

УДК 622.3 + 502/504

к.т.н. Щербак В. В.,  
к.г.н. Лисиця В. Е.,  
асп. Світлична О. Б.

(ДонДТУ, м. Лисичанськ, Україна)

## ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ ПАЛАЮЧОГО ТЕРИКОНА ДЛЯ ЙОГО ТУШІННЯ І ОХОЛОДЖЕННЯ

Проведено порівняльний аналіз існуючих способів здобуття енергії з палаючих породних відвалів вуглевидобутку та запропоновано їх удосконалення шляхом перетворення енергії геодезичного перепаду теплоносія у електроенергію і реалізацією енергії утвореного газу у газовій турбіні з електрогенератором.

**Ключові слова:** теплова енергія палаючих породних відвалів, теплоуловлювачі, теплонасосна установка, низько потенційний теплоносій, енергозбереження.

Вугільна промисловість Донбасу є життєво важливою складовою національної економіки і промислового виробництва. Характерною особливістю розробок вугільних родовищ є видалення великих мас розкритих і вміщуючих порід, річні обсяги яких у кілька разів перевищують допустимі. Основними відходами при видобутку вугілля є розкриті та вміщуючі породи, які утворюють породні відвали. На території Донбасу знаходиться 1257 териконів, з них близько 30% є палаючими [1]. Вони особливо небезпечні для здоров'я людей і навколишнього природного середовища.

Джерелами небезпечних процесів є гази, які виділяються ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  і ін.), що призводить до забруднення повітря на прилеглих до відвалів територіях; знесення атмосферними опадами з поверхні відвалів продуктів руйнування новоутворених мінералів, як наслідок забруднення ґрунтів і вод, значні деформації, викиди порід і пилу та ін. Тому виникає необхідність повністю виключити небезпечні явища, пов'язані з горінням відвалів.

Один інтенсивно палаючий терикон є джерелом виділення в атмосферне повітря від 25 до 250 тонн забруднюючих речовин на рік, техногенне навантаження цих відходів становить на одного жителя 111 тонн, на 1 кв. км – 9700 тонн.

Палаючі породні відвали виділяють на кожну тону породи до 135 мг пилу і 86,3-363кг газів ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NO}+\text{NO}_2$ ). Вміст горючих речовин в породних відвалах в середньому становить 18-20 %. Породна маса крім вуглецю складається з пісковиків, вапняків, вугільного пилу (24 %), аргілітів, алевролітів (4,2%). Зольність відвальної маси шахтних порід в середньому становить 65,9 %, вміст сірки у вигляді піритів - в середньому 2,1%. В золі відвальної маси основними компонентами є двоокис кремнію (50,2 - 68,2 %), оксиди алюмінію (21,6 - 33,1 %), сполуки заліза (3,2 - 12,3 %) [2].

У процесі горіння в атмосферу виділяється велика кількість двоокису сірки, що веде до випадання кислотних дощів, підвищення кількості вуглекислого газу, якій лежить в основі «парникового ефекту» і впливає на процеси зміни клімату.

Теплова енергія палаючих породних відвалів не використовується через нестачу наукової обґрунтованості протікання фізико-хімічних процесів самозаймання та відсутності ефективних способів і засобів відбору тепла з вогнищ загорання.

© Щербак В. В., 2017

© Лисиця В. Е., 2017

© Світлична О. Б., 2017

В результаті проведеного патентного пошуку встановлено, що проблема отримання і використання енергії породних відвалів досліджена недостатньо повно.

А отже вивчення питання щодо зниження і нормалізації антропогенного забруднення палаючими породними відвалами вугільних шахт навколишнього середовища є своєчасним і актуальним.

Було знайдено 2 прототипи і розроблений патент, ідея якого полягає в отриманні і використанні тепла породних відвалів з мінімальними витратами на гірничотехнічні роботи, так само розглядалося питання про охолодження (гасіння) терикону зі зменшенням термінів його горіння.

Несвоєчасна і недостатня рекультивация, а також брак коштів на ведення моніторингу не тільки негативно впливає на стан навколишнього середовища, а й створює загрозу життєдіяльності мешканцям прилеглих регіонів.

Питання запобігання та гасіння пожеж породних відвалів в умовах підвищеної уваги до екологічної безпеки і безпеки виробництва набувають високої значимості.

Відповідно до діючих правил безпеки проекти і плани розвитку гірничих робіт повинні складатися з урахуванням організаційних і технологічних заходів з профілактики і гасіння пожеж на породних відвалах.

Складна ситуація складається з практичним впровадженням протипожежних заходів. В ідеалі порядок формування відвалів та профілактичні заходи повинні попереджати загоряння. Однак економія коштів на заходи призводить до відсутності належної уваги до цієї проблеми.

При розгляді природи виникнення і процесів протікання горіння у масиві відвалу, перш за все треба відзначити, що горіння відвальних порід є процесом окислення повітрям, протікає з виділенням великої кількості теплової енергії. В процесі окислення можна виділити наступні основні стадії:

— газообмін на контактній поверхні відвальної породи з адсорбцією і десорбцією кисню;

— окислення порід з ендогенним нагріванням;

— термічне розкладення порід;

— теплообмін усередині масиву відвалу і з зовнішнім середовищем.

Причини загоряння породних відвалів можна розділити на дві основні групи: ендогенні та екзогенні.

Серед факторів, що безпосередньо впливають на небезпеку загоряння породних відвалів, виділимо:

— доступ сторонніх осіб на породні відвали;

— петрографічний і хімічний склад відвальних порід (наявність вуглистих порід низької стадії метаморфізму при зольності менше 95%, сульфідні породи з вмістом сірки більше 12%, піритні і марказитні домішки в породах і т. д.);

— висока рихлість відвальних порід, наявність тріщин в відвалах;

— кліматичні особливості місцевості, включаючи температурний режим, кількість сонячних днів і інтенсивність сонячної радіації;

— розташування відвалів на підвітряній стороні місцевості;

— зволоження відвалів атмосферними опадами і водотоками місцевості;

— тривале стояння відвалів без оновлення та рекультивациі;

— площа ділянок масиву відвалу, складених породами, схильними до самозаймання, що контактують з атмосферою.

Відомим є спосіб здобуття тепла з масиву складованих відходів вуглевидобутку, що самозагоряються, який заключається у проведенні гірничих виробок під терикон, вдавлюванні теплоуловлювачів з жаростійких бетонів з цих виробок у масив, подачу холодної води у теплоуловлювачі та відвід гарячої води споживачам. (Патент України. № 68857, МПК 3/08. Опубл. бюл. №10 від 17.10.2005).

Недоліком цього способу є значні капітальні вкладення у проведення гірничих виробок.

Крім того, для здійснення цього способу до терикона треба підводити лінію електропостачання чи використовувати автономні джерела електроенергії.

Враховуючи, що терикони знаходяться на значній відстані від селищ чи селитебних зон міст, передача тепла до споживачів буде супроводжуватися значними втратами і може стати економічно недоцільною.

Відомим є спосіб використання енергії палаючих териконів, який полягає у введенні в осередок горіння за допомогою механізму орієнтації, що є силовим роботом, теплоперетворювача у вигляді бурової штанги. У середині штанги знаходиться теплоємник з водою, яка помпується у водоподаючу трубу насосом. Вода у зоні горіння терикону перетворюється у пару, яка переміщуючись до виходу, проходить уздовж водяного ставу, підігрівши воду яка подається у зону пароутворення. Одержана пара поступає у відповідний трубопровід і може спрямовуватися на комунальні потреби або для генерування електроенергії [2].

Недоліком цього способу є значна складність обладнання з роботизованими елементами.

Крім того, для здійснення цього способу необхідна лінія електропостачання чи автономне джерело електроенергії.

Як і у першому аналозі передача тепла до споживачів буде супроводжуватися значними втратами, а перетворення тепла у електроенергію стає практично неможливим через несталі параметри перегрітої пари.

Найбільш близьким за технічною сутністю є спосіб використання тепла нагрітого терикона який реалізується за допомогою теплонасосної установки, що містить з'єднані між собою замкнені контури низькопотенційного теплоносія, робочого тіла і теплопостачання, причому замкне-

ний контур низькопотенційного теплоносія виконано у вигляді теплообмінника, який складається із послідовно з'єднаної наскрізної труби визначеної довжини і діаметру, транспортного трубопроводу, теплообмінника контактного типу, датчика рівня температур і циркуляційного насосу. При цьому наскрізну трубу встановлено у горизонтальному розрізі основи терикона, який розташований на значній відстані від споживача. [Пат. № 85929 UA МПК<sup>7</sup> F24D15/00, F25B29/00, F24J3/06. Теплонасосна установка. Опубл. 10.03.2009, Бюл. № 5, 2009 р.].

Недоліком цього способу є необхідність прокладення у горизонтальному розрізі основи погаслого нагрітого терикона наскрізної труби, що є дуже складною технічною операцією, яка потребує спеціального обладнання і не гарантує прямолінійності і достатньої спрямованості прокладання цієї труби.

Крім цього, для живлення електродвигунів циркуляційних насосів та інших електроспоживачів треба до терикона підводити лінію електропередачі або влаштувати автономне джерело електропостачання.

Задачею дослідження є удосконалення способу використання енергії палаючого терикона для його тушіння і охолодження шляхом перетворення енергії геодезичного перепаду теплоносія у електроенергію, а також за рахунок відбирання тепла з масиву терикона, нагрівання їм рідини з низькою температурою кипіння і реалізацією енергії утвореного газу у газовій турбіні з електрогенератором.

Вирішення поставленої задачі досягається тим, що у масиві терикона встановлюються теплоуловлювачі, по яким за допомогою циркуляційного насоса циркулює низькопотенційний теплоносій, наприклад технічна вода, яка нагрівається відбираючи тепло масиву терикона і транспортується до теплообмінника–випарника по якому циркулює робоче тіло – рідина з низькою температурою кипіння, де вона випа-

рюється, а її пари прямують у теплообмінник-конденсатор віддаючи там тепло для здійснення корисної роботи. Згідно з виходом тепло нагрітого чи палаючого терикона відбирається за допомогою теплоуловлювачів, які прокладаються по утворювачам його конусної поверхні у канавах і мають напірну і водоспускну гілки з'єднані між собою на вершині за допомогою циркуляційного насоса. Теплоносій – технічна вода по напірній гілці помпується на вершину терикону нагріваючись від його тепла, а потім по водоспускній гілці продовжує нагріватись, тече за рахунок гравітаційних сил вниз до підшви терикону і попадає у сопловий апарат ковшової гідротурбіни з'єднаної з першим електрогенератором, електроенергія якого по високовольтному кабелю передається у блок трансформаторів і розподільчих пристроїв, а нагріта технічна вода після ковшової турбіни стікає у теплообмінник-випарник, де вона нагріває у випарнику рідину з низькою температурою кипіння, наприклад аміак, який за рахунок тепла технічної води перетворюється у пару. Він у свою чергу по трубопроводу спрямовується у газову турбіну обертаючи другий електрогенератор, електроенергія від якого, також передається у блок трансформаторів і розподільних пристроїв, а відроблений аміачний пар спрямовується у теплообмінник-конденсатор, де у конденсаторі перетворюється у рідину і за допомогою насоса помпується до теплообмінника-випарника, у випарнику якого здійснюється охолодження аміаку за допомогою «льодової води», яка утворюється у генераторі цієї води, в якому теплоносій – фреон, помпується компресором по каналам плівкового випарювача, де він кипить відбираючи тепло з плівки води, що тече по поверхні цього випарювача, перетворюючи її у «льодову», а фреон на виході з випарювача пропускається через дросель і конденсатор, де він знижує свій тиск і охолоджується, наприклад, за допомогою вентилятора, перетворюючись у рідину,

яка знову помпується у плівковий випарювач. «Льодову воду» окрім генератора «льодової води» можливо використовувати і з інших джерел, наприклад зі свердловини; гілки теплоуловлювачів виготовляються з металевих труб, з'єднаних між собою, до яких для збільшення поверхні теплоуловлювання приварюють металеві ребра, а після укладення гілок у канави вони засипаються породою з цих канав; електроживлення насосів компресора, вентилятора та інших споживачів здійснюється з блоку трансформаторів і розподільчих пристроїв за рахунок електроенергії яка виробляється електрогенераторами і турбінами використовуючи напір геодезичного перепаду і теплоту терикона, що охолоджується, а решта електроенергії може бути спрямована у районну мережу чи на шахтну електростанцію.

На рисунку 1 зображена технологічна схема здійснення пропонованого способу. Схема включає чотири замкнених контури:

- I – контур низькопотенційного теплоносія - технічної води;
- II – контур робочого тіла – аміаку;
- III – контур охолоджувача аміаку – «льодової води»;
- IV – контур озононебезпечного фреону.

На рисунку 2 зображено переріз теплоуловлювача укладеного у канаву.

Спосіб здійснюється таким чином.

Тепло нагрітого чи палаючого терикона 1 (рис. 1) відбирається за допомогою теплоуловлювачів 2, які прокладаються, наприклад, по утворювачам його конусної поверхні. Теплоуловлювач 2 має напірну 3 і водоспускну 4 гілки, з'єднані між собою на вершині терикону. Вони монтуються з металевих труб 5 (рис. 2), до яких приварюють ребра 6 для збільшення поверхні теплоуловлювання. Гілки 3 і 4 теплоуловлювача прокладаються по канавам 7 сформованим у тілі терикону 1 і засипаються породою 8 вийнятою з цих канав.

В якості теплоносія, по теплоуловлювачам 2 (рис. 1) циркулює технічна вода 9,

яка накопичується у накопичувальній ємності 10. Циркуляційним насосом 11 ця вода по напірній гілці 3 подається на вершину терикону 1. З вершини вода, під тиском, що утворюється за рахунок гравітаційних сил тече по водоспускній гілці 4, нагріваючись при цьому, і попадає, наприклад, у сопловий апарат 12 ковшової гідротурбіни 13 з'єднаної з першим електрогенератором 14.

Електроенергія виробляється цим електрогенератором, генераторної напруги, передається по високовольтному кабелю 15 у блок трансформаторів і розподільчих пристроїв 16.

Після ковшової гідротурбіни 13, нагріта технічна вода 9 стікає у теплообмінник-випарник 17, де вона нагріває у випарнику 18 рідину з низькою температурою кипіння, наприклад аміак. За рахунок тепла технічної води 9, яка циркулює у першому контурі, аміак перетворюється у пару, яка по трубопроводу 19 спрямовується у газову турбіну 20, обертаючи другий електрогенератор 21, а технічна вода 9, віддавши своє тепло аміаку, по трубопроводу поступає у накопичувальну ємність, з якої за

допомогою циркуляційного насоса 11 помпується у теплоуловлювач 2.

Таким чином замикається перший контур за допомогою якого відбирається тепло нагрітого терикону і утилізується енергія геодезичного напору технічної води.

Електроживлення двигуна 22 циркуляційного насоса 11 здійснюється по кабелю 23 від блока трансформаторів і розподільчих пристроїв 16.

Електроенергія, яка виробляється генератором 21 спрямовується по високовольтному кабелю 24 у блок трансформаторів і розподільчих пристроїв 16.

Після турбіни 20, аміачна пара по трубопроводу 25 поступає у конденсатор 26 розташований у теплообміннику-конденсаторі 27, де перетворюється у рідину і за допомогою насоса 28 помпується до випарника 18.

Таким чином замикається другий контур за допомогою якого відбирається тепло технічної води 9 з подальшим перетворенням його у електроенергію.

Електроживлення двигуна 29, насоса 28 здійснюється по кабелю 30 від блока трансформаторів та розподільчих пристроїв 16.

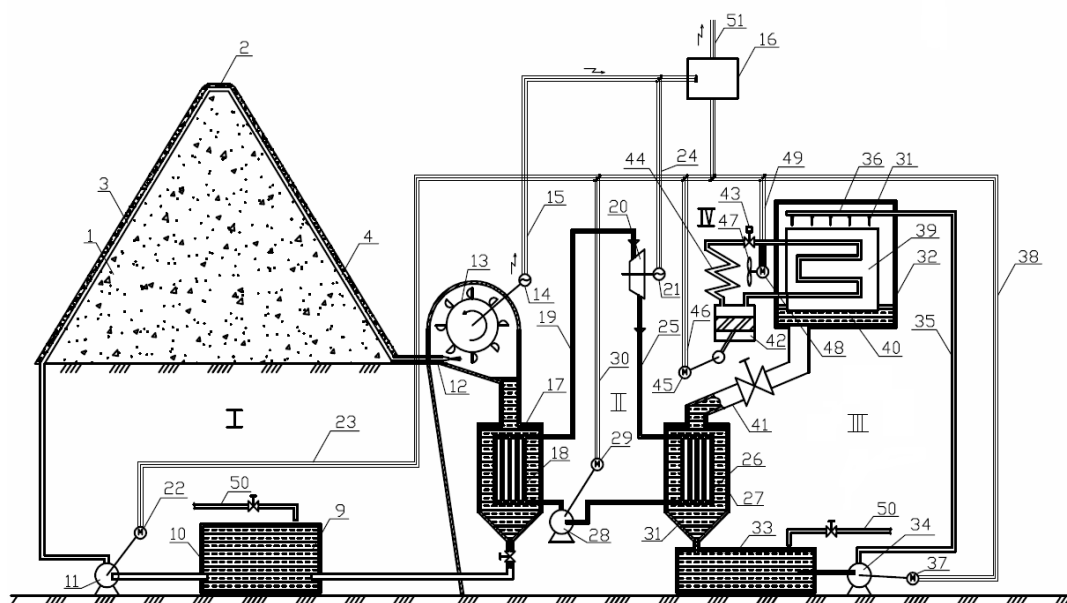


Рисунок 1 – Спосіб використання енергії палаючого терикону для його тушіння і охолодження

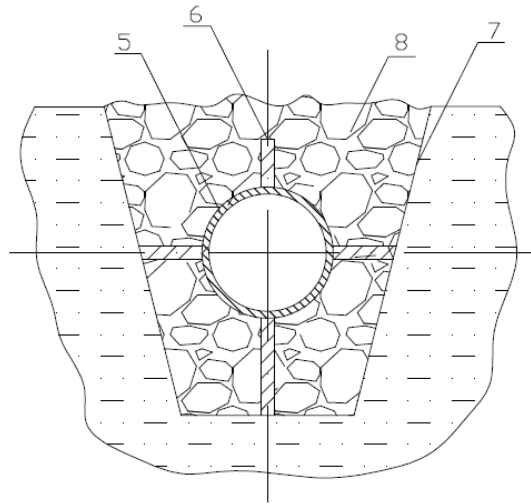


Рисунок 2 – Переріз теплоуловлювача укладеного у канаву

Вибір ковшової турбіни 13 для способу, який розглядається, базується на тому, що це є активна турбіна, яка використовується при малих витратах води, без занурення робочого колеса у потік і значному напорі, так як висота існуючих териконів сягає понад 100 метрів.

Рідина аміак має низьку температуру кипіння ( $-33,35^{\circ}\text{C}$ ), тому для його випарювання у випарнику 18 буде достатньо низькопотенційного тепла технічної води 9, яка підігривається теплоуловлювачами 2 розташованими на териконі 1. Нагріті терикони мають внутрішню температуру вище  $35^{\circ}\text{C}$ , яка стабільно утримується на протязі кількох десятиріч. Ця обставина і дозволяє нам використовувати саме аміак для відбору тепла з технічної води 9.

Охолодження аміаку у конденсаторі 26 здійснюється «льодовою водою» 31, яка утворюється у генераторі 32 цієї води.

Підігріта «льодова вода» 31 після теплообмінника-конденсатора 27 накопичується у ємності 33, з якої насосом 34 по трубопроводу 35 подається на розпилувач 36 генератора «льодової води» 32. Електроживлення двигуна 37 насоса «льодової води» 34 здійснюється по кабелю 38 від

блока трансформаторів і розподільчих пристроїв 16.

Розпилена вода 31 покриває тонкою плівкою плівковий випарювач 39, у якому циркулює озононебезпечний фреон і стікає по ньому у ємність 40 вже охолодженою до  $(+2^{\circ}\text{C}) \div (+4^{\circ}\text{C})$ . Вода з такою температурою називається «льодовою». З ємності 40 «льодова вода» по трубопроводу 41 поступає у теплообмінник-конденсатор 27, де охолоджує і перетворює у рідину аміак виходячи з турбіни 20. Таким чином замикається третій цикл способу, що розглядається.

Компресором 42 фреон помпується по каналам плівкового випарювача 39, де він кипить відбираючи тепло з плівки води і перетворюючи її у «льодову». На виході з плівкового випарювача 39 фреон пропускається через дросель 43, де різко знижується його тиск. Після дроселя 43 фреон прямує у конденсатор 44 де охолоджується і перетворюється у рідину, а потім за допомогою компресора 42 помпується у канали випарювача 39. Таким чином замикається четвертий, останній цикл способу, який розглядається.

Електроживлення двигуна 45, компресора 42 виконується по кабелю 46 від

блока трансформаторів і розподільчих пристроїв 16. Охолодження фреону у конденсаторі 44 здійснюється вентилятором 47, який обертається двигуном 48.

Електроживлення двигуна 48 здійснюється по кабелю 49 від блока трансформаторів та розподільчих пристроїв 16.

Поповнення води у ємностях 10 і 33, яка може зменшуватись за рахунок природного випарювання здійснюється від зовнішнього джерела (водопровідна мережа, автоцистерна, свердловина та інше) по трубопроводу 50.

Теплота у конденсаторі 44 розсіюється у навколишньому середовищі, але його утилізацію, у силу низької енергії, практично завжди можливо реалізувати за допомогою теплових насосів, а нагріту воду використовувати у побутових цілях шахти, або для підігріву повітря у зимовий період, що поступає у підземні виробки.

Електроенергія, яка залишається від живлення двигунів 22, 28, 37, 45 і 48 спря-

мовується по кабелю 51 на шахтну електростанцію і використовується, наприклад, для живлення електродвигунів водовідливних агрегатів закритої шахти.

#### **Висновки.**

Таким чином, запропонований спосіб дозволяє повністю використати тепло палаючого терикону без зайвих витрат на гірничі виробки, обладнання з роботизованими елементами, електроенергію. Крім того решта електроенергії після живлення електродвигунів може бути спрямована у районну мережу чи на шахтну електростанцію для використання у народному господарстві країни.

Впровадження запропонованих заходів дозволить знизити вплив породних відвалів на компоненти навколишнього середовища, використовуючи нові, більш ефективні способи енергозбереження тепла палаючих териконів і підвищити рівень екологічної безпеки Донбасу.

#### **Бібліографічний список**

1. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Донецкий\\_каменноугольный\\_бассейн](http://ru.wikipedia.org/wiki/Донецкий_каменноугольный_бассейн)
2. Стольберг В. Ф. Экология города: учебник / Ф. В. Стольберг. – К.: Либра, 2000. – 193с.
2. Рульков Н. С. Проблемы освоения недр в 21 веке. / Н.С. Рульков // Уголь Украины, 2009. – №10. – С. 30–33.

*Рекомендована до друку д.т.н., проф. ДонДТУ Антощенком М. І.  
к.т.н., доц. СХУ ім. В. Даля Єлісєєвим П. Й.*

*Стаття надійшла до редакції 20.01.2017*

**к.т.н. Щербак В. В., к.г.н. Лисица В. Е., асп. Светличная О. Б. (ДонГТУ, г. Лисичанск, Украина)**

#### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ГОРЯЩЕГО ТЕРРИКОНА ДЛЯ ЕГО ТУШЕНИЯ И ОХЛАЖДЕНИЯ**

*Проведен сравнительный анализ существующих способов получения энергии с горящих породных отвалов угледобычи и предложено их усовершенствование путем преобразования энергии геодезического перепада теплоносителя в электроэнергию и реализацией энергии образованного газа в газовой турбине с электрогенератором.*

**Ключевые слова:** *тепловая энергия горящих породных отвалов, теплоулавливатели, теплонасосная установка, низкопотенциальные теплоносители, энергосбережение.*

**PhD (Engineering) Scherbak W. W., PhD (Geology) Lysytsia V. E., graduate Svitlychna O. B.**  
*(DonSTU, Lysychansk, Ukraine)*

**USING ENERGY OF BURNING WASTE HEAPS FOR EXTINGUISHING AND COOLING**

*A comparative analysis of the existing methods for producing energy from burning coal waste dumps and their improvement prompted by converting the energy of the geodetic difference coolant in electricity and the implementation of energy formed by the gas in a gas turbine with an electric generator.*

**Keywords:** *thermal energy of burning waste dumps, thermalcapture device, heat pump system, low-potential heat transfer fluids, energy saving.*