

УДК 536.24; 536.53

В.В.Величко (Інститут відновлюваної енергетики НАН України, Київ)

Експериментальні дослідження температури гірського масиву навколо вертикально розміщеного теплообмінника

Проведено експериментальне дослідження температурного поля гірського масиву навколо вертикально розміщеного теплообмінника при циркуляції холодного носія. В завдання експерименту входило дослідження відновлення температурного поля після припинення процесу охолодження.

Ключові слова: температурне поле, гірський масив, свердловина, вертикальний теплообмінник.

Проведено экспериментальное исследование температурного поля горного массива вокруг вертикально расположенного теплообменника при циркуляции холодного носителя. В задание эксперимента входило исследование восстановления температурного поля после прекращения процесса охлаждения.

Ключевые слова: температурное поле, горный массив, скважина, вертикальный теплообменник.

Експериментальні дослідження процесів теплообміну в підземних теплообмінниках проводились на установці, яка створена на території Національного ботанічного саду ім. М.М.Гришка НАН України (м. Київ). Ця експериментальна установка для дослідження теплообміну теплоносія з гірським масивом верхніх шарів землі складається з 7 свердловин глибиною 20 м, термопар, які встановлені на глибинах від 1 до 12 м, пристроїв контролю температури, блоку для підігріву теплоносія, циркуляційного насоса, системи трубопроводів, запірно-регулюючої арматури, перетворювача інтерфейсів та персонального комп'ютера [1].

Експериментальні дослідження проводилися двічі: №18 (29.11.2013 – 03.12.2013 рр.) та №19 (11.03.2013 – 17.03.2014 рр.).

Вихідні параметри проведення експериментального вимірювання температури гірського масиву

навколо вертикально розміщеного теплообмінника:

1. Температура холодного носія: $+10^{\circ}\text{C}$ та $+6^{\circ}\text{C}$.
2. Тривалість процесу охолодження – 68 год (4080 хв) та 142,5 год (8550 хв).
3. Середня витрата холодного носія – 3,72 л/хв (за час експерименту – $15,17\text{ м}^3$ та $31,81\text{ м}^3$).
4. Свердловина №7(В) для забезпечення циркуляції холодного носія має діаметр 219 мм і глибину 18,8 м.
5. Температура ґрунту реєструється у вимірвальних свердловинах №1-№6 на глибинах 2, 4, 6, 8, 10, 12 м.

Вимірювання температури в свердловинах для спостережень №1-№6 проводилися при різних значеннях теплового потоку в експлуатаційній свердловині №7(В) (рис. 1, 2). Тепловий потік регулювався шляхом закачування холодного носія з мережі холодної водопровідної води в свердловину №7(В).

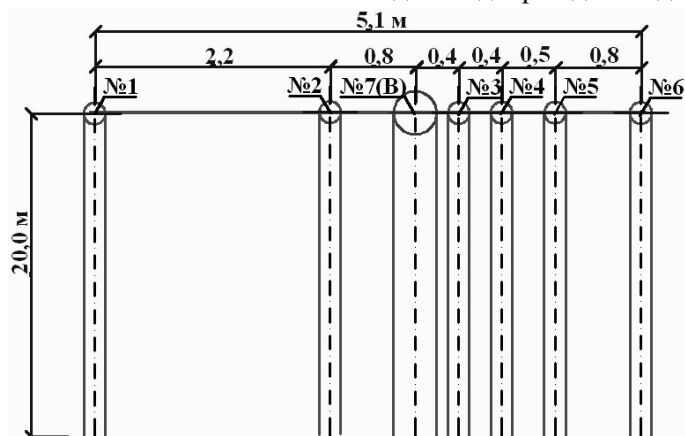


Рис. 1. Схема розміщення вимірвальних та експлуатаційних свердловин установки.



Рис. 2. Вузол закачування холодного носія у вертикально розміщений теплообмінник (свердловина №7(В)).

Ресстрація проведення експерименту з дослідження теплових процесів виконувалась в автоматичному режимі за допомогою багатоточкової системи вимірювання температур [2]. Ця система складається з термопар, пристроїв контролю температури, перетворювача інтерфейсів та персонального комп'ютера. Інформацію по каналах зв'язку приладів контролю температури за свердловинами та глибинами розміщення термопар представлено у таблиці 1.

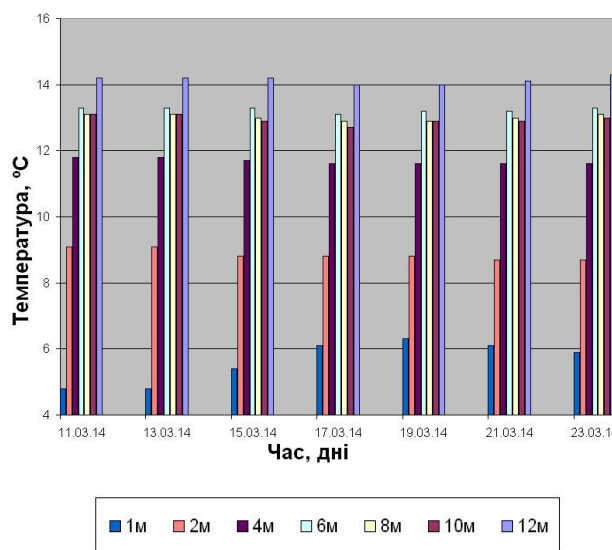
Результати дослідження оброблені в табличній формі та представлені у вигляді експериментальних графіків, які характеризують зміну температури ґрунту у вимірювальних свердловинах з часом при циркуляції холодного носія через експлуатаційну свердловину №7(В) та відновлення температурного поля підземних шарів після припинення процесу охолодження.

Зміну температурного поля підземних шарів у процесі охолодження при циркуляції холодної води та його відновлення після припинення процесу охолодження показано на прикладі вимірювальної свердловини №3, що знаходиться від експлуатаційної свердловини №7(В) на відстані 0,4 м (рис. 3, таблиця 2).

Табл. 1. Інформація по каналах зв'язку приладів УКТ-38 ТП (глибина розміщення термопар)

Свердловина №1, 7 (В)		Свердловина №2	
канал, №	глибина, м	канал, №	глибина, м
1	3, №7 (В)	1	пс
2	2	2	2
3	4	3	4
4	6	4	6
5	8	5	8
6	10	6	10
7	12	7	12
8	12, №7 (В)	8	пс
Свердловина №3		Свердловина №4	
канал, №	глибина, м	канал, №	глибина, м
1	пс	1	1
2	1	2	2
3	2	3	4
4	4	4	6
5	6	5	8
6	8	6	10
7	10	7	12
8	12	8	пс
Свердловина №5		Свердловина №6	
канал, №	глибина, м	канал, №	глибина, м
1	пс	1	пс
2	2	2	2
3	4	3	4
4	6	4	6
5	8	5	8
6	10	6	10
7	12	7	12
8	пс	8	пс

пс = not connected – канал не задіяний



Примітка: 11.03.14(15:30)-17.03.14(14:00) – циркуляція холодного носія;

17.03.14(14:00)-23.03.14 – відновлення температурного поля.

Рис. 3. Зміна температурного поля гірського масиву в процесі охолодження та його відновлення після припинення процесу охолодження.

Таблиця 2. Результати експериментального вимірювання температури гірського масиву навколо вертикально розміщеного теплообмінника

Глибина, м	Температура, °С						
	Циркуляція холодного носія			Відновлення температурного поля			
	11.03.14	13.03.14	15.03.14	17.03.14	19.03.14	21.03.14	23.03.14
	15:30	2880 хв	5760 хв	8640 хв	11520 хв	14400 хв	17280 хв
1,0	4,8	4,8	5,4	6,1	6,3	6,1	5,9
2,0	9,1	9,1	8,8	8,8	8,8	8,7	8,7
4,0	11,8	11,8	11,7	11,6	11,6	11,6	11,6
6,0	13,3	13,3	13,3	13,1	13,2	13,2	13,3
8,0	13,1	13,1	13	12,9	12,9	13	13,1
10,0	13,1	13,1	12,9	12,7	12,9	12,9	13
12,0	14,2	14,2	14,2	14	14	14,1	14,3

Відновлення температурного поля підземних шарів після припинення процесу охолодження починається з 8550 хвилини проведення експерименту (17.03.2014, 14:00) (рис. 4).

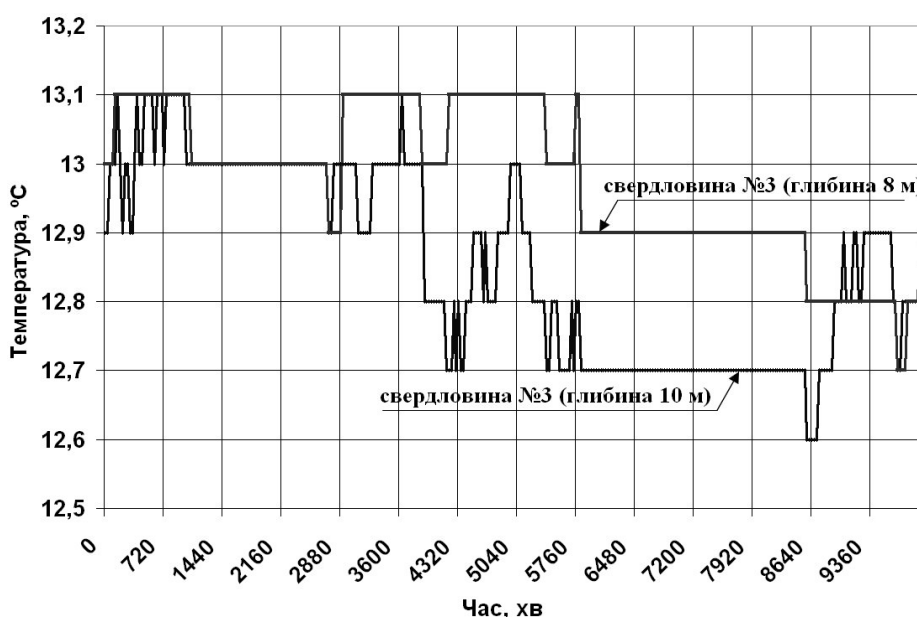


Рис. 4. Зміна температурного поля на глибині 8 та 10 м у вимірювальній свердловині №3, яка знаходиться на відстані 0,4 м від експлуатаційної свердловини №7(В).

Висновки. 1. Максимальна зміна температурного поля підземних шарів у процесі охолодження при циркуляції холодного носія досягла 0,4°С (від 13,1°С до 12,7°С на відстані 0,4 м від вертикальної свердловини на глибинах 8 та 10 м).

2. Після припинення охолодження вертикальної свердловини протягом 3-25 годин спостерігається продовження охолодження ґрунту на 0,1°С.

3. Температурне поле підземних шарів відновлюється через 6 діб (8640 хв для глибин 6-12 м) та 9 діб (12960 хвилин для глибин 2-4 м) на відстані 0,4 м після припинення охолодження

вертикальної свердловини.

4. Тривалість фази відновлення підземних шарів на глибинах 6-12 метрів – 8640 хв порівняно з тривалістю фази охолодження масиву – 8550 хв.

1. Морозов Ю.П., Величко В.В., Туз В.О., Олійніченко В.Г. Експериментальна установка з дослідження теплових процесів у вертикальних свердловинах в натурних умовах // Відновлювана енергетика. – 2011. – №1(24). – С. 82–88.

2. Величко В.В. Багатоточкова система автоматичного вимірювання температур для експериментального дослідження теплових процесів в свердловинах / Матеріали XIII Міжнародної конференції "Відновлювана енергетика XXI століття". – АР Крим, смт. Миколаївка, 10-14 вересня 2012 р. – С. 525–527.