

Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
Факультет водогосподарської інженерії та екології  
Кафедра цивільної інженерії, технологій будівництва та захисту довкілля  
Освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр»  
Спеціальність – 192 Будівництво та цивільна інженерія  
Освітньо-професійна програма «Гідротехніка (водні ресурси)»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри цивільної інженерії  
технологій будівництва та захисту довкілля  
професор \_\_\_\_\_ В.Є. Волкова  
«    « \_\_\_\_\_ 2023 р

### КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр»  
Спеціальність – 192 Будівництво та цивільна інженерія  
Освітньо-професійна програма «Гідротехніка (водні ресурси)»  
на тему: « Проектування підземного водозабору  
для водопостачання села Шестірня Широківської  
селищної ради Дніпропетровської області»

Виконав студент

4 курсу, групи БЦІ -1-19 \_\_\_\_\_ Кобець Денис Миколайович  
(підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Любченко Валентина Вікторівна  
(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Дніпро 2023

Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
Факультет водогосподарської інженерії та екології  
Кафедра цивільної інженерії, технологій будівництва та захисту довкілля

Освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр»  
Спеціальність – 192 Будівництво та цивільна інженерія  
Освітньо-професійна програма «Гідротехніка (водні ресурси)»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри цивільної інженерії  
технологій будівництва та захисту довкілля  
професор \_\_\_\_\_ В.Є. Волкова  
\_\_\_\_\_ «2023 р.

## ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студентів  
Кобцю Денису Миколайовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Проектування підземного водозабору для водопостачання села Шестірна Широківської селищної ради Дніпропетровської області» затверджена наказом по університету від « 12 » травня 2023 р. № 862.

2. Термін здачі студентом закінченої роботи: « 05 » червня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: 1) Склад водо споживачів в с. Шестірна. 2) Геологічна характеристика регіону; 3) Плани державних топорізок М1:10 000, М1:5 000. 4) Матеріали топогеодезичних вишукувань, виконаних ТОВ «Технодар- Днепр» в вересні 2020 року. 5) Фондові матеріали ДП «Кри-вбасгеологія». 6) Результати хімічного аналізу води експлуатаційного водоносного горизонту.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): Вступ; 1. Природні умови; 2. Загальна характеристика об'єкту водопостачання; 3. Вибір типу фільтра та його розрахунок; 4. Спосіб буріння та проектна конструкція свердловини; 5. Водопідйомне обладнання свердловини; 6. Визначення зон санітарної охорони; 7. Організація будівництва; 8 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки.

4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Презентація в середовищі Power Point (актуальність, мета, об'єкт, предмет та задачі досліджень; генплан; геолого-літологічний розріз і конструкція свердловини; оголовок та обладнання свердловини; схема деталювання; зага-

льний вигляд водонапірної башти; схема встановлення свердловинного насосу, його робочі характеристики та технічні дані.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ (Любченко В.В.)  
(підпис)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ (Кобець Д.М.)  
(підпис)

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № п. п. | Назва етапів дипломної роботи                      | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|---------|--|--------------------------------|----------|
| 1       | Природні умови                                     | 20.12.2022 р                   |          |
| 2       | Загальна характеристика об'єкту водопостачання     |                                |          |
| 3       | Вибір типу фільтра та його розрахунок              |                                |          |
| 4       | Спосіб буріння та проектна конструкція свердловини |                                |          |
| 5       | Водопідйомне обладнання свердловини                |                                |          |
| 6       | Визначення зон санітарної охорони                  |                                |          |
| 7       | Організація і технологія будівництва               |                                |          |
| 8       | Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях  |                                |          |
|         | Оформлення пояснювальної записки, презентації      |                                |          |
|         | Вступ  |                                |          |
|         | Висновки   | 05 червня 2023 р.              |          |

Студент \_\_\_\_\_ (Кобець Д.М.)  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ (Любченко В.В.)  
(підпис)

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| ВСТУП.....  | 6  |
| 1 ПРИРОДНІ УМОВИ .....  | 8  |
| 1.1 Кліматичні умови.....   | 8  |
| 1.2 Геоморфологічна характеристика .....                              | 10 |
| 1.3 Геологічні і гідрогеологічні умови.....                           | 12 |
| 2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ВОДОПОСТАЧА-<br>НЯ.....             | 15 |
| 2.1 Розрахунок максимально-добового водоспоживання в с. Шестірна..... | 16 |
| 2.2 Водонапірна башта.....  | 21 |
| 3 ВИБІР ТИПУ ФІЛЬТРА ТА ЙОГО РОЗРАХУНОК.....                          | 23 |
| 3.1 Вибір типу фільтра.....   | 23 |
| 3.2 Вибір діаметра і довжини фільтра.....                             | 24 |
| 3.3 Вибір гравійної обсіпки .....                                     | 25 |
| 3.4 Визначення кількості гравію.....                                  | 26 |
| 4 СПОСІБ БУРІННЯ ТА ПРОЕКТНА КОНСТРУКЦІЯ СВЕРДЛОВИНИ.....             | 27 |
| 4.1 Підбір обсадних труб.....   | 27 |
| 4.2 Визначення діаметру свердловини.....                              | 28 |
| 5 ВОДОПІДЙОМНЕ ОБЛАДНАННЯ СВЕРДЛОВИНИ.....                            | 29 |
| 5.1 Розрахунок зниження рівня води в свердловині.....                 | 29 |
| 5.2 Вибір насосно-силового обладнання свердловини.....                | 31 |
| 6 ВИЗНАЧЕННЯ ЗОН САНІТАРНОЇ ОХОРОНИ .....                             | 37 |
| 7 ОРГАНІЗАЦІЯ І ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВНИЦТВА.....                           | 42 |
| 7. 1 Розміщення і монтаж обладнання на будівельному майданчику .....  | 42 |
| 7.1.1 Схема буріння свердловини за допомогою промивної рідини.....    | 44 |
| 7.1.2 Очистка глинистих розчинів.....                                 | 45 |
| 7.1.3 Інструмент для буріння.....                                     | 47 |
| 7.2 Визначення параметрів режиму буріння.....                         | 48 |
| 7.2.1 Визначення осьового навантаження на долото.....                 | 48 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 7.2.2 | Визначення швидкості буріння.....                      | 49 |
| 7.2.3 | Визначення кількості і якості промивної рідини.....    | 50 |
| 7.2.4 | Кріплення свердловини обсадними трубами.....           | 51 |
| 7.3   | Цементация свердловини за допомогою двох пробок.....   | 53 |
| 7.3.1 | Обладнання для цементациі свердловин.....              | 55 |
| 7.3.2 | Розрахунок цементациі свердловини.....                 | 56 |
| 8     | ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ..... | 58 |
| 8.1   | Заходи безпеки в будівництві.....                      | 58 |
| 8.2   | Вимоги безпеки при бурових роботах.....                | 59 |
|       | ВИСНОВКИ.....  | 61 |
|       | СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....                    | 63 |
|       | ДОДАТКИ.....   | 67 |

## ВСТУП

Через війну, руйнування греблі Каховської ГЕС рашистами, у містах і селах Криворізького району ускладнений доступ до питної води; без неї в Україні залишилися близько 700 тисяч людей. З 8 червня припинилося водопостачання з Каховського у «Південне» водосховище, яке забезпечувало водою 70% міста Кривого Рогу.

Проведеними аналізами води в річці Інгулець, виявили перевищення допустимих норм небезпечних речовин. Тому, цю воду і як технічну, жителям села Шестірня заборонено використовувати, в тому числі і, для поливу присадибних ділянок.

Михайло Яцюк зазначив:[26] «Водозабори, які були прив'язані до Каховського водосховища, не працюють після підризу ГЕС і після того, як вода зійшла. Маються на увазі водозабори Дніпропетровської, Херсонської та Запорізької областей. В тому числі ми знаємо, що на Дніпрі знаходиться водозабір міста Миколаєва. Він також затоплений та не працює і постає багато питань щодо його відновлення, працездатності, забезпечення Миколаєва також питною водою. Ми можемо говорити про те, що вже є ситуація, яка призвела до такого прямого впливу, а є ще ситуація, яка буде мати довготривалий вплив. Оскільки розуміємо, що ті ж системи Північно-Кримського каналу, Новокаховського магістрального каналу, Дніпро-Кривий Ріг не працюють і вода жителям не буде подаватися». Отже, необхідно мати незалежне водопостачання, локальне, в межах одного села, якщо дозволяють гідрогеологічні умови.

Підземні води є цінним джерелом оскільки вони, як правило, хорошої якості і надійно захищені від забруднення та засмічення.

Належним чином спроектовані системи видобутку підземних вод можуть забезпечити сталий та ефективний видобуток без шкоди для якості водопостачання.

Мета та переваги проектування системи підземного водозабору: проектування системи забору підземних вод слугує декільком важливим цілям, включаючи захист якості води, зменшення впливу на навколишнє середовище та забезпечення надійного і сталого джерела води. Розташування водозаборів ретельно розраховуються, щоб уникнути впливу хімічного забруднення та засмічення. Крім того, існують правила і норми для захисту підземних вод від забруднення, виснаження та інших шкідливих впливів.

Кваліфікаційною роботою передбачено виконати будівництво водозабору у вигляді водозабірних свердловин (3 робочі + 1 резервна) для подачі води в розвідну водопровідну мережу села для господарсько-питних потреб населення та розрахувати водонапірну башту (висота 18 м, ємкість баку 100 м<sup>3</sup>).

Об'єкт досліджень – водозабір, у складі якого свердловини для водопостачання с. Шестірня, які використовується для господарсько-питних потреб населення.

Об'єкт проектування має соціальне значення – забезпечення населення водою, об'єкт не виробничого призначення, тому дані про ефективність капітальних вкладень не визначатимуться.

Предмет досліджень – заходи щодо проектування та будівництва підземного водозабору для централізованої системи водопостачання в селі.

# 1 ПРИРОДНІ УМОВИ

## 1.1 Кліматичні умови

Клімат Криворіжжя помірено -континентальний. Середньорічна температура повітря становить +8,7 градусів. Мінімальна температура повітря припадає на лютий і досягає -35 градусів, найвища (понад+40) – спостерігається у липні. Максимальна глибина промерзання ґрунту – 1 м, мінімальна – 0,5м. Норма річних опадів в басейні 400-450мм. Невелика кількість атмосферних опадів, значна частина яких випадає у вигляді злив, а також підвищене випаровування і великий дефіцит вологи є несприятливим фактором для накопичення запасів ґрунтових вод. Переважають східні і північно-східні вітри, що дують зі швидкістю 5м/с. Іноді бувають урагани зі швидкістю вітру до 209 м/с.

Таблиця 1.1 – Кліматичні умови [ 25 ]

| Показники                  | Січня | Лютий | Березень | Квітень | Травень | Червень | Липень | Серпень | Вересень | Жовтень | Листопад | Грудень |
|----------------------------|-------|-------|----------|---------|---------|---------|--------|---------|----------|---------|----------|---------|
| Середня температура °С     | -2,2  | -0,9  | 3,8      | 10,8    | 17,4    | 21,6    | 24,2   | 23,9    | 17,7     | 10,6    | 4,8      | 0,4     |
| Мінімальна температура °С  | -5    | -4,3  | -0,6     | 5,2     | 11,5    | 16,1    | 18,7   | 18,4    | 13       | 6,7     | 2        | -2      |
| Максимальна температура °С | 0,4   | 2,5   | 8,3      | 15,9    | 22,5    | 26,4    | 29     | 29      | 22,5     | 14,7    | 7,6      | 2,8     |
| Опади, мм                  | 39    | 32    | 42       | 44      | 57      | 60      | 44     | 38      | 43       | 35      | 40       | 40      |
| Вологість (%)              | 83    | 78    | 72       | 63      | 57      | 56      | 54     | 50      | 58       | 69      | 81       | 82      |
| Дощові дні (d)             | 6     | 5     | 7        | 6       | 8       | 7       | 5      | 4       | 5        | 4       | 5        | 6       |



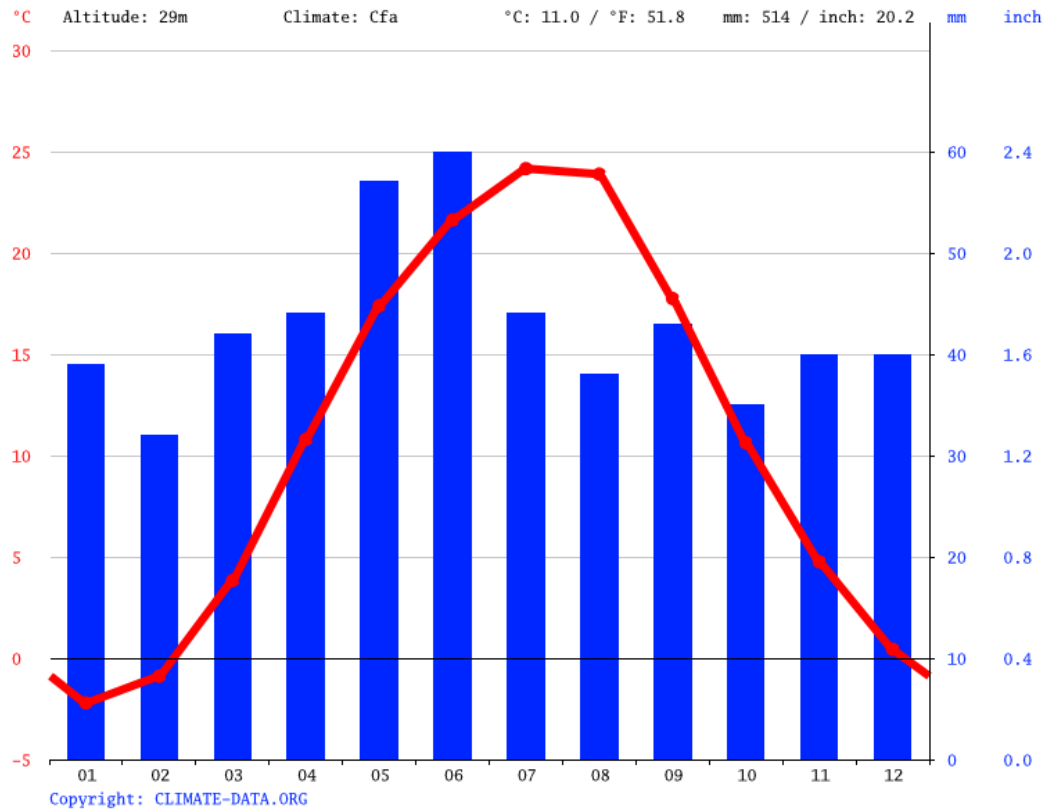


Рисунок 1.2 - Графік середньомісячних опадів по селу Шестерня [25]

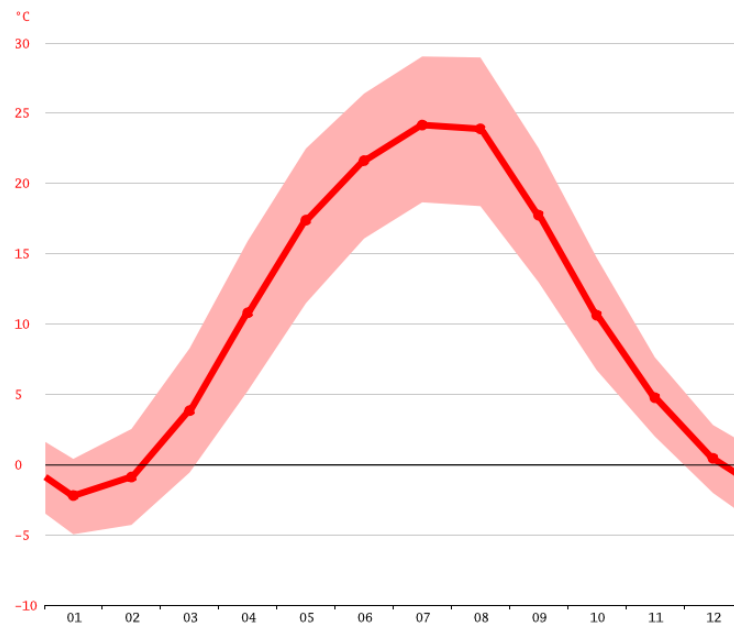


Рисунок 1.3 – Графік середньо місячної температури села Шестерня [1]

## 1.2 Геоморфологічна характеристика

Криворізький басейн розташований на кордоні прибережної зони Південно – Українського неогенового басейну і Полтавської берегової низини.

Вододільний простір між долинами Інгульця і Саксагані в основному являє собою залишки Стародавнього пенеплену, зверху покритого осадовою товщею порід. Поверхня цього району полого спускається на південь, де висоти зменшуються на 120-150 м, порівняно з верхів'ями Інгульця і Саксагані. Нерівна поверхня докембрійського комплексу порід Криворізького басейну знівельована відкладенням четвертинного і третинного часів.

У третинний період Саксаганська смуга кристалічних порід підвищувалась серед загального рельєфу південних відрогів Українського кристалічного масиву. Тому третинні породи не мають суцільного покрову, а розташовані у вигляді плям або смуг, що місцями вигинаються біля підніжжя Криворізької залізорудної гряди.

В геоморфологічному відношенні басейн можна розділити на вододільне плато і річні долини. Вододільне плато розташоване в межах Саксагані та Інгульця. По периферії, ближче до корінних берегів річок, плато глибоко прорізується системою балок і ярів.

Саксаганська серія порід в третинний час являла собою ланцюг скельних бескидів, що підпали під дію палеогенових і неогенових морів.

Утворена долина Саксагані та Інгульця розпочалось вірогідно, ще у до-третинний час. Схили берегів долини Саксагані складені корінними породами – то круті оголення, то похилі, добре задерновані. Тераси долини Саксагані розвинені у рельєфі досить слабо. Одна лише надзаплавна тераса розповсюджена скрізь. Ширина її різко коливається від кількох десятків метрів до 2-х, а місцями і більше кілометрів. Абсолютні відмітки тераси від +30 до +50м.

У долині Інгульця нижня перша або надзаплавна тераса виражена дуже добре. Вона тягнеться практично вздовж всього русла річки, місцями її ширина досягає кількох кілометрів. Складена вона пісчано-глинистим алювієм потужністю 1,5-3,1 м. Місцями алювіальні відкладення зовсім відсутні. Під алювієм залягають міоценові відкладення, а на окремих ділянках-давні кристалічні породи.

Друга тераса вкрита шаром лесовидних суглинків потужністю 3-5м. Іноді вони підстеляються темно – брунатними суглинками товщиною до 1,5 м, над ним знаходяться піски з галечником потужністю 6-7м. У підвалинах тераси залягає буро-вугільна серія порід. Друга тераса, не утворюючи суцільну смугу, розвинена на обох берегах р. Ігулець, але на лівій стороні більше. По віку пісчаний варіант тераси слід вважати новов'юрмським а лесовидний палеов'юрським.

Третя тераса (друга надзаплавна) морфологічно мало виражена. Поверхня її рівна зі слабим нахилом до річки. Складена вона пісками, зверху покрита лесовидними суглинками. Трохи вище Кривого Рогу відмітки поверхні цієї тераси коливаються в межах 50-60 м. Описані три тераси спостерігаються практично по всій долині Інгульця. Четверта тераса добре проявлена у південній частині долини Інгульця на висотах, які в середньому досягають 35м над рівнем моря. По зовнішньому краю четвертої тераси місцями збереглися червоно-бурі глини. По висоті четверта Ігулецька тераса, вірогідно, відповідає градіжській терасі середньої течії Дніпра.

Долина річки Ігулець давня за генезисом ( з початку кайнозою) має асиметричну будову на всьому простяганні - праві борти вищі та крутіші за ліві. В південній частині русло річки утворює багаточисленні великі меандри. За формою долина річки скринеподібна.

Село Шестерня розташоване на півдні Дніпропетровської області. Воно розташоване на лівому березі річки Ігулець і має переважно рівнинний рельєф. Сама річка Ігулець знаходиться на півдні України і є правою притокою річки Дніпро (басейн Чорного моря).

Селище займає площу 3,049 км<sup>2</sup>. Висота над рівнем моря: 51 м.

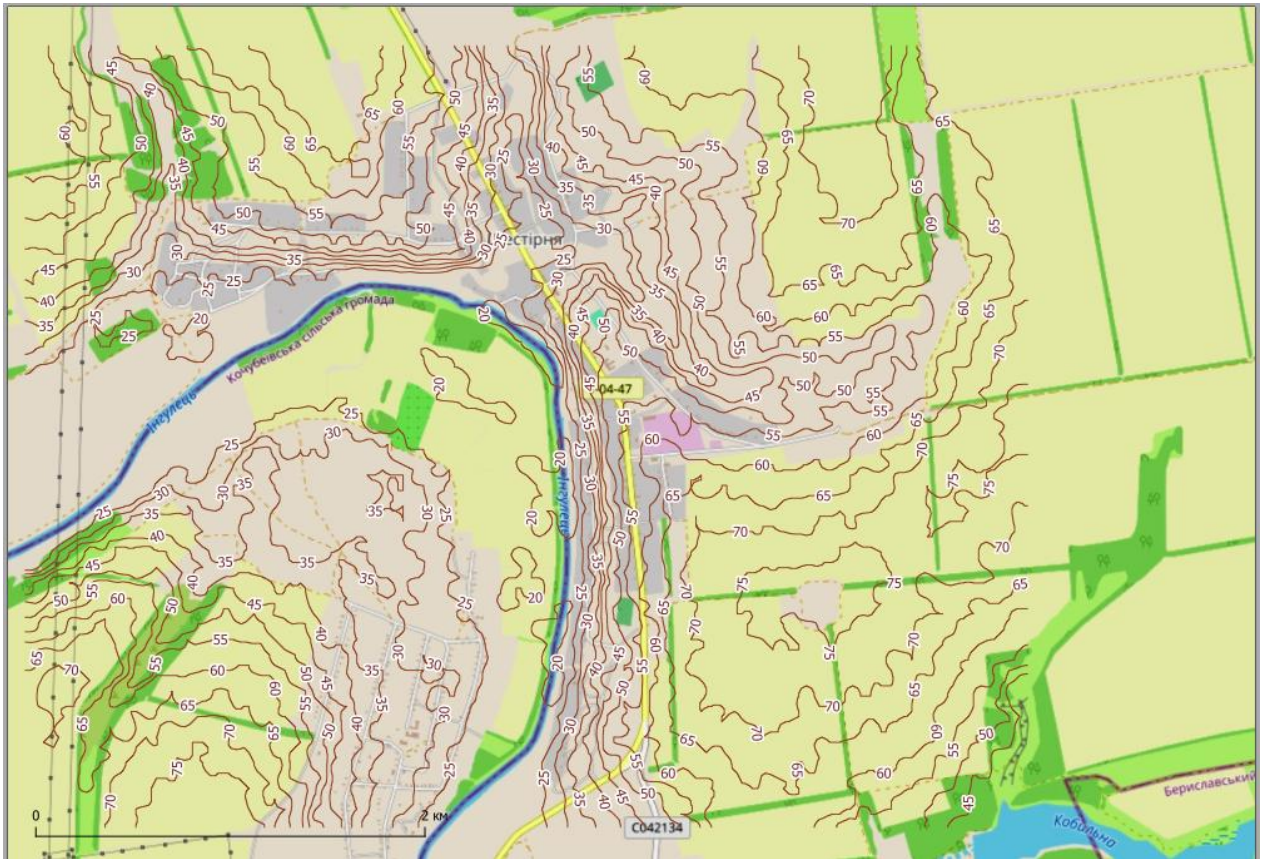


Рисунок 1.4 – Геоморфологічна характеристика села

### 1.3 Геологічні і гідрогеологічні умови

Криворізький басейн розташований в центральній частині Українсько-го кристалічного масиву, головним чином, в басейні річки Інгулець. Падіння місцевості з півночі на південь. Абсолютні відмітки басейну такі: в районі рудника «Жовта річка»-142 м, рудника «Першотравневий»-120 м, рудника «Інгулець»-60 м.

Таким чином на протязі 90 км падіння висоти досягає 70 м.

Північна зона басейну прорізана ерозійною мережею балок і ярів, що тягнуться до річки Жовта та верхів'я Саксагані. Середня ділянка басейну тяжіє до водозбору Саксагані, південна - до долини Інгульця.

Середня і північна зона характеризуються пересічним рельєфом, південна (від злиття Саксагані з Інгульцем) обумовлена нахилом місцевості і геотектонічною структурою.

Річка Саксагань є лівою притокою Інгульця. Який в свою чергу є правою притокою Дніпра.

Криворізький залізорудний басейн в адміністративному відношенні входить до складу Дніпропетровської області. Він розташований на відстані 100 км на захід від річки Дніпро і 180-200 км від Чорного моря. Площа, яку займає басейн становить 300 квадратних кілометрів і знаходиться між 47 градусів 38 хвилин 22 секунд північної широти з півдня і 48 градусів 32 хвилин 30 секунд північної широти з півночі.

В межах Криворізького басейну знаходяться долини річок Жовта, Саксагань та Інгулець. Загальний характер місцевості рівнинний з значним нахилом до півдня. Однак наявність річкових долин, системи балок і ярів, що розчленовують рудоносну зону, надають поверхні Криворіжжя відносно нерівного характеру. У фізико - географічному відношенні Кривбас ділиться на три райони: північний (Жовторіченський), центральний (Саксаганський) та південний (Інгулецький).

Північний район приурочений до долини річки Жовта (притока Інгульця) загальна протяжність району від с. Жовте на півночі до с. Іскрівка на півдні – до 30 км).

Центральний район, довжиною близько 30 км, розташований в долині річки Саксагань – від с. Сергіївка на півночі до її впадіння в річку Інгулець. Інгулецький район площею 20 квадратних кілометрів розташований вздовж долини річки Інгулець.

По результатам дослідної відкачки в с. Шестірня дебіт свердловини склав  $3,45 \text{ м}^3/\text{год}$ ;  $H_{\text{ст.}}$ - 6,5 м;  $H_{\text{дин.}}$ - 8,9 м, коефіцієнт фільтрації- 7, 6 м/добу. Зниження 2, 4 м. Водоносний горизонт напірний.

За хімічним аналізом рН 7,92 ; загальна жорсткість  $5,71 \text{ ммоль}/\text{дм}^3$ ; сухий залишок  $798,33 \text{ мг}/\text{дм}^3$ .

За показниками проба води питної із свердловини відповідає вимогам ДСанПін 2.2.4.171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».

## 2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Село Шестірна Криворізького району розташоване вздовж берегів р.Інгулець (басейн р. Дніпро). Межує на півночі з Широківською селищною радою, на заході з Андріївською сільською радою, на півдні - з Високопільським районом Херсонської області. Відстань до с.м.т. Широке 16 км.

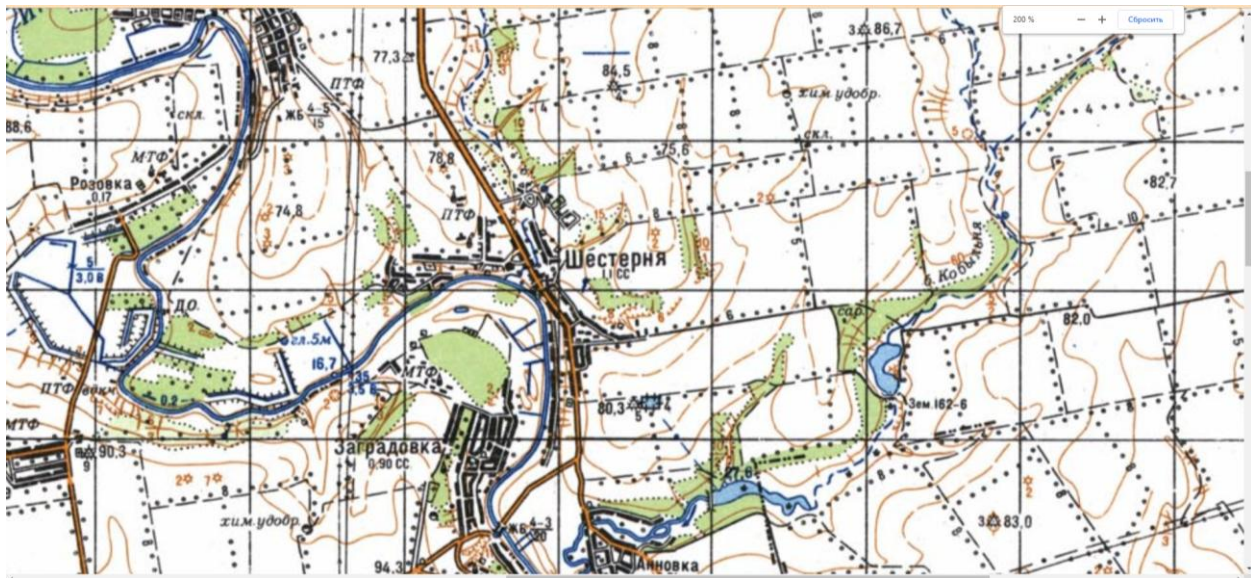


Рисунок 2.1 – Оглядова схема

Згідно з легендою, записаною у 19 столітті, поселення було засноване на початку 17 століття або раніше, козаком Шестірньою, прозваним так за шість пальців на одній з його рук. Колишні запорожці жили як незалежна громада і описані як "чорноморські козаки та їхні сім'ї" згідно з Сповідною книгою 1793 року.

Населення села забезпечується питною водою із шахтних колодязів, але дебїти колодязів не задовольняють потреб населення і якість води не відповідає нормам.

## 2.1 Розрахунок максимально-добового водоспоживання в с. Шестірна

В селі Шестірна основними категоріями водо споживачів є : населення, яке використовує воду для господарсько-питних потреб; суспільний сектор: школа, садок, поліклініка, будинок культури;

Чисельність населення с. Шестірна складає 987 чоловік. У селі знаходиться школа на 100 учнів, дитячий садок на 30 дітей, будинок культури на 50 чоловік.

Кількість води, що споживається одиницею споживача в середньому за добу на рік (питоме середньодобове водоспоживання), визначається згідно з вимогами ДБН В.2.5-74:2013 [1].

Питоме середньодобове водоспоживання населення (л/добу на чол.) залежить від кліматичних умов, продуктивності та якості джерела водопостачання, поверховості будівлі та місцевих умов. Залежно від ступеня благоустрою будівлі середньодобове водоспоживання визначається згідно з вимогами ДБН В.2.5-74:2013 [1].

Кількість води на потреби та непередбачені витрати місцевої промисловості (Комунально-господарський сектор), що обслуговує населення, приймається в розмірі -10% від загального водоспоживання на господарсько-питні потреби населеного пункту [1].

Розрахункові добові витрати води на потреби населення визначають за формулою

$$Q_{доб} = \frac{q \cdot N}{1000} , \quad (2.1)$$

де  $q$  - питомі витрати води. л/ добу на одного жителя;

$N$  – розрахункова кількість жителів, чол.



Розрахункові витрати води на добу найбільшого водоспоживання визначають за формулою

$$Q_{\text{добмах}} = K_{\text{добмах}} \cdot Q_{\text{доб}}, \quad (2.2)$$

де  $K_{\text{добмах}}$  - коефіцієнт добової нерівномірності;

$Q_{\text{доб}}$  - середня добова витрата води, м<sup>3</sup>/добу.

Всі розрахунки добового споживання води зведені у табл. 2.1.

$$Q_{\text{доб.мах}} = 206,58 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Розрахункові годинні витрати води визначають за формулами:

максимальні

$$Q_{\text{добмах}} = K_{\text{гмах}} \frac{Q_{\text{добмах}}}{24}; \quad (2.3)$$

мінімальні

$$Q_{\text{годмін}} = K_{\text{гмін}} \frac{Q_{\text{добмін}}}{24}, \quad (2.4)$$

Таблиця 2.1- Водоспоживачі села Шестірна

| Найменування споживачів                | Одиниці виміру | Кількість споживачів | Норма водоспоживання л/добу на одного жителя | Середньодобове водоспоживання, м <sup>3</sup> | Коефіцієнт добової нерівності | Максимально добове водоспоживання, |
|--|----------------|----------------------|--|---|-------------------------------|------------------------------------|
| <b>Комунально-господарський сектор</b> |                |                      |  |   |                               |                                    |
| Забудова будівлями, об-                | чоловік        | 987                  | 150  | 148   | 1,2                           | 177,6                              |

|  |       |      |     |       |     |        |
|--|-------|------|-----|-------|-----|--------|
| ладнаними водопроводом, каналізацією і ваннами і місцевими водонагрівачами |       |      |     |       |     |        |
| Невраховані витрати 10%  |       |      |     |       |     | 17,8   |
| Разом  |       |      |     |       |     | 195,4  |
| <b>Індивідуальне тваринництво</b>  |       |      |     |       |     |        |
| Велика рогата худоба   | голів | 25   | 65  | 1,625 | 1,2 | 1,95   |
| Коні   |       | 4    | 55  | 0,22  | 1,2 | 0,26   |
| Свині  |       | 100  | 8   | 0,8   | 1,2 | 0,96   |
| Птиця  |       | 1400 | 0,8 | 1,12  | 1,2 | 1,34   |
| Невраховані витрати 10%  |       |      |     |       |     | 0,45   |
| Разом  |       |      |     |       |     | 4,96   |
| <b>Суспільний сектор</b>   |       |      |     |       |     |        |
| Школа  |       | 100  | 15  | 1,5   | 1,2 | 1,8    |
| Садок  |       | 30   | 75  | 2,25  | 1,2 | 2,7    |
| Поліклініка  |       | 25   | 15  | 0,37  | 1,2 | 0,44   |
| Будинок культури   | ку-   | 50   | 12  | 0,6   | 1,2 | 0,72   |
| Разом  |       |      |     |       |     | 5,66   |
| Невраховані витрати 10%  |       |      |     |       |     | 0,56   |
| Всього по селу   |       |      |     |       |     | 206,58 |

Для визначення максимального водоспоживання за годинами доби складають табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Розрахунок максимального добового водоспоживання за годинами доби

| Години доби | Комунально господарський сектор |                | Суспільний сектор |                |       |                |             |                |                  |                | Сумарне водоспоживання | Разом по селу | Ордината інтеграції кривої |
|-------------|---------------------------------|----------------|-------------------|----------------|-------|----------------|-------------|----------------|------------------|----------------|------------------------|---------------|----------------------------|
|             |                                 |                | школа             |                | садок |                | поліклініка |                | будинок культури |                |                        |               |                            |
|             | %                               | м <sup>3</sup> | %                 | м <sup>3</sup> | %     | м <sup>3</sup> | %           | м <sup>3</sup> | %                | м <sup>3</sup> |                        |               |                            |
| 0-1         | 0,6                             | 1,2            |                   |                |       |                |             |                |                  |                | 1,2                    | 0.57          | 0.57                       |
| 1-2         | 0,6                             | 1,2            |                   |                |       |                |             |                |                  |                | 1,2                    | 0.57          | 1.14                       |
| 2-3         | 1,1                             | 2,2            |                   |                |       |                |             |                |                  |                | 2,2                    | 1.06          | 2.2                        |
| 3-4         | 1,1                             | 2,2            |                   |                |       |                |             |                |                  |                | 2,2                    | 1.06          | 3.26                       |
| 4-5         | 3                               | 6              |                   |                |       |                |             |                |                  |                | 6                      | 2.90          | 6.16                       |
| 5-6         | 3,1                             | 6,21           |                   |                |       |                |             |                |                  |                | 6,21                   | 3             | 9.16                       |
| 6-7         | 4,1                             | 8,21           |                   |                |       |                |             |                |                  |                | 8,21                   | 3.95          | 13.11                      |
| 7-8         | 9                               | 18             |                   |                |       |                | 25          | 0,12           |                  |                | 18,12                  | 8.73          | 22.84                      |
| 8-9         | 8,7                             | 17,4           |                   |                |       |                | 25          | 0,12           |                  |                | 18,367                 | 8.85          | 30.69                      |
| 9-10        | 6,5                             | 13             | 12,5              | 0,25           | 10    | 0,296          | 25          | 0,12           |                  |                | 13,667                 | 6.60          | 37.29                      |
| 10-11       | 4,4                             | 8,8            | 12,5              | 0,25           | 10    | 0,296          | 25          | 0,12           |                  |                | 9,467                  | 4.60          | 41.89                      |
| 11-12       | 4,3                             | 8,6            | 12,5              | 0,25           | 10    | 0,296          | 25          | 0,12           |                  |                | 9,26                   | 4.50          | 46.39                      |

|        |     |        |      |      |     |       |     |      |      |      |        |      |       |
|--------|-----|--------|------|------|-----|-------|-----|------|------|------|--------|------|-------|
| 12-13  | 3,6 | 7,31   |      |      |     |       |     |      |      |      | 7,857  | 3.80 | 50.19 |
|        |     |        | 12,5 | 0,25 | 10  | 0,296 |     |      |      |      |        |      |       |
| 13-14  | 3,7 | 7,5    |      |      |     |       |     |      |      |      | 8,047  | 3.87 | 54.06 |
|        |     |        | 12,5 | 0,25 | 10  | 0,296 |     |      |      |      |        |      |       |
| 14-15  | 4,6 | 9,2    |      |      |     |       |     |      |      |      | 9,737  | 4.70 | 58.76 |
|        |     |        | 12,5 | 0,24 | 10  | 0,296 |     |      |      |      |        |      |       |
| 15-16  | 5,6 | 11,2   |      |      |     |       |     |      |      |      | 11,737 | 5.65 | 64.41 |
|        |     |        | 12,5 | 0,24 | 10  | 0,296 |     |      |      |      |        |      |       |
| 16-17  | 9   | 18     |      |      |     |       |     |      |      |      | 18,297 | 8.82 | 73.23 |
|        |     |        |      |      | 10  | 0,296 |     |      |      |      |        |      |       |
| 17-18  | 8,6 | 17,31  |      |      |     |       |     |      |      |      | 18,207 | 8.80 | 82.03 |
|        |     |        |      |      | 10  | 0,296 |     |      | 33,3 | 0,26 |        |      |       |
| 18-19  | 7,6 | 15,2   |      |      |     |       |     |      |      |      | 15,46  | 7.45 | 89.48 |
|        |     |        |      |      |     |       |     |      | 33,3 | 0,26 |        |      |       |
| 19-20  | 3,2 | 6,51   |      |      |     |       |     |      |      |      | 6,78   | 3.26 | 92.74 |
|        |     |        |      |      |     |       |     |      | 33,3 | 0,26 |        |      |       |
| 20-21  | 3,8 | 7,6    |      |      |     |       |     |      |      |      | 7,6    | 3.66 | 96.4  |
|        |     |        |      |      |     |       |     |      |      |      |        |      |       |
| 21-22  | 2,2 | 4,41   |      |      |     |       |     |      |      |      | 4,41   | 2.12 | 98.52 |
|        |     |        |      |      |     |       |     |      |      |      |        |      |       |
| 22-23  | 0,9 | 1,8    |      |      |     |       |     |      |      |      | 1,8    | 0.86 | 99.38 |
|        |     |        |      |      |     |       |     |      |      |      |        |      |       |
| 23-24  | 0,7 | 1,3    |      |      |     |       |     |      |      |      | 1,3    | 0.62 | 100   |
|        |     |        |      |      |     |       |     |      |      |      |        |      |       |
| Pa-30M | 100 | 200,36 | 100  | 1,98 | 100 | 2,98  | 100 | 0,48 | 100  | 0,78 | 206,58 | 100  |       |

## 2.2 Водонапірна башта

Водонапірну башту розташовуємо на початку села, тобто в період максимального водоспоживання та мінімального рух води відбувається до споживачів в одному напрямку від башти.

Об'єм баку розраховують за формулою

$$W_B = W_{\text{рег.}} + W_{\text{пож.}} + W_{\text{ав.}} \quad (2.5)$$

де  $W_{\text{рег.}}$  – регулюючий об'єм, м<sup>3</sup>

$W_{\text{пож.}}$  - пожежний об'єм, м<sup>3</sup>

$W_{\text{ав.}}$  – аварійний об'єм, м<sup>3</sup>

Для визначення регулюючого об'єму складаємо таблицю, в якій порівнюємо споживання води населеним пунктом та подачею насосним агрегатом зі свердловини. Прийmemo, що насос на протязі доби працює 20 годин (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 - Добове споживання води в селі Шестірна

| Години доби | Споживання води населеним пунктом % | Споживання води населеним пунктом зростаючим підсумком, % | Подача води насосом, % | Подача води насосом зростаючим підсумком, % | Надходження води до бака, % | Споживання води з бака % | Розрахунковий залишок води в баку, % |
|-------------|-------------------------------------|---|------------------------|---|-----------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 0-1         | 0,57                                | 0,57  | 0                      | 0   |                             | 0,57                     | 13,91                                |
| 1-2         | 0,57                                | 1,14  | 0                      | 0   |                             | 0,57                     | 13,34                                |
| 2-3         | 1,06                                | 2,2   | 0                      | 0   |                             | 1,06                     | 12,28                                |
| 3-4         | 1,06                                | 3,26  | 0                      | 0   |                             | 1,06                     | 11,22                                |
| 4-5         | 2,90                                | 6,16  | 5                      | 5   | 2.1                         |                          | 13,32                                |
| 5-6         | 3                                   | 9,16  | 5                      | 10  | 2                           |                          | 15,32                                |
| 6-7         | 3,95                                | 13,11   | 5                      | 15  | 1,05                        |                          | 16,37                                |

|       |      |       |   |     |      |      |       |
|-------|------|-------|---|-----|------|------|-------|
| 7-8   | 8,73 | 22,84 | 5 | 20  |      | 3,73 | 12,64 |
| 8-9   | 8,85 | 30,69 | 5 | 25  |      | 3,85 | 8,79  |
| 9-10  | 6,60 | 37,29 | 5 | 30  |      | 1,6  | 7,19  |
| 10-11 | 4,60 | 41,89 | 5 | 35  | 0,4  |      | 7,59  |
| 11-12 | 4,50 | 46,39 | 5 | 40  | 0,5  |      | 8,09  |
| 12-13 | 3,80 | 50,19 | 5 | 45  | 1,2  |      | 9,29  |
| 13-14 | 3,87 | 54,06 | 5 | 50  | 1,13 |      | 10,42 |
| 14-15 | 4,70 | 58,76 | 5 | 55  | 0,3  |      | 10,72 |
| 15-16 | 5,65 | 64,41 | 5 | 60  |      | 0,65 | 10,07 |
| 16-17 | 8,82 | 73,23 | 5 | 65  |      | 3,82 | 6,25  |
| 17-18 | 8,80 | 82,03 | 5 | 70  |      | 3,80 | 2,45  |
| 18-19 | 7,45 | 89,48 | 5 | 75  |      | 2,45 | 0     |
| 19-20 | 3,26 | 92,74 | 5 | 80  | 1,74 |      | 1,74  |
| 20-21 | 3,66 | 96,4  | 5 | 85  | 1,34 |      | 3,08  |
| 21-22 | 2,12 | 98,52 | 5 | 90  | 2,88 |      | 5,96  |
| 22-23 | 0,86 | 99,38 | 5 | 95  | 4,14 |      | 10,1  |
| 23-24 | 0,62 | 100   | 5 | 100 | 4,38 |      | 14,48 |

$$W_{\text{рег.}} = \frac{P_{\text{мах.рег.}} \cdot Q_{\text{мах.доб.}}}{100}, \quad (2.6)$$

$$W_{\text{рег.}} = \frac{16,37 \cdot 206,58}{100} = 33,94 \text{ м}^3 = 34 \text{ м}^3$$

$$W_{\text{пож}} = Q_{\text{пож}} \cdot t_{\text{пож}} \cdot 3,6 \quad (2.7)$$

$$W_{\text{пож}} = 5 \cdot 3 \cdot 3,6 = 54 \text{ м}^3$$

$$Q_{\text{пож}} = 5 \text{ л/с}$$

$$t_{\text{пож}} = 3 \text{ год.}$$

Аварійний запас приймають рівним 6 годинній витраті (час ліквідації аварій при 50% забезпеченості )

$$W_a = Q_{\text{мах.добов.}} \cdot t \cdot 0,5/24 \quad (2.8)$$

$$t = 6 \text{ годин}$$

$$W_a = 206,58 \cdot 6 \cdot 0,5_{24} = 25,82 \text{ м}^3$$

$$W_B = 34 + 54 + 25,82 = 113,82 \text{ м}^3$$

Приймаємо водонапірну башту з об'ємом бака  $100 \text{ м}^3$

Висоту стовбура водонапірної башти розраховують із умови вільного напору в диктуючій точці, сумарних гідравлічних втрат напору у розвідних мережах від ВБ до цієї точки та геодезичного напору,  $H = 18 \text{ м}$ .

### 3 ВИБІР ТИПУ ФІЛЬТРА ТА ЙОГО РОЗРАХУНОК

#### 3.1 Вибір типу фільтра

Експлантаційний водоносний горизонт представлений пісками середньої крупності  $d_{50} = 0,38 \text{ мм}$ .

Потужність водоносного пласта  $6 \text{ м}$ .

Згідно додатку Б ДБН [2] для пісків середньо зернистих ( $d_{50} = 0,38 \text{ мм}$ ) вибираємо фільтр трубчастий з круглими отворами з додатковою водоприймальною поверхнею представленою дротяною обмоткою, яка виконана з антикорозійних матеріалу з обов'язковою гравійною обсіпкою.

Конструкція фільтра наведена на рис.3.1.

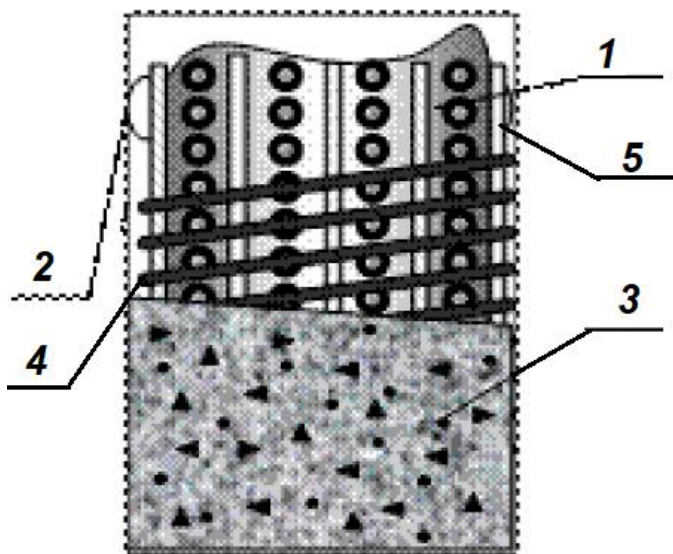


Рисунок 3.1 – Проектна конструкція фільтра

Фільтри з водоприймальною поверхнею із дровою обмоткою і піщано-гравійною обсіпкою (3) виготовляють на каркасі із трубчастого фільтра із круглою перфорацією (1) шляхом намотування по спіралі дроту (4) з нержавіючої сталі діаметром 2-4 мм. При цьому на трубчастий каркас установлюють довгі стрижні (5) зі сталі марок Ст. 3, Ст. 5 діаметром 5-10 мм. Для запобігання сповзанню витків намотування, їх прикріплюють до стрижнів епоксидною смолою ЕД-5 і ЕД-6 або пайкою з м'яким припоєм. Шорсткість таких фільтрів повинна бути не більше 30-60%.

### 3.3 Вибір діаметра і довжини фільтра

Водоносний горизонт представлений середньо зернистими пісками потужністю 6 м. Коли розкривається увесь водоносний горизонт, свердловину називають досконалою; в цьому випадку довжину робочої частини фільтра приймають, а діаметр розраховують за формулою

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

де  $Q$  –дебіт свердловини,  $\text{м}^3/\text{добу}$ . Кількість робочих свердловин приймаємо три. Тоді, дебіт однієї свердловини рівний максимально добовому водоспоживанню села Шестірня, тобто  $206,58 \text{ м}^3/\text{добу}$  поділений на 3 і становить  $69 \text{ м}^3/\text{добу}$ ;  $V_{\phi}$  – допустима швидкість фільтрації води біля стінки фільтра,  $\text{м}/\text{добу}$ ;  $L$  – довжина робочої частини фільтра (6 м), по розкриттю водоносного горизонту свердловина досконала;  $\eta$  – шпаруватість фільтра.

Розрахунки виконуємо по одній свердловині, наступні дві, ідентичні.

При створенні фільтра з гравійною обсіпкою допустима швидкість фільтрації води біля стінок фільтра визначається за формулою



$$V_{\phi} = 1000 \cdot K_{\phi} \cdot \frac{d_{50}}{D_{50}}^2, \quad (3.1)$$

де  $d_{50}$  і  $D_{50}$  – середні розміри частинок породи відповідно водоносного пласта і гравійної обсіпки;  $K_{\phi}$  – коефіцієнт фільтрації водоносної породи, м/добу. Методом інтерполяції для середньо зернистого піску коефіцієнт фільтрації розрахований і становить 7,6 м/добу [3].

Вибір розмірів матеріалу для одношарової гравійної обсіпки проводять за співвідношенням  $\frac{D_{50}}{d_{50}} = 8 \dots 12$ .

$$D_{50} = 0,38 \cdot 10 = 3,8 \text{ мм.} \quad (3.2)$$

Тоді  $V_{\phi}$  становитиме

$$V_{\phi} = 1000 \cdot 7,6 \cdot \left(\frac{0,38}{3,8}\right)^2 = 76 \text{ м/добу.}$$

$$d = \frac{69}{3,14 \cdot 6 \cdot 76 \cdot 0,5} = 0,096 \text{ м.} \quad (3.3)$$

Приймаємо діаметр каркасу фільтра 100 мм.

### 3.3 Вибір гравійної обсіпки

Матеріал гравійної обсіпки повинен бути однорідним, гравійна обсіпка виконується із гравію або піщано-гравійної суміші. За табл. 3.1 приймаємо гравійну обсіпку одношарову з розміром зерна 3,8 мм товщиною обсіпки приймається 60 мм.

Таблиця 3.1 - Залежність товщини шару обсіпки від розміру зерна, мм

|                      |      |        |         |
|----------------------|------|--------|---------|
| Розмір зерна обсіпки | До 4 | 4...12 | 12...35 |
| Товщина шару обсіпки | 60   | 70     | 80      |

### 3.4 Визначення кількості гравію

Кількість гравію залежить від довжини фільтра і товщини обсіпки.

При розрахунках гравійної обсіпки потрібно враховувати, щоб при засипанні між трубного простору висота шару була на 3 ...5 м більше від робочої довжини частини фільтра. Запас висоти гравію потрібен для поповнення обсіпки в разі її просідання чи виносу.

При оголенні фільтра необхідно враховувати усадку і розтікання гравію під башмаком обсадної труби, в деяких випадках величина усадки може досягати 50% і більше .

Довжина фільтрувальної колони, складається із робочої частини фільтра, над фільтрового патрубку та відстійника і в нашому випадку складає

$$L=6+5+2=13 \text{ м.}$$

При влаштуванні гравійної обсіпки можливе розтікання та усадку гравію враховуємо коефіцієнтом  $K_p = 1,5$

Кількість обсіпки на 1 м фільтра визначаємо за формулою

$$W = \frac{\pi(D_{3.ф.}^2 - D_{3.к.}^2) \cdot K_p}{4}, \quad (3.4)$$

де  $D_{3.к.}$  – зовнішній діаметр каркасу фільтра, м. Приймаємо 100 мм.

$D_{3.ф.}$  - зовнішній діаметр фільтра, м. Розраховуємо за формулою

$$D_{з. ф.} = D_{з. к.} + 2 \cdot \delta, \quad (3.5)$$

де  $\delta$  – товщина гравійної обсіпки, мм

$$D_{з. ф.} = 100 + 2 \cdot 60 = 220 \text{ мм.}$$

$$W = 3,14 \cdot (0,220^2 - 0,100^2) \cdot 1,5 = 0,045 \text{ м}^3 \quad (3.6)$$

Повну кількість гравію знаходимо за формулою

$$W_n = W L_{\phi} = 0,045 \cdot 13 + 5 = 0,81 \text{ м}^3 \quad (3.7)$$

#### 4 СПОСІБ БУРІННЯ ТА ПРОЕКТНА КОНСТРУКЦІЯ СВЕРДЛОВИНИ

Спосіб буріння свердловин для водопостачання приймають в залежності від місцевих гідрогеологічних умов у відповідності до рекомендацій ДБН В.2.5-74:2013. В нашому прикладі приймаємо роторний спосіб буріння з прямою промивкою.

##### 4.1 Підбір обсадних труб

Для кріплення стінок свердловин на воду використовуємо сталеві обсадні труби.

Діаметр труб підбирають, виходячи з розмірів фільтра.

$$D_0^{BH} = D_{з. к.} + 2\delta. \quad (4.1)$$

$$D_0^{BH} = 100 + 2 \cdot 60 = 220 \text{ мм.}$$

За ДСТУ 8932:2019 приймаємо обсадну трубу з внутрішнім діаметром 220,5 мм та товщиною стінки 12 мм. Труба з короткою трикутною різьбою і муфтою до неї (табл.4.1).

Таблиця 4.1 – Характеристика експлуатаційної колони обсадних труб

| Умовний діаметр | Товщина стінки | Діаметр    |           |
|-----------------|----------------|------------|-----------|
|                 |                | Внутрішній | Зовнішній |
| 245             | 12             | 220,5      | 244,5     |

Для вибору діаметра долота потрібно визначити діаметр з'єднувальних муфт і величину зазору між муфтою і стінкою свердловини.

Труба умовним діаметром  $D_u$  з'єднуються муфтами із зовнішнім діаметром  $D_z.m.$  (табл. 4.2)

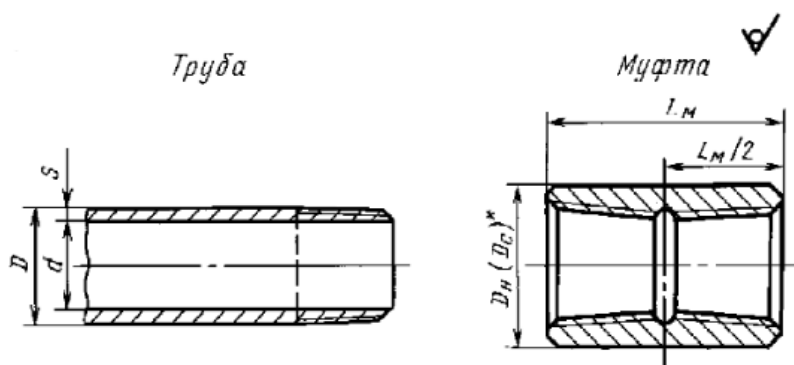


Рисунок 4.1 – Обсадна труба та з'єднувальна муфта

Таблиця 4.2 - Характеристика муфти експлуатаційної колони

| Зовнішній діаметр, мм |       |
|-----------------------|-------|
| обсадна труба         | муфта |
| 245                   | 269,9 |

#### 4.2 Визначення діаметра свердловини

Діаметр буріння експлуатаційної свердловини знаходять за формулою

$$D_{CB}^e = f \cdot Dз. м. \quad (4.2)$$

де  $f$  – коефіцієнт просвіту. Приймаємо 1,17.

$$D_{CB}^e = 1,17 \cdot 269,9 = 315,78 \text{ мм.}$$

За ДСТУ 20692-2003 для буріння свердловини приймаємо трьох шарошечне долото діаметром 320 мм.



Рисунок 4.2 -Трьох шарошечні долота марок М-ГВ, МС-ГВ, С-ГВ, С-ЦВ, С-ЦГАУ, С-ЦГВУ, МСЗ-ГВУ, СЗ-ГВ, СЗ-ГВУ, діаметром 320 мм

Діаметр свердловини визначається по діаметру долота і становить  $D_{CB}^e = 320$  мм.

## 5 ВОДОПІДЙОМНЕ ОБЛАДНАННЯ СВЕРДЛОВИНИ

### 5.1 Розрахунок зниження рівня води в свердловині

Допустиме зниження рівня води в свердловині від статичного рівня визначається за формулою

$$S_{доп} = H - 0.3 \dots 0.5 \text{ м} - H_n - H_f \quad (5.1)$$

$$S_{доп} = 41,5 - 0,5 \cdot 6 - 1,5 - 5 = 32\text{м}$$

де:  $H$ - напір від статичного рівня до підшови експлуатаційного водоносного горизонту, м ;

$m$ - потужність водоносного шару, м;

$H_n$ - максимальна глибина занурення низу насоса під динамічний рівень, м;

$H_f$ - зниження напору на вході в свердловину, приймаємо 5 м;

Експлуатаційне зниження статичного рівня при забиранні розрахункової кількості води з водоносного пласта обчислюють за формулою

$$S = Q (\ln \frac{R}{r} + E) / 2\pi \cdot K \cdot m \quad (5.2)$$

$$S = 69 \cdot (\ln \frac{152}{0,160} + 3) \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 7,6 \cdot 6 = 69 \cdot \frac{(6,85+3)}{286,368} = 2,40 \text{ м} \quad (5.3)$$

де  $Q$ - дебіт свердловини, м<sup>3</sup>/добу.

$R$ - радіус впливу свердловини, який змінюється в залежності від складу порід водоносного пласта;

$r$ - радіус свердловини, м;

$K$ - коефіцієнт фільтрації, м/добу;

$E$ - коефіцієнт, який враховує фільтраційний опір, викликаний не досконалістю свердловини і залежить від  $l/m$  і  $m/r$ , від довжини водоприймальної частини свердловини  $L$  та потужності водоносного пласта  $m$ , а також потужності, радіуса свердловини  $r$ .

$R$ - радіус впливу свердловини розраховується методом інтерполяції за даними з таблиці для пісків середньо зернистих; для 0,38 мм -  $R= 152$  м

Схема до розрахунку допустимого зниження води в свердловині представлена на рис.5.1

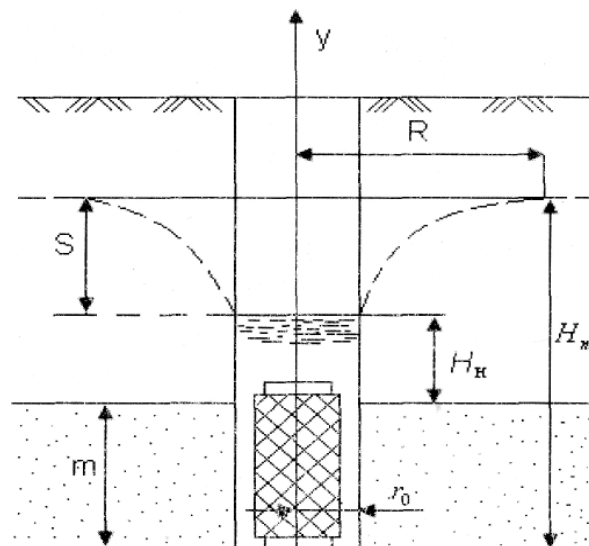


Рисунок 5.1 – Схема розрахунку допустимого зниження води в свердловині.

Експлуатаційне зниження води в свердловині становить  $S=2,4$  м; максимально допустиме пониження  $S_{\text{допустиме}} = 32$  м.

Відстань між свердловинами, щоб не було їх взаємного впливу одна на одну, дорівнює подвійному радіусу впливу,  $L = 304$  м

## 5.2 Вибір насосно-силового обладнання свердловини

Насос для свердловини підбирають за напором та витратою. Розрахункова схема наведена на рис. 5.2

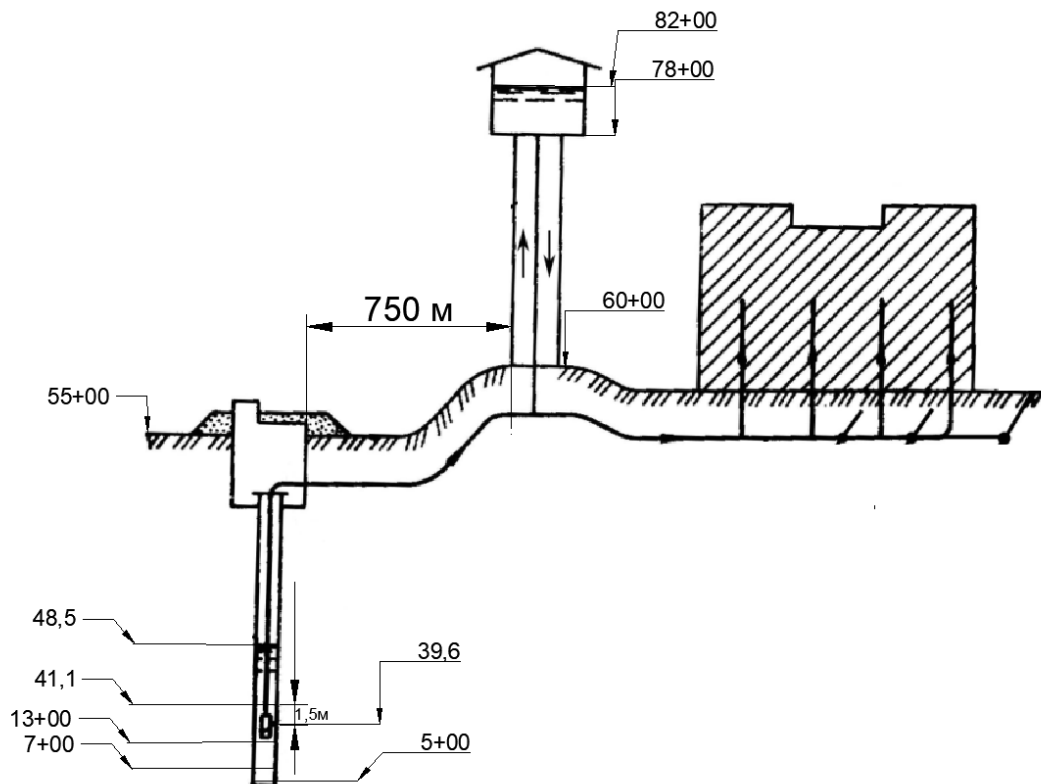


Рисунок 5.2 – Розрахункова схема до визначення напору насоса

Витрата становить  $Q = 3,45 \text{ м}^3/\text{год}$ . (добова витрата  $69 \text{ м}^3/\text{добу}$ ; насос на протязі доби працює 20 годин).

Напір насоса визначають за формулою

$$H = H_{\Gamma} + H_{\text{вс}} + \sum h + H_{\text{в}} \quad (5.4)$$

де  $H_{\Gamma}$ - геодезичний напір, м;

$H_{\text{вс}}$ - внутрішньо станційні втрати напору, м, приймаємо 1 м;

$\sum h$ - сума гідравлічних втрат напору (по довжині та місцеві), м;

$H_{\text{в}}$ - вільний напір, м, приймаємо 1 м (на вилив в бак ВБ);

$$H = (82 - 39,6) + 1 + 2,33 + 1 = 45,799 \text{ м} \approx 47 \text{ м}$$

Для визначення гідравлічних втрат напору по довжині трубопроводу скористаємось таблицями Шевелева. Довжина трубопроводу від водозабірної свердловини до водонапірної башти становить 750 м. Приймаємо водовід діаметром 75 мм, прокладений в дві нитки.

Сума гідравлічних втрат напору визначають за формулою

$$\sum h = 1000i \cdot 1,1 \cdot L \quad (5.5)$$

$$\sum h = 2,827 \cdot 1,1 \cdot 0,750 = 2,33 \text{ м.}$$

За витратою  $3,45 \text{ м}^3/\text{год}$ . та напором 47 м по каталогу підбираємо насос 4SR4/8-F, напірна характеристика його наведена на рис. 5.3



50 Гц n= 2900 хв<sup>-1</sup>

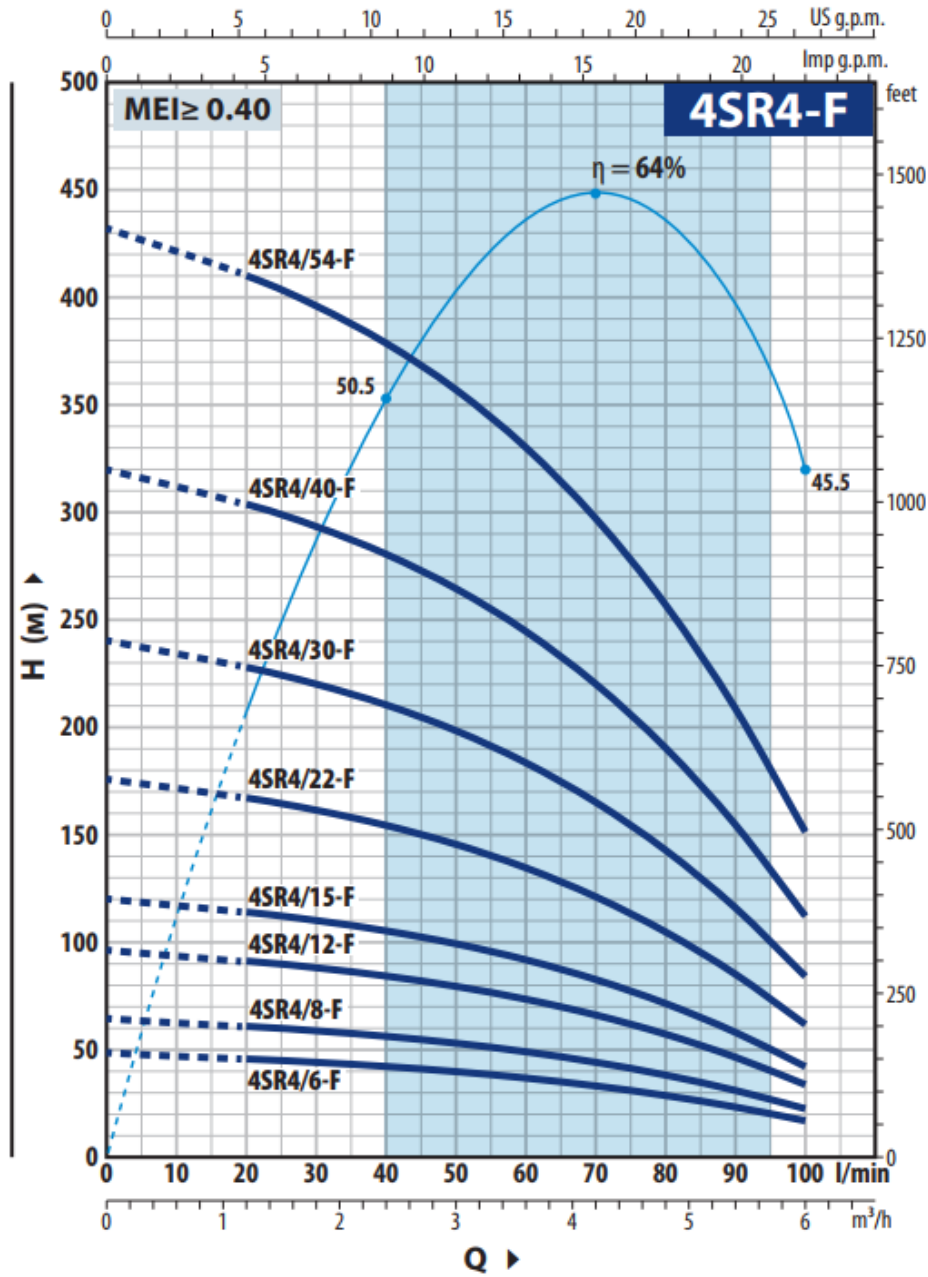


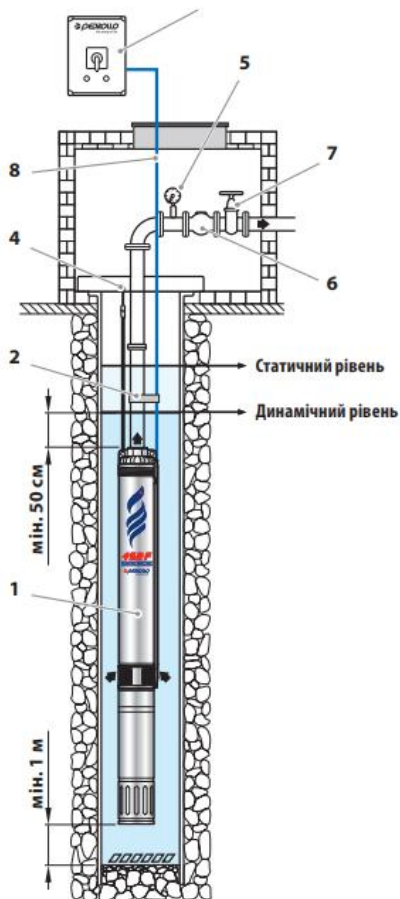
Рисунок 5.3 – Напірна характеристика насосу 4SR4/8-F

Таблиця 5.1- Технічні дані насосу 4SR4/8-F

| Модель      |            | Потужність (P <sub>2</sub> ) |      | Q    | м³/год |      |      |     |      |      |
|-------------|------------|------------------------------|------|------|--------|------|------|-----|------|------|
| Однофазний  | Трифазний  | кВт                          | к.с. |      | 0      | 1,2  | 1,8  | 2,4 | 3,0  | 3,6  |
| 4SRm 4/6 -F | 4SR 4/6 -F | 0,55                         | 0,75 | л/хв | 0      | 20   | 30   | 40  | 50   | 60   |
| 4SRm 4/8 -F | 4SR 4/8 -F | 0,75                         | 1    |      | 48     | 45,5 | 44   | 42  | 39,5 | 36,5 |
|             |            |                              |      |      | 64     | 60,5 | 58,5 | 56  | 53   | 49   |

Насоси 4SR розміщують в свердловинах діаметром не менше 4 “(100 мм). Електронасос опускають в свердловину по обсадній трубі на глибину,

яка забезпечує його повне занурення (принаймні 50 см від поверхні води та 1 м від дна свердловини), враховуючи, що під час його роботи рівень води в свердловині може падати. При розміщенні електронасоса в свердловині рекомендовано закріплювати його тросом з нержавіючої сталі крізь передбачені для цього вушка на напірному корпусі. Типова схема встановлення насоса представлена на рис. 5.4



- 1) Свердловинний насос
- 2) Хомути кріплення кабелю живлення
- 3) Датчики контролю рівня води
- 4) Кронштейн та кріпильний трос
- 5) Манометр
- 6) Зворотний клапан
- 7) Вентиль регулювання подачі
- 8) Кабель електроживлення
- 9) Пульт керування

Рисунок 5.4 – Схема встановлення насоса 4SR

Конструктивна характеристика насоса відображена на рис. 5.5 та в табл.

5.2

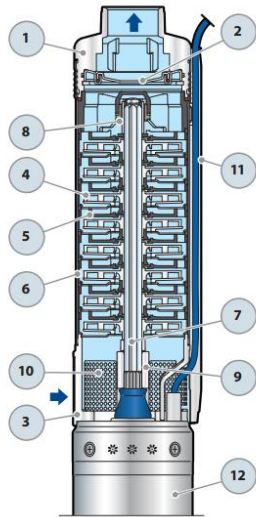


Рисунок 5.5 – Конструктивна характеристика насоса

Таблиця 5.2 – Конструктивна характеристика насоса

| Поз. | Компонент             | Конструктивні характеристики  |
|------|-----------------------|---|
| 1    | Напірний корпус       | Прецизійне лиття, нержавіюча сталь AISI 304, напірний патрубок з різьбою згідно ISO 228/1   |
| 2    | Зворотний клапан      | Нержавіюча сталь AISI 304   |
| 3    | Фланець               | Нержавіюча сталь AISI 304, розміри відповідають стандартам NEMA   |
| 4    | Робочі колеса         | Delrin  |
| 5    | Дифузори              | Noryl FE1520PW  |
| 6    | Кришки дифузорів      | Нержавіюча сталь AISI 304   |
| 7    | Вал насоса            | Нержавіюча сталь AISI 304   |
| 8    | Підшипники насоса     | Нерухомі частини виконані зі спеціального технополімера, а обертові частини виготовлені з нержавіючої сталі AISI 316 з захисним покриттям з окису хрому, що підвищує стійкість до піску |
| 9    | Муфта                 | Нержавіюча сталь AISI 316L до 2,2 кВт; нержавіюча сталь AISI 304 для більших потужностей  |
| 10   | Фільтр                | Нержавіюча сталь AISI 304   |
| 11   | Захисна планка кабелю | Нержавіюча сталь AISI 304   |
| 12   | Двигун 4"             | 4PD - перемотуваний оливо наповнений занурювальний;<br>4PS - неперемотуваний водо наповнений занурювальний.   |

Геолого-літологічний розріз і конструкція свердловини представлені на рис. 5.6 .

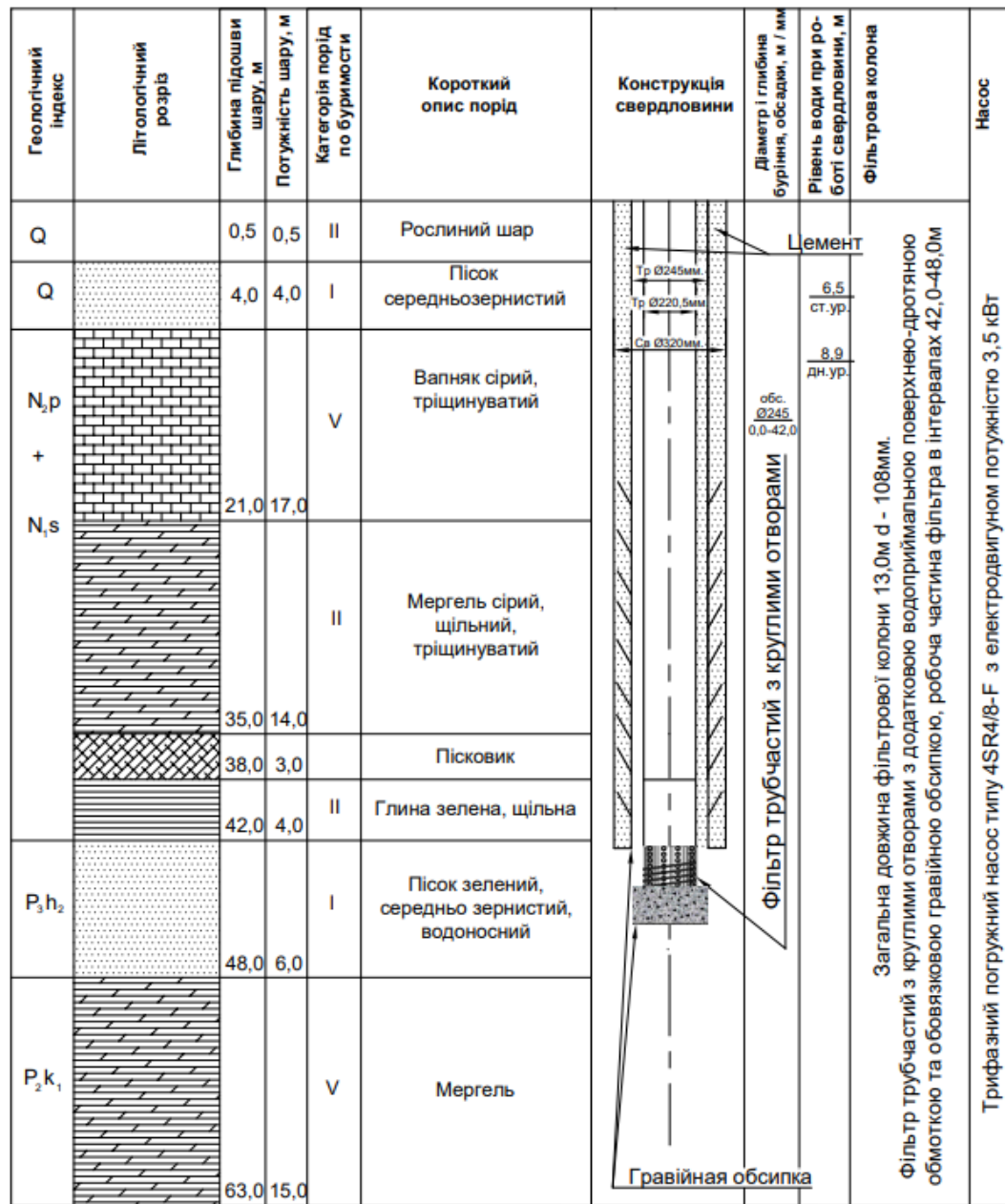


Рисунок 5.6 – Геолого-літологічний переріз і конструкція свердловини

## 6 ВИЗНАЧЕННЯ ЗОН САНІТАРНОЇ ОХОРОНИ

До складу ЗСО входять три пояси: перший – суворого режиму, другий і третій – з обмеженнями.

Перший пояс включає територію розміщення водозаборів, майданчиків розміщення всіх водопровідних споруд. Він встановлюється з метою недопущення випадкового чи навмисного забруднення джерела в місці розташування водозабірних і водопровідних споруд.

Границя першого поясу ЗСО встановлюється в залежності від захисту підземних вод і становить 30 м від водозабору.

Другий пояс ЗСО потрібен для захисту водоносного горизонту від мікробних забруднень.

Основним параметром, визначаючим відстань від границі другого поясу ЗСО до водозабору, є розрахунковий час  $T_m$  руху мікробного забруднення з потоком підземних вод до водозабору, яке має бути достатнім для втрати життєздатності мікроорганізмів.

Розрахунковий час ( $T_m$ ) вибирається згідно з рекомендаціями.

Третій пояс ЗСО передбачають для захисту підземних вод від хімічного забруднення.

Час переміщення забрудненої води від границі третього поясу до водозабору повинен бути більше за проектний строк експлуатації водозабору  $T = T_x > 25$  років.

Третій пояс забезпечує тривале зберігання якості підземних вод і границі області захвату встановлюються по нейтральній розподільній лінії течії в умовах сталого руху.

Для укрупненого зосередженого водозабору при наявності природного потоку підземних вод з інтенсивністю рівняння розподільної лінії течії має вигляд (рис.8.1)

$$X = \frac{|y| \cdot ctg|y|}{X_B}, \quad (6.1)$$

де  $X_B$  – відстань від водозабору до водорозподільної точки, що утворюється нижче водозабору по потоку підземних вод, причому

$$X_B = \frac{Q}{2\pi \cdot q}, \quad (6.2)$$

Осі "X" і "Y" орієнтовані так, як це показано на рис.6.1.

Ширину області захвату і ЗСО у схемі, що розглядається, знаходимо

за формулою

$$d = \frac{2 \cdot T \cdot Q}{\pi \cdot m \cdot n \cdot l}, \quad (6.3)$$

$L$  – загальна довжина ЗСО

$$L = R + r. \quad (6.4)$$

$T$  – розрахунковий час експлуатації свердловини, діб;  $Q$  – дебіт свердловини, м<sup>3</sup>/добу;  $m$  – потужність водоносного пласта, м;  $n$  – активна шпаруватість.

Максимальна ширина області захвату, яка має бути при необмеженому часі експлуатації водозабірної споруди, дорівнює

$$d_{\max} = \frac{Q}{2q}, \quad (6.5)$$

$q$  — лінійні вигради природної течії підземних вод;

$$q = i \cdot m \cdot K, \quad (6.6)$$

$i$  - похил природної течії підземних вод;  $K$  - коефіцієнт фільтрації, м/добу;  $m$  - потужність водоносного пласта, м.

Протяжність ЗСО ввєрх по течії підземних вод від водозабору і час руху до водозабору розраховують як

$$\bar{T} = \bar{R} - \ln(1 + \bar{R}), \quad (6.7)$$

$$\bar{T} = \frac{q \cdot T}{m \cdot n \cdot X_B}, \quad (6.8)$$

$$\bar{R} = \frac{R}{X_B}, \quad (6.9)$$

При  $T > 8 - 10$  приблизно  $\bar{R} = \bar{T} + 3$  (6.10)

При обчисленні відстані  $r$  до границі ЗСО вниз по течії використовують формулу:

$$\bar{T} = \ln(1 - \bar{r}) - \bar{r}, \quad (6.11)$$

$$\text{де } \bar{r} = r / X_B \quad (6.12)$$

Максимальна величина  $r$  обмежена відстанню від водозабору до водорозподільної точки  $N$ , або  $r_{max} = X_B$

Обидва параметри, то характеризують загальну довжину ЗСО при роботі одиночного водозабору ( $R$  і  $r$ ), можуть бути розраховані також з використанням графіків (рис.8.2).

При відсутності побутової течії підземних вод ( $q=0$ ) область захвату водорозподільного водозабору в ізольованому пласту становить собою коло радіусом

$$R = r = d = \sqrt{Q \cdot T / \pi \cdot m \cdot n}, \quad (6.13)$$

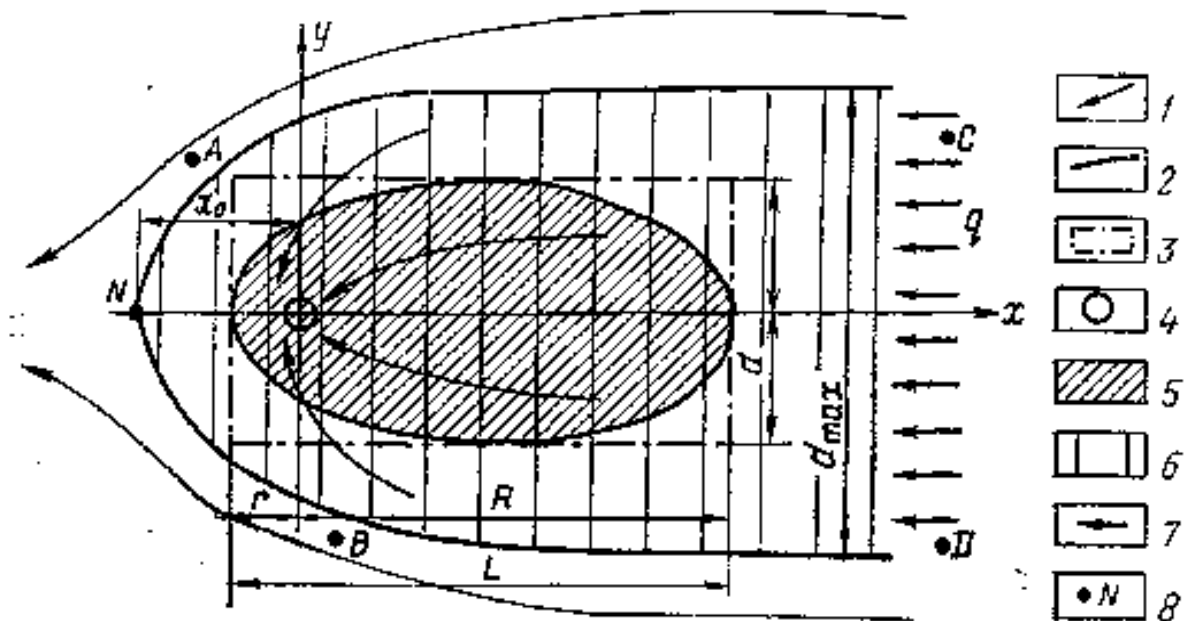


Рисунок 6.1 – Схема фільтрації підземних вод до водозабору: 1 – лінії току; 2 – нейтральна лінія току; 3 – границя ЗСО; 4 – водозабір; 5 – область захвату; 6 – область живлення; 7 – напрямок природного потоку підземних вод; 8 – розподільна точка;  $q$  – природний потік підземних вод;  $R$  і  $r$  – максимальні відстані по осі  $x$  від водозабору до верхньої і нижньої границі області захвату на час  $T$ ;  $L$  – довжина ЗСО;  $d$  – ширина ЗСО

Перший пояс сурового режиму приймаємо 30 м.

Третій пояс ЗСО розраховується на термін експлуатації 25 років =  $10^4$  діб. Активна шпаруватість знайдена дослідним шляхом і становить 0,2. Похил природної течії в районі проектування свердловин  $i=0,001$ .

Знаходимо лінійні витрати природної течії за формулою 6.6

$$q=0,001 \cdot 7,6 \cdot 6=0,046 \text{ м}^2/\text{добу},$$

Тоді положення водо роздільної точки  $N$  визначаємо за формулою 6.2

$$X_B=69/2 \cdot 3,14 \cdot 0,046=238 \text{ м}$$

Для знаходження протяжності ЗСО визначаємо числове значення безрозмірного параметру  $T$  за формулою 6.8

$$T=0,046 \cdot 10^4 / 6 \cdot 0,2 \cdot 238=1,5$$

По графіку (рис.6.2) для  $T=1,5$ , значення  $r = 0,91$ , за формулою 6.12

$$r=0,91 \cdot 238=217 \text{ м}$$

Загальна довжина третього поясу ЗСО складає 455 м.

Ширину розраховують за формулою 6.3

$$d = 2 \cdot 10^4 \cdot 69 / 3,14 \cdot 6 \cdot 0,2 \cdot 455=805 \text{ м}$$

Для знаходження другого поясу ЗСО розрахунки повторюємо в тій же послідовності, тільки замість  $T_m$  підставляємо значення 200 діб.

$$T=0,046 \cdot 200 / 6 \cdot 0,2 \cdot 238=0,032;$$

$$r = 0,2;$$

$$r = 0,2 \cdot 238=48 \text{ м}$$

Загальна довжина другого поясу ЗСО становить 286 м

$$\text{Ширина } d = 2 \cdot 200 \cdot 69 / 3,14 \cdot 6 \cdot 0,2 \cdot 286= 26 \text{ м}$$



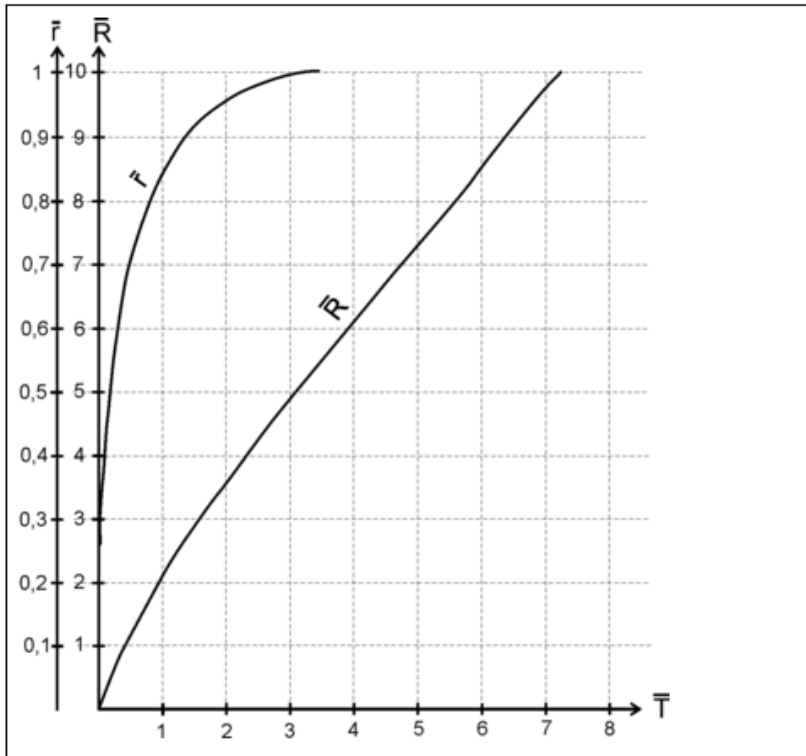


Рисунок 6.2 – Графік для визначення довжини ЗСО

## 7 ОРГАНІЗАЦІЯ І ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВНИЦТВА

У районі будівництва, с. Шестірня, добре розвинена мережа автомобільних доріг місцевого значення з твердим покриттям, промисловість, яка зосереджена в містах Дніпро, Кам'янське, Кривий Ріг забезпечує будівництво матеріалами.

### 7.1 Розміщення і монтаж обладнання на будівельному майданчику

Для буріння свердловини діаметром 320 мм використовуємо бурову установку 1БА-15В, яка включає буровий і силовий блоки, причіп і буровий інструмент. Додатково можуть застосовуватись насосний блок та система фільтрації робочих рідин.

Таблиці 7.1 - Технічна характеристика бурової установки 1БА-15В

| 1  | Параметри                        | Одиниці виміру | Значення         |
|----|----------------------------------|----------------|------------------|
| 2  | Максимальні транспортні габарити | мм             | 2500x3750x10860  |
| 3  | Максимальна маса                 | т              | 31,85            |
| 4  | Вантажопідйомність               | кН             | 200              |
| 5  | Глибина буріння                  | м              | 500 та більше    |
| 6  | Діаметр свердловини              | мм             | 190,5-394        |
| 7  | Довжина щоглового пристрою       | м              | 18,6-19,7        |
| 8  | Довжина бура                     | м              | 12-13,5          |
| 9  | Тип приводу                      |                | Дизельний        |
| 10 | Модель двигуна                   |                | ЯМЗ-236, ЯМЗ-238 |
| 11 | Розмір отвору ротора             | мм             | 410              |

|    |                                      |       |      |
|----|--------------------------------------|-------|------|
| 12 | Крутний момент роторної системи      | мм    | 7850 |
| 13 | Частота обертання роторного пристрою | об/хв | 2,16 |

Бурову установку, насос, глиномішалку, ємність для глинистого розчину та систему жолобів розміщують на спланованому майданчику. Типова схема розміщення обладнання (рис.7.1) включає в себе установку 1БА15В на автомобілі (1), буровий насос НГР 250/50 (2), механічну глиномішалку ГМЕ-0,75 (3), ємність для глинистого розчину (4), систему жолобів (5), містки для бурильних труб (6), перегородки в жолобах (7).

На майданчику ристься котлован для глинистого розчину, а на місці буріння свердловини – невеликий шурф для установки направляючої труби, приблизним перерізом 0,8 м x 0,8 м і глибиною 1,5 м.

Направляюча труба з патрубком зверху призначена для відводу промислової рідини в жолоба, зберігаючи гирло свердловини від розмиву і для упору елеваторів під час спускання та підйому бурового снаряду. Бурове обладнання та електроустановка, які можуть бути під напругою із-за порушення ізоляції, повинні бути надійно заземлені.

Перед пуском установки оглядають всі механізми, розміщені на автомобілі, а також буровий насос і глиномішалку; перевіряють їх технічний стан, наявність води у системі охолодження, пального в баку, мастила в картері двигуна, коробці передач, роторі, картері бурового насоса і в баку гідравлічної системи.

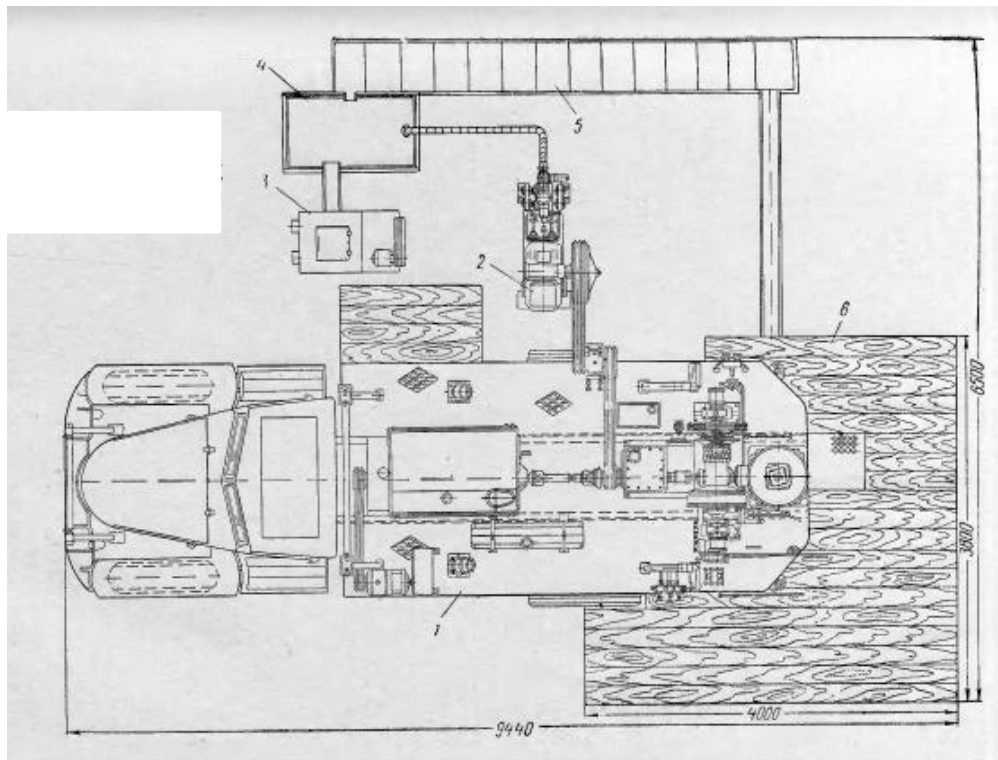


Рисунок 7.1 – Схема розміщення обладнання на майданчику

### 7.1.1 Схема буріння свердловини за допомогою промивної рідини

Промивання свердловини виконується з метою безупинного очищення забою від роздробленої породи (шламу); охолодження породо руйнівного інструмента, що нагрівається, внаслідок тертя об породу; закріплення стінок свердловини, які складені пухкими породами [1].

При бурінні свердловин на воду використовують одну із принципових схем промивання – із прямим промиванням (рис. 1.2). При цій схемі рідина на забій подається насосом (1) по шлангу(2) через сальник (3) і бурильні труби (4), омиваючи забій, торець долота (5), куди виходить рідина і по просторі між стінкою свердловини і зовнішнім діаметром обсадної труби виноситься на поверхню. На поверхні промивна рідина циркулює по спеціальній системі жолобів (8) і відстійниках (9) звільняється від шламу і знову всмоктується насосом із приймальної ємності (10) через всмоктувальний шланг.

Пряма схема здійснюється просто, але має ряд недоліків – необхідна витрата рідини при бурінні свердловин значного діаметра у зв'язку необхідності створення великої швидкості підйомного потоку для виносу шламу.

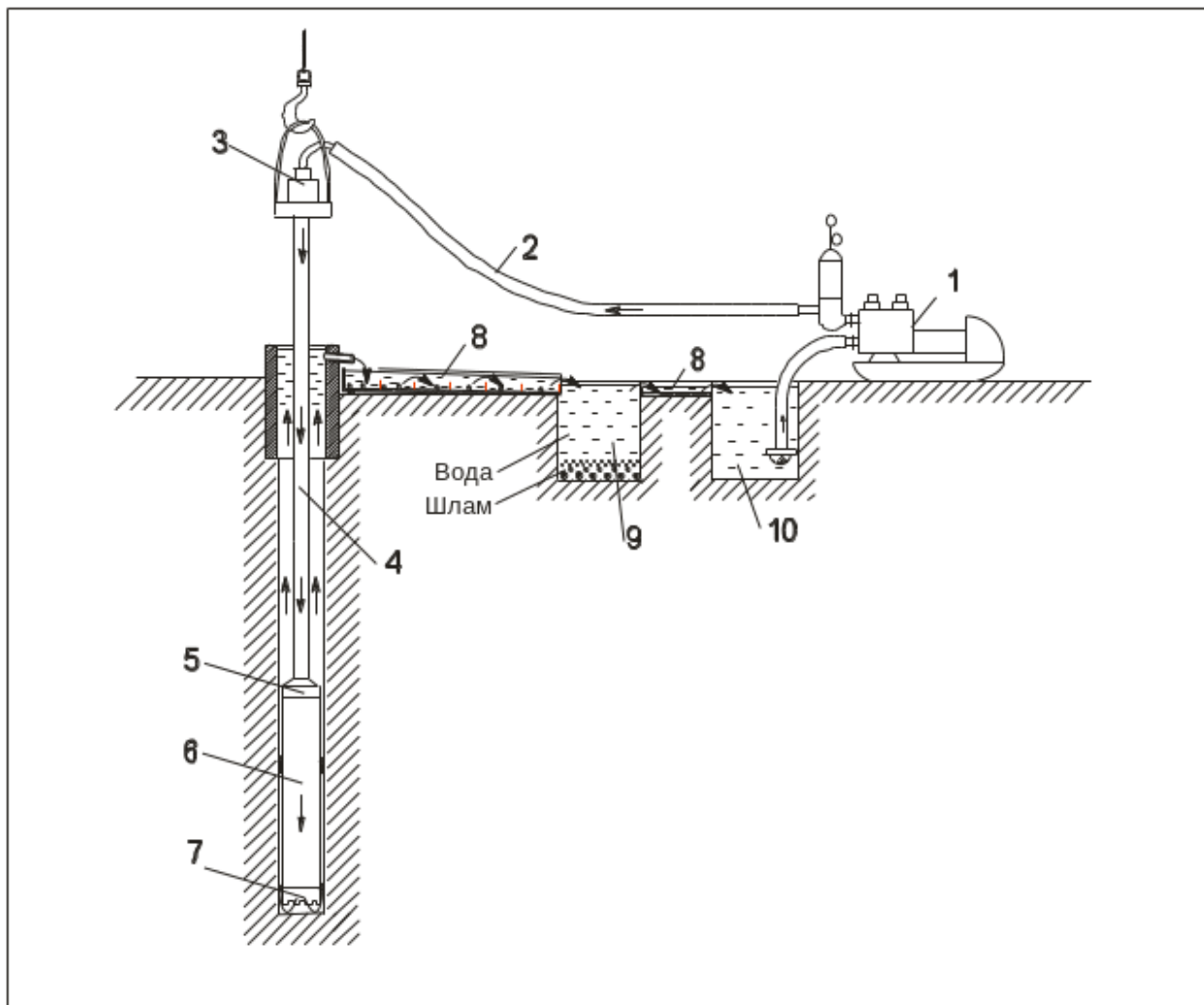


Рисунок 7.2 – Схема прямої промивки свердловини

### 7.1. 2 Очистка глинистих розчинів

Для очистки глинистого розчину від шламу при бурових установках влаштовують систему жолобів, яка складається із дерев'яних або металевих жолобів і відстійників (рис.7.3).

Дерев'яні жолоба мають прямокутний розріз розмірами по ширині 50 см і висоті 30 см. На дні жолобів для кращого осадження шламу влаштову-

ють перегородки висотою 10 см на відстані 2 м один від одного. Похил жолобів допускається в межах 1-2 см на 1 м довжини, враховуючи від гирла свердловини. Довжина всіх жолобів залежить від діаметра і глибини свердловини, геологічного розрізу свердловини і застосовуваного глиняного розчину [1].

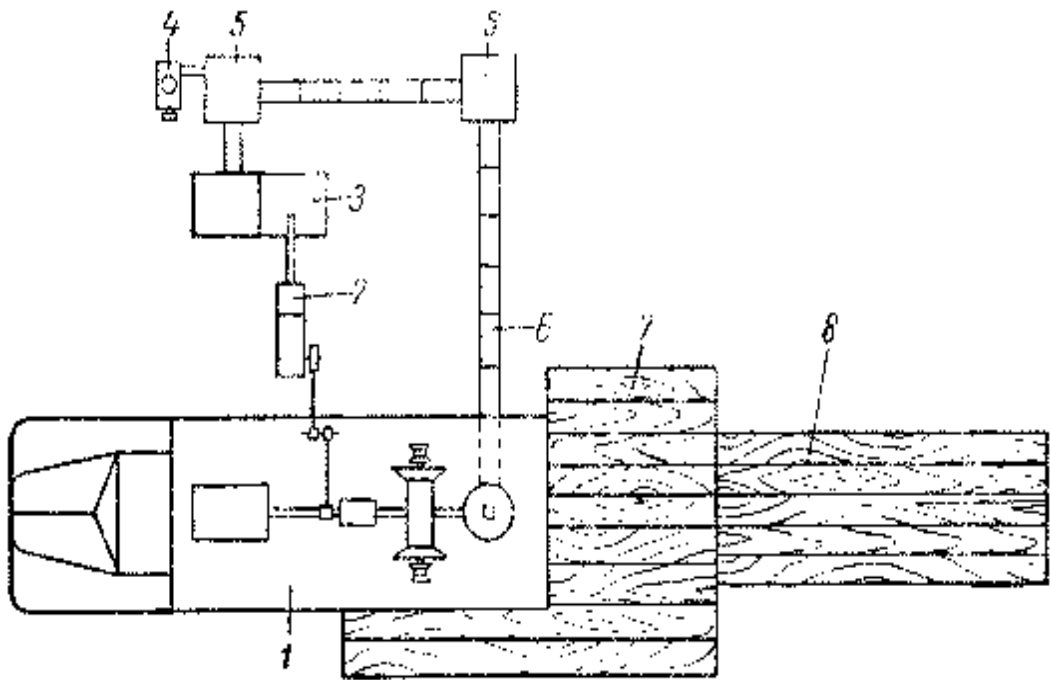


Рисунок 7.3 - Схема системи жолобів : 1 – бурова установка 1БА15В; 2 – насос; 3-приймальна ємкість; 4 – глиномішалка ГМЕ-0,75; 5 – відстійники; 6 – жолоба з перегородками; 7 – робоча перегородка; 8 – приймальний міст

Довжина системи жолобів складає 20 м. Середня швидкість руху рідини в жолобах складає не більше 10 см/с.

### 7.1. 3 Інструмент для буріння

При бурінні свердловин на воду найвигідніше використовувати три шарошечне долото, так як їх застосовують при бурінні в різних за міцністю

породах. Шарошки являються основним елементом цього долота. Закріплені вони в корпусі на опорах, які складаються з цапфи і лап (рис.1.4).

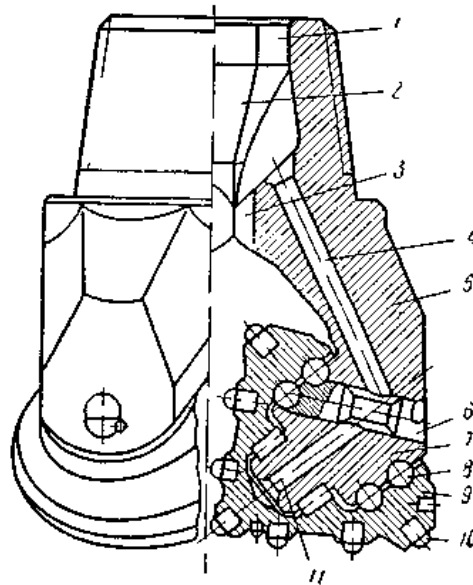


Рисунок 7.4 – Три шарошечне долото для роторного буріння : 1 – внутрішня порожнина; 2 – підвідний канал; 3 – циліндричний промивний отвір; 4 – отвір для охолодження; 5 – лапа; 6 – палець; 7 – цапфа; 8 – підшипники; 9 – шарошка; 10 – зубчаті або суцільні вінці; 11 – отвір для охолодження

В залежності від міцності порід зубці шарошок мають різну висоту і кут загострення. Чим твердіша порода, тим менші шарошки і кут загострення.

## 7.2 Визначення параметрів режиму буріння

### 7.2.1 Визначення осьового навантаження на долото

Продуктивність механічного буріння залежить від технологічного режиму буріння, який включає такі параметри; навантаження на вісь, частоту обертів снаряда, витрати промивної рідини.

Осьове навантаження визначає силу прикладену через вісь бурового снаряда до породо руйнуючого інструмента.

Осьове навантаження на долото регулюють в залежності від порід, що розбурюють, типу долота і величини його зносу.

Користуючись вихідними даними про геологічний розріз свердловини, вияснили, що присутні породи I-V категорії при бурінні. Так як прийняли три ша-рошечне долото, то питома навантаження для порід II категорії становить 2 кН/см, для породи III категорії – 3 кН/см, а для порід IV і V категорій - 4 кН/см [2].

Повне навантаження на вісь розраховують за формулою

$$P = g \cdot D, \quad (7.1)$$

де  $g$  – питома осьове навантаження на 1 см діаметра долота, кН/см;

$D$  – діаметр долота 320 мм=32 см.

Аналізуючи геологічний розріз, ми маємо найбільші категорії ґрунтів по буримості – це IV і V. Тому приймаємо, що питома навантаження для всіх категорій буде 4 кН/см. Тоді повне навантаження буде дорівнювати

$$P = 4 \cdot 32 = 128 \text{ кН} = 12800 \text{ кг.}$$

Тобто, це свідчить про те, що для того щоб пробурити свердловину на глибині 50 м і (в даному випадку) V категорії, потрібно прикласти навантаження у 12800 кг.

Навантаження на вісь скрадатиметься із трьох основних типів труб – обвантажених бурильних труб, бурильних труб і ведучої труби-квадрат.

Згідно ТУ У 27.2-32698053- 006-2005 [3] приймаємо обвантажені бурильні труби збалансовані ОБТС 279x100, зовнішнім діаметром 279 мм, внут-



рішнім діаметром 100 мм, довжиною 6 м, масою 1 м гладкої труби 418 кг. Довжина колони ОБТ знаходимо за формулою

$$L = \frac{1,25 \cdot P}{m \cdot (1 - \gamma_p/\gamma_T)}. \quad (7.2)$$

Тоді

$$L = \frac{1,25 \cdot 12800}{418 \cdot (1 - 1,2/7,8)} = 45 \text{ м.}$$

Так як труби ОБТС довжиною по 6 м, то загальна кількість їх буде 7 штук, і тепер загальна довжина складатиме 42 м. При цьому потрібну довжину і навантаження забезпечимо надалі бурильними трубами і ведучою трубою-квадрат.

Згідно ТУ У.27.2 -32698053-003-2004 [4] вибираємо ведучу трубу-квадрат ВБТ 108К довжиною 10 м, масою 1 м гладкої труби 60 кг, зі стороною квадрата 108 мм.

Робимо перерахунок із отриманого набору труб: 7 штук ОБТ загальною довжиною 42 м і загальною масою 17556 кг, та одна ведуча труба-квадрат довжиною 10 м і загальною масою 600 кг. Тоді загальна довжина всіх труб складає 52 м і загальна маса всіх труб складає 18156 кг. Отже при такій довжині і такому навантаженні ми забезпечимо нормальне буріння свердловини для V категорії ґрунтів по бурінню на глибині 50 м.

Та для того щоб раціональніше бурити на інших глибинах і для інших категорій ґрунтів по бурінню, виконують перерахунки подібно до цього, тобто вибирають питоме навантаження для кожної категорії окремо, розраховують довжину колони ОБТ і так само згідно нормативних документів підбирають обвантажені, бурильні труби і ведучу трубу-квадрат.

## 7.2.2 Визначення швидкості буріння

Буровий агрегат 1БА15В має три прямі частоти обертання ротора і одну обернену [2].

В залежності від характеру порід число обертів долота регулюють у такий спосіб:

III-IV швидкість 300 - 400 м/с; для категорії по буріння II, III;

I-II швидкість 200-300 м/с для категорій буріння IV-V

Тобто, в залежності від категорії ґрунтів по бурінню, підбираємо відповідну швидкість.

### 7.2.3 Визначення кількості і якості промивної рідини

Промивна рідина потрібна для виносу розбуреної породи і очистки забою свердловини при бурінні. Швидкість циркуляції глиняного розчину приймаємо 0.25 м/с.

Необхідна продуктивність насоса, яка складає достатню швидкість циркуляції глиняного розчину в свердловині, підраховується по формулі

$$Q = V \cdot f, \quad (7.3)$$

де  $Q$  - продуктивність насоса, м<sup>3</sup>/с;

$V$  - швидкість потоку глиняного розчину, м/с ;

$f$  - площа кільцевого перерізу свердловини, м<sup>2</sup>, знаходиться по формулі

$$f = 0,785 D^2 - d_3^2, \quad (7.4)$$

де  $D$  - діаметр свердловини, м;

$d_3$  - зовнішній діаметр бурильних труб, м.

$$f = 0,785 \cdot 0,320^2 - 0,279^2 = 0,024 \text{ м}^2,$$

$$Q = 0,25 \cdot 0,024 = 0,006 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Максимальна кількість глиняного розчину для промивки свердловини

$$V_p = 2V_c, \quad (7.5)$$

де  $V_c$  - об'єм свердловини проектної глибини, м<sup>3</sup>.

$$V_p = 2 \cdot 0,024 \cdot 50 = 3 \text{ м}^3.$$

Кількість глини для приготування 1 м<sup>3</sup> глиняного розчину дорівнює

$$q_{\text{гл}} = \frac{\gamma_{\text{гл}}(\gamma_{\text{гр}} - \gamma_{\text{в}})}{\gamma_{\text{гл}} - \gamma_{\text{в}}}, \quad (7.6)$$

де  $\gamma_{\text{гл}}$  - щільність глини = 2,2 т/м<sup>3</sup>;

$\gamma_{\text{гр}}$  - щільність глиняного розчину = 1,2 т/м<sup>3</sup>

$\gamma_{\text{в}}$  - щільність води = 1 т/м<sup>3</sup>.

$$q_{\text{гл}} = \frac{2,2(1,2-1)}{2,2-1} = 0,37.$$

Об'єм глини ( $\text{м}^3$ ), необхідний для замочування  $1 \text{ м}^3$  розчину, дорівнює

$$V_{\text{гл}} = q_{\text{гл}} \gamma_{\text{гл}} = \frac{0,37}{2,2} = 0,17 \text{ м}^3.$$

Об'єм води, необхідний для приготування  $1 \text{ м}^3$  розчину, дорівнює

$$V_{\text{в}} = 1 - V_{\text{гл}} = 1 - 0,17 = 0,83 \text{ м}^3.$$

Максимальну кількість глини і води відповідно можна обчислити за формулами

$$V_{\text{гл.мах}} = V_{\text{р}} \cdot V_{\text{гл}} = 3 \cdot 0,17 = 0,51 \text{ м}^3,$$

$$V_{\text{в.мах}} = V_{\text{в}} \cdot V_{\text{р}} = 0,83 \cdot 3 = 2,49 \text{ м}^3.$$

#### 7.2.4 Кріплення свердловини обсадними трубами

Стінки свердловини кріпимо обсадними трубами, спускаючи їх та цементуючи затруби. Труби обсадні із зовнішнім діаметром 245 мм. Їх виготовляють від 6 до 9 м в залежності від висоти вишки. Приймаємо 8 штук обсадних труб по 6 м, при цьому свердловина має глибину до покрівлі водоносного пласта 48 м.

Для придання жорсткості нижньому кінці обсадної труби і кращому її напрямку при спуску у свердловину застосовуємо башмак трубний з чавунною пробкою (рис. 7.5). Внутрішній діаметр башмака рівний внутрішньому діаметру труби, а зовнішній - зовнішньому діаметру муфти обсадної труби.

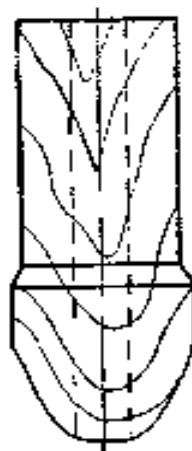


Рисунок 7.5 - Башмак трубний з чавунною пробкою

Для зупинки цементних пробок при цементациї свердловин застосовуємо упорне стоп-кільце, являє собою чавунну шайбу товщиною 15 мм, із зовнішнім діаметром, рівним внутрішньому діаметру муфти обсадної труби і внутрішнім діаметром на 60 мм менше зовнішнього. Стоп-кільце розміщуємо у муфті вище башмака колони на стику труб.

Для центрування колон у свердловині і забезпечення кращих умов на колоні влаштовуємо скоби (рис. 7.6). він складається із чотирьох планок товщиною 25 мм, приварених до зовнішньої поверхні муфти.

Скоби улаштовують в тих ділянках колони, де потребується найбільш надійна цементна ізоляція.

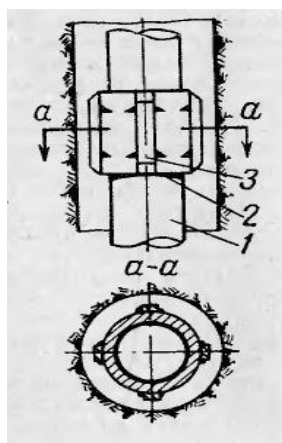


Рисунок 7.6 - Скоби направляючої системи : 1 – труба; 2 – муфта; 3 - планки.

Перед тим як опустити обсадні труби в свердловину, стінки свердловини промивають задля влаштування гладкої поверхні стінок і зменшення товщини глинистої корки. Промивну рідину ретельно очищають від шламу в системі жолобів. Свердловину промивають до тих пір, поки параметри глиняного розчину, вхідного і вихідного із свердловини не стануть однаковими.

Опускають колону обсадних труб в порядку їх нумерації за допомогою елеватора. При спуску колони труб у свердловину повторно вимірюють довжину кожної труби. При спуску останньої труби на неї нагвинчують цемент-

тувальну головку і продовжують спуск із одночасною промивкою свердловини глиняним розчином. При закінченні промивки, колону складають на елеваторі і готуються до цементування.

### 7.3 Цементация свердловини за допомогою двох пробок

Після спуску колони до забою її при піднімають на 2 м і закріплюють на елеваторі. Через верхню цементувальну головку ЦГЗ-120 відновлюють циркуляцію промивної рідини і промивають свердловину (рис. 7.7). По закінченню промивки відкривають цементувальну головку (1), в обсадну колону опускають нижню цементувальну пробку (2), кришку головки знову закривають і закачують насосом цементного агрегату розрахункову кількість цементного розчину[1].

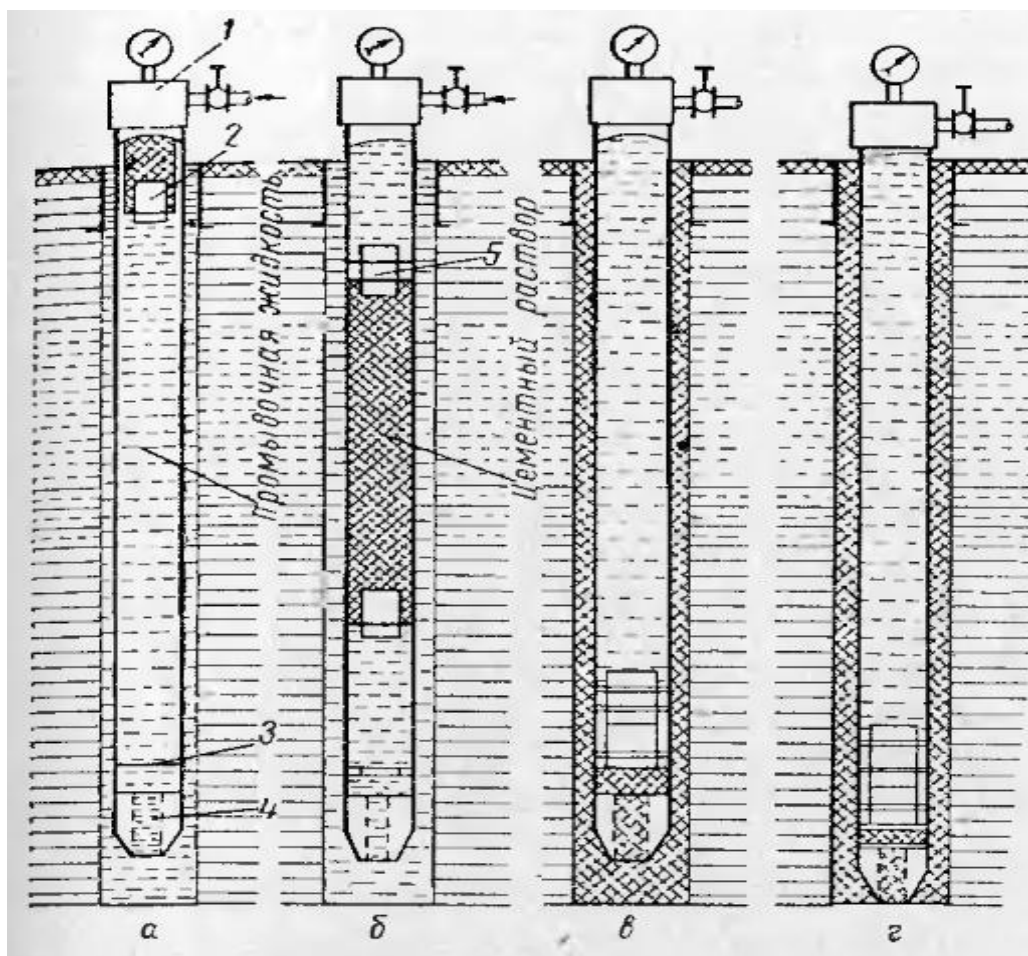


Рисунок 7.7 – Схема цементування свердловин за допомогою двох пробок

Під тиском цементного розчину нижня пробка опускається по колоні труб на певну глибину ( рис. 7.7, а), поверх неї закачують розраховану кількість промивної рідини. Під тиском розчину нижня пробка, цементний розчин і верхня пробка рухаються до башмаку колони ( рис.7.7, б), поки нижня пробка не зупиниться на опорному кільці (3) або на башмачній пробці (4). Цементний розчин руйнує скло в нижній пробці, проходить в нижню частину колони і, поступаючи через башмак в затруби, піднімається уверх. Коли верхня пробка дійде до нижньої, весь розрахований об'єм цементного розчину буде витіснений у затруби (рис. 7.7, в). в цей час манометр на насосі покаже різке підвищення тиску, відбудеться гідроудар, що вказує на закінчення продавлювання цементного розчину.

Фіксують точний час моменту сходження пробок, тому що, якщо у колоні буде залишок цементного розчину, його прийдеться пробурювати, що надалі погіршить міцність цементного кільця у просвіті між трубами і стінкою свердловини. Якщо закачування глинистого розчину буде продовжуватися після сходження пробок, то вони можуть зруйнуватися, при цьому глинистий розчин проникне за колону, підніметься цементний розчин вище башмака і останній залишиться незацементований.

Після закінчення нагнітання глинистого розчину насос зупиняють, вентиль цементуючої головки закривають, щоб не було зворотного руху розчину із свердловини і опускають колону на забій. У такому вигляді колону залишають герметично закритою на 24 години для твердіння цементу (рис.7.7, г).

### 7.3.1 Обладнання для цементації свердловини

Всі роботи по цементуванню повинні виконуватися у найкоротші терміни. Тому для цього використовують спеціальні цементуючі агрегати призначені для: подачі води в спеціальну цементносумішну машину, закачування

цементного розчину у свердловину, підйому цементного розчину у простір шляхом закачування у свердловину глинистого розчину.

При бурінні на воду застосовують цементувальні агрегати ЦА-300, продуктивністю 23 л/с.

Для промивки колони перед цементуванням і для проведення самого цементування приймаємо цементувальні головки ЦГ3-120 (рис.7.8).

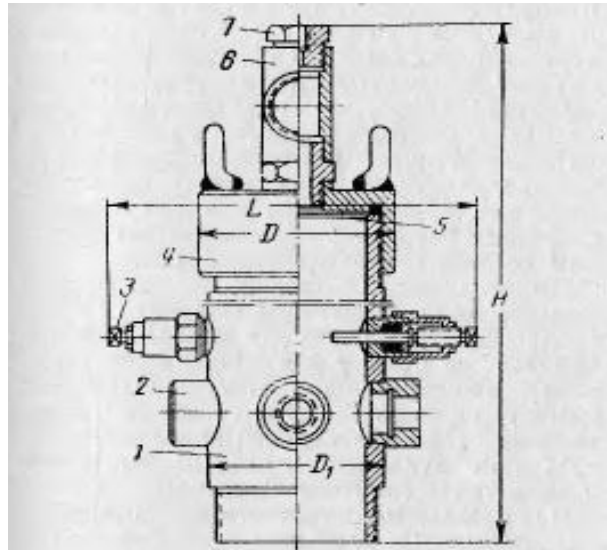


Рисунок 7.8 – Цементувальні головки ЦГ3-120 : 1 - корпус головки; 2 – патрубок для приєднання нагнітальної лінії; 3 – стопор для пробки; 4 – кришка головки; 5 - гумова прокладка; 7 – ніпель для манометра [1]

Цементувальні пробки потрібні для запобігання змішування цементного і глиняного розчинів. Верхня пробка призначена для того, щоб у момент сходження із нижньою пробкою різким підвищенням тиском на насосі фіксувати момент закінчення продавлювання цементного розчину. Пробки виготовлені із берези, манжети на пробках виготовлені з гуми [1].

В нижній пробці центральний отвір закритий пластинкою зі скла, котре руйнується при підвищенні тиску в момент зупинки пробки на упорному кільці (рис.7.9, а).

Верхня цементувальна пробка виготовляється із двох-трьох дерев'яних кіл, зібраних на металевому стержні. Між кільцями влаштовують гумові манжети (рис .7.9, б).

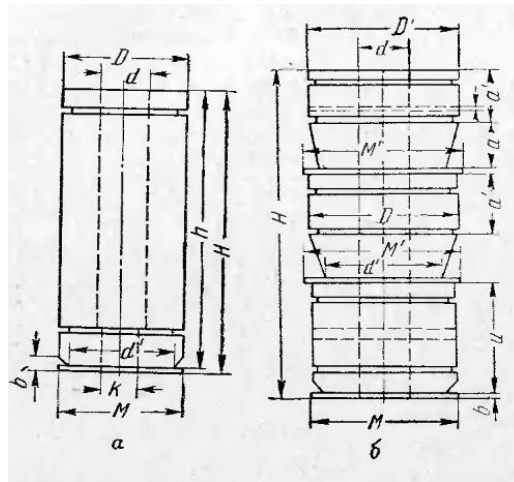


Рисунок 7.9 – Цементувальні пробки : а – нижня, б – верхня

### 7.3.2 Розрахунок цементациї свердловини

Потрібну кількість цементного розчину знаходять за формулою [2]

$$V_{\text{ц.р.}} = 0,785 D^2 - d_3^2 H_1 k + d_B^2 h , \quad (7.7)$$

де  $V_{\text{ц.р.}}$  – необхідна кількість цементного розчину, м<sup>3</sup>;

$D$  - діаметр свердловини, м;

$d_3^0$  - діаметр зовнішній обсадних труб, м;

$d_B^0$  - діаметр внутрішній обсадних труб, м;

$H_1$  - висота підйому цементного розчину за колоною, м;

$h$  - висота цементної пробки в колоні, 3 м;

$k$  - коефіцієнт, враховуючий можливе збільшення об'єму цементного розчин на заповнення розширень, каверн, 1,2..1,3.

$$V_{\text{ц.р.}} = 0,785 \cdot 0,320^2 - 0,245^2 \cdot 48 \cdot 1,2 + 0,220,5^2 \cdot 3 = 2 \text{ м}^3.$$

Щільність сухого цементу для виготовлення 1 м<sup>3</sup> цементного розчину знаходять за формулою

$$\gamma_{\text{цр}} = \frac{\gamma_{\text{ц}} \cdot \gamma_{\text{в}} (1 + m)}{(\gamma_{\text{в}} + m \gamma_{\text{ц}})}, \quad (7.8)$$

де  $\gamma_{\text{ц}}$  – щільність цементу, приймаємо 3,15 т/м<sup>3</sup>;

$m$  - водо цементний фактор , приймаємо 0,5.

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



Загальну кількість цементу для виготовлення 1 м<sup>3</sup> цементного розчину знаходять за формулою [2]

$$q = \frac{\gamma_{\text{ц}} \cdot \gamma_{\text{в}}}{\gamma_{\text{в}} + m \cdot \gamma_{\text{ц}}} \quad (7.9)$$

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

Загальну кількість сухого цементу для розчину визначають за формулою

$$Q_{\text{ц}} = q \cdot V_{\text{ц.р.}} \cdot \beta. \quad (7.10)$$

$$Q_{\text{ц}} = 1,22 \cdot 2 \cdot 1,1 = 2,684 \text{ т.}$$

Кількість води, необхідної для виготовлення цементного розчину, знаходять за формулою

$$V_{\text{в}} = Q_{\text{ц}} \cdot m. \quad (7.11)$$

$$V_{\text{в}} = 2,684 \cdot 0,5 = 1,342 \text{ т.}$$

Кількість води, необхідної для просування цементного розчину знаходять за формулою

$$V_{\text{пр}} = 0,785 \cdot d_{\text{в}}^2 \cdot H - h \cdot k. \quad (7.12)$$

$$V_{\text{пр}} = 0,785 \cdot 0,2205^2 \cdot 48 - 3 \cdot 1,05 = 1,8 \text{ м}^3.$$

Тиск на головці колони в момент сходження цементуючих пробок розраховуємо за формулою

$$P = P_1 + P_2 = \frac{H_1 - h}{10} \cdot (\gamma_{\text{цр}} - \gamma_{\text{р}}) + 0,01 \cdot L + 8. \quad (7.13)$$

$$P = \frac{48 - 3}{10} \cdot (1,83 - 1,2) + 0,01 \cdot 48 + 8 = 11,315 \text{ атм} = 1,38 \text{ МПа.}$$

Час цементації колони дорівнює

$$T_{\text{цем}} = t_{\text{ц}} + t_{\text{пр}} + 10, \quad (7.14)$$

$$t_{\text{ц}} = \frac{V_{\text{цр}}}{K \cdot q}, \quad (7.15)$$

$$t_{\text{пр}} = \frac{V_{\text{пр}}}{K \cdot q}. \quad (7.16)$$

$$t_{\text{ц}} = \frac{2}{0,06 \cdot 3,3} = 10 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{пр}} = \frac{1,8}{0,06 \cdot 3,3} = 9 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{цем}} = 10 + 9 + 10 = 29 \text{ хв.}$$

Допустимий час цементації

$$T_{\text{доп}} \leq 0,75 \cdot T_{\text{туж}}, \quad (7.17)$$

$$T_{\text{туж}} = 3 \text{ год} = 180 \text{ хв},$$
$$T_{\text{доп}} = 0,75 \cdot 180 = 135 \text{ хв}.$$

Умова виконується.

## 8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НС

### 8.1 Заходи безпеки в будівництві

При виконанні будівельних робіт необхідно виконувати вимоги ДБН А.3.2-2009 «Охорона праці і промислова безпека в будівництві», «Правила будови й безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів», других державних нормативних актів з охорони праці.

Земляні роботи в зонах підземних комунікацій можна робити тільки з письмового дозволу організації, у веденні якої знаходяться ці комунікації і при присутності їхнього представника.

Екскаратори під час роботи варто розташовувати на спланованих площадках.

Забороняється переміщати бульдозером ґрунт на підйомі крутизною більше  $15^\circ$  або під кутом  $30^\circ$ , поперечний ухил не повинний перевищувати  $15-16^\circ$ .

Перебування людей у межах призми завалення, у зоні розгортання стріли екскаватора й у межах небезпечної зони роботи кранів забороняється.

Забороняється робити будівельні роботи, складати матеріали або влаштовувати стоянки машин в охоронній зоні високовольтних ліній без узгодження з організацією, що експлуатує лінію.

Санітарно-гігієнічне обслуговування будівельників здійснюється відповідно до «Вказівок по проектуванню побутових будинків і помешкань, пунктів харчування і оздоровпунктів будівельно-монтажних організацій» (БН-276-74) і «Гігієнічними вимогами по устрою й устаткуванню санітарно-побутових помешкань для будівельних робітників» Міністерства охорони здоров'я.

На будівництві в чині санітарно-побутових помешкань передбачається використання пересувних вагончиків обладнаних опаленням, оснащених аптечками з медикаментами і засобами першої медичної допомоги.

Для потреб працюючих за межами прибережної захисної смуги встановлюються біотуалети.

Харчування робітників зайнятих на будівництві відбувається в місцях громадського харчування.

Електропостачання на період будівництва передбачається: на лінійних роботах - від пересувних електростанцій.

Тимчасове водопостачання робітників ведеться шляхом підвозу бутильованої води.

## 8.2 Вимоги безпеки при бурових роботах

1 Установлювати бурову машину тільки на спланованому майданчику з урахуванням категорії та характеру ґрунту.

2 Машиніст бурової установки під час робіт зобов'язаний використовувати устаткування і методи, що забезпечують його особисту безпеку так безпеку членів бригади. Він несе безпосередню відповідальність за порушення норм і правил безпечної експлуатації установки, а також за безпеку працівників, що беруть участь у виконанні робіт.

3 У бригаді повинно бути не менше двох стропальників.

4 Бурові машини повинні бути обладнані обмежувачами висоти піднімання бурового інструменту або вантаж захоплюючого пристрою та звуковою сигналізацією.

5 На канати повинен бути сертифікат виробника, або акт про їх випробування; вантажозахоплювальні засоби повинні бути випробувані та мати бирки або клейма, що підтверджують їх вантажопідіймальність і дату випробування.

6 Відстань між буровою машиною і та розташованими поблизу будівлями визначається проектом виробництва робіт. Небезпечна зона під час роботи бурової машини повинна бути визначена в радіусі не менше ніж 15 м від гирла свердловини.

7 Пересування бурових машин необхідно виконувати по заздалегідь спланованому горизонтальному шляху та за умови перебування конструкцій машин у транспортному положенні.

8 Улаштування свердловин у зоні діючих підземних комунікацій необхідно виконувати за нарядом-допуском під керівництвом особи, що відповідає за безпечне виконання робіт, а в охоронній зоні діючого газопроводу або кабелів електроживлення - ще і у присутності представників організацій, що експлуатують ці комунікації.

9 Пробурені свердловини у разі припинення робіт повинні бути закриті щитами або огорожені. На щитах і огорожах повинні бути нанесені попереджувальні знаки безпеки та встановлене сигнальне освітлення.

10 У разі виникнення аварійної ситуації під час виконання робіт буриньник повинен залишити небезпечну зону, а машиніст – діяти відповідно до інструкції з експлуатації установки.

11 Під час заглиблення і витягання обсадних труб та ліквідації аварій перебування осіб, не зайнятих на виконанні цих робіт, на відстані менше ніж 1,5 висоти бурової установки заборонено.

## ВИСНОВКИ

Для забезпечення села Шестірна питною водою для господарсько-побутових потреб з максимально добовим водоспоживанням  $206,58 \text{ м}^3/\text{добу}$ , запроєктований водозабір із трьох робочих свердловин; для надійності роботи водозабору, в його складі, ще одна резервна свердловина.

Виконаний розрахунок водонапірної башти: ємність бака  $100 \text{ м}^3$ , висота стовбура 18 м.

За експлуатаційний водоносний горизонт відповідно до літологічного складу водовмістких порід прийнятий пісок зелений середньозернистий водоносний, розташований на глибині 42 м, потужністю 6 м. Глибина свердловин – 50 м.

Фільтр прийнятий згідно ДБН трубчастий з круглими отворами з додатковою водоприймальною поверхнею представлена дротяною обмоткою, яка виконана з антикорозійних матеріалу з обов'язковою гравійною обсіпкою.

Діаметр обсадних труб сталевих безшовних з трикутною різьбою становить 245 мм, зовнішній діаметр муфт, якими з'єднуються обсадні труби 270 мм.

Кінцевий діаметр свердловини прийнятий по діаметру долота і становить 320 мм

Експлуатаційне зниження горизонту води в свердловині від статичного рівня становить 2,4 м

За витратою  $3,45 \text{ м}^3/\text{год}$ . та напором 47 м підібрали електрозанурювальний насос Pedrollo 4SR4/8-F .

Розраховані 3 пояси зон санітарної охорони. Перший пояс сурового режиму прийнятий 30 м, по контуру необхідно виконати загородження. У межах

санітарно-захисної смуги площадки ВБ та свердловин згідно [5] «забороняється:

- забруднення території нечистотами, сміттям, гноєм;
- розміщення складів паливо - мастильних матеріалів, ядохімікатів і мінеральних добрив;
- розміщення полів фільтрації й об'єктів, що можуть викликати мікробне забруднення питної води;
- застосування ядохімікатів».

Буріння свердловини виконувалось роторним способом буровою установкою 1БА-15В на базі автомобіля КАМАЗ 4310.

В інтервалі 0,0-42,0 м буріння проводилось 3-х шарошковим долотом діаметром 320 мм з прямою промивкою глинистим розчином. Свердловина в інтервал 0,0-42,0 м закріплена обсадними трубами  $d=245$  мм з товщиною стінки 12 мм (ДСТУ 8932:2019) з подальшою цементацією затрубного простору на всю цю висоту. Затвердіння цементного розчину склало 24 години.

Розбурювання цементної пробки в обсадних трубах свердловини в інтервалі 39,0-42 м проводилось 3-х шарошковим долотом діаметром 213 мм з прямою промивкою глинистим розчином. При монтажі фільтрової колони загальною довжиною  $L=13$  м була встановлена в інтервалі 42 м – 48 м робоча частина фільтра (трубчатого з круглими отворами з додатковою водоприймальною поверхнею представленою дротяною обмоткою, яка виконана з антикорозійних матеріалу фільтра). Кріплення обсадних труб - муфтове. Після установки фільтрової колони в свердловині була виконана обсіпка фільтра і фільтрової колони гравієм фракції 3,8 мм в інтервалі 37 м - 48 м, герметизація устя свердловини на поверхні була виконана м'ятою бентонітовою глиною.

Мета і завдання, які ставилися у кваліфікаційній роботі, виконані.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Буріння свердловин: навч. посіб. / 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». – Дніпро: НТУ «ДП», 2021.- 292с.
- 2 Відомчі будівельні норми ВБН 46/33-2.5-5-96. Сільськогосподарське водопостачання. Зовнішні мережі і споруди. Норми проектування. – К.: Мінсільгосппрод України, Держводгосп України, 1996. – 153 с.
- 3 Державні санітарні норми і правила. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: ДСанПіН 2.2.4-171-10. - [На заміну ГОСТ 2874-82; чинні від 2010-07-01] - Міністерство охорони здоров'я України, 2010 – 49 с. – (Державні санітарні норми і правила).
- 4 Гошовський СВ., Янь Тайнін, Цзянь Гошен та ін. Техніка буріння свердловин на воду: Монограф. - Д.: ПП «Ліра». 2008. — 300 с.
- 5 ДБН В.2.5-74:2013. Державні будівельні норми. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. –К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013.
- 6 ДБН А.3.1 – 5: 2016 Організація будівельного виробництва. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. – 52 с.
- 7 ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 Правила визначення вартості будівництва . – Режим доступу: [http://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2015/12/DSTU1.1-1\\_z\\_-Zm\\_noyu-1.pdf](http://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2015/12/DSTU1.1-1_z_-Zm_noyu-1.pdf).
- 8 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. – 399 с.

- 9 Сільське питне водопостачання в Україні. Практичний посібник./ А.М. Копитін, І.П. Слободенюк. –К.: 2011.-180с.
- 10 Методичні вказівки до курсової роботи «Проектування та будівництво водозабірної свердловини» з навчальної дисципліни «Бурова справа (в тому числі практикум)» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Водопостачання та водовідведення» денної та заочної форм навчання / Косінов В.П., Шадура В.О. – Рівне: НУВГП, 2019. – 36 с.
- 11 Новохатній В.Г. Водопостачання. Системи і мережі: Навчальний посібник / В.Г. Новохатній. – Полтава: ПолтНТУ, 2014. – 162 с.
- 12 Орлов В.О., Назаров С.М., Орлова А.М. Водозабірні споруди. Навчальний посібник.-Рівне: НУВГП, 2010. – 167с.
- 13 Орлов В.О., Назаров С.М., Шадура В.О. Проектування водозабірних споруд: Навч. посібник.-Рівне: УДУВГП.-2002.- 128 с.
- 14 Ольховик О.І., Білецький А.А., Клімов С.В. Ціноутворення та кошторисна вартість будівництва: Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2014. – 271 с.
- 15 Організація та технологія будівельних робіт [Текст] : навч. посіб. для студентів ВНЗ, які навчаються за напрямом підгот. "Будівництво" / М. М. Ткачук, Б. Н. Якимчук, Р. О. Кириша ; Нац. ун-т вод. госп-ва та природокористування. - Рівне : НУВГП, 2015. - 249 с.
- 16 Прогресивні технології спорудження свердловин: монографія. / Є.А. Коровяка, А.О. Ігнатов; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». - Дніпро: 2020. - 164 с.
- 17 Сашко В. О., Терещенко Т. М. Водопостачання. Навчальний посібник. Публічно-приватне партнерство для поліпшення сантехнічної освіти в Україні. Українсько-швейцарський проект. 2019. – 86 с.
- 18 Сільське питне водопостачання в Україні. Практичний посібник./ А.М. Копитін, І.П. Слободенюк. –К.: 2011.-180с.
- 19 Тугай А.М., Орлов В.О., Шадура В.О. Буріння свердловин для водопостачання.- Рівне: РДГУ, 2000.-140 с.



- 20 Тугай, А. М. Водопостачання : підручник / А. М. Тугай, В. О. Орлов. - К. : Знання, 2009. - 735 с.
- 21 Тугай А.М. Бурова справа в водопостачанні / Тугай А.М., Орлов В.О., Шадура В.О. Підручник – Рівне: НУВГП, 2004- 268с.
- 22 Тугай А.М., Орлов В.О., Шадура В.О. Буріння свердловин для водопостачання.- Рівне: РДГУ, 2000.-140 с.
- 23 Техніка та технологія буріння гідрогеологічних свердловин: Підручник / За ред.. акад. НАН України Г.Г. Півняка. – Д., Національний гірничий університет, 2007. – 399 с.
- 24 Яковенко М. М. Текст лекцій з дисципліни «Бурова справа» (для студентів 4 курсу денної та 5 курсу заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.060101 – Будівництво (професійне спрямування «Водопостачання та водовідведення») / М. М. Яковенко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 127 с.
- 25 Climate Data - SHESTIRNIA CLIMATE (UKRAINE) [Назва з екрану, код доступу <https://en.climate-data.org/europe/ukraine/dnipropetrovsk-oblast/shestirnia-270361/>
- 26 Наслідки спустошення Каховського водосховища будуть колосальними! - Михайло Яцюк [Назва з екрану], код доступу <https://www.youtube.com/watch?v=eD6w4aAswtU>