

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології

Кафедра водопостачання та водовідведення

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри
водопостачання та водовідведення

Віктор ХОРУЖИЙ

«__» _____ 20 25 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»

Гідровузол з баштовим водоскидом і захисними спорудами
(назва)

Галузь знань:

19 «Архітектура та будівництво»

Спеціальність:

194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології»

Освітньо-професійна програма:

«Водогосподарське будівництво і управління водними ресурсами та системами»

IV курс, група ГБ-21

Здобувач:

Чорний Олексій Олексійович

(прізвище та ініціали)

Керівник

Дупляк Олена Віталіївна

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(підпис)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: інженерних систем та екології

Кафедра: водопостачання та водовідведення

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Спеціальність: 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології

Освітньо-професійна програма: Водогосподарське будівництво і управління водними ресурсами та системами

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Віктор ХОРУЖИЙ,
д.т.н., проф.

“ _____ ” _____ 20__ року

**ЗАВДАННЯ
НА ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
Здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»**

Здобувач(ка) _____ Чорний Олексій Олексійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Гідровузол з баштовим водоскидом і захисними спорудами

Керівник роботи _____ Дупляк Олена Віталіївна к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом КНУБА № 424/24/25 від “24” 03 2025 року

2. Термін подання здобувачем роботи 16.06.2025

3. Вихідні данні: Відмітка дна в створі греблі = 199,8 м; НПР= 212,00м ; ФПР = 213,60 м; РМО = 200,70м , $Q_{0,5\%} = 35,0 \text{ м}^3/\text{с}$. Запроектувати баштовий водоскид, зовнішню мережу водопостачання , забезпечити захист від підтоплення. Населений пункт розділений на 2 райони: I район чисельність населення– 26000 осіб, 5 поверхова забудова; II район – 17000 осіб, 3-поверхова забудова. Розробити технологію будівництва земляної частини греблі.

4. Перелік розділів основної частини кваліфікаційної роботи:

- Р.1: 1.1.Природно-кліматичні, гідрологічні та геологічні особливості території району.
1.2. . Визначення відмітки гребня греблі, фільтраційний розрахунок, визначення стійкості низового укосу.

- P.2. Баштовий водоскид
- P.3. Проектування водопровідної мережі
- P.4. Захисні гідротехнічні споруди
- P.5. Технологія будівництва

5. Графічний матеріал за розділами

- P.1. Проектування ґрунтової греблі
- P.2. Проектування баштового водоскиду
- P.3. Проектування водопровідної мережі
- P.4. Проектування сифонної системи протифільтраційного захисту
- P.5. Технологія робіт з влаштування насипу греблі

7. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1	
Розділ 2	
Розділ 3	
Розділ 4	
Розділ 5	
Остаточне оформлення роботи	
Направлення роботи для перевірки на плагіат	
Попередній захист роботи на кафедрі	
Направлення роботи на рецензування	

8. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	ПІБ та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис
5	Уманець І.М		

9. Дата видачі завдання _____

Керівник

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

Здобувач(ка)

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

РЕЗЮМЕ (SUMMARY) до кваліфікаційної роботи здобувача:	Чорний Олексій Олексійович Olkeksii Chornyi Oleksiiovych		
ЗВО	Київський національний університет будівництва і архітектури		
Тема (українською та англійською)	Гідровузол з баштовим водоскидом і захисними спорудами Hydraulic unit with a tower-type spillway and protective structures		
Освітній ступінь	бакалавр		
Факультет	Інженерних систем та екології		
Випускова кафедра	Водопостачання та водовідведення		
Спеціальність	194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології		
Освітня програма	Водогосподарське будівництво і управління водними ресурсами та системами		
Керівник	Дупляк О.В;		
Обсяг роботи:	пояснювальна	розділів	креслень
	записка, стор.		формату А1
	112	5	5
Розділ 1	Природні умови, ґрунтова гребля 1. Природно-кліматичні, гідрологічні та геологічні особливості території району 2. Визначення відмітки гребня греблі 3. Фільтраційний розрахунок 4. Визначення стійкості низового укосу		
Розділ 2	Баштовий водоскид 1. Гідравлічний розрахунок 2. Статичний розрахунок 3. Спряження б'єфів, розрахунок споруд гасіння енергії		
Розділ 3	Проектування водопровідної мережі 1. Визначення розрахункових витрат води 2. Визначення погодинних витрат води		

	<ol style="list-style-type: none"> 3. Трасування водопровідної мережі 4. Визначення місткості регулюючих споруд 5. Визначення розрахункових режимів роботи водопровідної мережі та секундних витрат води 6. Визначення дорожніх витрат та вузлових відборів 7. Попередній розподіл витрат води по ділянкам мережі 8. Вибір матеріалу та діаметрів трубопровідних ділянок мережі 9. Визначення втрат напору в трубах і балансування кілець 10. Розрахунок вільних напорів, п'єзометричних відміток у вузлах водопроводу та визначення напору насосів
Розділ 4	<p>Захисні гідротехнічні споруди</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановлення характеристик водоносного пласта та визначення розрахункових відміток на його розрізі 2. Вибір типу фільтра та його розрахунок 3. Визначення орієнтовного дебіту свердловини 4. Компонування споруд на генплані міста. Розрахунок кількості свердловин та відстаней між ними 5. Встановлення попередніх показників сумарної подачі води в системі. Складання розрахункової схеми подачі води у збірний колодезь

	<p>6. Визначення параметрів гідравлічної взаємодії свердловин</p> <p>7. Ітераційні розрахунки взаємодійних свердловин</p> <p>8. Встановлення втрат напору на ділянках збірною водоводу та відміток динамічного рівня води в свердловинах. Побудова лінії гідродинамічного напору у пласті</p> <p>9. Визначення розмірів водозбірного колодязя та параметрів насоса</p>
Розділ 5.	<p>Технологія будівництва</p> <p>1. Технічна характеристика та організаційні умови виконання робіт</p> <p>2. Визначення обсягу земляних робіт</p> <p>3. Вибір комплектів машини</p> <p>4. Складання калькуляції трудових витрат</p> <p>5. Технологічні розрахунки</p> <p>6. Визначення техніко-економічних показників</p> <p>7. Визначення потреби в матеріально-технічних ресурсах</p> <p>8. Операційний контроль якості робіт</p> <p>9. Заходи щодо охорони праці на будівництві</p>
Висновки по роботі:	<p>1. Проведено аналіз природно-кліматичних, гідрологічних та геологічних умов території, що підтвердив придатність ділянки для будівництва греблі. Визначено оптимальну відмітку гребеня для безпечної експлуатації. Фільтраційний розрахунок і розрахунок стійкості укосів</p>

показали відповідність вимогам ДБН.

Розрахунки в GeoStudio підтвердили надійність конструкції при заданих параметрах.

2. Виконано гідравлічний і статичний розрахунки баштового водоскиду, які підтвердили його ефективність та надійність при пропуску розрахункових витрат води.

Проведено спряження верхнього і нижнього б'єфів та розрахунок енергогасильних споруд, що забезпечує безпечне скидання води без руйнування основи й берегів.

3. Виконано повний цикл проектування водопровідної мережі: від визначення розрахункових витрат води (щоденних, погодинних, секундних) до трасування мережі, добору матеріалів труб і гідравлічного розрахунку. Встановлено оптимальні діаметри трубопроводів, втрати напору, п'єзометричні відмітки та необхідний напір насосів. Мережа забезпечує надійне водопостачання відповідно до потреб населення і виробництва.

4. Виконано проектування захисних гідротехнічних споруд для захисту від підтоплення. Встановлено характеристики водоносного пласта, визначено тип і параметри фільтра, дебіт свердловин, їх компоновання та взаємодію. Розраховано втрати напору, динамічний рівень води та побудовано гідродинамічну лінію.

	<p>5.Розглянуто технологію будівництва ґрунтової греблі з зубом. Визначено обсяги земляних робіт, підібрано комплекти машин, виконано розрахунки трудових витрат і техніко-економічних показників. Розроблено план забезпечення матеріально-технічними ресурсами, організовано контроль якості та передбачено заходи з охорони праці. Запропонована технологія забезпечує ефективне і безпечне виконання робіт.</p>
<p>Ключові слова: Keywords:</p>	<p>Ґрунтова гребля, водопостачання, баштовий водоскид, захисні споруди. Earth dam, water supply, tower spillway, protective structures.</p>

Здобувач

(підпис)

(власне ім'я та прізвище)

Керівник

(підпис)

(власне ім'я та прізвище)

“ ___ ” _____ 20__ р.

Зміст

Вступ.....	11
РОЗДІЛ 1:ПРИРОДНІ УМОВИ, ГРУНТОВА ГРЕБЛЯ.....	12
1.1. Природно-кліматичні, гідрологічні та геологічні особливості території району.	13
1.2. Визначення відмітки гребня греблі	14
1.3. Фільтраційний розрахунок	18
1.4. Визначення стійкості низового укосу	19
1.5. Визначення стійкості укосу за допомогою сучасного програмного комплексу GeoStudio	23
РОЗДІЛ 2: БАШТОВИЙ ВОДОСКИД	24
2.1. Гідравлічний розрахунок баштового водоскиду	25
2.2. Статичний розрахунок баштового водоскиду	25
2.3. Спряження б'єфів, розрахунок споруд гасіння енергії	28
РОЗДІЛ 3:ПРОЄКТУВАННЯ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ	30
3.1. Визначення розрахункових витрат води.....	31
3.1.1. Визначення щоденних витрат води.....	31
3.1.2. Споживання води для потреб виробництва	32
3.2. Визначення погодинних витрат води.....	36
3.3. Трасування водопровідної мережі.....	39
3.4. Визначення місткості регулюючих споруд.....	40
3.5. Визначення розрахункових режимів роботи водопровідної мережі та секундних витрат води	43
3.6. Визначення дорожніх витрат та вузлових відборів.....	45
3.7. Попередній розподіл витрат води по ділянкам мережі.....	47
3.8. Вибір матеріалу та діаметрів трубопровідних ділянок мережі.....	50
3.9. Визначення втрат напору в трубах і балансування кілець.....	51
3.10. Розрахунок вільних напорів, п'єзометричних відміток у вузлах водопроводу та визначення напору насосів	61
РОЗДІЛ 4: ЗАХИСНІ ГІДРОТЕХНІЧНІ СПОРУДИ	67
4.1.Встановлення характеристик водоносного пласта та визначення розрахункових відміток на його розрізі	68

									Лист
									9
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА			

4.2. Вибір типу фільтра та його розрахунок	71
4.3. Визначення орієнтовного дебіту свердловини	71
4.4. Компонування споруд на генплані міста. Розрахунок кількості свердловин та відстаней між ними	72
4.5. Встановлення попередніх показників сумарної подачі води в системі. Складання розрахункової схеми подачі води у збірний колодезь	74
4.6. Визначення параметрів гідравлічної взаємодії свердловин.....	77
4.7. Ітераційні розрахунки взаємодійних свердловин	79
4.8 Встановлення втрат напору на ділянках збірного водоводу та відміток динамічного рівня води в свердловинах. Побудова лінії гідродинамічного напору у пласті.....	84
4.9. Визначення розмірів водозбірного колодезя та параметрів насоса.....	88
РОЗДІЛ 5: ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВНИЦТВА	92
5.1. Технічна характеристика та організаційні умови виконання робіт.....	93
5.2. Визначення обсягу земляних робіт	94
5.3. Вибір комплектів машини	97
5.4. Складання калькуляції трудових витрат	101
5.5. Технологічні розрахунки	103
5.6. Визначення техніко-економічних показників	106
5.7. Визначення потреби в матеріально-технічних ресурсах.....	106
5.8. Операційний контроль якості робіт	107
5.9 Заходи щодо охорони праці на будівництві	109
Висновок.....	110
Література:.....	111

Вступ

У цій роботі розроблено гідровузол з ґрунтовою греблею та баштовим водоскидом для збільшення мінімальних витрат води в річці та забезпечення системи водопостачання населеного пункту, розташованого нижче за течією річки. Запроектовано кільцеву мережу водопостачання для міста, що охоплює два райони із загальною чисельністю населення 43 000 осіб та систему дренажу для захисту від підтоплення.

Для забезпечення забору води передбачено формування підпірного рівня. У процесі проектування визначено необхідну висоту ґрунтової греблі із ядром, а також виконано перевірку її фільтраційної стійкості та стійкості низового укосу.

Для пропуску паводкових витрат передбачено влаштування баштового водоскиду, конструктивно поєднаного з донним водовипуском, що забезпечує скидання екологічної витрати. Проведено розрахунок гідротехнічних споруд на загальну стійкість.

Виконано трасування кільцевої водопровідної мережі населеного пункту і її розрахунок урахуванням режимів мінімального, максимального водоспоживання, а також витрат води у випадку пожежогасіння.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							11
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1:
ПРИРОДНІ УМОВИ, ГРУНТОВА ГРЕБЛЯ

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							12
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

1.1. Природно-кліматичні, гідрологічні та геологічні особливості території району.

Кліматичні умови:

Район розташований у межах помірно-континентального клімату помірного поясу. Літо тепле, іноді спекотне, а зима помірно холодна з нестійким сніговим покривом. Середньорічна температура повітря становить $+7...+8^{\circ}\text{C}$. Найтепліший місяць – липень, середня температура якого становить $+19...+21^{\circ}\text{C}$, найхолодніший – січень із середньою температурою $-4...-6^{\circ}\text{C}$. Абсолютні максимуми влітку досягають $+35^{\circ}\text{C}$, а взимку можливі морози до -30°C . Середня річна кількість опадів становить 550–650 мм. Найбільша кількість опадів випадає у теплий період року (травень–серпень). Випаровуваність складає близько 500–550 мм. У посушливі роки можливі періоди без дощів, що тривають 30–40 днів. Вітровий режим представлений переважно західними та північно-західними вітрами, середня швидкість яких становить 3–5 м/с. У зимовий період можливі пориви до 15 м/с.

Гідрологічна характеристика:

Річка Рось є правою притокою Дніпра. Довжина річки становить 346 км, а площа водозбірного басейну – 12 575 км². Початок бере поблизу села Ординці Вінницької області та протікає територією Київської, Житомирської та Черкаської областей. Живлення річки змішане: дощове, снігове та підземне. Водний режим характеризується весняним водопіллям, літньо-осінньою та зимовою меженню. Весняний підйом рівня води триває з березня до квітня, а під час паводків рівень може підніматися на 1,5–3,5 м. Глибина річки варіюється від 0,5 до 4 м у верхній та середній течії, досягаючи 6–8 м у нижній частині. Швидкість течії змінюється від 0,2 до 1,2 м/с. Русло помірно звивисте у верхній частині, а в середній та нижній течії – більш звивисте. Прибережна рослинність представлена очеретом, осокою та водоростями, що займають смугу 3–7 м від берега. Дно здебільшого піщане, місцями мулисте. Береги мають висоту від 1 до 6 м, у деяких місцях – круті та обривисті. У межах району проектування дно річки розташоване на відмітці 199,80 м. Максимальний рівень води в нижньому б'єфі при забезпеченості 0,5%

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							13
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

становитиме 201,20 м, тоді як побутовий рівень води у нижньому б'єфі дорівнюватиме 200,45 м.

Геологічні та гідрогеологічні умови:

Річка Рось протікає територією Придніпровської височини, що відрізняється хвилястим рельєфом і складною геологічною будовою. Основу геологічного розрізу складають древні кристалічні породи – граніти, гнейси, кварцити, що місцями виходять на поверхню. У межах водозбірного басейну широко поширені лесові породи, що сприяють формуванню яружно-балкових комплексів.

Глибина залягання підземних вод змінюється залежно від рельєфу та типу ґрунтів. У заплавної зоні вони можуть підходити до поверхні, що сприяє розвитку заболочених ділянок. Водонесні горизонти представлені піщаними й супіщаними відкладами, що добре акумулюють воду. У складі ґрунтів переважають флювіогляціальні відклади, які складаються з гальки, гравію, піску, суглинків і глин. Ці матеріали формують водопроникні та водоупорні шари, що відіграють ключову роль у підземному живленні річки. Завдяки наявності місцевих матеріалів, таких як пісок, глина, щебінь, можна значно зменшити витрати на будівельні роботи в разі проведення гідротехнічних заходів. Фізико-механічні властивості ґрунтів дозволяють використовувати їх у будівництві дамб, укріпленні берегів та інших інженерних спорудах.

1.2. Визначення відмітки гребня греблі

У двох випадках гребень греблі перевищує розрахунковий статичний рівень води у водосховищі:

- 1) При нормальному підпірному рівні НПР:

$$\Gamma_{\text{Г}} = \text{НПР} + h_{\text{рун1}} + \Delta h_{\text{с1}} + a \quad (1.1)$$

- 2) При форсованому підпірному рівні ФПР:

$$\Gamma_{\text{Г}} = \text{ФПР} + h_{\text{рун2}} + \Delta h_{\text{с2}} + a \quad (1.2)$$

1) Для двох випадків параметри вітрової хвилі 4% забезпеченості визначаються окремо: Визначаємо безрозмірні велечини:

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							14
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

$$\frac{gL}{V^2} = \frac{9,81 * 2500}{15^2} = 109. \quad (1.3)$$

$$\frac{gt}{V} = \frac{9,81 * 21600}{15} = 14126,4. \quad (1.4)$$

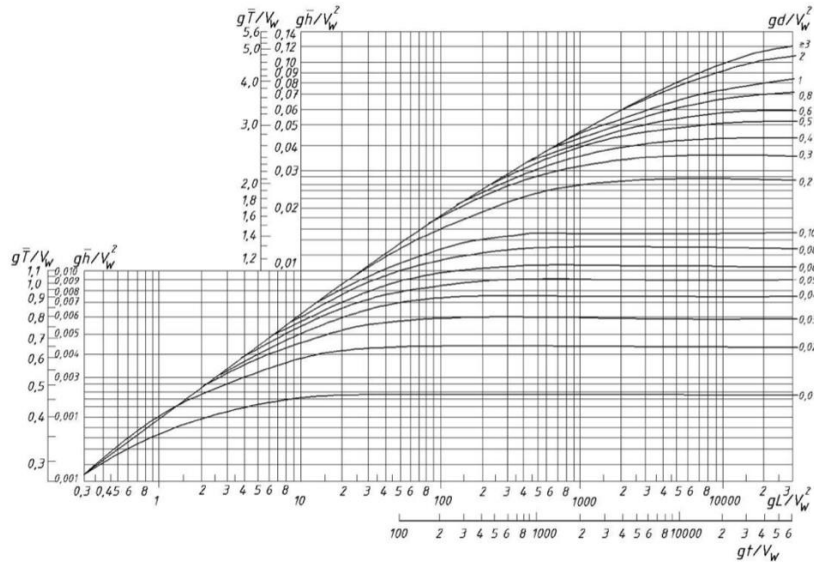


Рис.1. Визначення елементів вітрової хвилі

Значення $\frac{g\bar{h}}{V^2}=0,021/0,085$; $\frac{g\bar{T}}{V} = 1,71/4,1$ були знайдені за допомогою рис.1.

Визначення елементів вітрової хвилі. Ми вибираємо найменше значення.

Визначаємо середню висоту хвилі \bar{h}

$$\bar{h} = A \frac{V^2}{g} = 0,021 \frac{15^2}{9,81} = 0,481651 \text{ м} \quad (1.5)$$

Середній період хвилі \bar{T}

$$\bar{T} = B \frac{V}{g} = 1,71 \frac{15}{9,81} = 2,61468 \text{ Гц} \quad (1.6)$$

Визначаємо висоту хвилі 1% забезпеченості:

$$h_{1\%} = k_j \bar{h} = 2,1 * 0,481651 = 1,0114671 \text{ м} \quad (1.7)$$

Середня довжина хвилі $\bar{\lambda}$:

$$\bar{\lambda} = \frac{g\bar{T}^2}{2\pi} = \frac{9,81 * 2,61468^2}{2 * 3,14} = 10,67939 \text{ м} \quad (1.8)$$

										Лист
										15
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА				

Висота накочування хвилі:

$$h_{run1} = k_r * k_p * k_{sp} * k_{run} * h_{1\%} = 1 * 0,9 * 1,25 * 1,4 * 1,0114671 = 1,59 \text{ м} \quad (1.9)$$

Висота бетонної плити:

$$\bar{h}_{гп} = \text{НПР} - \text{дно} + 1,5 = 212 - 199,8 + 1,5 = 13,7 \text{ м} \quad (1.10)$$

Відношення шорсткості:

$$\frac{\bar{\lambda}}{h_{1\%}} = \frac{10,67939}{1,0114671} = 10,56 \quad (1.11)$$

Визначаємо коефіцієнт шорсткості (k_r) і проникності (k_p):

$k_r=1,0$; $k_p=0,9$;

Визначення коефіцієнта k_{sp} :

$\text{ctg}\varphi=2,75 \Rightarrow k_{sp}=1,4$

Висота вітрового нагону визначається за формулою:

$$\Delta h_{set1} = K_w \frac{V^2 L}{gH} \cos\alpha = 2,1 * 10^{-6} \frac{15^2 * 2500}{9,81 * 12,2} * 1 = 0,0099 \text{ м} \quad (1.12)$$

$K_w=2,1*10^{-6}$

$H=\text{НПР}-\text{дно}=212-199,8=12,2 \text{ м}$

$$1. \Gamma_{гп} = \text{НПР} + h_{run1} + \Delta h_{s1+a} = 212 + 1,59 + 0,0099 + 0,5 = 214,0999 \text{ м} \quad (1.1)$$

2) Для двох випадків параметри вітрової хвилі 30% забезпеченості визначаються окремо за наступною послідовністю: Визначаємо безрозмірні велечини:

$$\frac{gL}{V^2} = \frac{9,81 * 2500}{10^2} = 245,25 \quad (1.3)$$

$$\frac{gt}{V} = \frac{9,81 * 21600}{10} = 21189,6 \quad (1.4)$$

Значення $\frac{g\bar{h}}{V^2}=0,0275/0,1$; $\frac{g\bar{T}}{V} = 2/4,6$ були знайдені за допомогою рис.1. Визначення елементів вітрової хвилі. Ми вибираємо найменше значення.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							16
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Визначаємо середню висоту хвилі \bar{h}

$$\bar{h} = A \frac{V^2}{g} = 0,0275 \frac{10^2}{9,81} = 0,28 \text{ м} \quad (1.5)$$

Середній період хвилі \bar{T}

$$\bar{T} = B \frac{V}{g} = 2 \frac{10}{9,81} = 2,039 \text{ Гц} \quad (1.6)$$

Визначаємо висоту хвилі 1% забезпеченості:

$$h_{1\%} = k_j \bar{h} = 2,1 * 0,28 = 0,588 \text{ м} \quad (1.7)$$

Середня довжина хвилі $\bar{\lambda}$:

$$\bar{\lambda} = \frac{g \bar{T}^2}{2\pi} = \frac{9,81 * 2,039^2}{2 * 3,14} = 6,49447 \text{ м} \quad (1.8)$$

Висота накочування хвилі:

$$h_{run1} = k_r * k_p * k_{sp} * k_{run} * h_{1\%} = 1 * 0,9 * 1,1 * 1,4 * 0,588 = 0,815 \text{ м} \quad (1.9)$$

Висота бетонної плити:

$$\bar{h}_{гр} = \text{НПР} - \text{дно} + 1,5 = 212 - 199,8 + 1,5 = 13,7 \text{ м} \quad (1.10)$$

Відношення шорсткості:

$$\frac{\bar{\lambda}}{h_{1\%}} = \frac{6,49447}{0,588} = 11,04 \quad (1.11)$$

Визначаємо коефіцієнт шорсткості (k_r) і проникності (k_p):

$k_r=1,0$; $k_p=0,9$;

Визначення коефіцієнта k_{sp} :

$\text{ctg}\varphi=2,75 \Rightarrow k_{sp}=1,1$

Висота вітрового нагону визначається за формулою:

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							17
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

$$\Delta h_{set1} = Kw \frac{v^2 L}{gH} \cos \alpha = 2,1 * 10^{-6} \frac{10^2 * 2500}{9,81 * 13,8} * 1 = 0,0039 \text{ м} \quad (1.12)$$

$$Kw = 2,1 * 10^{-6}$$

$$H = \text{ФПР-дно} = 213,6 - 199,8 = 13,8 \text{ м}$$

$$2. \text{ГрГ} = \text{ФПР} + h_{run2} + \Delta h_{s2} + a = 213,6 + 0,815 + 0,0039 + 0,5 = 214,965 \text{ м} \quad (1.2)$$

1.3. Фільтраційний розрахунок

Розрахунок фільтрації через тіло греблі виконуємо за допомогою сучасного програмного комплексу GeoStudio:

Розрахунок фільтраційного потоку через тіло греблі виконано з використанням сучасного програмного комплексу GeoStudio, зокрема модуля SEEP/W, що дозволяє моделювати двовимірний рух фільтраційних вод у насиченому та ненасиченому середовищі. У моделі було враховано геометрію ґрунтової греблі, рівень води у верхньому та нижньому б'єфі (НПР = 213,6 м, РВНБ_{0,5%} = 201,8 м), а також гідравлічні властивості ґрунтів — коефіцієнти фільтрації відповідно до заданих фізико-механічних характеристик. Побудовано поле гідравлічного потенціалу (ізолінії) та напрямки векторів фільтраційного потоку, що дозволяє наочно оцінити траєкторії руху води через греблю. Схема демонструє, що основна частина потоку спрямована через нижню частину тіла греблі та дренажний елемент, що свідчить про правильну роботу протифільтраційних заходів. Модель також дозволяє оцінити потенційні зони накопичення фільтраційного тиску та втрат води. Результати розрахунку підтверджують ефективність закладеного конструктивного рішення з точки зору фільтраційної стійкості споруди. На рис.2. зображений результат фільтраційного розрахунку і визначення положення кривої фільтрації (синя пунктирна лінія), яке буде враховане при розрахунку стійкості низового укосу греблі.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							18
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

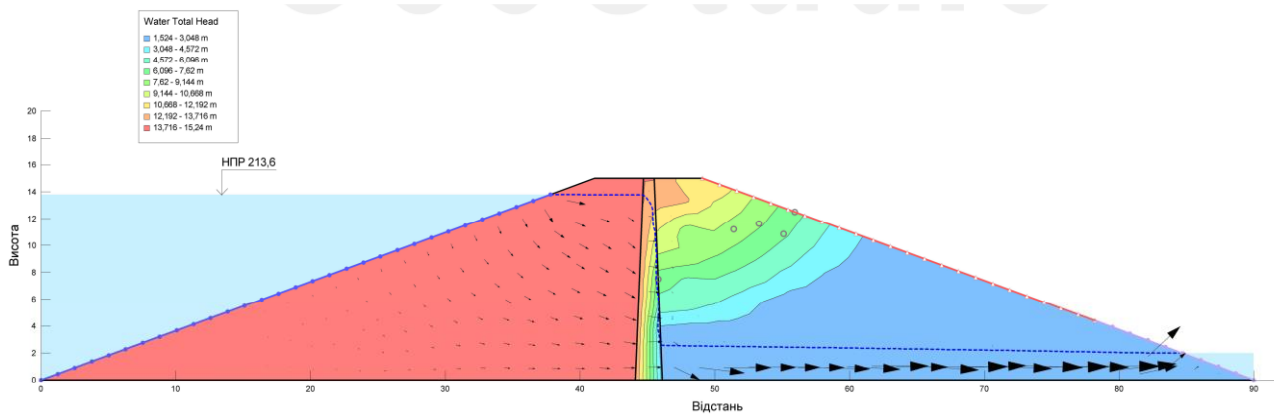


Рис.2. Результат фільтраційного розрахунку.

1.4. Визначення стійкості низового укосу

Призма обвалення розбивається вертикальними лініями на відсіки шириною $b = 0,1R_k = 0,1 * 33,263 = 3,3262$ м, обмежена кривою ковзання, контуром греблі та частиною основи.

При вибраній ширині відсіку кута α_n між радіусом вектором, проведеним через середину n-го відсіку та вертикаллю

$$\sin \alpha_n = 0,1n, \quad (1.13)$$

$$\cos \alpha_n = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha_n}, \quad (1.14)$$

Де n- номер відсіку.

Сила власної ваги:

$$G = p_{пр} g b \sum h_{пв} \quad (1.14)$$

$$h_{пв} = h_{пр} + h_{нас}^k \frac{p_{нас}^k}{p_{пр}^k} \quad (1.15)$$

$h_{пв9} = 0,5$ м; $h_{пв8} = 2,8$ м; $h_{пв7} = 5,38$ м; $h_{пв6} = 7,01$ м; $h_{пв5} = 7,8$ м;

$$p_{нас} = (p_s - p_0)(1 - n) = (2,67 - 1)(1 - 0,33) = 1,1189 \frac{\Gamma}{M^3} \quad (1.16)$$

$h_{пв4} = 6,68 + 1,76 * (1,1189 / 1,8) = 7,77$ м;

$$h_{\text{ПВ}3}=5,52+2,34*(1,1189/1,8)=6,97 \text{ м};$$

$$h_{\text{ПВ}2}=4,32+2,33*(1,1189/1,8)=5,76 \text{ м};$$

$$h_{\text{ПВ}1}=3,13+2,29*(1,1189/1,8)=4,55 \text{ м};$$

$$h_{\text{ПВ}0}=1,95+2,26*(1,1189/1,8)=3,35 \text{ м};$$

$$h_{\text{ПВ}-1}=0,78+2,21*(1,1189/1,8)=2,15 \text{ м};$$

$$h_{\text{ПВ}-2}=1,77*(1,1189/1,8)=1,1 \text{ м};$$

$$h_{\text{ПВ}-3}=0,58*(1,1189/1,8)=0,36 \text{ м};$$

$$G9=1,8*9,81*0,73*0,5=6,45 \text{ Н};$$

$$G8=1,8*9,81*3,3263*2,8=164,46 \text{ Н};$$

$$G7=1,8*9,81*3,3263*5,38=316 \text{ Н};$$

$$G6=1,8*9,81*3,3263*7,01=411,74 \text{ Н};$$

$$G5=1,8*9,81*3,3263*7,8=458,14 \text{ Н};$$

$$G4=1,8*9,81*3,3263*7,7=456,38 \text{ Н};$$

$$G3=1,8*9,81*3,3263*6,97=409,39 \text{ Н};$$

$$G2=1,8*9,81*3,3263*5,76=338,32 \text{ Н};$$

$$G1=1,8*9,81*3,3263*4,55=267,25 \text{ Н};$$

$$G0=1,8*9,81*3,3263*3,35=196,76 \text{ Н};$$

$$G-1=1,8*9,81*3,3263*2,15=126,28 \text{ Н};$$

$$G-2=1,8*9,81*3,3263*1,1=64,61 \text{ Н};$$

$$G-3=1,8*9,81*3,1742*0,36=20,18 \text{ Н};$$

Сила зчеплення знаходиться за формулою

$$F_{\text{зч}} = \sum c_i l_i \quad (1.17)$$

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							20
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Гідро динамічна сила Φ :

$$\Phi = \frac{p_0 * g * h_{\text{нас}}}{\cos \alpha_n} \quad (1.18)$$

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							21
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Табл.1 Вихідні данні для розрахунку коефіцієнту стійкості укосу.

n	sina	cosa	G	Gsina	Gcosa	Φ	tgΦ	(Gcosa- Φ)tgΦ	c	l	cl
9	0,90	0,44	6,45	5,80	2,81	0,00	0,42	1,18	0,40	1,45	0,58
8	0,80	0,60	164,46	131,57	98,68	0,00	0,42	41,44	0,40	5,57	2,23
7	0,70	0,71	316,00	221,20	225,67	0,00	0,42	94,78	0,40	4,66	1,86
6	0,60	0,80	411,74	247,04	329,39	0,00	0,42	138,34	0,40	4,16	1,66
5	0,50	0,87	458,14	229,07	396,76	0,00	0,42	166,64	0,40	3,84	1,54
4	0,40	0,92	456,38	182,55	418,28	62,42	0,42	149,46	0,40	3,61	1,44
3	0,30	0,95	409,39	122,82	390,53	80,38	0,42	130,26	0,40	3,32	1,33
2	0,20	0,98	338,32	67,66	331,48	77,58	0,42	106,64	0,40	3,32	1,33
1	0,10	0,99	267,25	26,72	265,91	75,48	0,42	79,98	0,40	3,32	1,33
0	0,00	1,00	196,76	0,00	196,76	73,75	0,42	51,67	0,40	3,32	1,33
-1	-0,10	0,99	126,28	-12,63	125,65	72,84	0,42	22,18	0,40	3,32	1,33
-2	-0,20	0,98	64,61	-12,92	63,30	58,94	0,42	1,83	0,40	3,32	1,33
-3	-0,30	0,95	20,18	-6,05	19,25	19,01	0,42	0,10	0,40	3,17	1,27
				Σ=1202,83				Σ=984,51			Σ=18,55

Коефіцієнт стійкості визначається за залежністю

$$k = \frac{\sum(G_{\cos\alpha} - W_{\varphi})\operatorname{tg}\varphi + \sum c * l}{\sum G_{\sin\alpha}} = \frac{984,51 + 18,55}{1202,83} = 0,83 > 1,08 \quad (1.19)$$

За заданими умовами низовий укіс греблі не стійкий => для збільшення стійкості необхідно використати приставний дренаж і при необхідності збільшити закладання низового укосу.

1.5. Визначення стійкості укосу за допомогою сучасного програмного комплексу GeoStudio

У межах проектування ґрунтової греблі було виконано розрахунок стійкості укосів за допомогою програмного комплексу GeoStudio, модуль SLOPE/W, що базується на методі граничної рівноваги. У моделі враховано геометрію греблі (збільшення закладання низового укосу), положення кривої фільтрації прийнято за результатами фільтраційного розрахунку, а також фізико-механічні характеристики ґрунтів. У процесі розрахунку було виявлено, що початкові параметри укосу не забезпечують нормативної стійкості. Тому з метою досягнення допустимого рівня безпеки було збільшено закладання низового укосу, що дало змогу отримати коефіцієнт стійкості $F = 1,16$, що перевищує мінімально допустиме значення.

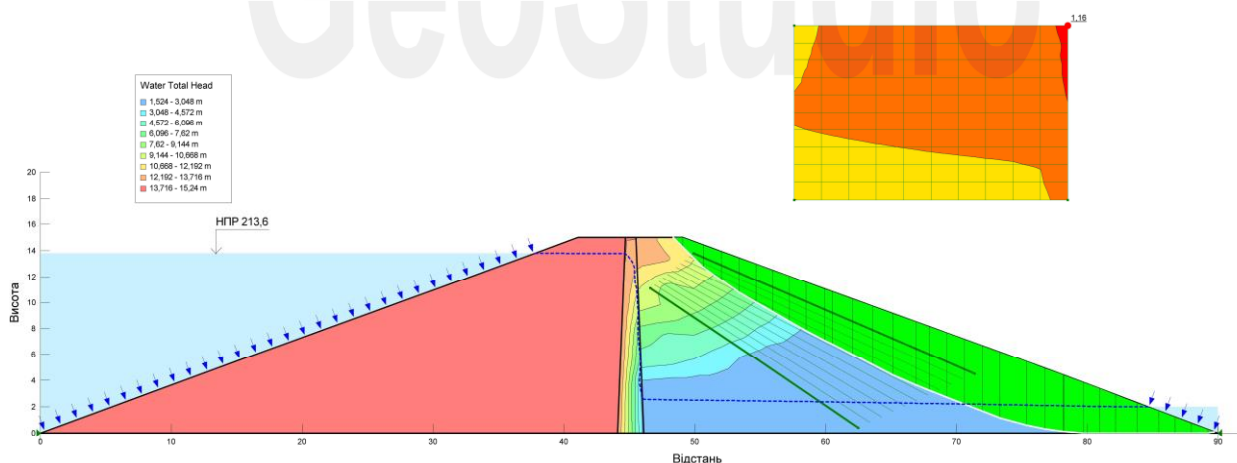


Рис.3. Результат визначення стійкості укосу

РОЗДІЛ 2: БАШТОВИЙ ВОДОСКИД

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							24
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

2.1. Гідравлічний розрахунок баштового водоскиду

Гідравлічний розрахунок передбачає визначення діаметра водозливної частини башти. Це робиться для того, щоб перелити певну вартість при НПР у верхньому б'єфі. Формула водозлива з тонкою стінкою використовується для розрахунку:

$$d = \frac{Q}{m\pi\sqrt{2g(\text{ФПР} - \text{НПР})^3}} = \frac{35}{0,38 * 3,14\sqrt{2 * 9,81(213,6 - 212)^3}} = 3,3 \text{ м} \quad (2.1)$$

$$p = \frac{Q}{m\sqrt{2g(\text{ФПР} - \text{НПР})^3}} = \frac{35}{0,38\sqrt{2 * 9,81(213,6 - 212)^3}} = 10,3 \text{ м} \quad (2.2)$$

Площа відвідних труб:

$$w = \frac{Q}{\mu\sqrt{2g(\text{НПР} - 0,3 - \text{РВНБ}_{0,5\%})}} = \frac{35}{0,75\sqrt{2 * 9,81(213 - 0,3 - 201,8)}} = 3,3 \text{ м} \quad (2.3)$$

Приймаємо одну квадратну трубу, розміром 2x2

Розраховуємо коефіцієнт витрати за отриманими розмірами:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + 0,2 + \frac{0,025 * 56}{4 * 0,5}}} = 0,73 \quad (2.4)$$

$$R = \frac{w}{f} = \frac{h * a}{2(h + a)} = \frac{4}{8} = 0,5 \text{ м} \quad (2.5)$$

$$w = \frac{Q}{\mu\sqrt{2g(\text{НПР} - 0,3 - \text{РВНБ}_{0,5\%})}} = \frac{35}{0,73\sqrt{2 * 9,81(213 - 0,3 - 201,8)}} = 3,27 \text{ м} \quad (2.3)$$

Приймаємо одну квадратну трубу, розміром 2x2

2.2. Статичний розрахунок баштового водоскиду

$$\text{Вага башти } G = p_6 h (V_{\text{баш}} + V_{\text{пл}}) = 2,3 * 9,81(83,08 + 35,4) = 2673,26 \text{ т} \quad (2.6)$$

$$\text{Об'єм фундаментної плити: } V_{\text{пл}} = A * F * h_{\text{пл}} = 7,08 * 5 * 1 = 35,4 \text{ м}^3 \quad (2.7)$$

$$\text{Об'єм бетону круглої башти: } V_{\text{баш}} = (\pi R^2 - \pi r^2 + 2,8) * (\text{НПР} - \text{дно}) = (4,01 + 2,8)12,2 = 83,08 \text{ м}^3 \quad (2.8)$$

									Лист
									25
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА			

Відштовхувальна сила, яка впливає на водоскид, визначається таким чином:

$$W = p_0 * g(V_{\text{баш}}^{\text{зоб}} + V_{\text{пл}}) = 1 * 9,81(153,23 + 35,4) = 1850,46 \quad (2.9)$$

$$V_{\text{баш}}^{\text{зоб}} = \pi R^2 * (\text{НПР} - \text{дно}) = 2^2 * 3,14 * 12,2 = 153,23 \text{ м}^3 \quad (2.10)$$

Що вказує на зовнішній об'єм частини башти, зануреної в воду.

Перевірка міцності баштового водоскиду

$$\frac{G}{W} \geq 1,3; \frac{2673,26}{1850,46} = 1,44 \geq 1,3 \quad (2.11)$$

Сила горизонтального тиску ґрунту, яка впливає на башту, можна визначити за допомогою формул:

$$E_1 = 0,5p_{\text{зв}} * g(B + D)H_4^2 * tg^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) = 0,5 * 1,12 * 9,81 * 4 * 2,8^2 * tg^2\left(45^\circ + \frac{23}{2}\right) = 393 \text{ Н} \quad (2.12)$$

$$E_2 = 0,5p_{\text{зв}} * g(B + D)H_3^2 * tg^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = 0,5 * 1,12 * 9,81 * 4 * 5,1^2 * tg^2\left(45^\circ - \frac{23}{2}\right) = 250,4 \text{ Н} \quad (2.13)$$

Щільність ґрунту з зважувальною дією води:

$$p_{\text{зв}} = (1 - n)(p_s - 1) = (1 - 0,33)(2,67 - 1) = 1,12 \frac{\text{Т}}{\text{М}^3} \quad (2.14)$$

Для оцінки стійкості башти до зсуву:

$$\frac{f(G - W)}{E_2 - E_1} = \frac{0,5(2673,26 - 1850,46)}{250,4 - 393} = 2,88 \geq 1,2 \quad (2.15)$$

Гідростатичний тиск води:

$$V_{1,2} = 0,5\rho_0 * g * (B + D) * H_{1,2}^2 = 0,5 * 1 * 9,81 * 4 * 13^2 = 3418,58 \frac{\text{М}}{\text{с}} \quad (2.16)$$

$$H_{1,2} = \text{НПР} - \text{дно} + h_{\text{пл}} = 212 - 199,8 + 1 = 13,2 \text{ м} \quad (2.17)$$

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							26
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Таблиця 2. Статичний розрахунок башти

№	Найменування сил	Позначення	Величини	Плече сили відносно т. О	Момент сили відносно т. О
1	Сила гідростатичного тиску	V_1	3418,58	$\frac{H_1}{3}$	+15041,75
2	Сила гідростатичного тиску	V_2	3418,58	$\frac{H_2}{3}$	-15041,75
3	Сила тиску ґрунту	E_1	393	$\frac{H_4}{3}$	-366
4	Сила тиску ґрунту	E_2	250	$\frac{H_3}{3}$	+425
5	Виштовхуюча сила	W	1850,46	a	+407,1
6	Сила ваги	G	2673,26	a	-588,11
					$\Sigma M = -122$

Стійкість основи башти

$$\sigma_{max/min} = \frac{G - W}{l_0 b_0} \pm \frac{6 \Sigma M}{l_0^2} = \frac{2673,26 - 1850,46}{7,07 * 5} \pm \frac{6 * (-122)}{7,07^2 * 5} \quad (2.18)$$

$$\sigma_{max} = 26,2; \sigma_{min} = 20,35;$$

$$\frac{\sigma_{max}}{\sigma_{min}} = \frac{26,2}{20,35} = 1,28 \leq 3 \text{ (основа є міцною)}$$

Стійкість башти на перекидання:

$$\frac{G * l_G + V_1 * l_{V1} + E_1 * l_{E1}}{W * l_W + E_2 * l_{E2} + V_2 * l_{V2}} =$$

									Лист
									27
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА			

$$= \frac{2673,26 * 4,2 + 15041,75 * 4,4 + 393 * 1,28}{1850,46 * 4,2 + 250 * 2,04 + 3418,58 * 4,4} = 3,49 \geq 1,2 \quad (2.19)$$

$$l_{V1} = l_{V2} = \frac{H_1}{3} = 4,4 \text{ м} \quad (2.20)$$

$$l_{E1} = \frac{H_4}{3} = 1,28 \text{ м} \quad (2.21)$$

$$l_{E2} = \frac{H_3}{3} = 2,04 \text{ м} \quad (2.22)$$

2.3. Спряження б'єфів, розрахунок споруд гасіння енергії

Круглі труби мають таку ширину вихідного фронту:

$$B = 2 + 0,26 = 2,26 \text{ м} \quad (2.23)$$

Радіус r_1 , який відповідає спряженій глибині першого спряження:

$$r_1 = \frac{B}{2 \sin \frac{\theta}{2}} = \frac{2}{2 * \sin 15^\circ} = 4,37 \text{ м} \quad (2.24)$$

Критична глибина:

$$h_{кр} = \sqrt[3]{\frac{\alpha}{g} \left(\frac{Q}{\theta r_1} \right)^2} = \sqrt[3]{\frac{1,1}{9,81} \left(\frac{35}{0,52 * 4,37} \right)^2} = 2,99 \text{ м} \quad (2.25)$$

Глибина води, яка виходить з прямокутної труби:

$$h_c = h_{тр} = 2 \text{ м} \quad (2.26)$$

Число Фруда Fr :

$$Fr = \left(\frac{h_{кр}}{h_c} \right)^3 = \left(\frac{2,99}{2} \right)^3 = 3,34 \quad (2.27)$$

При $Fr > 1$ ($h_{кр} > h_c$) потік знаходиться в бурхливому стані.

Гідравлічний стрибок має таку довжину:

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							28
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

$$l_{\text{стр}} = \frac{f}{1 + 0,052 * f \frac{h_c}{r_1}} h_c = \frac{8,84}{1 + 0,052 * 8,84 \frac{2}{4,37}} * 2 = 14,61 \text{ м} \quad (2.28)$$

$$f = 10,3(\sqrt{Fr} - 1)^{0,81} = 10,3(\sqrt{3,34} - 1)^{0,81} = 8,84 \quad (2.29)$$

Довжина водобійного колодязя:

$$l_k = 0,9l_{\text{стр}} = 0,9 * 14,61 = 13,14 \text{ м} \quad (2.30)$$

Радіус, який відповідає другій спряженій глибині:

$$r_2 = r_1 + l_{\text{стр}} = 4,37 + 14,61 = 18,98 \text{ м} \quad (2.31)$$

Друга спряжена глибина h_c^{11} , визначається методом підбору:

$$\frac{2\alpha_1}{g} \left(\frac{Q}{\theta}\right)^2 \frac{1}{r_1 h_c} + r_1 h_c^2 = \frac{2\alpha_1}{g} \left(\frac{Q}{\theta}\right)^2 \frac{1}{r_2 h_c^{11}} + r_2 (h_c^{11})^2 - \beta \frac{h_c^2 + h_c h_c^{11} + (h_c^{11})^2}{3} l_{\text{стр}} \quad (2.32)$$

$$\frac{2 * 1,05}{9,81} \left(\frac{35}{0,52}\right)^2 \frac{1}{4,37 * 2} + 4,37 * 4 =$$

$$= \frac{2 * 1,05}{9,81} \left(\frac{35}{0,52}\right)^2 \frac{1}{18,98 * h_c^{11}} + 18,98 (h_c^{11})^2 - 0,9 \frac{4 + 2 * h_c^{11} + (h_c^{11})^2}{3} 14,61$$

Методом підбору $h_c^{11} = 3,3 \text{ м}$

Глибина колодязя визначається на основі наступних умов:

$$d_k = h_c^{11} - (\text{РВНБ}_{0,5\%} - \text{дно}) = 3,3 - (201,8 - 199,8) = 1,3 \geq 0,5 \quad (2.33)$$

$$\text{Довжина рисберми: } l_{\text{рис}} = 1,5 * l_k = 1,5 * 11,69 = 17,54 \text{ м} \quad (2.34)$$

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							29
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3:
ПРОЄКТУВАННЯ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							30
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

3.1. Визначення розрахункових витрат води

Для того, щоб правильно проектувати мережу водопостачання, важливо знати, скільки води використовує населення міста щодня.

- 1) Кількість населення: в першому районі - 26000 осіб; в другому районі - 17000 осіб;
- 2) Кількість поверхів забудови міста: в першому районі - 5; в другому районі - 3;
- 3) Ступінь благоустрою житлової забудови: в першому районі - з централізованим гарячим водопостачанням; в другому районі - з ваннами та місцевими водонагрівачами;

3.1.1. Визначення щоденних витрат води

Для визначення, скільки води використовує населення міста, ми повинні спочатку розрахувати добові витрати води (табл. 3).

Використовуючи цю формулу, ми можемо визначити середню річну добову витрату води на господарсько-питні потреби кожного житлового району міста:

$$Q_{\text{доб.ср}} = N \cdot q_{\text{ж}} / 1000, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (3.1)$$

де N – загальна кількість людей, які проживають у цьому районі; $q_{\text{ж}}$ – питоме споживання людьми питної та господарської води;

Визначаємо, скільки води потрібно на господарсько-питні потреби населення протягом дня, коли спостерігається найбільше і найменше використання води.

$$Q_{\text{доб.мах}} = K_{\text{доб.мах}} \cdot Q_{\text{доб.ср}} ; \quad (3.2)$$

$$Q_{\text{доб.мін}} = K_{\text{доб.мін}} \cdot Q_{\text{доб.ср}} , \quad (3.3)$$

де $K_{\text{доб.мах}} = 1,1-1,3$ і $K_{\text{доб.мін}} = 0,7-0,9$ – коефіцієнти нерівномірності водоспоживання протягом дня

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							31
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Водоспоживання населення міста

Райони міста	N, осіб	Q _ж , л/ос.добу	Q _{доб.ср} , м ³ /добу	K _{доб.мах}	Q _{доб.мах} , м ³ /добу	K _{доб.min}	Q _{доб.min} , м ³ /добу
I	26000	240	6240	1,3	8112	0,9	5616
II	17000	200	3400	1,3	4420	0,9	3060
Разом	43000	-	9640	-	12532	-	8676

3.1.2. Споживання води для потреб виробництва

Три підприємства, які працюють у місті, використовують воду для виробництва:

№	Назва	К-сть змін роботи	Одиниця виміру продукції	Кількість продукції, що випускається		Норма витрати води на одиницю продукції, м ³	Кількість працівників		% працівників у гарячих цехах	% працівників, що приймають душ
				за добу	за макс. зміну		за добу	за макс. зміну		
1	Хлібозавод	3	т	480	200	4,3	320	120	25	45
2	Горілчаних напоїв	2	дкл	300	200	8	90	45	-	-
3	Рибозавод	1	т	60	60	12	140	140	15	40

Витрати на воду, які споживає підприємство для виготовлення продукції (табл. 4) і витрати на господарсько-питні та прийняття душу працівниками (табл. 5).

Таблиця 4

Водоспоживання на виробничі потреби підприємств

Назва підприємства	№ зміни	Одиниця продукції	q _в , м ³ /од	N _{прод} , од./зміну	Q _в , м ³ /зміну
Хлібозавод	1	т	4.3	200	860
	2	т	4.3	140	602
	3	т	4.3	140	602
	Всього			480	2064
Горілчаних напоїв	1	дкл	8	200	1600

	2	дкл	8	100	800
	3	-	-	-	-
	Всього			300	2400
Рибозавод	1	т	12	60	720
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	Всього			60	720
Разом					5184

Витрати води на виробничі потреби підприємств визначаються за допомогою кількості продукції, що випускається за кожну зміну роботи, а також питомої витрати води на технологічні потреби (згідно з завданням). Ми вважаємо найважливішою першу зміну роботи підприємства.

На підприємствах у зміну передбачається, що витрати на господарсько-питні потреби працівників становлять 45 літрів води на особу для гарячих цехів. для холодних — 25 літрів на особу.

Залежно від характеру виробничих процесів ми визначаємо кількість працівників, які приймають душ за завданням, і визначаємо витрату води на кожну особу, що приймає душ, з додатку 2 методичних вказівок. Добуток ($N \cdot q$) ділимо на 1000, щоб перевести літри у м³.

Таблиця 5

Водоспоживання на господарсько-питні потреби підприємств та прийняття душу

№ підприємства	№ зміни	К-сть працюючих, ос.	Гарячі цехи			Холодні цехи			Q _{г.п.} , м ³ /зм.	Прийняття душу		
			N _г , осіб	q _г , л/ос.	Q _г , м ³ /зм.	N _х , осіб	q _х , л/ос.	Q _х , м ³ /зм.		N _{душ} , осіб	q _{душ} , л/ос. зм.	Q _{душ} , м ³ /зм
1	1	120	30	45	1.35	90	25	2.25	3.6	54	25	1.35
	2	100	25		1.13	75		1.86	2.99	45		1.13
	3	100	25		1.13	75		1.86	2.99	45		1.13
	Σ	320	80	-	3.61	240	-	5.97	9.58	144	-	3.61

2	1	45	-	45	-	45	25	1.13	1.13	-	-	-	
	2	45	-		-	45		1.13	1.13	-		-	
	3	-	-		-	-		-	-	-		-	
	Σ	90	-		-	-		90	-	2.26		2.26	-
3	1	140	21	45	0.95	119	25	2.98	3.93	56	25	1.4	
	2	-	-		-	-		-	-	-		-	-
	3	-	-		-	-		-	-	-		-	-
	Σ	140	21		-	0.95		119	-	2.98		3.93	56
Разом	-	550	101	-	4.56	449	-	11.21	15.77	200	-	5.01	

Так, як відсутні дані про площі за видами благоустрою. Потрібно використовувати обсяг максимального добового водоспоживання для поливу вулиць і зелених насаджень визначається залежно від кліматичного району та кількості населення.

Таблиця 6

Витрати води на полив вулиць та зелених насаджень

Райони міста	Кількість населення, осіб	Питомі витрати води, л/ос.добу	Витрата води, м ³ /добу
I	26000	45	1170
II	17000	45	765
Разом	43000	-	1935

За даними таблиць 3-6 складаємо таблицю 7 балансу у добу середнього, максимального і мінімального водоспоживання міста.

Таблиця 7

Баланс добового водоспоживання міста

№	Споживачі	Витрата води, м ³ /добу		
		середньодобове водоспоживання	доба максимального водоспоживання	доба мінімального водоспоживання
1	Населення I району	6240	8112	5616
	Невраховані витрати	624	811.2	561.6
	Разом	6864	8923.2	6177.6
2	Населення II району	3400	4420	3060

Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							34

	Невраховані витрати	340	442	306
	Разом	3740	4862	3366
Підприємство 1				
3	Виробничі потреби	2064	2064	2064
	Господарсько-питні	9.58	9.58	9.58
	Душові	3.61	3.83	3.61
	Разом	2077.19	2077.41	2077.19
Підприємство 2				
4	Виробничі потреби	2400	2400	2400
	Господарсько-питні	2.26	2.26	2.26
	Душові	-	-	-
	Разом	2402.26	2402.26	2402.26
Підприємство 3				
5	Виробничі потреби	720	720	720
	Господарсько-питні	3.93	3.92	3.93
	Душові	1.4	1.4	1.4
	Разом	725.33	725.32	725.33
Полив				
6	I район	585	1170	0
	II район	382.5	765	0
	Разом	967.5	1935	0
Всього по місту		16776.28	20925.19	14748.38

Приймаємо 10% від витрат води на господарсько-питні потреби населеного пункту. Це відповідає витратам на воду для потреб місцевої промисловості, а також неврахованим витратам.

Полив зелених насаджень і вулиць становить приблизно половину від загальної кількості води, споживаної протягом дня. У день, коли використовується найменша кількість води, полив не проводиться.

										Лист
										35
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА				

3.2. Визначення погодинних витрат води

Обчислюємо максимальний коефіцієнт погодинної нерівномірності водоспоживання населення для кожного району міста

$$K_{г.маx} = \alpha_{маx} \cdot \beta_{маx} ; \quad (3.4)$$

де $\alpha_{маx}$ - це коефіцієнт, який враховує ступінь благоустрою будинків, режим роботи підприємств і інші місцеві умови

β – це коефіцієнт, який враховує чисельність мешканців у населеному пункті

I район:

$$K_{г.маx.I} = 1.43 ;$$

II район:

$$K_{г.маx.II} = 1.5$$

У табл. 8 показано, як розподіляється загальна кількість води за годинами відповідно до доби, коли найбільше води споживається.

Обчислюємо щоденні витрати води на кожен район міста за допомогою графіків водоспоживання аналогічних водопроводів.

Для першого району міста $K_{г.маx} = 1.4$, а для другого – $K_{г.маx} = 1.5$.

Протягом зміни ми рівномірно розподіляємо витрату води як на виробничі, так і на господарсько-питні потреби підприємства. Ми встановили 8-годинну зміну для всіх підприємств, яка починається о 8:00 ранку. Кожна зміна душу витрачається протягом сорока п'яти хвилин.

Відповідно до вимог полив зелених насаджень, вулиць і площ повинен проводитися в години мінімального та середнього водоспоживання.

За допомогою графі 22 табл. 8 ми можемо розрахувати загальні витрати води за годинами доби (рис. 5).

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							36
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Табл.8. Визначення погодинних витрат у місті

Годи- ни доби	населення I району		населення II району		Разом	Підприємство 1				Підприємство 2				Підприємство 3				ΣQ, м³/год	Полив		Qміста, м³/год
	% від Qдоб.мах	витрата, м³/год	% від Qдоб.мах	витрата, м³/год		ви-роб- ничі	госп- питні	ду- шові	разом	вироб- ничі	госп- питні	ду- шові	разом	ви-роб- ничі	госп- питні	ду- шові	разом		I ра- йон	II ра- йон	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0-1	2,5	223,08	1,5	72,93	296,01	75,25	0,45	1,13	76,83									372,84			372,84
1-2	2,65	236,46	1,5	72,93	309,39	75,25	0,45		75,70									385,09			385,0948
2-3	2,2	196,31	1,5	72,93	269,24	75,25	0,45		75,70									344,94			344,9404
3-4	2,25	200,77	1,5	72,93	273,70	75,25	0,45		75,70									349,40			349,402
4-5	3,2	285,54	2,5	121,55	407,09	75,25	0,45		75,70									482,79			482,7924
5-6	3,9	348,00	3,5	170,17	518,17	75,25	0,45		75,70									593,87	146,25	153	893,1248
6-7	4,5	401,54	4,5	218,79	620,33	75,25	0,45		75,70									696,03	146,25	153	995,284
7-8	5,1	455,08	5,5	267,41	722,49	75,25	0,45		75,70									798,19	146,25		944,4432
8-9	5,35	477,39	6,25	303,875	781,27	107,5	0,37	1,35	109,22	200	0,14		200,14	90	0,49		90,49	1181,12			1181,1212
9-10	5,85	522,01	6,25	303,875	825,88	107,5	0,37		107,87	200	0,14		200,14	90	0,49		90,49	1224,39			1224,3872
10-11	5,35	477,39	6,25	303,875	781,27	107,5	0,37		107,87	200	0,14		200,14	90	0,49		90,49	1179,77			1179,7712
11-12	5,25	468,47	6,25	303,875	772,34	107,5	0,37		107,87	200	0,14		200,14	90	0,49		90,49	1170,85			1170,848
12-13	4,6	410,47	5	243,1	653,57	107,5	0,37		107,87	200	0,14		200,14	90	0,49		90,49	1052,07			1052,0722
13-14	4,4	392,62	5	243,1	635,72	107,5	0,37		107,87	200	0,14		200,14	90	0,49		90,49	1034,23			1034,2258
14-15	4,6	410,47	5,5	267,41	677,88	107,5	0,37		107,87	200	0,14		200,14	90	0,49		90,49	1076,38			1076,3822
15-16	4,6	410,47	6	291,72	702,19	107,5	0,37		107,87	200	0,14		200,14	90	0,49		90,49	1100,69			1100,6922
16-17	4,9	437,24	6	291,72	728,96	75,25	0,37	1,35	76,97	100	0,14		100,14			1,4	1,4	907,47			907,4718
17-18	4,6	410,47	5,5	267,41	677,88	75,25	0,37		75,62	100	0,14		100,14					853,64			853,6422
18-19	4,7	419,39	5	243,1	662,49	75,25	0,37		75,62	100	0,14		100,14					838,26			838,2554
19-20	4,5	401,54	4,5	218,79	620,33	75,25	0,37		75,62	100	0,14		100,14					796,10	146,25		942,349
20-21	4,4	392,62	4	194,48	587,10	75,25	0,37		75,62	100	0,14		100,14					762,87	146,25		909,1158
21-22	4,2	374,77	3	145,86	520,63	75,25	0,37		75,62	100	0,14		100,14					696,40	146,25	153	995,6494
22-23	3,7	330,16	2	97,24	427,40	75,25	0,37		75,62	100	0,14		100,14					603,16	146,25	153	902,4134
23-24	2,7	240,93	1,5	72,93	313,86	75,25	0,37		75,62	100	0,14		100,14					489,62	146,25	153	788,8714
Всього	100	8923,2	100	4862	13785,20	2064	9,58	3,83	2077,41	2400	2,26		2402,26	720	3,92	1,4	725,32	18990,19	1170	765	20925,19

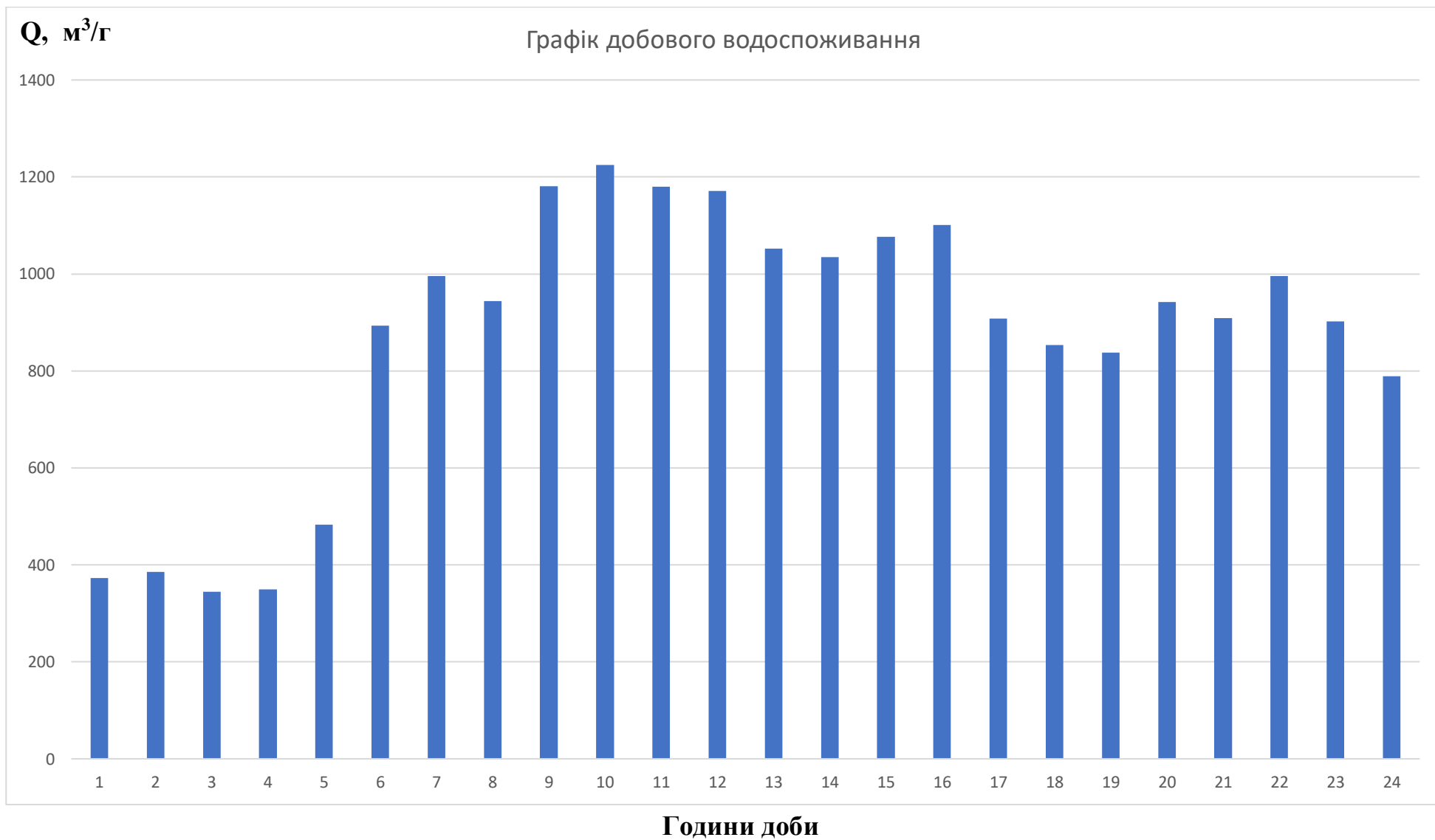


Рис.5. Добові графіки водоспоживання міста і подачі води насосними станціями

Графік роботи насосів, що живлять водопровідну мережу, приймаємо триступінчатим (рис.3). Подачу води насосами першого підйому (НС-I) і тривалість роботи кожної ступені на насосній станції другого підйому (НС-II) призначаємо так:

Таблиця 9

Визначення подачі насосів на насосних станціях

Насосна станція	Тривалість роботи насосів, год.	Витрата, м ³ /год	Подача, м ³ /добу
НС - II 1 ступінь	5	387,01	1935,05
НС - II 2 ступінь	11	906,42	9970,62
НС - II 3 ступінь	8	1127,43	9019,44
НС - I	24	871,88	20925,19

3.3. Трасування водопровідної мережі

Намічаємо місця підведення водопроводів від НС-II в плані міста та виконуємо трасування магістральної водопровідної мережі.

Діаметри розподільних ліній призначаємо – 100 мм.

Намічаємо та нумеруємо вузли магістральної мережі в точках пересікання магістралей, місцях, де крупні споживачі (підприємства) і водоводи підключені до мережі, а також записуємо довжини ділянок мережі між вузлами.

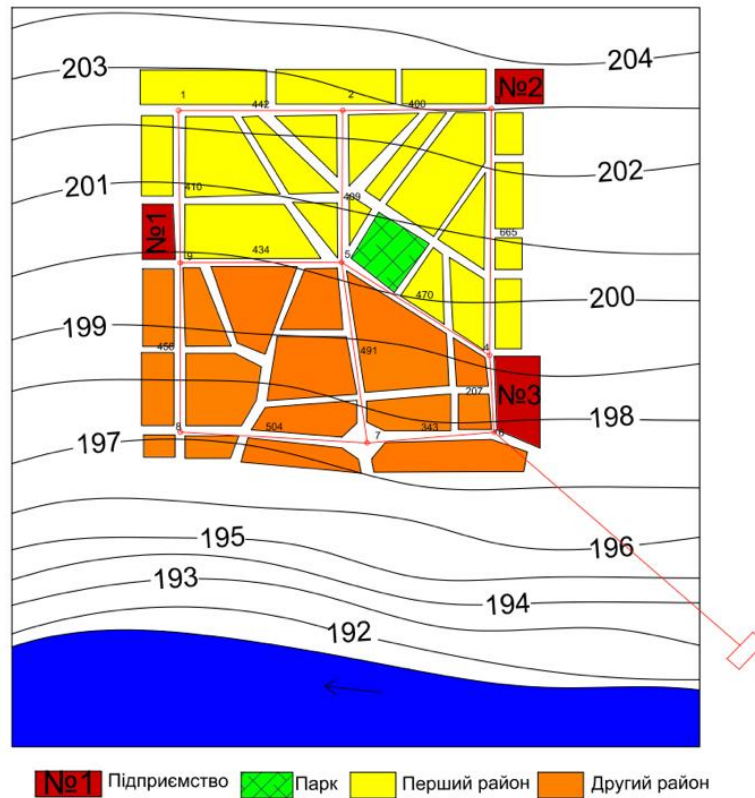


Рис.6. Траса магістральної водопровідної мережі і водоводів

3.4. Визначення місткості регулюючих споруд

За завданням на проектування розраховуємо безбаштову мережу водопостачання. Регулюючий об'єм резервуара чистої води (РЧВ) визначається шляхом накладання графіків подачі насосів першого та другого підйомів (див. табл. 11).

Таблиця 11

Визначення регулюючого об'єму РЧВ

Години доби	Q _{нс-1} , м ³ /год	Q _{нс-2} , м ³ /год	q до РЧВ, м ³ /год	q із РЧВ, м ³ /год	W у РЧВ, м ³
1	2	3	4	5	6
0-1	871,88	372,84	499,04	0,00	499,04
1-2	871,88	385,09	486,79	0,00	985,83
2-3	871,88	344,94	526,94	0,00	1512,77
3-4	871,88	349,40	522,48	0,00	2035,25
4-5	871,88	482,79	389,09	0,00	2424,34

5-6	871,88	893,12	0,00	21,24	2403,10
6-7	871,88	995,28	0,00	123,40	2279,70
7-8	871,88	944,44	0,00	72,56	2207,14
8-9	871,88	1181,12	0,00	309,24	1897,90
9-10	871,88	1224,39	0,00	352,50	1545,40
10-11	871,88	1179,77	0,00	307,89	1237,51
11-12	871,88	1170,85	0,00	298,97	938,55
12-13	871,88	1052,07	0,00	180,19	758,36
13-14	871,88	1034,23	0,00	162,34	596,01
14-15	871,88	1076,38	0,00	204,50	391,51
15-16	871,88	1100,69	0,00	228,81	162,71
16-17	871,88	907,47	0,00	35,59	127,12
17-18	871,88	853,64	18,24	0,00	145,36
18-19	871,88	838,26	33,63	0,00	178,98
19-20	871,88	942,35	0,00	70,47	108,52
20-21	871,88	909,12	0,00	37,23	71,29
21-22	871,88	995,65	0,00	123,77	-52,48
22-23	871,88	902,41	0,00	30,53	-83,01
23-24	871,88	788,87	83,01	0,00	0,00
Всього	20925,19	20925,19	2559,22	2559,22	

$$W_{\text{рег.р}} = W_{\text{у}} + V_{\text{баш}} = 2424,34 + 83,08 = 2507,42 \text{ м}^3. \quad (3.5)$$

Повний об'єм РЧВ:

$$W_{\text{рчв}} = W_{\text{рег.р}} + W_{\text{пож.р}} + W_{\text{в.п}}, \quad (3.6)$$

Запас води на власні потреби станцій підготовки води обчислюється за

$$\text{формулою: } W_{\text{в.п}} = 0,06 \cdot Q_{\text{доб.мах}} = 0,06 \cdot 20925,19 = 1255,51 \text{ м}^3. \quad (3.7)$$

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							41
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Пожежний запас води у резервуарі визначається за формулою:

$$W_{\text{пож.р}} = T_{\text{п}} (3,6q_{\text{п}} - Q_1) + W_{\text{госп}} \quad (3.8)$$

де:

- $T_{\text{п}} = 3$ год — час гасіння пожежі для систем I категорії,
- $q_{\text{п}} = 2 \cdot 25 = 50$ л/с — витрати на гасіння двох пожеж
- $Q_1 = 871,88$ м³/год — подача води насосною станцією I підйому в РЧВ,
- 3,6 — коефіцієнт переведення з л/с у м³/год,
- $W_{\text{госп}} = 1181,12 + 1224,29 + 1779,77 = 3585,28$ м³ — об'єм води, спожитий за три найбільш навантажені години.

Підставивши значення:

$$W_{\text{пож.р}} = 3 \cdot (3,6 \cdot 50 - 871,88) + 3585,28 = 1509,63 \text{ м}^3.$$

Загальний об'єм РЧВ становитиме:

$$W_{\text{рчв}} = 2507,42 + 1509,63 + 1255,51 = 5272,56 \text{ м}^3.$$

Приймаємо два прямокутні РЧВ місткістю 3000 м³ кожний і розмірами: довжина – 27 м; ширина – 24 м; глибина води – $h_{\text{р}} = 4,84$ м.

Глибина кожного об'єму в резервуарі:

$$\text{– регулюючого } h_{\text{рег.р}} = W_{\text{р.р}} / nF_{\text{рчв}} = 2507,42 / 2 \cdot 27 \cdot 24 = 1,93 \text{ м}; \quad (3.9)$$

$$\text{– пожежного } h_{\text{пож.р}} = 1509,63 / 2 \cdot 27 \cdot 24 = 1,16 \text{ м}; \quad (3.8)$$

$$\text{– на власні потреби } h_{\text{в.п}} = 1255,51 / 2 \cdot 27 \cdot 24 = 0,97 \text{ м}. \quad (3.9)$$

Відмітка максимального рівня води в резервуарі:

$$Z_{\text{мах.р}} = Z_{\text{з.р}} + \Delta h_{\text{р}} = 193,0 + 1,0 = 194,0 \text{ м}, \quad (3.10)$$

де:

$Z_{\text{з.р}} = 193,0$ м — відмітка поверхні землі на майданчику РЧВ і НС-II,

$\Delta h_{\text{р}} = 1,0$ м — перевищення максимального рівня води над землею.

Відмітка дна резервуара:

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							42
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

$$Z_{д.р} = Z_{max.р} - h_p = 194,0 - 4,84 = 189,16 \text{ м}, \quad (3.11)$$

Відмітка мінімального рівня води в РЧВ:

$$Z_{min.р} = Z_{max.р} - h_{рег.р} - h_{в.п} = 194,0 - 1,93 - 0,97 = 191,1 \text{ м}. \quad (3.12)$$

3.5. Визначення розрахункових режимів роботи водопровідної мережі та секундних витрат води

Оскільки в проєкті передбачено безбаштову схему водопостачання міста, водопровідна мережа перевіряється на три розрахункові режими у добу максимального водоспоживання:

1. Година найбільшого водовідбору з мережі (8:00–9:00) — за даними табл. 8,
2. Година вечірнього пікового споживання (23:00–24:00) — також згідно з табл. 8,
3. Режим гасіння пожежі під час пікового водоспоживання.

Для виконання гідравлічного розрахунку магістральної водопровідної мережі, витрати води на різні потреби в години максимального та мінімального водоспоживання, взяті з табл. 8, перераховуються у секундні витрати шляхом ділення на 3,6 (оскільки $1 \text{ м}^3/\text{год} = 1/3,6 \text{ л/с}$).

Отримані результати фіксуються у таблиці 12 для подальшого гідравлічного аналізу.

Таблиця 12

Визначення розрахункових секундних витрат води

Розмірність	Q _{нас.І}	Q _{нас.ІІ}	Q _{підпр..І}	Q _{підпр..2}	Q _{підпр..3}	Q _{пол..І}	Q _{пол..2}	Всього
ГОДИНА МАКСИМАЛЬНОГО ВОДОСПОЖИВАННЯ								
м ³ /год	522,01	303,875	107,87	200,14	90,49	0	0	1224,39
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА		
								Лист 43

3.6. Визначення дорожніх витрат та вузлових відборів

Відповідно до плану міста, визначаємо фактичну та розрахункову довжину ділянок магістральних ліній водопровідної мережі, обмежених вузлами.

Для кожного району міста окремо обчислюємо:

- Фактичну довжину,
- Розрахункову довжину магістральної мережі — як суму довжин окремих ділянок у межах відповідного району.

Ці дані заносяться до таблиці 14.

Далі визначаємо питому витрату води для кожного району, використовуючи дані таблиці 12, окремо для режимів:

а) Максимального водоспоживання:

Для району I:

$$q_{\text{пит. I}} = \frac{q_{\text{нас. I}} + q_{\text{пол. I}}}{L_{\text{I}}} = \frac{145 + 0}{4907,5} = 0,029547 \frac{\text{л}}{\text{с}} \cdot \text{м}; \quad (3.13)$$

Для району II:

$$q_{\text{пит. II}} = \frac{q_{\text{нас. II}} + q_{\text{пол. II}}}{L_{\text{II}}} = \frac{84,41 + 0}{5556,5} = 0,0151912 \frac{\text{л}}{\text{с}} \cdot \text{м}; \quad (3.14)$$

б) Мінімального водоспоживання:

Для району I:

$$q_{\text{пит. I}} = \frac{54,53 + 0}{4907,5} = 0,0111117 \frac{\text{л}}{\text{с}} \cdot \text{м}; \quad (3.15)$$

Для району II:

$$q_{\text{пит. II}} = \frac{20,26 + 0}{5556,5} = 0,00364588 \frac{\text{л}}{\text{с}} \cdot \text{м}; \quad (3.16)$$

Після цього обчислюємо дорожні витрати води q_d на всіх розрахункових ділянках — окремо для кожного району.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							45
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

районі окремо.

До зосереджених витрат $q_{зос}$ вносяться (за таблицею 12) витрати підприємств $q_{підпр}$, підключених до вузлів 3, 6 і 9.

Для режиму пожежогасіння встановлюються розрахункові витрати води на гасіння пожеж $q_{пож}$ у вузлах 9 і 1.

Таблиця 15

Визначення вузлових відборів

№ вузла	max			max+пож		min		
	$q_{вузл}, л/с$	$q_{зос}, л/с$	$Q_{вузл}, л/с$	$q_{пож}, л/с$	$Q_{вузл}, л/с$	$q_{вузл}, л/с$	$q_{зос}, л/с$	$Q_{вузл}, л/с$
1	12,95		12,95	25,00	37,95	3,11		3,11
2	19,00		19,00		19,00	4,56		4,56
3	16,17	55,59	71,77		71,77	3,88	0,00	3,88
4	26,47		26,47		26,47	8,13		8,13
5	40,95		40,95		40,95	13,62		13,62
6	16,27	25,14	41,40		41,40	6,12	0,00	6,12
7	39,53		39,53		39,53	14,87		14,87
8	28,37		28,37		28,37	10,67		10,67
9	29,69	29,96	59,66	25,00	84,66	9,83	21,03	30,86
Разом	229,41	110,70	340,10	50,00	390,10	74,79	21,03	95,82

3.7. Попередній розподіл витрат води по ділянкам мережі

Для кожного розрахункового режиму складається окрема розрахункова схема мережі (рис. 7–9), на якій зазначаються: номери вузлів і вузлові відбори, витрати водоводів від НС-II до мережі, номери кілець. Визначається напрямок руху води в магістральній мережі та обчислюються розрахункові витрати на окремих ділянках.

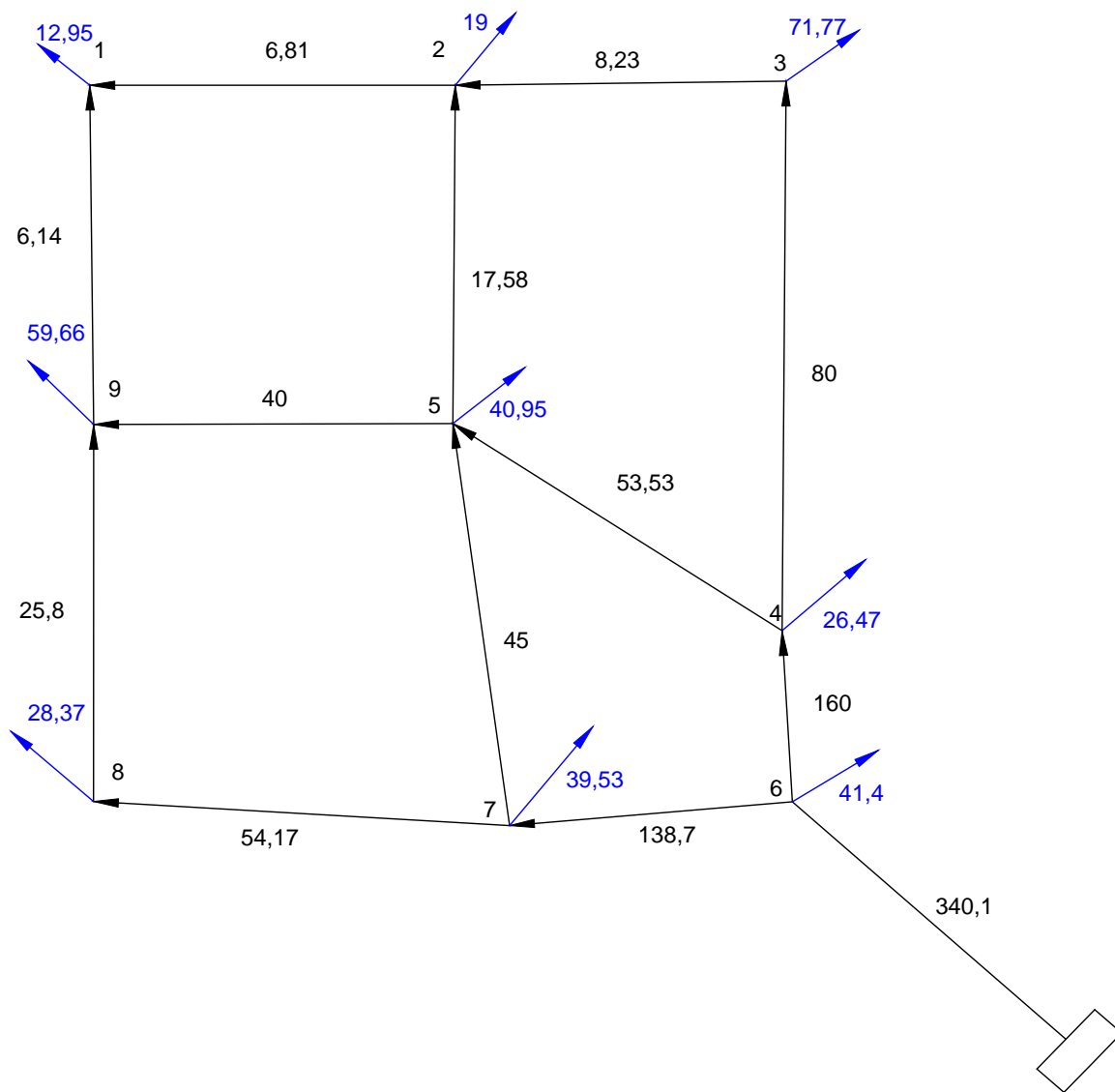


Рис. 7. Попередній розподіл витрат води для режиму макс. Водоспоживання

Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата

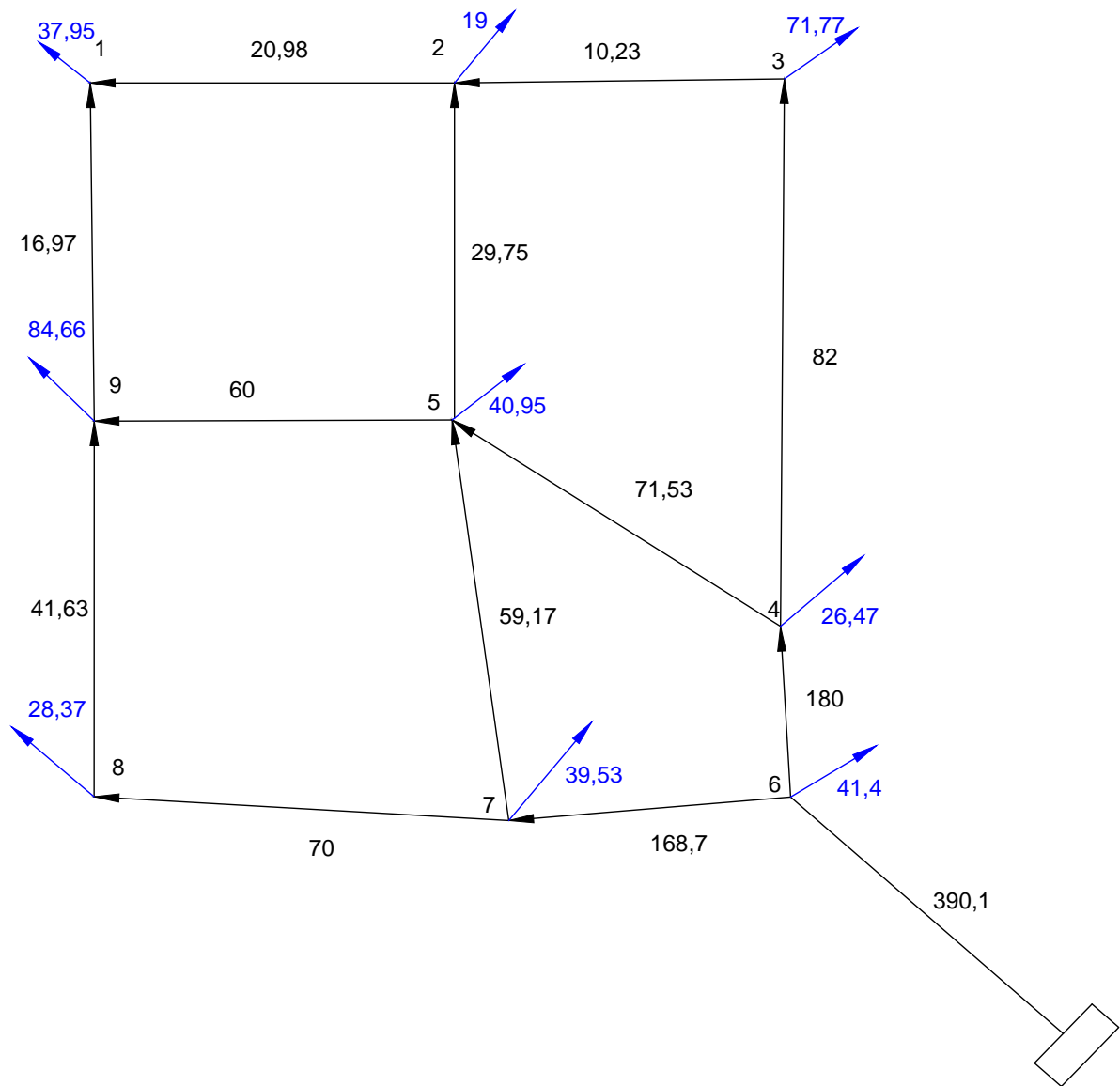


Рис. 8. Попередній розподіл витрат води для режиму пожежогасіння під час максимального водоспоживання

Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата

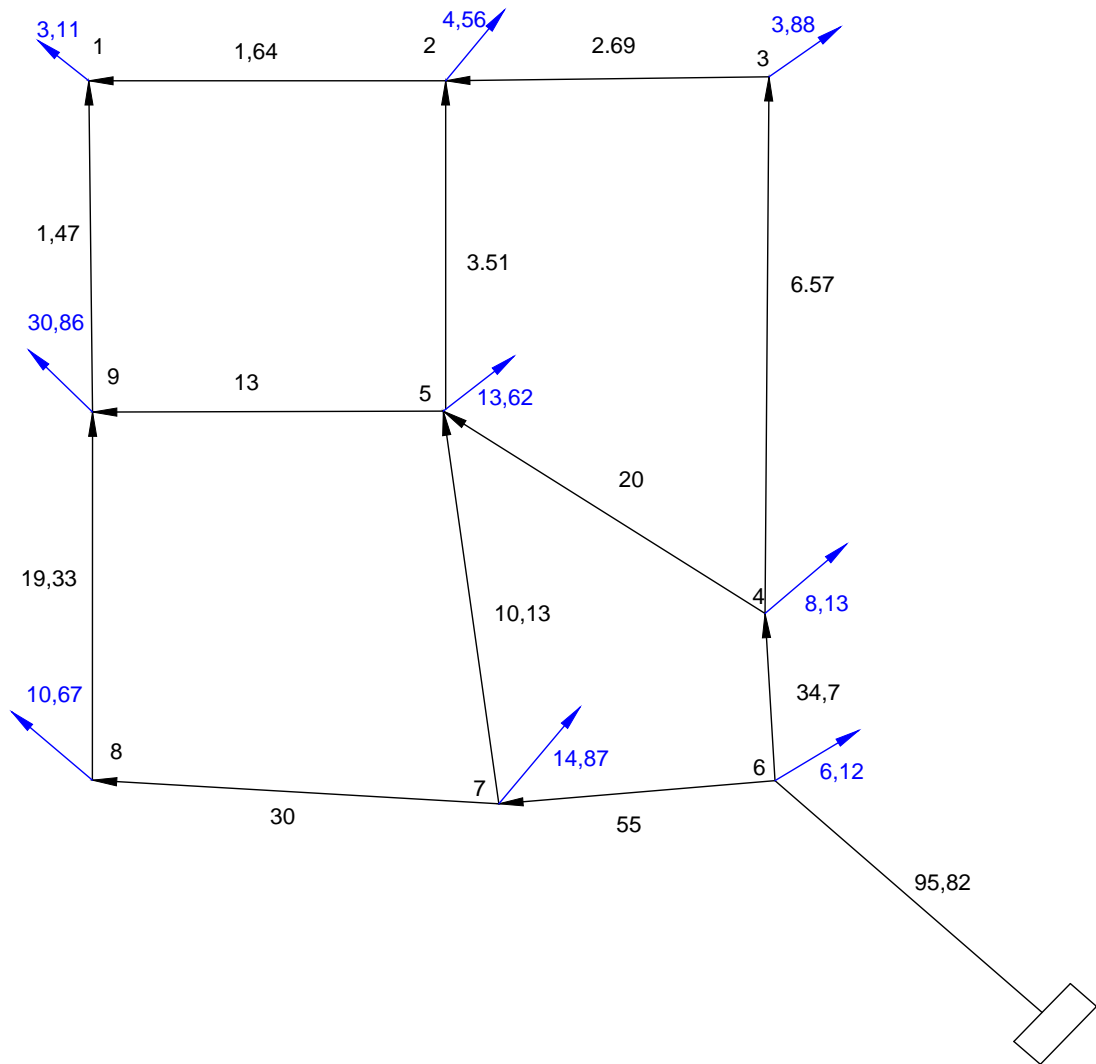


Рис. 9. Попередній розподіл витрат води для режиму мін. Водоспоживання

3.8. Вибір матеріалу та діаметрів трубопроводних ділянок мережі

Для міської водопровідної мережі обираємо чавунні труби.

Виходячи з більших значень витрат на окремих ділянках мережі, отриманих у режимах максимального та мінімального водоспоживання, визначаємо економічно доцільні діаметри основних магістральних трубопроводів, використовуючи гідравлічні таблиці.

Перевіряємо спроможність цих трубопроводів пропускати необхідну витрату води під час пожежогасіння.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							50
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Діаметри перемичок приймаємо на одну ступінь менше, ніж у магістралях, до яких вони приєднуються.

Отримані дані заносимо до таблиць 16–18.

3.9. Визначення втрат напору в трубах і балансування кілець

Гідравлічні розрахунки водопровідної мережі виконуються для кожного розрахункового режиму згідно з таблицями 16–18.

Втрати напору на окремих ділянках мережі визначаємо за формулою:

$$h = S \cdot q^2 = A \cdot K_l \cdot l \cdot q^2, \text{ м}, \quad (3.18)$$

де:

- q — витрата води на ділянці, л/с;
- S — опір ділянки, що визначається як:

$$S_i = A \cdot K_l \cdot l, (\text{с/л})^2 \cdot \text{м} \quad (3.19)$$

- A — питомий гідравлічний опір трубопроводу, $(\text{с/л})^2$;
- K_l — поправочний коефіцієнт, що залежить від швидкості потоку води V ;
- l — довжина ділянки трубопроводу, м.

Оскільки значення A і S у таблицях 16–18 наведені для витрат q у $\text{м}^3/\text{с}$, а витрати на ділянках задані у л/с, то при обчисленнях опір ділянки S необхідно ділити на 1 000 000.

Поправочну витрату кільця Δq_k обчислюємо за формулою:

$$\Delta q_k = \sqrt{(\Delta h / S_k)}, \text{ л/с} \quad (3.20)$$

де Δh — нев'язка кільця, м.

Якщо знаки Δh та втрат напору h на ділянці збігаються, то Δq_k віднімається з витрати q на цій ділянці; у протилежному випадку — додається.

Також враховується поправка Δq від суміжних кілець.

Розрахунок проводиться до досягнення допустимих значень нев'язки у кожному кільці:

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							51
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

- для господарських режимів: $\Delta h \leq 0,5$ м;
- для пожежного режиму: $\Delta h \leq 1,0$ м.

Допустима нев'язка по контуру:

- для господарських режимів: $\Delta h \leq 1,0$ м;
- для пожежного режиму: $\Delta h \leq 1,5$ м.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							52
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Таблиця 16. Гідралічний розрахунок мережі для режиму максимального водоспоживання

№ кільця	№ ділянки	L, м	D, мм	попередній потікорозподіл								
				q, л/с	V, м/с	A	K _г	A _п	S	знак	h = S*q ²	h/q
1	1-9	821	150	6,14	0,35	37,11	1,248	46,313	38023,20	1	1,43	0,23
	1-2	884	150	6,81	0,39	37,11	1,216	45,126	39891,17	-1	-1,85	0,27
	2-5	818	200	17,58	0,56	8,092	1,13	9,144	7479,76	-1	-2,31	0,13
	5-9	941	250	40	0,82	2,528	1,058	2,675	2516,82	1	4,03	0,10
											Δh кільця =	1,30
										Δq кільця =	0,88	
2	2-3	800	150	8,23	0,47	37,11	1,17	43,419	34734,96	-1	-2,35	0,29
	3-4	1329	300	80	1,13	0,9485	1,0105	0,958	1273,79	-1	-8,15	0,10
	4-5	868	250	53,53	1,09	2,528	1,0165	2,570	2230,51	1	6,39	0,12
	2-5	818	200	17,58	0,56	8,092	1,13	9,144	7479,76	1	2,31	0,13
											Δh кільця =	-1,80
										Δq кільця =	1,41	
3	4-5	868	250	53,53	1,09	2,528	1,0165	2,570	2230,51	-1	-6,39	0,12
	4-6	415	400	160	1,27	0,2189	1	0,219	90,84	-1	-2,33	0,01
	6-7	686	400	138,7	1,10	0,2189	1,015	0,222	152,42	1	2,93	0,02
	5-7	982	250	45	0,92	2,528	1,039	2,627	2579,31	1	5,22	0,12
											Δh кільця =	-0,56
										Δq кільця =	1,04	
4	5-7	982	250	45	0,92	2,528	1,039	2,627	2579,31	-1	-5,22	0,12
	7-8	1008	250	54,17	1,10	2,528	1,015	2,566	2586,45	1	7,59	0,14
	5-9	941	250	40	0,82	2,528	1,058	2,675	2516,82	-1	-4,03	0,10
	8-9	912	200	25,8	0,82	8,092	1,056	8,545	7793,18	1	5,19	0,20
											Δh кільця =	3,53
										Δq кільця =	3,16	
										Δh контура =	2,46	

перше наближення										друге наближення									
Δq кільця	Δq сум.кільця	Δq	q, л/с	V, м/с	K ₁	S	знак	$h = S \cdot q^2$	h/q	Δq кільця	Δq сум.кільця	Δq	q, л/с	V, м/с	K ₁	S	знак	$h = S \cdot q^2$	h/q
-0,88		-0,88	5,26	0,30	1,290	39302,83	1	1,09	0,21	-0,23		-0,23	5,03	0,28	1,300	39607,50	1	1,00	0,20
0,88		0,88	7,69	0,44	1,185	38874,21	-1	-2,30	0,30	0,23		0,23	7,92	0,45	1,180	38710,18	-1	-2,43	0,31
0,88	1,41	2,29	19,87	0,63	1,106	7320,90	-1	-2,89	0,15	0,23	0,16	0,39	20,27	0,65	1,103	7301,04	-1	-3,00	0,15
-0,88	3,16	2,28	42,28	0,86	1,048	2493,03	1	4,46	0,11	-0,23	0,22	-0,02	42,26	0,86	1,048	2493,03	1	4,45	0,11
							Δh кільця =	0,35	0,76								Δh кільця =	0,02	0,76
							Δq кільця =	0,23									Δq кільця =	0,02	
-1,41		-1,41	6,82	0,39	1,216	36100,61	-1	-1,68	0,25	-0,16		-0,16	6,66	0,38	1,224	36338,11	-1	-1,61	0,24
-1,41		-1,41	78,59	1,11	1,014	1277,57	-1	-7,89	0,10	-0,16		-0,16	78,43	1,11	1,014	1277,57	-1	-7,86	0,10
1,41	-1,04	0,37	53,90	1,10	1,017	2230,51	1	6,48	0,12	0,16	0,68	0,84	54,75	1,12	1,014	2223,93	1	6,67	0,12
1,41	0,88	2,29	19,87	0,63	1,106	7320,90	1	2,89	0,15	0,16	0,23	0,39	20,27	0,65	1,103	7301,04	1	3,00	0,15
							Δh кільця =	-0,20	0,61								Δh кільця =	0,20	0,61
							Δq кільця =	0,16									Δq кільця =	0,16	
-1,04	1,41	0,37	53,90	1,10	1,017	2230,51	-1	-6,48	0,12	0,68	0,16	0,84	54,75	1,12	1,014	2223,93	-1	-6,67	0,12
-1,04		-1,04	158,96	1,27	1,000	90,84	-1	-2,30	0,01	0,68		0,68	159,64	1,27	1,000	90,84	-1	-2,32	0,01
1,04		1,04	139,74	1,11	1,014	152,19	1	2,97	0,02	-0,68		-0,68	139,06	1,11	1,015	152,42	1	2,95	0,02
1,04	3,16	4,20	49,20	1,00	1,030	2556,97	1	6,19	0,13	-0,68	0,22	-0,46	48,73	0,99	1,031	2559,45	1	6,08	0,12
							Δh кільця =	0,38	0,28								Δh кільця =	0,04	0,28
							Δq кільця =	0,68									Δq кільця =	0,08	
3,16	1,04	4,20	49,20	1,00	1,030	2556,97	-1	-6,19	0,13	0,22	-0,68	-0,46	48,73	0,99	1,031	2559,45	-1	-6,08	0,12
-3,16		-3,16	51,01	1,04	1,026	2613,20	1	6,80	0,13	-0,22		-0,22	50,79	1,04	1,026	2613,20	1	6,74	0,13
3,16	-0,88	2,28	42,28	0,86	1,048	2493,03	-1	-4,46	0,11	0,22	-0,23	-0,02	42,26	0,86	1,048	2493,03	-1	-4,45	0,11
-3,16		-3,16	22,64	0,72	1,079	7962,92	1	4,08	0,18	-0,22		-0,22	22,42	0,71	1,082	7985,06	1	4,01	0,18
							Δh кільця =	0,24	0,54								Δh кільця =	0,23	0,54
							Δq кільця =	0,22									Δq кільця =	0,21	
							Δh контура =	0,78									Δh контура =	0,49	

Таблиця 17. Гідравлічний розрахунок мережі для режиму максимального + пожежного водоспоживання

№ кільця	№ ділянки	L, м	D, мм	попередній потік розподіл								
				q, л/с	V, м/с	A	K ₁	A _п	S	знак	h = S*q ²	h/q
1	1-9	821	150	16,97	0,96	37,11	1,034	38,372	31503,20	1	9,07	0,53
	1-2	884	150	20,98	1,19	37,11	1,003	37,221	32903,66	-1	-14,48	0,69
	2-5	818	200	29,75	0,95	8,092	1,036	8,383	6857,55	-1	-6,07	0,20
	5-9	941	250	60,00	1,22	2,528	1	2,528	2378,85	1	8,56	0,14
											Δh кільця =	-2,92
										Δq кільця =	0,93	
2	2-3	800	150	10,23	0,58	37,11	1,124	41,712	33369,31	-1	-3,49	0,34
	3-4	1329	300	82	1,16	0,9485	1,006	0,954	1268,12	-1	-8,53	0,10
	4-5	868	250	71,53	1,46	2,528	1	2,528	2194,30	1	11,23	0,16
	2-5	818	200	29,75	0,95	8,092	1,036	8,383	6857,55	1	6,07	0,20
											Δh кільця =	5,28
										Δq кільця =	3,27	
3	4-5	868	250	71,53	1,46	2,528	1	2,528	2194,30	-1	-11,23	0,16
	4-6	415	400	180,00	1,43	0,2189	1	0,219	90,84	-1	-2,94	0,02
	6-7	686	400	168,70	1,34	0,2189	1	0,219	150,17	1	4,27	0,03
	5-7	982	250	59,17	1,21	2,528	1	2,528	2482,50	1	8,69	0,15
											Δh кільця =	-1,21
										Δq кільця =	1,74	
4	5-7	982	250	59,17	1,21	2,528	1	2,528	2482,50	-1	-8,69	0,15
	7-8	1008	250	70,00	1,43	2,528	1	2,528	2548,22	1	12,49	0,18
	5-9	941	250	60,00	1,22	2,528	1	2,528	2378,85	-1	-8,56	0,14
	8-9	912	200	41,63	1,33	8,092	1	8,092	7379,90	1	12,79	0,31
											Δh кільця =	8,02
										Δq кільця =	5,17	
										Δh контура =	9,18	

перше наближення										друге наближення									
Δq кільця	Δq сум. кільця	Δq	q , л/с	V , м/с	K_1	S	знак	$h = S \cdot q^2$	h/q	Δq кільця	Δq сум. кільця	Δq	q , л/с	V , м/с	K_1	S	знак	$h = S \cdot q^2$	h/q
0,93		0,93	17,90	1,01	1,029	31335,63	1	10,04	0,56	-0,81		-0,81	17,09	0,97	1,034	31503,20	1	9,20	0,54
-0,93		-0,93	20,05	1,14	1,011	33149,70	-1	-13,33	0,66	0,81		0,81	20,86	1,18	1,003	32903,66	-1	-14,32	0,69
-0,93	-3,27	-4,20	25,55	0,81	1,058	7003,17	-1	-4,57	0,18	0,81	0,39	1,20	26,75	0,85	1,050	6950,22	-1	-4,97	0,19
0,93	5,17	6,10	66,10	1,35	1,000	2378,85	1	10,39	0,16	-0,81	-0,44	-1,25	64,85	1,32	1,000	2378,85	1	10,01	0,15
							Δh кільця =	2,53	1,56								Δh кільця =	-0,09	1,56
							Δq кільця =	0,81									Δq кільця =	0,03	
3,27		3,27	13,50	0,76	1,068	31706,78	-1	-5,78	0,43	-0,39		-0,39	13,11	0,74	1,073	31855,22	-1	-5,48	0,42
3,27		3,27	85,27	1,21	1,000	1260,56	-1	-9,17	0,11	-0,39		-0,39	84,88	1,20	1,000	1260,56	-1	-9,08	0,11
-3,27	-1,74	-5,02	66,51	1,36	1,000	2194,30	1	9,71	0,15	0,39	3,71	4,10	70,61	1,44	1,000	2194,30	1	10,94	0,15
-3,27	-0,93	-4,20	25,55	0,81	1,058	7003,17	1	4,57	0,18	0,39	0,81	1,20	26,75	0,85	1,050	6950,22	1	4,97	0,19
							Δh кільця =	-0,67	0,86								Δh кільця =	1,35	0,87
							Δq кільця =	0,39									Δq кільця =	0,78	
-1,74	-3,27	-5,02	66,51	1,36	1,000	2194,30	-1	-9,71	0,15	3,71	0,39	4,10	70,61	1,44	1,000	2194,30	-1	-10,94	0,15
-1,74		-1,74	178,26	1,42	1,000	90,84	-1	-2,89	0,02	3,71		3,71	181,97	1,45	1,000	90,84	-1	-3,01	0,02
1,74		1,74	170,44	1,36	1,000	150,17	1	4,36	0,03	-3,71		-3,71	166,73	1,33	1,000	150,17	1	4,17	0,03
1,74	5,17	6,92	66,09	1,35	1,000	2482,50	1	10,84	0,16	-3,71	-0,44	-4,15	61,94	1,26	1,000	2482,50	1	9,52	0,15
							Δh кільця =	2,61	0,35								Δh кільця =	-0,25	0,35
							Δq кільця =	3,71									Δq кільця =	0,36	
5,17	1,74	6,92	66,09	1,35	1,000	2482,50	-1	-10,84	0,16	-0,44	-3,71	-4,15	61,94	1,26	1,000	2482,50	-1	-9,52	0,15
-5,17		-5,17	64,83	1,32	1,000	2548,22	1	10,71	0,17	0,44		0,44	65,26	1,33	1,000	2548,22	1	10,85	0,17
5,17	0,93	6,10	66,10	1,35	1,000	2378,85	-1	-10,39	0,16	-0,44	-0,81	-1,25	64,85	1,32	1,000	2378,85	-1	-10,01	0,15
-5,17		-5,17	36,46	1,16	1,006	7424,18	1	9,87	0,27	0,44		0,44	36,89	1,17	1,005	7413,11	1	10,09	0,27
							Δh кільця =	-0,66	0,76								Δh кільця =	1,41	0,75
							Δq кільця =	0,44									Δq кільця =	0,94	
							Δh контура =	3,81									Δh контура =	2,43	

третє наближення										четверте наближення									
$\Delta q_{\text{кільця}}$	$\Delta q_{\text{сум.кільця}}$	Δq	$q, \text{ л/с}$	$V, \text{ м/с}$	K_1	S	знак	$h = S \cdot q^2$	h/q	$\Delta q_{\text{кільця}}$	$\Delta q_{\text{сум.кільця}}$	Δq	$q, \text{ л/с}$	$V, \text{ м/с}$	K_1	S	знак	$h = S \cdot q^2$	h/q
0,03		0,03	17,12	0,97	1,034	31503,20	1	9,23	0,54	-0,17		-0,17	16,95	0,96	1,035	31533,67	1	9,06	0,53
-0,03		-0,03	20,83	1,18	1,005	32952,86	-1	-14,30	0,69	0,17		0,17	21,00	1,19	1,003	32903,66	-1	-14,52	0,69
-0,03	-0,78	-0,81	25,94	0,83	1,056	6989,93	-1	-4,70	0,18	0,17	0,03	0,20	26,14	0,83	1,054	6976,70	-1	-4,77	0,18
0,03	0,94	0,97	65,83	1,34	1,000	2378,85	1	10,31	0,16	-0,17	-0,05	-0,22	65,61	1,34	1,000	2378,85	1	10,24	0,16
							$\Delta h \text{ кільця} =$	0,53	1,56								$\Delta h \text{ кільця} =$	0,01	1,56
							$\Delta q \text{ кільця} =$	0,17									$\Delta q \text{ кільця} =$	0,00	
0,78		0,78	13,90	0,79	1,064	31588,03	-1	-6,10	0,44	-0,03		-0,03	13,86	0,78	1,064	31588,03	-1	-6,07	0,44
0,78		0,78	85,67	1,21	1,000	1260,56	-1	-9,25	0,11	-0,03		-0,03	85,63	1,21	1,000	1260,56	-1	-9,24	0,11
-0,78	-0,36	-1,14	69,47	1,42	1,000	2194,30	1	10,59	0,15	0,03	0,76	0,79	70,27	1,43	1,000	2194,30	1	10,83	0,15
-0,78	-0,03	-0,81	25,94	0,83	1,056	6989,93	1	4,70	0,18	0,03	0,17	0,20	26,14	0,83	1,054	6976,70	1	4,77	0,18
							$\Delta h \text{ кільця} =$	-0,06	0,88								$\Delta h \text{ кільця} =$	0,29	0,88
							$\Delta q \text{ кільця} =$	0,03									$\Delta q \text{ кільця} =$	0,16	
-0,36	-0,78	-1,14	69,47	1,42	1,000	2194,30	-1	-10,59	0,15	0,76	0,03	0,79	70,27	1,43	1,000	2194,30	-1	-10,83	0,15
-0,36		-0,36	181,61	1,45	1,000	90,84	-1	-3,00	0,02	0,76		0,76	182,37	1,45	1,000	90,84	-1	-3,02	0,02
0,36		0,36	167,09	1,33	1,000	150,17	1	4,19	0,03	-0,76		-0,76	166,33	1,32	1,000	150,17	1	4,15	0,02
0,36	0,94	1,30	63,24	1,29	1,000	2482,50	1	9,93	0,16	-0,76	-0,05	-0,81	62,43	1,27	1,000	2482,50	1	9,68	0,15
							$\Delta h \text{ кільця} =$	0,53	0,35								$\Delta h \text{ кільця} =$	-0,02	0,35
							$\Delta q \text{ кільця} =$	0,76									$\Delta q \text{ кільця} =$	0,04	
0,94	0,36	1,30	63,24	1,29	1,000	2482,50	-1	-9,93	0,16	-0,05	-0,76	-0,81	62,43	1,27	1,000	2482,50	-1	-9,68	0,15
-0,94		-0,94	64,32	1,31	1,000	2548,22	1	10,54	0,16	0,05		0,05	64,37	1,31	1,000	2548,22	1	10,56	0,16
0,94	0,03	0,97	65,83	1,34	1,000	2378,85	-1	-10,31	0,16	-0,05	-0,17	-0,22	65,61	1,34	1,000	2378,85	-1	-10,24	0,16
-0,94		-0,94	35,95	1,14	1,009	7446,32	1	9,62	0,27	0,05		0,05	36,00	1,15	1,009	7446,32	1	9,65	0,27
							$\Delta h \text{ кільця} =$	-0,07	0,75								$\Delta h \text{ кільця} =$	0,29	0,74
							$\Delta q \text{ кільця} =$	0,05									$\Delta q \text{ кільця} =$	0,20	
							$\Delta h \text{ контура} =$	0,94									$\Delta h \text{ контура} =$	0,56	

Таблиця 18. Гідравлічний розрахунок мережі для режиму мінімального водоспоживання

№ кільця	№ ділянки	L, м	D, мм	попередній потіккорозподіл									
				q, л/с	V, м/с	A	K _т	A _п	S	знак	h = S*q ²	h/q	
1	1-9	821	150	1,47	0,08	37,11	1,41	52,325	42958,91	1	0,09	0,06	
	1-2	884	150	1,64	0,09	37,11	1,41	52,325	46255,39	-1	-0,12	0,08	
	2-5	818	200	3,51	0,11	8,092	1,41	11,410	9333,15	-1	-0,11	0,03	
	5-9	941	250	13,00	0,26	2,528	1,32	3,337	3140,08	1	0,53	0,04	
											Δh кільця =	0,38	0,21
											Δq кільця =	0,90	
2	2-3	800	150	2,69	0,15	37,11	1,41	52,325	41860,08	-1	-0,30	0,11	
	3-4	1329	300	6,57	0,09	0,9485	1,41	1,337	1777,38	-1	-0,08	0,01	
	4-5	868	250	20,00	0,41	2,528	1,2	3,034	2633,16	1	1,05	0,05	
	2-5	818	200	3,51	0,11	8,092	1,41	11,410	9333,15	1	0,11	0,03	
											Δh кільця =	0,79	0,21
											Δq кільця =	1,88	
3	4-5	868	250	20,00	0,41	2,528	1,2	3,034	2633,16	-1	-1,05	0,05	
	4-6	415	400	34,70	0,28	0,2189	1,31	0,287	119,00	-1	-0,14	0,00	
	6-7	686	400	55,00	0,44	0,2189	1,185	0,259	177,95	1	0,54	0,01	
	5-7	982	250	10,13	0,21	2,528	1,41	3,564	3500,32	1	0,36	0,04	
											Δh кільця =	-0,30	0,10
											Δq кільця =	1,47	
4	5-7	982	250	10,13	0,21	2,528	1,41	3,564	3500,32	-1	-0,36	0,04	
	7-8	1008	250	30,00	0,61	2,528	1,112	2,811	2833,63	1	2,55	0,09	
	5-9	941	250	13,00	0,26	2,528	1,32	3,337	3140,08	-1	-0,53	0,04	
	8-9	912	200	19,33	0,62	8,092	1,112	8,998	8206,45	1	3,07	0,16	
											Δh кільця =	4,73	0,32
											Δq кільця =	7,39	
										Δh контура =	5,60		

перше наближення										друге наближення										
Δq кільця	Δq сум.кільця	Δq	q , л/с	V , м/с	K_1	S	знак	$h = S \cdot q^2$	h/q	Δq кільця	Δq сум.кільця	Δq	q , л/с	V , м/с	K_1	S	знак	$h = S \cdot q^2$	h/q	
-0,90		-0,90	0,57	0,03	1,410	42958,91	1	0,01	0,02	-1,68		-1,68	-1,12	-0,06	1,410	42958,91	-1	-0,05	0,05	
0,90		0,90	2,54	0,14	1,410	46255,39	-1	-0,30	0,12	1,68		1,68	4,23	0,24	1,362	44680,74	-1	-0,80	0,19	
0,90	-1,88	-0,98	2,53	0,08	1,410	9333,15	-1	-0,06	0,02	1,68	0,24	1,92	4,46	0,14	1,410	9333,15	-1	-0,19	0,04	
-0,90	7,39	6,48	19,48	0,40	1,208	2873,65	1	1,09	0,06	-1,68	1,09	-0,60	18,89	0,38	1,216	2892,68	1	1,03	0,05	
								Δh кільця =	0,75	0,22								Δh кільця =	0,00	0,33
								Δq кільця =	1,68									Δq кільця =	0,01	
1,88		1,88	4,57	0,26	1,330	39485,04	-1	-0,82	0,18	-0,24		-0,24	4,33	0,25	1,346	39960,05	-1	-0,75	0,17	
1,88		1,88	8,45	0,12	1,410	1777,38	-1	-0,13	0,02	-0,24		-0,24	8,21	0,12	1,410	1777,38	-1	-0,12	0,01	
-1,88	-1,47	-3,35	16,65	0,34	1,256	2756,05	1	0,76	0,05	0,24	3,22	3,47	20,12	0,41	1,195	2622,19	1	1,06	0,05	
-1,88	0,90	-0,98	2,53	0,08	1,410	9333,15	1	0,06	0,02	0,24	1,68	1,92	4,46	0,14	1,410	9333,15	1	0,19	0,04	
								Δh кільця =	-0,13	0,27								Δh кільця =	0,38	0,28
								Δq кільця =	0,24									Δq кільця =	0,67	
-1,47	-1,88	-3,35	16,65	0,34	1,256	2756,05	-1	-0,76	0,05	3,22	0,24	3,47	20,12	0,41	1,195	2622,19	-1	-1,06	0,05	
-1,47		-1,47	33,23	0,26	1,320	119,91	-1	-0,13	0,00	3,22		3,22	36,46	0,29	1,290	117,19	-1	-0,16	0,00	
1,47		1,47	56,47	0,45	1,180	177,20	1	0,56	0,01	-3,22		-3,22	53,24	0,42	1,190	178,70	1	0,51	0,01	
1,47	7,39	8,85	18,98	0,39	1,216	3018,72	1	1,09	0,06	-3,22	1,09	-2,14	16,84	0,34	1,248	3098,16	1	0,88	0,05	
								Δh кільця =	0,76	0,12								Δh кільця =	0,17	0,12
								Δq кільця =	3,22									Δq кільця =	0,71	
7,39	1,47	8,85	18,98	0,39	1,216	3018,72	-1	-1,09	0,06	1,09	-3,22	-2,14	16,84	0,34	1,248	3098,16	-1	-0,88	0,05	
-7,39		-7,39	22,61	0,46	1,170	2981,42	1	1,52	0,07	-1,09		-1,09	21,53	0,44	1,185	3019,65	1	1,40	0,07	
7,39	-0,90	6,48	19,48	0,40	1,208	2873,65	-1	-1,09	0,06	1,09	-1,68	-0,60	18,89	0,38	1,216	2892,68	-1	-1,03	0,05	
-7,39		-7,39	11,94	0,38	1,216	8973,96	1	1,28	0,11	-1,09		-1,09	10,86	0,35	1,248	9210,12	1	1,09	0,10	
								Δh кільця =	0,63	0,29								Δh кільця =	0,57	0,27
								Δq кільця =	1,09									Δq кільця =	1,05	
								Δh контура =	2,00									Δh контура =	1,12	

третє наближення									
Δq кільця	$\Delta q_{\text{сум.кільця}}$	Δq	q , л/с	V , м/с	K_1	S	знак	$h = S^2 q^2$	h/q
-0,01		-0,01	1,11	0,06	1,410	42958,91	-1	-0,05	0,05
-0,01		-0,01	4,22	0,24	1,362	44680,74	-1	-0,80	0,19
-0,01	-0,67	-0,68	3,78	0,12	1,410	9333,15	-1	-0,13	0,04
0,01	1,05	1,06	19,95	0,41	1,200	2854,62	1	1,14	0,06
							Δh кільця =	0,15	0,33
							Δq кільця =	0,24	
0,67		0,67	5,00	0,28	1,300	38594,40	-1	-0,96	0,19
0,67		0,67	8,88	0,13	1,410	1777,38	-1	-0,14	0,02
-0,67	0,71	0,04	20,16	0,41	1,195	2622,19	1	1,07	0,05
-0,67	-0,01	-0,68	3,78	0,12	1,410	9333,15	1	0,13	0,04
							Δh кільця =	0,09	0,30
							Δq кільця =	0,16	
0,71	-0,67	0,04	20,16	0,41	1,195	2622,19	-1	-1,07	0,05
0,71		0,71	37,17	0,30	1,290	117,19	-1	-0,16	0,00
-0,71		-0,71	52,53	0,42	1,195	179,45	1	0,50	0,01
-0,71	1,05	0,35	17,19	0,35	1,240	3078,30	1	0,91	0,05
							Δh кільця =	0,18	0,12
							Δq кільця =	0,74	
1,05	-0,71	0,35	17,19	0,35	1,240	3078,30	-1	-0,91	0,05
-1,05		-1,05	20,47	0,42	1,195	3045,13	1	1,28	0,06
1,05	0,01	1,06	19,95	0,41	1,200	2854,62	-1	-1,14	0,06
-1,05		-1,05	9,80	0,31	1,272	9387,24	1	0,90	0,09
							Δh кільця =	0,13	0,26
							Δq кільця =	0,25	
							Δh контура =	0,56	

Гідравлічний розрахунок трубопроводів на відгалуженнях, які забезпечують підключення підприємств, а також водоводів для всіх розрахункових режимів здійснюється у таблиці 19.

Для забезпечення необхідного рівня надійності водопостачання передбачається прокладання трубопроводів у дві нитки.

Таблиця 19

Гідравлічний розрахунок підключаючих трубопроводів і водоводів

Ділянка	Довжина <i>l</i> , км	Діаметр <i>D</i> , мм	Витрата <i>q</i> , л/с	Швидкість, <i>V</i> , м/с	1000 <i>i</i> , м/км	<i>h</i> = 1000 <i>i</i> <i>l</i> , м
9 - № 1	0,032	150	14,98	0,82	8,83	0,28256
3 - № 2	0,033	200	27,80	0,865	6,55	0,21615
6 - № 3	0,02	150	12,57	0,693	6,38	0,1276
НС-II – 9 (max)	1,4	400	170,05	0,86	2,06	2,884
НС-II – 9 (max+пож)	1,4	400	195,05	0,995	2,66	3,724
НС-II – 9 (min)	1,4	400	47,91	0,25	0,21	0,294

3.10. Розрахунок вільних напорів, п'єзометричних відміток у вузлах водопроводу та визначення напору насосів

У всіх вузлах магістральної водопровідної мережі для кожного розрахункового режиму визначаємо вільні напори. Для цього створюються відповідні розрахункові схеми (рис. 9–11), на яких вказуються дані, отримані в результаті гідравлічного розрахунку.

Потрібний вільний напір $H_{тр}$ визначається залежно від кількості поверхів n за формулою:

$$H_{тр} = 4(n - 1) + 10, \quad \text{м.} \quad (3.21)$$

Фактичні вільні напори в окремих вузлах обчислюються за виразом:

$$H_{віль.і} = \Pi_i - Z_{з.і}, \quad \text{м,} \quad (3.22)$$

де:

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							61
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

- Π_i — п'езометрична відмітка в i -му вузлі,
- $Z_{з,i}$ — позначка поверхні землі в цьому вузлі.

На початковому етапі розрахунку п'езометрична відмітка у диктуючому вузлі (вузол 1) визначається як сума позначки поверхні землі та необхідного вільного напору.

Для інших вузлів п'езометричні відмітки визначаються послідовно за формулою:

$$\Pi_{i+1} = \Pi_i \pm h_i, \quad \text{м}, \quad (3.23)$$

де:

- h_i — втрата напору між вузлами i та $i+1$;
- знак « $-$ » застосовується, якщо напрям обходу збігається з напрямом потоку, і « $+$ » — якщо протилежний.

Для пожежного режиму у всіх вузлах мережі вільні напори повинні бути не менше 10 м.

На основі проведених розрахунків визначаються вільні напори та п'езометричні відмітки для кожного режиму, складаються відповідні розрахункові схеми (рис. 10–12), а також будується профіль по зовнішньому контуру водопроводу (рис. 13).

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							62
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

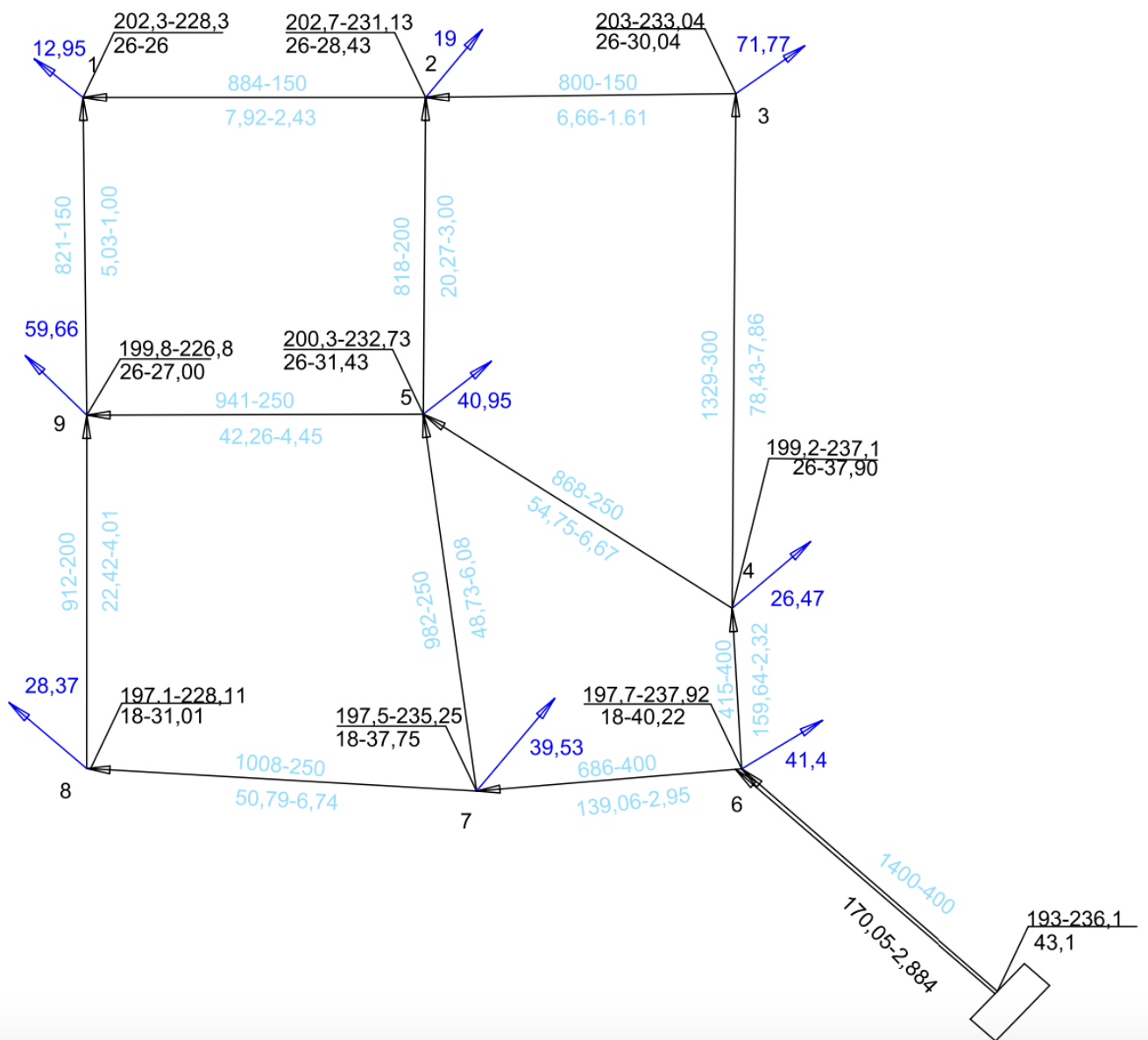


Рис. 10. Розрахункова схема мережі для режиму максимального водоспоживання

Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата

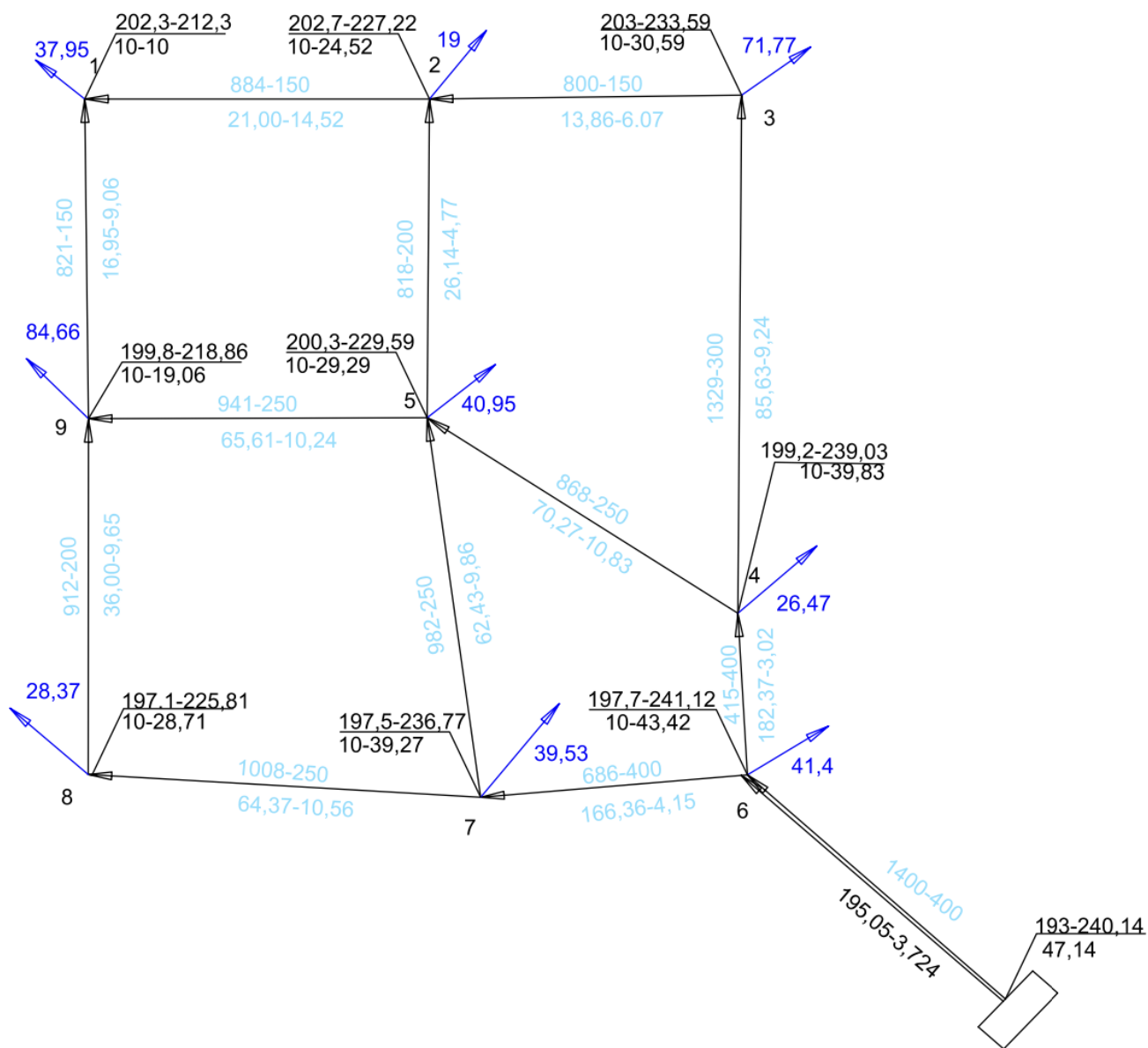


Рис. 11. Розрахункова схема мережі для режиму пожежогасіння під час максимального водоспоживання

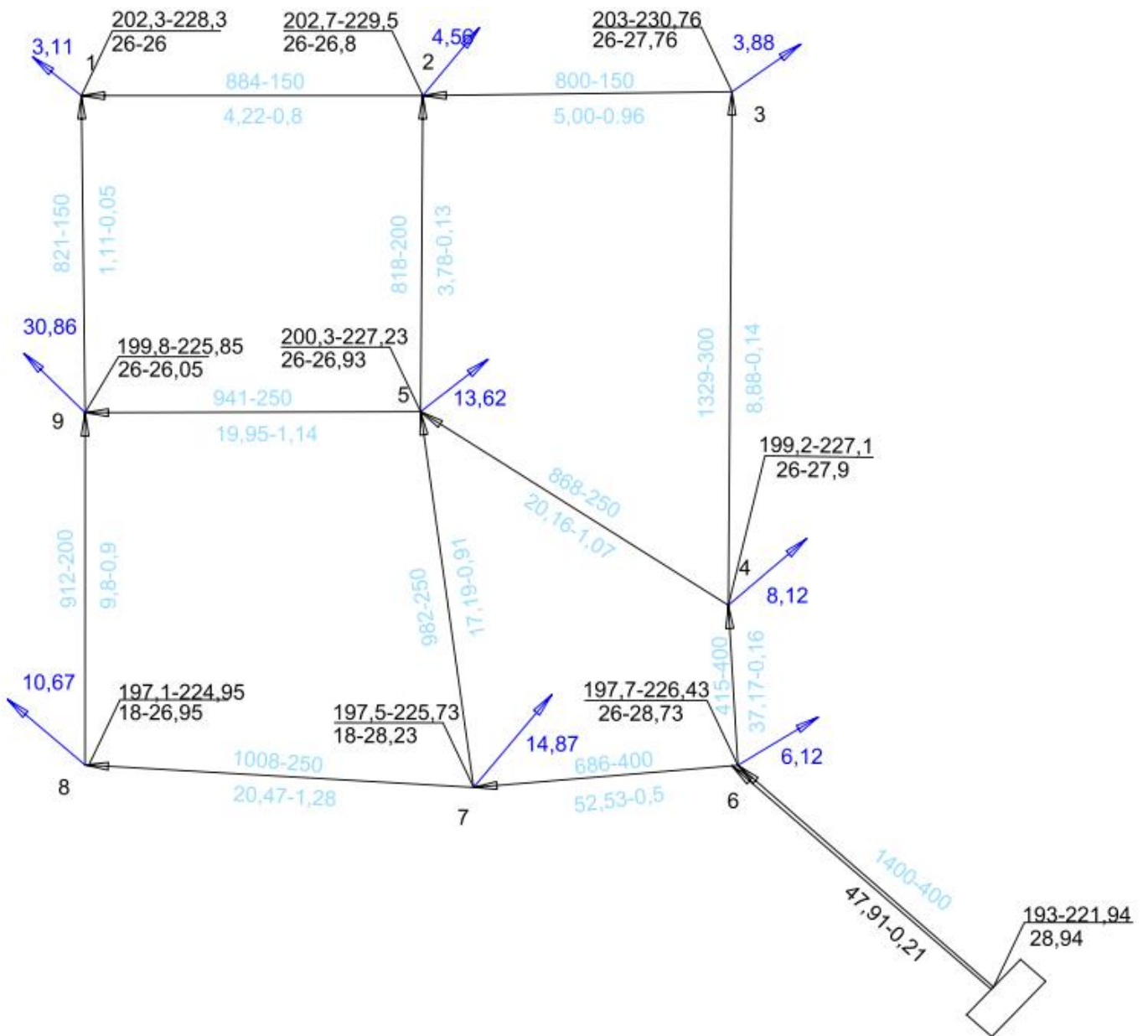
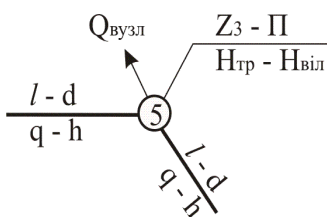
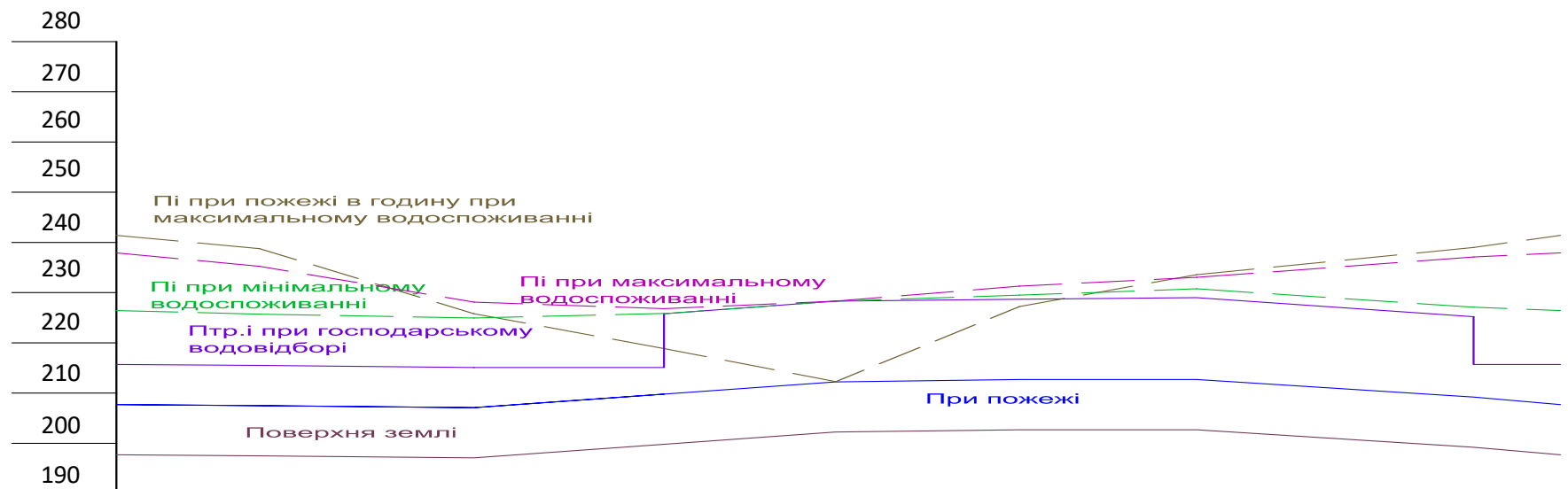


Рис. 12. Розрахункова схема мережі для режиму мінімального водоспоживання



Ключ позначок для рис.10-12: l – довжина ділянки, м; d – діаметр, мм; q – витрата води, л/с; h – втрати напору, м; Z_3 – відмітка поверхні землі, м; Π – п'єзометрична відмітка, м; $H_{тр}$ – потрібний вільний напір, м; $H_{віль}$ – фактичний вільний напір, м; $Q_{вузл}$ – вузловий відбір, л/с.

Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата



№ вузла	6	7	8	9	1	2	3	4	6
$l, \text{ м}$	686	1008	912	821	884	800	1329	415	
$Z_{\text{землі}}, \text{ м}$	197,7	197,5	197,1	199,8	202,3	202,7	203	199,2	197,7
$P_{i,\text{max}}, \text{ м}$	237,92	235,25	228,11	226,8	228,3	231,13	233,04	237,1	237,92
$P_{i,\text{пож}}, \text{ м}$	241,42	236,77	225,81	218,86	212,3	227,22	233,59	239,03	241,42
$P_{i,\text{min}}, \text{ м}$	226,43	225,73	224,95	225,85	228,3	229,5	230,76	227,1	226,43
$P_{\text{тр.росп}} = Z_{\text{землі}} + H_{\text{тр.росп}}, \text{ м}$	215,7	215,5	215,1	225,8	228,3	228,7	229	225,2	215,7
$P_{\text{тр.пож}} = Z_{\text{землі}} + H_{\text{тр.пож}}, \text{ м}$	207,7	207,5	207,1	209,8	212,3	212,7	213	209,2	207,7

Рис. 13. Графік потрібних та фактичних п'єзометричних напорів

РОЗДІЛ 4:
ЗАХИСНІ ГІДРОТЕХНІЧНІ СПОРУДИ

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							67
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

4.1. Встановлення характеристик водоносного пласта та визначення розрахункових відміток на його розрізі

Водоносний шар у межах населеного пункту представлений гравелистими пісками. За результатами гранулометричного аналізу встановлено, що 50% маси ґрунту (d_{50}) складають частинки діаметром до 4 мм. Коефіцієнт неоднорідності (K_n) становить 1,9. Статичний рівень підземних вод залягає на глибині 1,5 м від поверхні, а потужність водоносного шару над водоупором (H_{cm}) сягає 19 м.

На підставі аналізу вихідних даних щодо типу ґрунтів водоносного шару та гранулометричного складу визначаємо такі параметри водоносного горизонту:

- коефіцієнт фільтрації $K_f = 150$ м/добу;
- радіус депресійної воронки $R = 1000$ м.

На генплані населеного пункту позначаємо розташування гідрозахистних споруд для запобігання підтопленню з боку водосховища. Їх розміщують перпендикулярно до фільтраційного потоку, охоплюючи забудовані зони, та наносять лінію протифільтраційного екрану. Вздовж неї запроєктовано низку дренажних свердловин (рис. 14).

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							68
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

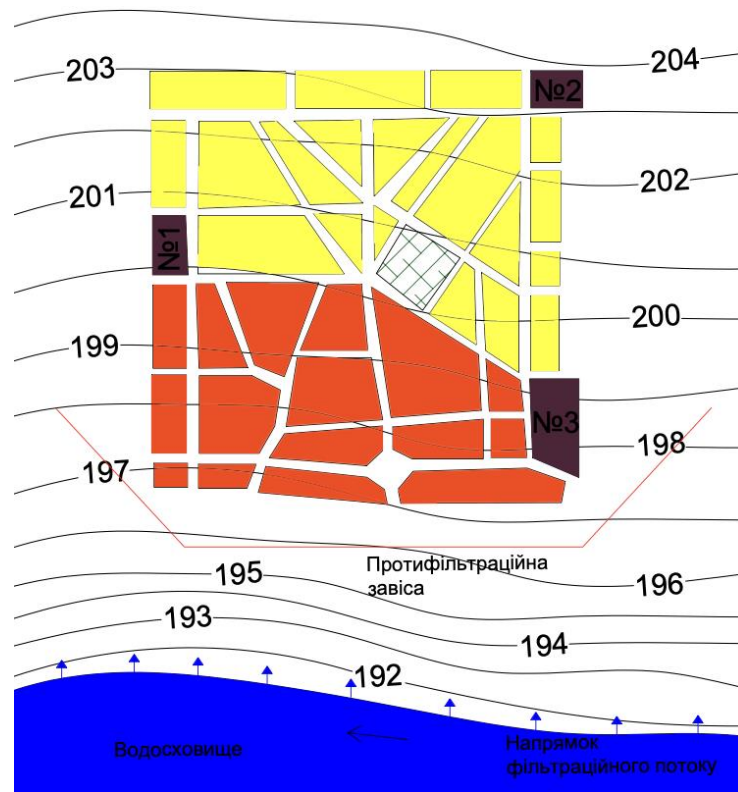


Рис.14. Побудова лінії протифільтраційної завіси на генплані населеного пункту

Технічний опис проектування дренажної системи:

1. Розрахункові параметри:

- Загальна довжина протифільтраційної завіси: $L_{nz} = 3800$ м
- Відмітка статичного рівня ґрунтових вод: $Z_{cm} = 194,5$ м
(розраховано як $Z_z - h_{cm} = 196 - 1,5$) (4.1)

- Відмітка водоупора: $Z_{vy} = 175,5$ м
(визначено як $Z_{cm} - H_{cm} = 194,5 - 19$) (4.2)

2. Проектні рішення:

- Допустиме зниження рівня води: $S_{do} = 6$ м
- Відмітка динамічного рівня: $Z_{din} = 188,5$ м (розраховано як $= Z_{cm} - S_{don} = 194,5 - 6$) (4.3)
- Тип свердловин: **досконала** (враховуючи потужність водоносного шару 19 м)

3. Графічне відображення:

- На геологічному розрізі (рис. 14) показано:

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							69
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

- Типову дренажну свердловину
- Статичний та динамічний рівні води
- Криву депресії
- Депресійну воронку з розрахунковим радіусом впливу

Ключові особливості проекту:

- Свердловини проєктовані до водоупору
- Враховано невелику потужність водоносного шару
- Запропоновано сифонне відкачування води
- Графічні матеріали ілюструють форму депресійної воронки

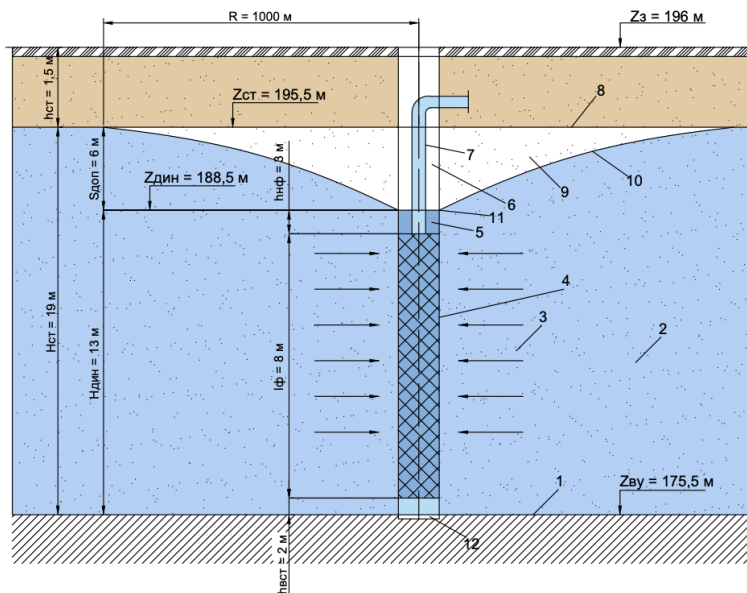


Рис. 15. Типова свердловина протифільтраційного захисту:

- 1 – водоупор; 2 – ґрунтові води; 3 – приплив води до свердловини; 4 – фільтр; 5 – надфільтрова труба; 6 – обсадна колона труб; 7 – водопідйомна труба; 8 – статичний рівень; 9 – депресійна воронка; 10 – крива депресії; 11 – динамічний рівень; 12 – відстійник

4.2. Вибір типу фільтра та його розрахунок

Для фільтрації води з гравелистих пісків використовуватимемо спеціальний дротяний фільтр (див. рис. 16). Його конструкція:

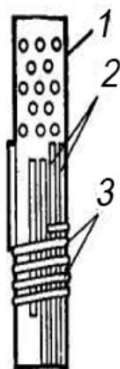


Рис. 16. Дротяний фільтр свердловини:

1 – дірчастий каркас;

2 – підкладові поздовжні стержні;

3 – дротяна обмотка

Фільтр складається з перфорованого трубчастого каркаса з поздовжніми дротами ($\varnothing 4-5$ мм), на який механічним способом нанесено дріт $\varnothing 3$ мм з регульованим кроком намотування (0.5-3 мм)

4.3. Визначення орієнтовного дебіту свердловини

Максимальний дебіт свердловини Q_{\max} визначаємо залежно від площі фільтрувальної поверхні фільтра F_{ϕ} та допустимої швидкості руху води V_{ϕ} у місці виходу її з водоносного пласта в свердловину.

$$F_{\phi} = \pi D_{\phi} l_{\phi}, \quad \text{м}^2, \quad (4.4)$$

де D_{ϕ} – діаметр фільтра, м; l_{ϕ} – довжина робочої частини фільтра, м.

Приймаємо $D_{\phi} = 300$ мм = 0,3 м.

Для досконалих за ступенем розкриття водоносного пласта свердловин

$$l_{\phi} = H_{ст} - S_{дон} - h_{нф} - h_{вст} = 19 - 6 - 3 - 2 = 8 \text{ м}, \quad (4.5)$$

де $h_{нф}$ – довжина надфільтрової труби, приймаємо $h_{нф} = 3$ м;

$h_{вст}$ – довжина відстійника, приймаємо $h_{вст} = 2$ м.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							71
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

$$\text{Отже } F_{\phi} = \pi D_{\phi} l_{\phi}, = 3,14 \cdot 0,3 \cdot 8 = 7,5 \text{ м}^2. \quad (4.6)$$

Допустиму швидкість виходу води з пласта (вхідну швидкість фільтрації) для дротяного фільтра визначаємо за формулою

$$V_{\phi} = 65 \sqrt[3]{K_{\phi}} = 65 \sqrt[3]{100} = 301,7 = 345,4 \text{ м/добу}. \quad (4.7)$$

Таким чином, максимально можливий дебіт свердловини становить

$$Q_{\text{макс}} = F_{\phi} V_{\phi} = 7,5 \cdot 345,4 = 2591 \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (4.8)$$

Орієнтовний дебіт свердловини для наближених розрахунків можна прийняти на 10-20% нижчим за максимальний.

$$\text{Отже } Q_p = 0,85 Q_{\text{макс}} = 2202 \text{ м}^3/\text{добу} = 91,75 \text{ м}^3/\text{год} = 26 \text{ л/с}. \quad (4.9)$$

4.4. Компонування споруд на генплані міста. Розрахунок кількості свердловин та відстаней між ними

На генплані міста вздовж лінії протифільтраційної завіси ($L_{пз} = 3800 \text{ м}$) розміщуємо захисні споруди:

- Дренажні свердловини
- Сифонні збірні водоводи
- Водозбірні колодязі з насосними станціями

Розрахунок кількості свердловин:

Відповідно до методичних рекомендацій , для свердловин з дебітом $Q_p = 91,75 \text{ м}^3/\text{год}$ у гравелистих пісках оптимальна відстань між ними становить 150–200 м.

Для підвищення ефективності системи приймаємо крок $l = 200 \text{ м}$.

Загальна кількість свердловин визначається за формулою:

$$n_{св} = 1 + (L_{пз}/l) = 1 + (3800/200) = 20 \text{ свердловин}. \quad (4.10)$$

Ключові параметри системи:

							Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	72

- Загальна довжина завіси: $L_{пз} = 3800$ м
- Крок між свердловинами: $l = 200$ м
- Кількість свердловин: $n_{св} = 20$
- Продуктивність однієї свердловини: $Q_p = 91,75$ м³/год

Обґрунтування обраного рішення:

Обраний крок (200 м) забезпечує:

Достатню ефективність для ґрунтів із $K_f = 150$ м/добу

Економію на будівництві та експлуатації

Мінімальний вплив на існуючу інфраструктуру

На генплані міста запроектовано розміщення таких елементів:

- два водозбірні колодязі, обладнані насосними станціями
- мережу сифонних збірних водоводів, що підводяться до цих колодязів

Для підвищення надійності системи прийнято такі технічні рішення:

1. Кожна окрема гілка водоводу розрахована на обслуговування п'яти дренажних свердловин
2. До кожного колодязя підключено дві гілки водоводів з протилежних сторін

В результаті протифільтраційна система має таку структуру:

- Поділена на дві незалежні ділянки
- Кожна ділянка включає:
 - 10 дренажних свердловин
 - 2 гілки сифонних водоводів
 - 1 водозбірний колодязь з насосною станцією

Це забезпечує:

- Надійність роботи при виході з ладу однієї ділянки
- Рівномірний розподіл навантаження

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							73
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

де n – кількість свердловин в системі протифільтраційного захисту; Q_i – витрата i -ої свердловини.

$$Q_{заг} = 20 \cdot 26 = 520 \text{ л/с.}$$

Орієнтовна витрата насосної станції, що забиратиме воду із кожного водозбірного колодязя складе

$$Q_{нс} = 520 / 2 = 260 \text{ л/с.} \quad (4.12)$$

Орієнтовна витрата, що надходитиме однією гілкою сифонного водоводу, становить

$$Q_{гил} = 510 / 4 = 127,5 \text{ л/с.} \quad (4.13)$$

Схема першої ділянки дренажної системи (рис.17)

Система включає:

1. 10 дренажних свердловин
2. Дві окремі гілки трубопроводів
3. Спільний водозбірний колодязь

Принцип роботи:

- Свердловини підключені до двох паралельних водоводів (по 5 свердловин на кожен)
- Обидва водоводи з'єднуються у спільному колодязі
- Кожна гілка розраховується окремо

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							75
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

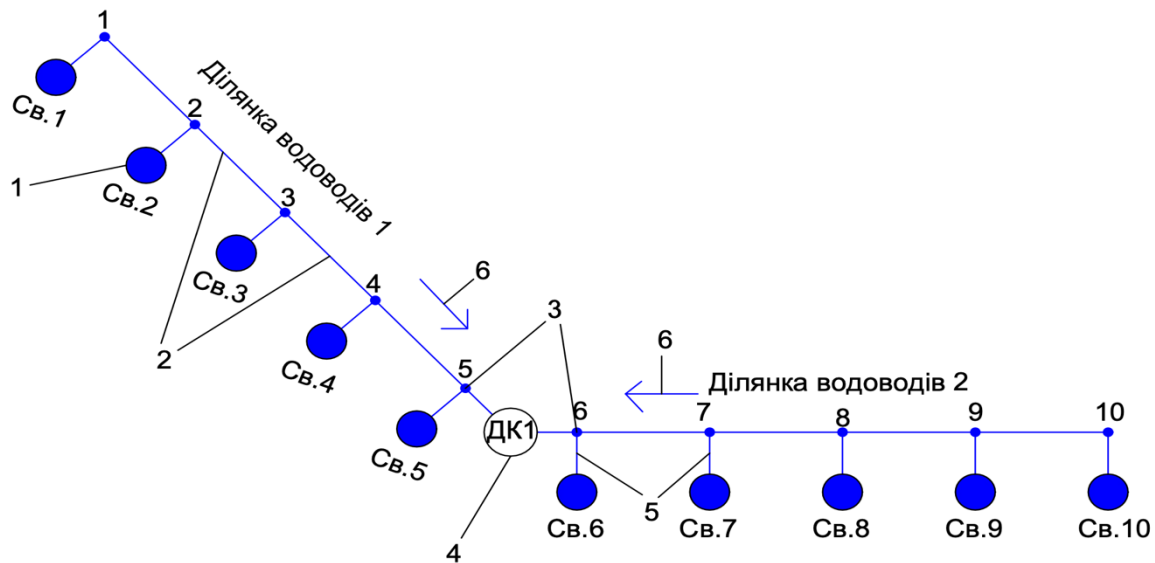


Рис. 18. Розрахункова схема ділянки 1 споруд протифільтраційної завіси при подачі у збірний колодезь дренажних вод від десяти свердловин двома гілками сифонних водоводів: 1 – свердловини; 2 – ділянки сифонного водоводу; 3 – вузли приєднання свердловин до водоводу; 4 – водозбірний колодезь з насосною станцією; 5 – підключаючі трубопроводи; 6 – напрямок руху води гілками водоводів

Для системи протифільтраційного захисту планується використання поліетиленових труб, що відзначаються високою якістю, герметичними з'єднаннями, стійкістю до низьких температур і доступною вартістю. Кожну ділянку сифонного збірного водоводу розглядаємо окремо: визначаємо обсяги води, що транспортуються від свердловин до збірного колодезя, та підбираємо відповідні діаметри труб. Це дозволяє обчислити гідравлічний опір кожної ділянки за відповідною формулою.

$$S = A \cdot K_1 \cdot l, \quad (\text{с/л})^2\text{м}, \quad (4.14)$$

де A – питомий гідравлічний опір трубопроводу, $(\text{с/л})^2$; K_1 – коефіцієнт поправки до A залежно від швидкості руху води; l – довжина ділянки трубопроводу, м.

Результати обчислень, проведених згідно розрахункової схеми рис. 19, наводимо в табл. 20. Для двох гілок водоводів даної схеми всі розрахунки, починаючи з кінцевих ділянок у напрямку до колодязя, будуть однаковими.

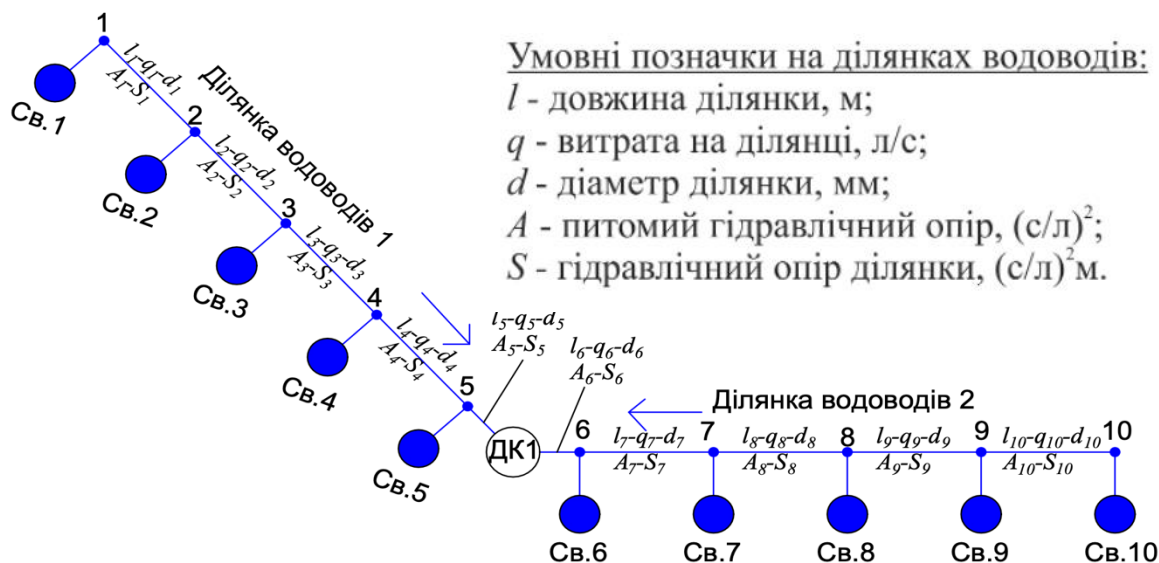


Рис. 19. Схема до розрахунку ділянок сифонного водоводу при подачі у збірний колодязь ДК1 дренажних вод від свердловин Св.1-Св.10

Таблиця 20

Результати розрахунку ділянок сифонного водоводу за схемою рис. 18

№№ ділянок	l , м	q , л/с	d , мм	A , $(\text{с/л})^2$	V , м/с	K_1	S , $(\text{с/л})^2 \text{м}$
1-2; 9-10	200	26	225	0,000005069	0,654	1,1	0,00111518000
2-3; 8-9	200	52	280	0,000001308	0,845	1,04	0,00027206400
3-4; 7-8	200	78	280	0,000001308	1,267	0,949	0,00024825840
4-5; 6-7	200	104	315	0,0000007082	1,335	0,937	0,00013271668
5-ДК1; 6-ДК1	100	130	315	0,0000007082	1,669	0,891	0,00006310062

4.6. Визначення параметрів гідравлічної взаємодії свердловин

Для кожної свердловини в розрахунковій схемі гілки водоводу визначаємо значення $\lg(R/r_i)$, яке характеризує вплив інших свердловин, розташованих на відстані меншій за радіус депресійної воронки R . Значення r_i — це відстань від досліджуваної (i -ої) свердловини до сусідніх взаємодійних свердловин, а для самої досліджуваної свердловини воно дорівнює її радіусу ($r = 0,15$ м). Свердловини, що

розміщені за межами радіуса впливу R , на роботу досліджуваної свердловини не впливають. При $R = 1000$ м і відстані між свердловинами 200 м зниження рівня води буде зумовлене дією чотирьох свердловин з кожного боку від досліджуваної. За результатами розрахунків для кожної свердловини підраховуємо сумарний вплив від інших свердловин шляхом додавання всіх отриманих значень $\lg(R/r_i)$. Оскільки гілка 1 водоводів розташована на кінцевій ділянці протифільтраційної завіси, а гілка 2 — в її середній частині, рівень впливу на свердловини, підключені до цих гілок, буде різним: враховується дія як своїх, так і сусідніх свердловин. Тому параметри гідравлічної взаємодії для кожної гілки визначаємо окремо й заносимо відповідно до таблиць 21 і 22.

Таблиця 21

Параметри гідравлічної взаємодії дренажних свердловин,
підключених до гілки водоводів 1

№№ свердловин впливу	$\lg(R/r_i)$ для свердловин досліджуваної гілки водоводів				
	1	2	3	4	5
1	3,82	0,70	0,40	0,22	0,10
2	0,70	3,82	0,70	0,40	0,22
3	0,40	0,70	3,82	0,70	0,40
4	0,22	0,40	0,70	3,82	0,70
5	0,10	0,22	0,40	0,70	3,82
6	0,00	0,10	0,22	0,40	0,70
7	0,00	0,00	0,10	0,22	0,40
8	0,00	0,00	0,00	0,10	0,22
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
$\Sigma \lg(R/r_i)$	5,24	5,94	6,34	6,56	6,66

Таблиця 22

Параметри гідравлічної взаємодії дренажних свердловин,
підключених до гілки водоводів 2

№№ свердловин впливу	$\lg(R/r_i)$ для свердловин досліджуваної гілки водоводів				
	6	7	8	9	10
2	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,22	0,10	0,00	0,00	0,00
4	0,40	0,22	0,10	0,00	0,00

5	0,70	0,40	0,22	0,10	0,00
6	3,82	0,70	0,40	0,22	0,10
7	0,70	3,82	0,70	0,40	0,22
8	0,40	0,70	3,82	0,70	0,40
9	0,22	0,40	0,70	3,82	0,70
10	0,10	0,22	0,40	0,70	3,70
11	0,00	0,10	0,22	0,40	0,70
12	0,00	0,00	0,10	0,22	0,40
13	0,00	0,00	0,00	0,10	0,22
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
$\Sigma \lg (R/r_i)$	6,66	6,66	6,66	6,66	6,53

Для свердловин, підключених до гілки 1, із віддаленням від кінцевої точки протифільтраційної завіси сумарний вплив від взаємодійних свердловин поступово зростатиме. Натомість для свердловин, підключених до гілки 2, цей вплив залишатиметься незмінним, оскільки на кожен свердловину впливає однакова кількість сусідніх свердловин з обох боків.

4.7. Ітераційні розрахунки взаємодійних свердловин

Оскільки всі свердловини розташовані на різних відстанях від збірного колодязя, а також через різний ступінь впливу на них на різних гілках, що додатково спричиняє зниження рівня води, визначення показників відбору води сифонним збірним водоводом із взаємодійних свердловин досліджуваної гілки можливе лише ітераційним методом у такій послідовності:

1. спочатку задаються попередньо орієнтовними значеннями витрати дренажних свердловин Q_i , що входять до розрахункової схеми гілки водоводу;
2. далі обчислюються значення умовного гідравлічного опору $S_{в.і}$ для всіх загальних ділянок сифонного водоводу гілки для кожної з n свердловин при умові подачі витрати води Q_i , розв'язуючи систему рівнянь.

$$\left. \begin{aligned}
\text{для Св.1} \quad S_{\epsilon 1} &= \frac{\left(\sum_1^n Q_i\right)^2 S_5 + \left(\sum_1^n Q_i - Q_5\right)^2 S_4 + \left(\sum_1^n Q_i - Q_5 - Q_4\right)^2 S_3 + \left(\sum_1^n Q_i - Q_5 - Q_4 - Q_3\right)^2 S_2 + Q_1^2 S_1}{Q_1^2}; \\
\text{для Св.2} \quad S_{\epsilon 2} &= \frac{\left(\sum_1^n Q_i\right)^2 S_5 + \left(\sum_1^n Q_i - Q_5\right)^2 S_4 + \left(\sum_1^n Q_i - Q_5 - Q_4\right)^2 S_3 + \left(\sum_1^n Q_i - Q_5 - Q_4 - Q_3\right)^2 S_2}{Q_2^2}; \\
\text{для Св.3} \quad S_{\epsilon 3} &= \frac{\left(\sum_1^n Q_i\right)^2 S_5 + \left(\sum_1^n Q_i - Q_5\right)^2 S_4 + \left(\sum_1^n Q_i - Q_5 - Q_4\right)^2 S_3}{Q_3^2}; \\
\text{для Св.4} \quad S_{\epsilon 4} &= \frac{\left(\sum_1^n Q_i\right)^2 S_5 + \left(\sum_1^n Q_i - Q_5\right)^2 S_4}{Q_4^2}; \\
\text{для Св.5} \quad S_{\epsilon 5} &= \frac{\left(\sum_1^n Q_i\right)^2 S_5}{Q_5^2}.
\end{aligned} \right\} (4.15)$$

3. визначають для кожної свердловини зниження рівня води $\Delta h_{c,i}$ з урахуванням впливу від інших взаємодійних свердловин, користуючись виразами

$$\Delta h_{c,i} = \sum_1^n (H_{cm} - \sqrt{H_{cm}^2 - A Q_{c,i} \lg(R/r_i)}), \quad (4.16)$$

$$A = \frac{1}{1,36 K_{\phi}}; \quad (4.17)$$

4. встановлюють величину розрахункового напору в системі H_p

$$H_p = \frac{1}{n} \sum_1^n (\Delta h_{c,i} + S_{\epsilon,i} Q_i^2); \quad (4.18)$$

5. для кожної свердловини уточнюють витрати води Q_i' за формулою

$$Q_i' = \sqrt{\frac{H_p - \Delta h_{c,i}}{S_{\epsilon,i}}}; \quad (4.19)$$

6. для усіх свердловин перевіряють виконання умови

$$\Delta Q = Q_i' - Q_i \leq |\Delta Q_{\text{дон}}|, \quad (4.20)$$

де $|\Delta Q_{\text{дон}}|$ – допустима похибка (приймається 0,5 л/с);

7. якщо хоча б для однієї зі свердловин гілки ця умова не виконується, то визначають нові витрати води кожної із свердловин за формулою

									Лист
									80
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА			

$$Q_i'' = \frac{Q_i' + Q_i}{2} \quad (4.21)$$

Результати ітераційних розрахунків, виконаних для гілки 1, подаємо у табличній формі.

У першому наближенні витрати води для кожної свердловини розрахункової гілки водоводу приймаються однаковими, орієнтовно визначеними за попередніми розрахунками на основі досліджень дебіту свердловини:

$$Q_1 = 2254,7 \text{ м}^3/\text{добу} = 26,1 \text{ л/с.}$$

Відповідно, орієнтовна загальна витрата води, яка надходитиме до збірного колодязя від п'яти дренажних свердловин через одну гілку сифонного водоводу за розрахунковою схемою, у першому наближенні становитиме:

$$\Sigma Q = 26,1 \times 5 = 130,5 \text{ л/с.}$$

Умовний гідравлічний опір всіх загальних ділянок сифонного водоводу гілки 1 для кожної свердловини при подачі однакової витрати $Q_i = 26,1 \text{ л/с}$ у першому наближенні визначатиметься відповідно.

$$S_{e1} = \frac{\left(\sum_1^n Q_i\right)^2 S_5 + \left(\sum_1^n Q_i - Q_5\right)^2 S_4 + \left(\sum_1^n Q_i - Q_5 - Q_4\right)^2 S_3 + \left(\sum_1^n Q_i - Q_5 - Q_4 - Q_3\right)^2 S_2 + Q_1^2 S_1}{Q_1^2} =$$

$$= \frac{130,5^2 \cdot 0,0000315149 + (130,5 - 26,1)^2 \cdot 0,00006742 + (130,5 - 26,1 - 26,1)^2 \cdot 0,00012426 + (130,5 - 26,1 - 26,1 - 26,1)^2 \cdot 0,000478007 + 26,1^2 \cdot 0,000558604}{26,1^2} =$$

$$= 0,005430645.$$

$$S_{e1} = \frac{\left(\sum_1^n Q_i\right)^2 S_5 + \left(\sum_1^n Q_i - Q_5\right)^2 S_4 + \left(\sum_1^n Q_i - Q_5 - Q_4\right)^2 S_3 + \left(\sum_1^n Q_i - Q_5 - Q_4 - Q_3\right)^2 S_2 + Q_1^2 S_1}{Q_1^2} =$$

$$= \frac{130,5^2 \cdot 0,0000315149 + (130,5 - 26,1)^2 \cdot 0,00006742 + (130,5 - 26,1 - 26,1)^2 \cdot 0,00012426 + (130,5 - 26,1 - 26,1 - 26,1)^2 \cdot 0,000478007 + 26,1^2 \cdot 0,000558604}{26,1^2} =$$

$$= 0,005430645.$$

$$S_{e2} = \frac{\left(\sum_1^n Q_i\right)^2 S_5 + \left(\sum_1^n Q_i - Q_5\right)^2 S_4 + \left(\sum_1^n Q_i - Q_5 - Q_4\right)^2 S_3 + \left(\sum_1^n Q_i - Q_5 - Q_4 - Q_3\right)^2 S_2}{Q_2^2} =$$

$$= \frac{130,5^2 \cdot 0,0000315149 + (130,5 - 26,1)^2 \cdot 0,00006742 + (130,5 - 26,1 - 26,1)^2 \cdot 0,00012426 + (130,5 - 26,1 - 26,1 - 26,1)^2 \cdot 0,000478007}{26,1^2} = 0,00487204.$$

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							81
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

$$S_{e3} = \frac{\left(\sum_1^n Q_i\right)^2 S_5 + \left(\sum_1^n Q_i - Q_5\right)^2 S_4 + \left(\sum_1^n Q_i - Q_5 - Q_4\right)^2 S_3}{Q_3^2} =$$

$$= \frac{130,5^2 \cdot 0,0000315149 + (130,5 - 26,1)^2 \cdot 0,00006742 + (130,5 - 26,1 - 26,1)^2 \cdot 0,00012426}{26,1^2} = 0,00296001.$$

$$S_{e4} = \frac{\left(\sum_1^n Q_i\right)^2 S_5 + \left(\sum_1^n Q_i - Q_5\right)^2 S_4}{Q_4^2} = \frac{130,5^2 \cdot 0,0000315149 + (130,5 - 26,1)^2 \cdot 0,00006742}{26,1^2} = 0,00184.$$

$$S_{e5} = \frac{\left(\sum_1^n Q_i\right)^2 S_5}{Q_5^2} = \frac{130,5^2 \cdot 0,0000315149}{26,1^2} = 0,0007879.$$

У наступних ітераціях до системи рівнянь підставляються нові, уточнені значення витрат Q_i , які вже будуть відрізнятися для кожної свердловини. Параметр A , який використовується у формулі для розрахунку зниження рівня води у свердловині ($\Delta h_{c,i}$) з урахуванням впливу інших взаємодійних свердловин, при коефіцієнті фільтрації водоносного пласта $K_f = 150$ м/добу дорівнює:
 $A = 1 / (1,36 \times 150) = 0,00490196$ доба/м. (4.22)

Таблиця 23

Показники відбору води із п'яти взаємодійних свердловин, що входять до гілки 1 сифонного збірного водоводу, розраховані методом ітерацій 12 наближення

Показники роботи свердловин	№ свердловин					ΣQ
	св.1	св.2	св.3	св.4	св.5	
Витрата води, Q_i , л/с	19,07	21,47	25,17	38,16	56,31	160,19
Умовний гідравлічний опір водоводу $S_{в,i}$	0,01367905	0,00991392	0,00650784	0,00210	0,00051	
Витрата свердловини, $Q_{c,i}$, м ³ /добу	1648,00	1855,22	2174,89	3297,37	4865,03	
$\Delta h_{c,i}$, м, при відборі води із свердловин	Св.1	0,83	0,17	0,11	0,09	0,06
	Св.2	0,15	0,94	0,20	0,17	0,14
	Св.3	0,08	0,17	1,10	0,30	0,25
	Св.4	0,05	0,10	0,20	1,70	0,44
	Св.5	0,02	0,05	0,11	0,30	2,57

	Св.6	0,00	0,02	0,06	0,17	0,44	
	Св.7	0,00	0,00	0,03	0,09	0,25	
	Св.8	0,00	0,00	0,00	0,04	0,14	
	Св.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	
	Σ	1,13	1,45	1,81	2,87	4,37	
$\Delta h_{c,i} + S_{в,i} Q_i^2$, м		6,11	6,02	5,94	5,92	5,99	
Розрахунковий напір H_p , м		5,99	5,99	5,99	5,99	5,99	
Витрати води за ф.(5)		18,85	21,42	25,35	38,60	56,47	160,69
ΔQ		-0,22	-0,05	0,18	0,44	0,16	
Нові витрати води Q_i' , л/с		18,96	21,45	25,26	38,38	56,39	160,44

За аналогічною методикою проводяться розрахунки і для свердловин, підключених до гілки 2 сифонного збірного водоводу, з тією відмінністю, що враховується більша кількість взаємодійних свердловин.

Результати цих досліджень наведено в таблиці 4, де подані ітераційні розрахунки для першого, другого та восьмого наближень (останнього, при якому похибка у визначенні витрат свердловин ΔQ не перевищує допустиме значення 0,5 л/с)

Таблиця 24

Показники відбору води із п'яти взаємодійних свердловин, що входять до гілки 2 сифонного збірного водоводу, розраховані методом ітерацій 12 наближення

Показники роботи свердловин	№ свердловин					ΣQ
	св.6	св.7	св.8	св.9	св.10	
Витрата води, Q_i , л/с	57,91	39,17	25,71	21,34	18,06	162,1848
Умовний гідравлічний опір водоводу $S_{в,i}$	0,00049491	0,00202278	0,00628776	0,01005271	0,01514653	
Витрата свердловини, $Q_{c,i}$, м ³ /добу	5003,55708	3383,89372	2221,06318	1843,69392	1560,56066	
	Св.2	0,063	0,000	0,000	0,000	0,000

Δh _{с.і} , м, при відборі води із свердловин	Св.3	0,144	0,042	0,000	0,000	0,000
	Св.4	0,259	0,097	0,028	0,000	0,000
	Св.5	0,457	0,175	0,064	0,023	0,000
	Св.6	2,653	0,308	0,114	0,053	0,020
	Св.7	0,457	1,750	0,201	0,095	0,045
	Св.8	0,259	0,308	1,129	0,167	0,080
	Св.9	0,144	0,175	0,201	0,932	0,141
	Св.10	0,063	0,097	0,114	0,167	0,786
	Св.11	0,000	0,042	0,064	0,095	0,141
	Св.12	0,000	0,000	0,028	0,053	0,080
	Св.13	0,000	0,000	0,000	0,023	0,045
	Св.14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020
	Σ	4,50	2,99	1,94	1,61	1,36
	Δh _{с.і} + S _{в.і} Q _і ² , м		6,16	6,10	6,10	6,19
Розрахунковий напір Н _р , м		6,17	6,17	6,17	6,17	6,17
Витрати води за ф.(5)		58,09	39,61	25,92	21,30	17,82
ΔQ		0,18	0,45	0,21	-0,04	-0,24
Нові витрати води Q _і ', л/с		58,00	39,39	25,81	21,32	17,94

162,74

162,46

4.8 Встановлення втрат напору на ділянках збірному водоводу та відміток динамічного рівня води в свердловинах. Побудова лінії гідродинамічного напору у пласті

Для оцінки ефективності роботи протифільтраційної завіси необхідно визначити відмітки динамічного рівня води у свердловинах Z_{д.і} та у збірному колодязі Z_к, а також побудувати лінію гідродинамічного напору в пласті. Схема, що відображає основні розрахункові параметри для гілки 1 сифонного водоводу, представлена на рисунку 19.

										Лист
										84
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА				

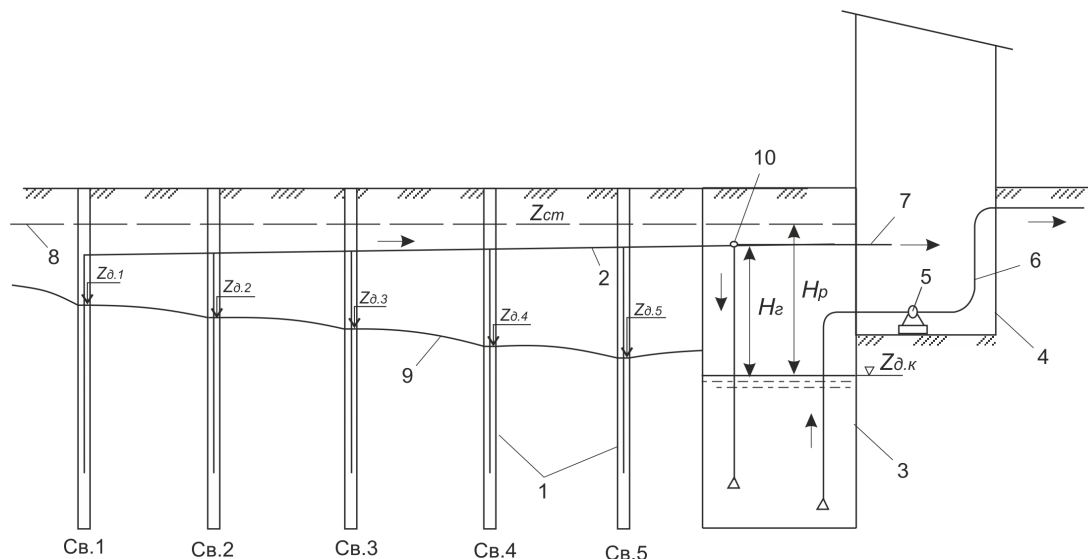


Рис. 20. Розрахункова схема забору води з п'яти взаємодійних свердловин і транспортування її гілкою 1 сифонного водоводу до збірного колодязя ДК1:

1 – свердловина; 2 – сифонний водовід; 3 – водоприймальний колодязь; 4 – насосна станція; 5 – відцентровий насос з горизонтальним валом; 6 – напірний трубопровід; 7 – труба до вакуум-насоса; 8 – лінія статичного рівня води в пласті; 9 – лінія гідродинамічного рівня води у пласті при відкачуванні води з колодязя; 10 – найвища точка сифонного водоводу

Ці розрахунки виконують після завершення ітераційних обчислень.

Спочатку визначаємо втрати напору на ділянках водоводу за формулою:

$$h_{в.і} = S_i Q_{в.і}^2, \quad (4.23)$$

де S_i – гідравлічний опір ділянки водоводу, по якій проходить витрата $Q_{в.і}$

Для гілки 1 сифонного водоводу:

$$h_{в.1-2} = 0,00111518 \cdot 19,07^2 = 0,41 \text{ м.}$$

$$h_{в.2-3} = 0,000272064 \cdot (19,07 + 21,47)^2 = 0,45 \text{ м;}$$

$$h_{в.3-4} = 0,0002482584 \cdot (19,07 + 21,47 + 25,17)^2 = 1,07 \text{ м;}$$

$$h_{в.4-5} = 0,00013271668 \cdot (19,07 + 21,47 + 25,17 + 38,16)^2 = 1,43 \text{ м;}$$

$$h_{в.5-ДК} = 0,00006310062 \cdot 160,18^2 = 1,62 \text{ м;}$$

Для гілки 2 сифонного водоводу:

$$h_{8.10-9} = 0,00111518 \cdot 18,06^2 = 0,36 \text{ м.}$$

$$h_{8.9-8} = 0,000272064 \cdot (18,06 + 21,34)^2 = 0,42 \text{ м;}$$

$$h_{8.8-7} = 0,0002482584 \cdot (18,06 + 21,34 + 25,71)^2 = 1,05 \text{ м;}$$

$$h_{8.7-6} = 0,00013271668 \cdot (18,06 + 21,34 + 25,71 + 39,17)^2 = 1,44 \text{ м;}$$

$$h_{8.6-ДК} = 0,00006310062 \cdot 162,19^2 = 1,66 \text{ м;}$$

Відмітки динамічного рівня води в свердловинах, визначаємо як

$$Z_{\partial.i} = Z_{cm} - \Delta h_{c,i}, \text{м.} \quad (4.24)$$

$$Z_{\partial.1} = 194,5 - 1,13 = 193,37 \text{ м;}$$

$$Z_{\partial.2} = 194,5 - 1,45 = 193,05 \text{ м;}$$

$$Z_{\partial.3} = 194,5 - 1,82 = 192,68 \text{ м;}$$

$$Z_{\partial.4} = 194,5 - 2,87 = 191,63 \text{ м;}$$

$$Z_{\partial.5} = 194,5 - 4,37 = 190,13 \text{ м;}$$

$$Z_{\partial.6} = 194,5 - 4,50 = 190,00 \text{ м;}$$

$$Z_{\partial.7} = 194,5 - 2,99 = 191,51 \text{ м;}$$

$$Z_{\partial.8} = 194,5 - 1,94 = 192,56 \text{ м;}$$

$$Z_{\partial.9} = 194,5 - 1,61 = 192,89 \text{ м;}$$

$$Z_{\partial.10} = 194,5 - 1,36 = 193,14 \text{ м.}$$

Висоту розташування найвищої точки сифону (точка 10 на рис. 7) над найнижчим (динамічним) рівнем води в колодязі $Z_{\partial.к}$ встановлюємо згідно виразу

$$H_z = H_{\text{вак}} - h_m - \Sigma h, \quad (4.25)$$

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							86
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

де $H_{\text{вак}}$ – допустимий вакуум в сифоні (приймаємо 8 м); $h_m = 0,1$ м – втрати напору у низхідній ділянці водоводу від точки 10 до низу колодязя; Σh – сумарні втрати напору у сифонному водоводі, що становлять різницю відміток динамічного рівня води в останній свердловині та збірному колодязі.

$$\text{Для гілки 1: } \Sigma h = Z_{\partial.1} - Z_{\partial.k}; \quad \text{для гілки 2: } \Sigma h = Z_{\partial.10} - Z_{\partial.k}; \quad (4.26)$$

Відмітка динамічного рівня води в колодязі:

$$\text{- для гілки 1: } Z_{\partial.k.1} = Z_{cm} - H_{p.1} = 194,5 - 5,99 = 188,51 \text{ м};$$

$$\text{- для гілки 2: } Z_{\partial.k.2} = Z_{cm} - H_{p.2} = 194,5 - 6,17 = 188,33 \text{ м}.$$

Оскільки обидві гілки водоводів підведені до одного колодязя, то для подальших розрахунків з двох отриманих значень відміток динамічного рівня води в колодязі приймаємо нижче значення ($Z_{\partial.k} = 188,33$ м).

Таким чином, втрати напору в сифонному водоводі становлять:

$$\text{- для гілки 1: } \Sigma h = Z_{\partial.1} - Z_{\partial.k} = 193,37 - 188,33 = 5,04 \text{ м};$$

$$\text{- для гілки 2: } \Sigma h = Z_{\partial.10} - Z_{\partial.k} = 193,14 - 188,33 = 4,81 \text{ м}.$$

а висота розташування найвищої точки сифону складає:

$$\text{- для гілки 1: } H_2 = 8 - 0,1 - 5,04 = 2,86 \text{ м};$$

$$\text{- для гілки 2: } H_2 = 8 - 0,1 - 4,81 = 3,09 \text{ м}.$$

Результати проведених розрахунків наносимо на профіль сифонного водозабору ділянки 1 проти фільтраційної завіси, що включає гілки водоводів 1 і 2 (рис. 21). Будуємо лінію гідродинамічного напору у пласті при відкачуванні насосами зі збірного колодязя води, що надходить двома гілками водоводів, загальною витратою $Q_n = 160,19 + 162,1848 = 322,37$ л/с.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							87
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

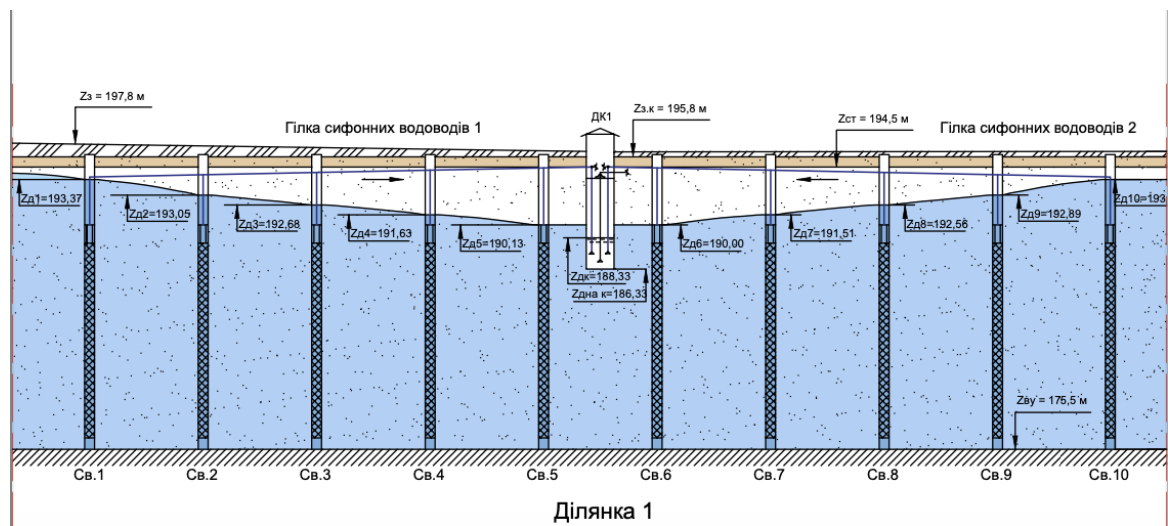


Рис. 21. Профіль сифонного водозабору ділянки 1 протифільтраційної завіси

Результати розрахунків для гілки 4 сифонних водоводів на ділянці 2 протифільтраційної завіси будуть аналогічними результатам для гілки 1 на ділянці 1, оскільки обидві ці гілки є кінцевими. Відмінність полягатиме лише у дзеркальному розташуванні свердловин гілки 4 відносно збірного колодязя ДК2. Розрахунки для гілки 3 сифонних водоводів збігатимуться з результатами для гілки 2, оскільки обидва водоводи об'єднують однакову кількість свердловин із рівнозначним взаємним впливом, розташованих у центральній частині протифільтраційної завіси.

З огляду на це, можна побудувати профіль уздовж усього контуру протифільтраційної завіси, який включає 20 свердловин, 2 водозбірні колодязі та 4 гілки сифонних водоводів. Профіль виконується в масштабі із зазначенням усіх запроектованих споруд, розрахункових позначок і рівнів води в пласті, свердловинах та колодязях і виноситься на лист креслень.

4.9. Визначення розмірів водозбірного колодязя та параметрів насоса

Розміри збірного колодязя повинні відповідати вимогам щодо забезпечення належних умов для підведення води до всмоктувальної труби насоса, з урахуванням прокладки подавальних труб діаметром 315 мм, які транспортують воду з дренажних свердловин через гілки сифонного водоводу. Відбір води з колодязя може здійснюватися одним або кількома насосами.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							88
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Для підвищення надійності роботи системи та забезпечення можливості використання дренажної води для різних цілей на насосній станції передбачається встановлення двох відцентрових насосів із горизонтальним розташуванням валу. У такому разі діаметри всмоктувальних і напірних труб, підключених до насосів, також приймаються рівними 315 мм. Оскільки у колодязі будуть розміщені чотири труби однакового діаметра (дві подавальні та дві всмоктувальні), доцільно передбачити його компоновку у вигляді квадратної камери в плані (рисунк 22).

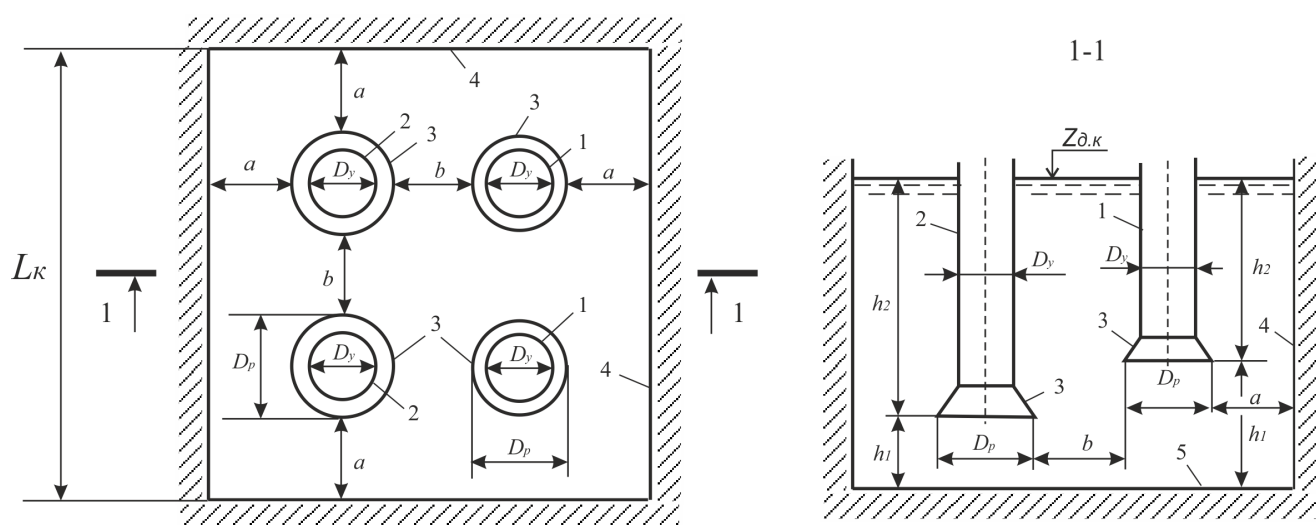


Рис. 22. Схема до визначення розмірів водозбірної камери:

- 1 – подавальна труба; 2 – всмоктувальна труба; 3 – розтруб; 4 – стінки камери;
5 – дно камери

Для запобігання підсмоктуванню повітря у всмоктувальну трубу насоса глибина занурення її вхідного отвору під найнижчий (динамічний) рівень води у всмоктувальній камері має відповідати умові:

$$h_2 \geq 2D_p, \quad (4.27)$$

де D_p — діаметр розтруба, який приймається у межах $(1,3-2)D_y$, а $D_y = 315$ мм — діаметр труби.

Для всмоктувальної труби приймаємо $D_p = 2 \cdot 315 = 630$ мм = 0,63 м.

Отже $h_2 = 2D_p = 2 \cdot 630 = 1260$ мм = 1,26 м.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							89
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Для подавальної труби приймаємо $D_p = 1,4 \cdot 315 = 441 \text{ мм} = 0,44 \text{ м}$.

Тоді для неї $h_2 = 2D_p = 2 \cdot 441 = 882 \text{ мм} = 0,88 \text{ м}$.

Від дна камери вхідний отвір всмоктувальної труби повинен бути розташований на висоті $h_1 \geq 0,8D_p$, але не менш ніж 0,5 м.

Приймаємо $h_1 = 0,74 \text{ м}$. Отже $\Sigma h = h_2 + h_1 = 1,26 + 0,74 = 2 \text{ м}$.

Для подавальної труби $h_1 = \Sigma h - 0,88 = 1,12 \text{ м}$.

Від стін камери труби необхідно розміщувати на відстані $a \geq 0,75D_p$.

Приймаємо $a = 0,5 \text{ м}$.

Оскільки в одному колодязі розташовується більше двох труб, то відстань між ними (для запобігання їх взаємодії) має бути $b \geq 1,5D_p$. (4.28)

Приймаємо $b = 1,0 \text{ м}$.

Таким чином, довжина і ширина камери має становити щонайменше

$$L_k = 0,5 + 0,63 + 1,0 + 0,63 + 0,5 = 3,26 \text{ м}.$$

Конструктивно призначаємо внутрішні розміри камери у плані 4,0 x 4,0 м, а товщину плити днища δ та зовнішніх стінок – 0,8 м.

Загальна глибина підземної частини водозбірної камери, що залежить від положення динамічного рівня води у ній $Z_{\partial.k}$ відносно поверхні землі $Z_{з.к}$, а також значення Σh , визначається за формулою

$$H_k = Z_{з.к} - Z_{\partial.k} + \Sigma h = 197,8 - 188,33 + 2 = 11,47 \text{ м}. \quad (4.29)$$

Тоді відмітка дна камери

$$Z_{\text{дна.к}} = Z_{з.к} - H_k = 197,8 - 11,47 = 186,33 \text{ м}. \quad (4.30)$$

Камеру об'єднуємо з приміщенням насосної станції. Над підземною частиною споруди планується будівництво службового павільйону для здійснення моніторингу роботи системи та управління нею.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							90
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Вибір відцентрових насосів із горизонтальним валом для відкачування води з камери здійснюється на основі розрахункових значень витрати та напору. Напір насоса визначається геометричною висотою водопідйому і втратами напору, які виникають як на насосній станції, так і під час транспортування води напірною лінією.

Таким чином, розрахункові параметри насоса за витратою і напором залежать від напрямку використання води після її відкачування: вона може бути скинута у водосховище або використана для технічного водопостачання, зрошення, виробничих, протипожежних та інших потреб населення. Також можливе доочищення води до необхідних показників якості. Наприклад, для збірного колодязя ДК2 доцільно розглянути можливість використання дренажної води для потреб розташованого поблизу харчового підприємства, за умови врахування особливостей його виробничих процесів.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							91
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5:
ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВНИЦТВА

Консультант

/Уманець І.М./

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							92
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

5.1. Технічна характеристика та організаційні умови виконання робіт

Монтажна технологія будівництва розробляється для ґрунтової частини гідровузла, яка формується з дрібного піску, а також гравійно-суглинкового зуба. Вибірка ґрунту (пісок і суглинок) здійснюватиметься з кар'єру, розташованого на відстані 7 км від місця проведення робіт. Монтажні роботи, пов'язані з укладанням бетонних плит, облаштуванням зворотного фільтра та проїжджої частини, проектом не передбачаються.

Генеральний план гідровузла з ґрунтовою греблею
М 1:2000

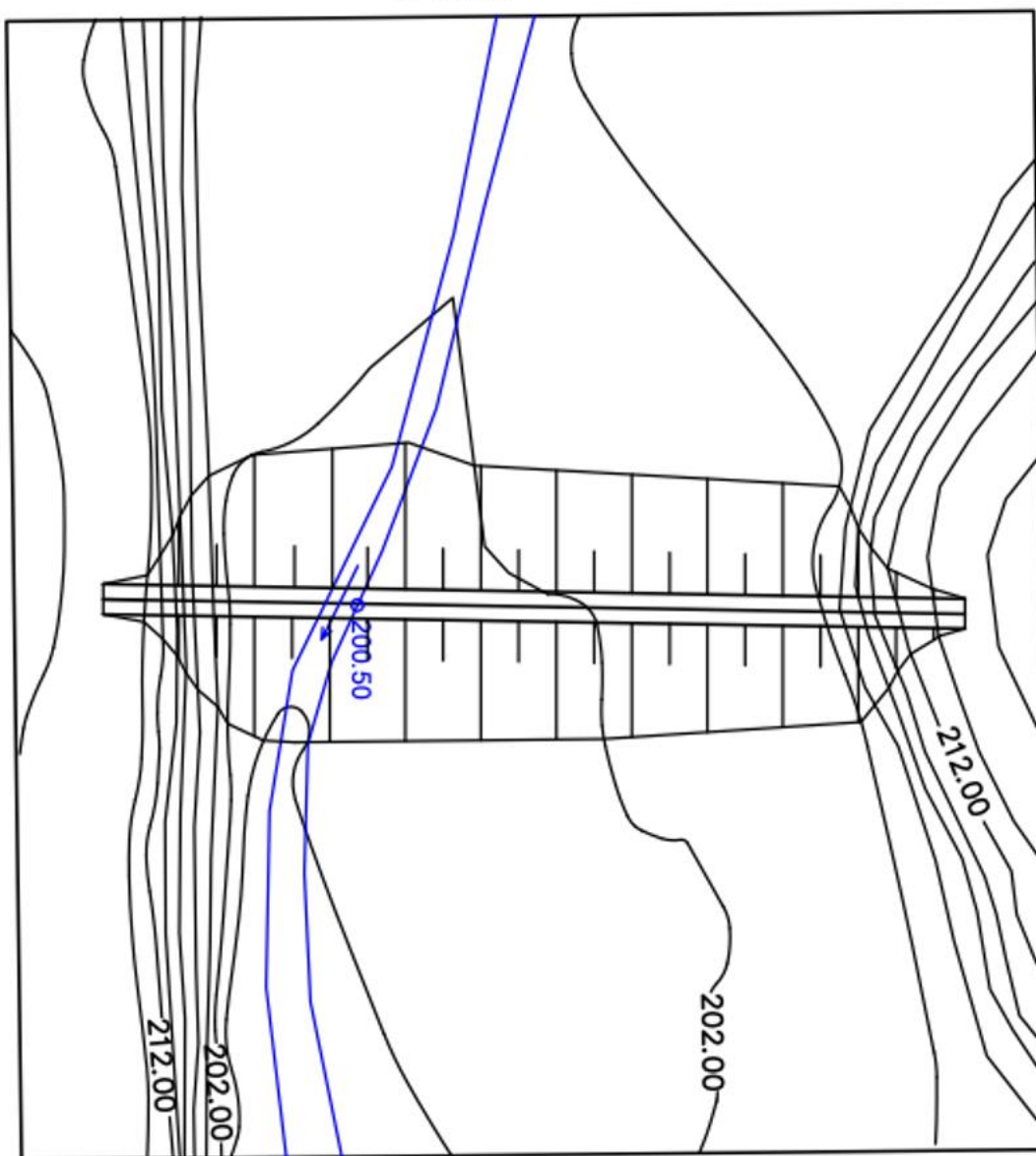


Рис.23

Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата

5.2. Визначення обсягу земляних робіт

Обсяг земляних робіт, необхідних для спорудження ґрунтової частини бетонної греблі, визначається на основі площ поперечних перерізів конструкції (у формі трапецій, (див. Рис. 25) та її повздовжнього профілю (див. Рис. 24).

Рис.24. Повздовжній профіль ґрунтової греблі

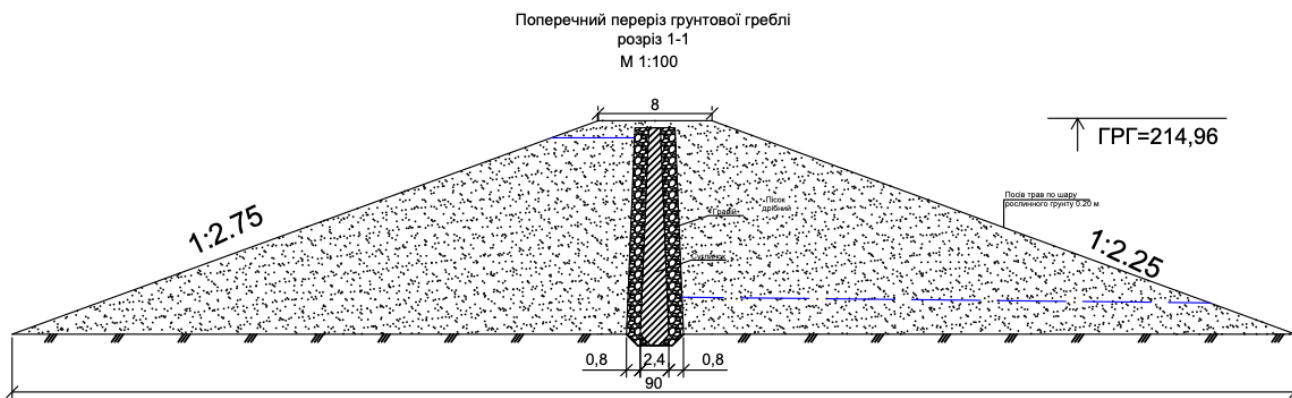
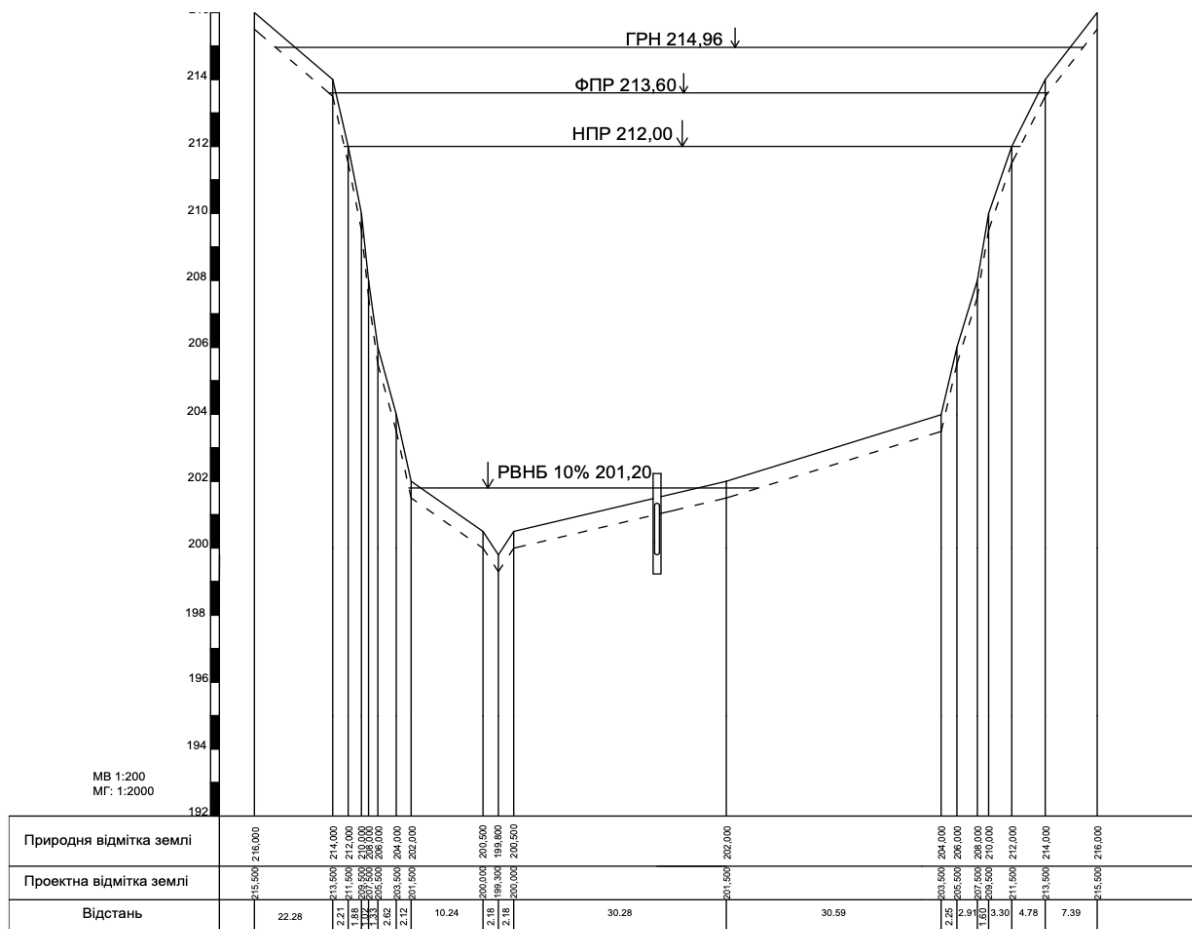


Рис.25.

Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							94

Об'єм земляних робіт тіла греблі із зняттям рослинного шару глибиною 0,5 м.

Табл.25

№ відмітки	Робочі відмітки			F _{ср.} м ²	Довжина а ділянки l в м.	Об'єм робіт , м ³	
	H ₁	H ₂	H _{ср}			Насип (+)	Виймка (-)
16	0,5	0,5	0,5	5,83	16,26		94,71
2	0,5	0,5	0,5	10,15	4,42		44,86
3	0,5	0,5	0,5	15,15	3,75		56,81
4	0,5	0,5	0,5	20,15	2,03		40,90
5	0,5	0,5	0,5	25,15	2,66		66,90
6	0,5	0,5	0,5	30,15	5,23		157,68
7	0,5	0,5	0,5	35,15	4,24		149,04
8	0,5	0,5	0,5	39,53	20,48		809,47
9	0,5	0,5	0,5	42,28	4,36		184,32
10	0,5	0,5	0,5	42,28	4,36		184,32
11	0,5	0,5	0,5	39,53	60,55		2393,24
12	0,5	0,5	0,5	35,15	61,17		2150,13
13	0,5	0,5	0,5	30,15	4,5		135,68
14	0,5	0,5	0,5	25,15	5,81		146,12
15	0,5	0,5	0,5	20,15	3,2		64,48
16	0,5	0,5	0,5	15,15	6,59		99,84
17	0,5	0,5	0,5	10,15	9,55		96,93
18a	0,5	0,5	0,5	5,83	10,79		62,85
Всього							6938,29

Об'єм земляних робіт тіла греблі

Табл.26

№ відмітки	Робочі відмітки			F _{ср.} м ²	Довжина ділянки l в м.	Об'єм робіт , м ³	
	H ₁	H ₂	H _{ср}			Насип (+)	Виймка (-)
1a	-0,54	0	0,27	1,26	6,02	-	7,60
16	0	1,46	0,73	4,25	16,26	69,14	
2	1,46	3,46	2,46	24,97	4,42	110,36	
3	3,46	5,46	4,46	67,57	3,75	253,38	
4	5,46	7,46	6,46	130,17	2,03	264,24	
5	7,46	9,46	8,46	212,77	2,66	565,97	
6	9,46	11,46	10,46	315,37	5,23	1649,38	

Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата
------	--------	------	--------	--------	------

КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА

7	11,46	13,46	12,46	437,97	4,24	1856,99	
8	13,46	14,96	14,21	561,65	20,48	11502,60	
9	14,96	15,66	15,31	647,23	4,36	2821,92	
10	15,66	14,96	15,31	647,23	4,36	2821,92	
11	14,96	13,46	14,21	561,65	60,55	34007,92	
12	13,46	11,46	12,46	437,97	61,17	26790,56	
13	11,46	9,46	10,46	315,37	4,5	1419,16	
14	9,46	7,46	8,46	212,77	5,81	1236,19	
15	7,46	5,46	6,46	130,17	3,2	416,54	
16	5,46	3,46	4,46	67,57	6,59	445,28	
17	3,46	1,46	2,46	24,97	9,55	238,45	
18a	1,46	0	0,73	4,25	10,79	45,88	
18б	0	-0,54	0,27	1,26	3,99	-	5,04
Об'єм ділянок						86515,90	12,64
Об'єм остаточного розрихлення 4%						-	0,5
Всього						86515,90	13,14

Табл.27

№ відмітки	Робочі відмітки			Фср.м2	Довжина ділянки І в м.	Об'єм робіт , м ³	
	Н ₁	Н ₂	Н сер			Насип (+)	Виїмка (-)
Ядро греблі (гравій)							
1б	0	1,46	0,73	1,17	16,26	18,99	
2	1,46	3,46	2,46	3,94	4,42	17,40	
3	3,46	5,46	4,46	7,14	3,75	26,76	
4	5,46	7,46	6,46	10,34	2,03	20,98	
5	7,46	9,46	8,46	13,54	2,66	36,01	
6	9,46	11,46	10,46	16,74	5,23	87,53	
7	11,46	13,46	12,46	19,94	4,24	84,53	
8	13,46	14,96	14,21	22,74	20,48	465,63	
9	14,96	15,66	15,31	24,50	4,36	106,80	
10	15,66	14,96	15,31	24,50	4,36	106,80	
11	14,96	13,46	14,21	22,74	60,55	1376,66	
12	13,46	11,46	12,46	19,94	61,17	1219,49	
13	11,46	9,46	10,46	16,74	4,5	75,31	
14	9,46	7,46	8,46	13,54	5,81	78,64	
15	7,46	5,46	6,46	10,34	3,2	33,08	
16	5,46	3,46	4,46	7,14	6,59	47,03	
17	3,46	1,46	2,46	3,94	9,55	37,59	

Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							96

18a	1,46	0	0,73	1,17	10,79	12,60	
Всього						3851,83	

Табл.28

№ відмітки	Робочі відмітки			Fср.м2	Довжина ділянки l в м.	Об'єм робіт , м ³	
	H ₁	H ₂	H сеп			Насип (+)	Виймка (-)
Ядро греблі (суглинок)							
16	0	1,46	0,73	1,75	16,26	28,49	
2	1,46	3,46	2,46	5,90	4,42	26,10	
3	3,46	5,46	4,46	10,70	3,75	40,14	
4	5,46	7,46	6,46	15,50	2,03	31,47	
5	7,46	9,46	8,46	20,30	2,66	54,01	
6	9,46	11,46	10,46	25,10	5,23	131,29	
7	11,46	13,46	12,46	29,90	4,24	126,79	
8	13,46	14,96	14,21	34,10	20,48	698,45	
9	14,96	15,66	15,31	36,74	4,36	160,20	
10	15,66	14,96	15,31	36,74	4,36	160,20	
11	14,96	13,46	14,21	34,10	60,55	2065,00	
12	13,46	11,46	12,46	29,90	61,17	1829,23	
13	11,46	9,46	10,46	25,10	4,5	112,97	
14	9,46	7,46	8,46	20,30	5,81	117,97	
15	7,46	5,46	6,46	15,50	3,2	49,61	
16	5,46	3,46	4,46	10,70	6,59	70,54	
17	3,46	1,46	2,46	5,90	9,55	56,38	
18a	1,46	0	0,73	1,75	10,79	18,90	
Всього						5777,75	

5.3. Вибір комплектів машини

Влаштування насипної ґрунтової греблі здійснюється за допомогою автосамоскидів, які перевозять ґрунт із кар'єру, розробленого екскаваторами з прямою лопатою.

Вибір комплектів машин :

За технічними характеристиками обираємо екскаватор з прямою лопатою :

Екскаватор : Volvo EC200D

									Лист
									97
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА			

Тривалість циклу 17 секунд.

Основні параметри:

- Вага машини: 19 760–20 300 кг
- Двигун: Volvo D5E, потужність 115–123 кВт при 2000 об/хв
- Об'єм ковша: 0,8 м³

Робочі характеристики

- **Найбільший радіус копання:** 9,84 м
- **Найбільша глибина копання:** 6,68 м
- **Найбільша висота навантаження:** 6 м
- **Радіус вивантаження:** 7 м
- **Тривалість циклу:** 17 с

Габарити та база

- **Транспортна довжина:** 9,5 м
- **Транспортна ширина:** 2,8 м
- **Транспортна висота:** 2,9 м
- **Ширина гусениць:** 600 мм

Volvo EC200D — це збалансований екскаватор середнього класу, який поєднує в собі потужність, економічність та надійність. Завдяки ефективній гідравлічній системі та режиму ECO, машина забезпечує високу продуктивність при низьких витратах пального.

Формула продуктивності : $P_e = \frac{3600}{t_{ц}} * c * q * K_e * K_b$ (5.1)

$$P_e = \frac{3600}{17} * 8 * 0,8 * 0,82 * 0,64 = 711 \text{ м}^3/\text{зміну};$$

3600- показник переходу часу в секунди

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							98
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

C- тривалість зменшення години.

Q – місткість ковша , м³

K_e – коефіцієнт використання місткості ковша = $k_H/k_P=0,9/1,1=0,82$ (5.2)

k_H – коефіцієнт наповнення ковша .

k_P – коефіцієнт початкового розрихлення ґрунту пісок (1,1 -1,15)

Для вивезення ґрунту з місця проведення робіт екскаватором передбачено використання самоскида марки: КрАЗ-7133С4.

Основні параметри:

- Вантажопідйомність : 21 т
- Габаритні розміри: ширина/довжина/висота : 2,5/9,85/2,95
- Вмістимість кузова : 20 м³

Дальність на яку потрібно перевезти ґрунт 7 км.

Місткість кузова самоскида в кубічних метрах ґрунту в щільному стані при середній щільності піску $\gamma=1,8$ т/м³

$$P = \frac{20}{1,8} = 11,1 \text{ м}^3 \quad (5.3)$$

Визначаємо кількість ковшів, які потрібно завантажити в кузов самоскиду:

$$M = \frac{P}{q * K_e} = \frac{11,1}{0,8 * 0,82} = 16,92 \text{ шт} \quad (5.4)$$

Приймаємо $M = 17$ ковшів.

Час, необхідний для завантаження одного самоскида, обчислюється за такою формулою:

$$t_n = \frac{M}{\Pi_T * K_T} = \frac{17}{3,5 * 0,85} = 5,71 \text{ хв;} \quad (5.5)$$

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							99
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Кт – коефіцієнту впливу транспорту , тупиковий в лобовій розробці з подачею однієї машини кількість ковшів $4-6 = 0,65-0,75$

Більше $6 = 0,75-0,85$

Пт – технічне число циклів за хвилину, щоб розрахувати технічне число екскаваційних циклів за хвилину, застосовується формула:

$$П_T = \frac{60}{t_{\text{ц}}} = \frac{60}{17} = 3,5; \quad (5.6)$$

Визначимо необхідну кількість машин для вивезення ґрунту:

$$N = \frac{t_{\text{ц}}}{t_n} = \frac{t_n + \frac{120 * Z}{V_c} + t_{\text{р.м.}}}{t_n} = \frac{5,71 + \frac{120 * 7}{30} + 1,9}{5,71} = 6,23 \text{ машин}; \quad (5.7)$$

$t_{\text{ц}}$ – час роботи самоскиду; $Z = 7$ км. – дальність на яку потрібно перевезти ґрунт; $V_c = 30$ км/год. – середня швидкість самоскида; $t_{\text{р.м.}} = 1,9$ хв. – час розвантаження машини із маневруванням.

Приймаємо $N=7$ машин.

При об'ємі ґрунту $V=86515,9 \text{ м}^3$ продуктивність бульдозера за зміну повинна бути:

$$П = \frac{V}{T} = \frac{86515,9}{122} = 709 \frac{\text{м}^3}{\text{зміну}} \quad (5.8)$$

Де T - тривалість роботи екскаватора:

$$T = \frac{V}{P_e} = \frac{86515,9}{711} = 121,68 \text{ змін} = 122 \text{ змін} \quad (5.9)$$

Тоді норма часу на 100 м^3 ґрунту становить :

$$N_{\text{часу}} = 100 * \frac{C}{П} = \frac{100 * 8}{709} = 1,13 \text{ маш. – год.} \quad (5.10)$$

Приймаємо бульдозер ДЗ-54 С на базовому тракторі Т-100

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							100
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

При об'ємі ґрунту $V = 86515,9 \text{ м}^3$ і тривалості укатки $T = 122$ змін при шести проходках по одному сліду і товщині ущільненого шару $0,45$ м продуктивність роботи трактора з катками повинна бути

$$P_k = \frac{V}{0,2} * \frac{1}{T} = \frac{86515,9}{0,2 * 122} = 3545 \frac{\text{м}^2}{\text{змину}} \quad (5.11)$$

$$N_{\text{часу}} = \frac{C * 1000}{6 * P_k} = \frac{8 * 1000}{6 * 3545} = 0.38 \text{ маш. - год.} \quad (5.12)$$

5.4. Складання калькуляції трудових витрат

Табл. 29

№ по р.	Найменування процесів	Об'єм робіт		Обґрунтування за ЕНиР	Норма часу <u>люд.-год.</u> маш.- год.	Трудо- місткість за нормою <u>люд.-</u> <u>год.</u> маш.-год	Склад ланки	
		Одиниця ви-міру	Кількість одиниць				Професія /розряд /	К-ть
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Розбивка ділянки	1000 м ³	14,1	-	-/-	-	Тесляр 5р. 3р.	-
2	Розроблення і переміщення ґрунту основи бульдозером Т-100 на відстань 80 м	100 м ³	69,38	Е §2-1-22, табл.2,п.3а,г	3,51/3,51	$\frac{3,51 * 69,38}{3,51 * 69,38}$ = 243,52	Маш. 6 р.	1
3	Розробка ґрунту при влаштуванні виїмок і насипів екскаватором зі зворотнім ковшем групи ґрунту І (пісок дрібний) марка Е-10011Д з ковшем місткістю 0,8 м ³ з навантаженням в транспорт	100 м ³	0,13	Е §2-1-9, табл.3, п.4а	2/2	$\frac{2 * 0,13}{2 * 0,13}$ = 0,26	Маш. 6 р.	1
4	Розробка ґрунту в кар'єре при влаштуванні виїмок і насипів екскаватором зі зворотнім ковшем групи ґрунту І (пісок дрібний) марка Е-10011Д з ковшем місткістю 0,8 м ³ з навантаженням в транспорт	100 м ³	865,15	Е §2-1-9, табл.3, п.4а	2/2	$\frac{2 * 865,15}{2 * 865,15}$ = 1730,3	Маш. 6 р.	1

									Лист
									101
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА			

5	Розробка ґрунту в кар'єре при влаштуванні виїмок і насипів екскаватором зі зворотнім ковшем групи ґрунту І (суглинок) марка Е-10011Д з ковшем місткістю 0,8 м ³ з навантаженням в транспорт	100 м ³	57,77	Е §2-1-9, табл.3, п.4а	2/2	$\frac{2 * 57,77}{2 * 57,77} = 115,54$	Маш. 6 р.	1
6	Транспортування ґрунту (пісок, суглинок) самоскидами КрАЗ-7133С4 на відстань 7000 м.	100 м ³	922,92				Маш. 6 р.	7
7	Транспортування ґрунту (гравій) самоскидами КрАЗ-7133С4 на відстань 3000 м.	100 м ³	38,52				Маш. 6 р.	7
8	Розрівнювання ґрунту І групи (пісок дрібний) бульдозером ДЗ-54 С при відсипанні насипу тіла греблі товщина шару 0,45 м.	100 м ³	865,15	Е §2-1-28, п.2г	0,66 /0,66	$\frac{0,66 * 865,15}{0,66 * 865,15} = 570,99$	Маш. 6 р.	1
9	Ущільнення насипу котком Ammann ASC 70D масою 7 т. товщина шару 0,45 м кількість проходів одним слідом	100 м ³	865,15	Е §2-1-31, табл.2, п.2б	0,62/0,62	$\frac{0,62 * 865,15}{0,62 * 865,15} = 536,39$	Маш. 6 р.	1
10	Прийом та розрівнювання ґрунту ІІ(гравій) в зуб греблі при вивантаженні його з автомобілів-самоскидів	100 м ³	38,52	Е §2-1-57 табл.1, п.1б	0,09/0,09	$\frac{0,09 * 38,52}{0,09 * 38,52} = 3,46$	Земле. 1 р.	1
11	Прийом та розрівнювання ґрунту І(суглинок) в зуб греблі при вивантаженні його з автомобілів-самоскидів	100 м ³	57,77	Е §2-1-57 табл.1, п.1а	0,07/0,07	$\frac{0,07 * 57,77}{0,07 * 57,77} = 4,04$	Земле. 1 р.	1
12	Трамбування ґрунту ІІ(гравій) в зубі греблі маркою електротрамб- овником ІС-4502	100 м ²	2,4	Е §2-1-59 табл.3, п.1а	2,3/2,3	$\frac{2,3 * 2,3}{2,3 * 2,4} = 5,52$	Земле. 3 р.	1
13	Трамбування ґрунту І(суглинок) в зубі греблі маркою електротрамб- овником ІС-4502	100 м ²	3,6	Е §2-1-59 табл.3, п.1а	2,3/2,3	$\frac{2,3 * 3,6}{2,3 * 3,6} = 8,28$	Земле. 3 р.	1
14	Зміцнення укосів земляних споруд механізованим посівом багаторічних трав	100 м ² відкосу	5,1	Е §2-1-44, табл. 2, п.7б	0,26/0,26	$\frac{0,26 * 5,1}{0,26 * 5,1} = 1,33$	Маш. 6 р.	1
	Всього:					3219,63		

									Лист
									102
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА			

5.6. Визначення техніко-економічних показників

Вихідними даними для визначення техніко-економічних показників є таблиця технологічних розрахунків і графік виконання робіт та інших розрахунків

Табл. 31			
Техніко-економічні показники			
№ пор.	Назва показника	Одиниця вимірювання	Значення показника
1	Загальний об'єм земляних робіт	м ³	97222,4
2	Прийнята тривалість робіт змін	змін	70
3	Нормативна трудомісткість робіт	люд.-змін	402,4
4	Прийнята трудомісткість робіт	люд.-змін	540
5	Нормативна машиномісткість робіт	маш.-змін	402,4
6	Прийнята машиномісткість робіт	маш.-змін	540
7	Трудомісткість улаштування 1 м3 ґрунту у тіло греблі	люд.-годин	0,054

5.7. Визначення потреби в матеріально-технічних ресурсах

Табл.32				
Потреби в машинах, устаткуванні, інструменті, інвентарі та пристроях				
№ Пор.	Машина, устаткування, інструменти, інвентар та пристрої	Марка	Од. виміру	Кількість
1	Екскаватор	Е-10011Д	шт.	3
2	Автосамоскид	МАЗ- 503	шт.	7
3	Бульдозер	ДП-54 С	шт.	3
4	Коток	Ammann ASC 70D	шт.	1
5	Теодоліт, невелір	Оптичний стандартний з триногою	комплект	1
6	Рулетка.	Dnipro-M Profit – 25 м	шт.	2
7	Метр окладний дерев'яний	МОД	шт.	1
8	Триціномір	RMG 4015	шт	2

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							106
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

9	Лопата	Л	шт.	4
10	Сокира	АЗ	шт.	4
11	Пила	-	шт.	2
12	Інвентарна метал. драбина	З огорожденням	шт.	3
13	Переносна вежа освітлення у котловані	Інвентарна металева з трансформатором і двома прожекторами	шт.	10
14	Геодезична мірна стрічка	20м	м	1

Таб. 33

Потреба в буд. конструкціях, деталях, напівфабрикатах, матеріалах і устаткуванні

№ Пор.	Конструкції, деталі, напівфабрикати, матеріали і устаткування	Марка	Од. виміру	Кількість
1	Пісок	-	м ³	86515,90
2	Гравій	-	м ³	3851,83
3	Суглинок	-	м ³	5777,75
4	Рослинний шар	-	м ³	6938,29
5	Бруски 75мм	IV сорт	м ³	3,2
6	Дошки 25мм	IV сорт	м ³	2,4
7	Дошка 40мм	IV сорт	м ³	1,8
8	Гвіздки	-	кг	3
9	Насіння багаторічних трав	-	гр	15300

5.8. Операційний контроль якості робіт

План операційного контролю якості розробляється відповідно до вимог ДБН А.3.1-5-20016 «Організація будівельного виробництва» у вигляді таблиці. У ній визначаються підконтрольні операції, розподіляються обов'язки між майстром та виконавцями, зазначається зміст операцій, методи контролю, терміни виконання та, за потреби, відповідальні або залучені служби.

										Лист
										107
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА				

Схема операційного контролю якості робіт

Табл.34

Операції , які підлягають підляганню контролю		Контроль якості виконаних операцій			
Виконавцем	Майстром	Склад	Спосіб	Строки	Залучені служби
Розбивка вісей і контурів греблі і підсіпок під'їздів	Влаштування підсіпок для доріг	Точність виносу розбивки	Невелір , рулетка	До початку будівництва	Геодезисти
	Будівництво греблі	Товщину шарів нанесення , геометричні розміри , висотні маркери , ефективність ущільнення та кути нахилу укосів	Невелір , сталева рулетка , тріщиномір	В процесі будівництва	Геодезист
Будівництво греблі	Будівництва греблі	Товщину шарів нанесення , геометричні розміри , висотні маркери , ефективність ущільнення та кути нахилу укосів	Теж саме	В процесі будівництва	Геодезична служба , лабораторія
Планувальні роботи	Планувальні роботи	Проектні відмітки	нівелір	Після будівництва греблі	Геодезична служба , лабораторія

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							108
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

5.9 Заходи щодо охорони праці на будівництві

(відповідно до ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека в будівництві»)

1. Організація безпечного ведення земляних робіт

- Перед початком робіт виконується геологічне та гідрогеологічне обстеження.
- Земляні роботи виконуються з дотриманням допустимих ухилів укосів відповідно до типу ґрунту.
- Робочі зони огорожуються, встановлюються попереджувальні знаки.

2. Забезпечення техніки безпеки при експлуатації будівельних машин

- До роботи допускається лише справна техніка.
- Оператори машин проходять інструктаж та медогляд.
- На кожній одиниці техніки встановлюється звукова та світлова сигналізація.

3. Контроль за стійкістю споруд і конструкцій

- Постійний геотехнічний контроль за осіданням і зсувами укосів греблі.
- Заборонено перебування працівників у зоні можливого обвалу.
- Використання інструментів для дистанційного контролю зсувів.

4. Облаштування тимчасових доріг і підходів

- Тимчасові під'їзні шляхи проектуються з урахуванням вантажопотоків.
- Використовується дорожнє покриття з ущільненого щебеню чи геотекстилю.
- Передбачено водовідведення для запобігання розмиттю полотна.

5. Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ)

- Обов'язкове використання касок, сигнальних жилетів, черевиків з металевим носком.
- У випадках роботи біля води — рятувальні жилети.
- Постійний контроль дотримання ЗІЗ керівником робіт.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							109
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Висновок:

1. Проведено аналіз природно-кліматичних, гідрологічних та геологічних умов території, що підтвердив придатність ділянки для будівництва греблі. Визначено оптимальну відмітку гребеня для безпечної експлуатації. Фільтраційний розрахунок і розрахунок стійкості укосів показали відповідність вимогам ДБН. Розрахунки в GeoStudio підтвердили надійність конструкції при заданих параметрах.
2. Виконано гідравлічний і статичний розрахунки баштового водоскиду, які підтвердили його ефективність та надійність при пропуску розрахункових витрат води. Проведено спряження верхнього і нижнього б'єфів та розрахунок енергогасильних споруд, що забезпечує безпечне скидання води без руйнування основи й берегів.
3. Виконано повний цикл проектування водопровідної мережі: від визначення розрахункових витрат води (щоденних, погодинних, секундних) до трасування мережі, добору матеріалів труб і гідравлічного розрахунку. Встановлено оптимальні діаметри трубопроводів, втрати напору, п'єзометричні відмітки та необхідний напір насосів. Мережа забезпечує надійне водопостачання відповідно до потреб населення і виробництва.
4. Виконано проектування захисних гідротехнічних споруд для захисту від підтоплення. Встановлено характеристики водоносного пласта, визначено тип і параметри фільтра, дебіт свердловин, їх компонування та взаємодію. Розраховано втрати напору, динамічний рівень води та побудовано гідродинамічну лінію.
5. Розглянуто технологію будівництва ґрунтової греблі з зубом. Визначено обсяги земляних робіт, підібрано комплекти машин, виконано розрахунки трудових витрат і техніко-економічних показників. Розроблено план забезпечення матеріально-технічними ресурсами, організовано контроль якості та передбачено заходи з охорони праці. Запропонована технологія забезпечує ефективне і безпечне виконання робіт.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							110
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Література:

1. Гідротехнічні споруди / За ред. А.Ф. Дмитрієва. – Р.: РДТУ, 1999. – 326 с.
2. Дупляк О.В. Гідротехнічні споруди: навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2008. – 156
3. М.М. Хлапук, Л.А. Шинкарук Гідротехнічні споруди. Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2013. 241с.
4. Розрахунки гідротехнічних споруд з використання програмного комплексу GeoStudio: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт / Уклад.: С.В. Величко, О.В. Дупляк – К.: КНУБА, 2023. – 44 с.
5. Гідротехнічні споруди. Грунтова гребля з баштовим водоскидом: Методичні вказівки до виконання курсового проекту/роботи / Уклад.: С.В. Величко, О.В. Дупляк – К.: КНУБА, 2024.
6. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 180 с.
7. Шевелєв Ф.А., Шевелєв А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. Справочное пособие. М., Стройиздат, 1984. – 116 с.
8. А.М. Тугай, В.О. Орлов, В.О. Шадура, С.Ю. Мартинов. Міські інженерні мережі та споруди. Підручник. – Київ: Укреліотех, 2010. – 256с.
9. Тугай А.М., Терновцев В.О., Тугай Я.А. Розрахунок і проектування споруд систем водопостачання: Навчальний посібник. – КНУБА, 2001. – 256с.
10. Хоружий П.Д., Хомуцька Т.П., Хоружий В.П. Ресурсозберігаючі технології водопостачання. – К: Аграрна наука, 2008 – 534 с.
11. Хоружий П.Д., Ткачук О.А. Водопровідні системи і споруди: Навч. посібник. – К.: Вища шк., 1993. – 230 с.: іл.
12. Хомуцька Т.П. Методичні вказівки до виконання до курсового проекту «Проектування сифонної системи протифільтраційного захисту територій від підтоплення». – Київ: КНУБА, 2024. – 27 с.
13. Хомуцька Т.П., Хоружий В.П. Водозабірні споруди з поверхневих та підземних джерел: навч. посіб. – Київ: КНУБА, 2023. – 284 с.
14. Методичні вказівки до виконання курсової роботи - Технологія будівельного

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							111
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

виробництва / уклад.: І.М. Уманець, В.В. Чепурний. – К.:КНУБА, 2018. – 28 с.

15. ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12).

16. Ущільнення ґрунтів у будівництві: навчальний посібник / Т17 Уклад.: В.І Терновий; І.М. Уманець, Л.С. Саушева; О.С. Молодід. – К.: «ЦП КОМПРИНТ», 2015, - 136 с. ISBN 978-617-7202-90-4.

17. ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013 Настанова щодо проведення земляних робіт та улаштування основ і спорудження фундаментів. (СНиП 3.03.01-87, MOD) – К. : Мінрегіон від 18.07.2013 р. N 136.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА	Лист
							112
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		