

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра водогосподарської інженерії

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри водогосподарської інженерії

к.с.-г.н., доц. _____ А.В. Ткачук
„_____” _____ червня _____ 2026 р.

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи

освітнього ступеня «бакалавр»

на тему: Обґрунтування технологічних рішень улаштування розвідувально-експлуатаційної свердловини на воду в м. Дніпро

Виконав: студент 3 курсу, групи ГТБс–1-23
спеціальності – 194 «Гідротехнічне будівництво,
водна інженерія та водні технології»

Кишак М.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник доц. Ткачук А.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Дніпро – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 Дніпровський державний аграрно-економічний університет
 Факультет водогосподарської інженерії та екології
 Кафедра водогосподарської інженерії
 Спеціальність 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія
 та водні технології»
 Освітньо-професійна програма «Водна інженерія та водні технології»
 Освітній ступінь «бакалавр»

ЗАТВЕРДЖУЮ :
Завідувач кафедри
водогосподарської інженерії
 к.с.-г.н., доц. Ткачук А.В.
 « _____ » _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу здобувачу

Кишаку Михайлу Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проекту Обґрунтування технологічних рішень улаштування розвідувально-експлуатаційної свердловини на воду в м. Дніпро

керівник проекту к.с.-г.н., доцент Ткачук Андрій Васильович,
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «24» квітня 2026 р. № 815

1. Строк подання студентом проекту 12 червня 2026 року
2. Вихідні дані: *план ділянки зрошення, сівозмінна, природно-кліматичні умови; хімічний склад поливної води .*
3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *природно-кліматичні умови; обґрунтування проєктних рішень водозабірної свердловини; розрахунок водоприймальної частини свердловини; проєктна конструкція та буріння свердловини; технологія буріння; обладнання свердловини; зони санітарної охорони; кошторисна вартість.*
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) *план ділянки; Геолого-технічний розріз свердловини та її конструкція, Гідромеханічне обладнання свердловини, колодязь свердловини, Зони санітарної охорони.*

5. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	1. ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ	30.04.2026	
2	2. ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ ВОДОЗАБІРНОЇ СВЕРДЛОВИНИ	30.04.2026	
3	3. РОЗРАХУНОК ВОДОПРИЙМАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ СВЕРДЛОВИНИ	01.05.2026	
4	4. ПРОЕКТНА КОНСТРУКЦІЯ ТА БУРІННЯ СВЕРДЛОВИНИ	07.05.2026	
5	5. ТЕХНОЛОГІЯ БУРІННЯ	15.05.2026	
6	6. ОБЛАДНАННЯ СВЕРДЛОВИНИ	22.05.2026	
7	7. ЗОНИ САНІТАРНОЇ ОХОРОНИ	29.05.2026	
8	8. КОШТОРИСНА ВАРТІСТЬ	05.06.2026	
9	Вступ, Висновки, оформлення роботи	12.06.2026	
10	Подача на перевірку	16.06.2026	

Здобувач _____

М.М. Кишак
(підпис)

Керівник проекту _____

А.В.Ткачук
(підпис)

РЕФЕРАТ

Обсяг: 89 сторінок, 17 рисунків, 8 таблиць, 30 джерел, 1 додаток.

Ключові слова: водозабірна свердловина, підземні води, тріщинуваті породи, безфільтрова свердловина, буріння, цементация, водопостачання, санітарна охорона.

Об'єктом дослідження є водозабірна свердловина як інженерна споруда децентралізованої системи господарсько-питного водопостачання.

Предметом дослідження є технологічні та інженерні рішення конструкції і будівництва експлуатації водозабірної свердловини.

Мета роботи – обґрунтування проєктних рішень щодо будівництва розвідувально-експлуатаційної водозабірної свердловини глибиною 133 м у тріщинуватих породах із забезпеченням надійного та якісного водопостачання.

Для досягнення поставленої мети було визначено такі завдання: проаналізувати гідрогеологічні умови району будівництва; дослідити особливості формування та залягання підземних вод у тріщинуватих породах; обґрунтувати вибір типу та конструкції свердловини; розробити технологію буріння з використанням промивки слабким глиняним розчином; визначити параметри обсадних колон і виконати розрахунок позатрубної цементации; здійснити підбір водопідіймального обладнання; проєктувати наземне облаштування свердловини; розрахувати зони санітарної охорони водозабору; проаналізувати заходи з охорони праці та безпеки під час бурових робіт; виконати техніко-економічне обґрунтування проєкту.

Методологічна основа дослідження ґрунтується на використанні методів гідрогеологічного аналізу, інженерних розрахунків, порівняльного аналізу технічних рішень, а також нормативних підходів до проєктування водозабірних споруд.

У роботі обґрунтовано застосування безфільтрової конструкції свердловини в умовах тріщинуватих порід, що забезпечує ефективне надходження води до

стовбура свердловини. Передбачено виконання позатрубної цементації для герметизації затрубного простору та запобігання перетокам вод між горизонтами. Технологія буріння із застосуванням слабкого глиняного розчину дозволяє забезпечити стійкість стінок свердловини та якість виконання робіт.

Виконано підбір насосного обладнання – занурювального насоса 4SR1.5m/17 фірми «Pedrollo» з потужністю електродвигуна 0,75 кВт, який забезпечує продуктивність до 1,0 м³/год. Запроектовано оголовок свердловини та захисний колодезь. Розраховано зони санітарної охорони водозабору з виділенням відповідних поясів.

Наукова новизна та отримані результати полягають у комплексному обґрунтуванні конструкції безфільтрової свердловини для умов тріщинуватих порід, удосконаленні підходів до вибору технології буріння та забезпеченні надійного захисту підземних вод від забруднення.

Практичне значення роботи полягає в можливості використання запропонованих технічних рішень при проектуванні та будівництві водозабірних свердловин у складних гідрогеологічних умовах. Реалізація проекту забезпечить стабільне водопостачання та раціональне використання підземних водних ресурсів.

Загальна кошторисна вартість будівництва свердловини становить 1751,246 тис. грн, що свідчить про економічну доцільність реалізації проекту.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	8
1. ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ	10
1.1 Географічне розташування та стислий опис об'єкта	10
1.2 Інженерно-геологічні умови	11
1.3 Клімат	15
2. ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ ВОДОЗАБІРНОЇ СВЕРДЛОВИНИ	19
2.1 Обґрунтування місця розташування та експлуатаційного водоносного горизонту свердловини	19
2.2 Вибір і розробка конструкції водоприймальної частини свердловини	21
3 РОЗРАХУНОК ВОДОПРИЙМАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ СВЕРДЛОВИНИ	23
3.1 Вибір діаметра і довжини водоприймальної частини свердловини	23
3.2 Розрахунок зниження рівня води в свердловині	26
4. ПРОЄКТНА КОНСТРУКЦІЯ ТА БУРІННЯ СВЕРДЛОВИНИ	29
4.1 Проектування конструкції свердловини	29
4.2 Бурове обладнання та інструмент	34
4.3 Цементування свердловини	36
5. ТЕХНОЛОГІЯ БУРІННЯ	44
5.1 Забурювання свердловини	44
5.2 Режим буріння	44
5.3 Очищення свердловини від шламу та уламків порід при бурінні	47
6. ОБЛАДНАННЯ СВЕРДЛОВИНИ	51
6.1 Підбір насосного обладнання свердловини	51
6.2 Колодязь свердловини	54

	Стор.
6.3 Електротехнічне обладнання свердловини	59
7. ЗОНИ САНІТАРНОЇ ОХОРОНИ	63
7.1 Санітарно-топографічна характеристика території зони санітарної охорони	64
7.2 Зона санітарної охорони суворого режиму	65
7.3 Зона санітарної охорони другого поясу	65
7.4 Зона санітарної охорони третього поясу	68
7.5 Санітарно-оздоровчі заходи, що повинні проводитися в зонах санітарної охорони свердловини	71
8. КОШТОРИСНА ВАРТІСТЬ	73
ВИСНОВКИ	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	78

ВСТУП

Забезпечення населення якісною питною водою є однією з ключових проблем сучасного розвитку міст України, зокрема великих промислових центрів. Місто Дніпро характеризується значним техногенним навантаженням на довкілля, що негативно впливає на стан поверхневих водних джерел. У таких умовах особливого значення набуває використання підземних вод як більш захищеного та стабільного джерела водопостачання [1].

Особливої актуальності проблема надійного водопостачання набула в умовах російсько-українська війна, яка суттєво вплинула на функціонування критичної інфраструктури держави. Внаслідок бойових дій, ракетних ударів та пошкодження інженерних мереж підвищується ризик перебоїв у централізованому водопостачанні, що створює загрозу для життєдіяльності населення. У таких умовах децентралізовані джерела водопостачання, зокрема водозабірні свердловини, відіграють важливу роль як резервні та автономні системи забезпечення водою [2].

Актуальність теми дипломної роботи обумовлена необхідністю підвищення надійності та стійкості систем водопостачання м. Дніпро шляхом будівництва водозабірних свердловин. Використання підземних вод дозволяє зменшити залежність від поверхневих джерел, які можуть зазнавати як техногенного, так і воєнного впливу, покращити якість питної води та забезпечити безперебійне водопостачання населення [3].

Регіон м. Дніпро розташований у межах Українського кристалічного щита, що визначає специфіку гідрогеологічних умов: обмежене поширення тріщинуватих водоносних горизонтів, нерівномірність водонасичення порід та залежність дебіту свердловин від ступеня тріщинуватості гірських порід. Це зумовлює необхідність детального обґрунтування місця буріння, конструкції свердловини та технології її облаштування.

Дана дипломна робота відповідає глобальним пріоритетам розвитку, визначеним у Цілях сталого розвитку ООН, зокрема [4]: Ціль 6: Чиста вода та санітарія

– забезпечення доступу до безпечної питної води; Ціль 3: Міцне здоров'я і благополуччя – зниження ризиків захворювань, пов'язаних із неякісною водою; Ціль 9: Промисловість, інновації та інфраструктура – розвиток надійної та стійкої інфраструктури; Ціль 11: Сталий розвиток міст і громад – підвищення стійкості міських систем до кризових ситуацій, у тому числі воєнного характеру.

Метою дипломної роботи є проектування будівництва водозабірної свердловини для потреб водопостачання м. Дніпро з урахуванням гідрогеологічних умов, сучасних технічних вимог та необхідності забезпечення стійкості системи водопостачання в умовах надзвичайних ситуацій.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- виконати аналіз природних та гідрогеологічних умов району м. Дніпро;
- обґрунтувати вибір водоносного горизонту;
- визначити оптимальну конструкцію водозабірної свердловини;
- розробити технологію буріння та облаштування свердловини;
- здійснити підбір бурового та насосного обладнання;
- провести кошторисний розрахунок вартості споруди;
- розробити зони санітарної охорони та санітарно-оздоровчі заходи в межах ЗСО водозабірної свердловини.

Об'єктом дослідження є водозабірна свердловина як інженерна споруда децентралізованої системи господарсько-питного водопостачання.

Предметом дослідження є технологічні та інженерні рішення будівництва, конструкція та режими експлуатації водозабірної свердловини, а також процеси відбору підземних вод із водоносних горизонтів у конкретних гідрогеологічних умовах району.

Практичне значення роботи полягає у розробці технічно обґрунтованого рішення щодо будівництва свердловини, яке може бути використане для забезпечення безперебійного водопостачання населення м. Дніпро, у тому числі в умовах порушення роботи централізованих систем через воєнні дії, підвищення якості питної води та забезпечення екологічної безпеки використання підземних водних ресурсів.

1. ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ

1.1 Географічне розташування та стислий опис об'єкта

Проектований об'єкт розташований у межах міста Дніпро – одного з найбільших промислових, транспортних та адміністративних центрів України. Місто знаходиться в центральній частині країни та характеризується значним рівнем урбанізації і техногенного навантаження на природне середовище, що безпосередньо впливає на стан водних ресурсів та обумовлює необхідність розвитку альтернативних джерел водопостачання, зокрема підземних вод.

У геоморфологічному відношенні територія розташована в межах схилу вододілу. Абсолютні відмітки поверхні землі на майданчику розвідувально-експлуатаційної свердловини змінюються в межах 157,00 ÷ 157,22 м. Рельєф ділянки будівництва рівнинний, зі слабкими ухилами, що є сприятливим для розміщення бурового обладнання та проведення будівельно-монтажних робіт [5].

Ділянка характеризується природно-антропогенним підтипом формування рельєфу, що сформувався під впливом як природних геологічних процесів, так і господарської діяльності людини. До антропогенних факторів належать планування території, розвиток транспортної інфраструктури, промислова забудова, а також інженерна підготовка майданчиків.

Оглядова схема розташування об'єкта проектування наведена на рисунку 1.1.

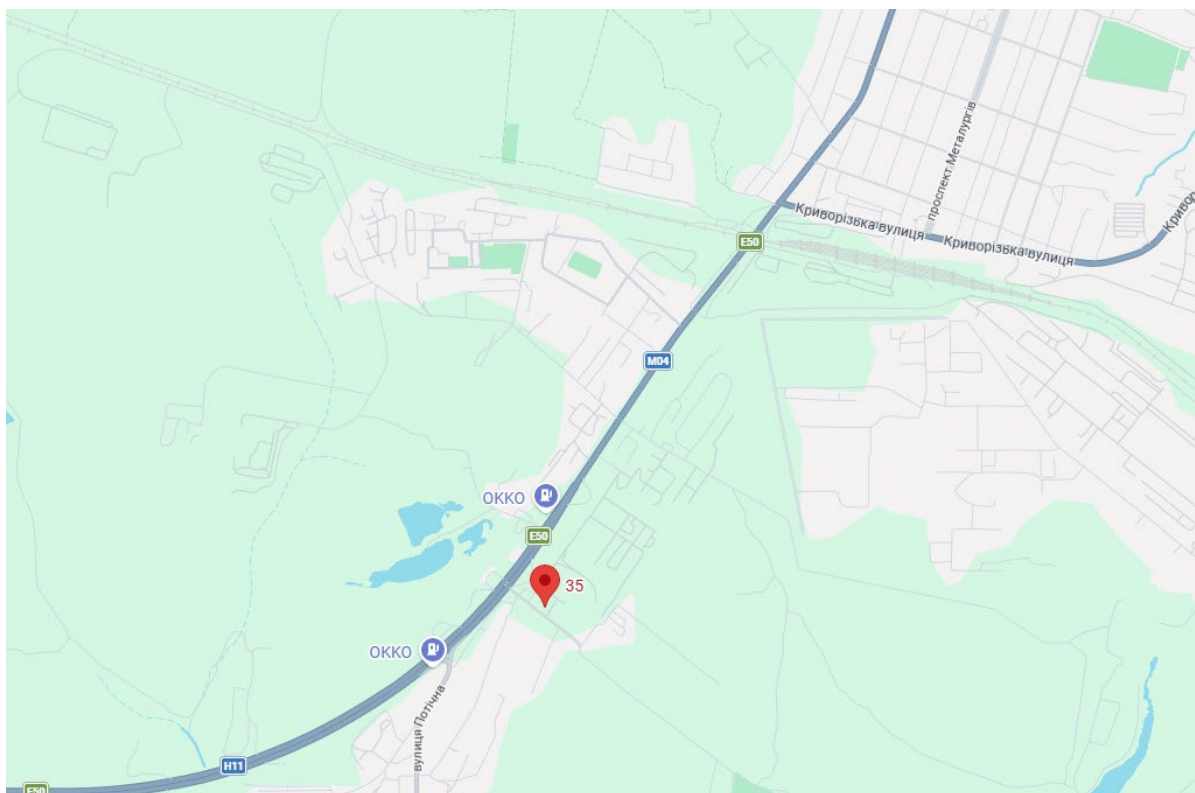


Рисунок 1.1 – Ситуаційна схема розташування об’єкта проєктування.

1.2 Інженерно-геологічні умови

Геологічна будова району визначається його розташуванням у межах Українського кристалічного щита – однієї з найдавніших геологічних структур Європи. Територія Дніпропетровської області знаходиться на стику двох великих геоструктур: Українського щита та Дніпровсько-Донецької западини, що обумовлює складну геологічну будову регіону [6]. Кристалічний фундамент представлений гранітами, гнейсами та іншими метаморфічними породами архейського і протерозойського віку, які перекриті осадовими відкладами різної потужності.

Особливістю геологічної будови є те, що в межах Українського щита кристалічні породи часто залягають на незначних глибинах або виходять на денну поверхню, що суттєво впливає на формування підземних вод та умови їх залягання [6]. Водонасні горизонти приурочені переважно до зони тріщинуватості

кристалічних порід, що обумовлює їх нерівномірну водоносність і залежність дебіту свердловин від ступеня розвитку тріщинуватості.

Підземні води в межах Українського щита формуються в тріщинуватих та тріщинно-пористих породах і характеризуються складними умовами циркуляції. Основними джерелами їх живлення є атмосферні опади та інфільтрація поверхневих вод. Водночас експлуатаційні запаси таких вод обмежені і потребують обґрунтованого використання [7].

Згідно з дослідженнями, водоносні горизонти тріщинуватої зони кристалічних порід є перспективними для господарсько-питного водопостачання, проте їх використання вимагає врахування геологічних та гідрогеологічних особливостей, зокрема глибини залягання, фільтраційних властивостей та якості води [7].

У геоструктурному відношенні район досліджень розташований у середній частині Українського кристалічного масиву, у будові якого беруть участь утворення архею та протерозою. Вони майже на всій території перекриті корою вивітрювання, вік якої визначається широким інтервалом – від мезозою до кайнозою. Зверху породи кристалічного фундаменту перекриті комплексом осадових відкладень кайнозою (неогенова та четвертинна системи) [6].

Архей-протерозойська група (AR–PR) представлена гранітами, гнейсами, мігматитами та гранодіоритами. Поверхня кристалічного фундаменту нерівна, хвиляста, залягає на глибині 50–100 м від поверхні землі [6].

Мезозой-кайнозойські відкладення (Mz–Kz) на значних площах перекривають кристалічні породи, мають широке розповсюдження, за винятком ділянок давнього та сучасного розмиву. Потужність кори вивітрювання змінюється у широких межах і становить від 5 до 30 м (на ділянці робіт – 16 м) [7].

Кора вивітрювання кристалічних порід представлена жорствою, каолінізованими породами та каоліном із включенням біотиту. Товща кори вивітрювання сильно розчленована, її поверхня не збігається з поверхнею кристалічних порід. Найбільша потужність приурочена до понижень кристалічного фундаменту [7].

Кайнозойська група представлена відкладами неогенової та четвертинної систем.

До нерозчленованої товщі пліоцен-нижньочетвертинних відкладів належать червоно-бурі глини. Вони мають широке розповсюдження та відсутні у заплавах річок і балках. Глини повсюдно перекривають породи докембрійського фундаменту та, у свою чергу, перекриваються лесовими відкладами. Вони щільні, містять включення оксидів марганцю, а в нижній частині – друзки кристалічного гіпсу. Потужність становить 10–20 м (на ділянці робіт – 18 м) [6].

Четвертинні відклади повсюдно покривають досліджувану територію. Їх середня потужність становить 5,5–12,5 м (на ділянці робіт – 5,5 м) [7].

На досліджуваній території вони представлені лесовими суглинками (середніми та легкими), жовтого та коричнювато-бурого кольору, з включенням марганцю та карбонатів, які залягають на глибині близько 0,5 м [7].

У підосві горизонту залягають пліоцен-нижньочетвертинні червоно-бурі глини, які є регіональним водотривким шаром [6].

До сучасних елювіальних утворень (eIV) належить ґрунтово-рослинний шар із домішками будівельного сміття. Його потужність у межах ділянки змінюється від 0,5 до 0,6 м [7].

Відповідно до геологічної будови на досліджуваній території виділяються такі водоносні горизонти:

1. Водоносний горизонт середньо-верхньочетвертинних еолово-делювіальних відкладів.
2. Водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід і продуктів їх вивітрювання [6; 7].

Водоносний горизонт середньо-верхньочетвертинних еолово-делювіальних відкладів поширений у межах вододільного плато та на його схилах. Основними водовмісними породами є суглинки різної гранулометрії (від легких до середніх), які насичуються водою переважно у нижній частині розрізу. Підстиляються вони малопроникними відкладами – важкими нижньочетвертинними суглинками або пліоцен-нижньочетвертинними червоно-бурими глинами, що виконують роль регіонального водотриву.

Підземні води горизонту є безнапірними. Глибина їх залягання змінюється залежно від морфології рельєфу, ступеня дренажності території, техногенного впливу та умов залягання водотривкого шару. Водонасиченість порід незначна.

За хімічним складом води належать до сульфатно-гідрокарбонатного типу з мінералізацією в межах 1,1–1,4 г/дм³.

Живлення горизонту відбувається переважно за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, що зумовлює залежність його режиму від сезонних кліматичних чинників: підвищення рівнів спостерігається навесні під час сніготанення, а зниження – у посушливі періоди.

Розвантаження підземних вод здійснюється у напрямку річкових долин та балок. Через низьку водоносність горизонт не має суттєвого значення для централізованого водопостачання і використовується переважно локально – через колодязі.

Водонесний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід і продуктів їх вивітрювання характеризується значним поширенням у межах досліджуваної території. Водонесність пов'язана з наявністю тріщин, порожнин, а також зон фізичного та хімічного руйнування кристалічних порід.

Глибина залягання горизонту визначається рельєфом місцевості та будовою кристалічного фундаменту: найбільші значення приурочені до вододільних ділянок, тоді як мінімальні – до долин річок і балок. У цілому вона змінюється в межах 30–80 м.

Підземні води переважно напірні. П'єзометричні рівні варіюють від 10–12 м у долинах до 25–45 м на вододілах і їх схилах. Водонесність горизонту нестійка: дебіти свердловин коливаються від 0,01 до 0,42 л/с.

За хімічним складом води належать до хлоридно-сульфатного та сульфатно-хлоридного типів. Мінералізація змінюється в межах 1,0–2,2 г/дм³, загальна жорсткість – 10–26,8 ммоль/дм³.

Горизонт має практичне значення та використовується для господарсько-питного водопостачання і потреб сільського господарства.

Живлення здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, а також перетікання вод із вищезалягаючих горизонтів у зонах відсутності водотривких шарів, зокрема в місцях виходу кристалічних порід на поверхню.

Нижчі водоносні горизонти на даній території детально не досліджені, тому інформація щодо них відсутня.

1.3 Клімат

Територія проектування розташована в межах степової природно-кліматичної зони, для якої характерний помірно континентальний клімат. Його особливостями є тривале спекотне й посушливе літо та відносно м'яка зима, що супроводжується частими відлигами. Розміщення об'єкта в межах Дніпровського району зумовлює додатковий вплив урбанізованого середовища, рельєфу та висотних відміток місцевості, що спричиняє локальні варіації температурного режиму та повітряної циркуляції [8].

Формування кліматичних умов відбувається під впливом різних повітряних мас: вологих атлантичних, холодних арктичних і континентальних, які надходять з території Євразії. У зимовий період спостерігається активізація циклонічної діяльності, що призводить до нестійких погодних умов. Початок зими зазвичай пов'язаний із вторгненням холодного арктичного повітря та встановленням областей підвищеного атмосферного тиску. Водночас часті відлиги зумовлені надходженням тепліших повітряних мас із Атлантики та південних широт.

Весняний період характеризується нестійкою погодою з можливими повторними похолоданнями та заморозками, особливо у квітні та на початку травня, що пов'язано з періодичним проникненням арктичного повітря. У літній сезон вплив холодних повітряних мас значно послаблюється. Переважає ясна, малохмарна погода, обумовлена дією Азорського антициклону, що сприяє інтенсивному прогріванню приземного шару повітря та великій кількості сонячних днів. У цей час зростає ймовірність виникнення суховіїв і пилових бур. Стабільні літні

умови, як правило, зберігаються до середини серпня, після чого циркуляційні процеси змінюються.

Восени зі зменшенням впливу Азорського антициклону посилюється дія Сибірського антициклону та західних циклонів. Це призводить до збільшення хмарності, появи туманів і мряки, а також зростання кількості тривалих опадів, особливо у другій половині сезону.

Середньорічна температура повітря становить близько $+8,5^{\circ}\text{C}$. Найвищі середньомісячні температури спостерігаються в липні (приблизно $+21,3^{\circ}\text{C}$), тоді як найнижчі – у січні (близько $-5,5^{\circ}\text{C}$). Абсолютний максимум температури досягає $+40^{\circ}\text{C}$ (серпень), а мінімум – -34°C (лютий) [9, 10].

Тривалість безморозного періоду в середньому складає близько 190 днів, однак може змінюватися від 143 до 228 днів залежно від погодних умов року. Сума ефективних температур понад $+10^{\circ}\text{C}$ дорівнює приблизно 1312°C , а сума активних температур перевищує 3127°C [9, 10].

Навесні перехід середньодобової температури через 0°C відбувається орієнтовно в середині березня, тоді як стійке підвищення температури понад $+5^{\circ}\text{C}$ спостерігається на початку квітня. В осінній період зниження температури нижче $+5^{\circ}\text{C}$ зазвичай припадає на кінець жовтня, а перехід через 0°C у від'ємний бік – на кінець листопада [9, 10].

Кількість і режим атмосферних опадів є визначальними чинниками формування водного балансу території, оскільки безпосередньо впливають на процеси поверхневого стоку та поповнення підземних вод. Район дослідження належить до територій із недостатньо стабільним зволоженням, що проявляється у нерівномірному розподілі опадів як упродовж року, так і в багаторічному розрізі. Особливо це характерно для теплого періоду, коли спостерігаються тривалі інтервали без опадів. Періоди бездощової погоди тривалістю понад 20 діб фіксуються неодноразово протягом року, понад 30 діб – практично щороку, а більш тривалі посухи (понад 40 днів) мають повторюваність кілька разів за десятиріччя.

Середньорічний обсяг атмосферних опадів становить близько 567 мм. При цьому їх розподіл протягом року є нерівномірним: більша частина припадає на

теплу половину року (квітень–жовтень), коли випадає приблизно дві третини річної кількості. У цей період середній обсяг опадів сягає близько 317 мм. Натомість у холодні місяці (листопад–березень) кількість вологи суттєво зменшується і становить близько 196 мм. Найменші місячні значення характерні для ранньовесняного періоду, зокрема для березня, тоді як максимуми зазвичай припадають на початок літа.

Важливою особливістю є значна міжрічна мінливість опадів. У окремі роки їх кількість може істотно перевищувати середні багаторічні значення. Наприклад, зафіксовані випадки, коли місячна сума опадів перевищувала 200 мм, а добова кількість досягала понад 80 мм. Такі показники свідчать про переважання інтенсивних короткочасних дощів, особливо у літній період.

За агрегатним станом протягом року домінують рідкі опади, частка яких становить приблизно дві третини від загального обсягу. Частка твердих опадів є значно меншою, тоді як змішані форми займають проміжне положення. У холодний сезон співвідношення змінюється: зростає роль снігу та змішаних опадів, а кількість дощів зменшується. Подібний розподіл є характерним для територій із помірно континентальним кліматом.

За результатами багаторічних спостережень встановлено, що приблизно у чверті зим на досліджуваній території стійкий сніговий покрив не формується. Це свідчить про переважання м'яких зимових умов із частими відлигами.

У середньому тривалість періоду зі сніговим покривом становить близько 70–80 днів. Висота снігу зазвичай незначна і значною мірою визначається погодними умовами конкретного року. Найчастіше вона коливається в межах 3–9 см, проте в окремі роки може досягати значно більших значень – до 50 см. Для снігового покриву характерна нестійка структура, що пов'язано з частими коливаннями температури та періодичними відлигами. Середня щільність снігу у фазі максимального розвитку становить близько $0,21 \text{ г/см}^3$, що відповідає запасу води приблизно 15 мм.

Вологісний стан повітря визначається як загальною циркуляцією атмосфери, так і властивостями підстильної поверхні. Абсолютна вологість змінюється протягом року: найменші її значення спостерігаються взимку (у січні–лютому – близько 4 мб), після чого поступово зростають навесні та досягають максимуму в літній період (у липні – близько 15–16 мб). Середньорічне значення цього показника становить приблизно 9 мб [9, 10].

Інша картина спостерігається для відносної вологості повітря: найвищі значення характерні для холодного періоду року (понад 80 %), тоді як у літні місяці вона суттєво знижується (до 55–60 %) через підвищення температури та інтенсивне випаровування. Середньорічний рівень відносної вологості становить близько 70 %.

Вітровий режим території відзначається різноманітністю напрямків і сезонною мінливістю. У теплу пору року переважають вітри західного та північно-західного напрямків, тоді як у зимовий період частіше спостерігаються південні та південно-східні вітри. Така особливість пояснюється загальною циркуляцією атмосфери та орографічними умовами, зокрема впливом долини Дніпра.

У літній період можливе виникнення суховіїв – гарячих і сухих вітрів, які сприяють підвищенню інтенсивності випаровування. Навесні, особливо до формування стійкого рослинного покриву, іноді виникають пилові бурі, спричинені пересиханням верхнього шару ґрунту.

Середня багаторічна швидкість вітру становить близько 4,0 м/с. Найбільш вітряні умови спостерігаються у зимово-весняний період (січень–березень), коли швидкість повітряних потоків досягає 4,7–4,8 м/с. Найменші значення характерні для кінця літа та початку осені (серпень–вересень) – близько 3,0–3,1 м/с.

Протягом року в середньому відзначається близько 10–15 днів із сильними вітрами (понад 15 м/с), хоча в окремі роки їх кількість може збільшуватися. Вітри зі швидкістю близько 20 м/с спостерігаються щорічно, тоді як екстремальні пориви (до 25–28 м/с) є рідкісними і фіксуються приблизно раз на кілька десятиліть.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ ВОДОЗАБІРНОЇ СВЕРДЛОВИНИ

2.1 Обґрунтування місця розташування та експлуатаційного водоносного горизонту свердловини

Водозабірна споруда призначена для забезпечення господарсько-питного водопостачання колективного центру «Гостина». Джерелом водопостачання передбачається одиночна свердловина, яка забезпечить стабільний і безпечний дебіт.

Максимальна добова потреба у воді складає 24 м³/добу. Це значення було визначене на основі потреб колективного центру та нормативних показників водоспоживання на одного користувача, що гарантує достатність водного ресурсу для забезпечення господарсько-побутових потреб.

За результатами аналізу генерального плану ділянки відведеної під проєкування встановлено, що найвища відмітка рельєфу в межах розглянутої території становить 157,22 м. Розміщення водозабірної свердловини на підвищеній ділянці є доцільним з інженерно-геологічної та санітарної точок зору, оскільки забезпечує природний відтік поверхневих вод і знижує ризик підтоплення та інфільтрації забруднених стоків у зону водозабору.

Обрана ділянка характеризується сприятливими санітарно-гігієнічними умовами: вона розташована поза зонами впливу потенційних джерел забруднення (господарсько-побутових і промислових стічних вод, вигрібних ям, складів, тощо). Таке розміщення мінімізує ймовірність надходження до підземних вод забруднюючих речовин, у тому числі розчинених солей, газів і шкідливих хімічних компонентів.

Крім того, вибір даної ділянки відповідає вимогам щодо організації зон санітарної охорони водозабірних споруд, що забезпечує надійний захист водоносного горизонту від можливого техногенного та антропогенного впливу. Це створює передумови для стабільної експлуатації свердловини та отримання води належної якості.

За даними гідрогеологічних досліджень ділянки буріння, наявних фондових даних, умови залягання підземних вод представлені у таблиці 2.1. На території виділяються два основні водоносні горизонти, кожен з яких має свої особливості та придатність для використання докладно описані у п.1.2.

Таблиця 2.1. - Геолого-технічний розріз проектованої розвідувально-експлуатаційної свердловини

№ шару	Геологічний індекс	Літологічний опис шару	Інтервал залягання, м		Потужність шару, м	Категорія порід по буримості
			від	до		
1.	Q	Глина	0,0	9,0	9,0	III
2.		Льос	9,0	16,0	7,0	II
3.	p	Глина	16,0	31,0	15,0	III
4.		Глина щільна	31,0	41,0	10,0	III
5.		Вапняк	41,0	52,0	11,0	IV
6.		Глина каолінова біла	52,0	65,0	13,0	III
7.		Глина з піском	65,0	77,0	12,0	III
8.	MZ-KZ	Каолін	77,0	93,5	16,5	IV
9.	AR-PR	Пухкий граніт	93,5	100,0	6,5	VII
10.		Граніт сухий	100,0	110,0	10,0	VIII
11		Граніт тріщинуватий водоносний	110,0	133,0	23,0	VIII

Враховуючи зазначені характеристики, другий водоносний горизонт вибрано як джерело водопостачання. Цей вибір обґрунтований такими факторами:

- стабільність хімічного складу води, що відповідає вимогам ДСанПіН для питної води.
- надійний захист від поверхневого забруднення, що забезпечує санітарну безпеку водозабору.
- незалежність від атмосферного живлення, що гарантує постійність дебіту протягом року.
- можливість безпечної експлуатації одиночної свердловини без ускладнень у вигляді додаткових очисних споруд.

Оскільки проєктом передбачено одиночну свердловину, її доцільно проєктувати як розвідувально-експлуатаційну, орієнтовною глибиною 130 м.

Для проєктованої свердловини, згідно з наявних фондових матеріалів, за експлуатаційний приймаємо водоносний горизонт, приурочений до тріщинуватих гранітів архей-протерозойського віку. Зазначений горизонт характеризується наявністю тріщинної пористості, що забезпечує накопичення та рух підземних вод і робить його придатним для господарсько-питного водопостачання.

Орієнтовна характеристика води свердловини, за даними фондових матеріалів: сухий залишок – 945 мг/дм³; загальна жорсткість – 10 мг-екв/дм³; загальне залізо – 6,9 мг/дм³. Вода за окремими показниками потребує додаткової оцінки відповідно до ДСанПіН [6].

2.2 Вибір і розробка конструкції водоприймальної частини свердловини

Ефективна експлуатація свердловини визначається конструкцією та станом водоприймальної частини [1]. Залежно від складу та структури водоносного горизонту водоприймальна частина може бути безфільтровою або фільтровою. Безфільтрові конструкції застосовуються у свердловинах, водоносні горизонти яких представлені стійкими до обвалення тріщинуватими скельними породами або щільними пісками [1]. У разі нестійких зернистих відкладів або нестійких стінок свердловини застосовуються фільтрові конструкції.

Проєктна свердловина передбачає використання водоносного горизонту, приуроченого до тріщинуватих гранітів архей-протерозойського віку. Горизонт характеризується значною тріщинною пористістю, що забезпечує природний рух і акумуляцію підземних вод [3,6,7]. Тому приймаємо безфільтрову свердловину. Водоприймальна частина якої представляє циліндричну гірську виробітку.

Враховуючи наведені фактори, приймається безфільтрова свердловина, водоприймальна частина якої виконана у вигляді циліндричної гірської виробітки.

Аргументи для застосування безфільтрової конструкції:

1. Природна фільтрація горизонту. Тріщинуваті граніти виконують роль природного механічного фільтра, затримуючи грубі частинки та колоїдні домішки, що знижує ризик забруднення [11, 12].
2. Стабільність водоносного горизонту. Горизонт ізольований від поверхневих стоків та промислових забруднень, що виключає необхідність додаткового механічного очищення води.
3. Експлуатаційні показники. Відсутність штучного фільтра забезпечує максимальне використання дебіту горизонту, зменшує гідравлічний опір при підйомі води та спрощує обслуговування свердловини [1].
4. Тривала працездатність. Конструкція безфільтрової свердловини оптимальна для тріщинуватих гранітів, оскільки не виникає швидкого засмічення пористого середовища, характерного для піщаних та гравійних горизонтів [11, 12].

Безфільтрова конструкція водоприймальної частини наведена на рис.2.1.

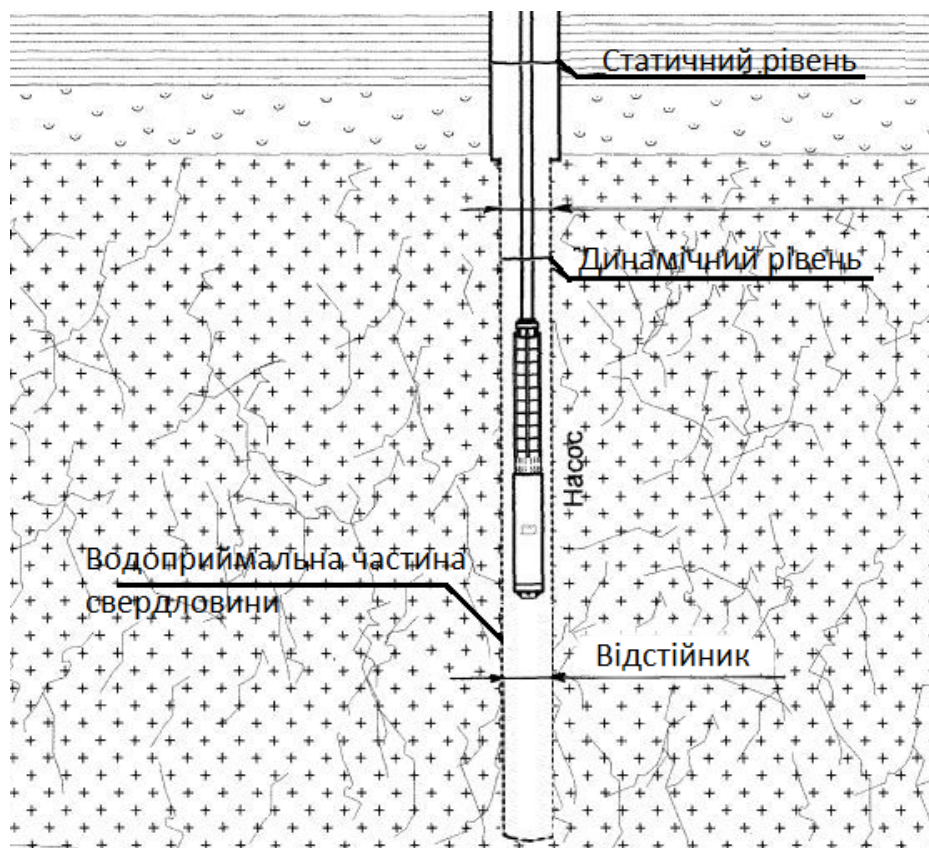


Рисунок 2.1 – Конструкція водоприймальної частини свердловини

3 РОЗРАХУНОК ВОДОПРИЙМАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ СВЕРДЛОВИНИ

Розрахунок водоприймальної частини свердловини у тріщинуватих гранітах (безфільтрова конструкція) виконується з урахуванням того, що надходження підземних вод відбувається переважно по тріщинах і зонах вивітрювання. У таких умовах фільтр, як правило, не встановлюється, оскільки стійкі скельні породи не потребують закріплення, а ризик виносу частинок є мінімальним.

Розрахунок передбачає визначення довжини відкритого стовбура свердловини в межах водоносної зони, її діаметра та допустимого дебіту з урахуванням водопровідності, тріщинуватості порід і умов живлення горизонту. Це забезпечує зменшення гідравлічних втрат, рівномірний приплив води та стабільний режим експлуатації.

3.1 Вибір діаметра і довжини водоприймальної частини свердловини

У тріщинуватих скелястих породах, що характеризуються достатньою стійкістю, водоприймальну частину свердловини виконують у вигляді відкритого циліндричного стовбура без застосування фільтра. У такому випадку розрахунок основних геометричних параметрів – діаметра та довжини водоприймальної частини – здійснюють за методикою, аналогічною розрахунку фільтрових свердловин, умовно прирівнюючи діаметр фільтра до діаметра відкритої водоприймальної частини свердловини. Це дозволяє застосовувати стандартні гідравлічні залежності для визначення пропускної здатності водоприймальної зони та забезпечення необхідного дебіту. При цьому діаметр безфільтрової водоприймальної частини рекомендується приймати не менше 155 мм, оскільки зменшення діаметра призводить до суттєвого зниження продуктивності свердловини, збільшення гідравлічних втрат і погіршення умов експлуатації водозабору.

Діаметр і довжина робочої частини водоприймальної зони свердловини визначаються залежно від проєктного дебіту, гідрогеологічних характеристик водонесних порід, умов залягання та потужності водонесного горизонту. Основними розрахунковими параметрами є діаметр водоприймальної частини (d) та довжина її робочого інтервалу (L), які визначаються з умови забезпечення необхідної площі припливу води за допустимих швидкостей фільтрації.

Враховуючи, що потужність водонесного горизонту перевищує 15 м, водоприймальну частину свердловини доцільно проєктувати з відносно невеликим діаметром, оскільки значна товщина водонесного пласта забезпечує достатню площу припливу води навіть за меншого поперечного перерізу свердловини.

У практиці буріння та облаштування водозабірних свердловин встановлено, що геометричні параметри фільтра, зокрема його діаметр, суттєво впливають на експлуатаційні характеристики свердловини, передусім на її дебіт [13, 14]. Збільшення діаметра фільтра сприяє зменшенню гідравлічних втрат у привибійній зоні, покращенню умов фільтрації та зниженню швидкості руху води через фільтрувальну поверхню [13].

Експериментальні та польові дослідження показують, що збільшення розмірів фільтра може призводити до зростання дебіту свердловини, однак цей ефект має обмежений характер і залежить від гідрогеологічних умов [13, 15]. Теоретичні положення сучасної гідрогеології свідчать, що залежність між діаметром фільтра та дебітом є нелінійною і визначається параметрами водонесного горизонту та фільтраційними властивостями порід [13, 16].

У практиці буріння і облаштування свердловин на воду встановлено, що при збільшенні діаметра фільтра від 100 мм до 200 мм дебіт свердловини зростає на 10 - 20%. Розрахунками підтверджується, що 2-кратне збільшення дебіту забезпечується 30-кратним збільшенням діаметра фільтра.

Зокрема, суттєве збільшення дебіту потребує комплексного підходу, оскільки вплив лише геометричних параметрів свердловини є обмеженим і не може забезпечити пропорційного зростання продуктивності [14, 15]. Це пояснюється

складною природою фільтраційних процесів у підземних водах та взаємодією свердловини з водоносним середовищем [17].

Таким чином, збільшення діаметра фільтра є лише одним із факторів підвищення дебіту свердловини і повинно розглядатися разом з іншими інженерними та гідрогеологічними заходами [13, 14].

З урахуванням проєктного дебіту та гідрогеологічних умов приймаємо діаметр водоприймальної частини свердловини $d=120$ мм, після чого визначаємо необхідну довжину її робочого інтервалу розрахунковим шляхом.

Розрахунок виконують за залежністю

$$d = Q/\pi \cdot L \cdot V_{\phi}, \quad (3.1)$$

де Q —дебіт свердловини, м³/доб;

V_{ϕ} — допустима швидкість фільтрації води біля стінки водоприймальної частини (фільтра), м/доб

$$V_{\phi} = 36 \cdot \sqrt{K_{\phi}}, \quad (3.2)$$

де K_{ϕ} — коефіцієнт фільтрації, м/доб. За даними фондових матеріалів, водоносний горизонт складається зі середньотріщинуватих порід із коефіцієнтом фільтрації 0,01–0,1 м/добу. В своїх розрахунках приймаємо 0,06 м/доб.

d — діаметр водоприймальної частини, м;

L — довжина робочої частини, м.

$$V_{\phi} = 36 \cdot \sqrt{0,06} = 8,8 \frac{\text{м}}{\text{доб}}.$$

$$L = \frac{24}{\pi \cdot 0,12 \cdot 8,8} = 7,23 \text{ м}.$$

Отже, приймаємо довжину водоприймальної частини свердловини 8 м.

3.2 Розрахунок зниження рівня води в свердловині

Максимально допустиме зниження рівня $H_{дон}$ (рис. 3.1) для напірних вод зазвичай приймається в межах 50–70 % від загальної потужності водоносного пласта і може бути визначене за формулою (3.3). Таке обмеження обумовлене необхідністю запобігання надмірному виснаженню водоносного горизонту, погіршенню фільтраційних властивостей порід та порушенню умов сталого водозабору.

$$H_{дон} = H - (0,3 - 0,5) \cdot m - H_n - H_\phi, \quad (3.3)$$

де H – напір над кривою пласта (статичний рівень до початку відкачок), м;

H_n – максимальна глибина занурення нижньої частини насоса (водоприймальної частини) відносно динамічного рівня води в свердловині, м;

H_ϕ – втрати напору на вході у свердловину (опір фільтра та порід прифільтрової зони), які зазвичай приймають у межах 3–5 м;

m – потужність водоносного пласта, м.

Схема до розрахунку допустимого зниження води в свердловині представлена на рис.3.1.

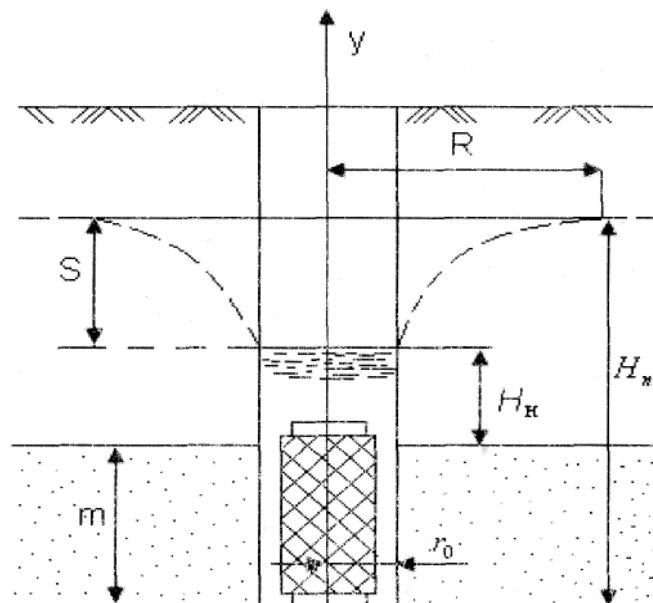


Рисунок 3.1 – Схема до розрахунку допустимого зниження води в свердловині.

$$H_{дон} = 47 - 0,5 \cdot 23 - 1,5 - 4 = 30,3 \text{ м.}$$

Дотримання допустимого зниження рівня є важливою умовою надійної експлуатації свердловини, оскільки перевищення цього значення може призвести до зниження дебіту, підвищення енерговитрат на підйом води, а також до можливого порушення гідродинамічної рівноваги в пласті.

Експлуатаційне зниження статичного рівня при відборі розрахункової кількості води з водоносного пласта з віддаленими межами області живлення визначають за аналітичними залежностями усталеного радіального фільтраційного потоку. Зокрема, для умов напірного горизонту воно може бути розраховане за формулою типу Тіма–Дюпюї:

$$S = \frac{Q(\ln R/r + E)}{2\pi \cdot K_{\phi} \cdot m}, \quad (3.4)$$

де Q – дебіт свердловини, м³/доб;

R – радіус впливу свердловини, який змінюється в залежності від складу порід водоносного пласта. Приймаємо 150 м.;

r – радіус свердловини, м;

K_{ϕ} – коефіцієнт фільтрації, м/доб;

E – коефіцієнт, який враховує фільтраційний опір, викликаний недосконалістю свердловини (рис.3.2) і залежить від відношень l/m і m/r , від довжини водоприймальної частини свердловини l та потужності водоносного пласта m , а також потужності m та радіуса свердловини r [11].

$$S = \frac{24 \cdot (\ln 150/0,06 + 2)}{2\pi \cdot 0,06 \cdot 23} = 27,2 \text{ м.}$$

У подальших розрахунках приймаємо розрахункове зниження рівня води в свердловині 29 м, враховуючи додатковий запас. Такий підхід дозволяє забезпечити безпечну експлуатацію свердловини, а також компенсувати можливі коливання дебіту та непередбачувані втрати напору у фільтровій та привибійній зонах.

Якщо $S > S_{\text{доп.}}$, необхідно збільшити число свердловин або розташувати їх на більшій площі, оскільки проектний дебіт водозабору не задовольняє вимогам.

При $S < S_{\text{доп}}$ дебіт водозабору буде забезпечений. У даному випадку експлуатаційне зниження рівня води в свердловині є меншим за допустиме, що свідчить про можливість забезпечення необхідного дебіту водозабору.

4. ПРОЕКТНА КОНСТРУКЦІЯ ТА БУРІННЯ СВЕРДЛОВИНИ

4.1. Проектування конструкції свердловини

Довжина свердловини, що проектується, становить близько 130 м, що дозволяє виконувати буріння роторним способом. З урахуванням рекомендацій щодо способу буріння свердловини наведені в Додатку Б [1], глибини свердловини, інженерно-геологічних умов та необхідності забезпечення високої продуктивності саме роторний спосіб приймається як основний, оскільки він забезпечує ефективне проходження як пухких, так і скельних порід та дозволяє отримати свердловину необхідного діаметра.

Початковий і кінцевий діаметри свердловини визначаються відповідно до сортаменту обсадних труб, обраного способу буріння, конструкції водоприймальної частини та габаритів насосного обладнання. Кріплення стінок свердловини передбачається обсадними трубами. Колона обсадних труб найбільшого діаметра називається кондуктором; вона призначена для закріплення верхніх нестійких порід і ізоляції верхніх водоносних горизонтів та не належить до експлуатаційної колони.

При проектуванні необхідно віддавати перевагу найпростішій конструкції свердловини із застосуванням мінімальної кількості колон обсадних труб.

Розрахунок конструкції свердловини проводять починаючи із водоприймальної частини і закінчують направляючою трубою (кондуктором).

Діаметр водоприймальної частини свердловини визначають за формулою

$$d_{\text{вч}} = d_{\text{ф}} + 100, \quad (4.1)$$

де $d_{\text{ф}}$ – діаметр фільтра, мм.

Діаметр долота для буріння водоприймальної частини $d_{\text{вч}}^{\text{д}}$ визначають за [2].

Враховуючи, що в межах даної кваліфікаційної роботи передбачено проектування безфільтрової свердловини, для буріння інтервалу 95,5–133,0 м обрано роторний спосіб буріння з прямим промиванням слабглинистим буровим розчином із використанням долота діаметром 120,6 мм типу III 120,5 ТК-Ц [18]. Конструкція тришарошечного долота наведена на рис.4.1.

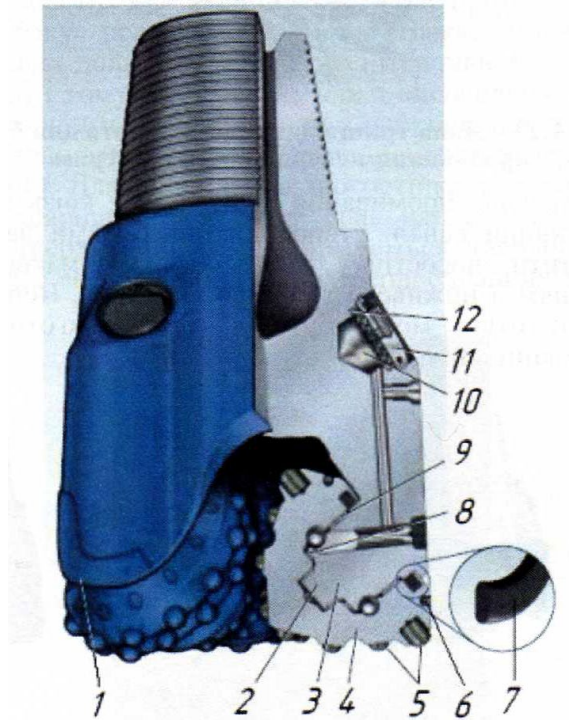


Рисунок 4.1 - Схема тришарошкового долота з герметизованою опорою: 1 - твердосплавний захист калібру; 2 – фрикційна цапфа; 3 – опора; 4 – шарошка; 5 – вставки з карбіду вольфраму; 6 – калібрувальний вінець; 7 – радіальний сальник з еластоміром; 8 – опорна поверхня; 9 – берилій-мідна плаваюча втулка з срібним покриттям; 10 – камера для мастила; 11 – кришка камери для мастила; 12 – діафрагма.

Внутрішній діаметр експлуатаційної колонки визначають із умови наявності зазору між долотом і колоною

$$d_{ек}^{\delta} = d_{вч}^{\delta} + (6...8). \quad (4.2)$$

$$d_{ек}^{\delta} = 120,6 + 7 = 127,6 \text{ мм.}$$

Зовнішній діаметр експлуатаційної колони уточнюють відповідно до [19].

Приймаємо як обсадну трубу з короткою трикутною різьбою з такими параметрами: внутрішній діаметр – 133,1 мм, товщина стінки – 6,5 мм, зовнішній діаметр – 146,1 мм.

З'єднання експлуатаційної колони приймається муфтовим. Зовнішній діаметр муфти становить 166 мм.

Діаметр долота для буріння під експлуатаційну колону вибирають за зовнішнім діаметром муфти

$$d_{ек}^{\partial} = d_{ек}^M + 2\delta, \quad (4.3)$$

де δ – зазор між стінками свердловини і зовнішнім діаметром муфти (табл.4.1).

$$d_{ек}^{\partial} = 166 + 40 = 206 \text{ мм.}$$

Діаметр долота для буріння під експлуатаційну колону приймаємо 215,9 мм типу ІІІ 215,9 МС-Ц.

Таблиця 4.1-Співвідношення між діаметром муфти та зазором із стінками свердловини [20]

Діаметр муфти експлуатаційної колони $d_{ек}^M$, мм	114	127	141	146	159	168	194	219	245	273	299	325	337	377	421
Зазор δ , мм	15		20		25		30		35			45		50	

Внутрішній діаметр кондуктора визначають за формулою

$$d_k^e = d_{ек}^{\partial} + (50...100), \quad (4.4)$$

де $d_{ек}^{\partial}$ - діаметр долота під експлуатаційну колону, мм.

$$d_k^6 = 215,9 + 50 = 265,9 \text{ мм.}$$

Приймаємо обсадну трубу для кондуктора із зовнішнім діаметром 273,1 мм і товщиною стінки 7,1 мм.

Для буріння під кондуктор приймаємо долото типу III 295,3 МС-Ц [18].

Глибину встановлення кондуктора визначають до першого водонепроникного пласта із заходом у нього не менше ніж на 1 м. Згідно з гідрогеологічними умовами району, першим водотривким пластом є глина, що залягає на глибині 0–9 м. У зв'язку з цим довжину кондуктора приймаємо 6 м.

Довжину експлуатаційної колони приймаємо 95,5 м.

Перша обсадна колона діаметром 273,1 мм встановлюється з подальшим затрубним цементуванням і підйомом цементного розчину до гирла свердловини, що забезпечує герметизацію затрубного простору та запобігає перетоку вод між горизонтами. Експлуатаційна колона діаметром 146,1 мм виводиться на 0,5 м над денною поверхнею для запобігання потраплянню поверхневих і забруднених вод у свердловину. Конструкція наведена на рис.4.2.

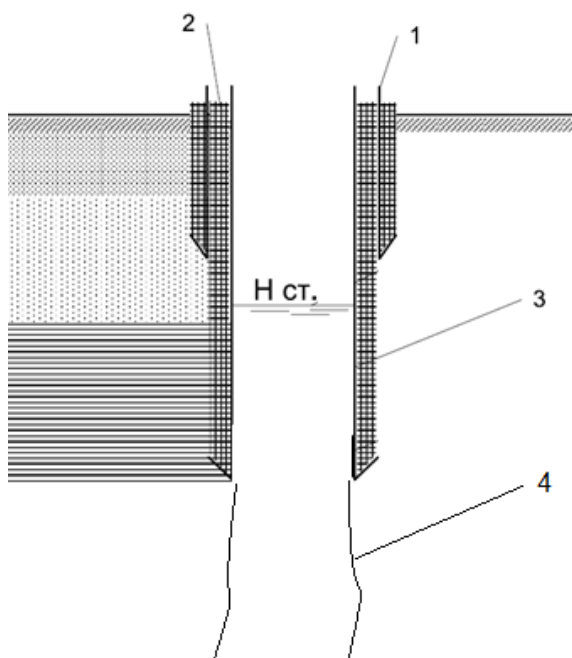


Рисунок 4.2 – Конструкція свердловини. 1 – кондуктор; 2 – цементний камінь затрубного простору; 3 – експлуатаційна колона; 4 – водоприймальна колона

Наносимо конструктивні елементи на геологічний розріз рис. 4.3.

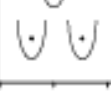
Геологічний Індекс	Літологічний розріз	Глибина підстави шару, м	Потужність шару, м	Короткий опис порід	Категорія порід по бурінню	Конструкція свердловини	Діаметр і глибина буріння та обсадки, мм	Статичний рівень води, м	Фільтр	Насос
Q		9,0	9,0	Глина	III		бур. $\varnothing 120$ 0-95,5	Ст. рів. $\nabla 63,0$	Безфільтрова	Насос глибинний 4SR2/23 Redglobe з електродвигуном потужністю 1,5 кВт
Q		16,0	7,0	Льос	I					
P		31,0	15,0	Глина	III					
P		41,0	10,0	Глина щільна	III					
P		52,0	11,0	Вапняк	IV					
P		65,0	13,0	Глина каолінова біла	III					
P		77,0	12,0	Глина з піском	III					
MZ-KZ		93,5	16,5	Каолін	IV					
AR-PR		100,0	6,5	Пухкий граніт	VII					
AR-PR		110,0	10,0	Граніт сухий	VIII					
AR-PR		133,0	23,0	Граніт тріщинуватий водоносний	VIII		бур. $\varnothing 120$ 95,5-133,0	Дин. рів. $\nabla 92,0$		

Рисунок 4.3 – Геолого-технічний розріз свердловини та її конструкція

4.2 Бурове обладнання та інструмент

Вибір бурового станка здійснюють з урахуванням основних параметрів його технічної характеристики, зокрема глибини буріння, а також початкового і кінцевого діаметрів свердловини. При цьому зазначені параметри повинні відповідати або перевищувати значення аналогічних параметрів, передбачених конструкцією свердловини.

Крім того, при виборі бурового обладнання враховують геолого-технічні умови буріння, фізико-механічні властивості гірських порід, спосіб буріння, а також необхідну продуктивність і економічну доцільність застосування станка.

Бурове устаткування обов'язково перевіряється розрахунком на відповідність вантажопідйомності масі обсадної колони. При цьому враховуються не лише статичні навантаження, але й динамічні зусилля, що виникають під час спуско-підймальних операцій, а також коефіцієнт запасу міцності, який забезпечує надійну та безпечну експлуатацію обладнання [20, 21, 22].

Маса обсадної колони визначається за формулою

$$Q = g \cdot L \cdot \left(1 - \frac{\gamma_p}{\gamma_m}\right), \quad (4.5)$$

де g – маса 1 п.м. обсадної колони, кг;

L – довжина колони;

γ_p – питома вага промивної рідини, 1,05 т/м³;

γ_m – питома вага матеріалу труб, 7,85 т/м³.

$$Q = 22,3 \cdot 95,5 \cdot \left(1 - \frac{1,05}{7,85}\right) = 1845 \text{ кг.}$$

У випадку, якщо маса обсадної колони перевищує вантажопідйомність лебідки, то спуск колони проектується із зворотним клапаном.

Буровий насос станка повинен мати продуктивність, що забезпечує потрібну кількість промивної рідини для подачі в свердловину на будь-якому етапі буріння. У випадку недостатньої продуктивності застосовують насос більшої потужності або два насоси.

Діаметр бурильних труб d_{BT} вибирають із умови

$$d_{BT} = (0,45 - 0,60) \cdot d_{\partial}, \quad (4.6)$$

де d_{∂} - діаметр долота, мм.

$$d_{BT} = (0,45 - 0,60) \cdot 215,9 = 108 \text{ мм.}$$

Діаметр обвантажених бурильних труб d_{OBT} вибирають за умови

$$d_{OBT} = (0,7 - 0,8) \cdot d_{\partial}. \quad (4.7)$$

$$d_{OBT} = (0,7 - 0,8) \cdot 215,9 = 151 \text{ мм.}$$

Вибір типів шарошкових доліт здійснюється з урахуванням фізико-механічних характеристик гірських порід, а також діаметра буріння, визначеного проектною конструкцією свердловини. При цьому береться до уваги асортимент інструменту відповідно до чинних стандартів [18, 20, 22, 23]. Характеристика інструменту наведена в табл.4.2. і 4.3.

Таблиця 4.2 - Склад та характеристика бурового інструменту [19, 21]

Бурові труби				Ведуча труба		Обвантажені бурильні труби			
зовнішній діаметр, мм	товщина стінки, мм	діаметр замка, мм	номінальна довжина труби із замком, м	переріз, мм	конструкція	зовнішній діаметр, мм	діаметр каналу, мм	довжина, м	маса 1 п.м., кг
108	26	108,5	4,7	80×80	Рис.4.3	120	64	6,5	63,5

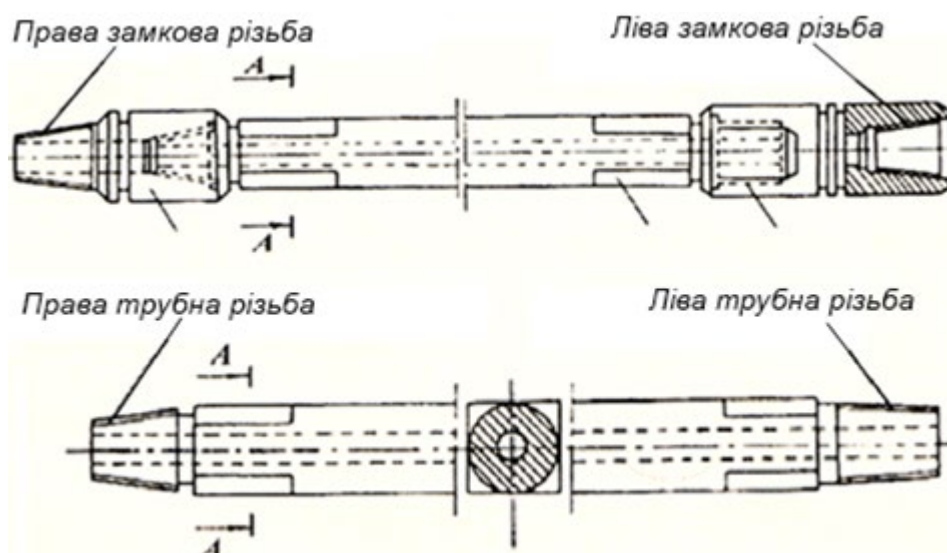


Рисунок 4.3 – Конструкція ведучої труби.

Таблиця 4.3 – Породоруйнівний інструмент [18]

Інтервал буріння, м	Тип, марка і діаметр породоруйнівного інструменту
0-6	ІІІ 295,3 МС-Ц.
6-95,5	ІІІ 215,9 МС-Ц.
95,5 - 133	ІІІ 120,5 ТК-Ц

4.3 Цементування свердловини

Кріплення свердловин за допомогою цементного розчину застосовується для зміцнення стінок свердловини, ізоляції продуктивних горизонтів від інших водоносних пластів, фіксації обсадних колон та створення надійного каналу для підйому води на поверхню.

Цементні розчини широко використовуються як при бурінні глибоких свердловин на нафту і газ, так і під час спорудження розвідувально-експлуатаційних свердловин на воду [20, 21].

Тампонування цементним розчином здійснюється шляхом щільного заповнення затрубного простору між обсадними трубами та стінками свердловини. Для виконання цих робіт найчастіше застосовують цемент марок 400, 500 і 600.

За допомогою цементувальних агрегатів у свердловину закачують цементні та глинисті розчини, а також виконують промивальні й продавлювальні роботи.

Цементування з використанням двох розділювальних пробок здійснюється у такій послідовності [20, 21].

Спочатку в цементувальну головку встановлюють нижню розділювальну пробку. Після цього її продавлюють буровим розчином у внутрішній порожнині обсадної колони. Під час руху вниз пробка очищає внутрішню поверхню труб від залишків бурового розчину та шламу.

Після запуску нижньої пробки розпочинають закачування цементного розчину. Цемент рухається за пробкою, не змішуючись із буровим розчином. Досягнувши башмака обсадної колони, нижня пробка сідає на спеціальне посадочне кільце, після чого її діафрагма руйнується під дією тиску, забезпечуючи вихід цементного розчину в затрубний простір.

Після закачування розрахованого об'єму цементного розчину в цементувальну головку встановлюють верхню розділювальну пробку. Далі подають продавлювальну рідину, яка переміщує верхню пробку вниз по колоні.

Верхня пробка витісняє цементний розчин у затрубний простір і запобігає його змішуванню з продавлювальною рідиною. Коли верхня пробка досягає нижньої, відбувається їх контакт, що супроводжується різким зростанням тиску в системі. Це явище є сигналом завершення процесу продавлювання цементного розчину (рис. 4.4).

Після завершення цементування насосне обладнання зупиняють, фіксують кінцевий тиск та контролюють стан свердловини. Проводиться витримка часу, необхідного для твердіння цементного розчину (очікування затвердіння цементу).

У цей період забороняється проведення будь-яких робіт, що можуть порушити цілісність цементного каменю.

Якість виконаних робіт оцінюють за технологічними та геофізичними показниками. Основними критеріями є: величина тиску при посадці пробок; стабільність рівня рідини у свердловині; відсутність міжпластових перетоків; результати геофізичних досліджень (акустичний каротаж цементу).

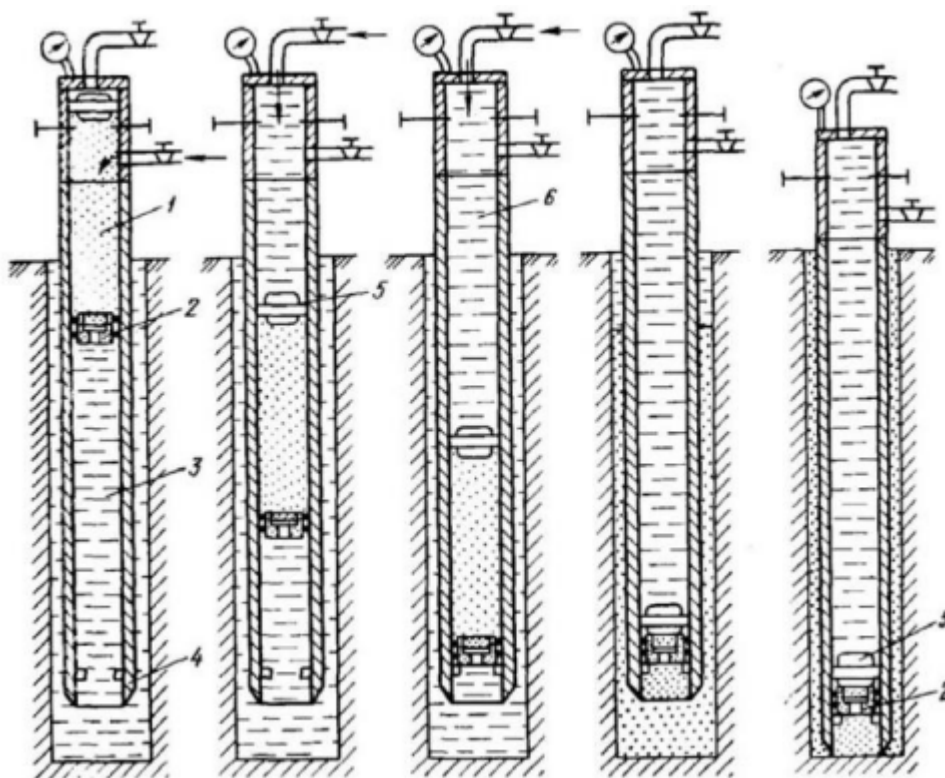


Рисунок 4.4 – Схема цементування з двома розділювальними пробками [8].
(1 – цементний розчин, 2 – нижня пробка, 3 – промивальна рідина, 4 - башмак обсадної колони, 5 – верхня пробка, 6 – продавлювальна рідина)

Схема для розрахунку цементування експлуатаційної колони наведена на рис.4.5.

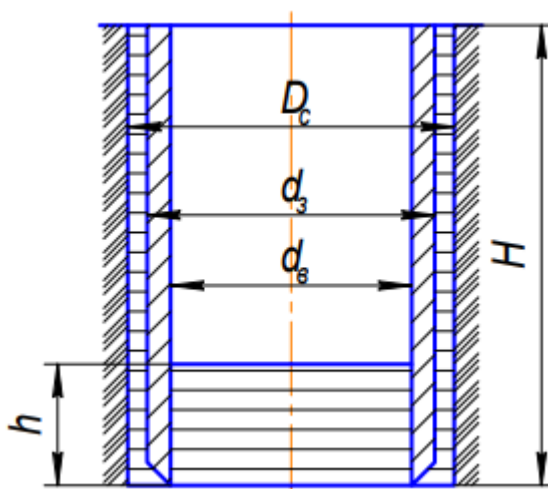


Рисунок 4.5 – Схема для розрахунку цементування обсадної колони

Потрібну кількість цементного розчину знаходять за формулою [11, 20, 21]

$$V_{ц.р.} = 0,785 \cdot [(D^2 - d_3^2) \cdot H_1 \cdot k + d_6^2 \cdot h], \quad (4.8)$$

де $V_{ц.р.}$ - необхідна кількість цементного розчину, м^3 ;

D - діаметр свердловини, м ;

d_3 - зовнішній діаметр обсадних труб, м ;

H_1 - висота підйому цементного розчину за колоною, м ;

k - коефіцієнт, враховуючий можливе збільшення об'єму цементного розчину на заповнення розширень, каверн; його приймають рівним 1,2...1,3;

d_6 - внутрішній діаметр обсадних труб, м ;

h - висота цементної пробки в колоні; звичайно приймають 3 м.

$$V_{ц.р.} = 0,785 \cdot [(0,2159^2 - 0,146^2) \cdot 95,5 \cdot 1,2 + 0,1331^2 \cdot 3] = 2,32 \text{ м}^3.$$

Щільність цементного розчину обчислюють за формулою

$$\gamma_{цр} = \gamma_{ц} \cdot \gamma_{с} \cdot \frac{1+m}{\gamma_{с}+m \cdot \gamma_{ц}}, \quad (4.9)$$

де $\gamma_{цр}$ - щільність цементного розчину, т/м^3 ;

$\gamma_{ц}$ - щільність цементу, приймається 3,15 т/м^3 ;

m - водоцементний фактор, приймається рівним 0,5.

$$\gamma_{цр} = 3,15 \cdot 1,0 \cdot \frac{1 + 0,5}{1 + 0,5 \cdot 3,15} = 1,83 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}.$$

Кількість сухого цементу для виготовлення 1 м^3 цементного розчину знаходять за формулою

$$q = \gamma_{ц} \cdot \gamma_{с} / (\gamma_{с} + m \cdot \gamma_{ц}), \quad (4.10)$$

де q — кількість сухого цементу, т.

$$q = 3,15 \cdot \frac{1,0}{1,0 + 0,5 \cdot 3,15} = 1,22 \text{ т.}$$

Загальну кількість сухого цементу для цементациї визначають за формулою

$$Q_{\text{ц}} = q \cdot V_{\text{ц.р.}} \cdot \beta, \quad (4.11)$$

де $Q_{\text{ц}}$ — кількість сухого цементу, т;

q — кількість сухого цементу на 1 м^3 цементного розчину, т;

$V_{\text{ц.р.}}$ — потрібна кількість цементного розчину, м^3 ;

β — коефіцієнт на втрати цементу при замішуванні. Приймаємо - 1,1.

$$Q_{\text{ц}} = 1,22 \cdot 2,32 \cdot 1,1 = 3,11.$$

Кількість води (м^3), необхідної для виготовлення цементного розчину, знаходять за формулою

$$V_{\text{в}} = Q_{\text{ц}} \cdot m, \quad (4.12)$$

де $Q_{\text{ц}}$ — кількість сухого цементу, т.

$$V_{\text{в}} = 3,11 \cdot 0,5 = 1,55 \text{ м}^3.$$

Кількість рідини для протиснення цементного розчину можна знайти по формулі

$$V_{\text{пр}} = 0,785 \cdot d_{\text{с}}^2 \cdot (H - h) \cdot k, \quad (4.13)$$

де V_{np} —необхідна кількість глиняного розчину чи води для протиснення цементного розчину в затрубний простір, м³;

H —довжина колони обсадних труб, м;

k — коефіцієнт враховуючий стиснення рідини, приймається для глиняного розчину 1,05 і для води 1,0.

$$V_{np} = 0,785 \cdot 0,1331^2 \cdot (95,5 - 3) \cdot 1,05 = 1,35 \text{ м}^3.$$

Тиск на головці колони в момент сходження цементуючих пробок розраховують по формулі

$$P = P_1 + P_2, \quad (4.14)$$

де P_1 —тиск для подолання різниці щільностей рідини в трубах і за трубами, кг/см²;

P_2 - гідростатичний опір в кінці промивки свердловини, кг/см²;

$$P_1 = (H_1 - h) \cdot (\gamma_{up} - \gamma_p) / 10, \quad (4.15)$$

де h —висота встановлення стоп-кільця від башмака, м;

γ_p —щільність глиняного розчину, т/м³;

$$P_2 = 0,01 \cdot L + 8, \quad (4.16)$$

де L —глибина свердловини, м.

Звідси

$$P = \frac{(H_1 - h) \cdot (\gamma_{up} - \gamma_p)}{10} + 0,01 \cdot L + 8. \quad (4.17)$$

$$P = \frac{(95,5 - 3) \cdot (3,15 - 1,05)}{10} + 0,01 \cdot 133 + 8 = 28,78 \text{ кг/см}^2.$$

Виходячи з кінцевого тиску при цементуванні, готують відповідний насос для протиснення цементного розчину.

Час цементації колони дорівнює

$$T_{\text{цем}} = t_{\text{ц}} + t_{\text{нц}} + 10, \quad (4.18)$$

де 10 – час, необхідний для виконання операцій на закладання в залівну головку верхньої пробки, хв;

$t_{\text{ц}}$ – час нагнітання цементного розчину.

$$t_{\text{ц}} = V_{\text{ц}} / K \cdot q_i, \quad (4.19)$$

де q_i – продуктивність цементного агрегату на i – тій швидкості, л/с – табл.4.4;

K – первісний коефіцієнт. Приймаємо 0,06.

$$t_{\text{ц}} = \frac{2,32}{0,06 \cdot 9,17} = 4,22 \text{ хв.}$$

Таблиця 4.4 - Цементний агрегат ЦА-80 з насосами НЦП-1

Швидкість	I	II	III	IV
Продуктивність, л/с	3,3	5,0	8,3	9,17

$t_{\text{нц}}$ – час протиснення цементного розчину, хв.;

$$t_{\text{нц}} = V_{\text{нп}} / 0,06 \cdot q_{\text{ср}}, \quad (4.20)$$

де q_{cp} — середня продуктивність насосів цементуючого агрегату на I, II, III і IV швидкостях (табл.4.4).

$$t_{mz} = \frac{1,35}{0,06 \cdot 6,44} = 3,49 \text{ хв.}$$

$$T_{цем} = 4,22 + 3,49 + 10 = 17,7 \text{ хв.}$$

Допустимий час цементаци свердловини

$$T_{дон} \leq 0,75 \cdot T_{туж.}, \quad (4.21)$$

де $T_{туж.}$ — час тужавлення цементного розчину;

$$T_{туж.} = 3 \text{ год.} = 180 \text{ хв.};$$

$$T_{дон} = 0,75 \cdot 180 = 135 \text{ хв.}$$

Для отримання високоякісної цементаци необхідно, щоб середня швидкість висхідного потоку цементного розчину в позатрубному просторі була не менше 1,5 м/с. Виходячи з цього, потрібну кількість агрегатів цементаци можна визначити по формулі

$$n = 60 \cdot V \cdot 0,785 \cdot (D^2 - d_n^2) / q_{cp}, \quad (4.22)$$

де n — потрібна кількість агрегатів цементаци;

V — середня швидкість висхідного протоку цементного розчину, приймаємо 1,5 м/с.

$$n = 60 \cdot 1,5 \cdot 0,785 \cdot \frac{0,2159^2 - 0,1461^2}{6,44} = 0,28 \text{ шт.}$$

Приймаємо один цементувальний агрегат.

5 ТЕХНОЛОГІЯ БУРІННЯ

5.1 Забурювання свердловини

Снаряд, призначений для початкового забурювання свердловини, включає породоруйнівний інструмент, колонкову трубу довжиною 0,5–1,0 м, а також перехідний елемент для з'єднання з бурильними трубами.

Процес забурювання необхідно виконувати при мінімальній частоті обертання бурового снаряда, обмеженому осьовому навантаженні та зниженої витрати промивальної рідини. Після досягнення глибини 4 м у свердловині встановлюється напрямна колона [20, 21].

Для герметизації нижнього кінця напрямної колони застосовується тампонування. З цією метою на вибій свердловини подають 1,5–2,0 відра густого цементного розчину або пластичної глини, доведеної водою до тістоподібного стану. У нижню частину обсадної труби встановлюється дерев'яний чоп, який під час монтажу витискає тампонажний матеріал у затрубний простір. Після виконання цієї операції чоп розбурюють. Верхню частину напрямної колони закріплюють в усті свердловини за допомогою глини.

5.2 Режими буріння

До основних параметрів режиму буріння належать осьове навантаження на породоруйнівний інструмент, частота обертання бурового снаряда та витрата промивальної рідини [20, 21].

Осьове навантаження визначається з урахуванням гідрогеологічних умов, типу застосовуваного долота, а також ступеня його зношення. Оптимальне значення цього параметра забезпечує ефективне руйнування породи та запобігає передчасному спрацюванню інструменту.

Під час буріння водозабірних свердловин осьове навантаження приймається на основі рекомендованих питомих значень, наведених у відповідних джерелах [21].

Осьове навантаження на долото є одним із основних параметрів, що визначає ефективність процесу буріння свердловини. Його величина залежить від фізико-механічних властивостей гірських порід, типу долота та режиму буріння.

Повне осьове навантаження визначається як добуток діаметра долота на питомих навантаженнях (табл.5.1).

Таблиця 5.1 – Рекомендоване питоме осьове навантаження [11, 20,21]

Характеристика порід	Питоме осьове навантаження в кг на 1см діаметра долота	
	шарошечного	лопатевого
Пухкі породи (пісок, гравій, галька)	100-150	50- 100
М'які в'язкі та пластичні породи (глини, суглинки, мергелі, крейда, сіль та ін.)	150-200	100-150
Породи середньої твердості напівселяні породи (щільні глини, пісковики, вапняки, глинисті сланці)	200-256	--
Тверді породи (доломіти щільні вапняки та пісковики, міцні сланці)	250-300	--
Тверді та міцні породи (кременисті вапняки і пісковики, доломіти, кварцити, іприти)	до 500	--

При бурінні установками роторного типу осьове навантаження створюється обважненими бурильними трубами (ОБТ), які встановлюються у нижній частині бурильної колони. ОБТ призначені для передачі навантаження на долото та забезпечення стійкості бурильної колони в процесі буріння. Довжину колони ОБТ визначають за формулою [21]

$$L = \frac{1,25 \cdot P}{m \cdot \left(1 - \frac{\gamma_p}{\gamma_T}\right)}, \quad (5.1)$$

де P - повне осьове навантаження, Н;

m - вата 1 м.п. ОБТ (див.табл.4.2), кг;

γ_p і γ_T – відповідно щільність промивної рідини і матеріалу труб, т/м³.

$$L = \frac{1,25 \cdot 21,59 \cdot 150}{63,5 \cdot (1 - \frac{1,05}{7,5})} = 74 \text{ м.}$$

Довжину ОБТ приймають кратною довжині ОБТ. В цій роботі приймаємо рівній 71,5 м.

При бурінні неглибоких свердловин осьове навантаження на породоруйнівний інструмент, як правило, створюється за рахунок власної маси колони бурильних труб. У випадках, коли досягти необхідного значення навантаження неможливо, буріння здійснюють при максимально допустимому навантаженні на долото.

Зменшення осьового навантаження (до двох разів) є доцільним у таких умовах: при бурінні свердловин глибиною до 100 м, у тріщинуватих породах, за наявності різких змін міцності порід, при нестабільності механічної швидкості буріння, а також у разі недостатньої продуктивності бурових насосів, що не забезпечують ефективного очищення вибою. Крім того, зниження навантаження рекомендується при проходженні похило залягаючих пластів.

Осьове навантаження необхідно також регулювати з урахуванням ступеня зношення долота. На початковому етапі буріння питоме осьове навантаження для шарошкових доліт повинно становити не менше 2 кН, а у процесі експлуатації, з метою підтримання ефективності руйнування породи, навантаження поступово збільшують - до 2,5–4 кН [20, 21].

На початковому етапі рейсу долото підлягає припрацюванню на вибої протягом 10–15 хвилин при зниженому осьовому навантаженні. Після цього навантаження поступово збільшують до розрахункового значення.

При бурінні тріщинуватих порід осьове навантаження доцільно зменшувати на 20–30 %, оскільки виникнення ударних навантажень може призвести до пошкодження або передчасного виходу долота з ладу.

Частоту обертання долота, хв^{-1} , орієнтовно можна визначити за формулою

$$n = \frac{60 \cdot V_{\text{кол}}}{\pi \cdot D_{\text{д}}}, \dots\dots\dots (5.3)$$

де $V_{\text{кол}}$ – колова швидкість обертання долота, м/с. Приймаємо за табл. 8.1 [21] – 1 м/с.; $D_{\text{д}}$ - діаметр долота, м.

$$n = \frac{60 \cdot 1}{\pi \cdot 0,2159} = 88 \text{ хв}^{-1}.$$

Число обертів долота необхідно зменшувати при збільшенні діаметра долота; зменшення діаметра бурильних труб; збільшенні глибини свердловини; збільшенні абразивності порід; бурінні пластів різної твердості і невеликої потужності, що чергуються.

Фактичну величину обертів долота приймають у відповідності до технічної характеристики вибраної бурової установки.

5.3 Очищення свердловини від шламу та уламків порід при бурінні

Гідравлічний спосіб видалення продуктів руйнування є найбільш поширеним у практиці буріння свердловин і застосовується переважно при роторному способі буріння. Видалення шламу здійснюється за рахунок кінетичної енергії потоку промивальної рідини, яка подається в свердловину під тиском.

Найбільш ефективною та широко використовуваною є схема прямого промивання свердловини, яку і приймаємо в цьому проєкті.

Пряме промивання полягає в наступному: промивальна рідина за допомогою бурового насоса подається із зумпфа в бурильну колону і транспортується до вибою через внутрішню порожнину бурильних труб. Досягнувши породоруйнівного інструменту, рідина охолоджує його та захоплює частинки зруйнованої породи. Далі шлам разом із потоком рідини піднімається на поверхню по кільцевому зазору між стінками свердловини та бурильними трубами (рис.5.1).

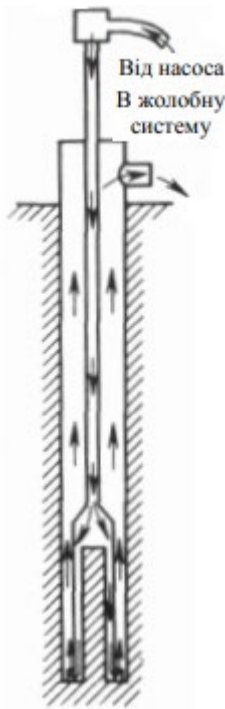


Рисунок 5.1 – Схема прямого промивання свердловини

На поверхні промивальна рідина проходить систему очищення, після чого знову надходить у зумпф для повторного використання. Таким чином, у процесі буріння забезпечується безперервна замкнена циркуляція промивальної рідини, що є необхідною умовою ефективного очищення вибою при роторному бурінні.

При роторному способі буріння свердловини на воду в якості промивної рідини для щільних та стійких порід застосовують воду, для пухких та зруйнованих порід – глиняний розчин, для твердих порід (для зниження їх твердості) водні розчини мінеральних солей. Швидкість циркуляції глиняного розчину має бути не меншою 0,55 м/с [20, 21].

Витрату промивної рідини визначаємо виходячи із умови мінімальної швидкості її руху

$$Q = 0,785 \cdot (D^2 - d^2) \cdot V, \quad (5.4)$$

де D – діаметр свердловини, м;

d – зовнішній діаметр бурильних труб, мм.

$$Q = 0,785 \cdot (0,2159^2 - 0,120^2) \cdot 0,6 = 0,015 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Кількість промивної рідини для буріння однієї свердловини складає

$$W = 2 \cdot W_c, \quad (5.5)$$

де W_c – об'єм свердловини проектної глибини, м^3 .

У нашому випадку $W = 90 \text{ м}^3$.

Маса глини для приготування 1 м^3 глиняного розчину дорівнює

$$m_{\Gamma} = \frac{\gamma_{\Gamma} \cdot (\gamma_{zp} - \gamma_{\text{в}})}{\gamma_{\Gamma} - \gamma_{\text{в}}}, \quad (5.6)$$

де γ_{Γ} – щільність глини, т/м^3 ;

γ_{zp} – задана щільність глиняного розчину, т/м^3 ;

$\gamma_{\text{в}}$ – щільність води, т/м^3 .

$$m_{\Gamma} = \frac{2,5 \cdot (1,05 - 1,0)}{2,5 - 1,0} = 0,083 \text{ т}.$$

Щільність глини в незруйнованому стані знаходиться в межах від 2,2 до 2,8 т/м^3 , а подрібненому – від 1,65 до 1,9.

Поділивши масу глини, розраховану за формулою 5.6 на її щільність отримують витрату групової глини (V_{Γ} , м^3) на 1 м^3 розчину – $0,033 \text{ м}^3$.

Витрату води для приготування 1 м^3 розчину визначаємо за формулою

$$V_g = 1 - V_z. \quad (5.7)$$

$$V_g = 1 - 0,033 = 0,967 \text{ м}^3.$$

Очищення промивальної рідини від вибуреної породи здійснюється у жолобній системі за рахунок гравітаційного осадження твердих частинок. Під час руху глинистого розчину по жолобах частинки породи осідають на дно під дією сили тяжіння, що забезпечує часткове очищення розчину перед його повторною подачею у свердловину [20, 21].

Жолобна система включає жолоби та відстійники, які виготовляють із деревини. Жолоби мають прямокутний поперечний переріз шириною 0,4 м і висотою 0,35 м. Для інтенсифікації процесу осадження на дні жолобів передбачаються перегородки висотою 0,10 м, розташовані з інтервалом 1,5 м. Поздовжній ухил жолобів приймається в межах 0,01 у напрямку від устя свердловини.

Мінімальна довжина жолобної системи встановлюється залежно від глибини свердловини і становить 15–20 м.

Відстійники влаштовуються у вигляді заглиблень у ґрунті з обшивкою дошками. Об'єм приймального відстійника 2,0 об'єми свердловини. Швидкість руху промивальної рідини в жолобах до 0,1 м/с.

6. ОБЛАДНАННЯ СВЕРДЛОВИНИ

6.1 Підбір насосного обладнання свердловини

Діаметр експлуатаційної колони обсадних труб залежить від габаритних розмірів насоса, тому проектування конструкції свердловини неможливе без попереднього вибору водопідйомного обладнання. З метою зменшення діаметра свердловини та обсадних труб доцільно обирати водопідйомне обладнання з меншим діаметром корпусу.

Слід зазначити, що насоси із занурювальним двигуном можуть встановлюватися в трубах, діаметр яких відповідає номінальному діаметру насоса. У свою чергу, насоси з двигуном, розташованим на гирлі свердловини, встановлюються в трубах, діаметр яких на 50 мм перевищує номінальний діаметр насоса.

Під час вибору водопідйомного обладнання для постійної експлуатації необхідно враховувати умови сумісної роботи насоса, свердловини та водопровідної мережі.

Для виконання будівельних і дослідних відкачок переважно застосовують ерліфти та водоструминні установки.

Вибір марки водопідйомного обладнання прийнятого типу здійснюється залежно від дебіту свердловини та необхідного напору, який повинен забезпечувати насос.

Розрахунок потрібного напору визначають за формулою

$$H_n = S + H_{ст.р} + H_{\phi} + h_{с.м} + \sum h + \Delta Z, \quad (6.1)$$

де S – розрахункове зниження рівня води в свердловині, м;

$H_{ст.р}$ – глибина статичного рівня від поверхні землі, м;

H_{ϕ} – потрібний напір біля резервуара ($H_{\phi} = 0,5 - 1$ м), м;

$h_{в.т.}$ – втрати напору у водопідйомних трубах, м;

Σh – втрати напору у водоводі від свердловини до резервуару, м;

ΔZ – геодезична висота подачі, м.

$$H_n = 29 + 63 + 1 + 1,1 + 2 = 96,1 \text{ м.}$$

Втрати напору у водопідйомних та магістральних трубопроводах можна визначати за таблицями Шевелєвих

$$\Sigma h = 1000i \cdot l \cdot (1,05 - 1,10), \quad (6.2)$$

$$\Sigma h = 7,2 \cdot 0,137 \cdot 1,1 = 1,08 \text{ м.}$$

Довжину водопідйомних труб визначають як суму розрахункового зниження рівня води в свердловині, занурення насоса під динамічний рівень та глибини статичного рівня від поверхні землі.

При багаторічній експлуатації свердловини необхідно враховувати втрати напору при експлуатації за рахунок осада на внутрішній поверхні труб в розмірі 5-8 % від манометричного напору.

Максимальний дебіт свердловини визначений у розмірі 24 м³/доб або 0,278л/с.

Для прийнятих умов рекомендується обладнати свердловину глибинним насосом 4SR1.5m / 17 фірми «Pedrollo» з електродвигуном потужністю 0,75 кВт, розрахованим на продуктивність до 1,0 м³/год (рис.6.2) [24].

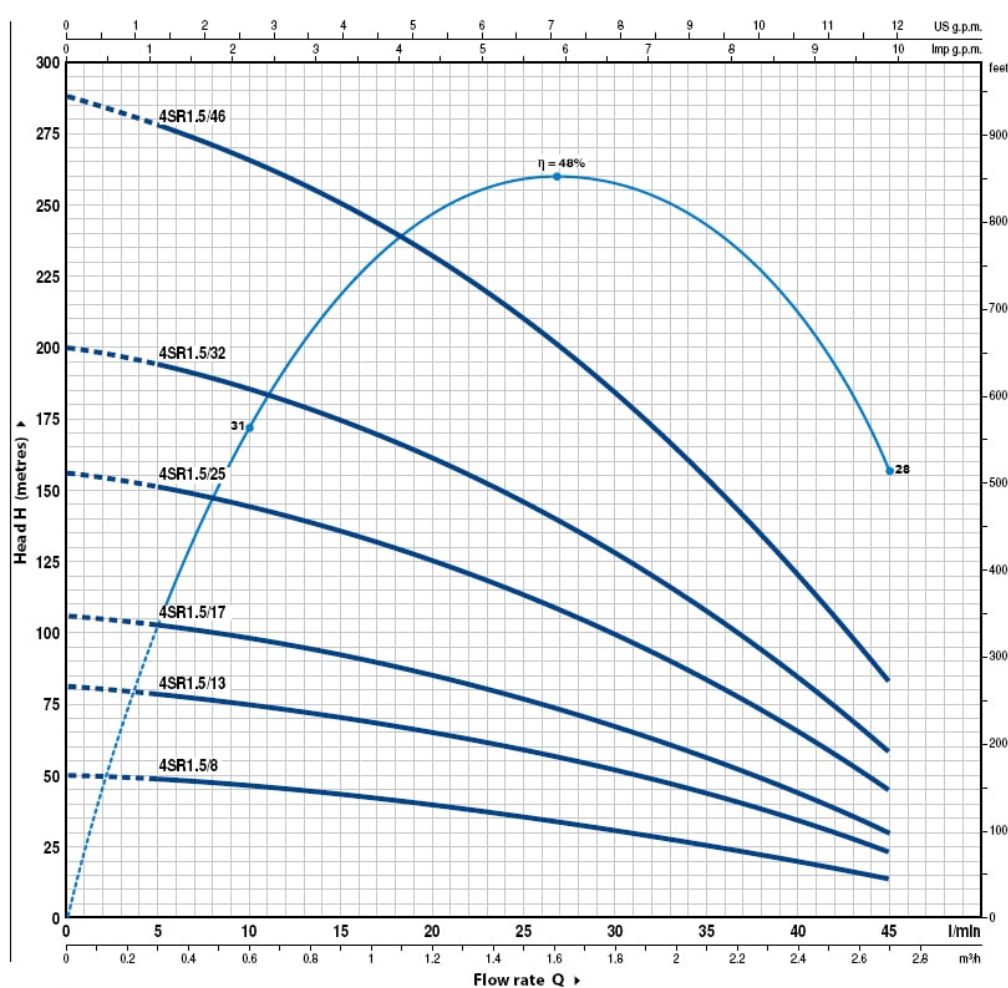
Забір води зі свердловини здійснюється за допомогою напірних поліетиленових труб ПЕ-100 діаметром Ø32 мм типу SDR 11. Загальна довжина труб, передбачена проєктом для свердловини, становить 100 м.

Подача води насосом із витратою, що перевищує максимально допустиму за його робочою характеристикою, категорично забороняється, оскільки це може призвести до руйнування робочих коліс і виходу з ладу електродвигуна. Тиск під

час роботи насоса повинен бути не нижчим за мінімально допустиме значення, визначене його характеристикою.

Робота свердловини передбачається в автоматичному режимі із застосуванням двох гідроакумуючих баків ємністю по 100 л кожен, які встановлюються в колодязі свердловини.

Глибину занурення насоса необхідно визначати з таким розрахунком, щоб рівень пониженого (динамічного) горизонту води знаходився не менше ніж на 1,5 м вище верхньої частини всмоктувальної сітки.



MODEL		POWER P ₂		Q											
Single-phase	Three-phase	kW	HP		m ³ /h	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7
4SR1.5m/8	4SR1.5/8	0.37	0.50	H metres	l/min	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
4SR1.5m/13	4SR1.5/13	0.55	0.75			50	48	46	44	40	36	32	26	20	14
4SR1.5m/17	4SR1.5/17	0.75	1			81	78	75	71	66	59	52	43	33	23
4SR1.5m/25	4SR1.5/25	1.1	1.5			106	102	98	93	86	78	68	56	43	30
4SR1.5m/32	4SR1.5/32	1.5	2			156	151	144	136	127	115	100	83	64	45
4SR1.5m/46	4SR1.5/46	2.2	3			200	193	184	175	162	147	128	106	82	58
						288	277	265	250	233	211	184	153	117	83

Рисунок 7.1 – Напірно-витратна характеристика насоса [24]

6.2 Колодязь свердловини

Обладнання вертикальної свердловини встановлюється разом з оголовком у підземній камері (колодязі) або в наземному павільйоні, що визначається проектними рішеннями, гідрогеологічними умовами та вимогами до експлуатації водозабірних споруд.

Комплекс технологічного обладнання свердловини включає насосний агрегат, контрольно-вимірювальні прилади та допоміжні елементи. У колодязі, запроектованому над свердловиною, передбачається встановлення кульового крана для відбору проб води з метою здійснення регулярного контролю її якості.

Для контролю за роботою насосного агрегату, зокрема за тиском, який створюється насосом у напірному трубопроводі, передбачається встановлення манометра.

На напірному трубопроводі свердловини також передбачено встановлення запірно-регулюючої арматури, а саме: відсікаючої латунної засувки; кульового крана; зворотного клапана, розташованого після водолічильника, що запобігає зворотному руху води в системі.

Для обліку об'єму води, що відбирається зі свердловини, передбачається встановлення водолічильника типу МТК-25.

Для запобігання потраплянню забруднень у свердловину верхній кінець обсадної колони обладнується спеціальним оголовком (рис. 7.2). Конструкція оголовка повинна забезпечувати повну герметичність устя свердловини, що є необхідною умовою захисту підземних вод від поверхневого та техногенного забруднення. Верхня частина оголовка розміщується вище рівня підлоги не менше ніж на 0,5 м, що унеможливує проникнення поверхневих вод, бруду та сторонніх предметів у свердловину [11, 12].

Оголовок свердловини виконує не лише захисну, але й конструктивну функцію. Зокрема, до нього кріпляться основні елементи обладнання, а саме: насосний агрегат або підвіс насосного обладнання; електричний кабель живлення; напірний трубопровід.

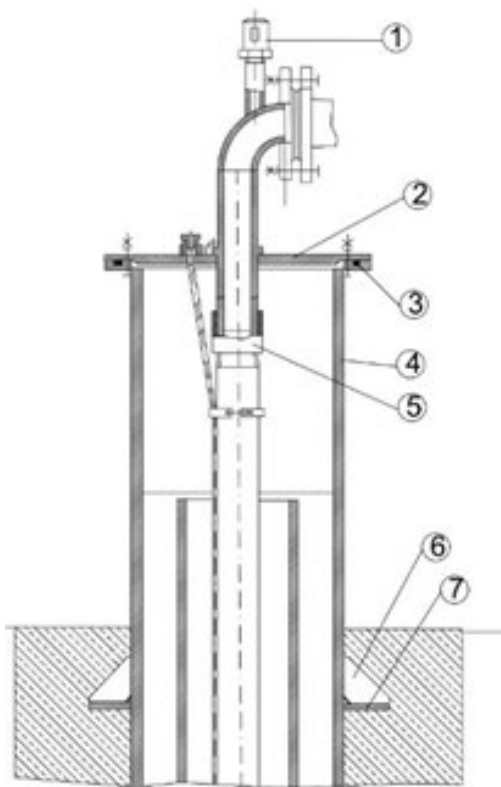


Рисунок 6.2 – Конструкція оголовка свердловини: 1 – кран триходовий для контрольного манометра; 2 – опорна плита оголовка; 3 – кільце гумове ущільнююче; 4 – патрубок оголовка; 5 – втулка; 6 – ребро жорсткості; 7 – кільце

Залежно від умов експлуатації та конструктивних вимог оголовки виготовляються з металу (зокрема чавуну або сталі) або з полімерних матеріалів, що відзначаються корозійною стійкістю та довговічністю.

Застосування герметичного оголовка є обов'язковою умовою забезпечення санітарної надійності свердловини та довготривалої безпечної експлуатації водозабірної споруди.

Даним проєктом передбачається будівництво колодязя над гирлом свердловини для розміщення гідромеханічного обладнання, забезпечення його захисту від зовнішніх впливів, а також створення умов для зручного обслуговування та експлуатації.

Колодязь свердловини запроєктовано із уніфікованих збірних залізобетонних елементів. Конструкція включає: стінові кільця діаметром 1500 мм у кількості 2 шт.; залізобетонні плити днища та перекриття діаметром 1500 мм; горловину з кільця діаметром 1000 мм; перекриття з кришкою та люком, обладнаним гвинтовим замком для обмеження несанкціонованого доступу (рис.6.3).

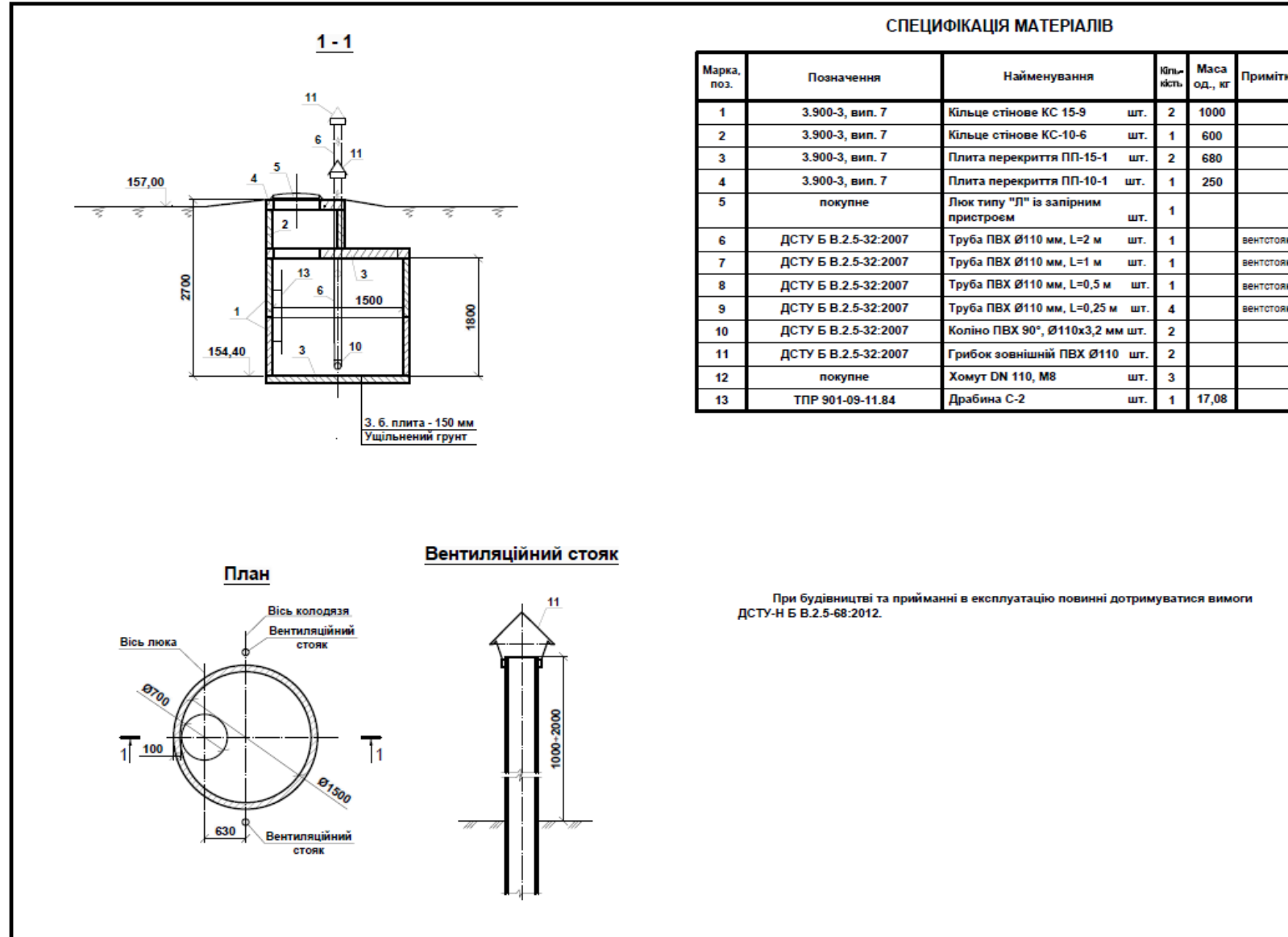


Рисунок 6.3 – Колодязь над свердловиною

Глибина колодязя визначається конструктивними особливостями свердловини та умовами розміщення обладнання і забезпечує захист устя свердловини від промерзання, поверхневих вод і механічних пошкоджень.

Для запобігання накопиченню вологи та утворенню конденсату передбачено природну вентиляцію підземної частини колодязя. Вентиляція здійснюється шляхом встановлення вентиляційних стояків із ПВХ труб діаметром 110 мм, які розміщуються на різних рівнях колодязя для забезпечення ефективного повітрообміну.

Верхні кінці вентиляційних труб виводяться над поверхнею землі та обладнуються захисними ковпаками із сіткою, що запобігає потраплянню атмосферних опадів, пилу, комах і дрібних тварин.

Для підвищення герметичності конструкції стики між залізобетонними елементами ретельно ущільнюються цементним розчином або гідроізоляційними матеріалами. Зовнішня поверхня колодязя, за необхідності, покривається гідроізоляційним шаром.

Робота свердловини передбачається в автоматичному режимі із застосуванням двох гідроакумуючих баків об'ємом по 100 л кожний, які встановлюються в колодязі свердловини (рис. 6.4). Гідроаккумулятори забезпечують підтримання необхідного тиску в мережі та зменшують кількість пусків насоса. Автоматичне керування насосом здійснюється за допомогою реле тиску.

У колодязі над свердловиною передбачено встановлення кульового крана для відбору проб води та манометра для контролю тиску на напірному трубопроводі.

На напірному трубопроводі встановлюються відсічна латунна засувка, кульовий кран і зворотний клапан після лічильника води.

Для обліку об'єму води, що подається зі свердловини, передбачено встановлення лічильника води МТК-25.

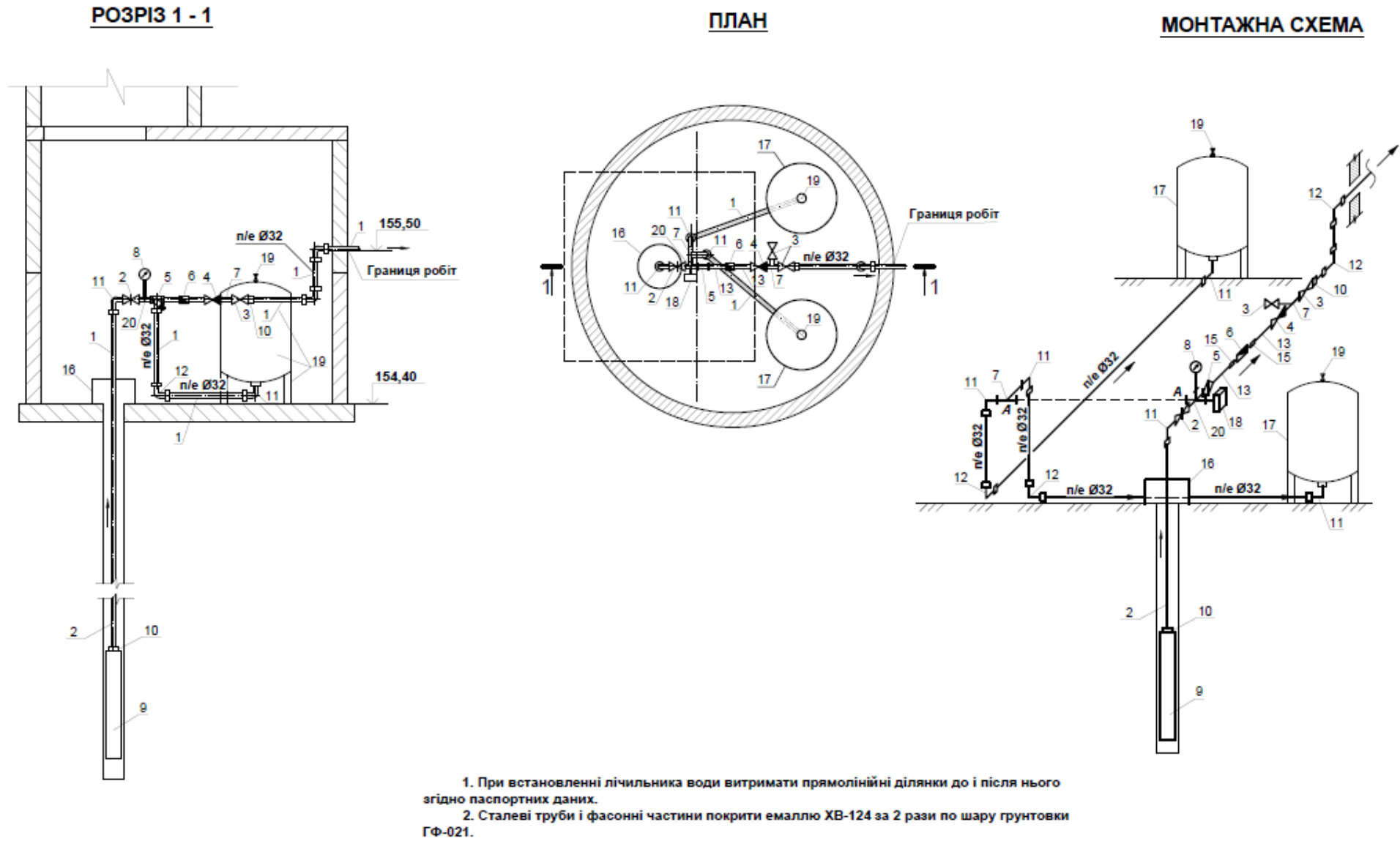


Рисунок 6.4 – Гідромеханічне обладнання свердловини

СПЕЦИФІКАЦІЯ УСТАТКУВАННЯ, ТРУБ, АРМАТУРИ І ФАСОННИХ ЧАСТИН

Марка, поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Маса од., кг	Примітка
1.	ДСТУ EN 12201-2:2018	Труби поліетиленові ПЕ-100 Ø32 типу SDR 11 м	100		
2.	покупне	Засувка латунна Ø25 (1") шт.	1		
3.	покупне	Кран кульовий Ø25 (1") шт.	2		
4.	покупне	Клапан зворотній Ø25 (1") шт.	1		
5.	покупне	Фільтр Ø25 (1") шт.	1		
6.	МТК-25	Лічильник води Ø25 (1") шт.	1		
7.	покупне	Трійник латунний Ø25 (1") шт.	2		
8.	ГОСТ 2405-80	Манометр шт.	1		
9.	покупне	Глибинний насос Pedrollo 4SR2/23 потужністю 1,5 кВт шт.	1		
		Пульт керування глибинним насосом QET 200 шт.	1		
		Трос нержавіючий 6 мм плетіння 7*7 AISI304 (A2) м	100		
10.	покупне	Муфта п/е 3Р Ø32x1" шт.	2		
11.	покупне	Коліно п/е 3Р Ø32x1" шт.	5		
12.	покупне	Коліно п/е Ø32x32 шт.	4		
13.	сталеве н. о.	Патрубок ст. Ø20, L=0,2 м з зовнішньою різьбою шт.	2	0,22	
14.	покупне	Ніпель латунний 3Р Ø25x25 (1") шт.	8	0,2	
15.	покупне	Муфта латунна ВР Ø25 (1") шт.	2	0,2	
16.	покупне	Герметизований оголовок для свердловини Ø140 шт.	1		
17.	покупне	Гідроакумлюючий бак 100 л шт.	2		комплект
18.		Реле тиску шт.	1		
19.		Кран Маєвського шт.	2		
20.		П'ятиходова муфта 1"x1¼" шт.	1		

6.3 Електротехнічне обладнання свердловини

Проектований об'єкт належить до III категорії надійності електропостачання, що допускає перерви в електропостачанні на час, необхідний для відновлення живлення.

Зовнішнє електропостачання розвідувально-експлуатаційної свердловини передбачається від існуючого розподільчого щита РЩ-0,4 кВ, розташованого в

будівлі колективного центру. Живлення здійснюється кабелем марки ВВГ 4×1,5 мм².

Проект виконано на напругу 380 В. Встановлена та розрахункова потужність електроспоживачів становить 1,5 кВт.

Розподіл електричної енергії між споживачами наведено на принциповій електричній схемі розподільчих мереж (рис. 6.4).

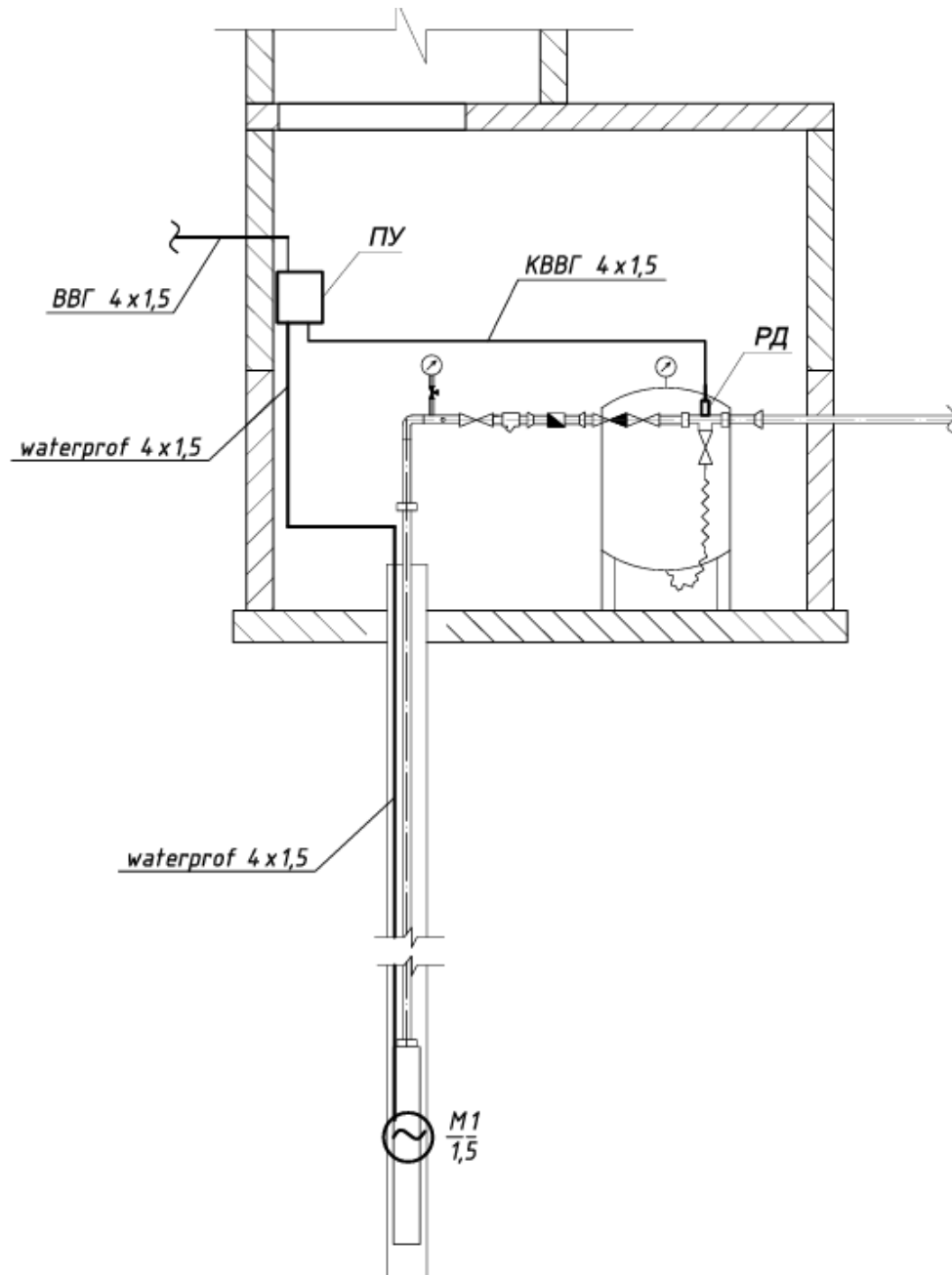


Рисунок 6.4 – Розташування електроустаткування і прокладання електричних мереж в свердловині

Пульт керування насосом свердловини передбачається встановити у колодязі свердловини, що забезпечує компактність розміщення обладнання та зручність експлуатації.

Цим проєктом передбачено виконання наступних електромонтажних робіт:

- прокладання кабелю ВВГ 4×1,5 мм² від існуючого РЩ-0,4 кВ до ящика розподільчого (ЯР);
- встановлення ящика розподільчого (ЯР) у будівлі;
- встановлення у колодязі свердловини пульта керування насосом (ПУ);
- підключення пульта керування до ЯР кабелем ВВГ 4×1,5 мм²;
- підключення насосного агрегату (М1) до пульта керування;
- встановлення та підключення регулятора тиску (РД) гідроаккумуляторів до пульта керування;
- монтаж контуру заземлення;
- виконання системи зрівнювання потенціалів в електроустановках до 1 кВ відповідно до вимог ПУЕ.

Робота свердловини передбачається в автоматичному режимі. Керування насосним агрегатом здійснюється за допомогою гідроакуюлюючих баків ємністю по 100 л, встановлених у колодязі свердловини.

Система автоматизації забезпечує підтримання необхідного тиску в мережі та оптимальний режим роботи насосного обладнання.

Кабель від свердловини до будівлі, в якій розташований розподільчий щит, прокладається в одній траншеї разом із трубопроводом.

Для захисту кабелю передбачається:

- влаштування піщаної постелі;
- укладання сигнальної стрічки над кабелем по всій довжині траси.

Таке рішення забезпечує механічний захист кабельної лінії та підвищує безпеку експлуатації.

Заземлення та електробезпека. Усі металеві частини електрообладнання, які внаслідок пошкодження ізоляції можуть опинитися під напругою, підлягають обов'язковому заземленню.

Контур заземлення складається з: трьох вертикальних заземлювачів із круглої сталі діаметром 16 мм і довжиною 4 м; горизонтального заземлювача зі сталевий смуги перерізом 40×4 мм.

Контур заземлення з'єднується з електрообладнанням. Опір заземлювального пристрою повинен становити не більше 4 Ом у будь-який період року.

Нульовий робочий (*N*) і нульовий захисний (*PE*) провідники повинні бути розділені та не приєднуватися до одного контактний затискача.

7 ЗОНИ САНІТАРНОЇ ОХОРОНИ

Для забезпечення подальшої експлуатації проєктованої розвідувально-експлуатаційної свердловини з метою господарсько-питного водопостачання у робочому проєкті передбачається встановлення зон санітарної охорони (ЗСО), а також розроблення комплексу санітарно-технічних заходів у їх межах. Реалізація зазначених заходів спрямована на збереження фізико-хімічних і бактеріологічних показників підземних вод на рівні, що відповідає вимогам до питної води.

Зони санітарної охорони джерел водопостачання створюються з метою запобігання негативному впливу поверхневих і техногенних забруднень на якість підземних вод.

Відповідно до чинного законодавства України, зокрема [1], організація санітарної охорони джерел водопостачання є обов'язковою.

Згідно з вимогами зазначеного нормативного документа, для всіх джерел і систем господарсько-питного водопостачання встановлюються зони санітарної охорони, які складаються з трьох поясів. Межі цих зон визначаються на основі гідродинамічних розрахунків з урахуванням геологічних і гідрогеологічних умов території розміщення водозабору та підлягають погодженню з органами санітарно-епідеміологічного контролю.

Основними завданнями встановлення зон санітарної охорони є:

- забезпечення населення якісною та безпечною питною водою;
- запобігання надходженню забруднюючих речовин у водоносні горизонти в межах зон охорони;
- збереження стабільності якісного та кількісного складу підземних вод;
- визначення умов раціонального використання підземних вод для господарсько-питних потреб;
- забезпечення належного технічного стану водозабірних споруд і запобігання їх пошкодженню або забрудненню.

7.1. Санітарно-топографічна характеристика території зони санітарної охорони

Проектована розвідувально-експлуатаційна свердловина призначена для забезпечення господарсько-питного водопостачання колективного центру «Гостина» та розташована за адресою: м. Дніпро, Криворізьке шосе, 35.

Відповідно до вимог [1], підземні джерела водопостачання підлягають обов'язковому облаштуванню зон санітарної охорони (ЗСО), які включають три пояси: перший пояс (суворого режиму), другий і третій пояси (обмежень та спостережень). Для кожного з поясів встановлюється відповідний правовий режим згідно з [25].

За результатами натурного обстеження встановлено, що в межах першого поясу ЗСО, відповідно до проєктного генерального плану, відсутні об'єкти та споруди, не пов'язані з функціонуванням водозабірної свердловини. Найближча забудова розташована на відстані понад 30 м. Територія першого поясу підлягає обов'язковому благоустрою, плануванню, огороженню та організації постійної охорони.

До меж другого поясу ЗСО входять як незабудовані ділянки, так і частково забудовані території. Проведене обстеження показало відсутність потенційних джерел забруднення, що можуть негативно впливати на якість підземних вод.

Третій пояс ЗСО охоплює території приватної забудови м. Дніпро, а також окремі незабудовані ділянки. За результатами обстеження встановлено, що в межах цього поясу відсутні джерела забруднення, передбачені нормативними вимогами (пункти 15.3.2 та 15.3.3 [1]).

7.2 Зона санітарної охорони суворого режиму

Водовідбір здійснюється з тріщинуватих гранітів архей-протерозойського віку в інтервалі глибин 110,0–133,0 м. Дебіт свердловини становить 1,0 м³/год при зниженні рівня води 29 м. Експлуатований водоносний горизонт перекритий значною товщею глинистих ґрунтів, що забезпечує його природний захист від поверхневого забруднення. У зв'язку з цим даний горизонт класифікується як захищений. Напрямок руху підземних вод орієнтований у бік долини річки Дніпро.

Межі першого поясу зони санітарної охорони встановлені відповідно до вимог п. 15.2.1.1 [25] для водозаборів, що експлуатують захищені водоносні горизонти. З урахуванням сприятливих гідрогеологічних, санітарних та топографічних умов, радіус зони суворого режиму прийнято рівним 15 м.

Площа першого поясу ЗСО становить 0,07 га.

У межах встановленої території відсутні сторонні об'єкти та споруди, не пов'язані з функціонуванням водозабору. Територія підлягає обов'язковому благоустрою, плануванню та утриманню в належному санітарному стані. Передбачається організація охорони даної ділянки. У разі необхідності облаштування огорожі по межі першого поясу ЗСО виконується за окремим проєктним рішенням.

7.3 Зона санітарної охорони другого поясу

При визначенні меж другого поясу ЗСО положення контуру встановлюється з урахуванням того, що будь-які забруднення, які можуть надійти у водоносний горизонт всередині або за межами цього поясу, не потраплять у водозабір раніше ніж через розрахунковий період роботи свердловини. Це стосується, зокрема, біологічних забруднень, які мають обмежений час виживання у водоносному пласті, та хімічних забруднень, що розраховуються як стабільні.

Межова точка області захоплення підземних вод на заданий час розташована між водозабором та точкою **N**. Положення цієї точки, а також граничні розміри області захоплення вгору за потоком і ширина потоку залежать від тривалості експлуатації водозабору та змінюються з її збільшенням, що враховується при визначенні меж другого та третього поясів ЗСО. Основні параметри, що впливають на розміри зон, позначаються через приведені величини: **T**, **R**, **r** та **d**.

Схема до розрахунку ЗСО для зосередженого водозабору в ізольованому водоносному горизонті, віддаленому від поверхневих водотоків, наведено на рис.7.1.

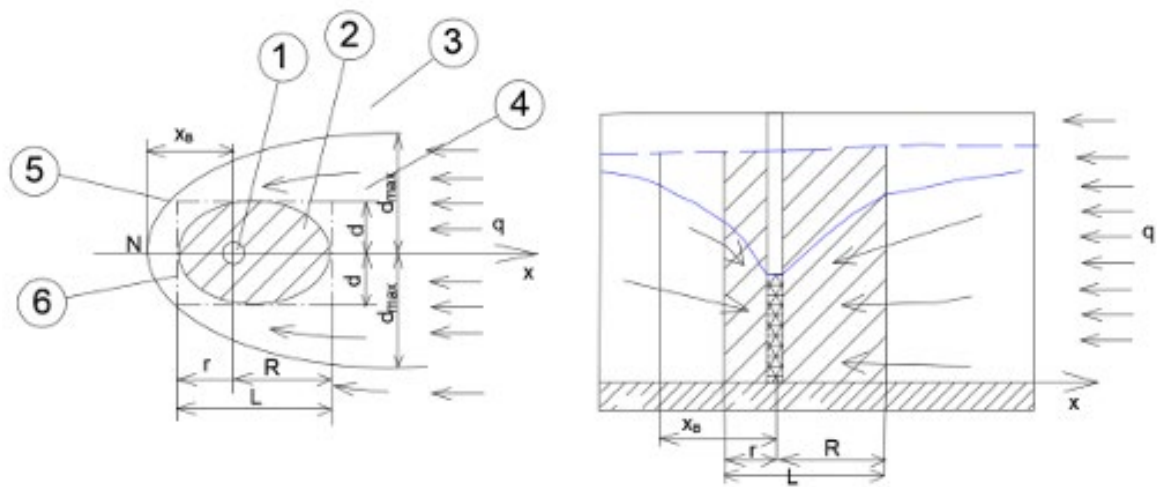


Рисунок 7.1 – Схема до розрахунку ЗСО в необмеженому пласті: 1 – свердловина; 2 – область затоплення (ЗСО); 3 – транзитна область; 4 – область живлення; 5 – гранична лінія току; 6 – межа ЗСО.

Для спрощення розрахунків розмірів зон санітарної охорони залежно від величини приведенного часу **T**, авторами Орадовською А. Є. та Лапшиним Н. Н. були обчислені значення приведених величин **R**, **r** та **d**, результати яких узагальнені в таблиці 7.1.

Для переходу до розмірних значень **R**, **r** і **d** були використані наступні залежності

$$R = R \times X_p = 0,586 \times 166,2 = 97 \text{ м}; r = r \times X_p = 0,417 \times 166,2 = 69 \text{ м};$$

$$d = d \times X_p = 0,494 \times 166,2 = 82 \text{ м}.$$

Таблиця 7.1 - Величини R, r і d у залежності від приведенного часу T

T	R	r	d	T	R	r	d
0,01	0,149	0,135	0,142	5	7,091	0,998	2,415
0,02	0,213	0,187	0,200	6	8,222	0,999	2,522
0,05	0,351	0,284	0,315	7	9,336	1	2,605
0,1	0,517	0,384	0,445	8	10,437	1	2,670
0,2	0,773	0,507	0,626	9	11,528	1	2,722
0,3	0,987	0,589	0,762	10	12,611	1	2,765
0,5	1,358	0,699	0,973	15	17,942	1	2,895
1	2,147	0,842	1,338	20	23,186	1	2,961
2	3,506	0,948	1,789	30	33,543	1	3,025
3	4,750	0,982	2,074	50	54,008	1	3,074
4	5,937	0,994	2,271	100	104,661	1	3,109

Отримані в результаті розрахунку розміри ЗСО II-го поясу для проектованої розвідувально-експлуатаційної свердловини складають:

- вгору по потоку - **97 м**;
- униз по потоку - **69 м**;
- ширина зони - **164 м**.

Площа ЗСО другого поясу для проектованої розвідувально-експлуатаційної свердловини складає 2,1 га.

7.4 Зона санітарної охорони третього поясу

Межі зони санітарної охорони (ЗСО) третього поясу визначаються з урахуванням умови, що у випадку надходження хімічних забруднень у водоносний горизонт за межами цієї зони, вони або не досягнуть водозабору, переміщаючись разом із підземними водами поза область живлення, або досягнуть його не раніше розрахункового часу.

Для третього поясу ЗСО розрахунковий час приймаємо 25 років = 9000 діб.

Величина приведенного часу визначається за відповідною формулою

$$T = \frac{qT}{m\mu X_p} \quad (7.1)$$

де T - час експлуатації водозабору, рівний 9000 діб для ЗСО III-го поясу.

$$T = \frac{0,023 \times 9000}{23 \times 0,019 \times 166,2} = 2,85 \text{ діб.}$$

На основі отриманого значення приведенного часу виконано розрахунок основних параметрів зони (аналогічно до розрахунків другого поясу ЗСО):

радіус поширення зони в напрямку руху підземних вод:

$$R = R_0 \times X_p = 4,563 \times 166,2 = 758 \text{ м;}$$

радіус у зворотному напрямку:

$$r = r_0 \times X_p = 0,977 \times 166,2 = 162 \text{ м;}$$

половина ширини зони:

$$d = d_0 \times X_p = 2,031 \times 166,2 = 337 \text{ м.}$$

Відповідно повна ширина зони становить

$$B = 2d = 674 \text{ м.}$$

Отримані в результаті розрахунків розміри зони санітарної охорони третього поясу для проєктованої розвідувально-експлуатаційної свердловини становлять: вгору за потоком підземних вод – **758 м**; вниз за потоком – **162 м**; ширина зони – **674 м**.

Площа зони санітарної охорони третього поясу становить **$S = 46,5$ га.**

Отримані параметри забезпечують необхідний рівень захисту водозабору від можливого хімічного забруднення протягом розрахункового періоду експлуатації.

На рисунку 7.2 наведено план з нанесеними межами II і III поясів ЗСО.

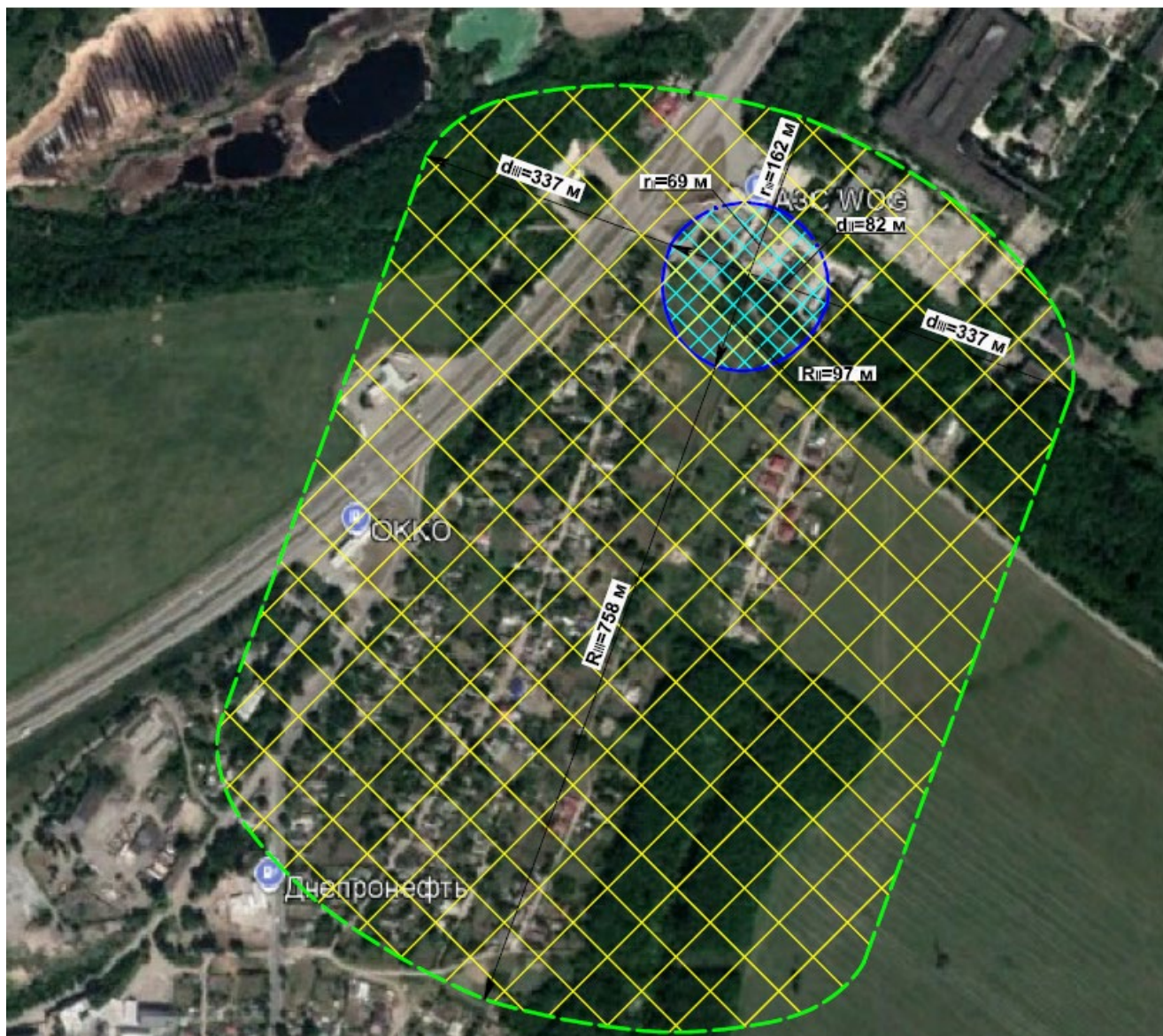


Рисунок 7.2 – План меж II і III поясів ЗСО

7.5 Санітарно-оздоровчі заходи, що повинні проводитися в зонах санітарної охорони свердловини

З метою забезпечення можливості подальшого використання підземних вод даного водоносного горизонту для господарсько-питного водопостачання, а також для попередження та усунення ризиків їх забруднення, у межах кожного поясу зони санітарної охорони (ЗСО) проєктованої розвідувально-експлуатаційної свердловини передбачається впровадження комплексу санітарно-оздоровчих заходів (табл.7.2).

Таблиця 7.2 - Санітарно-оздоровчі заходи в межах ЗСО водозабірної свердловини

№ п/п	Заходи	Виконавець	Термін виконання
1	2	3	4
I-й пояс зони санітарної охорони водозабірної свердловини			
1.	Огородити територію зони суворого режиму і стежити за її збереженням.	БО «Благодійний фонд «Сприяння та розвитку»	2026 р. Постійно
2.	Попередити охорону про заходи щодо утримання зони суворого режиму і недопущення знаходження в межах обгородженої території зони суворого режиму громадян, що не мають відношення до експлуатації водозабірної свердловини.	БО «Благодійний фонд «Сприяння та розвитку»	Постійно
3.	Заборонити усі види будівництва, які безпосередньо не пов'язані з експлуатацією, реконструкцією чи розширенням водозабору	БО «Благодійний фонд «Сприяння та розвитку»	Постійно
4.	Заборонити прокладання трубопроводів різного призначення, за винятком тих, що обслуговують водопровідні споруди	БО «Благодійний фонд «Сприяння та розвитку»	Постійно
5.	Територію зони суворого режиму озеленити, упорядкувати, спланувати для відводу поверхневих вод за межі території першого поясу	БО «Благодійний фонд «Сприяння та розвитку»	2026 р.
6.	Суворо дотримуватися санітарно-технічних вимог до конструкції герметичного оголовку водозабірної свердловини	БО «Благодійний фонд «Сприяння та розвитку»	Постійно
7.	Необхідно регулярно проводити профілактичний огляд водопровідних мереж для своєчасного усунення витоків у підстилаючі ґрунти	БО «Благодійний фонд «Сприяння та розвитку»	Постійно
II-й пояс зони санітарної охорони водозабірної свердловини			
1.	Необхідно регулярно проводити профілактичний огляд водопровідних мереж зі спорудами для своєчасного усунення витоків у підстилаючі ґрунти	Дніпропетровська міська рада	Постійно

1	2	3	4
2.	Виявлення, тампонування (або відновлення) всіх старих, недіючих, дефектних свердловин та джерел, що неправильно експлуатуються і представляють небезпеку в частині можливості забруднення водоносного горизонту	Дніпропетровська міська рада	Постійно
3.	Регулювання буріння нових свердловин відповідно до вимог чинного законодавства	Дніпропетровська міська рада	Постійно
4.	Заборонити закачування відпрацьованих вод у підземні горизонти, підземне складування твердих відходів і розробку надр (для запобігання забрудненню водоносного горизонту)	Дніпропетровська міська рада	Постійно
5.	Заборонити розміщення складів паливно-мастильних матеріалів, отрутохімікатів і мінеральних добрив, накопичувачів промислових стічних вод, шламосховищ та інших об'єктів (для запобігання небезпечному хімічному забрудненню джерел водопостачання)	Дніпропетровська міська рада	Постійно
6.	Заборонити розміщення кладовищ, скотомогильників, споруд з очищення стічних вод (землеробських полів зрошення, асенізації або підземної фільтрації, біологічних ставків), полігонів твердих промислових і побутових відходів, мулових ставків, об'єктів сільськогосподарського призначення (гноєсховищ, силосних траншей, тваринницьких ферм та пташників), а також інших підприємств, що можуть створити загрозу мікробного забруднення джерел водопостачання	Дніпропетровська міська рада	Постійно
7.	Заборонити зберігання і застосування пестицидів та мінеральних добрив	Дніпропетровська міська рада	Постійно
8.	Здійснювати виконання робіт із санітарного благоустрою та водовідведення побутових і виробничих стічних вод, а за неможливості - облаштування водонепроникних вигребів та вжиття спеціальних заходів щодо захисту водоносного горизонту від забруднення.	Дніпропетровська міська рада	Постійно
III-й пояс зони санохорони водозабірної свердловини			
1.	Виявлення, тампонування (або відновлення) всіх старих, недіючих, дефектних свердловин та джерел, що неправильно експлуатуються і представляють небезпеку в частині можливості забруднення водоносного горизонту	Дніпропетровська міська рада	Постійно
2.	Регулювання буріння нових свердловин відповідно до вимог чинного законодавства	Дніпропетровська міська рада	Постійно
3.	Заборонити закачування відпрацьованих вод у підземні горизонти, підземне складування твердих відходів і розробку надр (для запобігання забрудненню водоносного горизонту)	Дніпропетровська міська рада	Постійно
4.	Заборонити розміщення складів паливно-мастильних матеріалів, отрутохімікатів і мінеральних добрив, накопичувачів промислових стічних вод, шламосховищ та інших об'єктів (для запобігання небезпечному хімічному забрудненню джерел водопостачання)	Дніпропетровська міська рада	Постійно

8. КОШТОРИСНА ВАРТІСТЬ

Вартість будівництва водозабірної свердловини є важливою складовою частиною дипломного проєкту, оскільки дозволяє оцінити економічну доцільність реалізації системи водопостачання. Формування загальної вартості здійснюється на основі врахування всіх витрат, пов'язаних із підготовкою території, бурінням свердловини, придбанням матеріалів, монтажем обладнання та проведенням пусконаладжувальних робіт.

Розрахунок вартості будівництва виконано за допомогою програмного комплексу АВК-5, який широко використовується для складання кошторисної документації у будівництві. Детальний кошторис із розбивкою за видами робіт і витрат наведений у додатках до дипломного проєкту.

До складу витрат входять підготовчі роботи, які передбачають планування бурового майданчика, забезпечення під'їздів і підведення тимчасових комунікацій. Наступним етапом є буріння свердловини до проєктної глибини, яке є найбільш витратною частиною робіт і залежить від геологічних умов району, глибини залягання водоносного горизонту та обраної технології буріння. Важливу частину витрат становить також кріплення стінок свердловини обсадними трубами та виконання цементації затрубного простору, що забезпечує герметичність і довговічність споруди.

Значні витрати припадають на матеріали, зокрема обсадні труби, фільтрову колону, гравійну обсіпку та допоміжні будівельні матеріали. Окремою статтею є придбання та встановлення насосного обладнання, яке підбирається відповідно до дебіту свердловини та необхідної продуктивності системи водопостачання. Крім того, враховуються витрати на монтаж водопідйомних труб, встановлення оголовка свердловини та підключення до мережі.

Необхідною складовою є електротехнічні роботи, що включають прокладання кабелів, встановлення шаф керування та підключення насосного агрегату до електромережі. Завершальним етапом є пусконаладжувальні роботи, під час

яких проводиться випробування свердловини, визначення її дебіту, а також перевірка якості води і налаштування обладнання для стабільної експлуатації.

Кошторисний розрахунок проведено у відповідності до чинних кошторисних норм [26-30] і наведено у додатку.

Загальна вартість будівництва свердловини залежить від ряду факторів, серед яких основними є глибина свердловини, складність гідрогеологічних умов, діаметр і конструкція свердловини, тип застосованих матеріалів та обладнання, а також транспортна доступність об'єкта. За результатами виконаних розрахунків встановлено, що загальна вартість будівництва водозабірної свердловини становить 1751,246 тис. грн.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломного проєкту було комплексно вирішено інженерно-гідрогеологічне завдання, що полягає у проєктуванні будівництва розвідувально-експлуатаційної водозабірної свердловини глибиною 133 м у тріщинуватих породах з метою забезпечення стабільного та якісного водопостачання.

На першому етапі роботи було детально проаналізовано природні умови району дослідження. Зокрема, розглянуто геологічну будову території, літологічний склад порід, гідрогеологічні умови та особливості формування підземних вод. Встановлено, що водоносний горизонт приурочений до зони розвитку тріщинуватості кристалічних порід, які характеризуються нерівномірною водоносністю та складними умовами фільтрації. Проведений аналіз дозволив обґрунтувати вибір типу водозабірної споруди та визначити основні параметри свердловини.

У проєкті прийнято безфільтрову конструкцію свердловини, що є доцільною для умов тріщинуватих порід, де роль природного фільтра виконують самі водовмісні породи. Такий підхід дозволяє спростити конструкцію, зменшити вартість будівництва та підвищити надійність експлуатації. Разом із тим, для забезпечення герметичності та захисту водоносного горизонту від забруднення передбачено проведення позатрубної цементації обсадної колони. Це рішення виключає можливість перетоків між водоносними горизонтами та проникнення поверхневих і ґрунтових вод у експлуатаційний інтервал.

Особливу увагу приділено технології буріння свердловини. Обґрунтовано застосування промивки слабким глиняним розчином, який забезпечує стабілізацію стінок свердловини, зменшує ризик обвалів і поглинань, а також сприяє якісному винесенню шламу на поверхню. Вибрана технологія відповідає інженерно-геологічним умовам району та дозволяє забезпечити безперервність бурових робіт і досягнення проєктної глибини.

У межах проєкту виконано розрахунок основних параметрів свердловини, включаючи діаметри буріння, обсадних колон, глибину їх встановлення та конструкцію вибою. Прийняті технічні рішення забезпечують стійкість стовбура свердловини, її довговічність та ефективну роботу протягом усього терміну експлуатації.

Проведено підбір водопідіймального обладнання з урахуванням гідрогеологічних умов, дебіту свердловини та потреб водоспоживача. Для експлуатації прийнято занурювальний насос 4SR1.5m/17 фірми «Pedrollo» з електродвигуном потужністю 0,75 кВт. Обраний насос забезпечує продуктивність до 1,0 м³/год, що відповідає розрахунковим потребам, та характеризується надійністю, енергоефективністю і простотою обслуговування. Це дозволяє забезпечити стабільну подачу води при мінімальних експлуатаційних витратах.

Запроєктовано наземне облаштування свердловини, яке включає встановлення герметичного оголовка та будівництво захисного колодязя над гирлом свердловини. Дані конструктивні елементи забезпечують захист свердловини від механічних пошкоджень, атмосферних впливів і потрапляння сторонніх предметів, а також створюють зручні умови для монтажу та експлуатації насосного обладнання.

Важливим етапом роботи стало обґрунтування заходів з охорони підземних вод. Розраховано зони санітарної охорони водозабору з виділенням трьох поясів: суворого режиму, обмежень та спостережень. Для кожного поясу визначено відповідні обмеження господарської діяльності. Запропоновані заходи спрямовані на запобігання хімічному, бактеріологічному та механічному забрудненню підземних вод, що забезпечує їх відповідність вимогам до якості питної води.

У межах дипломного проєкту також розглянуто питання організації та технології виконання бурових робіт, включаючи підготовку бурової площадки, монтаж бурової установки, послідовність виконання технологічних операцій та заходи з охорони праці. Запропоновані рішення забезпечують безпечне ведення робіт, зниження виробничих ризиків та відповідність нормативним вимогам.

Виконано техніко-економічне обґрунтування проєкту. Загальна кошторисна вартість будівництва свердловини становить 1751,246 тис. грн. Проведений аналіз показав, що прийняті технічні рішення є економічно доцільними, оскільки забезпечують оптимальне співвідношення між капітальними витратами та експлуатаційною ефективністю. Використання сучасного обладнання та раціональних технологічних рішень дозволяє мінімізувати витрати на будівництво та подальше обслуговування свердловини.

Таким чином, у дипломному проєкті розроблено повний комплекс технічних, технологічних, санітарно-екологічних та економічних рішень щодо будівництва водозабірної свердловини. Прийняті рішення відповідають сучасним вимогам у галузі водопостачання, забезпечують надійність, довговічність і безпечність експлуатації споруди.

Отже, розроблений проєкт може бути рекомендований до практичної реалізації для забезпечення господарсько-питного водопостачання, а також як ефективне рішення для освоєння підземних вод у складних гідрогеологічних умовах тріщинуватих порід.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 172 с.
2. Про організацію функціонування єдиної державної системи цивільного захисту в умовах воєнного стану: розпорядження Кабінету Міністрів України від 24.02.2022 № 179-р // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/179-2022-%D1%80> (дата звернення: 27.03.2026).
3. Колодій В.В. Гідрогеологія. – Львів: ВЦ Львів. Нац. унів-ту, 2010. – 368 с.
4. United Nations. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sdgs.un.org/2030agenda> (дата звернення: 27.03.2026).
5. Характеристика природних умов та ресурсів Дніпропетровської області // Географ. – URL: http://www.geograf.com.ua/library/geoinfocentre/21-physical-geography-ukraine-world/282-natural-resources-dniepropetrovsk?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 27.03.2026).
6. Геологія Дніпропетровської області // КТІ. – URL: [Перейти до джерела](#) (дата звернення: 27.03.2026).
7. Люта Н. Сучасний стан і перспективи використання підземних вод водоносного горизонту тріщинуватої зони кристалічних порід (гідрогеологічна область Українського щита) // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія. – 2023. – № 2(101). – С. 111–116. – DOI: <https://doi.org/10.17721/1728-2713.101.16> (дата звернення: 27.03.2026).
8. Український гідрометеорологічний центр. Кліматична характеристика Дніпровського району Дніпропетровської області [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://meteo.gov.ua> (дата звернення: 01.05.2026).
9. Климат Украины / Под ред. М.І. Бабиченко. – К.: Наукова думка, 2021. – 328 с.

10. Агрокліматичний довідник по Дніпропетровській області (1986 - 2005pp.) / За редакцією О.Т. Прохоренко, Т.І. Адаменко. – Дніпропетровськ: Поліграфічний центр ППВКФ „Поліграф-Медіа”, 2011. – 231 с.
11. Водозабірні споруди з поверхневих та підземних джерел: навч. посіб. / Т.П. Хомутецька, В.П. Хоружий. – Київ: КНУБА, 2023. – 288 с.
12. Орлов В.О., Назаров С.М., Орлова А.М. Водозабірні споруди. Навчальний посібник.-Рівне: НУВГП, 2010. – 167с.
13. Hiscock K. M., Bense V. F. *Hydrogeology: Principles and Practice* / K. M. Hiscock, V. F. Bense. – 3rd ed. – Chichester : John Wiley & Sons, 2021. – 768 p.
14. Brassington R. *Field Hydrogeology* / R. Brassington. – 5th ed. – Chichester : John Wiley & Sons, 2023. – 312 p.
15. Schwartz F. W., Zhang H. *Fundamentals of Groundwater* / F. W. Schwartz, H. Zhang. – 2nd ed. – Hoboken : John Wiley & Sons, 2023. – 640 p.
16. Jiang X.-W. et al. Flowing wells: terminology, history and the role in the evolution of groundwater science // *Hydrology and Earth System Sciences*. – 2020. – Vol. 24. – P. 6001–6019.
17. Sale T., Scalia J. *Modern Subsurface Contaminant Hydrology* / T. Sale, J. Scalia. – The Groundwater Project, 2025. – 269 p.
18. Долота шарошкові. Технічні умови (ГОСТ 20692-2003, IDT): ДСТУ ГОСТ 20692 : 2004 – [чинний з 2004-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 9 с. – (Національний стандарт України)
19. ДСТУ 8932:2019. Труби обсадні та муфти до них. Технічні умови. – Чинний від 2021-01-01. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 20 с.
20. Дудля М.А. Техніка та технологія буріння гідрогеологічних свердловин: Підручник / М.А. Дудля, І.О.Садовенко .За ред. акад. НАН України Г.Г. Півняка. - Д., Національний гірничий університет, 2007. - 399с.
21. Буріння свердловин: навч. посіб. [Електронний ресурс] / Є.А. Коровяка, В.Л. Хоменко, Ю.Л. Винников, М.О. Харченко, В.О. Расцветаєв ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Електрон. текст.

- дані. – Дніпро: НТУ «ДП», 2021. – 294 с. – Режим доступу : <http://ntu.org.ua> (дата звернення: 03.05.2026). – Назва з екрану.
22. ДСТУ ISO 10424-1:2013. Нафтова і газова промисловість. Устаткування для роторного буріння. Частина 1. Елементи бурильної колони для роторного буріння (ISO 10424-1:2004, IDT). – Чинний від 2014-07-01. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2013. – 32 с.
23. ДСТУ EN ISO 11961:2021. Нафтова та газова промисловість. Сталеві бурильні труби (EN ISO 11961:2018, IDT; ISO 11961:2018, IDT). – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2021. – 78 с.
24. Pedrollo S.p.A. Занурювальний насос 4SR1.5m/17 [Електронний ресурс] / Pedrollo. – Режим доступу: <https://www.pedrollo.com> – Назва з екрана.
25. Постанова Кабінету Міністрів України від 18 грудня 1998 р. № 2024 «Про правовий режим зон санітарної охорони водних об'єктів» // Офіційний вісник України. – 1998. – № 51.
26. BN01:5010-8744-9592-7634. Кошторисні норми України (КНУ) Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Чинний від 2021-12-31. Вид. офіц. Київ : Мінрегіону, 2021. URL: <https://surl.li/czxvxp> (дата звернення: 10.05.2026).
27. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. На заміну ДБН А.3.1-5-2009 ; чинний від 2017-01-01. Вид. офіц. Київ : М-во регіон. розвитку, буд-ва та житлово-комун. госп-ва України, 2016. 97 с.
28. Кошторисні норми України. Настанова з визначення вартості проєктних, науково-проєктних, вишукувальних робіт та експертизи проєктної документації на будівництво. – Київ : Мінрегіон України, 2021. – 146 с.
29. Кошторисні норми України. Настанова з визначення вартості будівництва : наст. – Київ : Мінрегіон України, 2021. – 183 с.
30. Кабінет Міністрів України. Постанова № 560 від 11 травня 2011 р. «Про затвердження Порядку затвердження проєктів будівництва і проведення їх експертизи» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://surl.lt/sgkryc> (дата звернення: 30.05.2026 р).