

Г. С. Ратушняк
К. В. Анохіна
В. І. Дацюк

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННІ ТЕРМОКАТАЛІТИЧНИХ РЕАКТОРІВ

Вінницький національний технічний університет

Сучасні термокаталітичні реактори для очищення газів повинні мати високу продуктивність і забезпечувати безперервність процесу. Для каталітичного очищення використовуються різні за способом взаємодії з каталізатором та функціональним призначенням апарати. Для підвищення енергоефективності термокаталітичних реакторів доцільно застосовувати альтернативні джерела енергії, зокрема, теплові насоси. Враховуючи переваги теплових насосів, зокрема, простоту монтажу, економічність, автоматизацію, універсальність, компактність, безшумність, екологічність, надійність, довговічність, запропоновано термокаталітичний реактор для знешкодження шкідливих викидів із тепловим насосом, в якому за рахунок введення альтернативного джерела енергії, здійснюється процес нагрівання каталізатора. Це дозволить підвищити енергетичну ефективність процесу теплозабезпечення термокаталітичних реакторів

Виконано порівняння різних джерел енергії, в результаті встановлено, що значну енергетичну ефективність має геотермальний тепловий насос. Застосування теплового насоса суттєво знижує витрати традиційних джерел енергії на нагрівання компонентів суміші в термокаталітичному реакторі та дозволяє підвищити енергоефективність процесу очищення. Залежно від розмірів реактора, необхідної температури каталізу, кількості компонентів в ньому та об'єму забрудненої суміші, що очищається, доцільно обирати потужність теплового насоса.

Ключові слова: енергетична ефективність, термокаталітичний реактор, тепловий насос.

Вступ

Термокаталітичні реактори широко застосовуються для очищення газових викидів [1, 2]. Вони відзначаються значною енерговитратністю, проте, для покращення їх роботи та збільшення ефективності із одночасним зменшенням енерговитрат доцільно застосовувати альтернативні джерела енергії. Сучасні термокаталітичні реактори потребують значних витрат енергії, компенсувати які можливо за рахунок використання енергії ґрунту чи води в теплових насосах [1-4]. Використання теплових насосів має свої переваги та недоліки. Проаналізувавши особливості застосування перетвореної низькопотенційної енергії в теплових насосах для енергозабезпечення термокаталітичних реакторів, можна визначити їх енергоефективності та покращення процесу очищення викидів.

Метою статті є обґрунтування застосування теплових насосів як перспективного напрямку підвищення енергоефективності термокаталітичних реакторів.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Розглянути основні фактори, що впливають на процес очищення в термокаталітичних реакторах;
2. Створити конструктивну схему термокаталітичного реактора із енергозабезпеченням тепловим насосом;
3. Визначити доцільність використання теплових насосів, як джерела відновлювальної теплової енергії, для процесу очищення в термокаталітичних реакторах.

Основна частина

На швидкість процесу очищення в термокаталітичних реакторах безпосередньо впливає енергія активації. Чим більша енергія активації, тим повільніше відбувається реакція. Якщо величина енергії активації значно менша енергії, яка необхідна для розірвання старих зв'язків, то вона частково компенсується енергією, що звільняється при створенні нових зв'язків [1].

Сучасні апарати для каталітичного очищення газів повинні мати високу продуктивність і забезпечувати безперервність процесу. Для підвищення енергетичної ефективності термокаталітичних реакторів раціонально використовувати альтернативні джерела енергії, зокрема, теплові насоси. Незважаючи на недоліки теплових насосів (коштовні початкові вкладення та тривалий термін окупності), вони мають ряд суттєвих переваг, які спонукають до їх широкого застосування [3, 4].

Переваги використання теплових насосів:

1. Простота монтажу та можливість встановлення без спеціальних дозволів.

2. Економічність, так як у середньому кожен кВт електроенергії, що використовується для роботи пристрою, дає 3-5 кВт теплоти.

3. Витрати на експлуатацію теплових пристроїв мінімальні.

4. Автоматизація процесу керування, обумовлена тим, що тепловий насос працює без втручання людини.

5. Підвищення рівня пожежної безпеки, оскільки тепловий насос не нагрівається до критичних температур, що суттєво зменшує навантаження на електромережу.

6. Компактність, безшумність.

7. Значний термін експлуатації.

8. Екологічність, так як використання теплових насосів, як альтернативних джерел енергії, позитивно впливає на стан екології.

Враховуючи переваги теплових насосів, їх ефективність та енергоощадність, запропоновано термокаталітичний реактор для нейтралізації шкідливих домішок (рис. 1). В реакторі за рахунок введення нових конструктивних елементів та зв'язків здійснюється процес перемішування та нагрівання каталізатора, внаслідок чого збільшується ефективність очищення газових викидів.

На кресленні (рис. 1) представлена загальна схема запропонованого термокаталітичного реактора для нейтралізації шкідливих домішок з енергозабезпеченням за допомогою теплового насоса [2].

Пристрій містить корпус 5, всередині якого на газорозподільній решітці 12 розміщено шар каталізатора 10, вал 7 та лопаті 6, які служать для переміщення теплоносія 4. На валу розміщено вертлюги 1 і 8. В нижній частині корпусу 5 встановлено газорозподільну решітку 12, під якою розміщено штуцер підведення забрудненого газу 2. Над газорозподільною решіткою 12 вмонтовано штуцери підведення каталізатора 3 та виведення каталізатора 11. У верхній частині корпусу 5 розміщено штуцер виведення очищеного газу 9. До валу 7 приєднано послідовно рекуператор теплоти 13 та джерело теплової енергії 14, в якості якого застосовано тепловий насос.

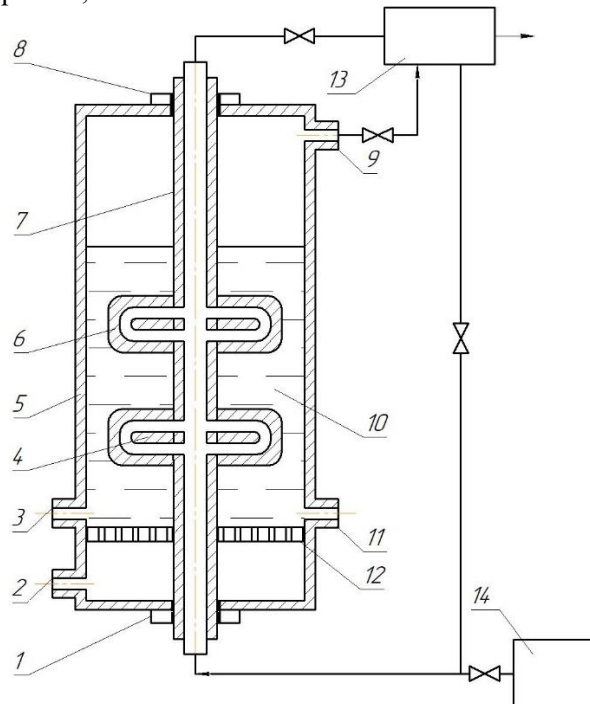


Рисунок 1 – Схема термокаталітичного реактора для нейтралізації шкідливих домішок

Пристрій працює наступним чином. Забруднений газ надходить в корпус 5 термокаталітичного реактора для нейтралізації шкідливих домішок через штуцер підведення забрудненого газу 2 та рухається крізь газорозподільну решітку 12, після чого надходить до шар каталізатора 10 та видаляється через штуцер виведення очищеного газу 9. В конструкції корпусу 5 за рахунок вертлюгів 1 і 8 обертається вал 7 із лопатями 6, всередині яких рухається теплоносієм 4. Шар каталізатора 10 надходить та видаляється з корпусу 5 за рахунок штуцерів підведення каталізатора 3 та виведення каталізатора 11. Відпрацьований теплоносієм 4 із вала 3 та очищений газ, що виходить із штуцера виведення очищеного газу 9, надходять в рекуператор теплоти 13, де очищений газ догріває теплоносієм 4. Догрітий теплоносієм 4 надходить в нижню частину корпусу 5 у вал 3. За необхідності теплоносієм 4

можна надати додаткової теплоти за рахунок джерела теплової енергії 14, в якості якого застосовано тепловий насос.

Очищення газових викидів з використанням термокаталітичного реактора для нейтралізації шкідливих домішок з використанням теплового насоса є енергетично ефективним та економічно доцільним [5].

Для прикладу розглянемо використання геотермального теплового насоса для термокаталітичного реактора, оскільки він є найбільш ефективним, має високий коефіцієнт перетворення та його режим роботи не залежить від зовнішньої температури та пори року. Застосування геотермального теплового насоса дозволить при невеликому споживанні електричної енергії забезпечити термокаталітичний реактор необхідною кількістю теплоти. Висока ефективність геотермального теплового насоса на протязі всього року та спеціальні тарифи з електроенергії забезпечать їх мінімальні витрати. Тепловий насос надійний та не потребує спеціального обслуговування [6]. Термін служби заводських геотермальних насосів – 100 років, а термін служби основного компонента теплового насоса – компресора 30 років. Невеликі електричні потужності геотермальних теплових насосів дозволяють легко забезпечити тепловий насос аварійним живленням від дизельного генератора. Ґрунтові свердловини, хоч і вимагають місце на території для встановлення, але після закінчення монтажу не вносять обмежень у ландшафтний дизайн і не надають негативних температурних впливів. Сам тепловий насос для розміщення не потребує спеціального приміщення, працює з низьким рівнем шуму. Таким чином геотермальний тепловий насос забезпечує незалежність, економічність, комфорт та довговічність і є доцільним джерелом енергії для термокаталітичних реакторів [6].

З метою дослідження енергетичної ефективності термокаталітичного реактора з тепловим насосом потрібно вирахувати необхідну для нагрівання потужність теплового насоса. Теплова потужність теплового насоса для нагрівання каталізатора в термокаталітичному реакторі визначається за формулою

$$Q_{TH} = k \cdot V \cdot \Delta T, \quad (1)$$

Де k – узагальнений коефіцієнт теплопередачі огорожень термокаталітичного реактора;

V – об'єм термокаталітичного реактора;

ΔT – температурний напір між свердловищем термокаталітичного реактора та навколишнім середовищем.

Для підбору теплового насоса необхідно знати теплову потребу термокаталітичного реактора. Коефіцієнт перетворення (COP) теплового насоса визначається за формулою

$$COP = \frac{Q_{ex} \cdot \eta}{A}, \quad (2)$$

де Q_{ex} – теплота, що надходить до теплового насоса від низькопотенційного джерела;

η – коефіцієнт корисної дії;

A – робота, яку виконує насос.

Приймаючи до уваги результати розрахунків інших джерел енергії та палива для отримання теплоти [7], отримуємо числові показники енергетичної ефективності застосування теплового насоса в термокаталітичних реакторах (табл. 1).

Таблиця 1

Енергетична ефективність застосування різних джерел енергії та палива в термокаталітичних реакторах [7]

Тип джерела теплоти або палива	Енергетична ефективність, %
Електричні типи нагрівачів	100%
Природний газ	80%
Дизельне паливо	80%
Пропан	80%
Повітряний тепловий насос	260%
Класичні геотермальні теплові насоси	350%

Наочно величину енергетичної ефективності застосування різних джерел енергії та палива в термокаталітичних реакторах зображено на графіку (рис. 2).

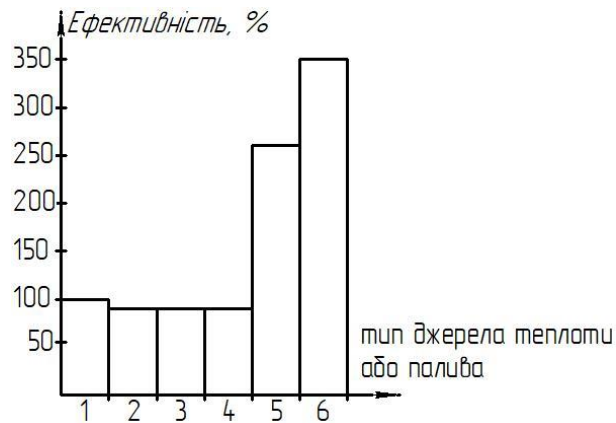


Рисунок 2 – Величина енергетичної ефективності застосування різних джерел енергії та палива в термокаталітичних реакторах: 1 – електричні типи нагрівачів, 2 – природний газ, 3 – дизельне паливо, 4 – пропан, 5 – повітряний тепловий насос, 6 – класичний геотермальний тепловий насос

Як видно з рис. 2, найбільшу кількість енергії для забезпечення процесу очищення в термокаталітичному реакторі можна отримати від геотермального насоса. Застосування теплового насоса суттєво знижує витрати на нагрівання компонентів суміші в термокаталітичному реакторі та дозволяє підвищити енергоефективність процесу очищення. Залежно від розмірів реактора, необхідної температури каталізу, кількості компонентів в ньому та об'єму забрудненої суміші, що очищається, доцільно обирати потужність теплового насоса.

Висновки

Одним із перспективних шляхів підвищення енергоефективності термокаталітичних реакторів є застосування альтернативних відновлювальних джерел енергії, зокрема теплових насосів. Запропоновано термокаталітичний реактор для нейтралізації шкідливих домішок із тепловим насосом, який покращує процес очищення викидів методом каталізу та дозволяє зменшити споживання традиційних паливно-енергетичних ресурсів на цей процес. В результаті аналітичних розрахунків встановлено, що в порівнянні із традиційними видами палива та енергії, доцільніше та ефективніше застосовувати теплові насоси. Найкращі результати по енергетичній ефективності може надати саме геотермальний тепловий насос.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ратушняк Г.С. Теоретичні основи технології очищення газових викидів / Навч. пос. Вінниця: ВНТУ, 2002. 96 с.
2. Патент 148245, МПК В01J 8/00. Термокаталітичний реактор для нейтралізації шкідливих домішок [Текст] / Г. С. Ратушняк, К. В. Анохіна, О. Г. Лялюк, А. О. Лялюк (Україна). – № u 2021 00444 , заявл. 05.02.2021 , опубл. 21.07.2021, Бюл. № 29. – 4 с. : кресл.
3. Низькопотенційна енергетика [Текст] : навчальний посібник / А. О. Редько, М. К. Безродний, М. В. Загорученко [та ін.] ; під ред. академіка НАНУ А. А. Долинського. - Харків: ТОВ "Друкарня Мадрид". – 2016. – С. 412.
4. Остапенко О. П. Наукові основи консолідації проблем енергетики, екології та економіки в теплотехнологічних системах з тепловими насосами [Текст] / Університетська наука-2015 : тези доповідей міжнар. наук.-техн. конф., 19-20 травня 2015 р., Маріуполь, 2015, Т. 1, С. 206-207.
5. Сучасні та альтернативні системи опалення. URL: <https://ekonomteplo.com.ua/teplovi-nasosy/>
6. Аква термс. Геотермальний тепловий насос. URL: <https://aquaterms.com.ua/shop/category/otoplenie/teplovyeh-nasosy/geotermalnye-nasosy>
7. Академік. Тепловий насос. URL: <https://dic.academic.ua/dic.nsf/ruwiki/259819>.

REFERENCES

1. Ratushnyak G.S. Teoretichni osnovi tekhnologii ochishchennya gazovih vikidiv / Navch. pos. Vinnicya: VNTU, 2002. 96 s.
2. Patent 148245, MPK B01J 8/00. Termokatalitichnij reaktor dlya nejtralizacii shkidlivih domishok [Tekst] / G. S. Ratushnyak, K. V. Anohina, O. G. Lyalyuk, A. O. Lyalyuk (Ukraine). – № u 2021 00444 , zayavl. 05.02.2021 , opubl. 21.07.2021, Byul. № 29. – 4 s. : kresl.
3. Niz'kopotentijna energetika [Tekst] : navchal'nij posibnik / A. O. Red'ko, M. K. Bezrodnij, M. V. Zagoruchenko [ta in.] ; pid red. akademika NANU A. A. Dolins'kogo. - Harkiv: TOV "Drukarnya Madrid". – 2016. – S. 412.
4. Ostapenko O. P. Naukovi osnovi konsolidacii problem energetiki, ekologii ta ekonomiki v teplotekhnologichnih sistemah z teplovimi nasosami [Tekst] / Universitets'ka nauka-2015 : tezi dopovidej mizhnar. nauk.-tekhn. konf., 19-20 travnya 2015 r. Mariupol', 2015. T. 1, S. 206-207.

5. Suchasni ta al'ternativni sistemi opalennya. URL: <https://ekonomteplo.com.ua/teplovi-nasosy/>
6. Akvaterms. Geotermal'nij teploviy nasos. URL: <https://aquaterms.com/ua/shop/category/otoplenie/teplovye-nasosy/geotermalnye-nasosy>
7. Akademik. Teploviy nasos. URL: <https://dic.academic.ua/dic.nsf/ruwiki/259819>.

Ратушняк Георгій Сергійович – кандидат технічних наук, професор, зав. кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет ORCID 0000-0001-9656-5150, м. Вінниця, email: ratusnakg@gmail.com

Анохіна Катерина Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: anokhina@vntu.edu.ua

Дацюк В'ячеслав Ігорович – студент, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: slavik.datsyuk1965@gmail.com

G. Ratushnyak

K. Anokhina

V. Datsyuk

FEASIBILITY OF USING HEAT PUMPS IN ENERGYSUPPLY OF THERMOCATALYTIC REACTORS

Vinnitsia National Technical University

Modern thermocatalytic reactors for cleaning of gases must have high yield and to provide continuity of process. For the catalytic cleaning the different on a method co-operating is used with a catalyst and functional setting vehicles. For the increase of energy efficiency of thermocatalytic reactors it is expedient to apply alternative energy sources, in particular, heat-pumps. Taking into account advantages of heat-pumps, in particular, simplicity of editing, economy, automation, universality, compactness, quite, ecofriendliness, reliability, longevity, a thermocatalytic reactor offers for rendering of harmful extrass harmless with a heat-pump in that due to introduction of alternative energy source, the process of heating of catalyst comes true. It will allow to promote power efficiency of process of heatsupply of thermocatalytic reactors

Comparison of different energy sources is executed, it is set as a result, that a geothermal heat-pump has considerable power efficiency. Application of heat-pump substantially reduces the charges of traditional energy sources on heating of components of mixture in a , thermocatalytic reactor and allows to promote energy efficiency of cleaning process. Depending on the sizes of reactor, necessary temperature of catalysis, amount of components in him and volume of muddy mixture that clears up, it is expedient to elect power of heat-pump.

Key words: energy efficiency, thermocatalytic reactor, heat pump.

Ratushnyak Georgy - Ph.D., Professor, Head Department of Engineering Systems in Construction of Vinnitsia National Technical University ORCID 0000-0001-9656-5150,, email: ratusnakg@gmail.com

Anokhina Katerina – Ph.D., Associate Professor of the Department of Engineering Systems in the construction of Vinnitsa National Technical University, email: anokhina@vntu.edu.ua

Datsyuk Vyacheslav– Student, Faculty of Civil Engineering, Heat and Gas supply, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsia, e-mail: slavik.datsyuk1965@gmail.com