

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Гірничий факультет
Кафедра природоохоронної діяльності

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Віктор КОСТЕНКО

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” 2022 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**на тему: Обґрунтування та вибір параметрів технології використання
геотермальної енергії в умовах кар'єру флюсо-доломітного комбінату**

Виконала: студентка 4курсу, групи ТЗС-18

напряму підготовки: 183 Технології захисту навколишнього середовища

Дар'я ПОПОВА

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник проф., д.с-г.н., Олександр ВІНЮКОВ

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Нормоконтроль:

Олексій КУТНЯШЕНКО

(підпис)

*Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.*

Студент

(підпис)

Луцьк –2022

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Гірничий факультет

Кафедра «Природоохоронна діяльність»

Освітньо-кваліфікаційний рівень - бакалавр

Напрямок підготовки 183 Технології захисту навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри, д.т.н., проф.

Віктор КОСТЕНКО.

_____. _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу бакалавра
Дар'ї ПОПОВОЇ

1. Тема роботи: : «Обґрунтування та вибір параметрів технології використання геотермальної енергії в умовах кар'єру флюсо-доломітного комбінату»
керівник роботи проф., д.с-г.н., Олександр ВІНЮКОВ
затверджені наказом вищого навчального закладу від 29.04.2022 р. №165

2. Строк подання студентом роботи. 10.06.2022р

3. Вихідні дані до проекту: 3. Вихідні дані до проекту: затверджений проєкт розробки; план розвитку гірничих робіт; паспорт, технологічна карта, типовий проєкт по окремих технологічних процесах (розробка, екскавація, відвалоутворення).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Аналіз стану використання ресурсної бази на Донбасі при видобутку корисних копалин відкритим способом. 2. Вибір технологічних рішень щодо раціонального використання геотермальної енергії на флюсо-доломітному комбінаті. 3. Еколого-економічне обґрунтування прийнятих рішень щодо раціонального використання геотермальної енергії на флюсо-доломітному комбінаті

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
презентація на форматі А4

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Олександр ВІНЮКОВ		
Розділ 2	Олександр ВІНЮКОВ		
Розділ 3	Олександр ВІНЮКОВ		
Додаток А			
Нормоконтроль	Олексій КУТНЯШЕНКО		

7. Дата видачі завдання 30.04.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Найменування видів робіт	Термін виконання	Форма звітності	Відмітка наукового керівника
Розділ 1 Аналіз стану використання ресурсної бази на Донбасі при видобутку корисних копалин відкритим способом	05.05.2022	Рукопис	
Розділ 2 Вибір технологічних рішень щодо раціонального використання геотермальної енергії на флюсо-доломітному комбінаті	12.05.2022	Рукопис	
Розділ 3 Еколого-економічне обґрунтування прийнятих рішень щодо раціонального використання геотермальної енергії на флюсо-доломітному комбінаті	26.05.2022	Рукопис	
Оформлення пояснювальної записки	10.06.2022	Рукопис	
Підготовка презентації	10.06.2022	Рукопис	

Науковий керівник

Олександр ВІНЮКОВ

Студентка

Дар'я ПОПОВА

АНОТАЦІЯ

Попова Д. «Обґрунтування та вибір параметрів технології використання геотермальної енергії в умовах кар'єру флюсо-доломітного комбінату». Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за напрямом підготовки 183 Технології захисту навколишнього середовища. – ДВНЗ ДонНТУ, Луцьк, 2022.

Пояснювальна записка: 57 сторінок тексту, 11 рисунків, 7 таблиць, 18 джерел.

Об'єкт дослідження – кар'єр флюсодоломітного комбінату.

Мета роботи – забезпечення комплексного природокористування на флюсо-доломітному комбінаті шляхом раціонального використання геотермальної енергії.

Відповідно до поставленого завдання в роботі визначено пріоритетні напрямки діяльності підприємства з комплексного використання надр. Проаналізовані особливості використання геотермальної енергії на гірничодобувних підприємствах Донбасу. Обґрунтовано вибір технологічних рішень щодо раціонального використання геотермальної енергії на флюсо-доломітному комбінаті, розраховані основні параметри технології.

Проведено еколого-економічне обґрунтування прийнятих рішень та розроблені заходи щодо охорони праці. Виконані необхідні техніко-економічні розрахунки.

КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ НАДР, ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГІЯ, ТЕПЛОВИЙ НАСОС, ГРУНТОВИЙ КОЛЕКТОР, ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

ABSTRACT

Popova D. Substantiation and selection of parameters of geothermal energy technology use in the conditions of the flux-dolomite combine quarry / Graduate qualification work for the "Bachelor degree" in the field of training 101 "Ecology". – DVNZ DonNTU, Luzk, 2022.

Pages: 57, 11 illustrations, 7 tables, 18 links.

The object of research is the quarry of the flux dolomite plant.

The purpose of the work is to ensure the integrated nature management of the fluxo-dolomite plant through the rational use of geothermal energy.

In accordance with the task set in the work identified priority areas of the enterprise for integrated use of subsoil. Peculiarities of geothermal energy use at Donbass mining enterprises are analyzed. The choice of technological solutions for the rational use of geothermal energy at the fluxo-dolomite plant is substantiated, the main parameters of the technology are calculated.

The ecological and economic substantiation of the accepted decisions is carried out and measures concerning labor protection are developed. Necessary technical and economic calculations have been performed.

COMPREHENSIVE USE OF SUBORDINATIONS, GEOTHERMAL ENERGY,
HEAT PUMP, SURFACE COLLECTOR, ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC
EFFICIENCY

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСНОЇ БАЗИ НА ДОНБАСІ ПРИ ВИДОБУТКУ КОРИСНИХ КОПАЛИН ВІДКРИТИМ СПОСОБОМ.....	10
1.1 Особливості використання геотермальної енергії на гірничих підприємствах.....	11
1.2 Геотермальне теплопостачання за допомогою теплових насосів.....	12
1.2.1 Загальні відомості про тепловий насос та його види.....	12
1.2.2 Принцип роботи теплових насосів.....	15
1.3 Загальна характеристика флюсо-доломітного комбінату.....	18
1.4 Визначення пріоритетних напрямків діяльності флюсо-доломітного комбінату на основі комплексного використання надр.....	21
2 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ЩОДО РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ФЛЮСО- ДОЛОМІТНОМУ КОМБІНАТІ.....	23
2.1 Обґрунтування вибору технологічних рішень.....	23
2.2 Розрахунок параметрів технологічних рішень щодо раціонального використання геотермальної енергії.....	24
2.2.1 Вибір теплового насоса.....	24
2.2.2 Розрахунок кількості водознижувальних свердловин.....	27
2.2.3 Вибір насоса для відкачування води зі свердловини.....	28
2.2.4 Вибір устаткування для буріння свердловин.....	29
2.2.5 Розрахунок продуктивності бурового устаткування JCDRILL CWD400.....	32
2.2.6 Обсадку свердловин.....	34
2.2.7 Тампонування свердловин.....	37
2.3 Оцінка ефективності прийнятих рішень.....	41
3 ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ ЩОДО РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ФЛЮСО-ДОЛОМІТНОМУ КОМБІНАТІ.....	44
3.1 Визначення капітальних витрат на устаткування.....	44
3.2. Розрахунок амортизації на обладнання.....	45
3.3 Визначення кількості персоналу необхідного для робіт на котельні.....	46
3.4 Розрахунок еколого-економічного ефекту від переведення котельні з твердого палива на роботу з тепловим насосом.....	46

ВИСНОВКИ.....	49
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	52
ДОДАТОК А.....	53
ДОДАТОК Б.....	57

ВСТУП

Виснаження викопного палива, диверсифікація джерел енергії, прагнення багатьох країн до енергетичної незалежності, а також наявність екологічних проблем, які викликані використанням традиційних видів палива, призвели до виникнення потреби у пошуку нових альтернативних видів енергії.

Як альтернатива викопному паливу пропонується сонячна, вітрова та геотермальна енергія.

Геотермальна енергія має значні переваги перед іншими відновлюваними джерелами енергії, серед яких є відсутність залежності від погодних умов та кліматичних факторів, стійкість та сталість, можливість використання у більшості областей країни, незначний вплив на навколишнє середовище та висока теплова ефективність [1].

Практика застосування альтернативних джерел енергії показує, що перспективним є використання геотермальної енергії для забезпечення потреб гірничодобувних підприємств, але нажаль масштаби використання такої енергії, наразі, поки незначні і знаходяться в межах 3-10%.

Флюсо-доломітний комбінат є гірничим підприємством яке, відповідно до напрямів комплексного природокористування, має на меті розробку та впровадження новітніх технологій з розширення використання геотермальної енергії на свої технологічні потреби.

Тому розробка технології використання геотермальної енергії та обґрунтування параметрів цієї технології є актуальним науковим завданням.

При такій постановці проблеми об'єктом досліджень є кар'єр флюсо-доломітного комбінату, а предметом досліджень – технології раціонального використання геотермальної енергії.

Мета роботи – забезпечення комплексного природокористування на флюсо-доломітному комбінаті шляхом раціонального використання геотермальної енергії.

Поставлена мета обумовила необхідність розв'язання наступних завдань:

- провести аналіз стану та використання ресурсної бази в Донбасі при видобутку корисних копалин відкритим способом;
- провести аналіз ефективності сучасних способів використання геотермальної енергії на гірничодобувних підприємствах Донбасу;
- обґрунтувати й обрати параметри технологічних рішень щодо раціонального використання геотермальної енергії;
- оцінити ефективність прийнятих рішень;
- оцінити вплив прийнятих рішень на стан навколишнього середовища.

В роботі використано наступні методи дослідження: аналіз та узагальнення літературних джерел, розрахунково-аналітичний метод, математичний метод.

1 АНАЛІЗ СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСНОЇ БАЗИ НА ДОНБАСІ ПРИ ВИДОБУТКУ КОРИСНИХ КОПАЛИН ВІДКРИТИМ СПОСОБОМ

На території Донецької області розміщено більш ніж 680 породних відвалів, які мають значний вплив на забруднення атмосферного повітря у низці міст Донецької області, а в санітарно-захисних зонах породних відвалів проживає понад 35 тисяч осіб. Донецькою обласною санітарно-епідеміологічною станцією було розроблено норматив санітарно-захисної зони для породних відвалів, що вже рекультивовані (100 м), який затверджено МОЗ України.

Земельне відведення під породний відвал обумовлено межами земельних угідь під промисловим майданчиком та відвалом ЗФ – 1.

На флюсо-доломітному комбінаті, як і на будь-якому іншому підприємстві флюсодобувної галузі, існують проблеми, що пов'язані із забезпеченням екологічної безпеки виробничих процесів. Ці проблеми, у першу чергу, зумовлені недосконалістю застосовуваних технологій утилізації відходів, що утворюються, під час збагачення корисних копалин. По-друге, на підприємстві не приділяється достатньої уваги впровадженню заходів щодо запобігання запиленню при розвантаженні пиловловлювачів та при транспортуванні уловленого пилу.

Аналіз ситуації, що склалася на флюсо-доломітному комбінаті, показує, що головною причиною екологічних проблем при видобуванні та збагаченні вапняку є недосконалість технологій утилізації відходів, що утворюються. У процесі перероблювання вапняків та доломіту на збагачувальних фабриках утворюються відходи у вигляді вапняку крупністю 1-10 мм та доломіту крупністю 1-15 мм. У зв'язку з цим, цінні відходи виробництва флюсу залишаються непотрібними й тому часто складаються у відвали, завдаючи шкоди довкіллю.

1.1 Особливості використання геотермальної енергії на гірничих підприємствах

Внесок відновлюваних джерел енергії у загальний світовий попит на енергію особливо збільшився за останні десятиліття, і з кожним роком цей попит стає все більшим. Однією з цілей європейської політики в галузі енергетики та клімату є отримання 20% кінцевої енергії з відновлюваних джерел до 2025 року. У зв'язку з цим гостро стоїть питання пошуку нових джерел альтернативної енергетики. В якості таких джерел можуть бути гірничодобувні підприємства [2].

Видобуток корисних копалин завдає значного негативного впливу на навколишнє середовище, особливо розробка відкритим способом, що неминуче призводить до серйозної деградації та зниженню екологічної та естетичної цінності ландшафту, а також до зміни природного стоку підземних вод. Шахтні порожнечі та простори, разом з тріщинами, що утворилися в результаті видобутку корисних копалин, можуть бути заповнені водою. Після закриття та затоплення шахти утворюється новий водоносний обрій або «гірський резервуар». Затоплені шахти є штучними водоносними горизонтами карстового типу.

Поверхня гірничих виробок глибоких шахт (800-1000 м), має температуру 35-50°C. Контакт нагрітої поверхні виробки з шахтною водою призводить до її нагріву. Тому шахтні стоки можна розглядати як невичерпний цінний ресурс для отримання екологічно чистої теплової енергії.

Встановлено, що закриті та затоплені підземні вугільні шахти мають хороший потенціал геотермальних ресурсів з низькою ентальпією, яку за допомогою теплових насосів, можна використовувати для цілей обігріву та охолодження, що дозволяє забезпечити функціонування шахти ще довго після того, як видобуток корисних копалин припиняється [3].

Практика показує, що дуже успішним є використання геотермальної енергії шахт України для обігріву теплиць, виробничих споруд та

адміністративних будівель. Так, наприклад, на шахті «Благодатна» у місті Павлоград встановлено теплові насоси для забезпечення гарячого водопостачання та опалення виробничих та побутових приміщень. Проточна вода підігрівається за рахунок відбору тепла підземних вод у шахті. Такий спосіб підігріву води дає ефективну економію електроенергії та коштів підприємства. Надалі запровадження теплових насосів планується і на інших шахтах об'єднання ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля».

Під час ведення відкритих гірничих робіт охолодження породного масиву відбувається з допомогою контакту останнього з повітрям. Велика поверхня контакту призводить до розсіювання геотермального тепла в атмосферу. Тому використання такого тепла є дуже важким процесом. Однак залишається можливість використання тепла ґрунтових вод. Це дозволить не тільки комплексно використовувати природні ресурси, а й знизити приплив води у кар'єр, обсяг якого значний і є проблемою для підприємства, оскільки води, що відкачуються, мають високу мінералізацію та значний вміст завислих речовин.

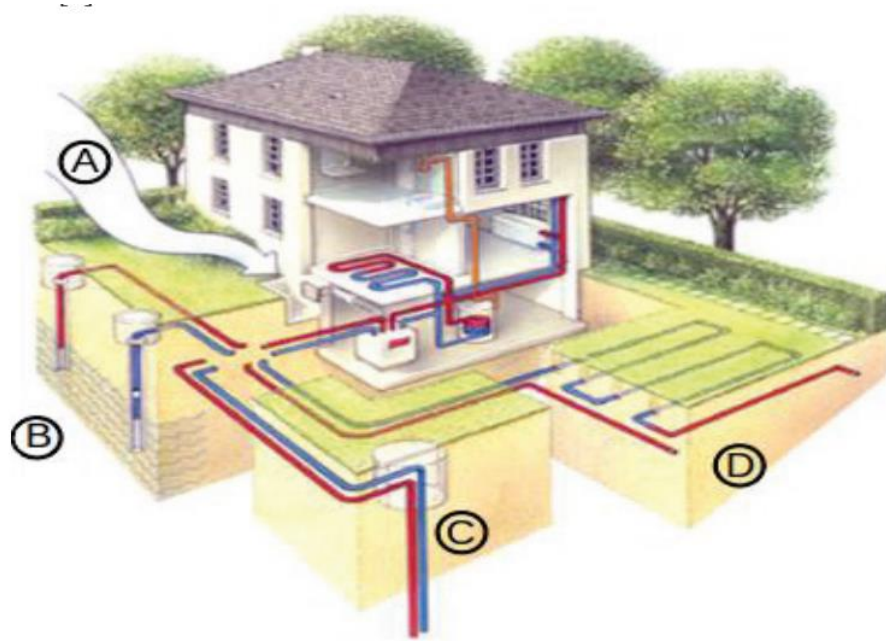
1.2 Геотермальне теплопостачання за допомогою теплових насосів

1.2.1 Загальні відомості про тепловий насос та його види

Геотермальні теплові насоси, також звані геотермальними тепловими насосами або геообміном, належать до систем, які використовують землю, ґрунтові води або поверхневі води як джерело тепла або поглинач. Залежно від конфігурації ці системи називаються тепловими насосами із заземленням, тепловими насосами з ґрунтовими водами та тепловими насосами з поверхневими водами відповідно.

Таким чином теплові насоси – це пристрої, які здатні передавати теплову енергію землі системам опалення або охолодження.

Основні типи теплових насосів, представлені на рисунку 1.1.



A – повітряно-водяний тип, B – насос типу вода-вода, C – вертикальний насос типу ґрунт-вода, D – горизонтальний насос типу ґрунт-вода.

Рисунок 1.1 – Типи теплових насосів [4]

Принцип теплового насоса був уперше придуманий Джеймсом Джоулем та Вільямом Томсоном. У 1852 році Петер Ріттер фон Ріттінгер реалізував перший у світі промисловий тепловий насос на основі праць Карно з термодинаміки.

У 1938 році в Цюриху було побудовано будинок опалення якого повністю відбувалось за рахунок використання теплового насосу, джерелом тепла, при цьому, була вода з Річка Лімат [5].

Важливим показником ефективної роботи теплових насосів є коефіцієнт продуктивності, який визначається як відношення загальної кількості тепла, що поставляється тепловим насосом, до кількості електроенергії, необхідної для його роботи. [6].

Типові системи геотермальних теплових насосів мають коефіцієнт корисної дії від 3,5 до 6,0, що вказує на те, що на кожну одиницю

електроенергії, що підводиться до стиснення, виробляється від 3,5 до 6,0 одиниць тепла або охолодження.

Теплові насоси «вода-вода» мають найвищий ККД. Для насосів, що використовують поверхневі води, коефіцієнт продуктивності становить 4-6, для теплових насосів ґрунтових вод цей показник дорівнює 3-5.

Теплові насоси типу «повітря-вода» мають ККД 2-3, якщо температура повітря вище 0°C, та 1–2, якщо нижче нуля.

Коефіцієнт продуктивності теплообмінника типу повітря-повітря знаходиться в межах від 1 до 3, але це залежить від температури навколишнього середовища. Такий тип насосів добре працює в помірному кліматі.

Одним із найпопулярніших видів є геотермальні теплові насоси вертикального розташування. Це пов'язано з тим, що вони є екологічно безпечними та мають високий ККД.

У даний час геотермальні теплові насоси та системи теплових насосів з ґрунтовою водою є двома найпоширенішими типами геотермальних теплових насосів, оскільки в порівнянні з повітряними тепловими насосами вони тихіше, служать довше, вимагають мінімального обслуговування та не залежать від температури довкілля [7]. У цих системах використовуються водоносні горизонти ґрунтових вод і температура ґрунту в діапазоні від 5°C до 30°C.

До переваг використання опалювальних систем на базі теплових насосів відносять:

- економічність, вони споживають на 65-80% менше електроенергії, ніж звичайні системи опалення чи охолодження;
- надійність, підземна частина геотермальної системи служить не менше 50 років, а тепловий насос має гарантійний термін корисного використання близько 20 років;
- за рахунок гучних конструкцій системи геотермальних теплових насосів можуть бути встановлені як у нових, так і у модернізованих будівлях;

- геотермальні системи не мають зовнішніх конденсаторних блоків тому є безшумними;
- геотермальні системи покращують контроль вологості, підтримуючи відносну вологість у приміщенні близько 50%;
- геотермальні системи концентрують природне тепло, а не виробляють тепло за рахунок спалювання викопного палива;
- геотермальна енергія є відновлювальним джерелом, тому використання теплових насосів є екологічним та раціональним.

1.2.2 Принцип роботи теплових насосів

Теорія теплового насоса заснована на другому законі термодинаміки, згідно з яким тепло переходить від тіла з вищою температурою до тіла з нижчою температурою. Це означає, що якщо температура колектора теплопередачі нижче температури навколишнього середовища, то він поглинати́ме тепло з навколишнього середовища.

Цикл проти годинникової стрілки переносить тепло від рівня низької температури до високої температури. Система компресійного теплового насоса працює за принципом термодинамічного циклу. Як механічний пристрій тепловий насос може забезпечувати енергію для обігріву або охолодження приміщень. Основним принципом схеми теплового насоса є залежність температури кипіння від тиску. Як відомо, у циклі проти годинникової стрілки поглинання тепла має відбуватися за нижчої температури, а тепловіддача за більш високої температури. Для цього необхідно знизити тиск так, щоб температура випаровування була нижчою за температуру джерела тепла, а потім підняти до рівня, при якому температура кипіння буде вище температури навколишнього середовища [8].

Рідина, що використовується для нагрівання циклу насоса, називається холодоагентом. Холодоагент – рідка або газоподібна речовина, що по черзі

циркулює в тепловому насосі та поглинає, транспортує й віддає тепло. Це може бути досягнуто за допомогою циклу проти годинникової стрілки

Система має задовольняти першому закону термодинаміки, згідно з яким уся енергія, що підводиться, повинна дорівнювати енергії, що відводиться, і це співвідношення може бути виражено наступним рівнянням:

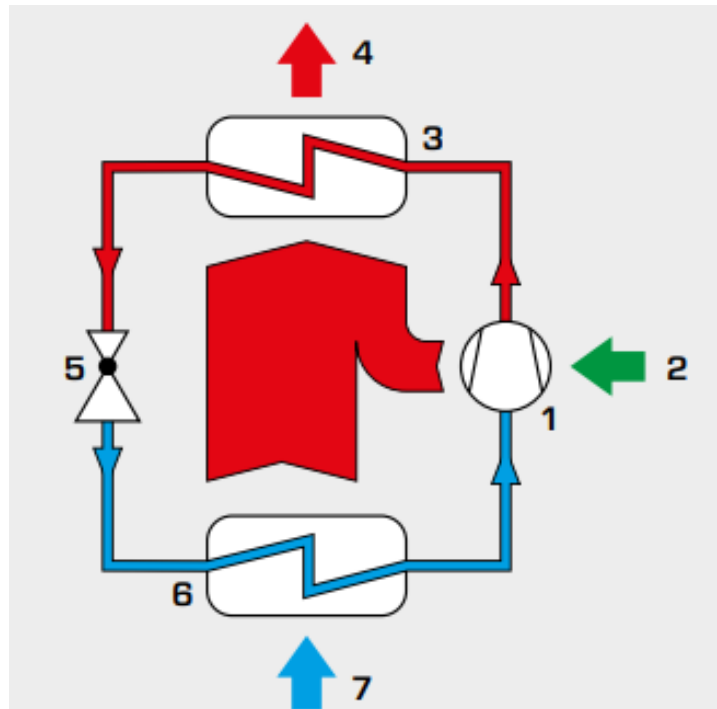
$$Q_c = Q_o + P \quad (1.1)$$

де Q_c – загальна потужність конденсатора (кВт);

Q_o – загальна потужність випарника (кВт);

P – сумарна потужність компресора (кВт).

На рисунку 1.2 показано принципову схему роботи теплового насоса.



1 – компресор, 2 – механічна робота, 3 – конденсатор, 4 – вихід тепла, 5 – розширювальний клапан, 6 – випарник, 7 – вхід тепла.

Рисунок 1.2 – Принципова схема роботи теплового насоса

До геотермальної системи входять наступні елементи:

- зонд, що є, по суті, системою трубопроводів, що знаходиться в ґрунті або іншому середовищі та служить для збору та передачі тепла;
- сам насос, що складається з чотирьох основних конструктивних елементів: випарник, компресор, конденсатор і дросельний вентиль, об'єднаних трубопроводами в замкнуту систему;
- контур опалення.

Замкнена система з циркулюючим холодоагентом, наприклад, фреоном, температура кипіння якого всього близько 4°C працює наступним чином (рис. 1.3).

1. Холодний фреон починає нагріватися в результаті одержуваного тепла від первинного контуру у вигляді зонда, який поміщений у ґрунт. Якщо говорити про ґрунт, то, як правило, його температура протягом року коливається не більше 8°C. Після нагрівання фреон починає закипати і переходить в газоподібний стан.

2. На другому етапі фреон всмоктується компресором, де відбувається його різке стиснення із виділенням великої кількості тепла – температура фреону може досягати 90°C.

3. Далі перегрітий газ подається до конденсатора. У конденсаторі температура холодоагенту падає, при цьому тепло, що виділяється, передається системі опалення. Фреон конденсується, перетворюючись на газорідинну суміш.

4. У цьому стані суміш надходить на дросельний вентиль – спеціальний клапан, де відбувається різке зниження тиску та температури фреону, яка досягає 0°C, після чого перетворений на рідину холодоагент знову надходить з випарника для отримання тепла від поновлюваного природного джерела – цикл замикається. Управління роботою теплового насоса здійснюється терморегулятором. При досягненні в приміщенні заздалегідь заданої температури він припиняє подачу електроенергії на компресор, зупиняючи роботу системи, а при зниженні температури включає його.

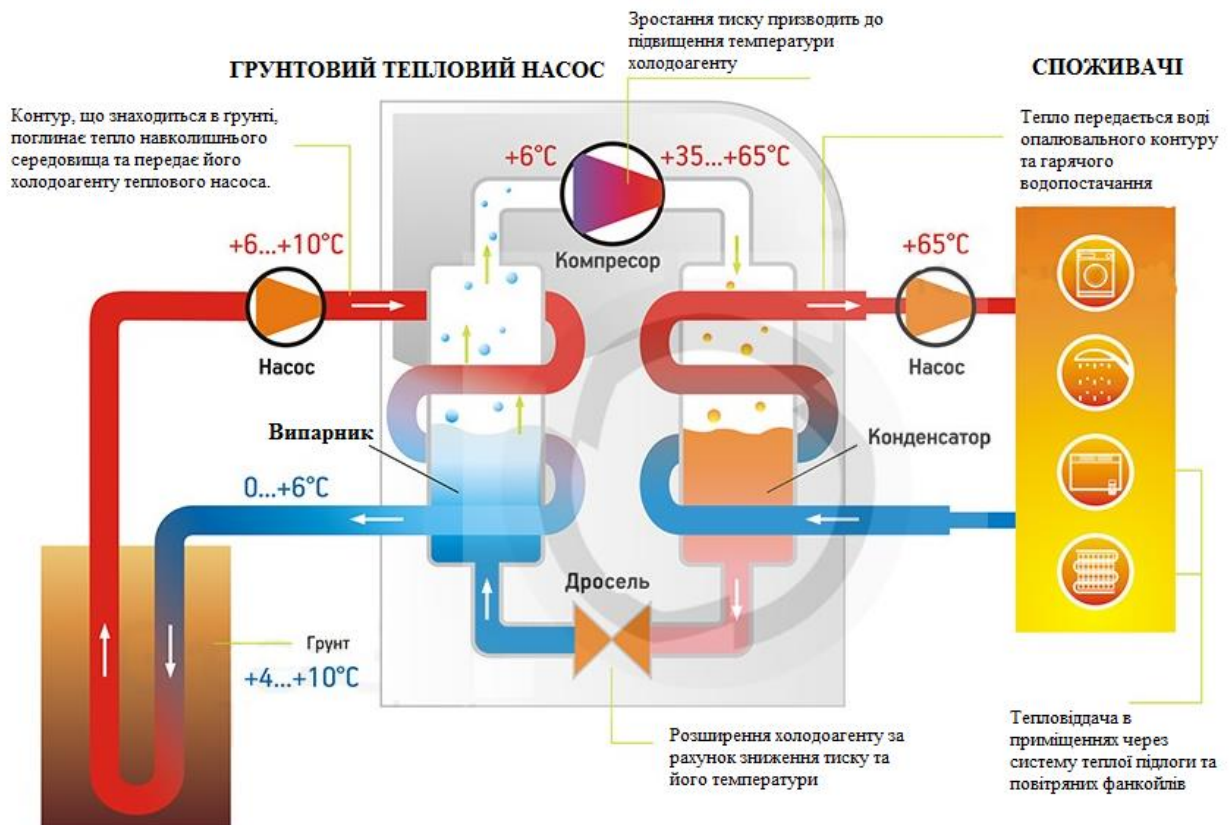


Рисунок 1.3 – Схема роботи замкненої геотермальної системи [9]

1.3 Загальна характеристика флюсо-доломітного комбінату

Флюсо-доломітний комбінат – гірничодобувне підприємство де відбувається видобуток флюсових вапняків та доломітів з яких виробляють обпалений доломіт для металургійної галузі. Споживачами продукції є промислові підприємства Донецької, Дніпропетровської, Запорізької областей. Значна частина видобувної сировини йде на експорт у європейські країни.

Видобуток вапняків та доломітів відбувається на чотирьох кар'єрах, серед яких найбільшим є кар'єр "Центральний". Загальна площа всіх кар'єрів близько 3,2 тис. га.

Кар'єр "Центральний" має витягнуту форму з розміром по поверхні – 2600×1400м (рис. 1.4).

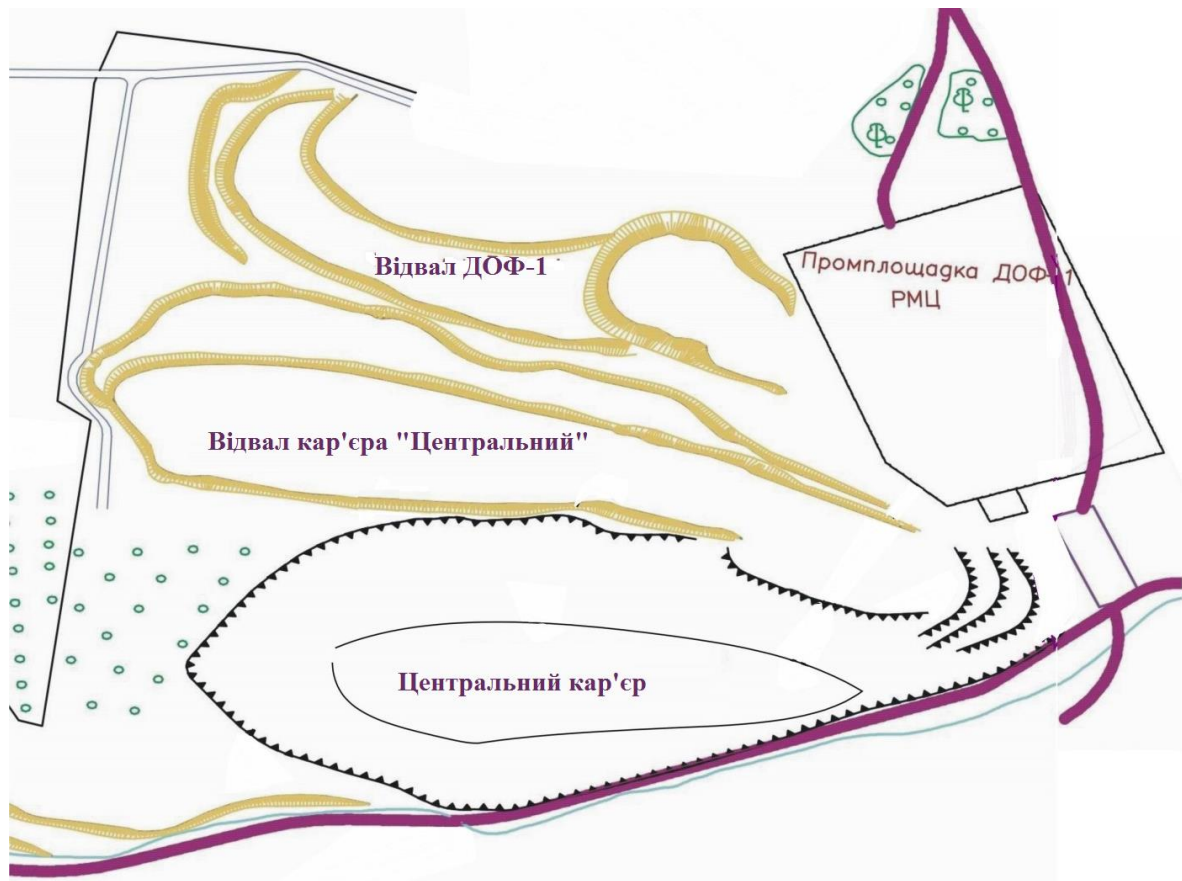


Рисунок 1.4 – Загальний вид кар'єру "Центральний"

На площі родовища є три водоносні горизонти, які приурочені до четвертинних, третинних та нижньокарбонівих відкладень. Перший та другий водоносні горизонти залягають, відповідно, у четвертинних елювіальних відкладах та у пісках палеогену. Вони мають локальне поширення та практично повністю здреновані гірничими роботами. Тому гідрогеологічні умови родовища визначаються наявністю тріщинувато-карстового водоносного горизонту у вапняках нижнього карбону.

Район родовища має блокову тектонічну структуру, у зв'язку з чим водоносний горизонт карбонатної товщі нижнього карбону представлений рядом ділянок, розділених великими тектонічними порушеннями. Кожна ділянка є структурною одиницею, ізольованою в гідрогеологічному відношенні. Основний водоносний горизонт родовища належить до закарстованої та тріщинуватої карбонатної товщі нижнього карбону. Підживлення водоносного

горизонту відбувається за допомогою інфільтрації атмосферних опадів та поглинання поверхневих вод.

Розвантаження проводиться шляхом відкачування із водозбірників. Наразі гідрогеологічні умови родовища характеризуються наявністю депресійної вирви, утвореної при відкачуванні з кар'єрів, що діють. У зв'язку з дренажним впливом експлуатованих кар'єрів дзеркало водоносного горизонту і значення коефіцієнта фільтрації мають нерівномірний характер. Абсолютні позначки дзеркала водоносного горизонту змінюються від +84 до +102 м. Коефіцієнт фільтрації коливається від 0,024 м/добу до 3,03 м/добу, становлячи в середньому 2,2 м/добу. Підземні води безнапірні.

У вертикальному розрізі гідрогеологічними дослідженнями встановлені водонасичені зони: верхня – присвячена зоні розвитку поверхневого карсту; нижня – пов'язана з тріщинуватими та вивітреними вапняками. Кордон між зонами умовно проведений за позначкою +0 м.

В якісному відношенні підземні води родовища характеризується підвищеним вмістом сухого залишку, що змінюється від 0,8 до 3,15 г/л. За хімічним складом вони відносяться переважно до сульфатно-хлоридного типу. Рідше зустрічаються води сульфатно-гідрокарбонатного типу. Води, як правило, жорсткі та агресивні до всіх типів нессульфатних цементів.

Санітарно-бактеріологічний стан кар'єрних вод, що відкачуються, характеризується мікробним числом, яке становить 4750.

Максимальний добовий приплив води до кар'єру становить 1600 м³/год, мінімальний – 1400 м³/год. Насосна станція розташована на горизонті +27 м. Включає три насосні агрегати. З них 2 – насоси типу Д1250-125 та один – з насосом 1Д1250-125 (подача $Q=1250$ м³/год, напір $H=125$ м) з колесами двостороннього всмоктування діаметром 400 мм.

Вода перекачується по двох паралельних трубопроводах діаметрами 500 мм і 400 мм до позначки +139 м. Довжина кожного трубопроводу 610 м. Скидання води проводиться в річку Суха Волноваха.

Сума річних опадів коливається в діапазоні 421-441 мм. Опادي випадають переважно у теплу пору року. Середня висота снігового покриву 11-12 см.

Глибина промерзання ґрунту в межах 0,8-1 м. Переважний напрямок вітру східний; середня швидкість 7-8 м/с.

1.4 Визначення пріоритетних напрямків діяльності флюсо-доломітного комбінату на основі комплексного використання надр

Метою комплексного використання надр є використання в народногосподарських цілях відходів видобутку корисних копалин.

До відходів видобутку корисних копалин належать гірські породи, кар'єрні води, газ метан, низькопотенційне тепло масиву та інших.

Переведення цих «відходів» у категорію ресурсів, що утилізуються, дозволяє знизити витрати на видобуток корисних копалин та зменшити збиток від її впливу на навколишнє середовище.

На флюсо-доломітному комбінаті геотермальна енергія не використовується, а досвід роботи в гірничодобувній промисловості показує, що масштаби використання такої енергії поки що незначні та знаходяться в межах 3-10%. Водночас для забезпечення всіх виробничих та допоміжних об'єктів теплом використовується 420 кВт електроенергії, яке виробляється при спалюванні 422 тонн вугілля.

Основний показник безвідходного (маловідходного) виробництва за існуючої організації використання низькопотенційного тепла становить 0% за норми для гірничодобувної галузі – 75%.

Таким чином, відповідно до напрямів комплексного природокористування необхідно забезпечити розробку та впровадження новітніх технологій щодо розширення використання геотермальної енергії на технологічні потреби.

При такій постановці проблеми об'єктом досліджень є кар'єр флюсо-доломітного комбінату, а предметом досліджень – технології раціонального використання геотермальної енергії.

Мета роботи – забезпечення комплексного природокористування на флюсо-доломітному комбінаті шляхом раціонального використання геотермальної енергії.

Поставлена мета обумовила необхідність розв'язання наступних завдань:

- провести аналіз стану та використання ресурсної бази в Донбасі при видобутку корисних копалин відкритим способом;
- провести аналіз ефективності сучасних способів використання геотермальної енергії на гірничодобувних підприємствах Донбасу;
- обґрунтувати й обрати параметри технологічних рішень щодо раціонального використання геотермальної енергії;
- оцінити ефективність прийнятих рішень;
- оцінити вплив прийнятих рішень на стан навколишнього середовища.

2 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ЩОДО РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ФЛЮСО- ДОЛОМІТНОМУ КОМБІНАТІ

2.1 Обґрунтування вибору технологічних рішень

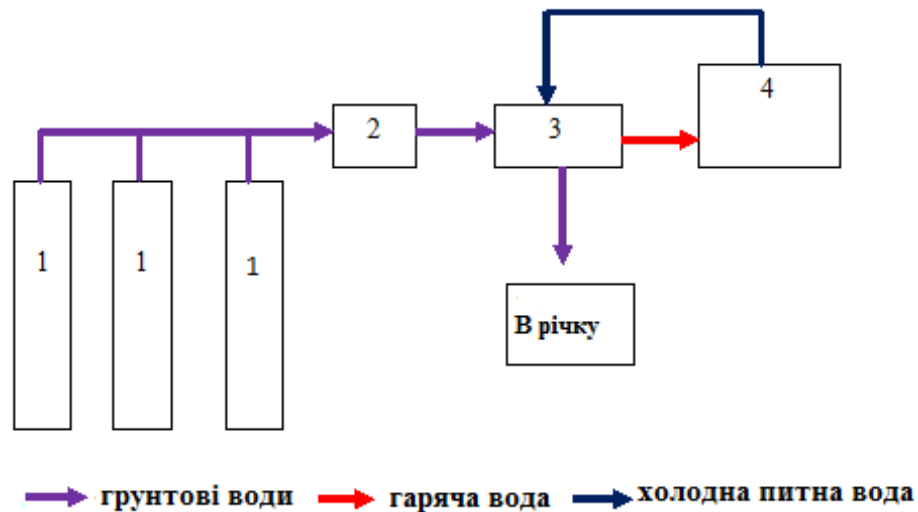
Функціонування теплових насосів можливе лише за наявності енергії та додаткових джерел тепла. В якості такого джерела може бути атмосферне повітря, яке набуло широкого застосування на маленьких теплонасосних установках. Однак значні сезонні коливання температури повітря призводять до зменшення показників теплоємності та коефіцієнта тепловіддачі, що у свою чергу, зменшує показники енергетичної ефективності теплонасосних станцій.

Враховуючи гірничо-геологічні умови розташування промислового майданчика, проєктом передбачається використання теплових насосів типу ґрунт-вода.

Постійне надходження теплоти від земного ядра робить ґрунт універсальним джерелом розсіяного тепла. До того ж на глибині 5-6 метрів температура ґрунту залишається постійною, що дає змогу використовувати це джерело протягом всього року.

Необхідна низькопотенційна енергія відбирається від ґрунтової води, що відкачується з дренажних свердловин, пробурених уздовж русла річки Суха Волноваха, що протікає вздовж південного борту кар'єру «Центральний».

Технологічна схема процесу опалення збагачувальної фабрики флюсо-доломітного комбінату за допомогою теплового насоса представлена на рисунку 2.1.



1 – ґрунтовий колектор, 2 – насос, 3 – теплова машина, 4 – система опалення

Рисунок 2.1 – Технологічна схема використання геотермальної енергії для теплопостачання збагачувальної фабрики флюсо-доломітного комбінату за допомогою теплового насоса

2.2 Розрахунок параметрів технологічних рішень щодо раціонального використання геотермальної енергії

2.2.1 Вибір теплового насоса

Для вибору типу та потужності теплової машини маємо наступні вихідні дані існуючої системи опалення:

- котельня на твердому паливі, з продуктивністю 1575 Гкал/рік;
- опалювані будівлі загальною площею 7000 м² (17500 м³);
- обсяг вугілля для котельні становить 422 тонни/рік.

Для вибору потужності теплового насоса знайдемо теплопродуктивність котельні в кВт. Для цього скористаємося довідковою літературою [10]:

$$M = \frac{P}{n \cdot 24} \quad (2.1)$$

де P – продуктивність котельні, Гкал/рік; за умовами $P = 1575$ Гкал/рік;
 n – кількість днів опалювального сезону на рік; приймаємо $n = 180$ днів.

$$M = \frac{1575}{180 \cdot 24} = 0,36 \text{ Гкал / год}$$

Оскільки $1 \text{ Гкал/год.} = 1,163 \text{ МВт}$, тоді

$$M = 0,36 \cdot 1,163 = 0,42 \text{ МВт}$$

Таким чином, потужність теплового насоса повинна становити $0,42 \text{ МВт}$, або 420 кВт .

З таблиці характеристик теплових насосів *Screw Mammoth* великої потужності вибираємо тепловий насос із двома модулями *MWH 075CA*, тепловою продуктивністю 280 кВт кожен [11]. Це дозволить мати резерв потужності в 10% , та уникнути аварійних ситуацій у системі теплопостачання.

Характеристика теплового насоса представлена у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристика теплового насоса *Screw Mammoth* з модулями *MWH 075CA*

Показник		Значення
Холодопродуктивність	кВт	263
	10^4 Ккал/годину	22,6
	RT	75
Теплопродуктивність	кВт	280
	10^4 Ккал/годину	23,8
	RT	78
Компресор	Тип	Screw, напівгерметичний
	Регулювання продуктивності, %	25 – 100
	Джерело живлення	3ф – 660 В/50Гц
	Кількість	1
	Споживання в режимі охолодження, кВт	52,3
	Споживання в режимі обігріву, кВт	20

Продовження таблиці 2.1

Компресор	Макс. роб. струм (А)		162
	Пусковий струм		423
Управління	-		Мікропроцесорний контролер
Захист	-		HP/LP, Anti – freez, Overload, Power Sequence
Випарник	Охолодження	t вх./вих. води, °C	12 – 7
		Потік води, м³/год	45
		Падіння тиску, кПа	51
	Обігрів	t входу води, °C	15
		Потік води, м³/год	24,7
		Падіння тиску, кПа	28
	Водяні з'єднання, мм		DN 100
Конденсатор	Охолодження	t вх./вих. води, °C	18 – 29 (min 10)
		Потік води, м³/год	24,7
		Падіння тиску, кПа	28
	Обігрів	t входу води, °C	40 (Max 50)
		Потік води, м³/год	65
		Падіння тиску, кПа	51
	Водяні з'єднання, мм		DN 100
R 22/R407C	-		46
Масло, л	-		15
Розміри	Довжина, мм		3050
	Ширина, мм		900
	Висота, мм		1530
Вага нетто, кг	-		2010
Робоча вага, кг	-		2350

З наведеної таблиці знаходимо потік води, який має пройти через випарник – 65 м³/годину на кожний модуль.

2.2.2 Розрахунок кількості водознижувальних свердловин

Дебіт лінійного ряду водознижувальних свердловин при односторонньому живленні, розраховуємо за формулою Чарного - Абрамова [10]:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot K \cdot M \cdot S}{2,3 \cdot \lg \frac{\sigma}{\pi \cdot r} + \frac{\pi \cdot R}{\sigma}} \quad (2.2)$$

де K – коефіцієнт фільтрації; $K = 2,2$ м/добу;

M – потужність напірного водоносного горизонту; $M = 18$ м;

S – зниження рівня свердловини; $S = 76$ м;

σ – половина відстані між свердловинами; $\sigma = 100$ м;

r – радіус свердловини; $r = 0,05$ м;

R – радіус впливу свердловин, м.

Радіус впливу свердловин розраховується за формулою І. П. Кусакіна:

$$R = 2 \cdot S \sqrt{M \cdot K} \quad (2.3)$$

$$R = 2 \cdot 76 \sqrt{18 \cdot 2,2} = 956 \text{ м}$$

$$Q = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2,2 \cdot 18 \cdot 76}{2,3 \cdot \lg \frac{100}{3,14 \cdot 0,05} + \frac{3,14 \cdot 956}{100}} = 398 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

Таким чином, дебіт лінійного ряду водознижувальних свердловин при односторонньому живленні становить $398 \text{ м}^3/\text{добу}$, або $17 \text{ м}^3/\text{год}$.

Для отримання необхідної енергії потрібна витрата води $130 \text{ м}^3/\text{год}$. На підставі цих даних визначимо необхідну кількість свердловин за формулою:

$$K_c = \frac{Q^n}{Q} \quad (2.4)$$

де K – необхідна кількість свердловин, од;

Q^n – необхідний об'єм води для роботи теплового насоса, $\text{м}^3/\text{год}$.

$$K_c = \frac{130}{17} = 7,7 = 8$$

Отже, необхідна кількість свердловин – 8.

Оскільки за вихідними даними відомо, що довжина кар'єру становить 1600 метрів, то можемо розрахувати відстань між свердловинами за формулою:

$$L_c = \frac{L_{заг}}{K_c} \quad (2.5)$$

де $L_{заг}$ – довжина кар'єру, м.

$$L_c = \frac{1600}{8} = 200 \text{ м}$$

Таким чином, для рівномірного розподілу, свердловин на дні кар'єру необхідно бурити на відстані 200 метрів один від одного.

2.2.3 Вибір насоса для відкачування води зі свердловини

При виборі насосу керуються наступними вихідними даними: продуктивність, що необхідна, тиск та тип розміщення (занурювальний чи поверхневий).

Для наших вихідних даних: продуктивність – 17 м³/година; напір – 75 м; тип – занурювальний для свердловин; найкраще підійде насос ЕЦВ 6-10-80. Його технічні характеристики наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Технічна характеристика ЕЦВ 6-10-80 [12]

Марка насоса	Параметри насоса		Параметри двигуна			Вартість, грн			
	Прод., м ³ /час	Напір, м	Потужність двигуна, кВт	Струм, А	Частота обертів, об/хв	Нові насоси ЕЦВ		Ремонт насосів ЕЦВ	
						Без ПДВ	З ПДВ	Без ПДВ	З ПДВ
ЕЦВ 6-10-80	17	80	6	9,5	3000	2990	3520	1700	2000

Загальний вигляд насоса ЕЦВ 6-10-80 представлено на рис. 2.2.



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд насоса ЕЦВ 6-10-80

2.2.4 Вибір устаткування для буріння свердловин

Для буріння свердловин пропонується використовувати багатофункціональну бурову установку JCDRILL CWD400 виробництва КНР, яка є на підприємстві (рис. 2.3).

Багатофункціональна бурова установка CWD300 на гусеничному ході являє собою ефективну, багатофункціональну повністю гідравлічну бурову установку яка, завдяки більшому моменту поворотного столу, що крутиться, відрізняється високою ефективністю й може використовуватися для буріння водяних свердловин в промисловості та сільському господарстві, для буріння геотермальних свердловин, проведення геологорозвідувальних та інших промислових робіт.

Бурова установка на гусеничному ході CWD300 може використовуватися для буріння всіх видів гірських порід. Так, для буріння у м'яких породах використовується буровий розчин, а буріння міцних гірських порід можливо за рахунок використання занурювального пневмоударника, який у 10 разів підвищує ефективність робіт у порівнянні з традиційним обертальним бурінням.



Рисунок 2.3 – Багатофункціональна бурова установка JCDRILL CWD400 [13]

До переваг багатофункціональної бурової установки JCDRILL CWD400 відносять:

1. Централізована консоль управління підходить для будь-яких маніпуляцій та управління. Швидке витягування та підйом скорочують допоміжний час та підвищують ефективність роботи.

2. Система головного приводу, роздавальна коробка, редуктор, подвійна лебідка, буровий насос, поворотна платформа, бурова вежа, система подачі встановлені на шасі.

3. Гідророторна бурова установка зі спрямованою циркуляцією може бути оснащена буровим насосом BW450, який використовує шлам як промивну рідину і, при наявності відповідного бурового долота, здатен бурити глину, пісок і камінь.

4. Потужність бурової установки забезпечується двигуном Yuchai потужністю 80 кВт, що приводить у дію великий плунжерний насос високого тиску, який характеризується потужною динамічною та стабільною роботою.

5. Головка, що обертається, має дві передачі, швидкість обертання 0-80 та 160 об/хв, безступеневе регулювання, крутний момент 6900 Нм.

6. Тягове зусилля можна регулювати та контролювати, що дозволяє адаптувати верстат для свердління глибоких отворів.

7. На буровій установці є головна лебідка, що забезпечує високу ефективність при бурінні мулових порід.

8. Головний привід бурової установки гідравлічний. Роздавальна коробка та система зчеплення бурового насоса також мають гідравлічний привід.

9. Гідравлічні допоміжні функції прості та ефективні для висування напрямної, повороту стріли, підйому стріли, скидання напрямної.

10. Конкурентоспроможна ціна, низька вартість обслуговування.

Технічні характеристики багатофункціональної бурової установки JCDRILL CWD400 наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики багатофункціональної бурової установки JCDRILL CWD400

Параметри	Показники
1. Загальні параметри	
Глибина свердління	100-1000 м
Максимальний калібр відкритого отвору	140-450 мм
Діаметр свердління	105-450 мм
Діаметр бурової штанги	89/102/114 мм
Тип свердління	DTH & Mud Rotary

Продовження таблиці 2.3

Кут свердління	75-90 градусів
Швидкість обертання	120-250 об/хв.
Підйомна сила	5-25 тонн
Вага	9-20 тонн
Розміри	5800*2210*2850 мм
2. Параметри двигуна	
Тип	Дизельний
Бренд	Yuchai/Cummins
Потужність	80-140 кВт

2.2.5 Розрахунок продуктивності бурового устаткування JCDRILL CWD400

Швидкість буріння свердловини різцевими коронками залежить від міцності порід – межі їхньої міцності на вдавлювання, діаметра свердловини, величини осьового тиску, конструкції коронки та ступеня її затупленості.

Механічна швидкість ріжучого буріння визначається за формулою [14]:

$$U_p = 0,6 \cdot h \cdot m \cdot n \quad (2.6)$$

де h – товщина стружки, що знімається коронкою за одне обертання, м;

m – число зубчиків коронки, см; $m = 3$ см;

n – швидкість обертання коронки, об/хв; відповідно до технічних характеристик бурової установки JCDRILL CWD400 приймаємо $n = 225$ об/хв.

Товщина стружки, що знімається коронкою за одне обертання:

$$h = k_2 \cdot \frac{2 \cdot P}{\sigma_B \cdot D} \quad (2.7)$$

де k_2 – коефіцієнт, що характеризує геометрію коронки та ступінь її затупленості;

P – осьовий тиск на коронку, кг;

σ_B – межа міцності породи на вдавлювання, кг/см²; для вапняку $\sigma_B = 1000$ кг/см²;

D – діаметр коронки, см.

Коефіцієнт, що характеризує геометрію коронки та ступінь її затупленості:

$$k_2 = \frac{\cos \alpha \cdot \cos^2 \mu}{\sin(\alpha + 2\mu)} \quad (2.8)$$

де α – кут загострення леза коронки, град;

μ – кут тертя сталі об породу ($\mu = 15 \div 22$).

$$k_2 = \frac{\cos 80 \cdot \cos^2 20}{\sin(80 + 2 \cdot 20)} = 0,17$$

Підставимо отриманий коефіцієнт у формулу (2.7) та отримаємо:

$$h = 0,17 \cdot \frac{2 \cdot 2550}{1000 \cdot 10} = 0,087 \text{ м}$$

Таким чином, механічна швидкість ріжучого буріння становить:

$$U_p = 0,6 \cdot 0,087 \cdot 10^{-2} \cdot 3 \cdot 225 = 0,35 \text{ м/год}$$

Продуктивність установки багатофункціональної бурової установки JCDRILL CWD400 визначається за формулою:

$$P_{уст} = \frac{T - T_n}{\frac{60}{U_p} + t_B} \quad (2.9)$$

де T – тривалість зміни, хв; $T = 11,5 \text{ год} = 690 \text{ хв}$;

T_n – час на попередньо-допоміжні операції протягом зміни, хв; для розрахунків приймаємо $T_n = 45 \text{ хв}$;

t_B – витрати часу на допоміжні операції, віднесені до 1 метру буріння, хв. Зазвичай t_B визначається як 50-80% від часу буріння одного метра свердловини.

Знайдемо час буріння одного метра свердловини:

$$t_1 = \frac{1}{U_p} \quad (2.10)$$

$$t_1 = \frac{1}{0,35} = 2,86 \text{ годин}$$

Візьмемо 50% від часу буріння свердловини, тоді витрати часу на допоміжні операції, віднесені до 1 метру буріння визначимо за формулою:

$$t_B = 0,5 \cdot t_1 \quad (2.11)$$

$$t_B = 0,5 \cdot 2,86 = 1,43 \text{ год}$$

Тоді продуктивність установки багатофункціональної бурової установки JCDRILL CWD400 становить:

$$P_{уст} = \frac{690 - 45}{\frac{60}{0,35} + 1,43} = 3,73 \text{ м / год}$$

Визначимо необхідну кількість змін для буріння 8 свердловин за формулою:

$$n_{уст} = \frac{T \cdot 8}{P_{уст}} \quad (2.12)$$

$$n_{уст} = \frac{11,5 \cdot 8}{3,73} = 25 \text{ змін}$$

Таким чином, для буріння 8 свердловин багатофункціональною буровою установкою JCDRILL CWD400 необхідно витратити 25 змін.

2.2.6 Обсадка свердловин

Після буріння свердловин необхідно провести їх укомплектування обсадними трубами. Обсадна труба це трубчата конструкція яка споруджується з ПВХ, металевих чи бетонних матеріалів і служить для підтримання рихлих ґрунтових матеріалів та запобігання обсипання свердловин. Окрім цього, обсадні колони запобігають потраплянню ґрунтових вод у середину свердловини.

Вибір матеріалу, з якого буде створюватися обсадна колона, залежить від хімічного складу ґрунтових вод та геологічних умов. Правильно підібраний

матеріал та спосіб з'єднання обсадних труб впливає на термін служби свердловини [15].

Простір між обсадною трубою та породами, що вміщують, обов'язково заповнюють цементною речовиною. Це речовина не лише фіксує обсадну конструкцію у ґрунті, а й може сприяти підвищенню коефіцієнту теплопередачі від масиву до свердловинного колектора.

Конструкція обсадної колони представлена на рисунку 2.4.

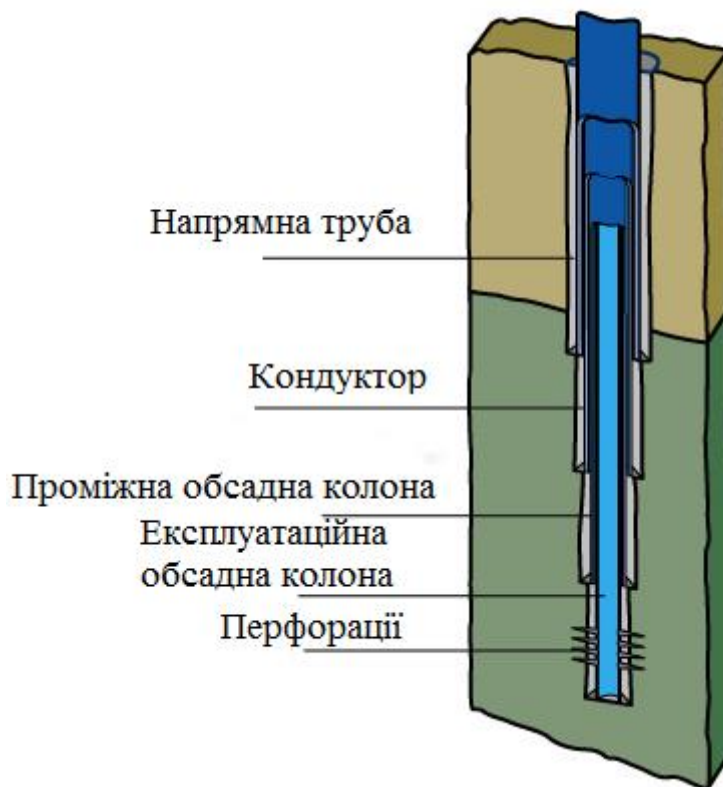


Рисунок 2.4 – Конструкція обсадної колони

У цій роботі передбачається виготовлення 8 водознижувальних свердловин діаметром 100 мм кожна з обсадкою суцільною трубою та перфорованим накінецьником довжиною 5 метрів. Це робиться для того, щоб забезпечити необхідний дебіт свердловин.

Для спорудження обсадної колони використовують обсадні труби довжиною 10-12 метрів, які з'єднують між собою за допомогою муфт. Завдяки з'єднанню обсадних труб можна отримати обсадну колону необхідної довжини.

На кінці кожної обсадної труби є зовнішнє різьблення з кришкою, яке захищає з'єднання до моменту вкручування. Муфта, яка з'єднує між собою обсадні труби, являє собою коротку циліндричну сталеву трубу з внутрішнім різьбленням, діаметр якої трохи більше ніж діаметр обсадних труб. Для забезпечення герметичності використовують герметик чи вазелін, який наноситься на обидва кінці труб. З'єднання обсадної труби представлено на рисунку 2.5.

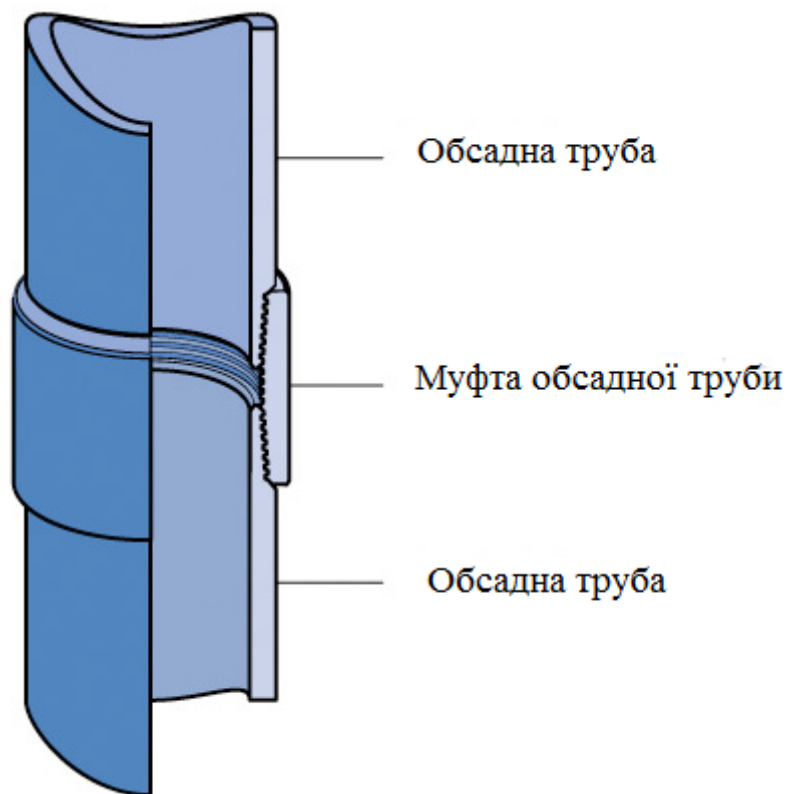


Рисунок 2.5 – З'єднання обсадної труби

Труби вставляються, з'єднуючи по одній секції попередньо вставлену секцію. Закруглена ділянка труби з відкритим отвором на кінці, напрямний черевик підключений до першої секції обсадної колони, щоб спрямовувати трубу у свердловину. Крім того, за межами труб є пружинні центратори, які позиціонують обсадну колону в центрі свердловини.

Після запуску обсадних труб до цементування свердловини, бурове долото вставляється в свердловину за допомогою бурильної колони, через неї

закачується буровий розчин і потім циркулюється протягом певної кількості часу для видалення залишків шламу зі свердловини.

Для обсадки свердловини у дипломній роботі пропонується використовувати обсадну, різьбову трубу європейської якості, сертифіковану, яка виготовлена з НПВХ. Діаметр труби 90 мм, колір синій, довжина однієї труби 3 м, товщина стінки 4,2 мм, глибина монтажу до 100 м. А також пропонується використання перфорованої труби довжиною 3м.

Таким чином, можемо розрахувати необхідну кількість секцій для однієї свердловини:

$$n_{сек} = \frac{H_c}{H_m} \quad (2.13)$$

де H_c – довжина свердловини, м;

H_m – довжина обсадної труби, м; $H_m = 3$ м.

$$n_{сек} = \frac{70}{3} = 23,3 = 24 од.$$

Таким чином, для спорудження обсадної колони однієї свердловини необхідно 24 секції обсадних труб. Для спорудження обсадної колони 8 свердловин, необхідно 192 секції обсадних труб.

2.2.7 Тампонування свердловин

Після спорудження обсадної колони переходять до наступного етапу – тампонування свердловин. Тампонування – комплекс технічних робіт для заповнення тріщин поблизу свердловин, що утворились в результаті буріння в гірничому масиві, а також для ізолювання окремих частин свердловин.

Тампонування використовують з метою:

- зниження ризику неконтрольованого викиду пластових флюїдів у середину свердловини протягом усього її життєвого циклу;
- розмежування водоносних горизонтів;

- запобігання обвалам свердловини та розмиванню порід у просторі за обсадними трубами;
- зменшення безпосереднього контакту обсадної колони з ґрунтовими водами, які, за своїм хімічним складом, можуть бути агресивними;
- ліквідації та консервації свердловин, які з часом стали непридатними до експлуатації.

За терміном функціонування розрізнять [16]:

- тимчасовий тампонаж – споруджується з нестійкого матеріалу, наприклад, розчину глини та піску, на незначний термін, для ізоляції водоносних горизонтів у період проведення робіт з випробування свердловин;
- постійний тампонаж – споруджується зі стійких матеріалів, наприклад, з цементного розчину, на весь термін експлуатації свердловин.

Для тривалої роботи геотермальних свердловин у дипломній роботі пропонується спорудження постійного тампонажу на основі цементного розчину.

За механізмом дії виділяють наступні види тампонів:

- механічні;
- гідравлічні,
- пневматичні.

Принцип дії тампонів заснований на розширенні гумової манжети (тампона) та зменшення простору між стінками свердловини та обсадними трубами, на яку опускається тампон.

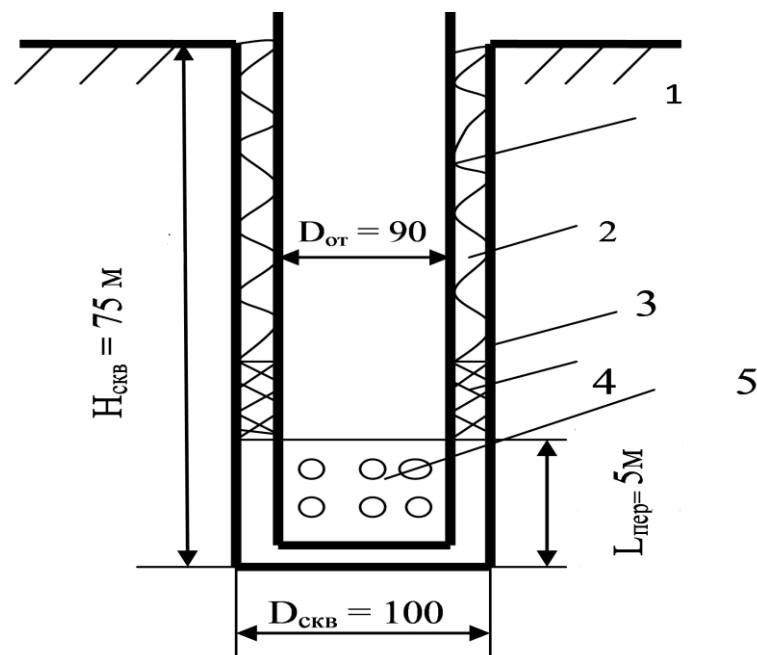
Гумовий спрощений тампон споруджується з двох труб, які з'єднуються між собою патрубком, на зовнішній стороні якого укріплена гумова манжета. При обертанні з поверхні колони труб праворуч патрубок загвинчується в муфту труби та манжет-розширювач ущільнює проміжок між стінками свердловини. Одинарний пневматичний (гідравлічний) тампон приводиться у дію стисненим повітрям чи водою. При нагнітанні стисненого повітря або води гумова камера роздувається і щільно прилягає до стін труби та свердловини, тим самим розділяючи її на ділянки.

Із-за дешевизни та практичності, у роботі пропонується застосування механічного гумового спрощеного тампону.

Тампонажні розчини зазвичай виготовляються на основі в'язучої речовини, в якості якої може бути цемент або гіпс. Тампонування з розчинами на основі цементу часто називають цементуванням свердловини.

Для тампонування свердловин пропонується використовувати тампонажний цементний розчин, оскільки він є високонадійним та недорогим.

Схема запропонованого способу тампонування свердловин наведена на рисунку 2.6.



1 – стінка обсадної труби, 2 – цементний тампонажний розчин, 3 – стінка свердловини, 4 – перфорована ділянка свердловини, 5 – гірничі породи, що вміщують свердловину

Рисунок 2.6 – Схема запропонованого способу тампонування свердловин

Щільність сухого цементного порошку без добавок знаходиться в межах 3000-3200 кг/м³.

Технологічні параметри цементних розчинів такі:

- водоцементне відношення В/Ц 04 -06;
- щільність розчину від 1700 до 1950 кг/м³;
- розтікання $T = 17 - 25$ см;
- початок схоплювання 0,5 - 8 год, кінець схоплювання 3,5-16 год.

Для регулювання параметрів розчинів тампонажних використовуються різні добавки.

Добавки – наповнювачі впливають на плинність тампонажних розчинів, термін їх висихання та властивості тампонажного каменю.

Розрахуємо об'єм необхідного тампонажного розчину як різницю об'єму свердловини та об'єму обсадної труби за формулою:

$$V_{роз} = V_{св} - V_{тр} \quad (2.14)$$

де $V_{св}$ – об'єм свердловини, м³;

$V_{тр}$ – об'єм, який займає обсадна труба, м³.

Об'єм свердловини знаходимо за формулою:

$$V_{св} = \pi \cdot r_{св}^2 \cdot H \quad (2.15)$$

де $r_{св}^2$ – радіус свердловини, м²;

H – довжина свердловини без урахування перфорованої ділянки, м.

$$V_{св} = 3,14 \cdot 0,05^2 \cdot 70 = 0,55 \text{ м}^3$$

Об'єм, який займає обсадна труба, знаходимо за формулою:

$$V_{тр} = \pi \cdot r_{тр}^2 \cdot H \quad (2.16)$$

де $r_{тр}^2$ – радіус обсадної труби, м².

$$V_{тр} = 3,14 \cdot 0,045^2 \cdot 70 = 0,44 \text{ м}^3$$

Підставимо знайдені значення у формулах (2.15) та (2.16) у формулу (2.14) та отримаємо:

$$V_{роз} = 0,55 - 0,44 = 0,11 \text{ м}^3$$

Таким чином, визначено, що для тампонування однієї свердловини необхідно використати $0,11 \text{ м}^3$ цементного розчину, а для тампонування 8 свердловин – $0,88 \text{ м}^3$.

2.3 Оцінка ефективності прийнятих рішень

Негативний фактор, що супроводжує виробничу діяльність кар'єру, є приплив ґрунтових вод у кількості $1600 \text{ м}^3/\text{год}$. Вода перекачується по двох паралельних трубопроводах діаметрами 500 мм та 400 мм до позначки +139 м. Довжина кожного трубопроводу 610 м. Скидання води проводиться в річку Суха Волноваха. Наявність такої кількості води може бути джерелом низькопотенційної енергії. У зв'язку з цим значний інтерес становить інноваційна технологія, яка заснована на використанні так званих теплових насосів.

Опалення виробничих приміщень проводиться котельнею на твердому паливі, з витратою вугілля 422 тонни на рік, що є проблемою екологічного плану.

Проектом передбачається таке:

- виготовлення лінійно розташованих дренажних свердловин;
- встановлення систем забору води зі свердловин;
- монтаж теплового насоса;
- підключення діючої системи опалення збагачувальної фабрики (ЗФ-1).

Технологічна схема роботи опалення за допомогою теплового насоса представлена на рисунку 2.7.

За допомогою установки багатофункціональної бурової установки JCDRILL CWD400 буряться 8 водознижуючих свердловин глибиною 75 м та діаметром 100 мм кожна з обсадкою суцільною трубою та перфорованим наконечником довжиною 5 метрів. Це робиться для того, щоб забезпечити необхідний дебіт свердловин.

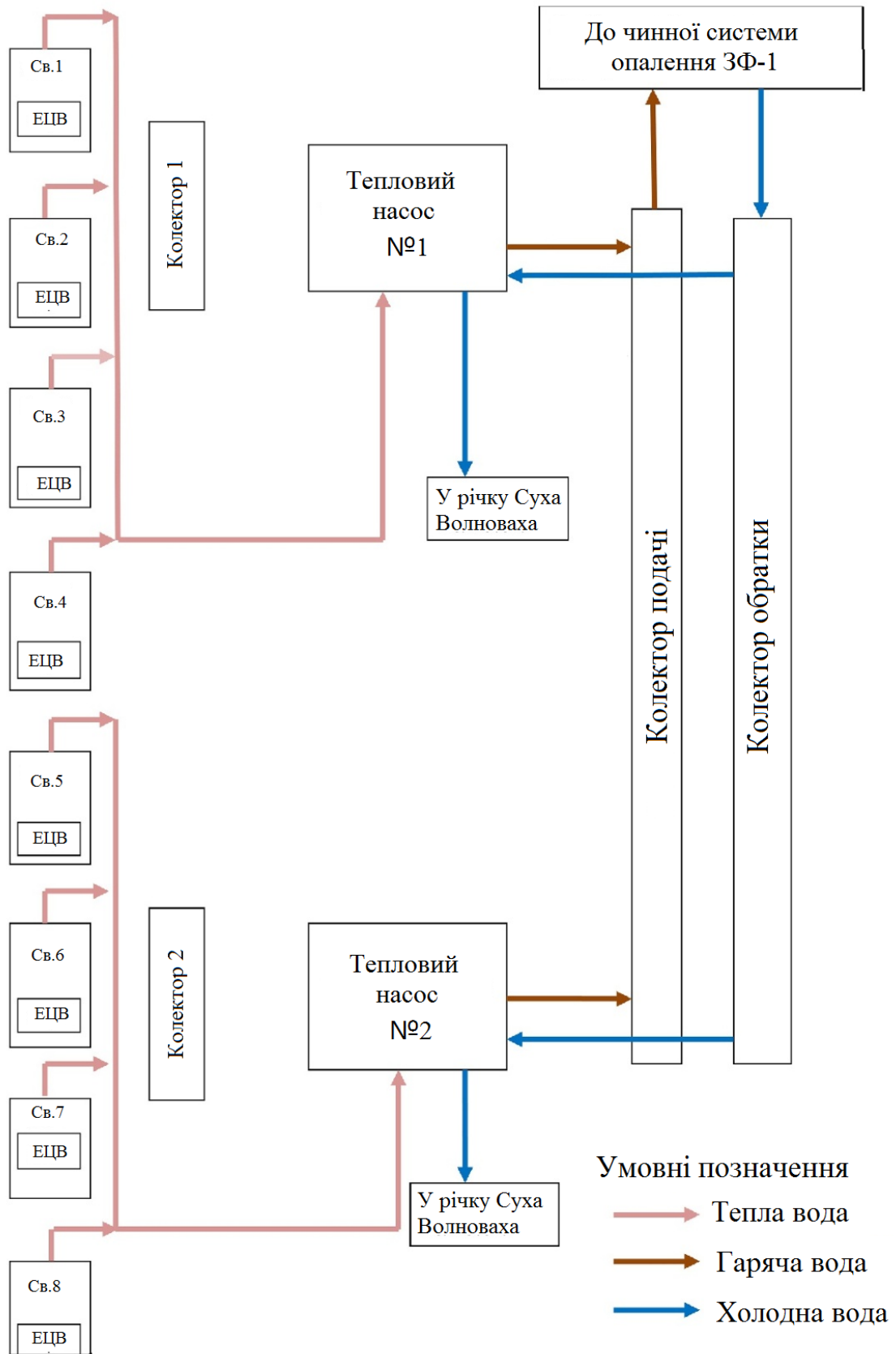


Рисунок 2.7 – Схема системи теплопостачання на флюсо-доломітному комбінаті з використанням геотермальної енергії

Обсадні труби виготовляються секціями довжиною близько 10-12 метрів та з'єднуються разом за допомогою муфт для того, щоб зібрати разом колону більшої довжини. Необхідно 24 секції обсадної труби на одну свердловину або 192 секції на 8 свердловин. Потім проводять їхній тампонаж розчином на основі цементу. Необхідна кількість цементного розчину на одну свердловину – $0,11 \text{ м}^3$, для 8 свердловин – $0,88 \text{ м}^3$.

Після цього проводиться установка систем забору води зі свердловин за допомогою занурювального насоса ЕЦВ 6-10-80 та монтаж теплового насоса фірми *Screw Mammoth* з двома модулями *MWH 075CA*, тепловою продуктивністю 280 кВт кожен.

У результаті відбору тепла ґрунтових вод, внутрішній контур теплового насоса перетворює його на подачі в опалювальному контурі на температуру 55-65°C за допомогою робочого тіла (холодоагенту). Використаний холодоагент (холодна вода) скидається у річку Суха Волноваха. Гаряча вода надходить у діючу систему опалення збагачувальної фабрики (ЗФ-1).

В результаті впровадження проєкту буде досягнуто значного еколого-економічного ефекту за рахунок:

1. Зменшення навантаження на насосні агрегати за рахунок експлуатації дренажних свердловин.
2. Поліпшення умов праці робітників кар'єра.
3. Зменшення кількості шкідливих викидів в атмосферу за рахунок відмови від використання вугілля;
4. Відсутність екологічних платежів за викиди шкідливих речовин котельні на вугіллі флюсо-доломітного комбінату;
5. Зменшення витрат на придбання енергоресурсів підприємством.

З ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ ЩОДО РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ФЛЮСО-ДОЛОМІТНОМУ КОМБІНАТІ

3.1 Визначення капітальних витрат на устаткування

У процесі організації переведення котельні з вугілля на тепловий насос варто розраховувати необхідну суму капітальних витрат на обладнання та її подальшу експлуатацію. Капітальні витрати на необхідне обладнання наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Капітальні витрати на необхідне обладнання

№	Найменування	Ціна за одиницю, грн	Кількість, од.	Загальна сума, тис. грн
1	Тепловий насос Screw Mammoth	255000	2	510,000
2	Занурювальний насос ЕЦВ 6-10-80	2990	8	23,920
Всього		-	-	533,920

Також в процесі організації станції необхідно розрахувати суму капітальних витрат на будівельно-налагоджувальні роботи. Результати наведено у таблиці 3.2.

Загальні капітальні витрати без ПДВ розраховуємо за формулою:

$$Z = Z_o + Z_b \quad (3.1)$$

де Z_o – витрати на обладнання котельні, тис. грн.;

Z_b – витрати на будівельно-монтажні роботи, тис. грн.

$$Z = 533,920 + 626,7 = 1160,62 \text{ тис.грн}$$

Таким чином, було розраховано суму інвестицій для переведення систему опалення з вугілля на тепловий насос.

Таблиця 3.2 – Капітальні витрати на проведення будівельно-налагоджувальних робіт

№	Найменування виду робіт	Вартість, тис. грн
1	Монтаж та налаштування теплового насоса	30,000
2	Монтаж та підключення занурювальних насосів	5,000
3	Буріння восьми свердловин	571,200
4	Налаштування мереж електропостачання	5,0
Разом		626,7

Розрахуємо поточні витрати, що будуть виникати у процесі експлуатації котельної кар'єру.

Розрахуємо витрати на електроенергію при планованій експлуатації підприємства відповідно до встановленого графіка роботи та обладнання.

Витрати електроенергії розраховуємо за формулою:

$$P_{el} = Q_{el} \cdot ЧР \cdot K_{pd} \cdot TC \quad (3.2)$$

де Q_{el} – обсяг електроенергії, кВт/рік;

$ЧР$ – час роботи обладнання, год./раб. день;

K_{pd} – кількість робочих днів на рік, день;

TC – тарифна ставка за 1 кВт для юридичних осіб (приймаю рівним 2,50 грн, згідно з діючими тарифами)

$$P_{el} = 188 \cdot 24 \cdot 180 \cdot 2,5 = 2030400 \text{ грн / рік}$$

3.2. Розрахунок амортизації на обладнання

Амортизаційні нарахування розрахуємо прямолінійним способом з урахуванням терміну корисного використання (експлуатації) об'єкта.

Амортизаційні нарахування розраховуються за формулою:

$$A = \frac{B_{об}}{T_{експ}} \quad (3.3)$$

де $B_{об}$ – вартість обладнання, грн.

$T_{\text{експ}}$ – термін корисного використання (експлуатації) обладнання, років.

Розрахунки амортизації на обладнання занесемо до табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Амортизаційні нарахування

№	Назва	Термін експлуатації, років	Вартість обладнання, тис. грн	Амортизація, тис. грн
1	Тепловий насос Screw Mammoth	20	255,00	12,75
2	Занурювальний насос ЕЦВ 6-10-80	15	2,990	0,19
3	Свердловина	50	71,4	1,428
Разом				14,368

3.3 Визначення кількості персоналу необхідного для робіт на котельні

Відповідно до виробничої необхідності для роботи на даному об'єкті буде залучено 3 особи, а саме:

- інженер-механік;
- інженер електрик;
- слюсар.

Для роботи модернізованої котельні нових робочих місць не потрібно, оскільки, котельня вже має відповідний персонал, тому додаткових витрат на оплату їхньої праці не передбачено.

3.4 Розрахунок еколого-економічного ефекту від переведення котельні з твердого палива на роботу з тепловим насосом

Порівнюючи величини викидів в атмосферу котельними, що працюють на вугіллі та геотермальній енергії, приходимо до результатів, які наведемо у таблиці 3.2.

Таблиця 3.4 – Порівняльна характеристика котелень

Найменування шкідливої речовини	Викиди, т/рік		Різниця в обсягах викидів, т/рік (+,-)	Н _{зб} Норматив збору, грн/т
	котельня та твердому паливі	котельня на геотермальній енергії		
Окис вуглецю	92,9123	-	-92,9123	96,99
Окис азоту	90,36	-	-90,36	2574,43
Двоокис азоту	5,76147	-	-5,76147	2574,43
Сірчистий ангідрид	187,20468	-	-187,2047	2574,43
Пил неорганічний	4,5506	-	-4,5506	96,99

де $H_{зб}$ – норматив плати за викиди однієї тонни забруднюючої речовини, грн/тонну, згідно з Податковим кодексом станом на 01.05.2022 рік.

Розрахуємо екологічні збитки, які запобігають унаслідок переведення котельні на інший вид палива:

$$П = \sum_i (M_{1i} - M_{2i}) \cdot H_{зб_i}, \quad (3.4)$$

де M_i – обсяг викидів i -тої кількості забруднюючої речовини під час роботи котельної на вугіллі (M_{1i}) і геотермальної енергії (M_{2i}), т/рік;

$H_{зб}$ – норматив плати за викиди за 1 т забруднюючої речовини, грн/т. (Податковий кодекс України розділ XIII, 2022р.)

$$П = (92,9123 \cdot 96,99) + (90,36 \cdot 2574,43) + (5,76147 \cdot 2574,43) + (187,20468 \cdot 2574,43) + (4,5506 \cdot 96,99) = 730806,1 \text{ грн / рік}$$

На виробничі потреби для котельні кар'єр витрачає певний обсяг вугілля на рік. Якщо цей обсяг вугілля, замість використання на власні потреби, буде продано стороннім споживачам, то можна отримати додатковий дохід.

Суму додаткового доходу розраховуємо за формулою:

$$\Delta Д = Q_{вуг} \cdot B_{вуг} \quad (3.5)$$

де $Q_{вуг}$ – обсяг вугілля, який можна додатково продати, т/рік;

$B_{вуг}$ – ціна реалізації 1 тонни вугілля, грн./т, $B_{вуг} = 3000$ грн.

За вихідними даними відомо, що кар'єр витрачає 422 тонни вугілля на рік. Вартість однієї тонни вугілля приймемо рівною 3000 грн за тонну. Виходячи з вищесказаного, додатковий дохід становитиме:

$$\Delta D = 422 \cdot 3000 = 1266000 \text{ грн} / \text{рік}$$

Розрахуємо загальний еколого-економічний ефект за формулою:

$$E = \Pi + \Delta D \quad (3.6)$$

$$E = 730,8 + 1266,0 = 1996,8 \text{ тис.грн} / \text{рік}$$

Термін окупності проекту розрахуємо за формулою:

$$T_{ок} = \frac{K_{инв}}{E} \quad (3.7)$$

де $K_{инв}$ – капітальні інвестиції, які необхідні для впровадження проекту, грн.

Капітальні інвестиції визначаються за формулою:

$$K_{инв} = 3 + \sum TEB - A \quad (3.8)$$

де ТЕВ – поточні експлуатаційні витрати, тис. грн/рік

А – амортизаційні нарахування, тис. грн/рік

$$K_{инв} = 1160,62 + (2030,4 - 10,46) = 3180,56 \text{ тис.грн} / \text{рік}$$

Термін окупності проекту становитиме:

$$T_{ок} = \frac{3180,56}{1996,8} = 1,59 \text{ року}$$

Таким чином, враховуючи, що термін окупності проекту становить 1,59 року, то можемо зробити висновок, що з еколого-економічної точки проект є дуже вигідним.

ВИСНОВКИ

Відповідно до поставленого завдання в роботі прийнято рішення щодо забезпечення комплексного природокористування на флюсо-доломітному комбінаті шляхом раціонального використання геотермальної енергії. Основні результати роботи полягають у такому:

1. Виконано аналіз стану використання ресурсної бази на Донбасі при видобуванні корисних копалин у відкритий спосіб. Вказано особливості використання геотермальної енергії за допомогою теплових насосів.

2. Відповідно до визначених пріоритетних напрямків діяльності флюсо-доломітного комбінату на основі комплексного використання надр необхідно забезпечити розробку та впровадження нових технологій щодо розширення використання геотермальної енергії на технологічні потреби.

3. Обґрунтовано вибір технологічних рішень щодо раціонального використання геотермальної енергії. Запропоновано впровадження системи тепlopостачання з використанням геотермальної енергії за допомогою теплових насосів. Для їх роботи використовуватиметься низькопотенційне тепло ґрунтових вод, приплив яких у кар'єр є негативним фактором. Забір ґрунтової води з лінійно розташованих свердловин уздовж борту кар'єру дасть зниження обсягу припливу води в кар'єр на 130 м³/годину.

4. На підставі технологічних розрахунків зроблено вибір насоса фірми Screw Mammoth із двома модулями MWH 075CA, тепловою продуктивністю 280 кВт кожен. Це дозволить мати резерв потужності в 10% і уникнути аварійних ситуацій у системі тепlopостачання. Для отримання необхідної енергії потрібна витрата води 130 м³/год. На підставі цих даних визначено необхідну кількість свердловин – 8, які будуть пробурені на відстані 200 м один від одного. Відкачування води зі свердловин буде здійснюватися занурювальним насосом ЕЦВ 6-10-80.

5. Загальні капітальні витрати на впровадження проєкту становлять 1 млн 621 тис. грн. При переведенні опалення з вугілля на геотермальну енергію буде отримано еколого – економічний ефект у розмірі 1 млн 996 тис. грн.

6. У результаті реалізації запропонованих рішень буде отримано екологічний ефект, який полягає у зменшенні шкідливих викидів в атмосферу (290,36 тонн/рік) та покращенні стану навколишнього середовища.

7. Впровадження запропонованих рішень дозволить отримати соціальний ефект, який полягає у покращенні умов праці за рахунок зменшення водопритоку в кар'єр та покращення здоров'я населення.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Shahveran E., Yousefi H., Shahsavari A. The forecasting share of geothermal energy from the world energy basket in 2030. Iranian Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers. 2019. 6(1). pp. 84 – 90.
2. Díez R. Díaz-Aguado M. Estimating Limits for the Geothermal Energy Potential of Abandoned Underground Coal Mines: A Simple Methodology. Energies. 2014. 7(7). pp. 4241 – 4260.
3. Javier M., Jorge L. Low-enthalpy Geothermal Energy Potential of Mine Water from Closed Underground Coal Mines in Northern Spain. E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 103. p. 02007.
4. Darabos B., Hőszivattyú M. Bio-Solar-Haz. 2008.
5. Gresz T., Faragó D., Bencs P. Heat pumps in the future. MATEC Web of Conferences. 2021. Vol. 345. p. 00004.
6. Komlós F., Fodor Z., Kapros Z., Vaszil L. Hőszivattyúzás. Csináljuk Jól. Energiahatékonysági Sorozat. 2007.
7. Geothermal Heat Pumps <https://www.wbdg.org/resources/geothermal-heat-pumps#:~:text=Geothermal%20heat%20pumps%20use%2025,temperature%20of%20the%20outside%20air.> (Дата звернення 01.05.2022). – Назва з екрана.
8. Eicker, U. (2014) Energy Efficient Buildings with Solar and Geothermal Resources. Chichester, Wiley
9. Принцип работы теплового насоса <https://www.pea.ru/docs/equipment/heating/teplovye-nasosy/princip-raboty-teplovogo-nasosa/> (Дата звернення 03.05.2022). – Назва з екрана.
10. Чумак И.Г., Никульшин Д.Г.. Холодильные установки проектирование. – К.; Выща школа, 1988.
11. Характеристика тепловых насосов <https://alterteplo.ru/product/promyshlennye-teplovye-nasosy/mammoth-mwh-o75ca/>. (Дата звернення 03.05.2022). – Назва з екрана.

12. Насоси ЕЦВ https://www.kron-pump.ru/production/nasosy-dlya-vodo-snabzheniya/ecv/?PAGEN_1=6. (Дата звернення 06.05.2022). – Назва з екрана.
13. Water Well Drilling Rig <https://www.rockdrillingrig.com/quality-12819444-300m-water-well-drilling-rig>. (Дата звернення 06.05.2022). – Назва з екрана.
14. Ильенко С.М., Атамась П.А. Технология; механизация и организация открытых горных работ. Киев – Донецк: Вища школа, Головное изд-во, 1979.– 224 с.
15. Hagen Hole. Geothermal well design – casing and wellhead. Petroleum Engineering Summer School Hole. Н М Dubrovnik, Croatia. Workshop #26 June 9 – 13, 08
16. Тампонаж свердловини <https://wellbore.ru/poleznaja-informacija/tamponazh-skvazhiny/>. (Дата звернення 10.05.2022). – Назва з екрана.
17. Пилипець В.И. Бурение скважин и добыча полезных ископаемых: Том 1. Учебник для вузов. – Донецк, ООО «Типография «Новый мир» 2010. – 760 с.
18. Правила охорони праці під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом. Наказ № 61, від 18.03.2010 року.