



УКРАЇНА

(19) UA (11) 19591 (13) U  
(51) МПК (2006)  
F24J 3/08 (2006.01)  
F25B 15/02

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) СПОСІБ ВИДОБУВАННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ

1

(21) u200607760

(22) 11.07.2006

(24) 15.12.2006

(46) 15.12.2006, Бюл. № 12, 2006 р.

(72) Кравченко Ігор Павлович

(73) ІНСТИТУТ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

(57) 1. Спосіб видобування геотермальної енергії, що включає використання глибинних свердловин, у процесі якого підземну глибинну геотермальну теплоту за допомогою спеціального помпового обладнання і первинного рідинного теплоносія через свердловини у земній товщі із глибинних термічних шарів транспортують на поверхню землі, де за допомогою теплообмінного обладнання її передають вторинному теплоносію для корисного використання, а охолоджений первинний теплоносій за допомогою помпового обладнання повертають (закачують) у підземні шари, який **відрізняється** тим, що первинну глибинну теплоту землі використовують безпосередньо на глибині термічного шару у свердловинному пристрої на першому етапі екзотермічної хімічної реакції десорбції водню гідродіутворюючого матеріалу, а на другому етапі - сорбції водню в ендотермічній реакції, що супроводжується виділенням теплоти, яку після цього відбирають від пристрою як генеровану теплоту і транспортують на поверхню землі для корисного використання споживачами.

2. Спосіб видобування геотермальної енергії за п. 1, який **відрізняється** тим, що первинну геотермальну теплоту, яку періодично витрачають на

2

нагрівання пристрою для здійснення у ньому хімічної реакції десорбції водню, по закінченні кожного циклу нагрівання і викликаной ним десорбції водню в тій же періодичності також відбирають теплоносієм і транспортують на поверхню для використання споживачами і тим самим охолоджують гідродіутворюючий матеріал та підготовляють його до наступного періоду сорбції водню.

3. Спосіб видобування геотермальної енергії за пп. 1, 2, який **відрізняється** тим, що відбір теплоти від пристрою, в якому здійснюють хімічну реакцію, виконують штучним, спеціально підготовленим і безперервно циркулюючим у пристрої рідким, наприклад водою, або газоподібним, наприклад повітрям, теплоносієм.

4. Спосіб видобування геотермальної енергії за п. 1, який **відрізняється** тим, що режим генерації і відбору теплоти організований у способі таким чином, що з кожної ділянки бокової поверхні свердловини, прилеглої до відповідного їй блока пристрою, теплоту відбирають циклічно тільки у тому періоді, коли в прилеглому до неї блоці відбувається десорбція водню з поглинанням теплоти, в другому й третьому періодах даний блок хімічними реакціями не нагрівають і не охолоджують із можливістю забезпечення накопичення ділянкою свердловини теплоти від оточуючого свердловину теплового поля, а в четвертому, останньому періоді циклу, ділянку підігрівають теплотою екзотермічної реакції, яка відбувається у прилеглому до неї блоці при сорбції водню гідродіутворюючим матеріалом, після чого усі періоди повторюють.

Корисна модель відноситься до геотермальної енергетики, конкретно до технології видобування геотермальної енергії у вигляді теплоти, що видобувається з підземних глибинних горизонтів за допомогою глибинних свердловин, і обладнання та пристосувань, які використовуються при цьому, і може бути застосована у видобуванні підземної теплоти для опалення соціальних і промислових будівель і їх гарячого водопостачання, та тепло-технологій у промисловості і в аграрному секторі як на спеціальних геотермальних енергогенеруючих об'єктах і установках, так і супутньо з видобу-

ванням нафти, газу чи газового конденсату, а також з глибинних сухих перегрітих шарів.

Відомий спосіб видобування підземної теплоти за допомогою геотермального теплоносія - термальної води, який включає наявність джерела теплової енергії у вигляді підземного геотермального родовища з гідротермальними ресурсами у проникних термоводонесних шарах, не менше двох свердловин на ньому, рознесених по відстані між собою, одна з яких використовується в якості видобувної, а інша - в якості поглинальної, спеціальної потужної свердловинної глибинної видобув-

(13) U

(11) 19591

(19) UA

ної роторної зануреної у воду електропривідної помпи, системи транспорту термальної води від неї, водоочисного та теплообмінного устаткування на поверхні землі, потужної поверхневої закачувальної помпової системи, що разом утворюють так звану геотермальну циркуляційну систему - ГЦС [А.В. Шурчков, Г.М. Забарний, М.Й. Горохов, А.М. Разаков, С.Є. Наумов, Т.Г. Крупевич, Н.М. Аронова „Розвиток децентралізованого енергопостачання на основі нетрадиційних місцевих енергоресурсів” - К., НАНУ, ІТТФ, 2001, - с.30-33, мал.5.2 - Технологічна схема систем теплопостачання із ГЦС]. Видобування теплоти ведуть зануренням електрогідравлічної помпи у видобувну свердловину, подачі за її допомогою наявної у свердловині геотермальної води на поверхню, очистку і фільтрацію води та її перепуск через теплообмінне обладнання, де від неї відбирається певний обсяг теплоти, та зворотну закачку охолодженої води у підземний водоносний горизонт за допомогою спеціальної потужної наземної електропривідної помпи та поглинальної свердловини.

Недоліками цього способу є те, що він вимагає наявності родовища геотермальної води і може бути застосований тільки в його межах, має низьку економічну ефективність і великі терміни окупності через потребу для його реалізації не менше двох свердловин високою вартістю кожна, та через великі експлуатаційні, передусім енергетичні, витрати на видобувну і закачувальну помпи сумарною потужністю 50-150кВт в залежності від глибини водопритоку і водозакачки.

Відомий також, вибраний як прототип, спосіб експлуатації поодиноких геотермальних свердловин [Деклараційний патент України на Корисна модель №38890А] згідно якому геотермальну енергію видобувають шляхом циклічної відкачки геотермального теплоносія із свердловини, відбору від нього і акумуляції на поверхні певної частини теплоти і зворотньої закачки відпрацьованого теплоносія у ту ж саму свердловину.

Недоліком цього способу є те, що зворотне закачування усього видобутого у циклі пластового теплоносія у ту ж саму свердловину, по-перше, заміщає гарячу воду, наявну по усій висоті свердловини, на охолоджену воду, а по-друге, відтісняє від водозабірної зони на значну відстань гарячу воду, наявну у підземному пласті, і тому при наступному заборі води із свердловини перші декілька годин буде викачуватися тільки охолоджена вода. Наприклад, для свердловини діаметром 146мм і глибиною водозабору 3000м об'єм стовпа води у свердловині становить близько 50м<sup>3</sup>. При робочому дебіті 25м<sup>3</sup>/год, що є усередненим показником більшості геотермальних свердловин, перші 2 години буде видобуватись тільки охолоджена вода і її негайний злив у обсязі близько 50-ти м<sup>3</sup> неможливий через відсутність джерела поглинання. Цей і інші негативні фактори способу роблять його надзвичайно неефективним. І так за кожним циклом. З часом ефективність свердловини і енергетична цінність установки стануть мінімальними, а інтервал часу між циклами - постійно зростаючим.

Відомий пристрій для видобування геотермальної енергії, який складається з підземної і назе-

мної частин. Підземна частина містить занурюваний у свердловину роторно-відцентровий насос, систему електроживлення насоса та водовідвідну від насоса трубну систему. Наземна частина складається з тепло-пункту, який містить водоочисне, теплообмінне і контрольно-керуюче устаткування та арматуру, з насосної станції по закачці відпрацьованої води у підземні горизонти, а також з тепловодопровідних трас від видобувної свердловини до теплопункту і від теплопункту до закачувальної насосної станції, та містить запірно-регулюючу арматуру в теплопункті і на оголовках видобувної та поглинальної свердловин.

Відомий також, вибраний як прототип, пристрій [Деклараційний патент України на Корисна модель №61811А „Спосіб використання геотермальної енергії і установка для його здійснення”] для видобування геотермальної енергії, що містить дві свердловини, видобувний роторно-відцентровий свердловинний гідронасос, опущений у видобувну свердловину нижче статичного рівня води у свердловині на глибину, що дорівнює динамічному рівню води у свердловині, а також систему підвіски насоса, системи його електроживлення та водовідводу, водоочисне та теплообмінне устаткування теплопункту на поверхні, водозакачувальну насосну станцію та дві теплотраси, що з'єднують теплопункт з видобувною та поглинальною свердловинами.

У цього пристрою обидві наявні гідропомпи працюють у напруженому режимі, оскільки видобувна помпа переборює опір стовпа води від точки водозабору до поверхні, що на практиці становить 250-500 і більше метрів, а закачувальна помпа переборює опір підземних шарів землі, що потребує великих потужностей, які на практиці сумарно коливаються в межах 50-150кВт в залежності від глибини залягання геотермального родовища і, відповідно, від тиску на забої поглинальної свердловини. У випадку самовиливних свердловин витрати енергії на видобування зменшуються, впригол до їх відсутності, а на закачку відповідно збільшуються, що сумарно складає той же порядок енерговитрат. Також недоліками цього пристрою є вимушене застосування водоочисного устаткування в поверхневому комплексі та неможливість такої очистки перед помпою в свердловині, що призводить до інтенсивного зносу внутрішніх силових рухомих і взаємопоеднаних з ними нерухомих деталей гідропомпи через наявність у геотермальній воді абразивних домішок у вигляді, як правило, дрібнозернистого піску. Експлуатація такої установки (станції) вимагає наявності власної потужної трансформаторної електропідстанції і обслуговуючого персоналу. Всі ці недоліки роблять роботу усього комплексу (станції) економічно затратною, технічно нестабільною і напруженою і, відповідно, недостатньо надійною.

В основу корисної моделі поставлено задачу зменшити кількість задіяних у способі свердловин до однієї, значно зменшити потужності, необхідні для видобування теплоти, виключити підйом на поверхню механічно і хімічно агресивного природного теплоносія і його зворотну закачку потужними електропомпами в підземні шари з переборюванням їх значного опору закачці.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення тепловидобувного обладнання і устаткування, які не мають у своєму складі рухомих силових деталей і вузлів, занурених у хімічно і абразивно агресивне середовище природного теплоносія - геотермальну воду, а також задачу виключення із складу пристрою потужного електронавантаженого устаткування, занурюваного у геотермальну воду, і, тим самим, підвищити надійність і безпеку установок, підвищити коефіцієнт їх корисної дії, зменшити обсяги капіталовкладень, електроспоживання та експлуатаційних витрат.

Перша з поставлених задач вирішується використанням усього однієї свердловини, яка може бути спеціальною термоводоносною, або пробуреною в середовищі сухих перегрітих порід, або використаною із наявних нафтогазовидобувних або розвідувальних у будь-якому географічному регіоні земної кулі, де геологічні умови дозволяють досягти глибин з температурним середовищем, відповідним температурі, заданій для конкретної енергогенеруючої установки згідно природному температурному градієнту, та виключенням з технологічного процесу необхідності видобування на поверхню і зворотньої закачки у підземні горизонти природного теплоносія - геотермальної води, а також наданням техпроцесу і устаткуванню можливості видобування геотермальної енергії із сухих перегрітих глибинних порід, а також на нафтогазових родовищах паралельно з видобуванням нафти чи газу з одних і тих же свердловин без взаємного негативного впливу одного процесу на інший. Згідно з корисною моделлю, видобування теплоти здійснюється установкою, яка не має підземних рухомих частин, споживає значно менше електричної енергії, а при використанні вітрової установки може взагалі працювати без електроживлення, яка не транспортує на поверхню природного теплоносія і яка, тим самим, не потребує зворотної його закачки і, відповідно, не містить потужних помпових агрегатів.

Застосування у свердловині високотемпературної воднево-гідридної теплової помпової установки, діючої на принципі, описаному в [1] на лабораторному зразку, і яка не містить у підземній частині рухомих силових деталей і вузлів та не перепускає через себе природного теплоносія - геотермальної води, дозволяє використовувати для видобування теплової енергії тільки одну свердловину і видобувати теплоту навіть з трансформацією її температури, завдяки чому вона може перевищувати температуру підземного джерела за рахунок фізичних особливостей і хімічного ефекту взаємодії водню, що міститься у генераторах-сорберах установки, з їх металогібридним робочим тілом при спеціальному виборі взаємодіючих з воднем гідридів [2]. Застосування замкнутої циркуляційної системи відбору теплоти від генераторів-сорберів дозволяє використовувати штучний, високоякісний теплоносій, наприклад очищена вода або один із видів антифризу, яким заповнюється система відбору тепла і який безперервно і беззмінне циркулює в заявленому пристрої на протязі часу, встановленому технічними умовами виробника на нього.

Друга з поставлених задач вирішується тим, що теплота із підземного горизонту видобувається

за допомогою комбінації глибинної адсорбційної металогібридної тепловомпової установки і з'єднаної з нею наземно-підземної замкнутої U-подібної штучної циркуляційної системи. У свердловині, призначеній для видобування з неї теплової, розміщена сигароподібна установка, яка містить у собі закінчену конструкцію теплової адсорбційної металогібридної помпи і яка з'єднана з наземним блоком трубами для подачі по ним у генератори-сорбери штучного охолоджувального теплоносія - рідини, повітря, або іншого безпечно-го газу та підйому по ним від теплової помпи нагрітого нею теплоносія, який циркулює за допомогою малопотужної рідинної (якщо теплоносієм - рідина) чи пневматичної (якщо теплоносієм - газ) помпи. Згідно з корисною моделлю, конструкція теплової помпи складається з двох - для теплової помпи періодичної дії, або з чотирьох - для теплової помпи безперервної дії, металогібридних генераторів-сорберів, з'єднувальних патрубків та клапанно-керуючого пристрою, який трубами (дві труби - при дистанційному приводі клапанів, і п'ять труб - при безпосередньому управлінні ними на поверхні) з'єднаний з підземною та наземною частинами установки, з наземного теплообмінного обладнання, безпосередньо клапанного механізму і малопотужної гідравлічної або пневматичної помпи в наземній частині установки, а сама циркуляційна система заповнена спеціально для неї підготовленим штучним теплоносієм - водою або антифризом на основі етиленгліколю чи бішофіту (або газом). Єдиним рухомих елементом в системі є ротор гідравлічної (пневматичної) помпи, розміщеної на поверхні землі у сприятливому для нього гідравлічному (газовому) середовищі і яка приводиться в дію малопотужним електродвигуном або вітровою установкою з електричною чи механічною передачею. Клапанний механізм має два робочих положення для помпи періодичної дії, і чотири - для помпи безперервної дії. Принцип його дії полягає в забезпеченні підключення до нагнітальної труби циркуляційної системи установки одночасно тільки однієї з усіх вихідних труб і, тим самим забезпечення керованого охолодження тільки одного, визначеного на кожний момент часу режимом роботи установки, генератора-сорбера.

Таке виконання пристрою для відбору теплоти від глибинного термоводоносного або сухого перегрітого шару землі дозволяє спростити як конструктивне виконання видобувної геотермальної установки, так і саму технологію видобування шляхом використання фізичного ефекту нерухомого теплопереносу на основі хімічної взаємодії металогібридних генераторів-сорберів з воднем [2], що базується на принципі виділення металогібридом теплоти при його насиченні (зарядці) воднем та на виділенні водню при його нагріванні (розрядці). В заявленому пристрої нагрівання (розрядка) генераторів-сорберів здійснюється підземною теплою, а охолодження (зарядка) - циркулюючим у системі штучним теплоносієм, який охолоджуючи нагрітий хімічною реакцією генератор, нагрівається сам і передає його теплоту на поверхню, а звідти - споживачам через стандартне теплообмінне устаткування. Небажане охолодження природного джерела теплоти не відбувається за рахунок того,

що в межах розташування кожного генератора-сорбера після кожного циклу охолодження відбувається генерація теплоти хімічною реакцією взаємодії металогідриду з воднем, до того ж з можливістю трансформації температури. Крім того, кожна ділянка бокової поверхні свердловини, що прилягає до пристрою і на протязі певного періоду часу нагріває один з його сорберів, на протязі трьох наступних періодів такої ж протяжності (коли по чергово нагріваються інші сорбери) згідно з режимом роботи системи охолодження не піддається охолодженню і нагрівається природним шляхом за рахунок притоку теплоти від оточуючого свердловину термального середовища. При використанні тільки однієї пари генераторів-сорберів генерація теплоти відбувається періодично, а при використанні двох пар, працюючих із зміщенням фаз хімічних реакцій і охолодження на півперіода - безперервно. Необхідна зміна фаз охолодження сорберів здійснюється зміною положення клапанного механізму на поверхні при механічному або електричному управлінні, або дистанційно - при електричному управлінні клапанами, розміщеними в окремому відсіку на установці в свердловині.

Суть запропонованої корисної моделі пояснюється кресленнями, на яких зображені:

На фіг.1, 2 - загальний вигляд геотермальної теплофікаційної установки з приводом від вітрової установки (1а) і від електромережі (1б);

На фіг.3 - Зовнішній вигляд погружної (свердловинної) частини найпростішої теплопомпи періодичної дії;

На фіг.4, 5, 6 - Зовнішній вигляд і поблочна розгортка погружної (свердловинної) частини теплопомпи безперервної дії. Клапанний механізм розташований на поверхні землі;

На фіг.7, 8 - Схема поблочної герметизації теплопомпи, зображеної на фіг.3;

На фіг.9 - Розтин по лінії А-А (фіг.7, 8) одного генератора-сорбера:

поз. 1: заправка сорбера металогідридом;

поз. 2: водопідвідна (нагнітальна) і водовідвідні (2шт.) труби до системи охолодження генераторів-сорберів;

поз. 3: подовжньо обрешечені труби системи охолодження генераторів-сорберів;

поз. 4: перфоровані і обгорнуті металевою сіткою дренажні трубки для дренажу і перетікання водню;

На фіг.10 - Схема гідравлічних і пневматичних з'єднань окремих внутрішніх відсіків і системи блоків між собою;

На фіг.11 - Схема гідравлічних з'єднань геотермальної воднево-металогідридної теплофікаційної установки безперервної дії з клапанним механізмом на поверхні землі;

На фіг.12 - Схема гідравлічних з'єднань геотермальної воднево-металогідридної теплофікаційної установки періодичної дії з клапанним механізмом на поверхні землі;

На фіг.13, 14 - Схема гідравлічних з'єднань воднево-металогідридної теплофікаційної установки безперервної дії (фіг.13) і установки періодичної дії (фіг.14) з клапанним механізмом з дистанційним приводом і встановлюваним у свердловинній частині установки;

На фіг.15, 16, 17 - Графіки залежності зарядженості (G) воднем генераторів-сорберів від температури (T°) при циклічному нагріві-охолодженні одного генератора-сорбера (фіг.15), двох, з'єднаних між собою генераторів-сорберів (фіг.16) і для 4-х попарно з'єднаних генераторів-сорберів, що нагріваються і охолоджуються із зміщенням у часі фаз нагріву-охолодження на півперіода (фіг.17).

Заявлений спосіб реалізують таким чином.

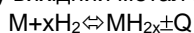
У свердловині, що пробурена у землі на глибину залягання гідротермального або перегрітого сухого (петротермального) шару з необхідною температурою, яка пропорційна глибині свердловини і визначається відповідно до природного температурного градієнта земної кори, з певних ділянок цього шару відбирають необхідну кількість з наявної там теплоти, за її допомогою у будь-якому пристрої, розміщеному на рівні нагрітого шару, запускають хімічну реакцію гідратації воднем гідридоутворюючого матеріалу, що проходить з виділенням теплоти, яку за допомогою будь-якого пристрою і теплоносія транспортують на поверхню землі і використовують за призначенням. Режим відбору теплоти від термального шару, до якого прилягає занурений у свердловину пристрій, організовують таким чином, щоб кожна ділянка шару після віддачі ділянці пристрою певної кількості теплоти за певний період часу, в подальшому на протязі трьох таких же періодів часу відновлювала свій тепловий потенціал як природним шляхом від оточуючого її шару породи або термальної води, так і за рахунок надлишкової теплоти від хімічної реакції в прилеглому до цієї ділянки пристрої при його зарядці воднем.

Найбільш доцільно застосовувати для цього описаний нижче пристрій. Як показано на фіг.1, пристрій для видобування геотермальної теплоти містить блок з двох або чотирьох генераторів-сорберів 1, розташований у свердловині на рівні термального горизонту і з'єднаний трубними комунікаціями 2 через клапанний механізм 3 та через циркуляційну помпу 4 з наземним теплообмінним обладнанням 5. Підземний блок 1 має подвійну модифікацію: у варіанті теплопомпи періодичної дії (фіг.3) і теплопомпи безперервної дії (фіг.4, 5, 6), будову якої і розглянемо далі. Конструкція пристрою виконана у вигляді металевого сигароподібного блоку, зовнішнім діаметром, меншим за діаметр свердловини, розділеного по вертикалі і по горизонталі навпіл. Нижні і верхні частини кожної з половин сполучені між собою трубним переходом по водневому тракту. Кожна  $\frac{1}{4}$  частина цього пристрою, що являє собою окремий генератор-сорбер, герметизована від інших і від зовнішнього простору металевою панеллю (фіг.7, 8). Відсік, заштрихований на рисунку крапельною штриховкою, засипаний гідридоутворюючим матеріалом - металом або сплавом металів. На фіг.9 зображений горизонтальний перетин одного з таких відсіків, де позицією 1 показаний металогідрид. Позицією 2 позначені одна водопідвідна і дві водовідвідні труби, що певним чином перетинають увесь пристрій і через перехідні камери сполучені з системою трубного охолодження, яка складається з подовжньо обрешечених труб 3. Увесь об'єм мета-

логідриду пронизаний набором дренажних труб 4, які по усій довжині перфоровані отворами і обгорнуті металевою сіткою. Взаємне розташування гідравлічної та пневматичної систем пристрою зображені на фіг.10. Порошкоподібна дрібнозерниста засипка металогідриду 1 перетнута дренажними трубами 2, кінці яких виведені у перехідні камери водню 3. Магістральне з'єднання цих камер між собою в кожному сорбері та між парами сорберів виконане за допомогою труб 4. Найвищий і найнижчий відсіки кожного сорбера являють собою перехідні камери 5 охолоджуючого розчину і з'єднані між собою перехідними трубами 6, які одночасно являють собою систему охолодження сорберів. З клапанним механізмом увесь блок сорберів з'єднаний загальною підвідною (нагнітальною) трубою 7 та індивідуальними відвідними трубами 8. Схема клапанного механізму, який може мати будь-яку конструкцію і будь-який привід (механічний або електричний), але виконана таким чином, що його перепускний отвір може одночасно сполучити з циркуляційною системою охолодження вихідний отвір тільки одного з чотирьох генераторів-сорберів. Розміщення клапанного механізму може також мати два варіанта: на поверхні землі (фіг.11 і 12), або у свердловинному блоці сорберів (фіг.13, 14).

Пристрій працює таким чином:

Робота пристрою основана на використанні деяких фізико-хімічних процесів воднево-енергетичних технологій, зокрема принципу металогідридних теплових pomp - перетворювачів теплоти як без змін її температурного потенціалу, так і перетворювачів теплоти з відносно низького температурного потенціалу (60-80°C) в теплоту з більш високим (надлишковим) температурним потенціалом (110-200°C) - термотрансформаторів. Принцип їх дії полягає у фізико-хімічній взаємодії водню в ендотермічних і екзотермічних реакціях з гідридоутворюючими металами або з інтерметалідами, які супроводжуються утворенням металогідридів та їх зворотнім відновленням у метали або інтерметаліди з виділенням та поглинанням теплоти. При охолодженні гідридоутворюючого металу або інтерметаліду та створенні необхідного тиску дисоціації водню вони, сорбуючи у свою кристалічну структуру водень, хімічно перетворюються у металогідрид, а при нагріванні металогідриду водень десорбується і металогідрид відновлюється у вихідний метал або інтерметалід [1]:



Такі реакції здійснюються в спеціальних реакторах, іменованих генераторами-сорберами, мають зворотній (реверсивний) характер і без зміни властивостей приймаючих у них участь компонент можуть забезпечувати порядку 5000 циклів заряду-розряду.

Генератори-сорбери для геотермальних установок виконуються у вигляді герметичних металічних сигароподібних судин діаметром дещо меншим діаметра свердловини, заповнюються дрібнозернистою фракцією (до 0,5мм) гідридоутворюючого матеріалу, наприклад системою ZrCrFe<sub>1,2</sub> - LaNi<sub>5</sub>, попарно з'єднуються трубними переходами для водню, заповнюються воднем і герметизуються. Внутрішній об'єм кожного генератора-

сорбера пронизаний системою труб для охолодження і відбору теплоти від металогідриду та дренажними трубками для вільного перетікання водню. Періодично здійснюваний нагрів генератора-сорбера відбувається від зовнішнього - геотермального джерела через поверхню його корпусу. Пара з'єднаних між собою генераторів-сорберів реагує з воднем поперемінно: коли нагрівається один і виділяє зв'язаний у ньому водень, інший охолоджується, тобто віддає сконцентровану у ньому теплоту назовні, і зв'язує водень, що надходить до нього. Надалі функції генераторів-сорберів однієї пари змінюються на протилежні. Для забезпечення циклічної роботи системи двох генераторів-сорберів необхідно тільки здійснювати управління клапанним механізмом системи відбору теплоти, тобто системи охолодження. Використання такої системи пристроїв і хімічних процесів дозволяє отримувати на виході з неї температуру до +110°C при температурі джерела запускаючої теплоти +70-80°C. При створенні двоступеневих теплових pomp вони можуть працювати в діапазоні до +200°C [2]. Здібність деяких металів і сплавів зворотно віддавати і поглинати водень з виділенням і поглинанням значної енергії (до 30кДж/моль H<sub>2</sub>) робить можливим створення потужних абсорбційних теплотрансформаторів на основі металогідридів. Найбільших успіхів у цій галузі досягла Японія. Накопичений великий досвід по вивченню характеристик металогідридів, що дозволило дослідникам приступити до створення діючих експериментальних установок з використанням металогідридних теплових pomp потужністю від лабораторних значень до промислових в 200кВт і більше [3]. Співробітниками Інституту проблем матеріалознавства Національної академії наук України (Київ) у співпраці з Українським державним морським університетом (Миколаїв) розроблена концепція створення в Україні металогідридної енергетики, в тому числі з використанням геотермальних джерел. Виходячи з технічних та екологічних можливостей на території України згідно названої концепції доцільно в майбутньому будувати металогідридні ГеоТЕС одиначною потужністю блоків до 20МВт електричної потужності. Але на найближчу перспективу слід вважати розробку і будівництво мережі дрібних ГеоТЕС з одиначною потужністю 100, 500 та 1000кВт. Оцінка авторами концепції техніко-економічних можливостей дозволяє розраховувати, що за 10-15 років можливо досягти сумарної потужності таких ГеоТЕС до 500МВт, що дозволить економити до 1-го млн.т органічного палива на рік. Сумарна економія органічного палива від реалізації запропонованої концепції складе приблизно 2,8-3,0млн.т на рік [4].

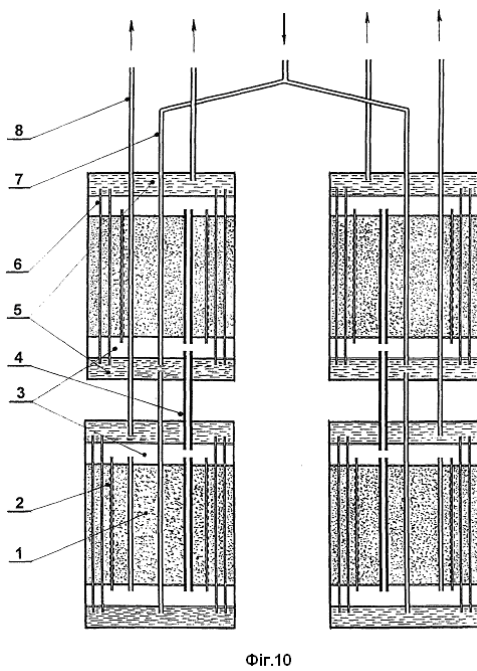
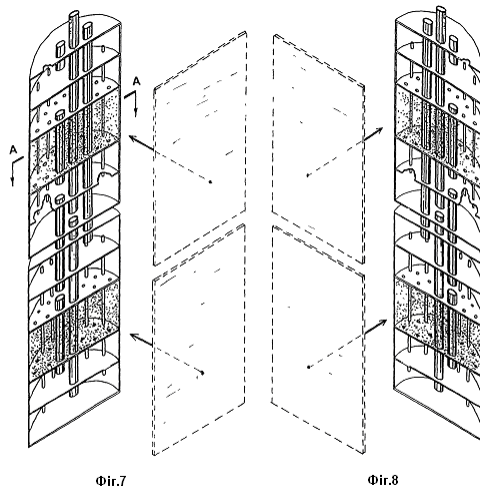
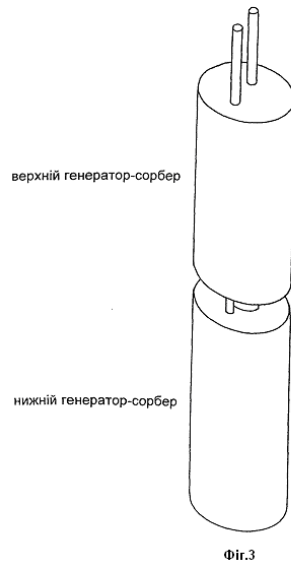
В металогідридних теплових pompax за рахунок зворотності (реверсивності) реакцій відсутні постійні витрати робочого тіла (водню), вони надійні, не мають рухомих частин, безшумні, компактні, екологічно і пожежобезпечні. Вони можуть споживати для приводу в дію енергію потенціалу +70-80°C, характерну більшості геотермальних родовищ України. В роботі [5] виконане математичне моделювання дослідних зразків гідридних теплових pomp і розроблений комплекс програм для комп'ютерного моделювання їх роботи. В роботі [6]

розглянуті можливості використання в якості гідридоутворюючих матеріалів речовин, які при прийнятних цінових параметрах можуть мати промислове застосування, наприклад гідрид магнію  $MgH_2$ , тетраборати  $M(BH_4)_3$ , тетрагідроалюмінати  $M(AlH_4)_3$ , вуглецеві наноструктури, наприклад  $C_{n,0.95}$  і т.і.

Розгляд послідовності генерації теплоти заявленою установкою і її охолодження здійснимо на прикладі установки, зображеної на фіг.12, тобто на прикладі установки періодичної дії.

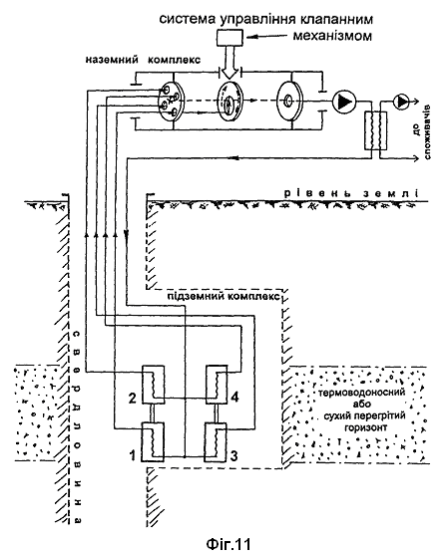
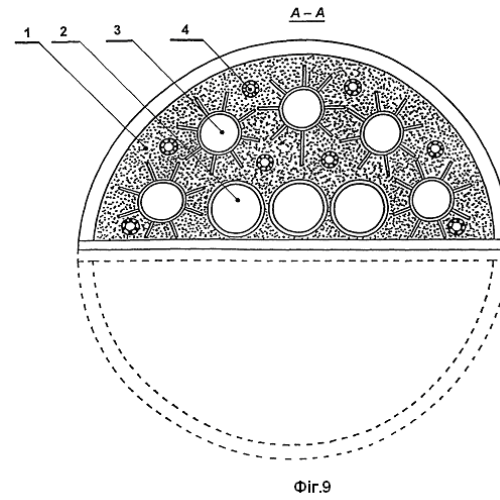
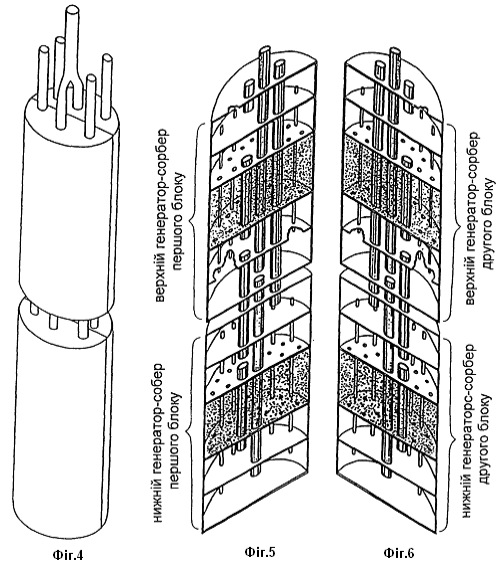
Приймемо, що на початок розгляду обидва генератори-сорбери установки знаходяться в свердловині в охолодженому стані і тільки один з них, наприклад №1, повністю заряджений воднем. Це означає, що тиск водню у міжблочному просторі мінімальний. Продовжуючи тримати блок №2 в охолодженому стані, знімають охолодження з блоку №1 і він піддається нагріву від геотермального джерела. Під дією нагріву водень у блоці №1 десорбується, його тиск у міжблочному просторі підвищується і водень починає сорбуватись в охолоджений гідридоутворюючий компонент блока №2, виділяючи при цьому теплоту, яка знімається охолоджувальним розчином і піднімається на поверхню для використання. При цьому блок №1 залишається нагрітим від геотермального джерела. Знімаючи цю теплоту шляхом відповідного переключення клапанного механізму і перетоку охолоджувального розчину, в блоці №1 створюються умови для його наступної зарядки воднем, що і відбувається після нагріву блока №2 від геотермального джерела. Надалі усі процеси відбуваються у зворотньому напрямку, замикаючи повний цикл. Таким чином, за повний цикл на поверхню піднімається теплоносії, що в одному півперіоді нагрівається від екзотермічної реакції водню з металогідридом, а в другому - від геотермального джерела. При цьому, небажаного охолодження геотермального джерела не відбувається завдяки почерговому розігріву генераторів-сорберів до температури, вищої за температуру геотермального джерела (термотрансформації) внаслідок хіміко-фізичних процесів взаємодії водню з металогідридом, що забезпечує підтримання у свердловині постійної температури. Крім того, кожна ділянка бокової поверхні свердловини, що прилягає до

13

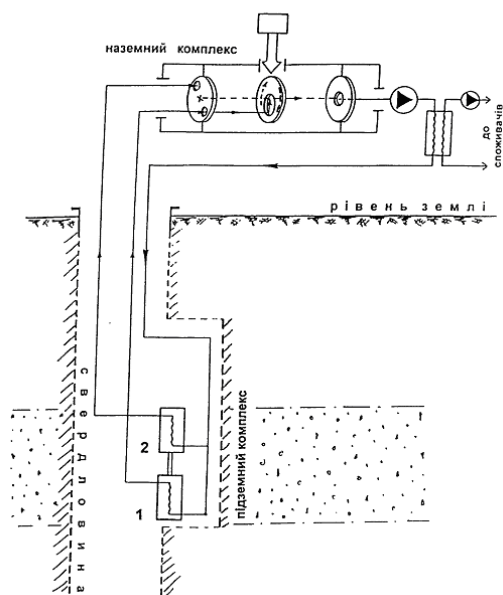


19591

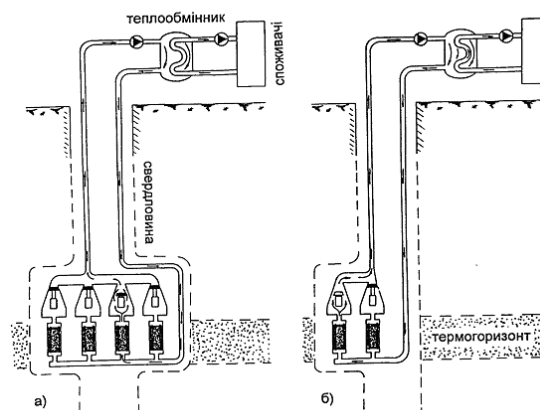
14





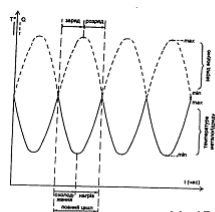


Фіг.12

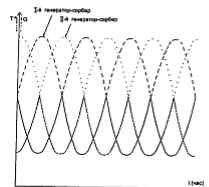


Фіг.13

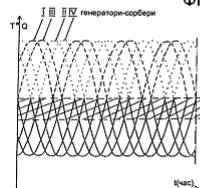
Фіг.14



Фіг.15



Фіг.16



Фіг.17