

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

ГІДРОТЕХНІЧНІ ВОДОЗАБІРНІ СПОРУДИ. ВОДОЗАБІРНІ СВЕРДЛОВИНИ

Методичні вказівки
до виконання курсового проєкту/роботи
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія»
ОПП «Водогосподарське будівництво»

Київ 2025

УДК 628.1

Г46

Укладачі: С.В Величко, канд. техн. наук, доцент;

О.В. Дупляк, канд. техн. наук, доцент

Рецензент Хомутецька Т.П., д-р. техн. наук, професор

Відповідальний за випуск В.П. Хоружий, д-р. техн. наук,
професор

*Затверджено на засіданні кафедри водопостачання та
водовідведення, протокол № 9 від 28 травня 2025 року.*

Видається в авторській редакції.

Гідротехнічні водозабірні споруди. Водозабірні свердловини
Г46 [Електронний ресурс]: методичні вказівки до виконання курсового
проекту роботи / уклад.: С.В. Величко, О.В. Дупляк. – Київ : КНУБА,
2025. – 29 с.

Містить загальні положення та послідовність розрахунку водозабору підземних вод за допомогою водозабірних свердловин, розрахунок кількості свердловин, підбір фільтрів та насосного обладнання, розрахунок зон санітарної охорони, список літератури.

Призначено для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія», ОПП «Водогосподарське будівництво».

Загальні положення

Метою вивчення освітньої компоненти є здобуття знань про водозабірні споруди з підземних джерел водопостачання, їх проектування та буріння. Для наступної успішної роботи з урахуванням специфіки гідротехнічного будівництва здобувачі мають набути знання в даній галузі і систематизувати відомості про розрахунки підземних свердловин та їх обладнання, отримані під час вивчення лекційного матеріалу та суміжних дисциплін. Виконання курсового проєкту (роботи) дозволить студентам краще засвоїти лекційний курс.

Курсовий проєкт (робота) «Водозабірні свердловини» складається з пояснювальної записки з розрахунками та розрахунковими схемами, виконаними в форматі А4 та одного листа креслень у форматі А1.

Курсовий проєкт (робота) складається з наступних розділів:

1. Клас наслідків (відповідальності) водозабірних споруд
2. Вибір водоносного пласта та місце розташування водозабору.
3. Визначення розрахункової витрати водозабору, розрахунок кількості свердловин.
4. Конструкція свердловини
 - 4.1. Підбір конструкції та розмірів фільтру
 - 4.2. Підбір насосного обладнання свердловини
 - 4.3. Конструювання свердловини та спосіб буріння
 - 4.4. Обладнання свердловини
 - 4.5. Залізобетонні конструкції підземної насосної станції
 - 4.6. Розрахунок зон санітарної охорони
5. Література.

Креслення виконуються на форматі А1 і містять:

- 1 Лист: Геологічний розріз та конструкція свердловини; Насосна станція над свердловиною; Специфікації труб та обладнання, специфікація залізобетонних конструкцій.

1. Клас наслідків (відповідальності) водозабірних споруд

Визначення класу наслідків (відповідальності) споруд виконується згідно [1] в залежності від можливої небезпеки для здоров'я і життя людей, які постійно перебувають на об'єкті, тимчасово перебувають на об'єкті, перебувають поза межами об'єкту, обсягу можливого економічного збитку (в курсовому проєкті не визначається), розташування об'єкту в охоронній зоні об'єктів культурної спадщини.

Згідно [2, стаття 32] об'єкти, для яких обов'язковим є розробка ОВД не можуть відноситись до класу відповідальності СС1. Підземні водозабори можуть бути віднесені згідно [3] п.13 до 2 категорії, якщо водозабір підземних вод перевищує 300 кубічних метрів на добу або до 1 категорії якщо підземний водозабір має щорічний забір води 10 мільйонів м³ або більше. Результати розрахунку зводимо в табличну форму (табл. 1).

За максимальним значенням класу наслідків робимо висновок.

Таблиця 1

**Розрахункові показники по визначенню класу наслідків
(відповідальності)**

№	Характеристики наслідків	Одиниця виміру показника	Нормативний показник	Розрахунковий показник	Клас наслідків
1	Постійна наявність людей на об'єкті	осіб	<50		СС1
3	Періодична наявність людей на об'єкті	осіб	<100 ремонтна бригада		СС1
4	Люди, що перебувають поза об'єктом	осіб	< 100 100-50000 >50000 споживачі		СС1 СС2 СС3
5	Втрата об'єктів культурної спадщини			ні	СС1
6	Необхідність виконання ОВД	Продуктивність, м ³ /доб м ³ /рік	<300 >300 ≥10 000 000		СС1 СС2 СС3
Максимальне значення класу наслідків (відповідальності)					

2. Визначення розрахункової витрати водозабору

Водозабір працює рівномірно і подає воду в РЧВ.

Витрата водозабору розраховується з врахуванням витрати на власні потреби водозабору за формулою:

$$Q_{\text{вод}} = Q_{\text{доб макс}} \cdot K_1, \quad (1)$$

де $Q_{\text{вод}}$ – витрата водозабору, м³/доб; $Q_{\text{доб макс}}$ – витрата в добу максимального споживання, м³/доб; K_1 – коефіцієнт, що враховує витрати води на особисті потреби водозабору (промивка, хімічна обробка фільтру, відкачка), приймається 1,05-1,1.

3. Вибір водоносного пласта та місце розташування водозабору

Вибір схеми розміщення водозабірних споруд слід приймати з урахуванням геологічних, гідрогеологічних і санітарних умов району. При проектуванні нових і розширенні існуючих водозабірних споруд потрібно враховувати умови їх взаємодії з водозабірними спорудами на суміжних ділянках, а також їх вплив на навколишнє природне середовище [4].

Для постійної експлуатації водозабору слід обирати водоносний пласт з високою якістю води, достатнім дебітом, захищеним від проникнення забруднень та розташованим на меншій глибині. З цієї точки зору перевагу мають напірні водоносні пласти, перекриті зверху водоупором, ці води є захищеними від антропогенного впливу і потребують мінімального очищення.

При виборі місця розташування водозабірних споруд необхідно враховувати особливості водоносного горизонту та умови його живлення:

- в заплавах річок з постійними водотоками водозабірні споруди розташовують вздовж русла річки, з урахуванням деформації берегів та затоплення паводковими водами;

- в заплавах річок, що періодично пересихають для більш повного використання запасів підземних вод водозабірні споруди розташовують в декілька рядів чи по колу;

- якщо для водопостачання обраний артезіанський басейн великої площі, то водозабірні споруди розташовують на ділянках, де підтверджені найбільші дебіти та найбільша потужність водоносного пласта;

- в обмежених водоносних пластах водозабірні споруди слід розташовувати по лінії, перпендикулярній до напрямку потоку підземних вод подалі від контуру пласта.

На практиці обов'язковою умовою початку проєктування є наявність земельної ділянки, отже практично вибір розташування водозабірних споруд обмежується розміром відведеної ділянки.

4. Розрахунок кількості свердловин

Допустиме пониження рівня води в свердловині визначаємо за формулою:

- для напірного пласта

$$S_{\text{доп}} = H - [(0,3 \dots 0,5)m + \Delta h_{\text{н}} + \Delta h_{\text{ф}}], \quad (2)$$

- для безнапірного пласта

$$S_{\text{доп}} = [(0,5 \dots 0,7)H - \Delta h_{\text{н}} - \Delta h_{\text{ф}}], \quad (3)$$

де $\Delta h_{\text{н}}$ – максимальна глибина занурення нижньої кромки насоса під динамічний рівень води в свердловині, м; $\Delta h_{\text{ф}}$ – втрати напору в фільтрі, приймаємо 3-5м; H – статичний рівень води від підшови водоносного пласта, м; m – потужність водоносного пласта, м.

Радіус впливу свердловини визначається за формулою:

$$R = 10S\sqrt{k_{\text{ф}}}, \quad (4)$$

де $k_{\text{ф}}$ – коефіцієнт фільтрації, м/доб.

Продуктивність одиночного колодязя при максимальному пониженні рівня води визначається за формулою:

- для напірного досконалого колодязя

$$Q_1 = \frac{2,73k_{\text{ф}}mS_{\text{доп}}}{\lg(R/r)}, \quad (5)$$

- для безнапірного досконалого колодязя

$$Q_1 = \frac{1,36k_{\text{ф}}(2H - S_{\text{доп}})S_{\text{доп}}}{\lg\left(\frac{R}{r}\right)}, \quad (6)$$

де Q_1 – дебіт досконалої одиночної свердловини, м³/доб; m – потужність напірного пласта, м; $S_{\text{доп}}$ – допустиме пониження рівня води, м; R – радіус впливу, м; r – радіус фільтра, м; H – потужність безнапірного пласта, м.

Якщо виконується умова $Q_{\text{вод}} \leq 0,75Q_1$, то для водопостачання достатньо однієї свердловини.

Уточнюємо значення пониження динамічного рівня води за формулою для досконалого колодязя:

$$S = \frac{0,37 \cdot Q_{\text{вод}}}{k_{\phi} m} \lg \left(\frac{R}{r} \right), \quad (7)$$

або підбором з формули (6) для недосконалого колодязя.

Якщо умова $Q_{\text{вод}} \leq 0,75Q_1$ не виконується, то необхідно розрахувати кількість свердловин.

Відстань між свердловинами приймається в залежності від типу водоносного пласта та заданої продуктивності свердловини і орієнтовно визначається за табл. 2 та 3.

Таблиця 2

Відстань між свердловинами в напірному пласті

Водоносний пласт	Продуктивність свердловини, м ³ /год		
	До 20	20-100	100-500
Пісок дрібний	50	50-70	70-100
Пісок середньозернистий	70-100	100-150	120-150
Пісок крупнозернистий	100-120	120-150	150-200
Гравій та тріщинуваті породи	120-150	150-200	200-250

Таблиця 3

Відстань між свердловинами в безнапірному пласті

Продуктивність, м ³ /год	Відстань, м
До 20	20...25
30-50	35-55
50-60	55-70
60-75	70-90
75-85	90-110
85-95	110-135
95-100	135-160
100-120	160-200

Дебіт взаємодіючих свердловин визначають за формулою:

$$Q_{\text{вз}} = \alpha_{\text{вз}} Q, \quad (8)$$

де $\alpha_{\text{вз}}$ – коефіцієнт взаємодії, який визначається за табл. 4

Кількість робочих свердловин орієнтовно визначається:

$$n = \frac{Q_{\text{вод}}}{Q_{\text{вз}}}. \quad (9)$$

Значення коефіцієнту взаємодії $\alpha_{вз}$

Відстань між свердловинами, l , м	2R	R	0,5R	0,2R	0,02R	0,002R
$\alpha_{вз}$	1	0,97	0,9	0,81	0,64	0,53

Розрахункове пониження статичного рівня води групи свердловин, які розташовані в лінію чи по колу визначається за формулою:

$$S_{\text{сум}} = \frac{Q_{\text{вод}}}{2,73k_{\phi}m} \left(\lg \left(\frac{R}{r_{\text{пр}}} \right) + \frac{1}{n} \lg \left(\frac{\sigma}{\pi r} \right) \right), \quad (10)$$

де $S_{\text{сум}}$ – сумарне пониження рівня води групи свердловин при відкачуванні розрахункової витрати води, м; $r_{\text{пр}}$ – приведений радіус системи водозабору, для лінійної системи $r_{\text{пр}} = 0,37 \cdot 0,5(n - 1) \cdot 2\sigma$, для кільцевої - $r_{\text{пр}} = R$, м; n - кількість робочих свердловин; σ – половина відстані між свердловинами, м; r – радіус фільтра свердловини, м.

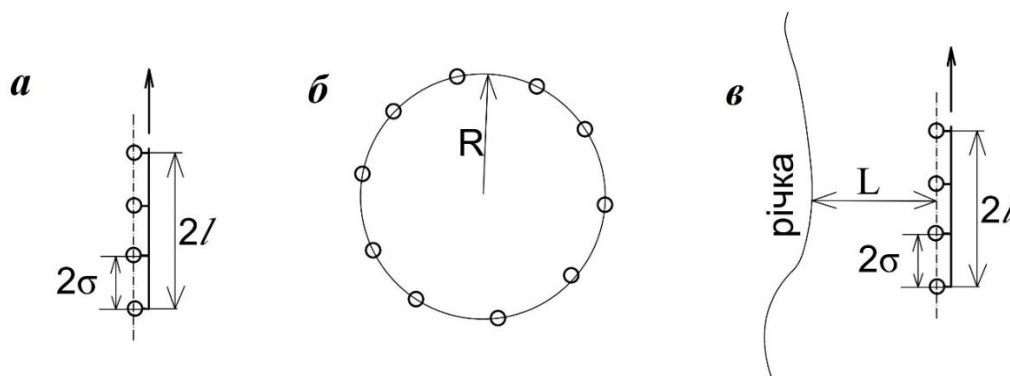


Рис. 1. Схема розташування групових водозаборів: а – лінійна; б – кільцева; в – лінійно вздовж річки.

Сумарне пониження групи свердловин порівнюємо з допустимим пониженням. Якщо $S_{\text{сум}} > S_{\text{доп}}$, то прийнята кількість свердловин або відстань між ними не задовольняє необхідній витраті водозабору.

Кількість резервних свердловин приймаємо згідно [4] за таблицею 5.

Таблиця 5

Необхідна кількість резервних свердловин

Кількість робочих свердловин	Категорія та кількість резервних свердловин		
	I	II	III
1-4	1	1	1
5-12	2	2	-
>13	20%	10%	-

5. Конструкція свердловини

5.1. Підбір конструкції та розмірів фільтра

Конструктивні елементи свердловини – глибина, діаметр, довжина і діаметр фільтра, шпаруватість, розмір і форма прохідних отворів фільтра і механічний склад гравійної обсыпки – визначають розрахунком.

Визначаємо конструкцією фільтра (рис.2).

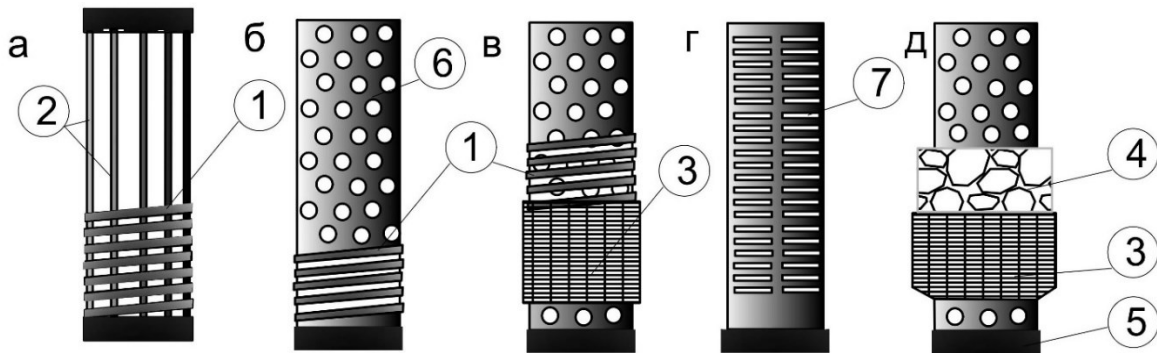


Рис. 2. Конструкції фільтрів для свердловини: а – каркасно-стрижневий; б – дротяний; в – сітчастий; г – трубчастий; д – обсыпний: 1 – дротова обмотка; 2 – каркасні стрижні; 3 – сітка; 4 – гравійна обсыпка; 5 – з'єднувальний патрубок; б – трубчастий каркас з круглими отворами; 7 – трубчастий фільтр з щілинами.

За гранулометричним складом водоносного пласта (видається викладачем) та рекомендаціями таблиці 6 визначаємо конструкцію фільтра та його шпаруватість.

Таблиця 6

Рекомендовані конструкції фільтрів, [4 додаток Б,]

Нестійкі пухкі (пористі) піщані водоносні породи (піски)	Коефіцієнт фільтрації, м/доб	Типи фільтрів	Шпаруватість, %
Гравіювати (>25% частинок крупніше 2мм)	15...30	Каркасно-стрижневі та трубчасті з круглими або прямокутними щілинами	20...30
		Каркасно-стрижневі та трубчасті з дротяною обмоткою, сіткою або фільтруючою оболонкою	30...40

Нестійкі пухкі (пористі) піщані водоносні породи (піски)	Коефіцієнт фільтрації, м/доб	Типи фільтрів	Шпаруватість, %
Крупні (>50% частинок крупніше 0,5мм)	10...15	Гравійно-обсипні, двошарові	30...50
Середні (>50% частинок крупніше 0,25мм)	5...10		20...30
Дрібні (>75% частинок крупніше 0,1мм)	2...5	Гравійно-обсипні, двошарові, блочні	30...40
Пилуваті (>75% частинок крупніше 0,1мм)	0,1...2		20...30

Розрахунок фільтра полягає у визначенні довжини фільтра, діаметра та розмірів отворів фільтра. Довжина фільтра у водоносному горизонті потужністю до 10м визначається за формулою:

$$L_{\phi} = m - 1, \quad (11)$$

де m – потужність водоносного пласта, м.

Для потужності більше 10м довжина фільтру дорівнює:

$$L_{\phi} = (0,5 \dots 0,8)m, \quad (12)$$

Стандартна ланка заводського виготовлення має довжину - 3м.

Зовнішній діаметр фільтру, визначається за формулою:

$$d_{\phi} = \frac{Q_c}{\pi \cdot L_{\phi} \cdot v_{\text{доп}}}, \text{ м} \quad (13)$$

де Q_c – продуктивність однієї свердловини, м³/доб:

$$Q_c = \frac{Q_{\text{вод}}}{n}, \quad (14)$$

де $Q_{\text{вод}}$ – витрата водозабору м³/доб; n – прийнята кількість робочих свердловин; $v_{\text{доп}}$ – допустима швидкість руху води в фільтрі, м/доб, залежить від конструкції:

- для дірчастих, щілинних, дровових та сітчастих фільтрів:

$$v_{\text{доп}} = 65 \sqrt[3]{k_{\phi}}, \quad (15)$$

- для каркасно-стрижневих:

$$v_{\text{доп}} = 2,71 \sqrt[3]{k_{\phi}}, \quad (16)$$

- для фільтрів з гравійною обсіпкою:

$$v_{\text{доп}} = 1000k_{\phi} \left(\frac{d_{50}}{D_{50}} \right)^2, \quad (17)$$

де k_{ϕ} – коефіцієнт фільтрації, м/доб; d_{50} – середній діаметр водоносного шару, м; D_{50} – середній діаметр шару гравійного фільтру, м.

Приймаємо найближчий більший стандартний діаметр з таблиці 7.

Водопроникна здатність фільтра:

$$f = \pi \cdot v_{\text{доп}} \cdot d_{\phi} \cdot L_{\phi} \geq Q_{\text{с}}. \quad (18)$$

Розмір отворів перфорації визначаємо за таблицею 8, де коефіцієнт нерівномірності визначається формулою:

$$K_{\text{н}} = \frac{d_{80}}{d_{10}}, \quad (19)$$

де d_{80} , d_{10} , d_{50} – діаметр фракції вмістом не менше 80%, 10%, 50%, мм, знімаємо з гранулометричного складу водоносного шару.

Таблиця 7

Характеристики обсадних труб та їх з'єднань [5]

Умовний діаметр, мм	Зовнішній діаметр, мм	Товщина стінки, мм	Внутрішній діаметр, мм	Маса 1 м, кг	Зовнішній діаметр муфти, мм	Довжина муфти, мм	Маса муфти, кг
114	114,3	6,4	101,5	16,9	127,0	158	3,7
127	127	7,5	112,0	22,1	141,3	165	4,6
140	139,7	7,7	124,3	25,1	153,7	171	5,2
146	146,1	8,5	129,1	28,8	166	177	8,0
168	168,3	8,9	150,5	35,1	187,7	181	9,1
178	177,8	9,2	159,4	38,2	194,5	184	8,3
194	193,7	9,5	174,7	43,3	215,9	190	12,2
219	219,1	10,2	198,7	52,3	244,5	196	16,2
245	244,5	10,0	224,5	58,0	269,9	196	17,9
273	273,1	11,4	250,3	73,7	298,5	203	20,7
299	298,5	11,1	276,3	78,3	323,9	203	22,5
324	323,9	11,0	301,9	84,8	351,0	203	23,4
340	339,7	12,2	315,3	98,5	365,1	203	25,5
351	351,0	11,0	329,0	92,2	376,0	229	29,0
377	377,0	11,0	355,0	99,3	402,0	229	31,0
406	406,4	11,1	384,2	108,3	431,8	228	35,9
426	426,0	11,0	404,0	112,6	451,0	229	37,5
473	473,1	11,1	450,9	125,9	508,0	228	54,0
508	508,0	12,7	482,6	155,1	533,4	228	44,6

Розмір отворів фільтру

Конструкція фільтру	Розмір отворів фільтру	
	$K_H \leq 2$	$K_H > 2$
з круглою перфорацією	$(2,5 \dots 3,0) \cdot d_{50}$	$(3,0 \dots 4,0) \cdot d_{50}$
з щілинами	$(1,25 \dots 1,5) \cdot d_{50}$	$(1,5 \dots 2,0) \cdot d_{50}$
сітчасті	$(1,5 \dots 2,0) \cdot d_{50}$	$(2,0 \dots 3,0) \cdot d_{50}$
дротяні	$1,25 \cdot d_{50}$	$1,5 \cdot d_{50}$

Для обсіпки фільтрів використовуються пісок, гравій, піщано-гравійні суміші. Склад матеріалу обсіпки першого шару визначають:

$$D_{50} = (8 \dots 12)d_{50}, \quad (20)$$

де d_{50} – розмір частинок, дрібніші від яких становлять 50% матеріалу водоносного шару.

В багат шарових обсіпках для другого та наступних шарів:

$$D_2 = (4 \dots 8)D_1, \quad (21)$$

де D_1, D_2 – середній діаметр обсіпки сусідніх шарів.

Товщина шарів обсіпки приймається:

- для фільтрів, які складаються на поверхні землі (кожухові для роторного буріння) не менше 30мм;
- для фільтрів, які складаються у забої свердловини (ударно-канатний спосіб буріння) не менше 50мм.

Діаметр фільтру з обсіпкою визначається за формулою:

$$D_\phi = d_\phi + 2t, \quad (22)$$

де t – товщина обсіпки, м; d_ϕ – зовнішній діаметр фільтру, м.

Діаметр фільтру для сітчастих, дротяних каркасів:

$$d_\phi = D_{\text{кар}} + 2t_{\text{ст}} + 2t_{\text{др}} + 2t_c, \quad (23)$$

де $t_{\text{ст}}$ – товщина дротяних стрижнів (1,5-4,0мм), м; $t_{\text{др}}$ – товщина дроту обмотки (2-4мм), м; t_c – товщина сітки, (до 0,12мм) м; $D_{\text{кар}}$ – діаметр каркасу, м.

Діаметр фільтру не повинен бути меншим за 0,114 м, для роторного способу буріння діаметр фільтру не повинен перевищувати 300...350мм. Якщо за розрахунком потрібний більший діаметр, то необхідно збільшити довжину фільтру чи зменшити розрахункову витрату свердловини.

5.2. Підбір насосного обладнання свердловини

Підбір насоса здійснюється за розрахунковою годинною витратою та необхідним напором. Розрахункова витрата свердловини визначається:

$$Q_c = \frac{Q_{\text{вод}}}{n \cdot 24}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (24)$$

де n – прийнята кількість робочих свердловин, шт; $Q_{\text{вод}}$ – витрата водозабору, $\text{м}^3/\text{доб}$.

Необхідний напір насосу H_p , м, визначається за формулою:

$$H_p = H_{geo} + H_{тр} + H_f, \quad (25)$$

де H_{geo} – геодезична висота подачі води, від динамічного рівня підземних вод, м; H_f – напір на вільний вилив, приймається 1,0 м; $H_{тр}$ – втрати напору в трубопроводі від насоса до точки подачі, м.

Геодезична висота подачі води визначається від динамічного рівня підземних вод до відмітки точки подачі (башта або резервуар чистої води):

$$H_{geo} = \sum m_i - H_{ст} + S_{\text{сум}} + h_{п}, \quad (26)$$

де $\sum m_i$ – сума шарів ґрунту від поверхні землі до подошви водоносного шару, м; $H_{ст}$ – висота статичного рівня води від подошви водоносного шару, м; $S_{\text{сум}}$ – максимальне пониження рівня води в свердловинах, м; $h_{п}$ – висота подачі води від поверхні землі, м.

Втрати напору в трубопроводах поділяються на втрати в вертикальній ділянці від насоса до оголовка та втрати в горизонтальній ділянці до точки подачі. Довжина вертикальної ділянки визначається за формулою:

$$l_v = \sum m_i - H_{ст} + S_{\text{сум}} + h_{н} - h_{\text{закл}}, \quad (27)$$

де $h_{н}$ – глибина занурення насоса під динамічний рівень, приймається від 3,0 до 5,0 м; $h_{\text{закл}}$ – глибина закладання трубопровода (нижче глибини промерзання на 0,5м), м.

Горизонтальну довжину ділянки приймаємо за генпланом від свердловини до точки подачі.

Швидкість руху води у водопідіймальній трубі повинна знаходитися в межах 1,5...2,0 м/с. Розрахунок втрат напору в трубопроводах виконуємо у форматі таблиці 9 за формулою:

$$H_{тр} = k_s (l_v \cdot i_v + l_{гор} \cdot i_{гор}), \quad (28)$$

де $l_v, l_{гор}$ – довжина вертикальної, горизонтальної ділянок трубопроводу, м; k_s – коефіцієнт місцевих втрат напору, приймається 1,05...1,2; i – питомі втрати напору в трубопроводі, м/м (визначається за таблицями Шевелева).

Гідравлічний розрахунок втрат напору в трубопроводах

Відстань, м	Витрата, л/с	Швидкість, м/с	Діаметр, мм	Питомі втрати напору, м/м	Втрати напору, м
1	2	3	4	5	6

За розрахунковими значеннями Q_c та H_p підбираємо занурений насос для забору підземних вод (рис. 3) за посиланням <https://product-selection.grundfos.com/ua/size-page?sQcid=2465534413>

Виберіть параметри

Витрата рідини * м³/год. ▾

Напір * м ▾

Оцінний критерій ▾

Рис. 3. Підбір насосного обладнання

Знімаємо основні характеристики насоса: витрату, напір, ККД, розміри насоса (довжина, зовнішній діаметр, діаметр напірного патрубку).

У випадку, якщо за розрахунковими значеннями Q_c та H_p неможливо підібрати насос, потрібно збільшити кількість свердловин і виконати перерахунок.

5.3. Конструювання свердловини та спосіб буріння

Рекомендації щодо способу буріння свердловини наведені в Додатку Б [4] та в таблиці 10.

При ударно-канатному чи роторному способі буріння може бути прийнята конструкція свердловини в складі кондуктора, експлуатаційної колони та фільтраційної колони.

Внутрішній діаметр експлуатаційної обсадної колони повинен бути більшим за діаметр насосного обладнання на 50мм, бути більшим за діаметр фільтра при ударно-канатному способі буріння на 50мм, при роторному способі – на 100мм. При цьому внутрішній діаметр експлуатаційної колони повинен пропускати долото для буріння фільтраційної колони або наступної обсадної труби з запасом 3...5мм відстані до стінок обсадної труби.

Таблиця 10

Визначення способу буріння

Нестійкі пухкі (пористі) (піски)	Способи буріння
Гравіюваті (більше 25 % частинок крупніше 2 мм)	Ударно-канатний H=100м
Крупні піски (більше 50 % частинок крупніше 0,5 мм)	
Середні (більше 50 % частинок крупніше 0,25 мм)	Роторний з прямим промиванням H=600м.
Дрібні (більше 75 % частинок крупніше 0,1 мм)	Роторний з зворотною промивкою H=200м
Пилуваті (менше ніж 75 % частинок крупніше 0,1 мм)	

Внутрішній діаметр обсадної труби повинен відповідати наступним умовам:

$$d_{\text{тр}}^{\text{BH}} = d_{\text{н}} + 50\text{мм}, \quad (29)$$

$$\text{ударно-канатний спосіб буріння: } d_{\text{тр}}^{\text{BH}} = D_{\text{ф}} + 50\text{мм}, \quad (30)$$

$$\text{роторний спосіб буріння: } d_{\text{тр}}^{\text{BH}} = D_{\text{д}} + 100\text{мм}, \quad (31)$$

$$d_{\text{тр}}^{\text{BH}} = D_{\text{д}} + 2\Delta, \quad (32)$$

де $d_{\text{тр}}^{\text{BH}}$ - внутрішній діаметр експлуатаційної колони, мм; $d_{\text{н}}$ – зовнішній діаметр насоса, мм; $D_{\text{ф}}$ – зовнішній діаметр фільтра з врахуванням обсіпки при її наявності, мм; $D_{\text{д}}$ – діаметр стандартного долота для буріння фільтраційної колони (таблиця 11), мм; Δ - проміжок між долотом та стінкою свердловини, 3...5мм (нижня межа приймається для більшого діаметру).

За більшим зі значень, розрахованих за формулами (29) - (32), приймаємо стандартний внутрішній діаметр труби за таблицею 7.

Розрахунковий діаметр долота для буріння отвору під експлуатаційну колону визначається з урахуванням діаметру муфти, що з'єднує

експлуатаційні колони, за формулою (33) та приймається більше стандартне значення:

$$d_d = d_m + 2\delta, \quad (33)$$

де d_m – зовнішній діаметр муфти обсадної колони (таблиця 7), мм; δ – проміжок між долотом та стінкою свердловини, приймається за таблицею 11 (більше значення для свердловин глибиною більше 200м).

Аналогічно розраховуємо діаметр кондуктора і долото під кондуктор. Внутрішній діаметр кондуктора розраховуємо за формулою (32). Приймаємо ближче більше значення діаметра труби та визначаємо діаметр долота за таблицею 11.

Таблиця 11

Діаметр долота, проміжок між долотом та обсадною трубою

Діаметр обсадної труби, мм	146	168	219	273	325	377	426	478
Діаметр долота, мм	197 215,9	243; 269; 295	269 295, 320	346, 394	394, 445	445, 490	490, 540	603
δ , мм	15,5	30 53,5	26 51,5	24- 47	21,5 47	21,5 47	19,5 44,5	50

Наносимо конструктивні елементи на геологічний розріз (Додаток 1).

5.4. Обладнання свердловини

Обладнання вертикальної свердловини встановлюється разом з оголовком в підземній камері чи в поверхневому павільйоні. Кожний насос обладнується манометром, вантузом, водомірним вузлом, трубопроводом для відводу промивної води, щитом системи управління. Насосні станції над свердловинами працюють в автономному режимі без постійного обслуговуючого персоналу.

Для захисту від потрапляння в свердловину забруднень верхній кінець обсадної труби обладнується оголовком (рис. 4). Конструкція оголовка свердловини повинна забезпечувати повну герметичність. Верхня частина оголовка повинна бути вище підлоги на 0,5 м. Окрім захисту водоносного горизонту оголовок виконує ще конструктивну функцію – на нього кріпиться насос, дроти та водонапірний шланг. Оголовки виконуються з металу (чавуну) або з пластику. Оголовки з пластику розраховані на

неглибокі свердловини з вагою насоса до 200кг, металеві оголовки витримують вагу до 500кг.

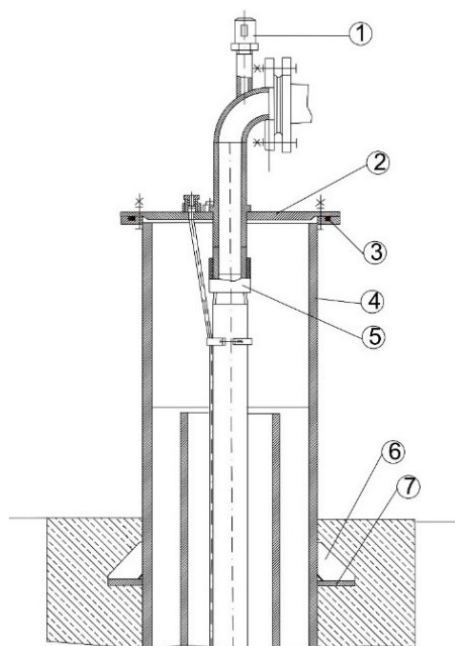


Рис. 4. Конструкція оголовка свердловини:

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

Конструкція водомірного вузла залежить від типу водоспоживання. При подачі води в башту або резервуари чистої води водомірний вузол монтується на трубопроводі який подає воду (рис. 5). В системі водопостачання водомірні прилади випускаються крильчасті до діаметру 50 мм та турбінні з діаметром більше 50 мм. Підбір водомірного пристрою здійснюється за середньогодинною витратою води та перевіряється на пропуск максимальної годинної витрати.

Вертикальний водозабір може працювати рівномірно протягом доби, з подачею води в резервуари чистої води або на станцію водопідготовки. В такому разі мембранний бак в системі не потрібен. Але якщо свердловина працює нерівномірно, наприклад, з подачею води в будинок безпосередньо, то наявність мембранного баку є обов'язковою. Це дозволяє створювати запас води і зменшувати кількість включень - виключень насоса, що значно подовжує строк служби насоса. Мембранний бак, задіяний в такій системі виконує роль буфера. Схема насосної станції з обвідною лінією та мембранним баком наведена на рис.6.

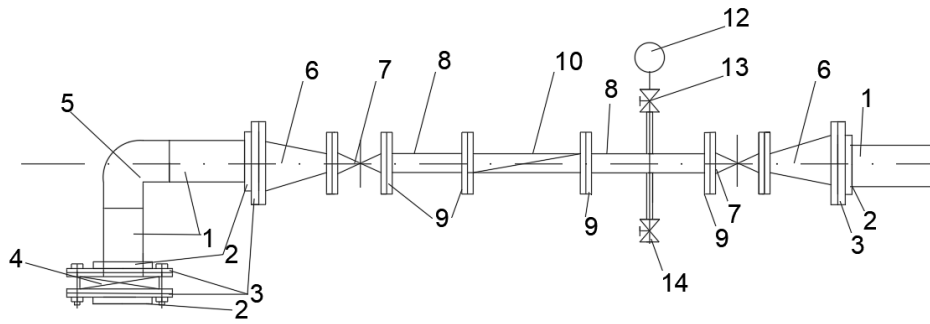


Рис. 5. Схема обладнання свердловини:

1 – труба водопідіймна; 2 – втулка буртова; 3 – фланець під буртову втулку; 4 – клапан зворотній; 5 – коліно 90° ; 6 – перехід; 7 – засувка; 8 – труба сталевая; 9 – фланець; 10 – лічильник; 11 – труба сталевая 15 мм; 12 – манометр; 13 – кран трьохходовий; 14 – кран шаровий

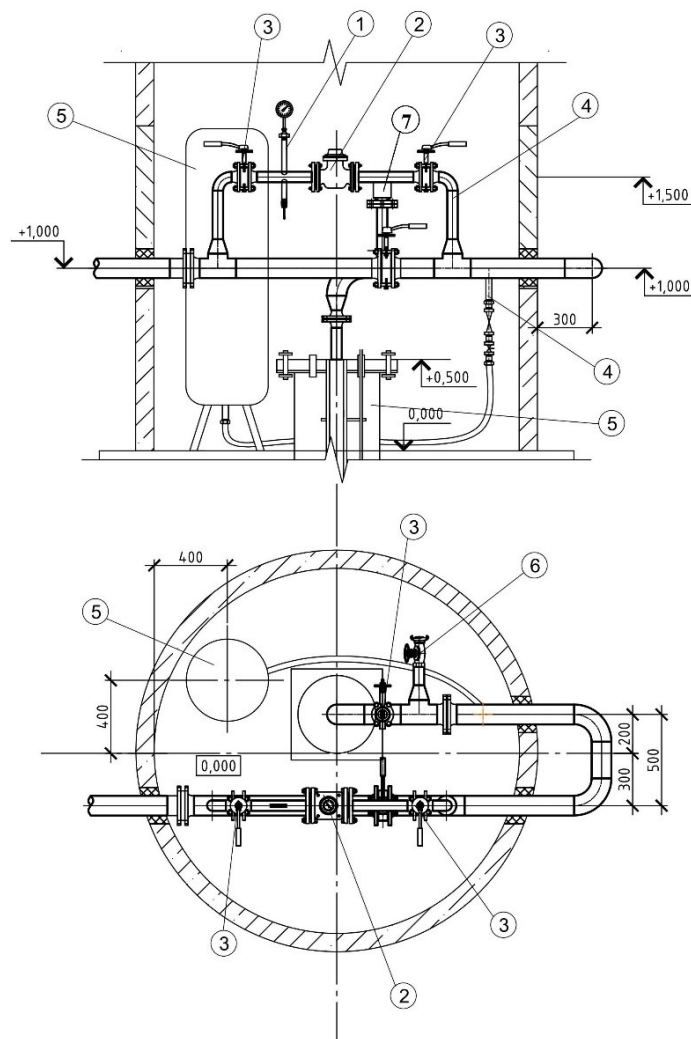


Рис. 6. Схема насосної станції над свердловиною:

1 – манометр; 2 – водомірний пристрій; 3 – засувка; 4 – обвідна лінія; 5 – мембранний бак; 6 – трубопровід із засувкою для відводу промивної води; 7 – вантуз

5.5. Залізобетонні конструкції підземної насосної станції

Приміщення насосної станції будують із залізобетонних кілець (Додаток 2). Фундамент камери виконується із монолітного бетону. Маса фундаменту повинна бути в 1,5 рази більшою за масу колони водопідйомних труб разом з насосом, що забезпечить погашення вібрації водопідйомних труб під час роботи насосу. Розміри камери приймаються із умови розміщення в ній, крім оголовку, пускової та контрольно-вимірювальної апаратури, пристроїв автоматики, напірного трубопроводу, на якому встановлюються засувка, вантуз, спускний кран для відбору проб, трубопровід промивної води з засувкою, які потрібні для скиду води при пуску та промивці свердловини. Вхід до насосної станції передбачається через люк, який розташовується над віссю свердловини. Висота підземної камери складає 2,5...3,0 м. Зовнішня гідроізоляція виконується бітумно-гумовою мастикою БМР-100 та утеплюється пінопластом.

5.6. Розрахунок зон санітарної охорони

5.6.1. Розрахунок зон санітарної охорони для одиничної свердловини

Зона санітарної охорони (ЗСО) підземних водозаборів є обов'язковою частиною проєкту будівництва водозабірної споруди. ЗСО для підземного джерела повинна складатися з трьох поясів:

- перший пояс (пояс суворого режиму), який включає територію розташування водозабірних споруд;
- другий і третій пояси (пояси обмежень і спостережень), які включають територію, яка призначається для охорони джерел водопостачання від мікробного (другий пояс) та хімічного (третій пояс) забруднення.

Межу першого поясу ЗСО встановлюють на відстані не менше 30 м для захищених джерел або 50 м для незахищених підземних вод. Для водозабірних споруд, розташованих на території об'єкта, на якій неможливе забруднення ґрунту та підземних вод, а також для водозабірних споруд, розташованих у сприятливих санітарних, топографічних та гідрогеологічних умовах, розмір першого поясу ЗСО допускається зменшувати до 15 м та 25 м відповідно [4]. Зона санітарної охорони першого поясу огорожується парканом.

Розрахунок по визначенню меж другого і третього поясів ЗСО виконується згідно [6]. Імовірність потрапляння забруднення в другий та

третій пояс ЗСО визначається в залежності від гідродинамічних умов потоку. На рис. 7 наведений приклад визначення зони санітарної охорони для водозабору із захищених горизонтів в необмеженому пласті.

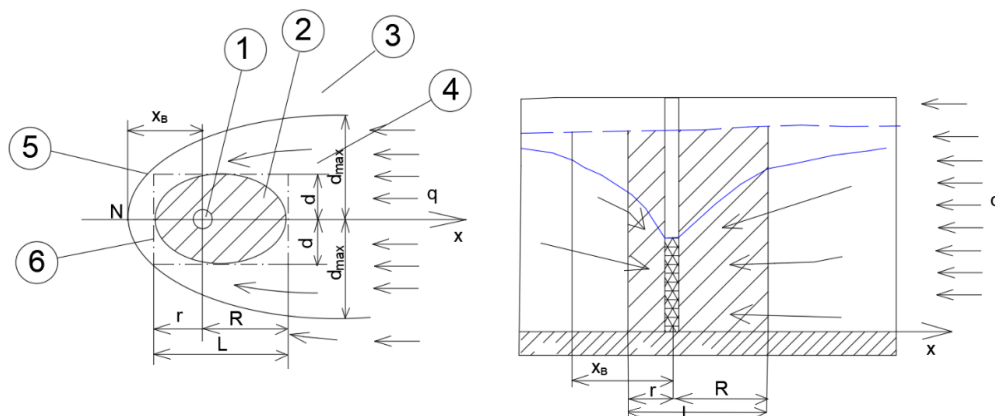


Рис. 7. Схема до розрахунку ЗСО в необмеженому пласті:
 1 – свердловина; 2 – область затоплення (ЗСО); 3 – транзитна область;
 4 – область живлення; 5 – гранична лінія току; 6 – межа ЗСО

Витрата потоку визначається за формулою:

$$q = k_{\phi} \cdot m \cdot I, \quad (34)$$

де k_{ϕ} – коефіцієнт фільтрації водоносного шару, м/доб; m – потужність водоносного шару, м; I – похил природного потоку підземних вод, м/м.

Відстань від свердловини до водороздільної точки нижче водозабору по потоку підземних вод визначаємо за формулою:

$$x_{\text{в}} = \frac{Q_c}{2\pi q}, \quad (35)$$

де Q_c – продуктивність одиначної свердловини, м³/доб.

Безрозмірний параметр часу виживання бактерій для II поясу та час експлуатації для III поясу визначається за формулою:

$$\bar{T} = \frac{q \cdot T}{m \cdot n \cdot x_{\text{в}}}, \quad (36)$$

де T – час виживання бактерій приймається за таблицею 12 або час експлуатації водозабору приймається 10000, діб; n – активна пористість водоносного шару.

Розмір II або III поясу ЗСО від джерела вгору відносно руху підземних вод (рис. 7) визначається за формулою :

$$R = x_{\text{в}} \bar{R}, \quad (37)$$

де \bar{R} – відносний радіус визначається за графіком рис. 8.

Розмір II або III поясу ЗСО від джерела вниз відносно руху підземних вод (рис. 7) визначається за формулою:

$$r = x_{\text{в}} \bar{r}, \quad (38)$$

де \bar{r} визначається за графіком рис. 9.

Ширина захоплення визначається формулою:

$$d = \frac{2T \cdot Q_c}{\pi \cdot m \cdot n \cdot (R+r)^2} \quad (39)$$

Таблиця 12.

**Розрахунковий час просування забруднення
потокком підземних вод [4]**

Гідрогеологічні умови	Найменший час Т (діб) для архітектурно-будівельних кліматичних районів	
	I та II, IV	IIIА, IIIБ, V
Ґрунтові води: за наявності гідравлічного зв'язку з відкритою водоймою	400	400
Ґрунтові води: за відсутності гідравлічного зв'язку з відкритою водоймою	400	200
Напірні та безнапірні міжпластові води: за наявності безпосереднього гідравлічного зв'язку з відкритою водоймою	200	200
Напірні та безнапірні міжпластові води: за відсутності безпосереднього гідравлічного зв'язку з відкритою водоймою	200	100

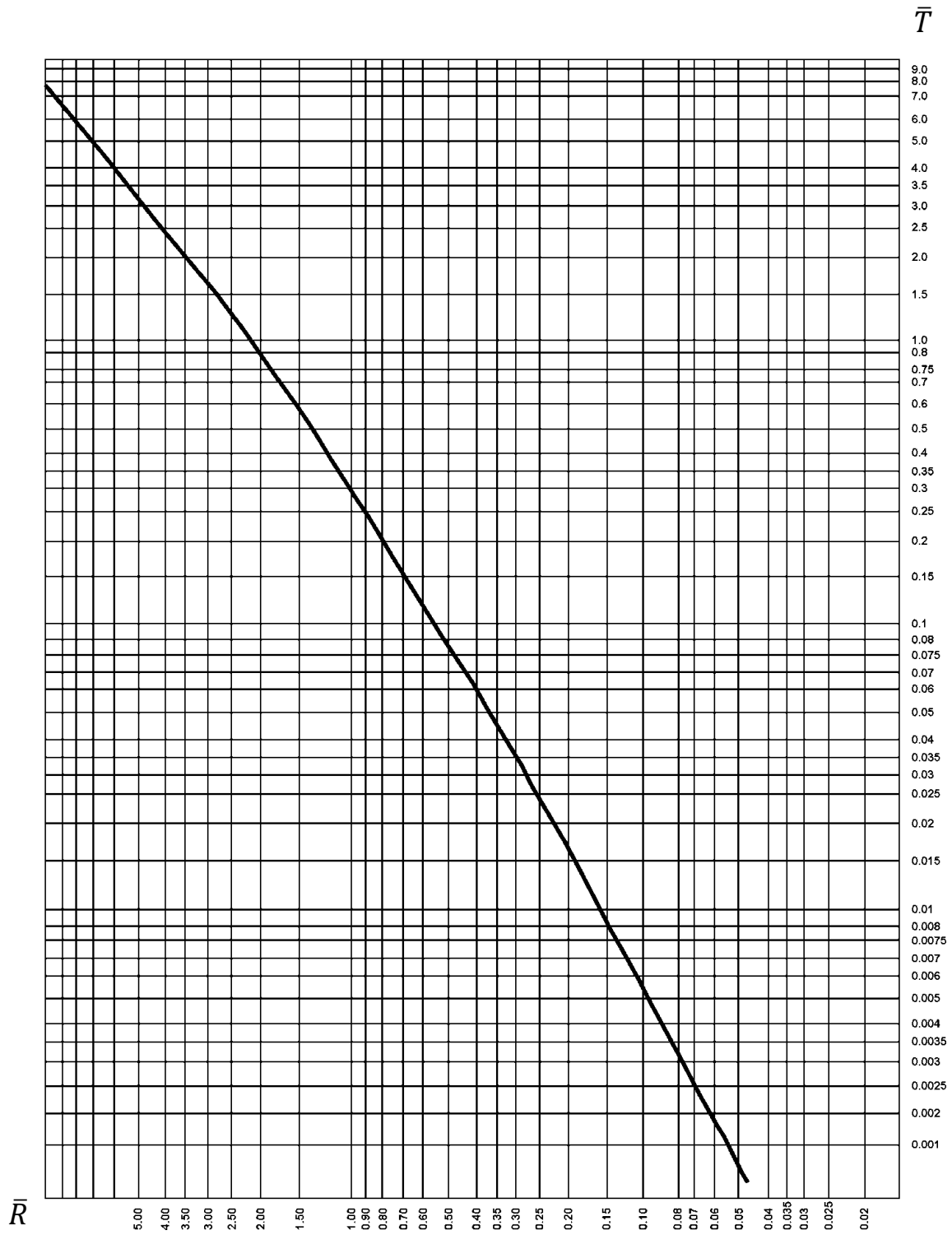


Рис. 8. Графік для визначення відносного радіусу \bar{R}

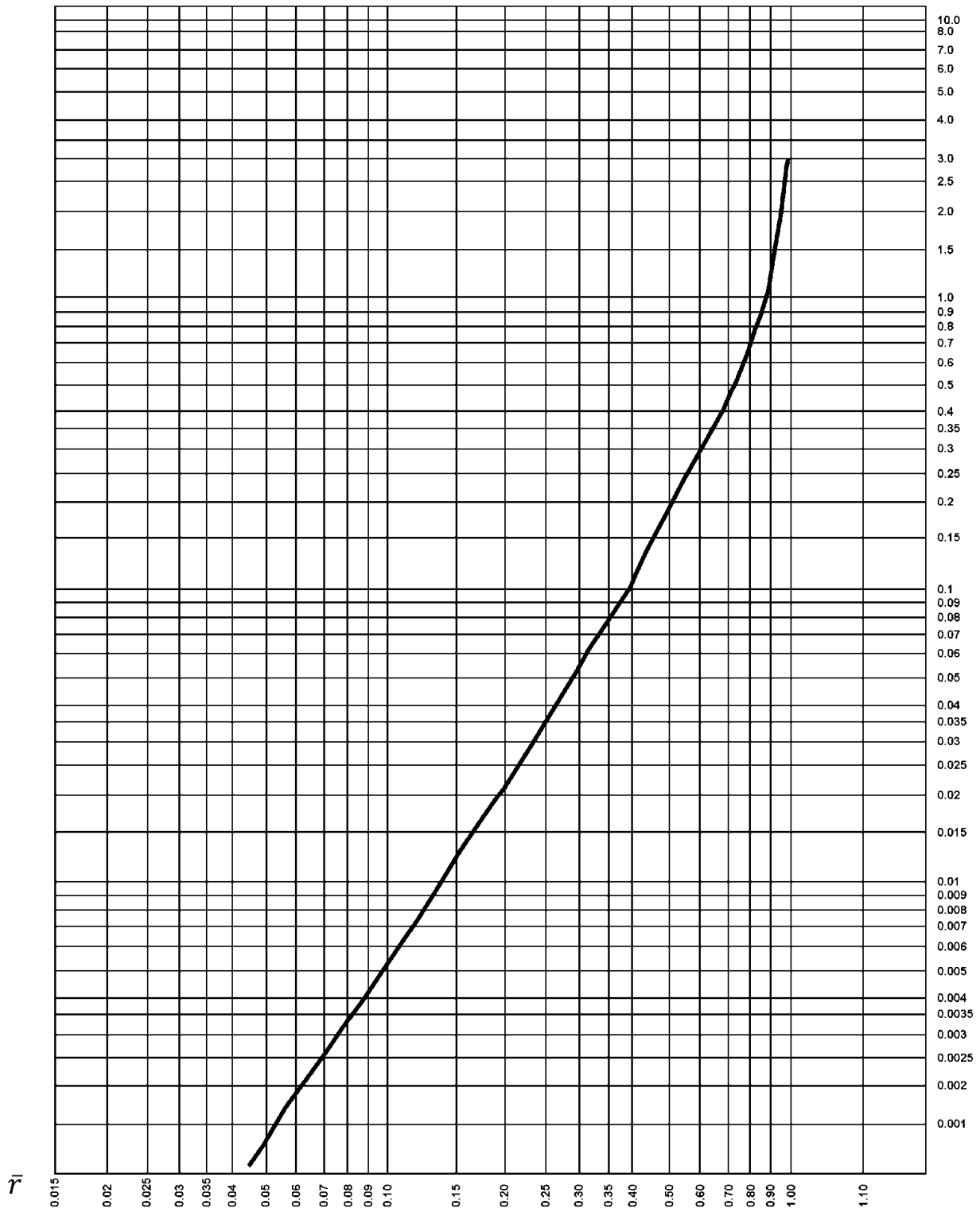
\bar{T} 

Рис. 9. Графік для визначення відносного радіусу \bar{r}

5.6.2. Розрахунок зон санітарної охорони групи свердловин

I пояс зони санітарної охорони визначається аналогічно I поясу ЗСО одиночної свердловини. На рис. 10 наведений приклад визначення зони санітарної охорони свердловин розташованих лінійно для водозабору з захищених горизонтів в необмеженому пласті.

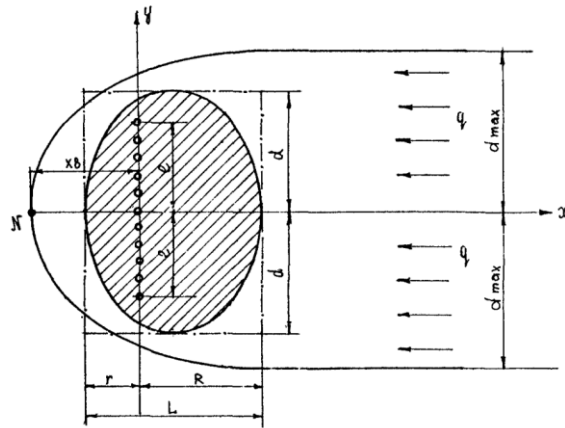


Рис. 10. Межі зон санітарної охорони

Половина довжини між свердловинами розташованими в лінію визначається за формулою:

$$l = 0.5b(n - 1), \quad (40)$$

де b - відстань між свердловинами, м; n - кількість свердловин.

Відстань від свердловин до водороздільної точки нижче водозабору по потоку підземних вод визначаємо за формулою:

$$x_B = l \cdot ctg \left(\frac{2\pi ql}{Q_{\text{вод}}} \right), \quad (41)$$

Безрозмірна витрата водозабору визначається за формулою:

$$\bar{q} = \frac{2\pi ql}{Q_{\text{вод}}}, \quad (42)$$

Безрозмірний параметр часу виживання бактерій для II поясу або час експлуатації для III поясу визначається за формулою:

$$\bar{T} = \frac{Q_{\text{вод}} \cdot T}{m \cdot n \cdot l^2}, \quad (43)$$

де T - час виживання бактерій приймається за таблицею 12 для II поясу або 10000 діб для III поясу, діб.

Розмір II або III поясу ЗСО від джерела вгору відносно руху підземних вод визначається за формулою:

$$R = l\bar{R}, \quad (44)$$

де \bar{R} - відносний радіус, що визначається за графіком рис. 11.

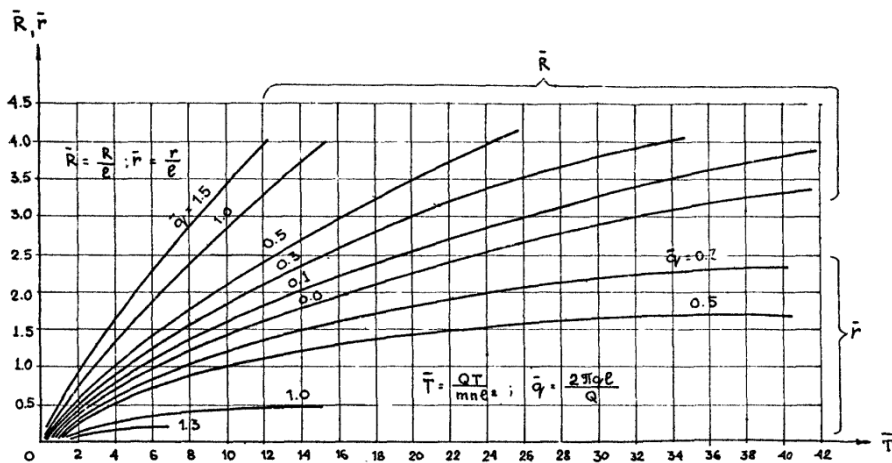


Рис.11. Графік для визначення відносного радіусу \bar{R} , \bar{r}

Розмір II або III поясу ЗСО від джерела вниз відносно руху підземних вод визначається за формулою:

$$r = l\bar{r}, \quad (45)$$

де \bar{r} – визначається за графіком рис.11.

Ширина захоплення d визначається формулою:

$$d = \frac{2T \cdot Q_{\text{вод}}}{\pi \cdot m \cdot n \cdot (R+r)}, \quad (46)$$

Список літератури

1. *Видання.* Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності): ДСТУ 8855:2019. – [Чинний від 2019-12-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 14 с. (Національний стандарт України).
2. Закон України про регулювання містобудівної діяльності: офіц. вид: станом 09.02.2025р / Верховна Рада України. – Київ [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#Text> (дата звернення: 08.05.2025). – Назва з екрана.
3. Закон України про оцінку впливу на довкілля: офіц. вид: станом 15.11.2024р / Верховна Рада України. – Київ [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text/> (дата звернення: 08.05.2025). – Назва з екрана.
4. *Видання.* Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проєктування: ДБН В.2.5-74:2013. – [Чинний від 2014-01-01] – Київ : Мінрегіон України, 2013 – 172 с. (Національний стандарт України).
5. *Видання.* Труби обсадні та муфти до них. Технічні умови: ДСТУ 8932:2019 – [Чинний від 01.01.2021]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2021. – 51 с. (Національний стандарт України).
6. *Гідротехнічні водозабірні споруди:* навч. посіб. / С.В. Величко, О.В. Дупляк, А.М. Рокочинський, Л.Р. Волк. – Київ : КНУБА, 2023. – 256 с.

Геологічний розріз та конструкція свердловини

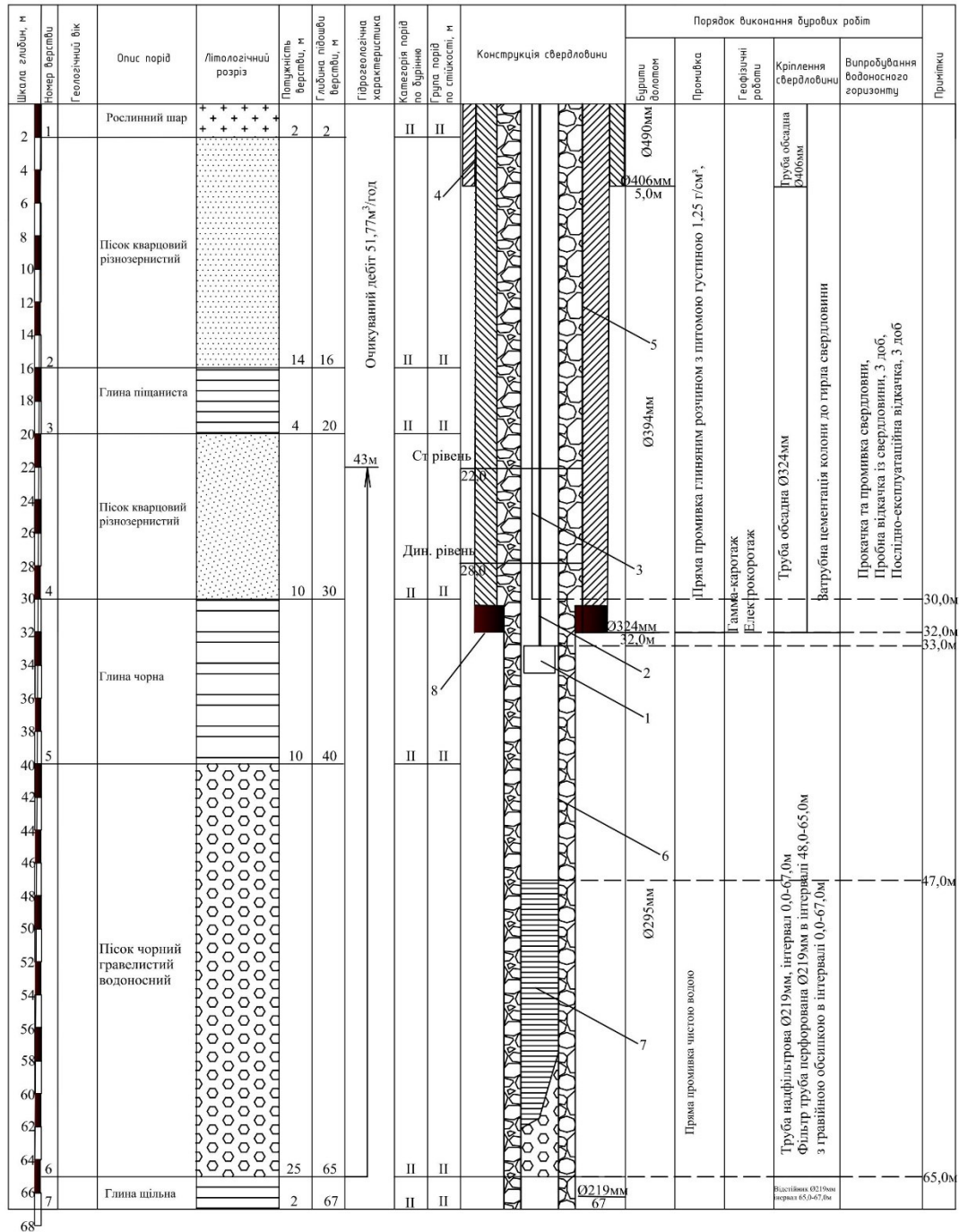


Рис. Д1. Конструкція свердловини:

1 – насос; 2 – напірний трубопровід; 3 – п'єзометр; 4 – кондуктор; 5 – обсадна труба; 6 – надфільтрова труба; 7 – фільтр; 8 – башмак забивний

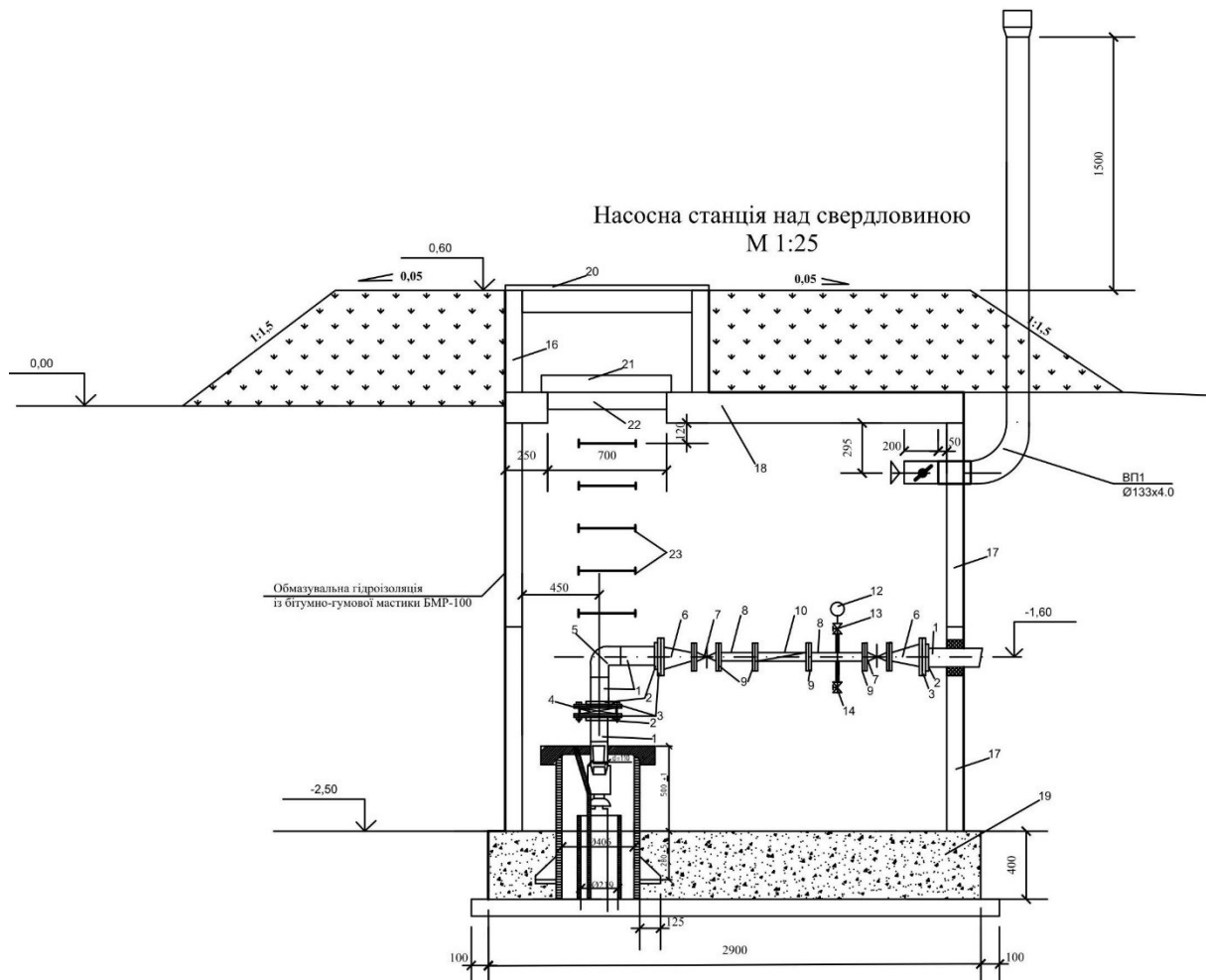


Рис. Д2. Насосна станція над свердловиною:

1 – труба водопідйомна; 2- втулка буртова; 3 – фланець під буртову втулку;
 4 – клапан зворотній; 5 – коліно 90⁰ ; 6 – перехід; 7 – засувка; 8 – труба сталевая; 9 – фланець; 10 – лічильник; 11 – труба сталевая 15мм; 12 – манометр;
 13 – кран трьохходовий; 14 – кран шаровий; 15 – сальник набівний;
 16 – горловина колодязя; 17 – кільця залізобетонні; 18 – плита перекриття;
 19 – фундамент; 20 – кришка люка; 21 – кришка дерев'яна; 22 – утеплення;
 23 – ходові скоби

План на відмітці -1,60
М 1:25

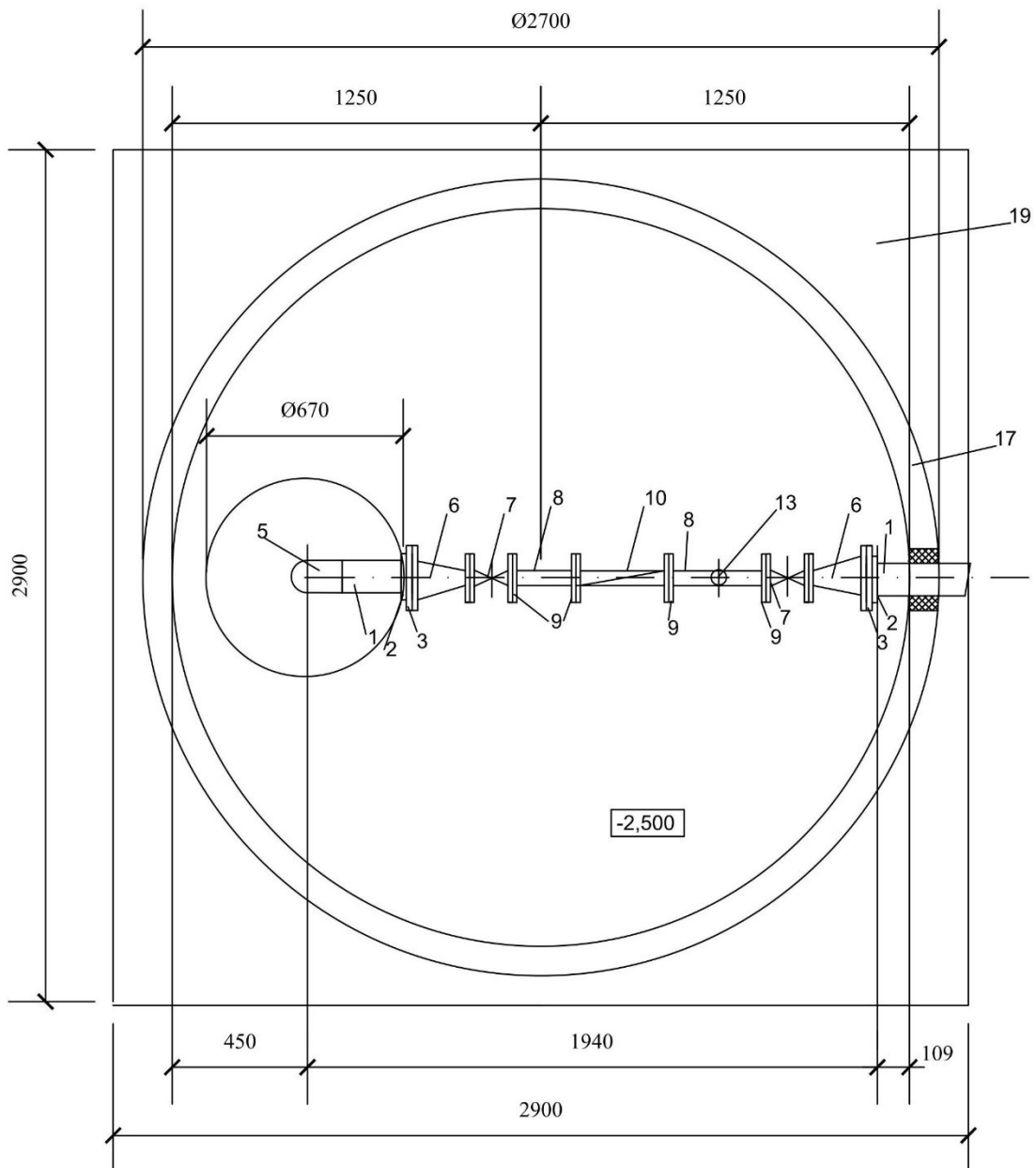


Рис. Д3. План насосної станції на відмітці -1,6:

1 – труба водопідйомна; 2- втулка буртова; 3 – фланець під буртову втулку;
4 – клапан зворотній; 5 – коліно 90° ; 6 – перехід; 7 – засувка; 8 – труба
сталева; 9 – фланець; 10 – лічильник; 11 – труба сталева 15мм; 12 – манометр;
13 – кран трьохходовий; 14 – кран шаровий; 17 – кільце залізобетонне;
19 – фундамент

Навчально-методичне видання

**ГІДРОТЕХНІЧНІ ВОДОЗАБІРНІ СПОРУДИ.
ВОДОЗАБІРНІ СВЕРДЛОВИНИ**

Методичні вказівки
до виконання курсового проєкту/роботи для здобувачів першого
(бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності
G19 «Будівництво та цивільна інженерія»
ОПП «Водогосподарське будівництво»

Укладачі: **Величко** Світлана Віталіївна,
Дупляк Олена Віталіївна

Комп'ютерне верстання *Т.І. Кукарєвої*

Ум. друк. арк. 1,63. Обл.-вид. арк. 1,75
Електронний документ. Вид № 100/V-25

Виконавець і виготовлювач

Київський національний університет будівництва і архітектури
Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.