

Тема 8. Споруди для забору підземних вод

1. Загальні відомості про споруди для забору підземних вод.
2. Конструкція і улаштування водозабірних свердловин.
3. Особливості різних типів підземних водозаборів.

Для цілей водопостачання можуть бути використані підземні води, які створюються в основному за рахунок атмосферних опадів або за рахунок живлення з поверхневих джерел.

Породи, в порах яких циркулює вода, називаються водоносними, а породи, які не проникні для води називаються водонепроникними. До водоносних порід відносяться: піски, гравій, галька, піщанники та тріщинуваті гірські масиви.

До водонепроникних відносяться: щільні глини, важкі суглинки, щільна крейда.

За гідравлічними ознаками підземні води діляться на 2 групи:

- безнапірні підземні води (рис. 60а);
- напірні підземні води (рис. 60б).

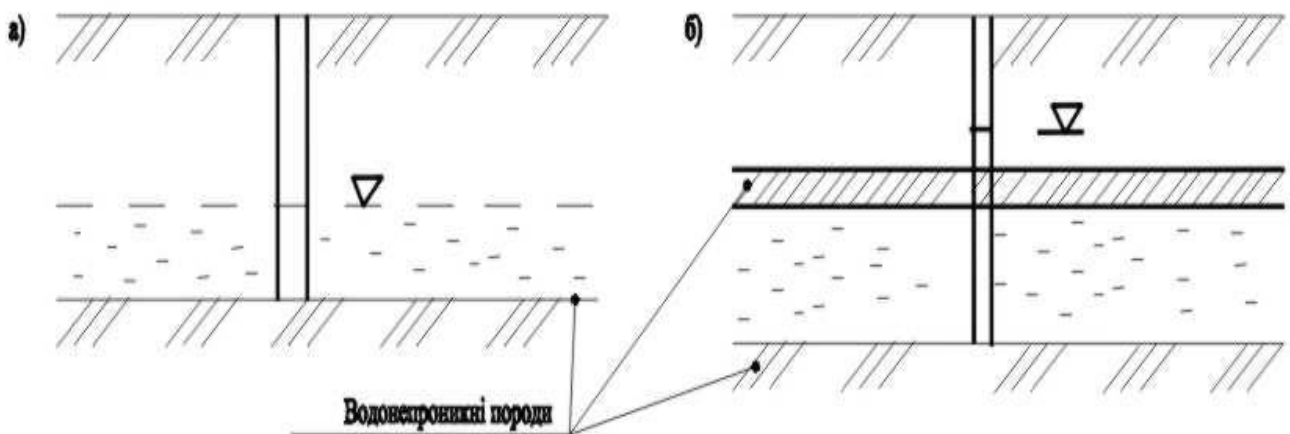


Рисунок 60 – Види підземних вод

Напірні води в свою чергу можуть бути двох типів:

- артезіанські води (рис. 61) (якщо вода виходить на поверхню з надлишковим напором),
- підземні джерела або ключі (якщо вода виходить на поверхню без надлишкового напору).

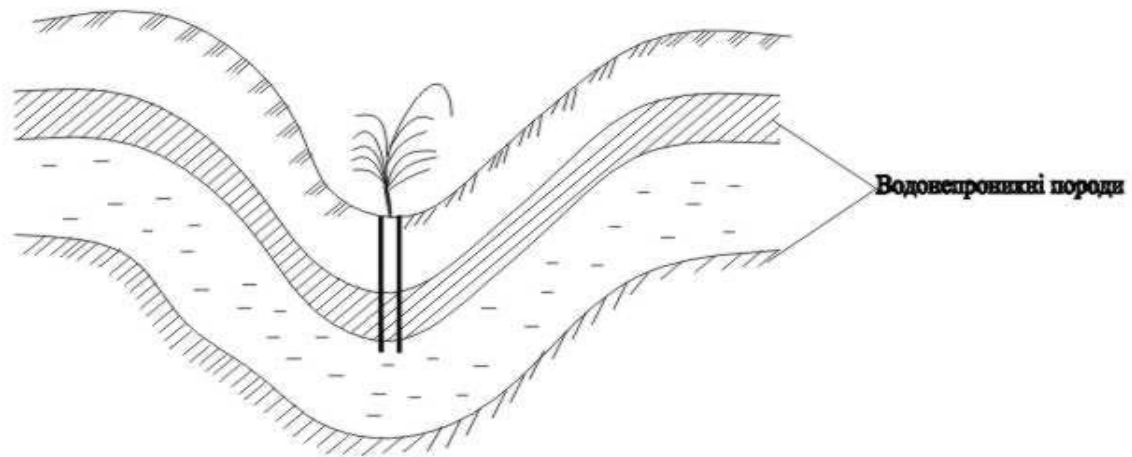


Рисунок 61 – Артезіанські води.

Водозабори, які використовуються для забору підземних вод діляться на наступні групи:

- а) водозабірні свердловини або трубчаті колодязі;
- б) шахтні колодязі;
- в) горизонтальні водозбори;
- г) променеві водозбори;
- д) фільтраційні водозбори;
- е) споруди для каптажу джерела.

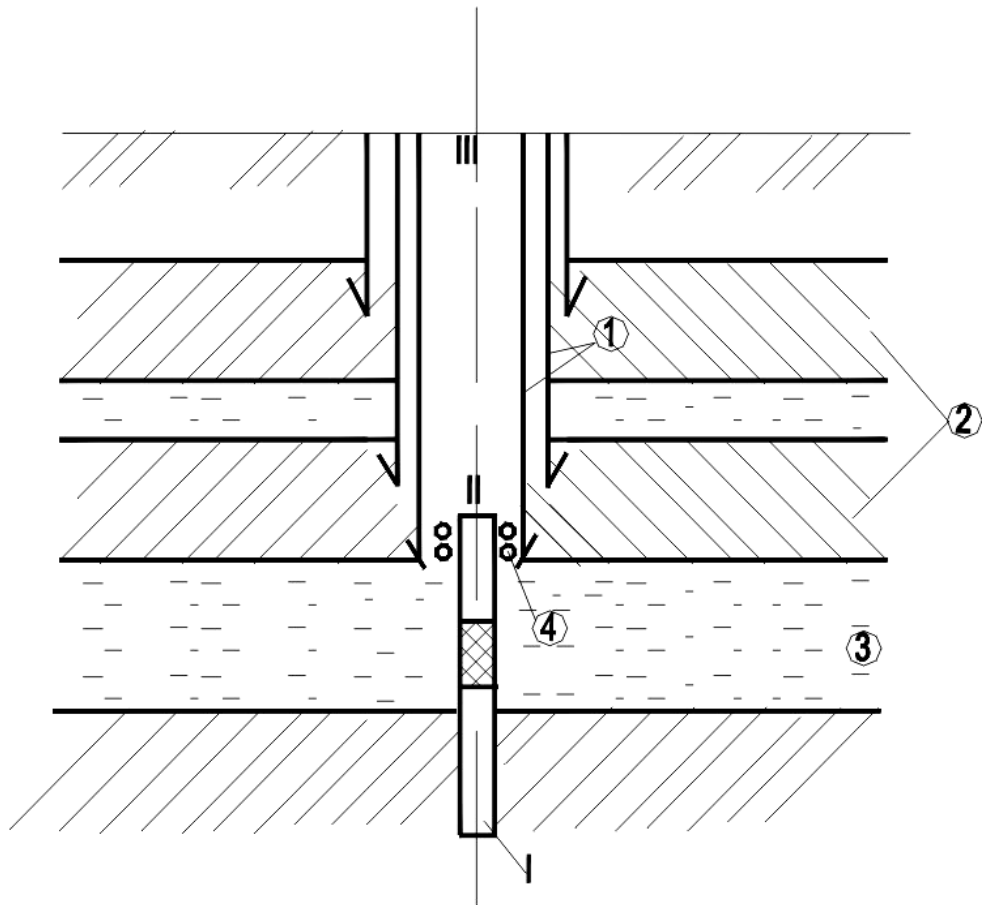
Водозабірні свердловини улаштовують шляхом буріння в землі вертикальних циліндричних каналів – свердловин. Свердловини в залежності від способу використання водоносного горизонту можуть бути:

- а) досконалими;
- б) недосконалими.

Досконалі колодязі – це такі колодязі, які доходять до водонепроникної породи.

Якщо трубчатая свердловина не доходить до водонепроникної породи, то така свердловина називається недосконалою.

Для запобігання обвалу стінок свердловин вони укріплюються обсадними трубами. Конструкція свердловини залежить від способу буріння свердловини, від її глибини, від геологічного розрізу, глибини динамічного рівня води, характеру водоприймальної частини свердловини і т.п.



- I – фільтр;
- II – ствол (обсадні труби);
- III – устя свердловини;
- 1 – обсадні труби;
- 2 – водонепроникна порода;
- 3 – водоносний пласт;
- 4 – сальник.

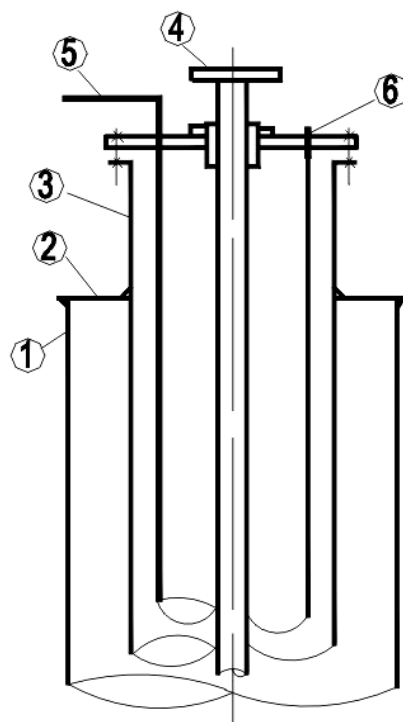
Рисунок 62 – Трубчата свердловина

При глибоких свердловинах не можна пробурити свердловину одного діаметру. Тому свердловина має кріплення, яке нагадує телескопічну трубу з вирізаними або невирізаними трубами. Таке кріплення не тільки забезпечує менші зусилля при бурінні свердловин, але і забезпечує надійне перекриття неробочих водоносних горизонтів. Для зменшення витрат труб їх вирізають з середини труборізом, а кільцевий простір між сусідніми трубами цементують. Відстань між башмаками двох сусідніх обсадних труб називається виходом труб. Вихід труб залежить від способу буріння і гідрогеологічного розрізу. При

ручному ударно-канатному бурінні вихід труб може досягати 20...25м, при механічному ударному бурінні –30...50м, при роторному бурінні до 400...500м.

Верхня колона труб найбільшого діаметру називається кондуктором і виконує роль направляючої для забезпечення правильного вертикального положення свердловини. Вона звичайно опускається на невелику глибину (7...12м).

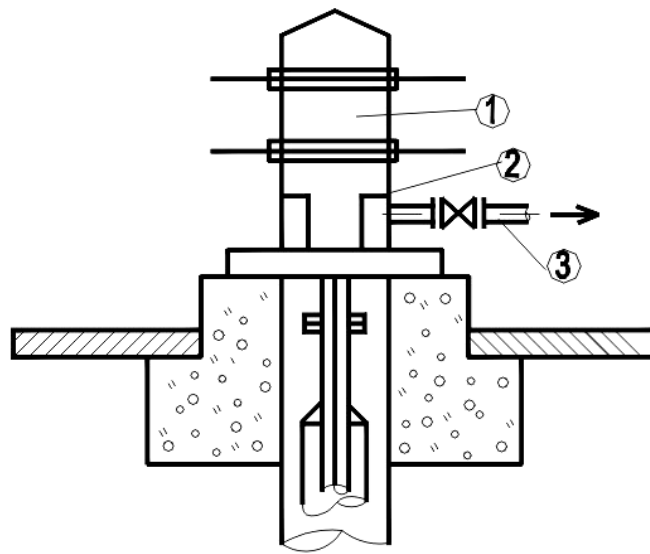
Якщо в свердловині встановлюються занурювані насоси, то навколо устя свердловини на рівні полу насосної станції роблять бетонний фундамент, обсадні труби глушать заглушками, а до робочої колони закріплюють заглушку, на якій монтують втулку силових кабелів, муфту напірної труби, насоси і труби для вимірювання рівня води (рис. 63).



- 1 – обсадна труба;
- 2 - заглушка;
- 3 – робоча колона;
- 4 – напірна труба насосу;
- 5 - трубка для пневматичного вимірювання рівня води;
- 6 – втулка для пропуску силових кабелів живлення двигунів.

Рисунок 63 – Улаштування устя при занурюваних насосах

При насосних агрегатах з двигуном над свердловиною устя свердловини улаштовується як фундамент під двигун (рис. 64).



- 1 – електродвигун;
- 2 – чавунна підставка;
- 3 – напірна труба

Рисунок 64 – Улаштування устя при насосах з трансмісійним валом

Для прийому безнапірних води при відносно невеликій глибині водонапірного пласту використовують шахтні колодязі (рис. 65).

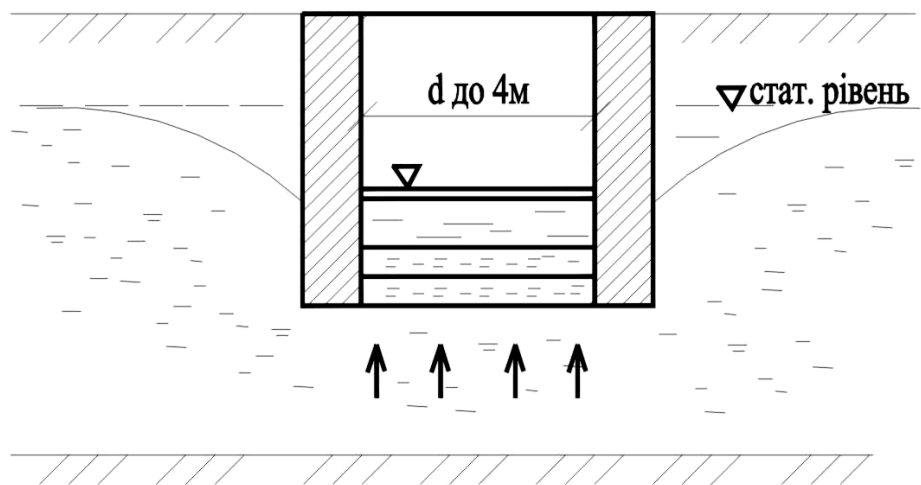
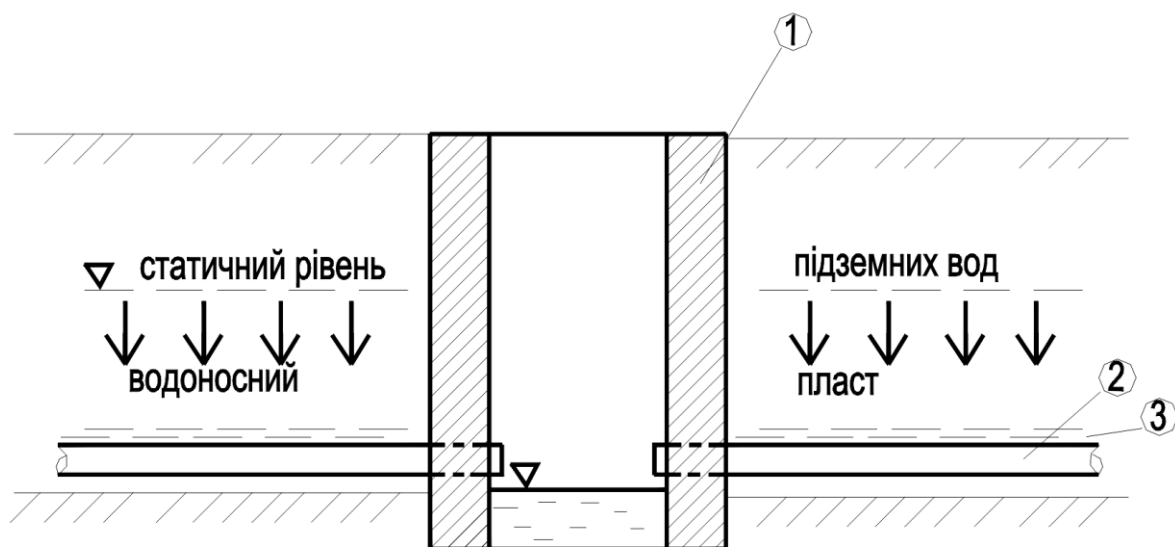


Рисунок -

Шахтні колодязі влаштовуються, як правило, по типу недосконалих колодязів. Головна приймальна площа в них – дно. На відміну від свердловин вони мають великий діаметр. На дні колодязя влаштовуються зворотний фільтр, який виконується з піску і гравію. Шахтні колодязі можуть виконуватись бетонними, залізобетонними, цегляними або дерев'яними. Для забору необхідної кількості води інколи влаштовують систему таких колодязів.

При малій глибині залягання водоносного пласту (до 5...7м) і його невеликій потужності влаштовують горизонтальні водозбори (рис. 66). Вони являють собою дренажні труби або галереї, які прокладаються в межах водоносного пласту (звичайно безпосередньо на водонепроникному пласті).



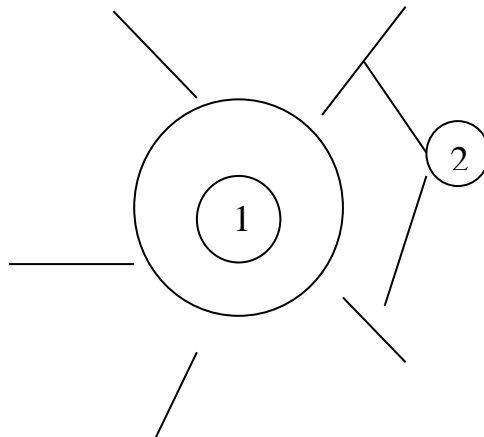
- 1 – збірний колодезь,
- 2 – горизонтальні водозбори,
- 3 – зворотний фільтр.

Рисунок 66 – Схема горизонтального водозбору

Навколо дренажних труб або галерей укладають гравійні фільтри. Водозабірні лінії укладаються перпендикулярно напрямку руху ґрунтового потоку. Вода по трубах або галереях поступає в збірний колодезь, звідки вона відкачується насосами. На довгих водозабірних лініях через кожні 25...50м встановлюються оглядові колодязі.

В умовах, коли немає вільної площі для водозбору, влаштовують променеві водозбори (рис. 67). Найбільш раціонально використовувати ці водозбори для забору води з малопотужних водоносних пластів (до 5 м), які

залягають на глибині 25...50м від поверхні або з водоносних пластів значної потужності (15...25м), які мають малий коефіцієнт фільтрації і залягають на таких же глибинах.

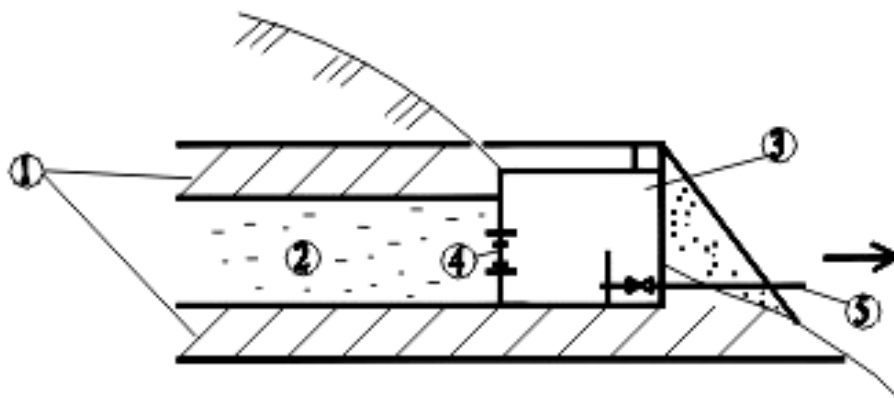


- 1 – збірна шахта,
- 2 – промені.

Рисунок 67 – Схема променевого водозабору.

Промені виконуються із сталевих дірчатих труб діаметром 200...600мм і довжиною 50...80м. Такі водозабори дозволяють одержувати підземну воду навіть в умовах забудови поверхні землі над променями.

Для забору води, яка виходить на поверхню у вигляді ключів чи джерел використовуються споруди для каптажу джерел (рис. 68). Прикладом такої споруди може бути каптаж нисхідного джерела.



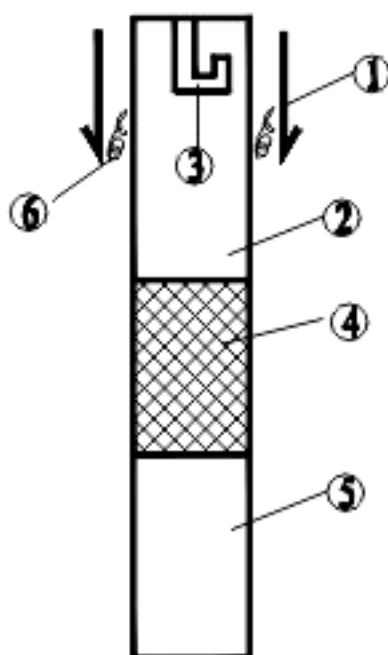
- 1 – водонепроникна порода, 2 – водоносна порода,
- 3 – колодязь, 4 – дірчата стінка, 5 – витратна труба.

Рисунок 68 - Схема нисхідного каптажу

Тема №9. Водоприймальна частина свердловин

1. Фільтри свердловин і їх типи.
2. Конструктивні особливості різних фільтрів.
3. Розрахунок фільтрів свердловин.
4. Безфільтрові свердловини.

Фільтр (рис. 69) – одна з найвідповідальніших частин колодязя.



- 1 – обсадна труба,
- 2 – надфільтрова частина з замком,
- 3 – замок для опускання і установки фільтра,
- 4 – робоча частина фільтра,
- 5 – відстійник,
- 6 – сальник.

Рисунок 69 – Фільтр свердловини

Висота робочої частини визначається розрахунком. Висота відстійника приймається від 1,5м (при глибині свердловини до 15м) до 10м (при глибині свердловини більше 90м). Висота надфільтрової частини залежить від типу і конструкції фільтра і повинна забезпечувати розміщення в ній сальника 6 і

замка 3. Крім того, висота надфільтрової ділянки повинна бути достатньою для того, щоб її верх знаходився над башмаком обсадної труби не менше, ніж на 3 м при глибині свердловини до 30м і не менше, ніж на 5м при більшій глибині.

Робоча частина фільтру визначає його тип і представляє собою ту чи іншу форму фільтруючої поверхні.

Вони бувають:

- а) щільові і дірчаті,
- б) каркасно-стержневі,
- в) дротяні,
- г) сітчаті,
- д) гравійні.

Щільові і дірчаті фільтри являють собою каркаси з перфорованих труб. Основою для них може бути дерево, пластмаса, а/ц труби, фарфор. Основною характеристикою фільтру являється його шпаруватість, тобто відношення площі отворів до площі робочої поверхні. Для збереження достатньої механічної міцності фільтра шпаруватість не повинна бути більшою 0,4...0,45. Розміри отворів приймаються в залежності від характеристики водоносної породи (табл. 5).

Таблиця 5 – Рекомендуемі розміри прохідних отворів для фільтрів

Тип фільтру	Рекомендований розмір отворів фільтра при коефіцієнті неоднорідності пород K_n	
	$K_n \leq 2$	$K_n > 2$
Дірчатий	(2,5...3)d50	(3...4)d50
Сітчатий	(1,5...2)d50	(2...2.5)d50
Щільовий	(1,25...1,5)d50	(1,5...2)d50

Щільові і дірчаті фільтри використовуються при одержанні води з водоносних пластів, які складені крупнозернистими породами або в тріщинуватих породах, які не забезпечують стійкість стінок свердловини.

Каркасно-стержневий фільтр (рис. 70) відрізняється від щільових і дірчатих тим, що замість дірчатих труб використовуються стержневі каркаси. Такі каркаси можуть використовуватись як під дротяну обмотку, так і під сітку.

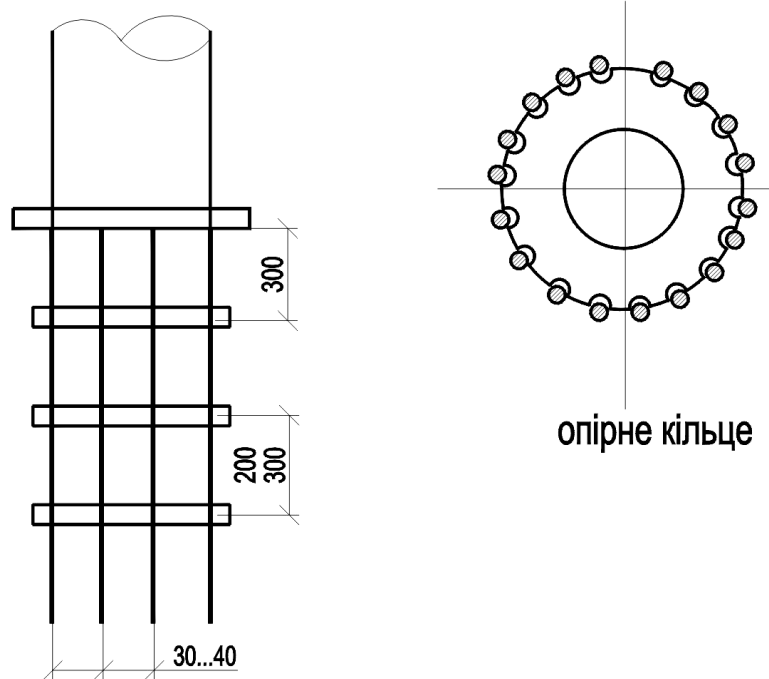


Рисунок 70 – Каркасно-стержневий фільтр.

Дротяний фільтр (рис. 71), являє собою перфоровану (з дірчатими або щільовими отворами) сталеву трубу, яка виконує роль каркасу. До каркасу через 30...40мм по його довжині приварено дрiт $d=3...5\text{мм}$, на який намотано тонкий ($d=1...2,5\text{мм}$) дрiт з нержавіючої сталі с прозорами 0,5...1мм. Вони використовуються в крупних пісках і гравії. Прохідні отвори між витками обмотки можна прийняти по раніше приведеній таблиці.

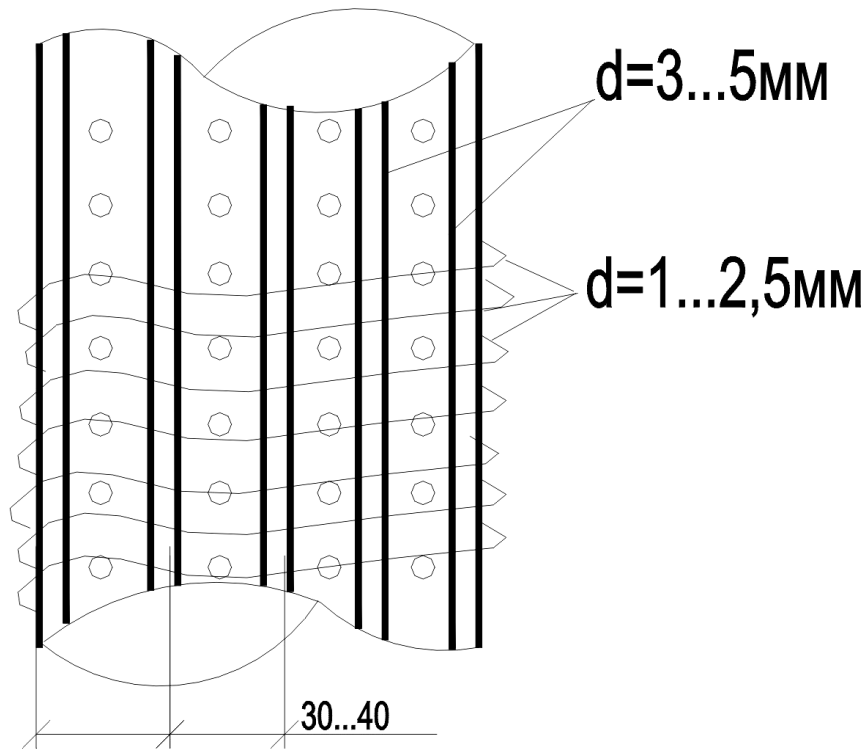


Рисунок 71 – Дротяний фільтр.

Сітчатий фільтр (рис. 72). Основою для нього являється каркасно-стержневий фільтр або щільовий з навитим дротом. Поверх навивки намотується сітка з латунного дроту чи пластмаси кіперного, галунного чи квадратного плетіння. Використовуються вони в пісках. Вибір сітки проводиться шляхом просіювання водоносної породи через неї. При цьому сітку можна використати, якщо в крупних пісках через неї проходить не більше 70...80% відсотків від маси всієї проби, в гравії – 30...40%, в гальці – 20...30%.

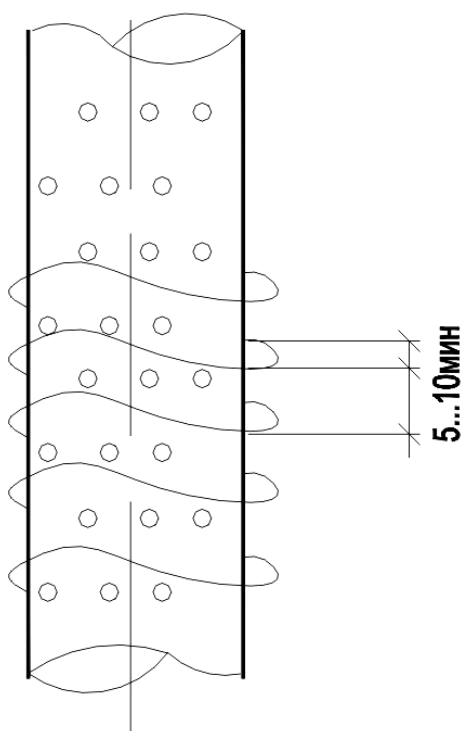


Рисунок 72 – Сітчатий фільтр

Гравійні фільтри (рис. 73) мають в якості ґрунтозатримуючих фільтрів гравійну обсіпку. Гравійні фільтри можуть влаштовуватись в свердловині або на поверхні землі. Вони можуть бути:

- одношаровими,
- двохшаровими.

При одношаровому фільтрі в свердловину опускається дірчатий фільтр і навколо нього роблять засіпку гравію на висоту водоносного шару, поступово піднімаючи обсадну трубу. Якщо фільтр двохшаровий, то використовують дві обсадні труби.

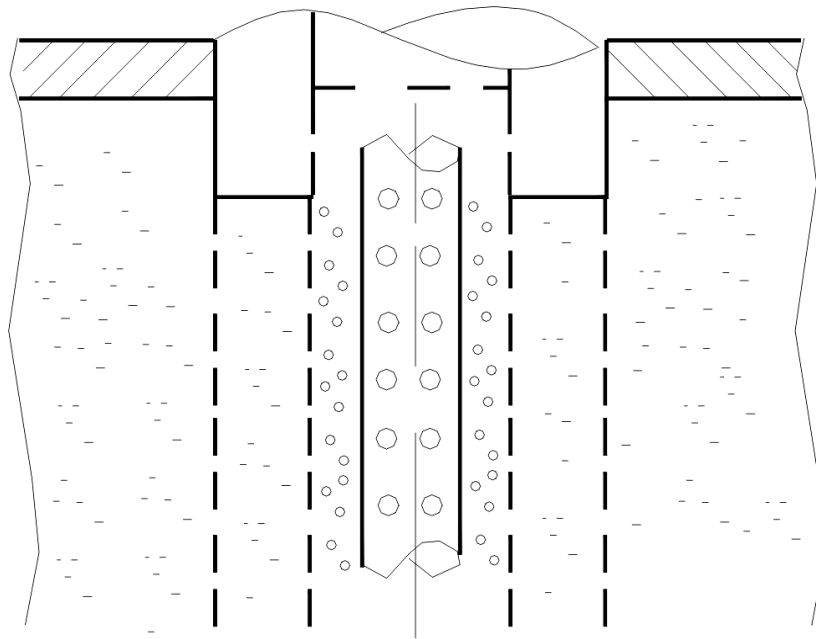


Рисунок 73 – Гравійний фільтр

Гравійні фільтри, які виготовляються на поверхні землі, встановлюються так, як і сітчаті. Вони бувають:

- кошикові (рис. 74а),
- кожухові (74б),
- клесні (74в).

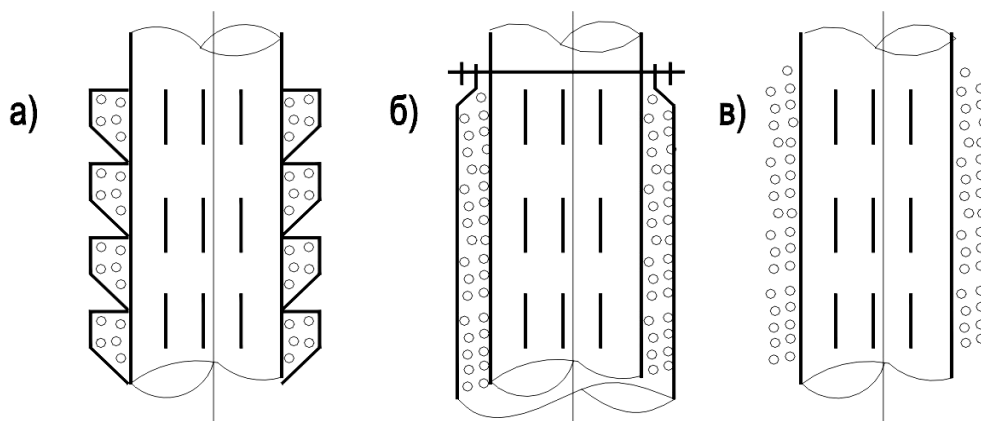


Рисунок 74 – Гравійні фільтри, які виготовляються на поверхні.

Кожухи бувають: сітчаті, з дірчатих сталевих листів, із дірчатих труб.

Клеєні фільтри збирають з використанням клеїв таких, як БФ-2, Бф-4.

При проектуванні гравійних фільтрів товщину шару засипки необхідно визначити за технічними міркуваннями, які враховують можливість виконання і установки фільтрів, а також умови майбутньої експлуатації. Діаметр гравійної обсіпки фільтру призначається із таких міркувань:

П'ятдесятивідсотковий діаметр зерен гравію обсіпки повинен дорівнювати:

- в мілкозернистих пісках – $(16...18)d_{50}$;
- в середньозернистих пісках – $(18...20)d_{50}$,

де d_{50} – 50% діаметр зерен водоносної породи.

Таке ж співвідношення вибирається при багат шаровому фільтрі.

Розрахунок фільтрів свердловин

Основою для розрахунку фільтрів являється витрата води, яка повинна поступати через фільтр

$$Q = V_{\phi} W_{\phi},$$

де W_{ϕ} – поверхня фільтру,

$$W_{\phi} = \Pi d_{\phi} L_{\phi},$$

d_{ϕ} – діаметр фільтру,

L_{ϕ} – довжина фільтру.

Величина вхідної швидкості фільтрації повинна бути такою, щоб не було виносу частинок ґрунту в фільтр. Крім того, повинен забезпечуватись ламінарний характер руху води на всьому шляху її руху до поверхні фільтру. Д.т.н. С.К. Абрамов запропонував таку формулу для визначення швидкості фільтрації

$$V_{\phi} = 65 \sqrt[3]{K_{\phi}},$$

де K_{ϕ} – коефіцієнт фільтрації, м/добу.

Практично довжину фільтру L_{ϕ} визначають на основі оціночних розрахунків, користуючись приведеною вище формулою, а також враховуючи загальну товщину водоносного шару, характер свердловини за режимом роботи (досконала чи недосконала) і очікуваної величини зниження рівня води в колодязі при відкачці.

Для досконалих колодязів в умовах напірних вод $L_{\phi}=(0,7\dots1) H$ (де H – потужність водоносного пласту. Діаметр фільтру приймають в залежності від діаметра обсадних труб глибоководних насосів, якими будуть обладнуватись свердловини.

Слід враховувати, що весь розрахунок свердловин ведеться шляхом оціночних визначень числа колодязів. В процесі розрахунку одержані діаметри фільтру можуть вимагати навіть зміни кількості колодязів.

Втрата напору h_{ϕ} в фільтрі, які мають поверхню W_{ϕ} ($\text{м}^3/\text{добу}$) може бути визначена за формулою С. К. Абрамова

$$h_{\phi} = a \sqrt{\frac{QS}{K_{\phi} W_{\phi}}},$$

де S – зниження рівня води в м при відкачці Q ,

K_{ϕ} – коефіцієнт фільтрації ґрунту в м/добу.

Коефіцієнт a можна приймати в слідуючих межах в залежності від типу фільтрів:

- сітчаті і гравійні каркасні – 15...25,
- гравійні корзинчаті – 12...22,
- дірчаті і щільові – 6...8.

Безфільтрові свердловини

Безфільтрові свердловини не мають фільтру, і вода надходить з водоносного шару безпосередньо в експлуатаційну трубу.

Перевага їх перед колодязями з фільтрами:

- більш довгий термін служби (20...30 років замість 12...15 років),
- більший питомий дебіт,
- малий вхідний опір,
- менша загроза хімічного закупорювання і зруйнування;

- менша вартість колодязя.

Безфільтрові колодязі можна влаштувати в стійких тріщинуватих скельних породах (рис. 75) або в породах з мілкозернистими порохнистими пісками (рис. 76).

Для збільшення тріщинуватості шару і покращення умов притоку води до колодязя інколи використовують торпедування свердловини, яке можливе тільки тоді, коли поблизу забою немає свердловини, що забирає воду поганої якості або сухого ґрунту з великою водопроникністю, тому що це може погіршити якість води або зменшити дебіт колодязя. Після торпедування забій очищається від кусків породи. Перед пуском в експлуатацію необхідно провести підсилену відкачку води з колодязя, щоб вимити з тріщин водоносного шару пісок і малі ракушки, які можуть інколи бути в тріщинах.

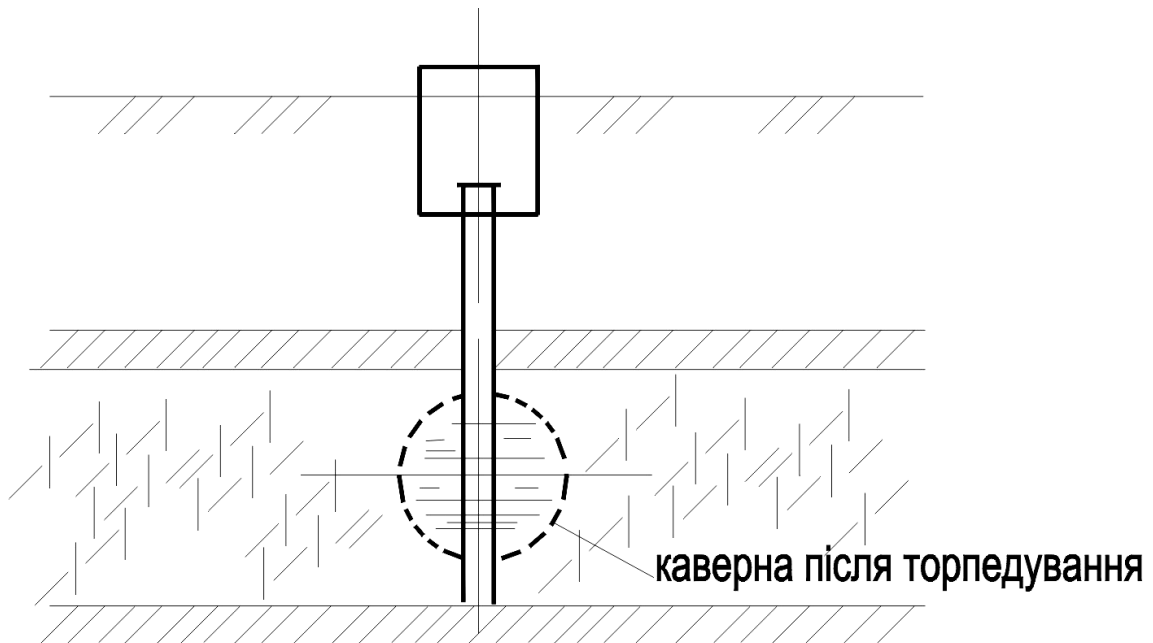


Рисунок 75 – Безфільтровий колодязь в скельних породах.

Для одержання безфільтрового колодязя в напірних піщаних водоносних шарах свердловину опускають до водоносного пласту і відкривають його.

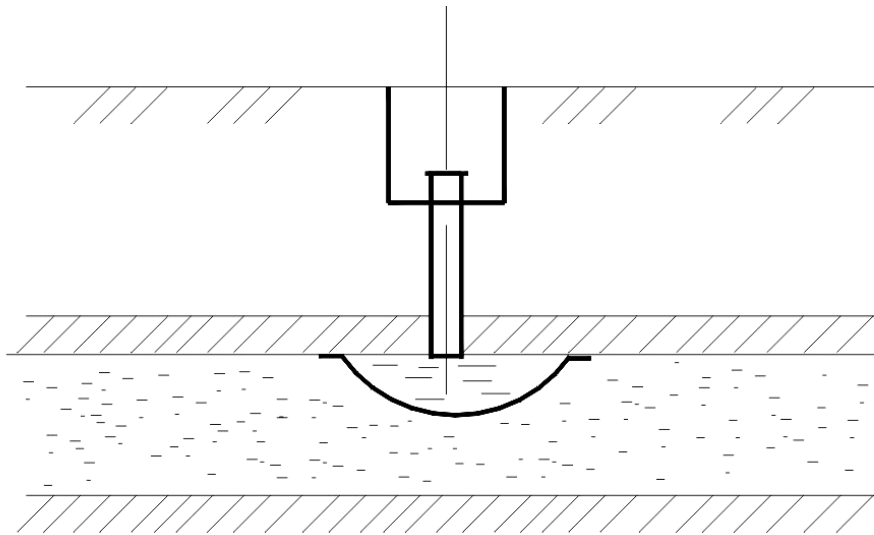


Рисунок 76 – Безфільтровий колодязь в порохнистих пісках

Після цього проводять відкачку води зі свердловини ерліфтом з витратою не менше 120% від нормальної продуктивності. Відкачка може вестись довго (наприклад 13 місяців в мілкозернистих пісках). Відкачку виконують до тих пір, поки не закінчиться винесення піску або поки не утвориться каверна достатніх розмірів. Для створення більшої стійкості утворенної в забої свердловини воронки її можна засипати гравієм або крупним піском. Але засипка зменшує дебіт і її можна використовувати тільки в мілкозернистих пісках.

Тема № 10. Розрахунок одиночних свердловин

1. Приплив води до досконалого колодязя в безнапірних водоносних породах.
2. Приплив води до досконалого колодязя в напірних водоносних породах.
3. Приплив води до недосконалого колодязя в безнапірних водоносних породах.
4. Приплив води до недосконалого колодязя в напірних водоносних породах.

Задачею гідравлічного розрахунку свердловин являється визначення:

- кількості свердловин,
- діаметру і довжини фільтрів,
- зниження горизонту води в свердловині в залежності від заданого відбору води,
- втрати напору в фільтрі,
- відстані між свердловинами.

Вхідними даними для розрахунку являються:

- необхідна кількість води, яка забирається
- глибина залягання й потужність водоносного шару,
- характеристика залягання ґрунтів, які складають водоносний шар і коефіцієнт фільтрації K_f .

Всі розрахунки свердловин проводяться в два етапи. На I етапі визначають дебіт свердловини при попередньо наміченому діаметрі фільтра і його довжині. На другому етапі перевіряють водозахватну здібність самої свердловини.

При розрахунках свердловин можуть мати місце наступні розрахункові схеми:

- приплив безнапірних вод до одиночної досконалої свердловини;
- приплив напірних вод до одиночної досконалої свердловини;
- приплив безнапірних вод до одиночної недосконалої свердловини;
- приплив напірних вод до одиночної недосконалої свердловини.

Початок теорії припливу води до свердловини розробив Дюпюї в 1875р.

При виводі розрахункових формул, Дюпюї зробив наступні допущення, які спрощують міркування:

- а) зеркало грунтових вод горизонтальне;
- б) поверхня підстилаючого водонепроникного шару також горизонтальна;
- в) ґрунт однорідний і отже коефіцієнт фільтрації для всіх точок ґрунту однаковий;
- г) рух підземних вод, які притікають до колодязя, має ламінарний характер.

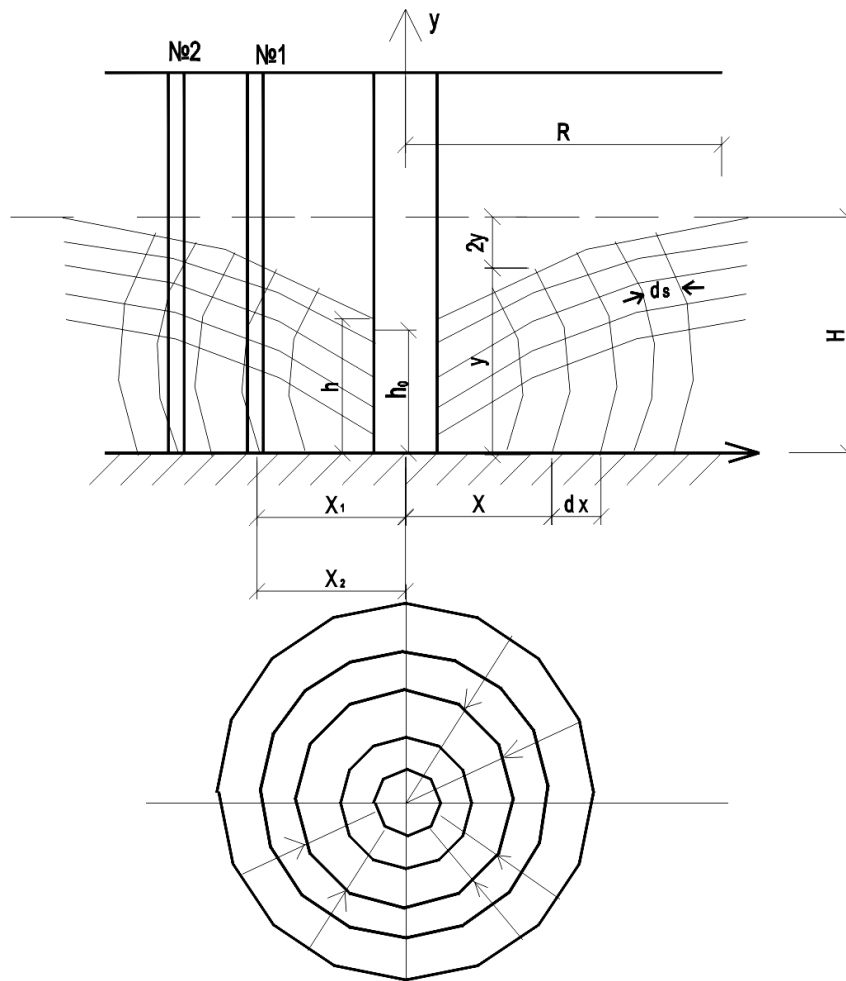


Рисунок 77 – Схема притоку води до досконалого колодязя в безнапірному водяному пласті

Навколо колодязя при відкачці створюється вирва депресії (рис. 77). Перетин цієї вирви вертикальними площинами, які проходять через вісь колодязя, в будь-якому напрямі дадуть симетричні криві депресії. Відстань від вісі колодязя до точки дотику лінії першопочаткового (до відкачки) статичного горизонту ґрунтових вод до кривої депресії називається радіусом впливу колодязя R .

Геометричне місце точок ґрунтового потоку, які мають однаковий напір, називається поверхнею рівного напору або екіпотенційною поверхнею.

Ґрунтовий потік рухається від однієї екіпотенційної поверхні більшого знаку другої – меншого знаку. Лінії токів води нормальні до поверхні рівних напорів.

Для визначення кількості води, яка притікає до колодязя, необхідно знайти величини площі якої-небудь поверхні рівного напору W , і швидкості фільтрації

По Дарсі

$$V_{\phi} = K_{\phi} I = K_{\phi} \frac{dy}{dS}$$

Тоді

$$q = W_{\phi} V_{\phi} = W_{\phi} K_{\phi} \frac{dy}{dS}$$

де W_{ϕ} – площа екіпотенційної поверхні

K_{ϕ} – коефіцієнт фільтрації,

dy – різниця позначок напору на екіпотенційній поверхні, які знаходяться на відстані dS від попередньої поверхні.

При малому зниженні i , отже, малому куті нахилу дотичної до кривої депресії можна прийняти, що поверхні рівного напору циліндричні і що

$$\frac{dy}{dS} \approx \frac{dy}{dx}$$

Тоді притік до колодязя буде

$$q = \frac{d\psi}{\psi} = 2\pi K_{\phi} y dy$$

де x змінюється від r до R , а y від h до H .

Інтегруючи, одержимо

$$q = \int_{\kappa}^{\kappa} \frac{dx}{x} = 2\pi K_{\phi} \int_{h_1}^H y dy$$

$$q = (\ln R - \ln r) = \Pi K_{\phi} (H^2 - h^2)$$

або

$$q = \Pi K_{\phi} \frac{H^2 - h^2}{\ln R - \ln r} = \Pi K_{\phi} \frac{H^2 - h^2}{\ln \frac{R}{r}}$$

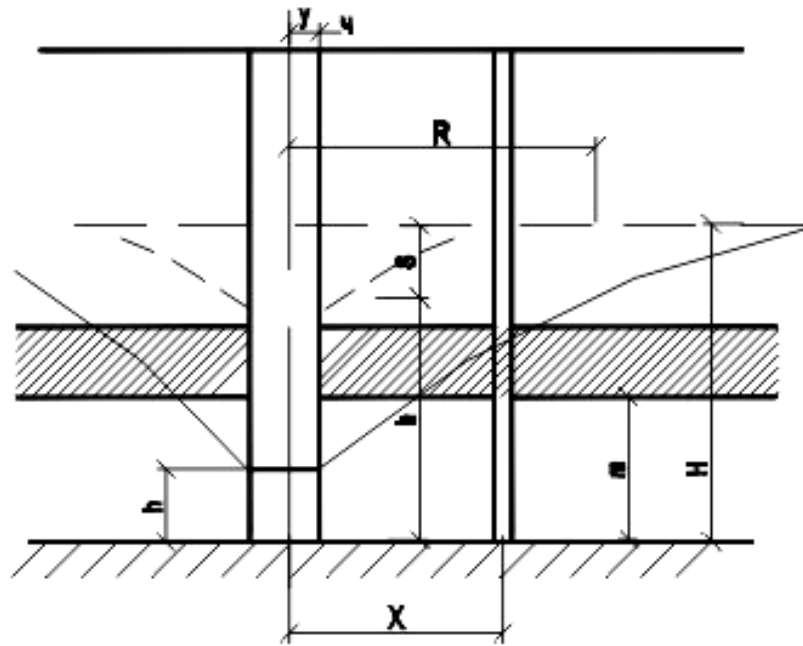


Рисунок 78 – Схема відкачки при напірній водоносній породі

Переходячи до десяткових логарифмів, маємо

$$q = 1,36 K_{\phi} \frac{H^2 - h^2}{\ln \frac{R}{r}}$$

Якщо колодязь досконалий (рис. 78) і знаходиться в напірному водоносному пласті, то кількість води, яка притікає через циліндричну поверхню, що знаходиться на відстані x від вісі колодязя, буде рівною

$$q = 2 \Pi x m K_{\phi} \frac{dy}{dx}$$

Розглядаючи змінні, одержимо

$$q = \frac{dx}{x} 2\pi m K_{\phi} dy.$$

Інтегруючи в межах для x від r до R і y h до H , одержимо

$$q = 2\pi m K_{\phi} \frac{H - h}{\ln \frac{R}{r}}.$$

Переходячи до десяткових логарифмів, маємо

$$q = 2,73 m K_{\phi} \frac{H - h}{\lg \frac{R}{r}} = 2,73 K_{\phi} m \frac{S}{\lg \frac{R}{r}} = qs.$$

Остання формула називається формулою Дюпюї. Це рівняння справедливе лише при таких зниженнях рівня води, при яких $h > m$.

Якщо рівень води в колодязі настільки сильно знижено, що $h < m$, тоді навколо колодязя створюється не напірна воронка депресії, а воронка з вільною дійсною поверхнею води. В цьому випадку витрата води, яку можна отримати із свердловини, буде рівною

$$q = 1,36 K_{\phi} \frac{(2H - m)m - h^2}{\lg \frac{R}{r}},$$

де h – шар води у стін колодязя в м.

Недоліком цих формул є те, що вони дають приблизний результат, враховуючи ті допуски, які були покладені в основу при виводі цих формул. Більш точні формули можна одержати на основі дослідних даних за пропозицією М.Є. Альтовського. Для оцінки зміни припливу до свердловини М.Є. Альтовський пропонує залежність

$$Q = a + b \lg S,$$

де a і b – коефіцієнти, які одержують на основі пробних відкачок

$$a = Q_1 - b \lg S_1 \quad \text{або} \quad a = Q_2 - b \lg S_2,$$

а

$$B = \frac{Q_2 - Q_1}{\lg S_2 - \lg S_1}$$

Для цього проводяться дві відкачки з вимірюванням в кожній Q_1, S_1 и Q_2, S_2 .

В напірних водоносних пластах дебіт колодязя визначається за формулою Дюпюї

$$q = 2,73 K_{\phi} m \frac{S}{\lg \frac{R}{r}} = q_{\text{нит}} S,$$

$q_{\text{нит}}$ – питомий дебіт колодязя, тобто дебіт на одиницю зниження статичного рівня.

Графічно ці залежності зображаються так:

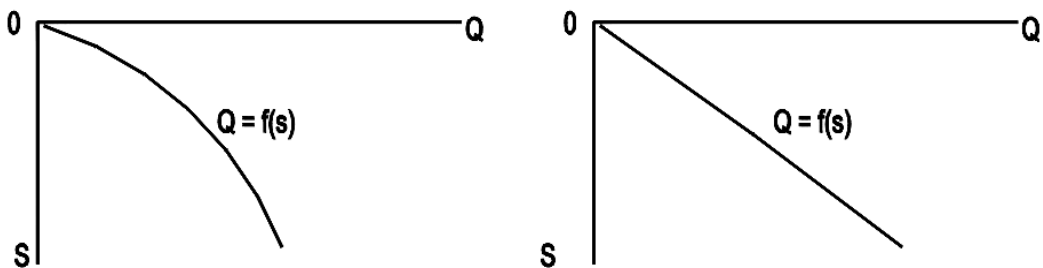


Рисунок 79 – Залежність подачі від зниження

Недоліком всіх цих формул являється те, що вони розраховані на встановлений режим роботи водозабору. Але реальний досвід експлуатації водозаборів на протязі довгого терміну показав, що цей режим не можна рахувати встановленим тому, що радіус впливу має тенденцію до збільшення, тобто рух підземних вод являється невстановленим. Тому для гідравлічного розрахунку відповідальних водозаборів рекомендується користуватися залежностями, які враховують нестабільність руху підземної води. Так зниження в цьому випадку буде визначатися формулою

$$S = -0,08 \frac{Q}{K_{\phi} m} E_i(-\lambda).$$

Якщо підтримувати $S = \text{const}$, то

$$Q = -\frac{12,56K_{\phi}mS_0}{E_i(-\lambda)},$$

де E_i – символ інтегральної показникової функції, значення якої функції, значення якої визначається в залежності від аргументу

$$\lambda = \frac{r^2}{4at},$$

де r_0 – радіус колодязя,

t – час відкачки

m – потужність водоносної породи.

a – коефіцієнт п'єзопроводності (характеризує швидкість передачі напору підземних вод)

$$a = \frac{K_{\phi}m}{\mu^*},$$

μ^* - коефіцієнт водовіддачі напірного пласту, який враховує вивільнення частини води при зменшенні гідродинамічного тиску при відкачці.

$a=10^4 \dots 10^6 \text{ м}^2/\text{добу}$ – для скельних і напівскельних ґрунтів;

$a=10^3 \dots 10^5 \text{ м}^2/\text{добу}$ – для пористих порід.

Якщо $\lambda = \frac{r^2}{4at} \leq 0,1$, що має місце при довгій відкачці, то інтегральна показникова функція добре апроксимується логарифмічною залежністю

$$E_i\left(-\frac{r^2}{4at}\right) \approx -\ln \frac{2,25}{r^2} = -\ln \frac{R^2}{r^2}.$$

Тоді

$$S = 0,08 \frac{Q}{K_{\phi}m} \ln \frac{R^2}{r^2} = 0,37 \frac{Q}{K_{\phi}m} \lg \frac{R}{r},$$

де $R=1,5\sqrt{at}$ - радіус впливу (звідси видно, що цей радіус з ростом терміну експлуатації зростає).

Приплив води до недосконалих колодязів

Недосконалий колодязь живиться не тільки через бокову поверхню, але і знизу (рис. 80). Є чимало досліджень, які присвячені вивченню питання визначення припливу вод до таких колодязів. З цих досліджень слід відзначити роботи Форхгеймера, який встановив, що при постійній глибині зниження залежність між дебітом колодязя і його заглибленням в водоносний шар постійної потужності виражається рівнянням

$$\frac{q}{Q_g} = \sqrt{\frac{t}{T}} \cdot 4 \sqrt{\frac{2T-t}{T}}$$

де q – дебіт недосконалиго колодязя з непроникним дном,

Q_g – дебіт досконалого колодязя з непроникним дном,

t – шар води в недосконалиму колодязі,

T - відстань від рівня води в недосконалиму колодязі до водонепроникного шару.

Тоді приплив води до недосконалих колодязів може бути визначений через приплив води до досконалих колодязів.

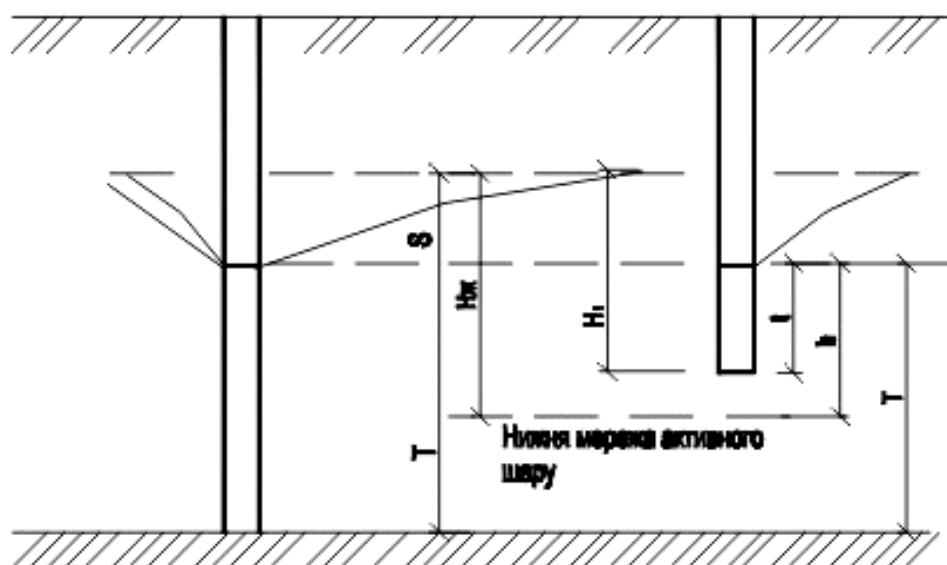


Рисунок 80 – Схема відбору води при недосконалих свердловинах.

$$q = Q_g \sqrt{\frac{t}{T}} \quad 4 \sqrt{\frac{2T-t}{T}}$$

Потужність активної зони можна визначити в залежності від глибини зниження S за даними академіка Е. А. Замаріна.

Таблиця 6 – Залежність потужності активної зони від зниження

Значення S	Потужність активної зони ($H_{ак}$)
0,2 H_1	1,3 H_1
0,3 H_1	1,5 H_1
0,5 H_1	1,7 H_1
0,8 H_1	1,85 H_1

Якщо $H_{ак}$ за даними цієї таблиці буде меншим, ніж H , то приплив води до свердловини визначається, як для недосконалої свердловини. В вітчизняній практиці використовують метод Н.Н. Веригіна, за яким в знаменник вносяться дві поправки ζ_1 і ζ_2 , які враховують недосконалість розкриття пласту.

Для визначення припливу води до недосконалих колодязів в напірних водоносних шарах запропоновані різні формули (М. Маскет, П.П. Аргунов, С.К. Абрамов, В.Д. Бабушкін, И. Козені, Ф. Форхгеймер и др.). Але всі вони дають завищені результати і їх можна використовувати при проектуванні водознижуючих установок. Розрахунки для водопостачання можна виконувати за наближеною формулою С.П. Албула

$$Q_H = Q_g \frac{l}{m} = q_{num} S \frac{l}{m}$$

де Q_H – дебіт недосконалого колодязя,

Q_g - дебіт досконалого колодязя, який визначено по одній з формул для колодязів в напірному водоносному шарі,

L – довжина водоприймальної частини колодязя,

m – потужність водоносного шару, м.