devices for heat recovery from the flue gases. **Findings.** A detailed analysis of each of the four types of heat emission. **Originality.** It is the allocation of emission sources into four main types: industrial, ventilation, smoke and aerosol. Characterized soiled heat emissions on the environment. **Practical value.** It is the ability to improve air quality and energy efficiency and storage.

*Keywords:* thermal emission; source utilization; devices and methods of utilization

### Вступ

Стаття присвячена огляду способів утилізації теплових викидів і відноситься до області охорони навколишнього середовища. Теплове забруднення є формою фізичного (переважно антропогенного) забруднення, що виникає в результаті підвищення температури середовища у зв'язку з промисловими викидами нагрітого повітря, відхідних газів і води, а також виникненням великих пожеж. Теплове забруднення може виникати і як вторинний результат зміни хімічного складу атмосфери (парниковий ефект)[1-5].

З іншого боку, при утилізації теплових викидів слід враховувати і можливі зміни стосовно ступеню забруднення атмосферного повітря [1-3].

Джерела теплових викидів умовно можна поділити на:

- промислові викиди;
- вентиляційні викиди;
- димові викиди;
- печні викиди.

### Мета

Мета дослідження – аналіз способів утилізації теплових викидів, що надходять до навколишнього природного середовища.

### Результати

#### 1. Промислові викиди.

Дослідження відносяться до способів утилізації теплоти та зменшення шкідливих викидів, що виникають у роботі великої кількості промислових підприємств, зокрема теплоенергетичних об'єктів, насамперед теплогенеруючих установок різної потужності [8].

У роботі [8] запропоновано підвищення ефективності використання низькопотенційного тепла конденсації водяних парів, що містяться в димових газах.

Пристрій утилізації тепла димових газів містить газо-газовий поверхневий пластинчастий теплообмінник, в якому охолоджуються вихідні димові гази, нагріваючи протитечією осушені димові

гази. Охолоджені вологі димові газы подаються в газоповітряний поверхневий пластинчастий теплообмінник-конденсатор, де конденсуються в димових газах, що містять водяні пари, нагріваючи повітря. Нагріте повітря використовується для опалення приміщень і покриття потреби процесу горіння газу в котлі. Конденсат після додаткової обробки використовується для заповнення втрат в тепломережі або паротурбінному циклі. Осушені димові газы подаються додатковим димососом в описаний вище підігрівач, де нагріваються для запобігання можливої конденсації водяної пари в газоходах і димовій трубі і направляються в димову трубу.

## 2. Вентиляційні викиди

Утилізація тепла вентиляційних викидів. Повітря, що видаляється з приміщень є значним джерелом низькопотенційного тепла.

Утилізація теплоти вентиляційних викидів може здійснюватися наступними способами [9]:

- рециркуляцією частини витяжного повітря;
- застосуванням рекуперативних теплообмінників-утилізаторів;
- застосуванням регенеративних теплообмінників-утилізаторів;
- застосуванням двох рекуперативних теплообмінників, використовують проміжний теплоносіє;
- застосуванням теплопередаючих труб.

В даний час для утилізації тепла витяжного повітря застосовують регенеративні обертові теплообмінники, теплообмінники з проміжним теплоносієм, пластинчасті теплообмінники, утилізатори з тепловими трубами, рекуперативні теплообмінники. Ці установки призначені для утилізації низькопотенційного тепла вентиляційних викидів і повернення в приміщення до 70-75% рекуперативного тепла, що дозволяє щорічно економити близько 2638 ГДж (630 Гкал) тепла, тобто близько 90 т умовного палива.

## 3. Димові викиди

Пристрій для утилізації тепла і очищення димових газів за пропонованим способом працює наступним чином рис. 1 [10].

Вертикальний стовбур повітряпровода димової труби руйнують і на відвідному газоході 5 встановлюють металевий корпус 4 низькотемпературного підігрівача води 6 пропонованого пристрою. Вентилятором 2 з корпусу 1 топки котла димові газы з підвідного газоходу 3 направляють в відвідний газохід 5 через низькотемпературний підігрівач 6 в систему циклонічного і фільтраційного очищення. Тепло димових газів ( $t \approx 145-160^\circ\text{C}$ ) віддається через металевий корпус низькотемпературного підігрівача 6 для нагрівання води для технологічних цілей (опалення приміщень тощо). Вступники з корпусу 4 низькотемпературного підігрівача 6 циклони 14 очищують димові газы від твердих частинок і далі пропускають через фільтри 15 для остаточного

очищення від дрібного пилу у каталізатор 16 чадних газів. Очищений димовий газ після каталізатора 16 направляють в колекторні труби 17 більшого діаметру ( $d \approx 1,0-1,5$  м), прокладені в ґрунті на глибині ( $\approx 0,5$  м) під теплицями 13. Тепло димових газів від труб 17 через повітряну порожнину 22 і перфоровані кришки 23 кожуха термоізолятору 21 обігріває ґрунт 20 теплиць. Димові газы з шкідливими хімічними сполуками далі з колекторних труб 17 більшого діаметра відсмоктують через патрубки 18 фільтрів 19 повітрязабірники двигунів внутрішнього згорання 11 в камери згорання, де вони остаточне нейтралізуються після високотемпературного прожарювання і викидаються в атмосферу. При цьому сумарний обсяг, що всмоктується повітрязабірниками димових газів в одиницю часу повинен бути рівним або більшим ніж витрата димових газів з відвідного газоходу 5 для створення різниці тиску між ними і необхідної тяги, що регулюється кількістю використаних двигунів 11 внутрішнього згорання. Тепло двигунів внутрішнього згорання 11 акумулюється у водяній сорочці 10 і надходить з патрубка 9 в замкнутий контур трубопроводу 7 для технологічних потреб. Колекторний трубопровід 12 призначений для обігріву тепличних приміщень.

Охолоджений рідкий теплоносіє надходить назад по патрубок 8, підведений в охолоджуючу водяну сорочку 10 двигуна 11 внутрішнього згорання. Двигуни 11 внутрішнього згорання оснащують генераторами 24 електричної енергії для освітлення технологічних приміщень та побутових потреб.

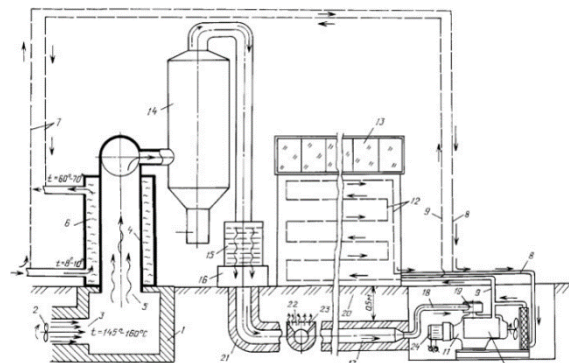


Рис. 1 Пристрій для утилізації тепла і очищення димових газів/

*Device for heat recovery and flue gas.*

Пропонований спосіб і пристрій для утилізації тепла і очищення димових газів, дозволяє повністю ліквідувати існуючі димові труби і шкідливий вплив димових газів на навколишнє середовище. Практичні дослідження свідчать про повну нейтралізацію шкідливих хімічних сполук в димових газах після їх прожарювання в камерах згорання двигунів внутрішнього згорання. Спосіб відбору тепла від димових газів відразу на виході відвідного газоходу і від двигунів внутрішнього згорання для

технологічних потреб істотно підвищує коефіцієнт корисної дії (КПД) опалювальних котлів.

#### 4. Печні викиди

Винахід відноситься до установки утилізації теплоти відхідних пічних газів [11].

Установка містить нагрівальну піч з робочою камерою, в якій встановлені в пальники, теплоізолюваний канал з теплообмінними трубами, на внутрішній поверхні якого видаляються продукти згорання з робочої камери печі, при цьому частина внутрішньої поверхні теплоізолюваного каналу утворена циліндром двигуна з зовнішнім підводом теплоти, з яким з'єднані теплообмінні труби. Розташовуючись на внутрішній поверхні теплоізолюваного каналу, циліндр і теплообмінні труби відводять теплоту від високотемпературних газів пічних газів до робочого тіла двигуна з зовнішнім підводом теплоти, в якому теплота перетворюється в механічну енергію з високим к. п. д. Ребра поверхні циліндра двигуна інтенсифікують процес відведення теплоти від газів, що відходять пічних газів і сприяють підвищенню потужності і КПД двигуна. Установка забезпечує більш ефективне використання теплоти згорання палива в нагрівальних і термічних печах ковальсько-штампувального виробництва.

В якості прототипу прийнято пристрій охолодження та утилізації тепла газів, що виходять з печі та містять нагрівальну піч, які відводять продукти згорання. Канал з теплообмінниками, в яких циркулює рідкометалевий теплоносіє (рідкий натрій), контур пароводяної з паротурбінної установкою і парогенератором, нагрівається жидкометаллическим теплоносієм. Рідкометалевий теплоносіє дозволяє виробляти відведення тепла при

високій температурі, отримувати в парогенераторі пар з високими термодинамічними параметрами і забезпечити роботу паротурбінної установки з високим КПД. Однак даний пристрій охолодження та утилізації тепла володіє складною конструкцією і низькою ефективністю роботи невеликих полум'яних нагрівальних і термічних печей, що розташовані на значних відстанях один від одного в ковальсько-штампувальному виробництві. Періодичний режим роботи нагрівальних термічних печей також призводить до додаткових витрат енергоресурсів при запуску і зупинці відомого пристрою і додаткового зниження його КПД.

Технічний результат винаходу полягає в підвищенні ефективності установок утилізації тепла відхідних пічних газів, що працюють з нагрівальними і термічними печами ковальсько-штампувального виробництва в умовах періодичного відключення печей з технологічних причин.

Для досягнення технічного результату у запропонованій установці утилізації тепла відхідних пічних газів, в початковій частині внутрішньої поверхні теплоізолюваного каналу розташований циліндр з поршнем двигуна із зовнішнім підведенням тепла, який з'єднаний з теплообмінними трубами для забезпечення руху робочого тіла в них. При цьому поверхня циліндра двигуна, що знаходиться у теплоізолюваному каналі, виконана з ребрами.

#### Висновок

Проаналізовано способи утилізації теплових викидів різних типів. Показали перспективність утилізації теплових викидів з позиції охорони навколишнього середовища.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про охорону атмосферного повітря : [Закон України : офіц. текст за станом на 26 квіт. 2014р.] – Київ : парламентське видавництво, 2014 - 24 с.
2. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів,- Київ: Міністерство охорони здоров'я України, 1996,- 107с.
3. Барбашова, Н. В. Взаємозв'язок понять «екологічний ризик» та «екологічна безпека» / Н. В. Барбашова // Актуальні проблеми держави і права. - 2014. - Вип. 72 - С. 245-253.
4. Зінченко, В. Ю. Розробка математичної моделі методу рішення задачі прогнозування оцінки екологічного ризику від групи точкових джерел / В. Ю. Зінченко, В. В. Фалько//Екологічна безпека. - 2013.-№2 (16). - С. 36-39.
5. Зінченко, В. Ю. Прогнозна оцінка екологічного ризику для людини від площадного джерела викидів при довільному напрямку вітру / В. Ю. Зінченко, В. В. Фалько, С. З. Поліщук, А. В. Поліщук // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Сб. научн. тр. Вып. 76 - Днепропетровск, ПГАСА, 2014. - С. 132-136.
6. Кушнір Е. Г. Методичний підхід до розрахунку розподілу забруднених речовин по території / С. Г. Кушнір // Строительство, материаловедение, машиностроение,- Днепропетровск, 2014.-Вип. 76.- С. 153-157.
7. Поліщук С. З. Утилизация тепла промышленных выбросов и качество воздушной среды / Полищук С.З., Кушнір Е. Г., Лесникова И. Ю., Петренко В. О., Васильева Ю. Д., Хоменко Е. А. // Строительство, материаловедение, машиностроение.-Днепропетровск, 2014.-Вип. 76.-С.212-220.
8. Беспалов В.И., Беспалов В.В. // Пристрій утилізації тепла та спосіб його роботи – 2010. - №2436011. – 10 с.
9. <http://msd.com.ua/misc/sposoby-utilizacii-teploty-v-sistemax-ventilyacii-i-kondicionirovaniya-vozduxa/>
10. <http://www.freepatent.ru/patents/2347147>
11. Попов Д.А., Попов А.Г. // Пристрій для утилізації теплоти пічних викидів – 2009. - №2338141.

## REFERENCES

1. *Pro oxoronu atmosferного povitrya : zakon ukraïni : ofic. tekst za stanom na 26 kvit. 2014r* [On Protection of Atmospheric Air [Law of Ukraine: official. Text as of Apr 26. 2014]] – Kyiv: parliamentary publishing, 2014 – 24p.
2. *Derzhavni sanitarni pravila planuvannya ta zabudovi naselenix punktiv.- kiïv: ministerstvo oxoroni zdorov'ya ukraïini* [State sanitary rules of planning and development of human punktiv. Kyiv: The Ministry of Health of Ukraine], 1996. – 107p.
3. Barbashova N.V. *Vzaymozv'yazok ponyat` "ekologichnyi ryzyk" ta "ekologichna bezpeka"* [The realation of definitions "ecological risk" and "ecological safety"]. *Aktual'ni problemi derzhavi i prava* [Issues of State and Law], 2014. Issue 72, pp. 245 – 253.
4. Zinchenko V.Yur., Falko V.V., *Rozrobka matematichnoyi modeli metodu rishennya zadachi prognoznoyi otsinki ekologichnogo riziku vid grupi tochkovih dzherel* [ Mathematical scheme development of solving method for ecological risk prognosis assessment problem from a group of emissions point sources]. *Ekologichna bezpeka* [Ecological safety], 2013, issie 2 (16), pp. 36-39.
5. Zinchenko V.Yur., Falko V.V., Polischuk S.Z., Polischuk A.V., *Prognozna otsinka ekologichnogo riziku dlya lyudini vid ploschadnogo dzhereia vikidiv pri dovilnomu napryamku vitru* [Ecological risk prognosis assessment for a human from an areal pollutants emission source under the conditions of arditrary wind derection]. *Stroitelstvo. Materialovedenie. Mashinostroenie*. [Building. Material Engineering. Machine Building], 2014, issue 76, pp. 132-136.
6. Kushnir E.G., Stroitelstvo, *Metodichniy pidhid do rozrahunku rozpodilu zabrudnenih rechovin po teritoriyi materialovedene, mashinostroenie* [Methodical approach to calculating the distribution of pollutants on the territory Building. Material Engineering. Machine Building]. – Dnepropetrovsk, 2014 – Vol. 76 – P. 153-157.
7. Polischuk S.Z., Kushnir E.G., Lesnikova I.Yu., Petrenko V.O., Vasileva Yu.D., Homenko E.A. *Utilizatsiya tepla promyshlennyih vibrosov i kachestvo vozdushnoy sredyi* . *Stroitelstvo, materialovedene, mashinostroenie* [Heat recovery of industrial emissions and air quality. Building. Material Engineering. Machine Building]. – Dnepropetrovsk, 2014 – Vol. 76 – P. 212-220].
8. Bespalov V.I., Bespalov V.V. *Pristriy utillzatsiyi tepla ta sposib yogo roboti* [Heat recovery devices and methods of its work] – 2010. - №2436011. – 10 p.
9. <http://msd.com.ua/misc/sposoby-utilizacii-teploty-v-sistemax-ventilyacii-i-kondicionirovaniya-vozduxa/>
10. <http://www.freepatent.ru/patents/2347147>
11. Popov D.A., Popov A.G. *Pristriy dlya utillzatsiyi teploti pichnih vikidiv* [The device heat recovery coke oven emissions]– 2009. - №2338141.

Стаття надійшла в редколегію 29.04.2017