

УДК 504.6 + 628.8.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБОВ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ ВЫБРОСОВ

ПОЛИЩУК С. З.^{1*}, д. т. н., проф.КАСПИЙЦЕВА В. Ю.^{2*}, асс.ДЯДЬКИНА А. И.^{3*}, маг.ЛЕВЧЕНКО О. А.^{4*}, маг.

^{1*}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. +38(056) 756-34-92, e-mail:psz@mail.pgasa.dp.ua, ORCIDID: 0000-0002-6473-253X

^{2*}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. +38(056) 756-34-92, e-mail:ov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5977-106X

^{3*}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. +38(056) 756-34-92, e-mail: alinadyadkina777@gmail.com, 0000-0002-8405-270X

^{4*}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. +38(056) 756-34-92, e-mail: oolysuya@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-9285-3999

Аннотация. Цель. Изучение способов утилизации тепла и сравнение характеристик таких выбросов, как: промышленные, вентиляционные, дымовые и печные. Возможность утилизации, а также определение преимуществ и недостатков использования тепла этих выбросов и влияние их на окружающую среду. **Методика.** Методика исследования базируется на результатах ранее опубликованных работ [6,7], где предоставлены результаты исследования способов утилизации тепла, основанные на общенаучных методах анализа и синтеза, а также аппарате математического анализа. **Результаты.** Эффективным решением сбережения энергии в современном мире становятся теплоутилизаторы. В ходе работы были рассмотрены различные виды и способы утилизации тепла, получены выводы по энергоэффективности и экологичности данных установок. **Научная новизна.** Выполнена систематизация способов утилизации тепловых выбросов. **Практическая значимость.** Предложенные схемы утилизации позволят детально исследовать варианты использования тепла различных выбросов и сформулировать практические рекомендации по управлению ими.

Ключевые слова: промышленные выбросы; вентиляционные выбросы; дымовые выбросы; печные выбросы; утилизация тепла

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОбІВ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ВИКИДІВ

ПОЛІЩУК С. З.^{1*}, д. т. н., проф.КАСПИЙЦЕВА В. Ю.^{2*}, асист.ДЯДЬКИНА А. І.^{3*}, маг.ЛЕВЧЕНКО О. А.^{4*}, маг.

^{1*} 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(056) 756-34-92, e-mail:psz@mail.pgasa.dp.ua, ORCIDID: 0000-0002-6473-253X

^{2*} 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(056) 756-34-92, e-mail:ov@mail.pgasa.dp.ua, ORCIDID: 0000-0001-5977-106X

^{3*}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 (093) 013-82-99, e-mail:alinadyadkina777@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8405-270X

^{4*} 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 (093) 013-82-99, e-mail: oolysuya@yandex.ru, ORCIDID: 0000-0001-9285-3999

Анотація. Мета. Вивчення способів утилізації тепла і порівняння характеристик таких викидів, як: промислові, вентиляційні, димові і пічні. Можливість утилізації, а також визначення переваг і недоліків використання тепла цих викидів та

вплив їх на навколишнє середовище. **Методика.** Методика дослідження базується на результатах раніше опублікованих робіт [6,7], де надані результати дослідження способів утилізації тепла, засновані на загальнонаукових методах аналізу і синтезу, а також апараті математичного аналізу. **Результати.** Ефективним вирішенням заощадження енергії в сучасному світі стають теплоутилізатори. В ході роботи були розглянуті різні види і способи утилізації тепла, отримані висновки по енергоефективності і екологічності даних утановок. **Наукова новизна.** Виконана мецологізація способів утилізації теплоти викидів. **Практична значимість.** Запропоновані схеми утилізації дозволять детально досліджувати варіанти використання тепла різних викидів і сформулювати практичні рекомендації з управління ними.

Ключові слова: промислові викиди; вентиляційні викиди; димові викиди; пічні викиди; утилізація тепла

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF HEAT RECOVERY

POLISHCHUK S.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*

KASPIYCEVA V.^{2*}, *Assist.*

DIADKINA A.^{3*}, *mag.*

LEVCHENKO O.^{4*}, *mag.*

^{1*}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 (0562) 46-98-19, e-mail: psz@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6473-253X

^{2*}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(056) 756-34-92, e-mail: ov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5977-106X

^{3*}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 (093) 013-82-99, e-mail: alinadyadkina777@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8405-270X

^{4*} 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 (093) 013-82-99, e-mail: oolyusya@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-9285-3999

Annotation. Purpose. Learning methods of heat recovery and emission characteristics of such a comparison, as industrial, ventilation, smoke and stove. Possibility of recycling, as well as certain advantages and disadvantages of using these heat emission and their impact on the environment. **Methodology.** Methods based on the results of research previously published work [6,7], where the results of the study are provided methods of heat recovery based on the general scientific analysis and synthesis methods and apparatus mathematical analysis. **Results.** Effective solution to save energy in the world today are heat exchanger. During the considered various types and methods of recycling heat obtained conclusions energoeffektivnosti utanovok and environmental data. **Scientific novelty.** Systematization of methods for utilization of thermal emissions has been carried out. **Practical significance.** The proposed scheme will enable waste to explore options for the use of heat in detail the various emissions and to formulate practical recommendations for their management.

Keywords: industrial emissions; vent emissions; smoke emissions; furnace emissions; heat recovery

Введение

Теплоту уходящих газов и скрытую теплоту парообразования водяных паров можно полезно использовать. Использование теплоты уходящих дымовых газов и скрытой теплоты парообразования водяных паров называется методом глубокой утилизации теплоты дымовых газов.

Цель

Цель исследования – изучение способов утилизации тепла и сравнение характеристик таких выбросов, как: промышленные, вентиляционные, дымовые и печные. Возможность утилизации, а также определение преимуществ и недостатков использования тепла этих выбросов и влияние их на окружающую среду.

Методика

Методика исследования базируется на результатах ранее опубликованных работ [6,7], где предоставлены результаты исследования способов утилизации тепла, основанные на общенаучных методах анализа и синтеза, а также аппарате математического анализа.

Результаты

В настоящее время существуют различные технологии реализации данного метода. Метод глубокой утилизации теплоты дымовых газов позволяет увеличить КПД топливопотребляющей установки на 2-3%, что соответствует снижению расхода топлива на 4-5 кг у.т. на 1 Гкал выработанного тепла. При внедрении данного метода, существуют технические сложности и ограничения связанные в основном со сложностью расчета процесса тепломассобмена при глубокой утилизации тепла уходящих дымовых газов и

необходимостью автоматизации процесса, однако эти сложности решаемы при современном уровне технологий. Для повсеместного внедрения данного метода необходима разработка методических указаний по расчету и установке систем глубокой утилизации тепла дымовых газов и принятие правовых актов запрещающих ввод в эксплуатацию топливоиспользующих установок на природном газе без применения глубокой утилизации тепла дымовых газов. Новизна: Наиболее часто используемый метод глубокой утилизации тепла дымовых газов заключается в том, что продукты сгорания природного газа после котла (либо после водяного экономайзера) с температурой 130-150°C разделяются на два потока. Приблизительно 70-80% газов направляются по главному газоходу и поступают в конденсационный теплоутилизатор поверхностного типа, остальная часть газов направляется в байпасный газоход. В теплоутилизаторе продукты сгорания охлаждаются до 40-50°C, при этом происходит конденсация части водяных паров, что позволяет полезно использовать как физическую теплоту дымовых газов, так и скрытую теплоту конденсации части содержащихся в них водяных паров. Охлажденные продукты сгорания после каплеотделителя смешиваются с проходящими по байпасному газоходу неохлажденными продуктами сгорания и при температуре 65-70°C отводятся дымососом через дымовую трубу в атмосферу. В качестве нагреваемой среды в теплоутилизаторе может использоваться исходная вода для нужд химводоподготовки или воздух, поступающий затем на горение. Для интенсификации теплообмена в теплоутилизаторе

возможна подача выпара атмосферного деаэратора в основной газоход. Необходимо также отметить возможность использования сконденсировавшихся обессоленных водяных паров в качестве исходной воды. Результатом внедрения данного метода, является повышение КПД котла брутто на 2-3%, с учетом использования скрытой теплоты парообразования водяных паров. К техническим ограничениям и сложностям при внедрении метода можно отнести: сложность расчета процесса утилизации влажных газов, так как процесс теплообмена сопровождается процессами массообмена; необходимость поддержания заданных значений температуры и влажности уходящих дымовых газов, во избежание конденсации паров в газоходах и дымовой трубе; Необходимость избегать обмерзания поверхностей теплообмена при нагревании холодных газов; При этом необходимо проведение испытаний газоходов и дымовых труб обработанных современными антикоррозионными покрытиями на предмет возможности снижения ограничений по температуре и влажности уходящих после теплоутилизационной установки дымовых газов. Массовое внедрение данного метода позволит снизить расход топлива и повлияет на экологическую обстановку путем снижения выбросов оксидов азота. Предполагаемыми методами внедрения являются: бюджетное финансирование; привлечение инвестиций; введение требований к вводу в эксплуатацию новых топливопотребляющих установок.

В таблице 1 приведена систематизация способов утилизации теплоты выбросов.

**Систематизация способов утилизации теплоты выбросов/
Systematization of methods of heat emission utilization**

Источник, разновидность	Отрасль	Теплоноситель	Способ реализации (передача тепла)	Способ использования, назначение	Особенности устройства
промышленные выбросы	металлургические	вода	теплопроводность	для водоснабжения, для отопления	утилизация с помощью тепловых насосов и абсорбционных холодильных машин.
вентиляционные выбросы	строительные	вода	теплопроводность	для водоснабжения, для отопления	осуществляется: рециркуляцией части вытяжного воздуха; применением рекуперативных теплообменников-утилизаторов; применением регенеративных теплообменников-утилизаторов; применением двух рекуперативных теплообменников, которые используют промежуточный теплоноситель
дымовые выбросы	ЖКХ	водяные пары	теплопроводность	для водоснабжения, для отопления	применение поверхностного пластинчатого теплообменника без каких-либо органов регулирования расхода газов, где греющая среда и нагреваемая среда движутся противотоком
печные выбросы	индивидуальные	жидкость	теплопроводность	для водоснабжения, для отопления	расширение диапазона работы утилизационного водогрейного котла и повышение КПД устройства. Технический результат достигается тем, что в известном устройстве перепускной трубопровод соединяет регулирующий орган с утилизационным водогрейным котлом. Предлагаемое устройство содержит дизель, перепускной трубопровод, позволяющий направлять отработавшие газы либо в турбокомпрессор, либо непосредственно в утилизационный водогрейный котел при помощи регулирующего органа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 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.
2. Благодатний, В. В. Розробка математичної моделі площадного джерела викидів [Електронний ресурс] / В. В. Благодатний, В. В. Фалько, В. Ю. Зінченко // Вісник НУК імені адмірала Макарова. – 2013. – № 2 – Режим доступу: <http://ev.nuos.edu.ua>
3. Зинченко, В. Ю. Особенности оценки экологического риска для здоровья человека от группы стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха / В. Ю. Зинченко, В. В. Фалько, Н. А. Емец // Екологія і природокористування. – 2013. – Вип. 16. – С. 272–278.
4. 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. Полищук // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Сб. научн. тр. Вып. 76 – Днепропетровск, ПГАСА, 2014. – С. 132–136.
5. Фалько, В. В. Екологічний ризик для людини від забруднення атмосферного повітря (теоретична оцінка): [монографія] / В. В. Фалько, С. З. Поліщук, А. В. Токовенко (Артамонова). – Дніпропетровськ: Економіка, 2014. – 194 с.
6. Кушнир Е. Г. Методический подход к расчету распределения загрязняющих веществ по территории. / С. Г. Кушнир // Строительство, материаловедение, машиностроение. - Днепропетровск, 2014. - Вип. 76. - Стр. 153-157.

7. Полицук С. З. Утилизация тепла промышленных выбросов и качество воздушной среды. / Полицук С. З., Кушнир Е. Г., Лесникова И. Ю., Петренко В. О., Васильева Ю. Д., Хоменко Е. А. // Строительство, материаловедение, машиностроение.-Днепропетровск, 2014.-Вып. 76.-Стр 212-220.
8. Пирумов А. И. Обеспыливание воздуха / А. И. Пирумов. – Москва: Стройиздат, 1998. – 296 с.
9. Ратушняк Г. С. Теоретичні основи технології очищення газових викидів / Г.С.Ратушняк – Вінниця: ВДТУ, 2002. – 96 с.
10. Ратушняк Г. С. Технічні засоби очищення газових викидів : навчальний посібник / Г. С. Ратушняк, О. Г. Лялюк – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 158 с.
11. Сандуляк А. В. Новое в технике и технологии физических методов очистки жидкостей и газов / А.В.Сандуляк – Киев: Вища школа, 1989. – 55 с.
12. Фалько, В. В. Анализ экологического риска для человека от группы точечных источников выбросов / В. В. Фалько, В. Ю. Зинченко // Охорона довкілля: зб. наук. статей XI Всеукраїнських Таліївських читань. – Х.: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2015. – С. 96–100.
13. Дунин-Борковский, И. В. Теория вероятностей и математическая статистика в технике / И. В. Дунин-Борковский, Н. В. Смирнов. – М. : Наука, 1965. – 511 с.

REFERENCES

1. Barbashova N.V. *Vzayemozvyazok ponyat' "ekologichnyy ryzyk" ta "ekologichna bezpeka"* [The relation of definitions "ecological risk" and "ecological safety"].// *Aktual'ni problem derzhavy i prava* [Issues of State and Law], 2014, issue 72, pp. 245-253.
2. Balgodantyy V.V., Falko V. V. and Zinchenko V. Yur. *Rozrobka matematychnoyi modeli ploskhnadnogo dzherela vykydiv* [Mathematical scheme development for an areal pollutants emissions source].// *Visnik NUK imeni admiral makarova* [Bulletin of Admiral Makarov National University of Shipbuilding], 2013, issue 2, Rezhym dostupu: <http://ev.nuos.edu.ua>
3. Zinchenko V.Yur., Falko V.V. and Yemets N.A., *Osobennosti otsenki ekologicheskogo riska dlya zdorovya cheloveka ot gruppy statsyonarnykh istochnikov zagryazneniya atmosfernogo vozduha* [Ecological risk assessment aspects for human health from a group of emissions point sources].// *Ekologiya I pryrodokorystuvannya* [Ecology and Nature Management], 2013, issue 16, pp. 272-278.
4. Zinchenko V.Yur., Falko V.V., Polishchuk S.Z. and Polishchuk A.V., *Prognozna otsinka ekologichnogo ryzyku dlya lyudyny vid ploskhnadnogo dzherela vykydiv pry dovil'nomu napryamku vitru* [Ecological risk prognostic assessment for a human from an areal pollutants emission source under the conditions of arbitrary wind direction].// *Stroitel'stvo. Materialovedeniye. Mashinostroyeniye*. [Building. Material Engineering. Machine Building], 2014, issue 76, pp. 132-136.
5. Falko V.V., Polishchuk S.Z. and Tokovenko(Artamonova) A.V., *Ekologichnyy ryzyk dlya lyudyny vid zabrudnennyy aatmosfernogo povitrya (teoretichna otsinka)* [Ecological risk for a human from air pollution (theoretical assessment)], 2014, p.194.
6. Kushnir E.G *Methodological approach to the calculation of the distribution of pollutants throughout the territory.* / S.Kushnir // *Construction, material science, machine building.*-Dnepropetrovsk, 2014.-Vip.76.-Стр153-157.
7. Polishchuk S.Z. *Utilization of industrial heat and air quality.* / Polishchuk S.Z., Kushnir E.G, Lesnikova I.Yu., Petrenko V.O, Vasilyeva Yu.D., Khomenko E.A // *Construction, material science, machine building.*-Dnepropetrovsk, 2014.-Vip.76.-Стр212-220.
8. Pirumov A.I *Dedusting air* / A.I.Pirumov. - Moscow: Stroyizdat, 1998. - 296 p.
9. Ratushnyak GS *Teoretichni tehnologiy* [Basics of purified gas emission] / G.S.Ratushnyak - Vinnitsa: VDTU, 2002. - 96 p.
10. Ratushnyak GS *Tehnichni zasobi purified gas vikidiv: navchalny posibnik* / G.S.Ratushnyak, O.G.Lyalyuk - Vinnitsa: VNTU, 2008. - 158 p.
11. A.V Sandulyak *New in technology of physical methods of cleaning liquids and gases* / A.V.Sandulyak - Kiev: Vishcha School, 1989. - 55 p.
12. Falko V.V., Zinchenko V.Yur., *Analiz ekologicheskogo riska dlya cheloveka ot gruppy tochechnykh istochnikov vybrosov* [Ecological risk analysis for a human from a group of emissions point sources]. *Okhorona dovkillya: zb. nauk. statey XI Vseukrayinskykh Taliyivsk'kyh chytan'* [Natural Environment Protection: Collection of Articles of XI All-Ukrainian Talyiyiv Readings], 2015, pp. 96-100
13. Dunin-Borkowski, V.I. *Theory of probability and mathematical statistics in engineering* / Dunin-Borkowski I.V., Smirnov N.V.. – М. : Nauka, 1965. – 511 p.

Стаття надійшла в редколегію 29.04.2017