

Корисна модель належить до альтернативної енергетики, зокрема стосується засобів для утилізації низькотемпературної геотермальної енергії.

Відома односвердловинна геотермальна система [Rashidi S. Progress and challenges of helical-shaped geothermal heat exchangers / S. Rashidi, N. Bakhshi, R. Rafee // Environmental Science and Pollution Research. - 2021. - Vol. 28. - P. 28965-28992. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13766-0>) (аналог)], що включає низькотемпературну експлуатаційну свердловину та спіралеподібні колони підведення і відведення теплоносія. Недоліком відомої односвердловинної геотермальної системи є складність конструкції колон підведення та відведення теплоносія та висока вартість їх встановлення в свердловині.

Найбільш близькою до запропонованої є конструкція односвердловинної геотермальної системи [US 12320555 B2, Кл. E21B 43/124; E21B 43/13; F04F 5/10; F04F 5/24; F04B 23/08, 2025-06-03], що включає низькотемпературну свердловину, колони підведення та відведення теплоносія та струминний насос, робоча насадка якого сполучається з каналом підведення теплоносія, дифузор сполучається з каналом відведення теплоносія, а приймальна камера - з колоною підведення інжектованого потоку. Недоліком відомої односвердловинної геотермальної системи є значні теплові втрати у висхідному потоці теплоносія, внаслідок чого зменшується його температура на виході з свердловини та знижується ефективність утилізації геотермальної енергії. Розміщення струминного насоса на ділянці нагрівання висхідного потоку теплоносія збільшує його витрату та зменшує тривалість передачі теплової енергії від робочого середовища свердловини теплоносію. Розміщення струминного насоса на ділянці охолодження висхідного потоку теплоносія викликає значні теплові втрати на шляху від початку зменшення температури теплоносія до рівня встановлення струминного насоса. Розподіл температури в свердловині є нерівномірним, у верхній частині свердловини температура близька до температури теплоносія, внаслідок чого передача теплової енергії здійснюється переважно в нижній частині свердловини. Значні гідравлічні втрати в колоні підведення інжектованого потоку зменшують напір, продуктивність та коефіцієнт корисної дії струминного насоса.

Задача корисної моделі полягає у підвищенні ефективності утилізації низькотемпературної геотермальної енергії.

Поставлена задача вирішується тим, що односвердловинна геотермальна система, що містить низькотемпературну експлуатаційну свердловину, колони підведення та відведення теплоносія та струминний насос, робоча насадка якого сполучається з каналом підведення теплоносія, а дифузор сполучається з каналом відведення теплоносія, згідно з корисною моделлю, струминний насос встановлений в свердловині на ділянці максимальної температури теплоносія, приймальна камера струминного насоса сполучається з свердловиною, верхня частина колоні відведення теплоносія містить радіальний тангенціальний канал, що сполучає порожнину підйомної колоні зі свердловиною, а у вихідній частині радіального тангенціального каналу розміщена орієнтована в напрямку колоні підведення теплоносія вихрова насадка.

Запропоноване виконання односвердловинної геотермальної системи забезпечує зменшення втрат теплової енергії в процесі висхідного руху теплоносія. На ділянці охолодження висхідного потоку за рахунок всмоктування струминним насосом додаткового об'єму теплоносія зростає швидкість його руху та зменшується тривалість процесу охолодження і теплові втрати на шляху до поверхні. Сполучення порожнини верхньої частини підйомної колоні зі свердловиною за допомогою радіального тангенціального каналу сприяє нагріванню робочого середовища у верхній частині свердловини та інтенсифікує процес передачі теплової енергії теплоносію, який надходить в свердловину. Використання розміщеної у вихідному перерізі тангенціального каналу вихрової насадки створює у верхній частині вихрову область, внаслідок чого підвищується ефективність передачі теплової енергії розміщеному у верхній частині свердловини робочому середовищу. Спрямування вихрової насадки у напрямку колоні підведення теплоносія дозволяє підвищити ефективність передачі теплової енергії теплоносію, що надходить в свердловину. Зменшення теплових втрат у висхідному потоці і додаткове нагрівання у верхній частині колоні підведення теплоносія, збільшує його температуру на виході зі свердловини та підвищує ефективність утилізації низькотемпературної геотермальної енергії. Сполучення приймальної камери безпосередньо з свердловиною спрощує конструкцію ежекційної системи, усуває гідравлічні втрати в лінії підведення інжектованого потоку та збільшує напір, продуктивність та коефіцієнт корисної дії струминного насоса.

На фіг. 1 представлена схема розміщення струминного насоса в свердловині, на фіг. 2 - розміщена у верхній частині підйомної колоні вихрова насадка, на фіг. 3 - діаграма зміни температури в свердловині.

Односвердловинна геотермальна система (фіг. 1) включає колону 1 підведення теплоносія, колону 2 відведення теплоносія, вихрову насадку 3, розміщену в тангенціальному каналі у верхній частині колоні 2 відведення теплоносія та струминний насос у складі дифузора 4, камери змішування 5, приймальної камери 6 з радіальними отворами 7 та робочої насадки 8. Дифузор 4 сполучається з колоною 2 відведення теплоносія, робоча насадка 8 сполучається з колоною 1 підведення теплоносія, а приймальна камера 6 за допомогою радіальних вікон 7 - зі свердловиною 9. Струминний насос

встановлюють в свердловині після дослідження характеру розподілу температури в колоні 2 відведення теплоносія на ділянці її максимальних значень. Вихрова насадка 3 (фіг. 2) орієнтована в напрямку колоні 1 підведення теплоносія та розміщена тангенціально і сполучає порожнину колоні 2 відведення теплоносія з верхньою частиною свердловини 9.

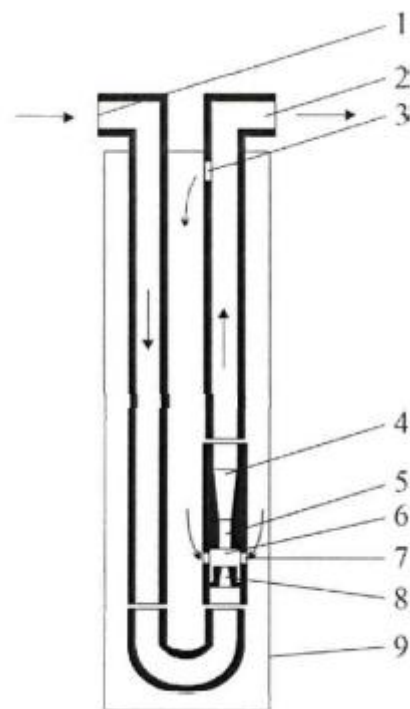
Односвердловинна геотермальна система працює так. Теплоносій надходить в свердловину по колоні 1, проходить вибір свердловини 9 і по колоні 2 відведення теплоносія спрямовується на робочу насадку 8 струминного насоса. Напрямок руху теплоносія на фіг. 1 показаний стрілками. Внаслідок високої швидкості витікання теплоносія на виході робочої насадки 8 утворюється область низького тиску. Під дією різниці тисків робоче середовище з свердловини 9 через радіальні канали 7 надходить в камеру змішування 5 струминного насоса. В камері змішування 5 інжектований потік змішується з потоком теплоносія, що надходить через робочу насадку 8. В дифузорі 4 відбувається відновлення тиску, після чого змішаний потік по колоні 2 відведення теплоносія прямує у висхідному напрямку. У верхній частині колоні 2 відведення теплоносія частина змішаного потоку з витратою, що дорівнює витраті інжектowanego потоку струминного насоса, через тангенціальний канал і вихрову насадку 3 спрямовується у свердловину, а частина змішаного потоку з витратою, що дорівнює витраті теплоносія, який надходить в свердловину, виходить на поверхню. Враховуючи, що витрата потоку, який всмоктується через радіальні вікна 7, дорівнює витраті потоку, який виходить з вихрової насадки 3 в свердловині зберігається постійний об'єм рідини. З метою компенсації об'єму робочого середовища (у випадку поглинання його частини гірською породою) свердловина може сполучатись з поверхневим резервуаром.

Розподіл температури в свердловині визначається температурою гірської породи на поверхні, величиною температурного градієнта та глибиною свердловини $H_{св}$ і характеризується прямою A_1A_5 (фіг. 3). Максимальна температура в свердловині має місце на вибої в точці $A_{st5}=t_{smax}=t_b$. Температура теплоносія t_m на вході в свердловину визначається в точці A_1 $t_m=t_1$. Точка A_4 визначає температуру теплоносія на вибої свердловини, а крива A_1A_4 характеризує розподіл температури вздовж колоні надходження теплоносія в свердловину. Після проходження вибою теплоносій починає рухатись у висхідному напрямку, а його температура продовжує зростати, оскільки її значення є меншим ніж температура навколишнього середовища в свердловині. В точці O температура теплоносія дорівнює температурі в свердловині $t_{mo}=t_{co}$, а крива A_4O характеризує зміну температури висхідного потоку теплоносія в нижній частині свердловини. Для традиційної конструкції насосно-циркуляційної системи, коли струминний насос в свердловині відсутній, після проходження точки O відбувається процес охолодження висхідного потоку теплоносія (оскільки його температура стає більшою температури навколишнього середовища свердловини), який характеризується кривою OA_2 . В точці A_2 (на поверхні) температура теплоносія перевищує його температуру на вході в свердловину (точка A_1) $t_2>t_1$. Різниця температур $\Delta t=t_2-t_1$ визначає ефективність утилізації геотермальної енергії. При використанні струминного насоса, який підсмоктує частину рідини в свердловині, витрата висхідного потоку зростає, а тривалість його висхідного руху зменшується, внаслідок чого знижуються теплові втрати у підйомній колоні і збільшується температура теплоносія, що виходить з свердловини. Процес зміни температури теплоносія при застосуванні струминного насоса характеризується кривою OA_3 . Частина теплоносія, що виходить через вихрову насадку 3, формує у верхній зоні свердловини область підвищеної температури, внаслідок чого потік теплоносія, який надходить по колоні 1 отримує додаткову теплову енергію. Орієнтація вихрової насадки в напрямку колоні 1 дозволяє інтенсифікувати процес передачі теплової енергії від робочого середовища свердловини 9 теплоносію. Ефективність використання струминного насоса визначається додатково різницею температур $\Delta t=t_3-t_2$, яку отримує теплоносій.

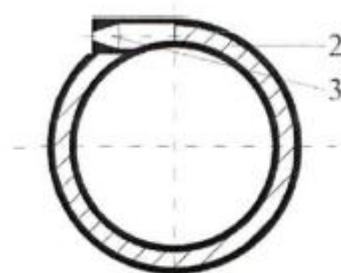
Техніко-економічна ефективність використання односвердловинної геотермальної системи визначається спрощенням конструкції ежекційного компонування, зменшенням теплових втрат в процесі руху теплоносія в свердловині та зниженням собівартості вилучення низькотемпературної геотермальної енергії.

Джерела інформації:

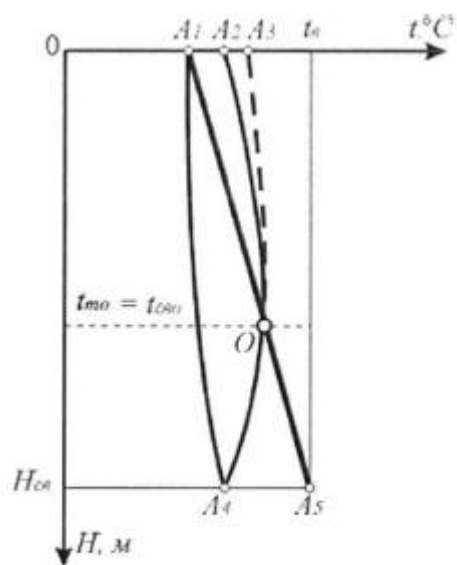
1. Rashidi S. Progress and challenges of helical-shaped geothermal heat exchangers / S. Rashidi, N. Bakhshi, R. Rafee // Environmental Science and Pollution Research. - 2021. - Vol. 28. - P. 28965-28992. <https://doi.org/10.1007/s 11356-021-13766-0> (аналог).
2. Pat. USA № US12320555 B2, Cl. E21B 43/124; E21B 43/13; F04F 5/10; F04F 5/24; F04B 23/08. Jet pump apparatus and methods for standing column well systems and deployment thereof/ A. Nguyen, H. Bashiri. Appl. No.: 16/811,049; filed: 06.03.2020; pub. date: 03.06.2025 (близький аналог).



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3