

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології

Кафедра водопостачання та водовідведення

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

водопостачання та водовідведення

Віктор ХОРУЖИЙ

«__» _____ 20__ року

Кваліфікаційна робота

здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»

Будівництво водосховища на річці Мерла та захист від підтоплення

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:

Лагунова Тетяна Григорівна

(прізвище та ініціали)

Керівник

Величко С.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(підпис)

(підпис)

м. Київ – 2025 р

**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) Лагунова Тетяна Григорівна _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Будівництво водосховища на річці Мерла та захист від підтоплення

Керівник роботи: Величко С.В., к.т.н., доцент _____

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом КНУБА № _____ від “__” _____ 202__ року

2. Термін подання здобувачем роботи _____

3. Вихідні данні для розрахунків: населений пункт з кількістю населення 27000 та 18000 осіб по районах, норма водопостачання 240л/доб на особу та 170л/доб на особу. Запроектувати мережу водопостачання. Місто розташоване не березі водосховища для рекреаційних цілей.

Передбачити захист від підтоплення будинків в зоні впливу водосховища. НПП= 73,00м; ФПР = 74,30м рівень метрового об'єму водосховища РМО = 62,20м, розрахункова паводкова витрата водоскиду, $Q_{0,5\%} = 28,0 \text{ м}^3/\text{с}$. Розробити технологію будівництва земляної греблі.

4. Перелік розділів основної частини кваліфікаційної роботи:

Р.1. Природні умови та проектування ґрунтової підпірної споруди:

1.1. Природні умови : кліматичні , гідрологічні та геологічні умови району будівництва .

1.2. Водосховище. Однорідна земляна гребля з баштовим водоскидом, визначення висоти греблі, фільтраційний розрахунок, розрахунок стійкості низового укосу.

Р.2. Водоскидна споруда.

Р.3. Мережа водопостачання міста.

Р.4. Захист від підтоплення.

Р.5. Технологія виробництва : технології робіт з влаштування насипу земляної греблі.

5. Графічний матеріал за розділами

Р.1. Генеральний план споруд гідровузла, ґрунтова гребля

Р.2. Водоскидна споруда водосховища

Р.3. Зовнішні мережи водопостачання міста

Р.4. Захист від підтоплення

Р.5. Технологія робіт з влаштування насипу греблі

6. 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 випусковій кафедрі	
Направлення роботи на рецензування	

7. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	ПІБ та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис
Розділ 1	Величко С.В, доц		
Розділ 2	Величко С.В, доц		
Розділ 3	Величко С.В, доц		
Розділ 4	Величко С.В, доц		
Розділ 5	Уманець І.М., доц		

8. Дата видачі завдання _____

Керівник

(підпис)

Світлана ВЕЛИЧКО

(прізвище та ініціали)

Здобувач(ка)

(підпис)

Тетяна ЛАГУНОВА

(прізвище та ініціали)

РЕЗЮМЕ (SUMMARY) до атестаційної випускної роботи здобувача:	(ПІБ здобувача українською та англійською) Лагунова Тетяна Григорівна Lahunova Tetiana		
ЗВО	Київський національний університет будівництва і архітектури		
Тема (українською та англійською)	Будівництво водосховища на річці Мерла та захист від підтоплення Construction of a reservoir on the Merla River and flood protection		
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			
Обсяг роботи:	пояснювальна записка, стор.	розділів	креслень формату А1
	110	5	5
Розділ 1	Природні умови та проектування ґрунтової підпірної споруди. Природні умови: кліматичні, гідрологічні та геологічні умови району будівництва. Водосховище. Однорідна земляна гребля з баштовим водоскидом, визначення висоти греблі, фільтраційний розрахунок, розрахунок стійкості низового укосу.		
Розділ 2	Водоскидна споруда. Гідравлічний розрахунок та конструювання; розрахунок башти на зсув, перекидання.		
Розділ 3	Мережа водопостачання міста. Визначення розрахункових добових витрат; трасування водопровідної мережі; визначення дорожніх витрат води; розподіл витрат води по ділянкам мережі; ув'язка кілець.		
Розділ 4	Захист від підтоплення. Побудова ліній протифільтраційної завіси; інтераційні розрахунки взаємодійних свердловин; встановлення втрат напору на ділянках збірного водоводу.		
Розділ 5	Технологія будівництва: технології роботи з влаштуванням насипу земляної греблі		

Висновки по роботі:	<ol style="list-style-type: none"> 1. В роботі наведені кліматична, гідрологічна та геологічна характеристики гідротехнічного вузла водосховища. 2. Запроектована однорідна гребля з дренажною призмою, висота греблі становить 12,1 м. 3. Виконаний фільтраційний розрахунок греблі на програмному комплексі GeoStudio Seep/W та перевірена стійкість низового укосу на ПК Slope/W. 4. Для відведення паводкової витрати передбачений баштовий водоскид діаметром 3,57 м та периметром 11,22 м. Галерея має 1 прямокутну трубу розміром 1,5 x 2,0 м. 5. Мережа водопостачання міста складається з 4 кілець, для гасіння пожежі передбачено 37 пожежних гідрантів через кожні 145 м. Спроековано 7 типів колодязів: 1 прямокутний розміром 3,5 x 3,5 м; 2 прямокутних розміром 3,0 x 3,5 м; 1 прямокутний розміром 3,0 x 2,5 м; 3 круглих розміром 2,0 м. 6. Для водопониження в зоні впливу водосховища передбачені 4 ділянки, в кожену з яких входять 10 свердловин, гілки сифонних водоводів і 1 водозбірний колодязь. 7. Було визначено розміри водозбірного колодязя та параметри насоса для викачування дренажних вод. 8. Розроблена технологія будівництва ґрунтової однорідної греблі. 9. Розроблено графік виконання робіт.
<p>Ключові слова:</p> <p>Keywords:</p>	<p>Баштовий водоскид, система водопостачання, ґрунтова гребля, водозбірний колодязь.</p> <p>Tower spillway, water supply system, earthfill dam, collecting shaft</p>

Здобувач

(підпис)

Тетяна ЛАГУНОВА

(власне ім'я та прізвище)

Керівник

(підпис)

Світлана ВЕЛИЧКО

(власне ім'я та прізвище)

“ ___ ” _____ 20__ р.

ЗМІСТ

Вступ	10
РОЗДІЛ 1	11
ПРИРОДНІ УМОВИ ТА ПРОЄКТУВАННЯ ГРУНТОВОЇ ПІДПІРНОЇ СПОРУДИ	11
1.1 Природні умови: кліматичні, гідрологічні та геологічні умови району будівництва	12
1.2 Водосховище. Однорідна земляна гребля	15
РОЗДІЛ 2	19
ВОДОСКИДНА СПОРУДА	19
2.1. Гідравлічний розрахунок та конструювання	20
2.2. Статичний розрахунок башти водоскиду	22
2.3. Стійкість башти на перекидання	23
РОЗДІЛ 3	25
МЕРЕЖА ВОДОСПОЖИВАННЯ МІСТА	25
3.1. Визначення розрахункових добових витрат води	26
3.2. Визначення погодинних витрат води	30
3.3. Трасування водопровідної мережі	33
3.4. Визначення місткості регулюючих споруд	34
3.5. Визначення розрахункових режимів роботи водопровідних мереж та секундних витрат води	38
3.6. Визначення дорожніх витрат та вузлових відборів	40
3.7. Попередній розподіл витрат води по ділянкам мережі	43
3.8. Вибір матеріалу і діаметрів труб ділянок мережі	45
3.9. Визначення втрат напору в трубах та ув'язка кілець	46
3.10. Визначення вільних напорів і п'єзометричних відміток у вузлах водопровідної мережі та напору насосів	57
РОЗДІЛ 4	62
ЗАХИСТ ВІД ПІДТОПЛЕННЯ	62

						Кваліфікаційна робота	Лист
							7
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

4.1. Встановлення характеристики водоносного пласта та визначення розрахункових відміток на його розрізу	63
4.2. Вибір типу фільтра та його розрахунок	66
4.3. Визначення орієнтовного дебіту свердловини	67
4.4. Компонування свердловин на генплані міста. Розрахунок кількості свердловин та відстаней між ними	68
4.5. Встановлення попередніх показників сумарної подачі води в системі. Складання розрахункової схеми подачі води у збірний колодезь	70
4.6. Визначення параметрів гідравлічної взаємодії свердловин	73
4.7. Ітераційні розрахунки взаємодійних свердловин	75
4.8. Встановлення втрат напору на ділянках збірного водоводу та відміток динамічного рівня води в свердловинах. Побудова лінії гідродинамічного напору у пласті	81
4.9. Визначення розмірів водозабірної колодезя та параметрів насоса	85
РОЗДІЛ 5	88
<i>ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВНИЦТВА. ТЕХНОЛОГІЇ РОБІТ З ВЛАШТУВАННЯ НАСИПУ ЗЕМЛЯНОЇ ГРЕБЛІ</i>	88
5.1 Побудова проектної лінії і визначення робочих відміток	89
5.2. Визначення об'єму земляних робіт	90
5.3. Будівництво ґрунтових гребель	93
5.4. Вибір комплектів машини	94
5.5. Складання калькуляції трудових витрат	97
5.6. Технологічні розрахунки	99
5.7. Графік виконання робіт	101
5.8. Визначення потреби в матеріально-технічних ресурсах та потреба в машинах, устаткуванні, інструментах, інвентарі та пристроях	103
5.9. Схема операційного контролю якості робіт	104
5.10. Вказівки до виконання робіт	105
5.11. Заходи з охорони праці	107

						Кваліфікаційна робота	Лист
							8
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Висновки.....	108
Список літератури	109

						Кваліфікаційна робота	Лист
							9
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Вступ

В роботі розглядається гідротехнічний вузол з однорідною греблею та баштовим водоскидом на річці Мерла, яка розташована в Харківській області. Клас відповідальності споруди СС2 (середній). В роботі наведені кліматичні умови цього району, гідрологічна та геологічна характеристика гідротехнічного вузла водосховища. Розроблена мережа водопостачання міста на два райони з кількістю населення 45000 осіб з 3-ма підприємствами.

Система водопостачання складається з насосної станції другого підйому та розподільчої системи мережі по всьому місту. Була розроблена 4-х кільцеву мережу та підібрані оптимальні діаметри труб. Прораховано втрати напору в мережі та проведено гідравлічний розрахунок мережі на три режими: максимальне, максимальне + пожежне та мінімальне водоспоживання.

В роботі розраховані параметри ґрунтової однорідної греблі, яка має висоту 12,1 м, складається з місцевих матеріалів з дренажного призмою. Витрата водоскиду $28 \text{ м}^3/\text{с}$.

Для водоскидної споруди були зроблені розрахунки на конструювання, були проведені розрахунки башти на зсув, на перекидання та розрахунок спряження б'єфів. В ході розрахунку навантажень, була підтверджена міцність основи водоскиду.

Був розроблений захист від підтоплення міста. Обрано тип та конструкцію фільтру вертикального дренажу. Спроектовано свердловини протифільтраційного захисту. Проведено розрахунок кількості свердловин та відстані між ними. Було розраховано 40 свердловин та використано 4 збірних колодязя.

В роботі розглянута технологія будівництва ґрунтової греблі, яка складається з дренажної призми. Розроблено графік виконання робіт.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							10
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ПРИРОДНІ УМОВИ ТА ПРОЄКТУВАННЯ ГРУНТОВОЇ ПІДПІРНОЇ СПОРУДИ

Консультант / _____ /

Здобувач(ка) / _____ /

						Кваліфікаційна робота	Лист
							11
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

1.1 Природні умови: кліматичні, гідрологічні та геологічні умови району будівництва

Кліматичні умови

Територія знаходиться в південно-східній частині Полтавської рівнини. Протягом року опади розподіляються нерівномірно. За кількістю опадів район будівництва відноситься до зони недостатньої водності. Сніговий покрив, як правило, з'являється у другій половині листопада. Стійкий сніговий покрив встановлюється в кінці грудня. Середня максимальна висота його складає 20-30 см. Сніговий покрив зберігається в середньому 45-90 днів. Найхолодніший місяць – січень. Зима з частими відлигами, інколи настільки інтенсивними, що поверхня землі залишається взагалі без снігу. Нормальна глибина промерзлого ґрунту для району – 1,1 м, максимальний – 1,5 м. Тривалість безморозного періоду становить 150-160 днів.

Весна починається в останніх числах березня. У квітні можливе пониження температури до 10-15 °С. Бувають снігопади. Весна часто затяжна і супроводжується поверненням холоду.

Літо починається всередині травня. Воно тепле, помірне, інколи – жарке, з невеликими опадами.

Таблиця 1

	Розрахункова швидкість вітру, 4%	$V_{4\%}$, м/с	15
	Розрахункова швидкість вітру, 30%	$V_{30\%}$, м/с	8

Гідрологічні умови

Мерла – одна з найбільших річок на заході Харківської області. На правому березі річки розташовані с. Богодухів та смт. Краснокутськ. Весною річка іноді розливається і виходить із берегів, що призводить до підтоплення ближніх поселень та пасовищ.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							12
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Мерла є головною водною артерією громади (басейн річки Ворскла, яка в свою чергу впадає в Дніпро). Мерла – ліва притока Ворскли. Довжина річки км площа басейну км². Долина трапецієподібна з високими розчленованими правими схилами. Заплава на окремих ділянках заболочена. Річище у пониззі звивисте розгалужене. Пересічна його ширина 5-8 м, найбільша 20-25 м (біля гирла). Глибина 0,5-1,5 м, на плесах до 3 м. Похил річки 0,8 м/км. Середня багаторічна витрата води річки Мерла становить 0,75 м³/с. Мінералізація води змінюється протягом року: весняна повінь – 715 мг/дм³; літньо-осіння межень – 781 мг/дм³; зимова межень – 817 мг/дм³.

Таблиця 2

Гідрологічні параметри

Нормальний підпірний рівень води водосховища;	НПР, м	73,00
Форсований підпертий рівень	ФПР, м	74,30
Максимальний рівень води в нижньому б'єфі	РВНБ _{0,5%} , м	63,30
Рівень мертвого об'єму водосховища;	РМО, м	63,00
Побутовий рівень води в нижньому б'єфі	РВНБ _{побут} , м	62,90
Відмітка дна в створі греблі	м	62,20
Межена витрата в річці	Q _{меж} , м ³ /с	12,00
Максимальна скидна витрата	Q, м ³ /с	28,00

Геологічні умови

У геологічній будові приймають участь осадові утворення палеозойської, мезозойської та кайнозойської ератем. За даними сейсмо досліджень глибинна залягання поверхні докембрійських утворень складає 7,0-8,0 км.

В долині Мерли – лугові ґрунти. Через високі поверхневі води біля річки не ростуть дерева. Для правого берега р. Мерла типовими ґрунтами є сірі, темно-сірі лісові, а на окремих невеликих ділянках – опідзолені чорноземи на лесовидних

						Кваліфікаційна робота	Лист
							13
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

суглинках. Крутий схил правого берега сильно розчленований ярами і балками, з переважно змитими ґрунтами. Прирічкові схили вкриті деревиною, лучно-степовою і чаганиковою рослинністю на опідзолених еродованих ґрунтах. У глибоких давніх балках на поширення різновидів ґрунтів великий вплив має експозиція схилів. На вододільній частині сірі і темно-сірі лісові ґрунти сформувалися на лесовидних суглинках. Частина прирічкових вододільних поверхонь зайнята опідзоленими чорноземами і темно-сірими опідзоленими ґрунтами, у різному ступені еродованими, що сформувалися на піщаних лесовидних суглинках. Для заплави річки Мерло характерні алювіальні лучні, лучно-чорноземні, лучно-болотні і слабозалишково-солонцюваті ґрунти, сформовані на сучасному алювії.

Таблиця 3

Параметри ґрунтів

	Вид ґрунту	$\rho_s, \text{т/м}^3$	$\rho_s, \text{т/м}^3$	$n,$	φ°	c (насичений водою), КПа	Коефіцієнт фільтрації $k, \text{м/с}$
1	Пісок пилюватий	2,60	1,7	0,28	29	0,4(0,4)	$9 \cdot 10^{-7}$
2	Основа	2,75	1,9	0,21	27	10	$1 \cdot 10^{-9}$

						Кваліфікаційна робота	Лист
							14
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

1.2 Водосховище. Однорідна земляна гребля

Водосховище призначене для рекреаційного використання, створюється за допомогою водопідпірної споруди – греблі. Гребля передбачає однорідну будову з дренажною призмою. Для пропуску паводкової витрати проектується баштовий водоскид, який об'єднано з донним водовипуском, що забезпечує скидання екологічної витрати в нижній б'єф.

Таблиця 4

Клас відповідальності водосховища

№	Характеристики наслідків	Од.Виміру показника	Нормативний показник	Розрахунковий показник	Клас наслідків
1	Висота греблі	м	<20	12,1	CC1
	Тип основи		скельні		
2	Постійна наявність людей на об'єкті	Осіб	<50	3	CC1
3	Періодична наявність людей на об'єкті		<100	8	CC1
4	Люди, що перебувають поза об'єктом		100-50000	45000	CC2
5	Втрата об'єктів культурної спадщини			Ні	CC1
6	Необхідність виконання ОВД			Так, 2 категорія	CC2
Максимальне значення класу наслідків (відповідальність)					CC2

Перш за все визначається параметри греблі: відмітка гребня греблі.

Перевищення гребня греблі над статичним рівнем води у водосховищі розраховується для 2 варіантів:

$$1) \downarrow \Gamma p \Gamma = \downarrow \text{НПР} = \Delta h s_1 + h_{\text{run}1} + \alpha$$

$$\downarrow \Gamma p \Gamma = 73,00 + 1,05 + 0,007 + 0,5 = 74,057$$

При форсованому підпірному рівні ФПР:

$$2) \downarrow \Gamma p \Gamma = \downarrow \text{НПР} = \Delta h s_2 + h_{\text{run}2} + \alpha$$

$$\downarrow \Gamma p \Gamma = 73,00 + 0,4 + 0,002 + 0,5 = 73,902$$

						Кваліфікаційна робота	Лист
							15
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

3) Висота накачування хвилі визначається:

$$h_{run1} = k_r \cdot k_p \cdot k_{sp} \cdot k_{rin} \cdot h_{1\%}$$

$$h_{run1} = 1 \cdot 0,9 \cdot 1,25 \cdot 1,4 \cdot 0,67 = 1,05$$

4) Висота вітрового нагону визначається:

$$\Delta h_s = K_W \frac{V_{4\%}^2 \cdot L}{gH} \cdot \cos \alpha$$

$$\Delta h_s = 2,1 \cdot 10^{-6} \frac{15^2 \cdot 1500}{9,81 \cdot 10,8} \cdot 1 = 0,007;$$

де W - розрахункова швидкість вітру, м/с;

L – довжина розгону;

K_W – коефіцієнт, що визначається за таблицею.

$$\frac{gt}{V_{4\%}} = \frac{9,81 \cdot 6 \cdot 3600}{15} = 14126,4;$$

$$\frac{gt}{V_{4\%}^2} = \frac{9,81 \cdot 1500}{15^2} = 65,4.$$

$$\frac{gh}{V_W^2} = 0,085, \quad \frac{gt}{N_W} = 4,0,$$

$$\frac{gh}{V_W^2} = 0,014 \quad \frac{gt}{N_W} = 1,35 \text{ Приймаємо до розрахунку}$$

h -середня висота хвилі:

$$h = \frac{0,014 \cdot V^2}{g} = \frac{0,014 \cdot 15^2}{9,81} = 0,32.$$

T – період хвилі

$$T = \frac{1,35 \cdot V}{g} = \frac{1,35 \cdot 15}{9,81} = 2,06.$$

Розраховується $h_{1\%}$ – висота хвилі 1% забезпеченості:

$$h_{1\%} = h \cdot k = 2,1 \cdot 0,32 = 0,67$$

						Кваліфікаційна робота	Лист
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		16

Укос:

Висота накачування хвилі визначається:

$$h_{run1} = k_r \cdot k_p \cdot k_{sp} \cdot k_{rin} \cdot h_{1\%};$$
$$h_{run1} = 1 \cdot 0,9 \cdot 1,1 \cdot 1,25 \cdot 0,33 = 0,4$$

Висота вітрового нагону визначається:

$$\Delta h_s = K_W \frac{V_{4\%}^2 \cdot L}{gH} \cdot \cos \alpha;$$
$$\Delta h_s = 2,1 \cdot 10^{-6} \frac{8^2 \cdot 1500}{9,81 \cdot 12,1} \cdot 1 = 0,002.$$

$$\frac{gh}{V_W^2} = 0,12 \quad \frac{gt}{N_W} = 5,2.$$

$$\frac{gh}{V_W^2} = 0,026 \quad \frac{gt}{N_W} = 1,85 \text{ Приймаємо до розрахунку.}$$

h-середня висота хвилі:

$$h = \frac{0,026 \cdot V^2}{g} = \frac{0,026 \cdot 15^2}{9,81} = 0,16.$$

T –період хвилі:

$$T = \frac{1,85 \cdot V}{g} = \frac{1,85 \cdot 15}{9,81} = 1,51.$$

Розраховується $h_{1\%}$ – висота хвилі 1% забезпеченості:

$$h_{1\%} = h \cdot k = 2,1 \cdot 0,16 = 0,33.$$

Укос:

$$\lambda d = \frac{gT^2}{2\pi} = \frac{9,81 \cdot 1,51^2}{2 \cdot 3,14} = 3,56;$$
$$\frac{\lambda d}{h_{1\%}} = \frac{3,56}{0,33} = 10,78$$

Розраховується висоту греблі:

$$74,30 - 62,20 = 12,1.$$

						Кваліфікаційна робота	Лист
							17
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Визначення профілю греблі: Закладання верхового укосу прийнято 2,75, а низовий 2,25, для пониження кривої фільтрації використана дренажна призма.

Для визначення положення кривої фільтрації використаний ПК GeoStudio.

В ПК побудована геометрична схема греблі, внесені фізико-механічні властивості ґрунтів, виконаний розрахунок для основного випадку: водосховищу рівень НПР, в нижньому б'єфі побутовий рівень (рис. 1).

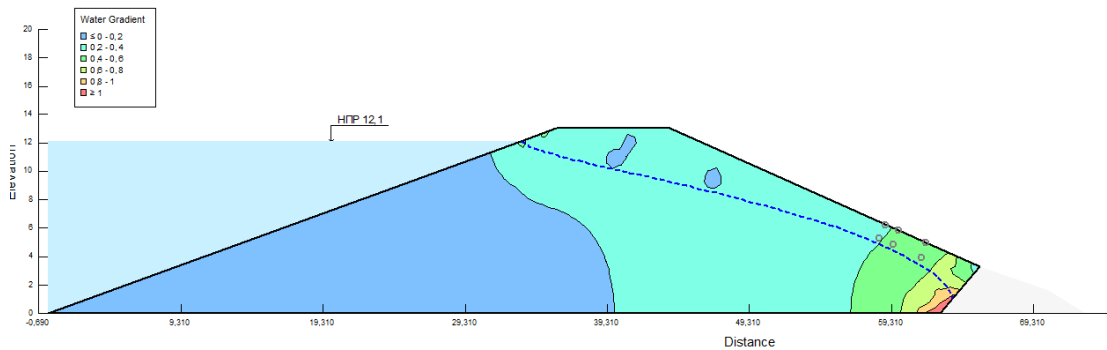


Рис. 1. Фільтраційний розрахунок на ПК Seep/W

Для визначення коефіцієнту стійкості низового укосу використана модель побудована під час розрахунку фільтрації на ПК Seep/W, задане положення центрів ковзання та радіуси кривих ковзання. При моделюванні використовувалась модель ґрунтів кулона-Мора. Розрахунок стійкості укосу виконаний за методом Моргестена-Прайса. Результати розрахунку і мінімальне значення коефіцієнту стійкості укосі наведено на рис 2. Коефіцієнт стійкості становить 1,12, що більше за нормоване значення $0,9 \cdot 1,2 = 1,08$.

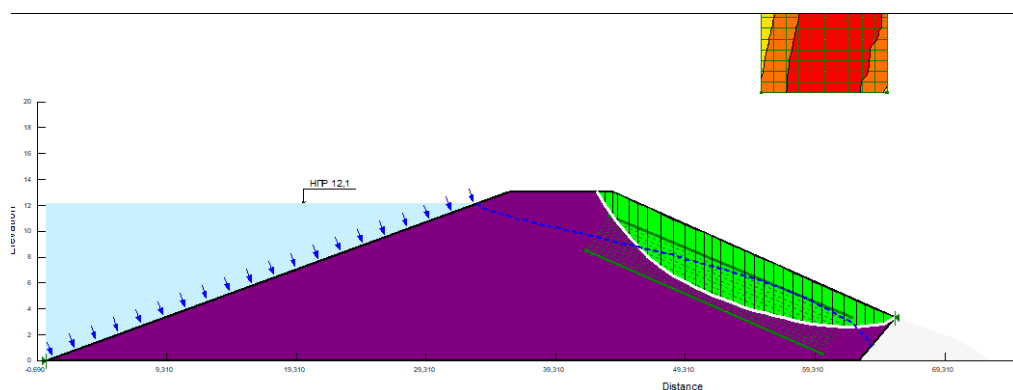


Рис. 2. Розрахунок стійкості укосу на ПК Slope/W.

						Кваліфікаційна робота	Лист	
								18
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата			

РОЗДІЛ 2

ВОДОСКИДНА СПОРУДА

Консультант / _____ /

Здобувач(ка) / _____ /

						Кваліфікаційна робота	Лист
							19
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

2.1. Гідравлічний розрахунок та конструювання

Для відведення паводкової витрати передбачений баштовий водоскид з колодязем для гасіння енергії.

Баштовий водоскид, гідравлічний розрахунок та конструювання. Гідравлічний розрахунок полягає у визначенні діаметра водозливної частини башти, що здатен забезпечити переливання заданої витрати при НПР верхнього б'єфі:

$$d = \frac{Q}{m\pi\sqrt{2g(\text{ФПР} - \text{НПР})^3}},$$

$$p = \frac{Q}{m\sqrt{2g(\text{ФПР} - \text{НПР})^3}},$$

де m – коефіцієнт витрати приймаємо 0,38;

ФРП – форсований підпертий рівень;

НПР – нормальний підпертий рівень;

d – діаметр башти;

p – периметр башти;

$$d = \frac{28}{0,38 \cdot 3,14 \sqrt{2 \cdot 9,81(74,3 - 73,0)^3}} = 3,57 \text{ м},$$

$$p = \frac{28}{0,38 \sqrt{2 \cdot 9,81(74,3 - 73,0)^3}} = 11,22 \text{ м}.$$

Розрахунок діаметру відвідних труб. Площа відвідних труб розраховується для забезпечення пропуску витрат води в напірному режимі. При визначенні пропускної спроможності відвідної труби рівень води в башті приймається на 0,3 нижчим НПР. Розрахунок виконується за формулою:

$$w = \frac{Q}{\mu\sqrt{2g(\text{НПР} - 0,3 - \text{РВНБ}_{0,5\%})^3}},$$

де μ – коефіцієнт витрати труби, приймаємо 0,75;

РВНБ_{0,5%} - рівень води в нижньому б'єфі при перевіірочній витраті;

						Кваліфікаційна робота	Лист
							20
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Q – перевірна паводкова витрата, м³/с;

$$w = \frac{28}{0,75\sqrt{2 \cdot 9,81(73,0 - 0,3 - 63,3)}} = 2,74 \text{ м.}$$

Розраховується коефіцієнт витрати:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_{\text{вх}} + \lambda \frac{l}{4R}}},$$

де $\xi_{\text{вх}}$ – коефіцієнт місцевих витрат на вході в трубу, приймаємо 0,2;

λ – гідравлічний коефіцієнт тертя. Приймається 0,025;

l – довжина труб;

R – гідравлічний радіус:

$$R = \frac{w}{\chi} = \frac{h \cdot a}{2(h + a)} = \frac{1,5 \cdot 2}{2(1,5 + 2)} = 0,4 \text{ м;}$$

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + 0,2 + 0,025 \frac{43,2}{4 \cdot 0,4}}}.$$

За уточненим значенням коефіцієнту витрат знов розраховується площа водовідвідних труб, кількість труб і їх стандартний розмір:

$$w = \frac{28}{0,73\sqrt{2 \cdot 9,81(73,0 - 0,3 - 63,3)}} = 2,82 \text{ м.}$$

Остаточно приймається 1 прямокутну трубу розміром 1,5 x 2,0 м.

						Кваліфікаційна робота	Лист
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		21

2.2. Статичний розрахунок башти водоскиду

Розрахунок башти на зсув. Якщо тіло башти розташоване в межах укосу греблі, на її верхньому та низову стінки діють неоднакові за величиною сили горизонтального тиску ґрунту. Різниця між цими силами створює для башти зусилля, що впливає на стійкість башти. Горизонтальні сили від тиску води не спричиняють зсув башти, оскільки мають різні за величиною та спрямовані одна проти одної, тим самим врівноважують свій вплив.

Силу горизонтального тиску ґрунту, що діє на башту, можна визначити за формулами:

$$P_a = 0,5\rho_{зв} \cdot g \cdot A \cdot H_2^2 \cdot tg^2 \left(45 - \frac{\mu}{2}\right),$$

$$P_n = 0,5\rho_{зв} \cdot g \cdot A \cdot H_1^2 \cdot tg^2 \left(45 + \frac{\mu}{2}\right),$$

де H_2 , H_1 – глибини ґрунту засипки біля башти;

A – ширина башти;

μ – кут внутрішнього тертя ґрунту в тілі греблі у водонасиченому стані;

$\rho_{зв}$ – щільність ґрунту з урахуванням зважувальної дії води;

$$\rho_{зв} = (1 - n)(\rho - 1) = (1 - 0,28)(1,7 - 1) = 0,5;$$

$$P_a = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 9,81 \cdot 4,2 \cdot 10,7^2 \cdot 0,34 = 401;$$

$$P_n = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 9,81 \cdot 4,2 \cdot 7,2^2 \cdot 2688 = 1537,85.$$

Визначається башта на зсув:

$$k_{зав} = \frac{0,5(G - W)}{P_n - P_a} = \frac{0,5(2814,9 - 2133,3)}{1537,85 - 401} = 0,3 < 1,2.$$

Башта є нестійкою, тому потрібно посунути її ближче до краю зсува:

$$P_a = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 9,81 \cdot 4,2 \cdot 8,5^2 \cdot 0,34 = 60,2,$$

$$P_n = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 9,81 \cdot 4,2 \cdot 6^2 \cdot 2688 = 254,2,$$

$$k_{зав} = \frac{0,5(2814,9 - 2133,3)}{254,2 - 60,2} = 1,7 < 1,2.$$

Умова виконується, тому башта є статичною на зсув.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							22
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

2.3. Стійкість башти на перекидання

Розрахунок стійкості башти на перекидання. Під час проектування фундаменту башти у формі прямокутної плити, максимальні та мінімальні напруження в основі визначають рівнянням стійкості на перекидання:

$$\frac{Gl_g + V_1 \cdot l_{V1} + P_{\Pi} \cdot l_{E1}}{Wl_W + V_2 \cdot l_{V2} + P_a \cdot l_{E2}}$$

де $V_{1,2}$ – сила гідростатичного тиску води;

$$V_{1,2} = \frac{1}{2} \cdot \rho_0 \cdot g \cdot H_{1,2}^2 \cdot b = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 9,81 \cdot 10,8^2 \cdot 2,15 = 1230,05,$$

$$\frac{Gl_g + V_1 \cdot l_{V1} + E_1 \cdot l_{E1}}{Wl_W + V_2 \cdot l_{V2} + E_2 \cdot l_{E2}} = \frac{2814,9 \cdot 5,87 + 1230,05 \cdot 4,6 + 254,2 \cdot 2,01}{2133,3 \cdot 5,87 + 1230,05 \cdot 4,6 + 60,2 \cdot 2,84} = 1,23 > 1,2.$$

Рівність виконується, отже башта є стійкою до перекидання.

Розрахунок стійкості основи вноситься в таблицю 5.

Таблиця 5

Міцність основи

№	Сила	Позначення	Величина	Плече сили	Момент	Сила, що діє
1	Вага бетону	G_6	2814,9	0,22	-	619,27
2	Виштовхувача сила	W	2133,3	0,22	+	469,32
3	Гідростатичний тиск води	V_1	254,2	2	-	508,4
4	Гідростатичний тиск води	V_2	60,2	2,8	+	168,56
5	Сила тиску ґрунту	E_1	1230,05	4,6	-	5658,23
6	Сила тиску ґрунту	E_2	1230,05	4,6	+	5658,23
Разом					-	489,79

Співвідношення максимальних та мінімальних напруг в основі башти визначається за формулою:

						Кваліфікаційна робота	Лист
							23
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

$$G_{max/min} = \frac{G - W}{lb} \pm \frac{6 \sum M}{l^2 \cdot b};$$

$$G_{max} = \frac{2814,9 - 2133,3}{7,381 \cdot 5,3} - \frac{6(-489,79)}{7,381^2 \cdot 5,3} = 27,6,$$

$$G_{min} = \frac{2814,9 - 2133,3}{7,381 \cdot 5,3} + \frac{6(-489,79)}{7,381^2 \cdot 5,3} = 7,2.$$

$$\frac{G_{max}}{G_{min}} = \frac{27,6}{7,2} = 3,8 > 3.$$

Умова не виконується – основа є не міцною. Потрібно збільшити фундамент башти.

$$G_{max} = \frac{2814,9 - 2133,3}{9,381 \cdot 5,3} - \frac{6(-489,79)}{9,381^2 \cdot 5,3} = 20,01;$$

$$G_{min} = \frac{2814,9 - 2133,3}{9,381 \cdot 5,3} + \frac{6(-489,79)}{9,381^2 \cdot 5,3} = 7,4;$$

$$\frac{G_{max}}{G_{min}} = \frac{20,01}{7,4} = 2,7 < 3.$$

Рівність виконується, отже основа є міцною.

						Кваліфікаційна робота	Лист	
								24
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата			

РОЗДІЛ 3
МЕРЕЖА ВОДОСПОЖИВАННЯ МІСТА

Консультант / _____ /

Здобувач(ка) / _____ /

						Кваліфікаційна робота	Лист
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		25

3.1 Визначення розрахункових добових витрат води

Визначення розрахункових добових витрат води міста починається з підрахунку водоспоживання його населення.

Розрахункову (середню за рік) добову витрату води на господарсько-питні потреби населення кожного житлового району міста розраховуються за формулою:

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

де N – кількість населення, що мешкає у даному районі, осіб;

$q_{\text{ж}}$ – питоме господарсько-питне водоспоживання населення, л/ос·добу.

Розрахункові витрати води на господарсько-питні потреби населення в добу найбільшого і найменшого водоспоживання визначаємо із виразів:

$$Q_{\text{доб.мах}} = K_{\text{доб.мах}} \cdot Q_{\text{доб.ср}} ;$$

$$Q_{\text{доб.мін}} = K_{\text{доб.мін}} \cdot Q_{\text{доб.ср}}$$

де $K_{\text{доб.мах}} = 1,1-1,3$;

$K_{\text{доб.мін}} = 0,7-0,9$ – коефіцієнти добової нерівномірності водоспоживання.

Таблиця 6

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.мін}	Q _{доб.мін} , м ³ /добу
I	27000	240	6480	1,1	7128	0,9	5832
II	18000	170	3060	1,1	3366	0,9	2754
Разом	45000	-	9540	-	10494	-	8586

Розраховується водоспоживання на виробничі (табл. 7) та господарсько-питні (табл. 8) потреби промислових підприємств.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							26
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Водоспоживання на виробничі потреби підприємств

Назва підприємства	№ зміни	Одиниця продукції	$q_v, \text{ м}^3/\text{од}$	$N_{\text{прод}}, \text{ од./зміну}$	$Q_v, \text{ м}^3/\text{зміну}$
М'ясокомбінат	1	Т	20	100	2000
	2	Т	20	80	1600
	3	-	-	-	-
	Всього	-	-	180	3600
Рибокомбінат	1	Т	12,45	120	1494
	2	-	-	-	-
	3	-	-	-	-
	Всього	-	-	120	1494
Молокозавод	1	Т	8	100	800
	2	Т	8	95	760
	3	Т	8	95	760
	Всього	-	-	290	2320
Разом	-	-	-	590	7414

Витрати води на виробничі потреби підприємств розраховується на основі кількості продукції, виготовленої за одну зміну, та питомої витрати води на технологічні потреби (згідно завдання). Перша зміна вважається максимальною за споживання води.

Витрати води на господарсько-питні потреби робітників на підприємствах у зміну передбачаються:

для гарячих цехів $q_g - 45$ л/особу;

для холодних $q_x - 25$ л/особу.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							27
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Таблиця 8

Водоспоживання на громадсько-питні потреби підприємств та прийняття душу

№ змі-ни	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.з м.	Q _{душ.} , м ³ /зм	
1	110	33	45	1,48	77	25	1,92	3,4	77	25	1,92	
2	90	27		1,21	63		1,57	2,78	63		1,57	
3	-	-		-	-		-	-	-		-	
Σ	200	60	-	2,69	140	-	3,49	6,18	140	-	3,49	
1	220	44	45	1,98	176	25	4,4	6,38	66	53,5	3,53	
2	-	-		-	-		-	-	-		-	-
3	-	-		-	-		-	-	-		-	-
Σ	220	44	-	1,98	176	-	4,4	6,38	66	-	3,53	
1	65	-	45	-	65	25	1,62	1,62	26	-	0,65	
2	60	-		-	60		1,5	1,5	24		0,6	
3	60	-		-	60		1,5	1,5	24		0,6	
Σ	185	-	-	-	185	-	4,62	4,62	74	-	1,85	
-	605	104	-	4,67	501	-	12,51	17,18	280	-	8,87	

Оскільки відсутні дані про площі за видами благоустрою, об'єм максимальної добової витрати води на полив вулиць та зелених насаджень (табл. 9) визначається з урахуванням кліматичного району та чисельності населення населеного пункту.

Таблиця 9

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	27000	40	1080
II	18000	40	720
Разом	45000	-	1800

За даними таблиць 6 – 9 складається таблиця 10 балансу у добу середнього, максимального і мінімального водоспоживання міста.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							28
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Баланс добового водоспоживання міста

№	Споживачі	Витрата води, м ³ /добу		
		середньодобове водоспоживання	доба максимального водоспоживання	доба мінімального водоспоживання
1	Населення I району	6480	7128	5832
	Невраховані витрати	648	712,8	583,2
	Разом	7128	7840,8	6415,2
2	Населення II району	3060	3366	2754
	Невраховані витрати	306	336,6	275,4
	Разом	3366	3702,6	3029,4
Підприємство 1				
3	Виробничі потреби	3600	3600	3600
	Господарсько-питні	6,18	6,18	6,18
	Душові	3,49	3,49	3,49
	Разом	3609,67	3609,67	3609,67
Підприємство 2				
4	Виробничі потреби	1494	1494	1494
	Господарсько-питні	6,38	6,38	6,38
	Душові	3,59	3,59	3,59
	Разом	1503,97	1503,97	1503,97
Підприємство 3				
5	Виробничі потреби	2320	2320	2320
	Господарсько-питні	4,62	4,62	4,62
	Душові	1,85	1,85	1,85
	Разом	2326,47	2326,47	2326,47
Полив				
6	I район	540	1080	0
	II район	360	720	0
	Разом	900	1800	0
Всього по місту		18834,11	20783,51	16884,71

Витрати води на потреби місцевої промисловості та невраховані витрати приймаються на рівня 10% від загального обсягу водоспоживання, що витрачається на господарсько-питні потреби населеного пункту..

Середньодобове водоспоживання для поливу вулиць та зелених насаджень становить 50% від об'єму, що витрачається на ці цілі у день максимального водоспоживання. У добу мінімального водоспоживання полив не здійснюється.

						Кваліфікаційна робота	Лист
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		29

3.2. Визначення погодинних витрат води

Для кожного із районів міста розраховується окремий максимальний коефіцієнт погодинної нерівномірності водоспоживання населенням:

$$K_{г.маx} = \alpha_{маx} \cdot \beta_{маx};$$

де $\alpha_{маx}$ – коефіцієнт, який враховує ступінь благоустрою будинків, режим роботи підприємств та інші місцеві умови;

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

I район:

$$K_{г.маx.I} = 1,3 \cdot 1,19 = 1,54;$$

II район:

$$K_{г.маx.II} = 1,3 \cdot 1,22 = 1,58.$$

Розподіл сумарних витрат води за годинами здійснюємо для доби максимального водоспоживання (табл. 11).

Погодинні витрати води населенням у кожному районі міста розраховуються на основі графіків водоспоживання, розроблених для подібних водопровідних систем (додаток 5 методичних вказівок). При цьому для першого району приймається коефіцієнт максимального годинного водоспоживання $K_{г.маx} = 1,54$, а для другого району – $K_{г.маx} = 1,58$.

Витрати води на виробничі цілі та господарсько-питні потреби підприємств вважаються рівномірними протягом робочої зміни. Для усіх підприємств передбачено 8-годинну зміну з початком першої зміни о 8 годині. Використання води в душових установках триває 45 хвилин після завершення кожної зміни.

Будується графік водоспоживання за годинами доби (рис. 3) по сумарним погодинним витратам (графа 22 табл. 11).

						Кваліфікаційна робота	Лист
							30
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Таблиця 11

Визначення погодинних витрат у місті

Годи- ни доби	населення І району		населення ІІ району		Разом	Підприємство 1				Підприємство 2				Підприємство 3				ΣQ, м³/год	Полив		Q _{міста} , м³/год
	% від Q _{доб.мах}	витрата, м³/год	% від Q _{доб.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		І ра- йон	ІІ 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	196,02	1,5	55,539	251,559	0	0	1,57	1,57	0	0	0	0	95	0,19	0,6	95,79	348,919	0	0	348,919
1-2	2,65	207,7812	1,5	55,539	263,3202	0	0	0	0	0	0	0	0	95	0,19	0	95,19	358,510	0	0	358,5102
2-3	2,2	172,4976	1,5	55,539	228,0366	0	0	0	0	0	0	0	0	95	0,19	0	95,19	323,226	0	0	323,2266
3-4	2,25	176,418	1,5	55,539	231,957	0	0	0	0	0	0	0	0	95	0,19	0	95,19	327,147	0	0	327,147
4-5	3,2	250,9056	2,5	92,565	343,4706	0	0	0	0	0	0	0	0	95	0,19	0	95,19	438,660	0	0	438,6606
5-6	3,9	305,7912	3,5	129,591	435,3822	0	0	0	0	0	0	0	0	95	0,19	0	95,19	530,572	135	144	809,5722
6-7	4,5	352,836	4,5	166,617	519,453	0	0	0	0	0	0	0	0	95	0,19	0	95,19	614,643	135	144	893,643
7-8	5,1	399,8808	5,5	203,643	603,5238	0	0	0	0	0	0	0	0	95	0,19	0	95,19	698,713	135	0	833,7138
8-9	5,35	419,4828	6,25	231,412 5	650,8953	250	0,42	0	250,42	186,75	0,79	0	187,54	100	0,2	0,6	100,8	1189,65	0	0	1189,655
9-10	5,85	458,6868	6,25	231,412 5	690,0993	250	0,42	0	250,42	186,75	0,79	0	187,54	100	0,2	0	100,2	1228,25	0	0	1228,259
10-11	5,35	419,4828	6,25	231,412 5	650,8953	250	0,42	0	250,42	186,75	0,79	0	187,54	100	0,2	0	100,2	1189,05	0	0	1189,055
11-12	5,25	411,642	6,25	231,412 5	643,0545	250	0,42	0	250,42	186,75	0,79	0	187,54	100	0,2	0	100,2	1181,21	0	0	1181,215
12-13	4,6	360,6768	5	185,13	545,8068	250	0,42	0	250,42	186,75	0,79	0	187,54	100	0,2	0	100,2	1083,96	0	0	1083,967
13-14	4,4	344,9952	5	185,13	530,1252	250	0,42	0	250,42	186,75	0,79	0	187,54	100	0,2	0	100,2	1068,28	0	0	1068,285
14-15	4,6	360,6768	5,5	203,643	564,3198	250	0,42	0	250,42	186,75	0,79	0	187,54	100	0,2	0	100,2	1102,48	0	0	1102,48
15-16	4,6	360,6768	6	222,156	582,8328	250	0,42	0	250,42	186,75	0,79	0	187,54	100	0,2	0	100,2	1120,99	0	0	1120,993
16-17	4,9	384,1992	6	222,156	606,3552	200	0,34	1,92	202,26	0	0	3,53	3,53	95	0,19	0,65	95,84	907,985	0	0	907,9852
17-18	4,6	360,6768	5,5	203,643	564,3198	200	0,34	0	200,34	0	0	0	0	95	0,19	0	95,19	859,849	0	0	859,8498
18-19	4,7	368,5176	5	185,13	553,6476	200	0,34	0	200,34	0	0	0	0	95	0,19	0	95,19	849,177	0	0	849,1776
19-20	4,5	352,836	4,5	166,617	519,453	200	0,34	0	200,34	0	0	0	0	95	0,19	0	95,19	814,983	135	0	949,983
20-21	4,4	344,9952	4	148,104	493,0992	200	0,34	0	200,34	0	0	0	0	95	0,19	0	95,19	788,629	135	0	923,6292
21-22	4,2	329,3136	3	111,078	440,3916	200	0,34	0	200,34	0	0	0	0	95	0,19	0	95,19	735,921	135	144	1014,922
22-23	3,7	290,1096	2	74,052	364,1616	200	0,34	0	200,34	0	0	0	0	95	0,19	0	95,19	659,691	135	144	938,6916
23-24	2,7	211,7016	1,5	55,539	267,2406	200	0,34	0	200,34	0	0	0	0	95	0,19	0	95,19	562,770	135	144	841,7706
Всього	100	7840,8	100	3702,6	11543,4	3600	6,08	3,49	3609,57	1494	6,32	3,53	1503,85	2320	4,64	1,85	2326,49	18983,3	1080	720	20783,31

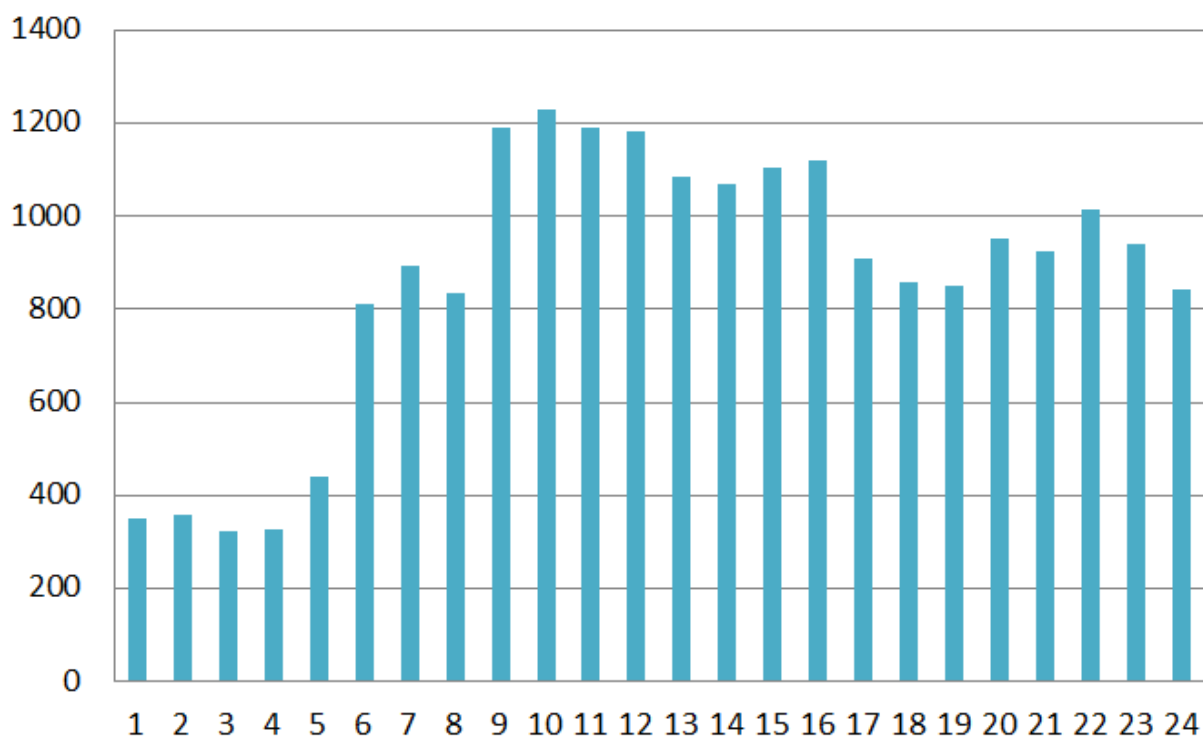


Рис.3. Добові графіки водоспоживання міста і подачі води насосними станціями

Подачу води насосами першого підйому (НС-I) і тривалість роботи кожної ступені на насосній станції другого підйому (НС-II) призначається так:

Таблиця 12

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	359,28	1796,41
НС - II 2 ступінь	11	892,98	9822,82
НС - II 3 ступінь	8	1145,48	9163,9
НС - I	24	865,96	20783,13

						Кваліфікаційна робота	Лист
							32
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

3.3. Трасування водопровідної мережі

На плані міста визначається розташування підключення водоводів від НС-ІІ та виконується трасування магістральної водопровідної мережі.

Діаметри розподільних ліній призначається конструктивно – 100 мм.

Проводиться позначення та нумерацію вузлів магістральної мережі в місцях перетину магістральних ліній, місцях підключення крупних споживачів (підприємств), а також в точках приєднання водоводів до магістральної мережі. Для кожної ділянки мережі між вузлами фіксується її довжину.

Водоводи від НС-ІІ до магістральної водопровідної мережі проектується у вигляді двох паралельних гілок , які приєднуються до вузла №3 (рис.4).



Рис.4. Траса магістральної водопровідної мережі і водоводів

						Кваліфікаційна робота	Лист
							33
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

3.4. Визначення місткості регулюючих споруд

Регулюючий об'єм водонапірної башти визначається шляхом суміщення графіків водоспоживання і водоподачі насосами 2-го підняття (табл. 13).

Таблиця 13

Визначення регулюючого об'єму бака водонапірної башти

Години доби	Q _{міста} , м ³ /год	Q _{н.с.п.} , м ³ /год	q у бак, м ³ /год	q із бака, м ³ /год	W у баку, м ³
1	2	3	4	5	6
0-1	348,919	359,28	10,361	0	10,361
1-2	358,5102	359,28	0,7698	0	11,1308
2-3	323,2266	359,28	36,0534	0	47,1842
3-4	327,147	359,28	32,133	0	79,3172
4-5	438,6606	359,28	0	79,3806	-0,0634
5-6	809,5722	892,98	83,4078	0	83,3444
6-7	893,643	892,98	0	0,663	82,6814
7-8	833,7138	892,98	59,2662	0	141,9476
8-9	1189,655	1145,48	0	44,175	97,7726
9-10	1228,259	1145,48	0	82,779	14,9936
10-11	1189,055	1145,48	0	43,575	-28,5814
11-12	1181,215	1145,48	0	35,735	-64,3164
12-13	1083,967	1145,48	61,513	0	-2,8034
13-14	1068,285	1145,48	77,195	0	74,3916
14-15	1102,48	1145,48	43	0	117,3916
15-16	1120,993	1145,48	24,487	0	141,8786
16-17	907,9852	892,98	0	15,0052	126,8734
17-18	859,8498	892,98	33,1302	0	160,0036
18-19	849,1776	892,98	43,8024	0	203,806
19-20	949,983	892,98	0	57,003	146,803
20-21	923,6292	892,98	0	30,6492	116,1538
21-22	1014,922	892,98	0	121,942	-5,7882
22-23	938,6916	892,98	0	45,7116	-51,4998
23-24	841,7706	892,98	51,2094	0	-0,2904
Всього	20783,31	20783,02	556,3282	556,6186	

Регулюючий об'єм бака башти дорівнює арифметичній сумі найбільшого додатного (203,806) і від'ємного (64,3164) значень залишку води в баку. Отже, $W_{\text{рег.б}} = 268,12\text{м}^3$.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							34
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Для подальших розрахунків величину регулюючого об'єму водонапірної башти потрібно зменшити на 10 % (тобто на 26,81 м³), оскільки проєктована водонапірна мережа передбачає наявність з контррезервуара. Отже $W_{\text{рег.б}} = 241,31$ м³.

Протипожежний запас води в башті визначається, виходячи з умов гасіння однієї зовнішньої та однієї внутрішньої пожежі протягом 10 хвилин, за умови одночасного максимального водоспоживання на інші потреби:

$$W_{\text{пож.б.}} = 0,6(\dot{q}_{\text{п.з.}} + q_{\text{п.в.}} + q_{\text{б.мах}}) \text{ м};$$

де $q_{\text{п.з.}}$ і $q_{\text{п.в.}}$ – розрахункові витрати води відповідно на гасіння однієї зовнішньої ($q_{\text{п.з.}} = 25$ л/с із додатка 6 методичних вказівок) і однієї внутрішньої ($q_{\text{п.в.}} = 5$ л/с) пожежі; $q_{\text{б.мах}}$ – витрата води з бака башти в годину максимального водоспоживання, л/с;

$$W_{\text{пож.б.}} = 0,6(25 + 5 + 82,779/3,6) = 31,79 \text{ м}^3.$$

Повний об'єм бака водонапірної башти обчислюється за формулою:

$$W_{\text{б}} = W_{\text{рег.б.}} + W_{\text{пож.б.}} = 241,31 + 31,79 = 273,1 \text{ м}^3.$$

Для цього випадку обирається залізобетонна башта з об'ємом бака $W_{\text{б}} = 400$ м³. Отже, діаметр бака становитиме:

$$D_{\text{б}} = \sqrt[3]{\frac{400}{0,785}} = 7,98 \text{ м}; \text{ висота регулюючого об'єму: } h_{\text{рег.б.}} = \frac{1,27W_{\text{рег.б.}}}{D_{\text{б}}^2} = \frac{1,27 \cdot 241,31}{7,98^2} = 4,81, \text{ а протипожежного: } h_{\text{пож.б.}} = \frac{1,27W_{\text{пож.б.}}}{D_{\text{б}}^2} = \frac{1,27 \cdot 31,79}{7,98^2} = 0,63$$

Регулюючий об'єм РЧВ розраховується шляхом суміщення графіків подачі насосами 1-го і 2-го підйомів (табл. 14).

Таблиця 14

						Кваліфікаційна робота	Лист
							35
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Визначення регулюючого об'єму РЧВ

Години доби	Qнс-ь, м ³ /ГОД	Qнс-п, 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	865,96	348,919	517,04	0	517,04
1-2	865,96	358,5102	507,45	0	1024,49
2-3	865,96	323,2266	542,73	0	1567,22
3-4	865,96	327,147	538,81	0	2106,04
4-5	865,96	438,6606	427,30	0	2533,34
5-6	865,96	809,5722	56,39	0	2589,72
6-7	865,96	893,643	0,00	27,68	2562,04
7-8	865,96	833,7138	32,25	0,00	2594,29
8-9	865,96	1189,655	0,00	323,70	2270,59
9-10	865,96	1228,259	0,00	362,30	1908,29
10-11	865,96	1189,055	0,00	323,10	1585,20
11-12	865,96	1181,215	0,00	315,26	1269,94
12-13	865,96	1083,967	0,00	218,01	1051,94
13-14	865,96	1068,285	0,00	202,33	849,61
14-15	865,96	1102,48	0,00	236,52	613,09
15-16	865,96	1120,993	0,00	255,03	358,06
16-17	865,96	907,9852	0,00	42,03	316,03
17-18	865,96	859,8498	6,11	0,00	322,14
18-19	865,96	849,1776	16,78	0,00	338,93
19-20	865,96	949,983	0,00	84,02	254,90
20-21	865,96	923,6292	0,00	57,67	197,23
21-22	865,96	1014,922	0,00	148,96	48,27
22-23	865,96	938,6916	0,00	72,73	-24,46
23-24	865,96	841,7706	24,19	0	-0,27
Всього	20783,04	20783,31	2669,0526	2669,323	

$$W_{\text{рег.р}} = 2594,29 + 24,46 = 2618,75 \text{ м}^3.$$

Повний об'єм РЧВ:

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

де $W_{\text{в.п}}$ – запас води на власні потреби станцій підготовки води (приймаємо $W_{\text{в.п}} = 0,06 \cdot Q_{\text{доб.мах}} = 0,06 \cdot 20783,31 = 1246,99 \text{ м}^3$);

$W_{\text{пож.р}}$ – пожежний запас води:

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

де $T_{\text{п}} = 3$ – час гасіння пожежі в системах водопостачання I категорії;

						Кваліфікаційна робота	Лист
							36
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

$q_{\text{п}}$ – витрати води на гасіння розрахункової кількості пожеж у населеному пункті, ($q_{\text{п}} = 50$ л/с з додатка 6 методичних вказівок);

$Q_1 = 865,96$ м³/год – подача води НС-I в РЧВ;

3,6 – коефіцієнт переведення л/с у м³/год;

$W_{\text{госп}} = 1228,25 + 1189,65 + 1181,21 = 3599,11$ м³ – об'єм води, що споживається за три суміжні години найбільшого водоспоживання (графа 19 табл.16).

$$W_{\text{пож.р}} = 3 (3,6 \cdot 50 - 865,96) + 3599,11 = 1541,23;$$

$$W_{\text{рчв}} = 2618,75 + 1541,23 + 1246,99 = 5406,97 \text{ м}^3.$$

Після всіх розрахунків приймається два прямокутні РЧВ місткістю 3000 м³ кожний і розмірами: довжина – 27 м; ширина – 24 м; глибина води $-h_p = 4,84$ м.

Глибини об'ємів води:

– регулюючого $h_{\text{рег.р}} = W_{\text{р.р}} / nF_{\text{рчв}} = 2618,75 / 2 \cdot 27 \cdot 24 = 2,02$ м;

– пожежного $h_{\text{пож.р}} = 1541,23 / 2 \cdot 27 \cdot 24 = 1,18$ м;

– на власні потреби $h_{\text{в.п}} = 1246,99 / 2 \cdot 27 \cdot 24 = 0,96$ м.

Відмітка максимального рівня води в резервуарі:

$$Z_{\text{max.р}} = Z_{\text{з.р}} + \Delta h_p = 76,0 + 1,0 = 77,0 \text{ м},$$

де $Z_{\text{з.р}}$ – відмітка поверхні землі в місці знаходження майданчика РЧВ і НС-II, м;

Δh_p – перевищення максимального рівня води над поверхнею землі, м.

Відмітка дна РЧВ:

$$Z_{\text{д.р}} = Z_{\text{max.р}} - h_p = 77,0 - 4,84 = 72,16 \text{ м},$$

Відмітка мінімального рівня води в РЧВ:

$$Z_{\text{min.р}} = Z_{\text{max.р}} - h_{\text{рег.р}} - h_{\text{в.п}} = 77,0 - 2,02 - 0,96 = 74,02 \text{ м}.$$

						Кваліфікаційна робота	Лист
							37
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

3.5. Визначення розрахункових режимів роботи водопровідних мереж та секундних витрат води

У безбаштових схемах для коректного підбору насосного обладнання мережу, як правило, розраховують щонайменше на 7 режимів, аналізуючи роботу системи протягом доби з мінімального, середнього і максимального водоспоживання. В межах роботи з метою оптимізації обсягів обчислень проводиться перевірка роботи мережі лише за трьома розрахунковими режимами у добу максимального водоспоживання: години максимального і мінімального водовідбору з мережі та гасіння пожежі при максимальному водовідборі.

Для виконання гідравлічного розрахунку водоводів і магістральної водопровідної мережі витрати води на різні потреби споживачів двох (I і II) житлових районів, а саме: населення ($q_{\text{нас.}}(I; II)$), трьох підприємств ($q_{\text{підпр.}}(1; 2; 3)$), поливу ($q_{\text{пол.}}(I; II)$) переводять у секундні. Ці значення беруться з табл. 11 залежно від обраного розрахункового режиму (максимального чи мінімального водоспоживання) та заносяться результати у таблиці 15 і 16.

Таблиця 15

Визначення розрахункових секундних витрат води

Розмірність	$q_{\text{нас.1}}$	$q_{\text{нас.2}}$	$q_{\text{підпр.1}}$	$q_{\text{підпр.2}}$	$q_{\text{підпр.3}}$	$q_{\text{пол.1}}$	$q_{\text{пол.2}}$	Всього
година максимального водоспоживання								
м ³ /год	458,68	231,41	250,42	187,54	100,2	0	0	1228,12
л/с	127,41	64,28	69,56	52,09	27,83	0	0	341,98
година мінімального водоспоживання								
м ³ /год	172,49	55,53	0	0	95,19	0	0	323,21
л/с	47,91	15,42	0	0	26,44	0	0	89,77

Використовуючи таблицю 13, вибирається потрібні значення для визначення секундних витрат живлення мережі для трьох розрахункових режимів. Результати заносяться в таблицю 16.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							38
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Визначення секундних витрат живлення мережі

Одиниця	Режим	Водоспоживання	Подача насосів	Надходження води із башти	Подача води в башту
м ³ /Год	max	1228,12	1228,12	0	0
л/с		341,98	341,98	0	0
м ³ /Год	min	323,21	323,21	0	0
л/с		89,77	89,77	0	0
м ³ /Год	max+пож	1411,12	1411,12	0	0
л/с		341,98+50 =391,98	391,98	0	0

						Кваліфікаційна робота	Лист
							39
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

3.6. Визначення дорожніх витрат та вузлових відборів

Згідно з планом міста обчислюються фактичні та розрахункові довжини окремих ділянок магістральних ліній мережі, обмежених вузлами. Для кожного району міста окремо визначається загальні фактичні та розрахункова довжини магістральної мережі (L_I і L_{II}), які є сумою довжин усіх відповідних ділянок у межах району (табл. 17).

Для кожного району розраховується питома витрата води (табл.10):

- при максимальному водоспоживанні:

$$q_{\text{питI}} = \frac{q_{\text{насI}} + q_{\text{полI}}}{L_I} = \frac{127,41+0}{6688,5} = 0,019 \text{ л/с} \cdot \text{м};$$

$$q_{\text{питII}} = \frac{q_{\text{насII}} + q_{\text{полII}}}{L_{II}} = \frac{64,28+0}{6615} = 0,0097 \text{ л/с} \cdot \text{м};$$

- при мінімальному водоспоживанні:

$$q_{\text{питI}} = \frac{q_{\text{насI}} + q_{\text{полI}}}{L_I} = \frac{47,91+0}{6688,5} = 0,0071 \text{ л/с} \cdot \text{м};$$

$$q_{\text{питII}} = \frac{q_{\text{насII}} + q_{\text{полII}}}{L_{II}} = \frac{15,42+0}{6615} = 0,0023 \text{ л/с} \cdot \text{м}.$$

Дорожні витрати води q_d на кожній розрахунковій ділянці визначається окремо для кожного району як добуток питомої витрати води $q_{\text{пит}}$ для відповідного розрахункового режиму та розрахункової довжини цієї ділянки. Всі результати записуються у таблицю 17.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							40
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Визначення дорожніх витрат води

Ділянка	Фактична довжина, м	Розрахункова довжина, м	q _{д.мах} , л/с	q _{д.мін} , л/с
Район I				
1-2	1870	1870	35,53	13,27
2-5	840	840	15,96	5,96
5-9	1793	896,5	17,03	6,36
9-1	477	238,5	4,53	1,69
2-3	1075	1075	20,42	7,63
3-4	1143	1143	21,71	8,11
4-5	1305	652,5	12,39	4,63
Разом	7140	L_I = 6688,5	127,57	47,65
Район II				
9-5	1793	896,5	8,69	2,06
5-4	1305	625,5	6,06	1,43
4-6	1433	1433	13,9	3,29
6-7	1381	690,5	6,69	1,58
7-8	1719	859,5	8,33	1,97
8-9	1384	692	6,71	1,59
5-7	1418	1418	13,75	3,26
Разом	8560	L_{II} = 6615	64,13	15,18
Всього	15700	13303,5	191,7	62,83

У таблиці 18 для кожного розрахункового режиму визначаються вузлові витрати q_{вузл}, які розраховуються як половина суми всіх дорожніх витрат, що прилягають до відповідного вузла, л/с:

$$q_{\text{вузл.}} = \frac{\sum q_{\text{д}}}{2}.$$

Для лінії, що проходить по межі двох районів, повна дорожня витрата визначається як сума відповідних дорожніх витрат, розрахованих для цієї ділянки в кожному з районів.

У зосереджені витрати q_{зос} записуємо (з табл. 15) витрати підприємств q_{підпр}, що приєднані до вузлів 1, 3 і 6. Для режиму пожежогасіння призначаються розрахункові витрати води для гасіння пожеж q_{пож} у вузлах 7 і 8.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							41
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

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	20,03	69,56	89,59		89,59	7,48	0,00	7,48
2	35,95		35,95		35,95	13,43		13,43
3	21,06	52,09	73,15		73,15	7,87	0,00	7,87
4	27,03		27,03		27,03	8,73		8,73
5	36,94		36,94		36,94	11,85		11,85
6	10,29	27,83	38,12		38,12	2,43	26,44	28,87
7	14,38		14,38	25	39,38	3,4		3,4
8	7,52		7,52	25	32,52	1,78		1,78
9	18,48		18,48		18,48	5,85		5,85
Разом	191,68	149,48	341,16	50	391,16	62,82	26,44	89,26

						Кваліфікаційна робота	Лист
							42
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

3.7. Попередній розподіл витрат води по ділянкам мережі

Для кожного із розрахункових режимів будується окрема розрахункова схема мережі (рис. 5-7) з нанесенням: номерів вузлів і вузлових відборів, витрат водоводів від НС-П до мережі, номерів кілець.

Також на схемі вказується напрямок руху води магістральною мережею. Після цього виконується обчислення розрахункових витрат води на окремих ділянках трубопроводів.

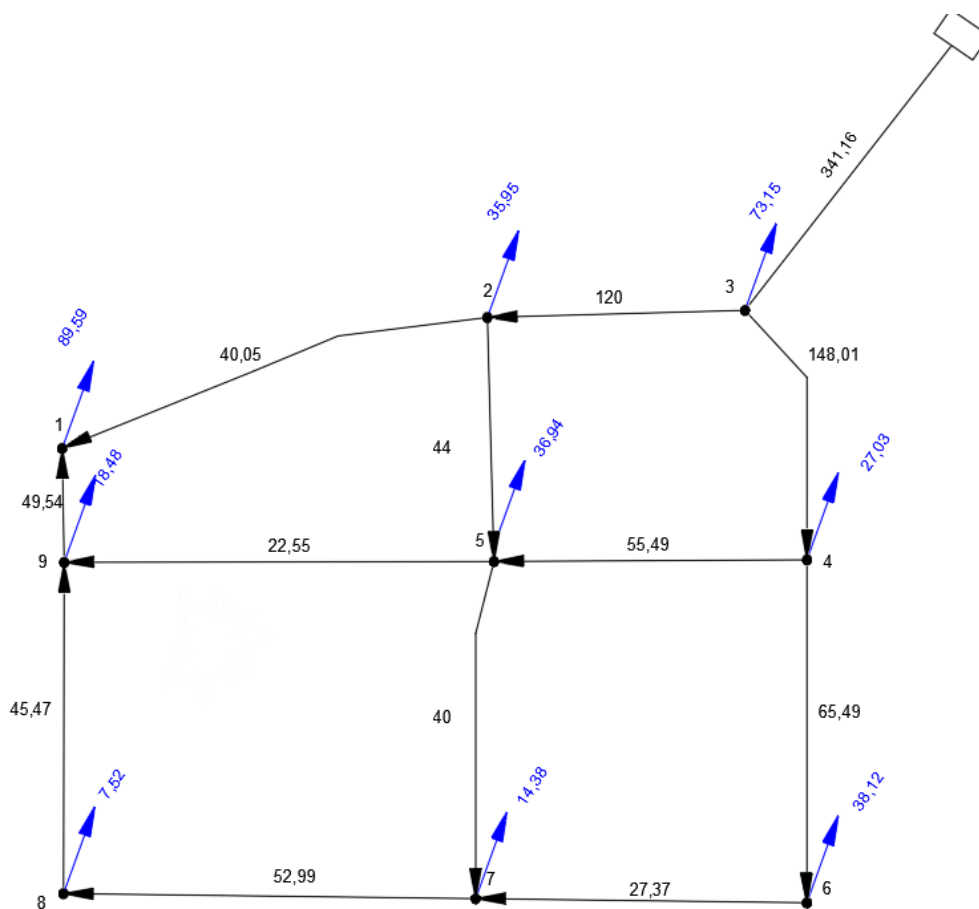


Рис. 5. Попередній розподіл витрат води для режиму макс. водоспоживання

						Кваліфікаційна робота	Лист
							43
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

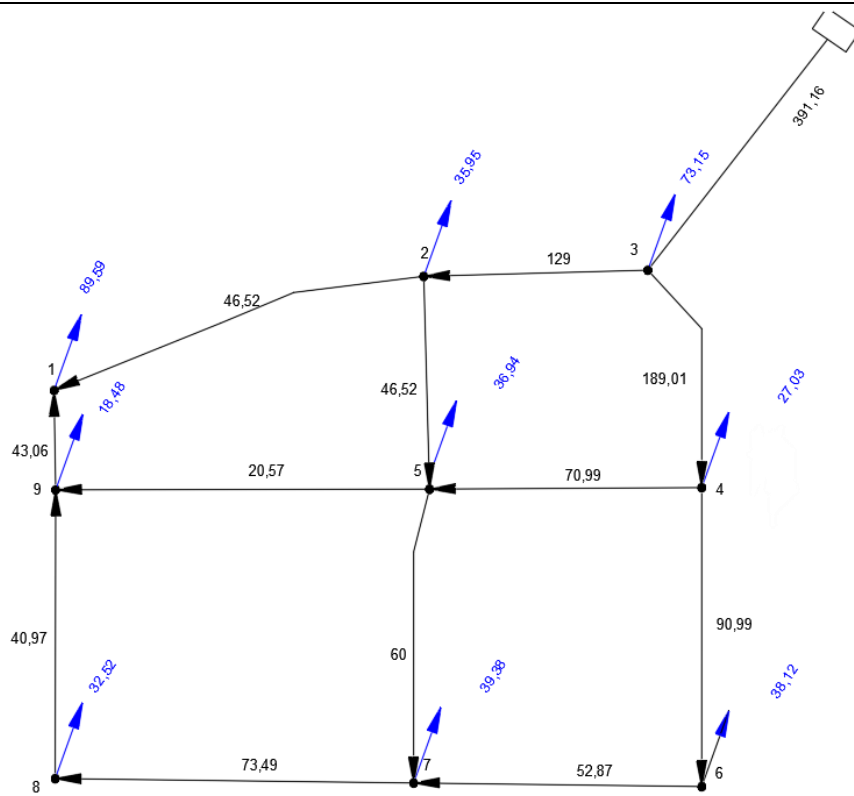


Рис. 6. Попередній розподіл витрат води для режиму пожежогашіння під час максимального водоспоживання

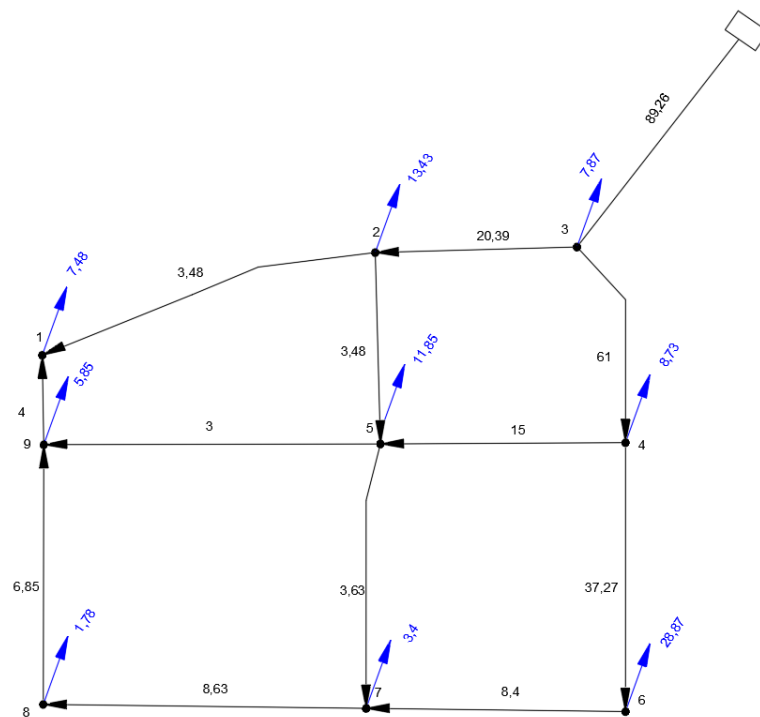


Рис. 7. Попередній розподіл витрат води для режиму мін. водоспоживання

						Кваліфікаційна робота	Лист
							44
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

3.8. Вибір матеріалу і діаметрів труб ділянок мережі

Для водопровідної мережі міста використовуються чавунні труби.

По більшій із визначених за попереднім розподілом витрат на ділянках мережі при режимах максимального та мінімального водоспоживання підбирають економічно вигідні діаметри основних магістральних ліній, використовуючи відповідні гідравлічні таблиці. Після цього перевіряється, чи здатні обрані діаметри забезпечити пропуск необхідного об'єму води в умовах пожежогасіння. Діаметри перемичок призначають на сортамент менше діаметра магістралей, до яких вони підключається. Усі результати записуються в табл. 19-21.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							45
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

3.9. Визначення втрат напору в трубах та ув'язка кілець

Гідравлічний розрахунок системи водопостачання здійснюється для всіх розрахункових режимів (табл. 19-21). Втрати напору на ділянках водопровідної мережі визначаються за формулою:

$$h = S \cdot q^2 = A \cdot K_1 \cdot l \cdot q^2, \quad \text{м,}$$

де q – витрата води на ділянці, л/с;

S – опір ділянки, що дорівнює:

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

де A – питомий гідравлічний опір трубопроводу, $(\text{с/л})^2$ (додаток 9 методичних вказівок);

K_1 – коефіцієнт поправки до A залежно від швидкості руху води V ;

l – довжина ділянки трубопроводу, м.

Оскільки питомий гідравлічний опір трубопроводу A і опір ділянки S в табл.14-16 визначені для витрат q в $\text{м}^3/\text{с}$, а значення витрат на ділянках мережі q подано в л/с, при розрахунках значення S необхідно ділити на 1000000.

Поправочна витрата кільця Δq_k визначається за формулою:

$$\Delta q_k = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \Sigma(Sq)} = \frac{|\Delta h|}{2 \Sigma\left(\frac{h}{q}\right)} \quad \text{л/с,}$$

де Δh – нев'язка кільця, м.

Якщо знак нев'язки кільця Δh зберігається зі знаком втрат напору на ділянці h , то поправочну витрату Δq_k віднімають від витрат води q на відповідній ділянці. Якщо знаки протилежні – витрату додають. При цьому також враховується поправочна витрата на лініях суміжних кілець (Δq суміжного кільця).

Розрахунок продовжують до досягнення допустимих нев'язок у всіх кільцях:

						Кваліфікаційна робота	Лист
							46
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Таблиця 19. Гідравлічний розрахунок мережі для режиму максимального водоспоживання

№ кільця	№ ділянки	L, м	D, мм	попередній потегорозподіл									перше наближення										
				q, л/с	V, м/с	A	K ₁	A _п	S	знак	h = S*q ²	h/q	□qкільця	□qсум.кільця	□q	q, л/с	V, м/с	K ₁	S	знак	h = S*q ²	h/q	
1	1-9	477	250	49,54	1,01	2,528	1,03	2,604	1242,03	1	3,05	0,06	-5,11		-5,11	44,43	0,91	1,040	1254,09	1	2,48	0,06	
	1-2	1870	250	40,05	0,82	2,528	1,058	2,675	5001,55	-1	-8,02	0,20	5,11		5,11	45,16	0,92	1,038	4907,00	-1	-10,01	0,22	
	2-5	840	250	44	0,90	2,528	1,042	2,634	2212,71	1	4,28	0,10	-5,11	11,44	6,33	50,33	1,03	1,027	2180,86	1	5,52	0,11	
	5-9	1793	200	22,55	0,72	8,092	1,082	8,756	15698,69	1	7,98	0,35	-5,11		9,95	4,84	27,39	0,87	1,046	15176,37	1	11,38	0,42
										□h кільця =	7,29	0,71									□h кільця =	9,37	0,80
									□q кільця =	5,11											□q кільця =	5,84	
2	2-3	1075	400	120	0,96	0,2189	1,035	0,227	243,55	-1	-3,51	0,03	11,44		11,44	131,44	1,05	1,024	240,97	-1	-4,16	0,03	
	3-4	1143	400	148,01	1,18	0,2189	1,0045	0,220	251,33	1	5,51	0,04	-11,44		-11,44	136,57	1,09	1,018	254,71	1	4,75	0,03	
	4-5	1305	250	55,49	1,13	2,528	1,0105	2,555	3333,68	1	10,26	0,18	-11,44	-1,02	-12,46	43,03	0,88	1,046	3450,80	1	6,39	0,15	
	2-5	840	250	44	0,90	2,528	1,042	2,634	2212,71	-1	-4,28	0,10	11,44	-5,11	6,33	50,33	1,03	1,027	2180,86	-1	-5,52	0,11	
										□h кільця =	7,98	0,35									□h кільця =	1,45	0,32
									□q кільця =	11,44											□q кільця =	2,24	
3	4-5	1305	250	55,49	1,13	2,528	1,0105	2,555	3333,68	-1	-10,26	0,18	-1,02	-11,44	-12,46	43,03	0,88	1,046	3450,80	-1	-6,39	0,15	
	4-6	1433	300	65,49	0,93	0,9485	1,038	0,985	1410,85	1	6,05	0,09	1,02		1,02	66,51	0,94	1,036	1408,13	1	6,23	0,09	
	6-7	1381	200	27,37	0,87	8,092	1,046	8,464	11689,10	1	8,76	0,32	1,02		1,02	28,39	0,90	1,040	11622,05	1	9,37	0,33	
	5-7	1418	250	40	0,82	2,528	1,058	2,675	3792,62	-1	-6,07	0,15	-1,02	-9,95	-10,97	29,03	0,59	1,118	4007,70	-1	-3,38	0,12	
										□h кільця =	-1,53	0,75									□h кільця =	5,83	0,69
									□q кільця =	1,02											□q кільця =	4,23	
4	5-7	1418	250	40	0,82	2,528	1,058	2,675	3792,62	1	6,07	0,15	-9,95	-1,02	-10,97	29,03	0,59	1,118	4007,70	1	3,38	0,12	
	7-8	1719	250	52,99	1,08	2,528	1,018	2,574	4423,85	1	12,42	0,23	-9,95		-9,95	43,04	0,88	1,046	4545,53	1	8,42	0,20	
	5-9	1793	200	22,55	0,72	8,092	1,082	8,756	15698,69	-1	-7,98	0,35	9,95	-5,11	4,84	27,39	0,87	1,046	15176,37	-1	-11,38	0,42	
	8-9	1384	250	45,47	0,93	2,528	1,038	2,624	3631,70	1	7,51	0,17	-9,95		-9,95	35,52	0,72	1,079	3775,15	1	4,76	0,13	
										□h кільця =	18,02	0,91									□h кільця =	5,18	0,86
									□q кільця =	9,95											□q кільця =	3,00	
									□h контура =	31,76											□h контура =	21,83	

№ кильця	№ ділянки	друге наближення										третє наближення										
		□qкільця	□qсум.кільця	□q	q, л/с	V, м/с	K ₁	S	знак	h = S*q ²	h/q	□qкільця	□qсум.кільця	□q	q, л/с	V, м/с	K ₁	S	знак	h = S*q ²	h/q	
1	1-9	-5,84		-5,84	38,59	0,79	1,064	1283,03	1	1,91	0,05	-2,19		2,19	36,40	0,74	1,073	1293,88	1	1,71	0,05	
	1-2	5,84		5,84	51,00	1,04	1,026	4847,91	-1	12,61	0,25	2,19		2,19	53,19	1,08	1,018	4812,45	-1	13,61	0,26	
	2-5	-5,84	2,24	-3,60	46,73	0,95	1,035	2197,84	1	4,80	0,10	-2,19	3,81	1,63	48,35	0,99	1,032	2191,47	1	5,12	0,11	
	5-9	-5,84	3,00	-2,84	24,55	0,78	1,064	15437,53	1	9,31	0,38	-2,19	3,57	1,38	25,93	0,83	1,056	15321,46	1	10,31	0,40	
										□h кільця =	3,41	0,78								□h кільця =	3,53	0,81
									□q кільця =	2,19										□q кільця =	2,19	
2	2-3	2,24		2,24	133,68	1,06	1,021	240,26	-1	-4,29	0,03	3,81		3,81	137,49	1,09	1,017	239,20	-1	-4,52	0,03	
	3-4	-2,24		-2,24	134,33	1,07	1,021	255,46	1	4,61	0,03	-3,81		-3,81	130,52	1,04	1,026	256,58	1	4,37	0,03	
	4-5	-2,24	4,23	1,99	45,03	0,92	1,039	3427,70	1	6,95	0,15	-3,81	1,43	2,38	42,65	0,87	1,048	3457,39	1	6,29	0,15	
	2-5	2,24	-5,84	-3,60	46,73	0,95	1,035	2197,84	-1	-4,80	0,10	3,81	-2,19	1,63	48,35	0,99	1,032	2191,47	-1	-5,12	0,11	
										□h кільця =	2,47	0,32								□h кільця =	1,01	0,32
									□q кільця =	3,81										□q кільця =	1,59	
3	4-5	4,23	-2,24	1,99	45,03	0,92	1,039	3427,70	-1	-6,95	0,15	1,43	-3,81	2,38	42,65	0,87	1,048	3457,39	-1	-6,29	0,15	
	4-6	-4,23		-4,23	62,28	0,88	1,044	1419,01	1	5,50	0,09	-1,43		-1,43	60,84	0,86	1,048	1424,44	1	5,27	0,09	
	6-7	-4,23		-4,23	24,16	0,77	1,068	11934,96	1	6,96	0,29	-1,43		-1,43	22,72	0,72	1,079	12057,88	1	6,23	0,27	
	5-7	4,23	-3,00	1,23	30,26	0,62	1,112	3986,19	-1	-3,65	0,12	1,43	-3,57	2,14	28,12	0,57	1,124	4029,21	-1	-3,19	0,11	
										□h кільця =	1,87	0,65								□h кільця =	2,02	0,62
	□								□q кільця =	1,43										□q кільця =	1,63	
4	5-7	-3,00	4,23	1,23	30,26	0,62	1,112	3986,19	1	3,65	0,12	-3,57	1,43	2,14	28,12	0,57	1,124	4029,21	1	3,19	0,11	
	7-8	-3,00		-3,00	40,04	0,82	1,058	4597,68	1	7,37	0,18	-3,57		-3,57	36,47	0,74	1,073	4662,86	1	6,20	0,17	
	5-9	3,00	-5,84	-2,84	24,55	0,78	1,064	15437,53	-1	-9,31	0,38	3,57	-2,19	1,38	25,93	0,83	1,056	15321,46	-1	10,31	0,40	
	8-9	-3,00		-3,00	32,52	0,66	1,097	3838,13	1	4,06	0,12	-3,57		-3,57	28,95	0,59	1,121	3922,10	1	3,29	0,11	
										□h кільця =	5,77	0,81								□h кільця =	2,37	0,79
									□q кільця =	3,57										□q кільця =	1,49	
									□h контура =	13,51										□h контура =	8,93	

№ кільця	№ ділянки	десяте наближення									
		□qкільця	□qсум.кільця	□q	q, л/с	V, м/с	K ₁	S	знак	h = S*q ²	h/q
1	1-9	-0,14		-0,14	31,09	0,63	1,106	1333,68	1	1,29	0,04
	1-2	0,14		0,14	58,50	1,19	1,002	4734,45	-1	-16,20	0,28
	2-5	-0,14	0,16	0,02	48,25	0,98	1,032	2191,47	1	5,10	0,11
	5-9	-0,14	0,15	0,01	25,51	0,81	1,058	15350,48	1	9,99	0,39
										□h кільця =	0,18
					□	□	□	□		□q кільця =	0,11
2	2-3	0,16		0,16	142,70	1,14	1,011	237,79	-1	-4,84	0,03
	3-4	-0,16		-0,16	125,31	1,00	1,031	257,96	1	4,05	0,03
	4-5	-0,16	0,10	-0,06	41,42	0,84	1,052	3470,59	1	5,95	0,14
	2-5	0,16	-0,14	0,02	48,25	0,98	1,032	2191,47	-1	-5,10	0,11
										□h кільця =	0,06
					□	□	□	□		□q кільця =	0,10
3	4-5	0,10	-0,16	-0,06	41,42	0,84	1,052	3470,59	-1	-5,95	0,14
	4-6	-0,10		-0,10	56,86	0,80	1,060	1440,75	1	4,66	0,08
	6-7	-0,10		-0,10	18,74	0,60	1,118	12493,71	1	4,39	0,23
	5-7	0,10	-0,15	-0,05	27,22	0,55	1,130	4050,72	-1	-3,00	0,11
										□h кільця =	0,09
					□	□	□	□		□q кільця =	0,08
4	5-7	-0,15	0,10	-0,05	27,22	0,55	1,130	4050,72	1	3,00	0,11
	7-8	-0,15		-0,15	31,58	0,64	1,103	4793,23	1	4,78	0,15
	5-9	0,15	-0,14	0,01	25,51	0,81	1,058	15350,48	-1	-9,99	0,39
	8-9	-0,15		-0,15	24,06	0,49	1,155	4041,06	1	2,34	0,10
										□h кільця =	0,13
					□	□	□	□		□q кільця =	0,09
									□h контура =	0,47	

Таблиця 20. Гідравлічний розрахунок мережі для режиму максимального + пожежного водоспоживання

№ кільця	№ ділянки	L, м	D, мм	попередній потік розподіл									перше наближення										
				q, л/с	V, м/с	A	K ₁	A _n	S	знак	h = S*q ²	h/q	□кільця	□qсум.кільця	□q	q, л/с	V, м/с	K ₁	S	знак	h = S*q ²	h/q	
1	1-9	477	250	43,06	0,88	2,528	1,046	2,644	1261,33	1	2,34	0,05	-2,28		-2,28	40,78	0,83	1,054	1270,97	1	2,11	0,05	
	1-2	1870	250	46,52	0,95	2,528	1,036	2,619	4897,54	-1	-	0,23	2,28		2,28	48,80	0,99	1,031	4873,91	-1	-11,61	0,24	
	2-5	840	250	46,52	0,95	2,528	1,036	2,619	2199,97	1	4,76	0,10	-2,28	1,05	-1,23	45,29	0,92	1,038	2204,21	1	4,52	0,10	
	5-9	1793	200	20,57	0,66	8,092	1,1	8,901	15959,85	1	6,75	0,33	-2,28	9,86	7,58	28,15	0,90	1,042	15118,33	1	11,98	0,43	
									□	□h кільця =	3,25	0,71									□h кільця =	7,01	0,82
								□	□q кільця =	2,28					□	□	□	□	□		□q кільця =	4,30	
2	2-3	1075	400	129	1,03	0,2189	1,027	0,225	241,67	-1	-4,02	0,03	1,05		1,05	130,05	1,04	1,026	241,32	-1	-4,08	0,03	
	3-4	1143	500	189,01	0,96	0,06778	1,034	0,070	80,11	1	2,86	0,02	-1,05		-1,05	187,96	0,96	1,035	80,18	1	2,83	0,02	
	4-5	1305	300	70,99	1,00	0,9485	1,03	0,977	1274,93	1	6,43	0,09	-1,05	4,49	3,44	74,43	1,05	1,023	1265,64	1	7,01	0,09	
	2-5	840	250	46,52	0,95	2,528	1,036	2,619	2199,97	-1	-4,76	0,10	1,05	-2,28	-1,23	45,29	0,92	1,038	2204,21	-1	-4,52	0,10	
									□	□h кільця =	0,50	0,24									□h кільця =	1,24	0,24
								□	□q кільця =	1,05					□	□	□	□	□		□q кільця =	2,58	
3	4-5	1305	300	70,99	1,00	0,9485	1,03	0,977	1274,93	-1	-6,43	0,09	4,49	-1,05	3,44	74,43	1,05	1,023	1265,64	-1	-7,01	0,09	
	4-6	1433	350	90,99	0,95	0,4365	1,036	0,452	648,02	1	5,37	0,06	-4,49		-4,49	86,50	0,90	1,042	651,78	1	4,88	0,06	
	6-7	1381	250	52,87	1,08	2,528	1,0195	2,577	3559,25	1	9,95	0,19	-4,49		-4,49	48,38	0,99	1,032	3602,89	1	8,43	0,17	
	5-7	1418	300	60	0,85	0,9485	1,052	0,998	1414,91	-1	-5,09	0,08	4,49	-9,86	-5,37	54,63	0,77	1,066	1433,74	-1	-4,28	0,08	
									□	□h кільця =	3,80	0,42									□h кільця =	2,02	0,40
								□	□q кільця =	4,49					□	□	□	□	□		□q кільця =	2,50	
4	5-7	1418	300	60	0,85	0,9485	1,052	0,998	1414,91	1	5,09	0,08	-9,86	4,49	-5,37	54,63	0,77	1,066	1433,74	1	4,28	0,08	
	7-8	1719	300	73,49	1,04	0,9485	1,024	0,971	1669,60	1	9,02	0,12	-9,86		-9,86	63,63	0,90	1,040	1695,69	1	6,87	0,11	
	5-9	1793	200	20,57	0,66	8,092	1,1	8,901	15959,85	-1	-6,75	0,33	9,86	-2,28	7,58	28,15	0,90	1,042	15118,33	-1	-11,98	0,43	
	8-9	1384	250	40,97	0,84	2,528	1,054	2,665	3687,68	1	6,19	0,15	-9,86		-9,86	31,11	0,63	1,106	3869,62	1	3,75	0,12	
									□	□h кільця =	13,55	0,69									□h кільця =	2,91	0,73
								□	□q кільця =	9,86					□	□	□	□	□		□q кільця =	1,99	
								□	□h контура =	21,10											□h контура =	13,18	

№ кильця	№ ділянки	друге наближення										третьє наближення									
		□qкільця	□qсум.кільця	□q	q, л/с	V, м/с	K ₁	S	знак	h = S*q ²	h/q	□qкільця	□qсум.кільця	q	q, л/с	V, м/с	K ₁	S	знак	h = S*q ²	h/q
1	1-9	-4,30		-4,30	36,48	0,74	1,073	1293,88	1	1,72	0,05	-1,63		-	34,85	0,71	1,082	1304,74	1	1,58	0,05
	1-2	4,30		4,30	53,10	1,08	1,018	4812,45	-1	-13,57	0,26	1,63		1,63	54,73	1,12	1,014	4791,18	-1	-14,35	0,26
	2-5	-4,30	2,58	-1,72	43,57	0,89	1,044	2216,95	1	4,21	0,10	-1,63	2,76	1,14	44,71	0,91	1,039	2206,34	1	4,41	0,10
	5-9	-4,30	1,99	-2,31	25,84	0,82	1,056	15321,46	1	10,23	0,40	-1,63	2,83	1,20	27,03	0,86	1,048	15205,39	1	11,11	0,41
										□h кільця =	2,59	0,80								□h кільця =	2,76
					□	□	□	□	□q кільця =	1,63					□	□	□	□	□q кільця =	1,69	
2	2-3	2,58		2,58	132,63	1,06	1,023	240,61	-1	-4,23	0,03	2,76		2,76	135,40	1,08	1,020	239,91	-1	-4,40	0,03
	3-4	-2,58		-2,58	185,38	0,94	1,036	80,26	1	2,76	0,01	-2,76		-	182,61	0,93	1,037	80,34	1	2,68	0,01
	4-5	-2,58	2,50	-0,07	74,35	1,05	1,023	1265,64	1	7,00	0,09	-2,76	1,12	1,64	72,71	1,03	1,027	1271,21	1	6,72	0,09
	2-5	2,58	-4,30	-1,72	43,57	0,89	1,044	2216,95	-1	-4,21	0,10	2,76	-1,63	1,14	44,71	0,91	1,039	2206,34	-1	-4,41	0,10
										□h кільця =	1,31	0,24								□h кільця =	0,59
					□	□	□	□	□q кільця =	2,76					□	□	□	□	□q кільця =	1,24	
3	4-5	2,50	-2,58	-0,07	74,35	1,05	1,023	1265,64	-1	-7,00	0,09	1,12	-2,76	-	72,71	1,03	1,027	1271,21	-1	-6,72	0,09
	4-6	-2,50		-2,50	83,99	0,87	1,046	654,28	1	4,62	0,05	-1,12		-	82,87	0,86	1,048	655,53	1	4,50	0,05
	6-7	-2,50		-2,50	45,87	0,94	1,037	3620,34	1	7,62	0,17	-1,12		-	44,75	0,91	1,039	3627,32	1	7,26	0,16
	5-7	2,50	-1,99	0,52	55,15	0,78	1,064	1431,05	-1	-4,35	0,08	1,12	-2,83	-	53,45	0,76	1,070	1439,12	-1	-4,11	0,08
										□h кільця =	0,89	0,39								□h кільця =	0,93
					□	□	□	□	□q кільця =	1,12					□	□	□	□	□q кільця =	1,21	
4	5-7	-1,99	2,50	0,52	55,15	0,78	1,064	1431,05	1	4,35	0,08	-2,83	1,12	-	53,45	0,76	1,070	1439,12	1	4,11	0,08
	7-8	-1,99		-1,99	61,64	0,87	1,046	1705,47	1	6,48	0,11	-2,83		-	58,82	0,83	1,054	1718,52	1	5,94	0,10
	5-9	1,99	-4,30	-2,31	25,84	0,82	1,056	15321,46	-1	-10,23	0,40	2,83	-1,63	1,20	27,03	0,86	1,048	15205,39	-1	-11,11	0,41
	8-9	-1,99		-1,99	29,12	0,59	1,118	3911,60	1	3,32	0,11	-2,83		-	26,30	0,54	1,138	3981,58	1	2,75	0,10
										□h кільця =	3,92	0,69								□h кільця =	1,70
					□	□	□	□	□q кільця =	2,83					□	□	□	□	□q кільця =	1,22	
									□h контура =	8,71									□h контура =	5,98	

№ кільця	№ ділянки	десяте наближення									
		□qкільця	□qсум.кільця	□q	q, л/с	V, м/с	K ₁	S	знак	h = S*q ²	h/q
1	1-9	-0,17		-0,17	30,49	0,62	1,109	1337,29	1	1,24	0,04
	1-2	0,17		0,17	59,09	1,20	1,000	4727,36	-1	-16,50	0,28
	2-5	-0,17	0,15	-0,02	44,59	0,91	1,040	2208,46	1	4,39	0,10
	5-9	-0,17	0,13	-0,04	26,87	0,86	1,050	15234,40	1	11,00	0,41
										□h кільця =	0,13
					□	□	□	□	□q кільця =	0,08	
2	2-3	0,15		0,15	139,64	1,11	1,014	238,49	-1	-4,65	0,03
	3-4	-0,15		-0,15	178,37	0,91	1,040	80,57	1	2,56	0,01
	4-5	-0,15	0,11	-0,04	71,62	1,01	1,029	1273,07	1	6,53	0,09
	2-5	0,15	-0,17	-0,02	44,59	0,91	1,040	2208,46	-1	-4,39	0,10
										□h кільця =	0,05
					□	□	□	□	□q кільця =	0,11	
3	4-5	0,11	-0,15	-0,04	71,62	1,01	1,029	1273,07	-1	-6,53	0,09
	4-6	-0,11		-0,11	79,73	0,83	1,056	660,53	1	4,20	0,05
	6-7	-0,11		-0,11	41,61	0,85	1,052	3672,71	1	6,36	0,15
	5-7	0,11	-0,13	-0,02	52,39	0,74	1,073	1443,16	-1	-3,96	0,08
										□h кільця =	0,07
					□	□	□	□	□q кільця =	0,09	
4	5-7	-0,13	0,11	-0,02	52,39	0,74	1,073	1443,16	1	3,96	0,08
	7-8	-0,13		-0,13	54,62	0,77	1,066	1738,08	1	5,19	0,09
	5-9	0,13	-0,17	-0,04	26,87	0,86	1,050	15234,40	-1	-11,00	0,41
	8-9	-0,13		-0,13	22,10	0,45	1,175	4111,03	1	2,01	0,09
										□h кільця =	0,15
					□	□	□	□	□q кільця =	0,11	
									□h контура =	0,40	

Таблиця 21. Гідравлічний розрахунок мережі для режиму мінімального водоспоживання

№ кільця	№ ділянки	L, м	D, мм	попередній потікорозподіл									перше наближення										
				q, л/с	V, м/с	A	K ₁	A _п	S	знак	$h = S \cdot q^2$	h/q	□q кільця	□q сум.кільця	□q	q, л/с	V, м/с	K ₁	S	знак	$h = S \cdot q^2$	h/q	
1	1-9	477	100	4	0,51	311,7	1,15	358,455	170983,04	1	2,74	0,68	-0,34		-0,34	3,66	0,47	1,170	173956,65	1	2,32	0,64	
	1-2	1870	100	3,48	0,44	311,7	1,18	367,806	687797,22	-1	-8,33	2,39	0,34		0,34	3,82	0,49	1,160	676139,64	-1	-9,89	2,59	
	2-5	840	100	3,48	0,44	311,7	1,18	367,806	308957,04	1	3,74	1,08	-0,34	1,89	1,55	5,03	0,64	1,103	288796,28	1	7,30	1,45	
	5-9	1793	100	3	0,38	311,7	1,216	379,027	679595,77	1	6,12	2,04	-0,34	2,67	2,32	5,32	0,68	1,094	611412,64	1	17,32	3,25	
											□h кільця =	4,26	6,19								□h кільця =	17,05	7,93
											□q кільця =	0,34									□q кільця =	1,08	
2	2-3	1075	200	20,39	0,65	8,092	1,103	8,925	9594,89	-1	-3,99	0,20	1,89		1,89	22,28	0,71	1,085	9438,31	-1	-4,69	0,21	
	3-4	1143	300	61	0,86	0,9485	1,048	0,994	1136,17	1	4,23	0,07	-1,89		-1,89	59,11	0,84	1,054	1142,68	1	3,99	0,07	
	4-5	1305	150	15	0,85	37,11	1,052	39,040	50946,83	1	11,46	0,76	-1,89	1,40	-0,50	14,50	0,82	1,056	51140,55	1	10,76	0,74	
	2-5	840	100	3,48	0,44	311,7	1,18	367,806	308957,04	-1	-3,74	1,08	1,89	-0,34	1,55	5,03	0,64	1,103	288796,28	-1	-7,30	1,45	
											□h кільця =	7,96	2,10								□h кільця =	2,77	2,47
											□q кільця =	1,89									□q кільця =	0,56	
3	4-5	1305	150	15	0,85	37,11	1,052	39,040	50946,83	-1	-11,46	0,76	1,40	-1,89	-0,50	14,50	0,82	1,056	51140,55	-1	-10,76	0,74	
	4-6	1433	250	37,27	0,76	2,528	1,07	2,705	3876,21	1	5,38	0,14	-1,40		-1,40	35,87	0,73	1,076	3897,94	1	5,02	0,14	
	6-7	1381	100	8,4	1,07	311,7	1,0195	317,778	438851,63	1	30,97	3,69	-1,40		-1,40	7,00	0,89	1,042	448536,92	1	22,00	3,14	
	5-7	1418	100	3,63	0,46	311,7	1,17	364,689	517129,00	-1	-6,81	1,88	1,40	-2,67	-1,27	2,36	0,30	1,280	565747,97	-1	-3,15	1,33	
											□h кільця =	18,07	6,47								□h кільця =	13,11	5,36
											□q кільця =	1,40									□q кільця =	1,22	
4	5-7	1418	100	3,63	0,46	311,7	1,17	364,689	517129,00	1	6,81	1,88	-2,67	1,40	-1,27	2,36	0,30	1,280	565747,97	1	3,15	1,33	
	7-8	1719	100	8,63	1,10	311,7	1,0165	316,843	544653,20	1	40,56	4,70	-2,67		-2,67	5,96	0,76	1,070	573319,16	1	20,39	3,42	
	5-9	1793	100	3	0,38	311,7	1,216	379,027	679595,77	-1	-6,12	2,04	2,67	-0,34	2,32	5,32	0,68	1,094	611412,64	-1	-17,32	3,25	
	8-9	1384	100	6,85	0,87	311,7	1,046	326,038	451236,87	1	21,17	3,09	-2,67		-2,67	4,18	0,53	1,138	490925,01	1	8,59	2,05	
											□h кільця =	62,44	11,71								□h кільця =	14,81	10,06
											□q кільця =	2,67									□q кільця =	0,74	
										□h контура =	92,73									□h контура =	47,74		

№ кільця	№ ділянки	друге наближення										третє наближення									
		□qкільця	□qсум.кільця	□q	q, л/с	V, м/с	K ₁	S	знак	h = S*q ²	h/q	□qкільця	□qсум.кільця	□q	q, л/с	V, м/с	K ₁	S	знак	h = S*q ²	h/q
1	1-9	-1,08		-1,08	2,58	0,33	1,264	187932,66	1	1,25	0,48	-0,44		-0,44	2,14	0,27	1,310	194771,98	1	0,89	0,42
	1-2	1,08		1,08	4,90	0,62	1,109	646412,81	-1	15,52	3,17	0,44		0,44	5,34	0,68	1,091	635920,99	-1	-18,12	3,39
	2-5	-1,08	0,56	-0,52	4,51	0,57	1,124	294294,67	1	5,99	1,33	-0,44	0,99	0,56	5,07	0,65	1,103	288796,28	1	7,42	1,46
	5-9	-1,08	0,74	-0,34	4,98	0,63	1,106	618119,18	1	15,35	3,08	-0,44	0,59	0,15	5,14	0,65	1,100	614765,91	1	16,22	3,16
										□h кільця =	7,07	8,06								□h кільця =	6,41
									□q кільця =	0,44									□q кільця =	0,38	
2	2-3	0,56		0,56	22,84	0,73	1,079	9386,11	-1	-4,90	0,21	0,99		0,99	23,84	0,76	1,070	9307,82	-1	-5,29	0,22
	3-4	-0,56		-0,56	58,55	0,83	1,056	1144,85	1	3,92	0,07	-0,99		-0,99	57,55	0,81	1,058	1147,02	1	3,80	0,07
	4-5	-0,56	1,22	0,66	15,17	0,86	1,050	50849,98	1	11,70	0,77	-0,99	0,40	-0,60	14,57	0,82	1,056	51140,55	1	10,86	0,75
	2-5	0,56	-1,08	-0,52	4,51	0,57	1,124	294294,67	-1	-5,99	1,33	0,99	-0,44	0,56	5,07	0,65	1,103	288796,28	-1	-7,42	1,46
										□h кільця =	4,74	2,38								□h кільця =	1,95
									□q кільця =	0,99									□q кільця =	0,39	
3	4-5	1,22	-0,56	0,66	15,17	0,86	1,050	50849,98	-1	11,70	0,77	0,40	-0,99	-0,60	14,57	0,82	1,056	51140,55	-1	-10,86	0,75
	4-6	-1,22		-1,22	34,65	0,71	1,085	3930,55	1	4,72	0,14	-0,40		-0,40	34,25	0,70	1,088	3941,41	1	4,62	0,14
	6-7	-1,22		-1,22	5,78	0,74	1,076	463172,49	1	15,48	2,68	-0,40		-0,40	5,38	0,69	1,091	469629,35	1	13,61	2,53
	5-7	1,22	-0,74	0,49	2,85	0,36	1,232	544532,42	-1	-4,41	1,55	0,40	-0,59	-0,19	2,65	0,34	1,256	555140,19	-1	-3,91	1,47
										□h кільця =	4,08	5,14								□h кільця =	3,47
									□q кільця =	0,40									□q кільця =	0,36	
4	5-7	-0,74	1,22	0,49	2,85	0,36	1,232	544532,42	1	4,41	1,55	-0,59	0,40	-0,19	2,65	0,34	1,256	555140,19	1	3,91	1,47
	7-8	-0,74		-0,74	5,23	0,67	1,097	587786,09	1	16,06	3,07	-0,59		-0,59	4,64	0,59	1,118	599038,15	1	12,87	2,78
	5-9	0,74	-1,08	-0,34	4,98	0,63	1,106	618119,18	-1	15,35	3,08	0,59	-0,44	0,15	5,14	0,65	1,100	614765,91	-1	-16,22	3,16
	8-9	-0,74		-0,74	3,45	0,44	1,185	511200,47	1	6,08	1,76	-0,59		-0,59	2,86	0,36	1,232	531475,93	1	4,33	1,52
										□h кільця =	11,20	9,47								□h кільця =	4,89
									□q кільця =	0,59									□q кільця =	0,27	
									□h контура =	27,09									□h контура =	16,72	

№ кільця	№ ділянки	десяте наближення									
		□qкільця	□qсум.кільця	□q	q, л/с	V, м/с	K ₁	S	знак	h = S*q ²	h/q
1	1-9	-0,02		-0,02	1,27	0,16	1,410	209640,07	1	0,34	0,27
	1-2	0,02		0,02	6,21	0,79	1,062	619017,50	-1	-23,88	3,85
	2-5	-0,02	0,03	0,01	5,36	0,68	1,091	285654,35	1	8,19	1,53
	5-9	-0,02	0,02	0,00	5,03	0,64	1,103	616442,54	1	15,60	3,10
										□h кільця =	0,25
									□q кільця =	0,01	
2	2-3	0,03		0,03	25,00	0,80	1,062	9238,23	-1	-5,77	0,23
	3-4	-0,03		-0,03	56,39	0,80	1,062	1151,35	1	3,66	0,06
	4-5	-0,03	0,02	-0,01	14,22	0,81	1,060	51334,26	1	10,38	0,73
	2-5	0,03	-0,02	0,01	5,36	0,68	1,091	285654,35	-1	-8,19	1,53
										□h кільця =	0,08
									□q кільця =	0,02	
3	4-5	0,02	-0,03	-0,01	14,22	0,81	1,060	51334,26	-1	-10,38	0,73
	4-6	-0,02		-0,02	33,44	0,68	1,091	3952,28	1	4,42	0,13
	6-7	-0,02		-0,02	4,57	0,58	1,121	482543,08	1	10,08	2,21
	5-7	0,02	-0,02	0,00	2,70	0,34	1,248	551604,27	-1	-4,02	1,49
										□h кільця =	0,10
									□q кільця =	0,01	
4	5-7	-0,02	0,02	0,00	2,70	0,34	1,248	551604,27	1	4,02	1,49
	7-8	-0,02		-0,02	3,87	0,49	1,155	618863,21	1	9,26	2,39
	5-9	0,02	-0,02	0,00	5,03	0,64	1,103	616442,54	-1	-15,60	3,10
	8-9	-0,02		-0,02	2,09	0,27	1,320	569438,50	1	2,48	1,19
										□h кільця =	0,16
									□q кільця =	0,01	
									□h контура =	0,50	

Гідравлічний розрахунок трубопроводів на відгалуженнях для підключення підприємств (для двох режимів), а також розрахунок водоводів для всіх передбачених режимів подачі води здійснюється за таблицею 22. Для підвищення надійності системи водопостачання передбачено прокладання трубопроводів у дві нитки.

Таблиця 22

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
1 - № 1	0,092	200	69,56/2=34,78	1,09	10,2	0,93
2 - № 2	0,064	200	52,09/2=26,04	0,81	5,88	0,37
6 - № 3	0,086	150	27,83/2=13,91	0,77	7,77	0,66
НС-П – 9 (max)	1,1	400	341,16/2=170,58	1,34	6,33	6,96
НС-П – 9 (max+пож)	1,1	400	391,16/2=195,58	1,55	8,42	9,26
НС-П – 9 (min)	1,1	400	89,26/2=44,63	0,90	5,34	5,87

						Кваліфікаційна робота	Лист
							56
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

3.10. Визначення вільних напорів і п'єзометричних відміток у вузлах водопровідної мережі та напору насосів

Вільні напори розраховуються в усіх вузлах магістральної мережі для кожного розрахункового режиму роботи системи водопостачання. З цією метою складаються розрахункові схеми мережі (рис. 8-10), на яких відображаються значення, отримані під час гідравлічного розрахунку.

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

$$H_{тр} = 4(n - 1) + 10;$$

$$H_{тр} = 4(6-1) + 10 = 30 \text{ м (перший район);}$$

$$H_{тр} = 4(4-1) + 10 = 22 \text{ м (другий район).}$$

Значення фактичних вільних напорів у вузлах визначаються за формулою:

$$H_{віль.і} = \Pi_i - Z_{з.і},$$

де Π_i – п'єзометрична відмітка у i -му вузлі водопровідної мережі;

$Z_{з.і}$ – відмітка поверхні землі у цій же точці.

На початковому етапі розрахунку п'єзометричну відмітку Π_i для диктуючої точки визначається як суму відмітки поверхні землі і потрібного вільного напору.

Для інших вузлів п'єзометричні відмітки визначаються при послідовному обході мережі за формулою:

$$\Pi_{i+1} = \Pi_i \pm h_i, \text{ м,}$$

де h_i – втрати напору між точками. Знак «-» ставиться, якщо напрям обходу відповідає напрямку руху води, у протилежному випадку використовують знак «+».

Диктуюча точка для режиму максимального водоспоживання – вузол 1. Для режиму пожежогасіння необхідно, щоб вільні напори в усіх вузлах не були меншими за 10 м.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							57
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

На основі виконаного гідравлічного розрахунку та визначених значень напорів і п'езометричних відміток складаються розрахункові схеми для кожного з режимів роботи системи:

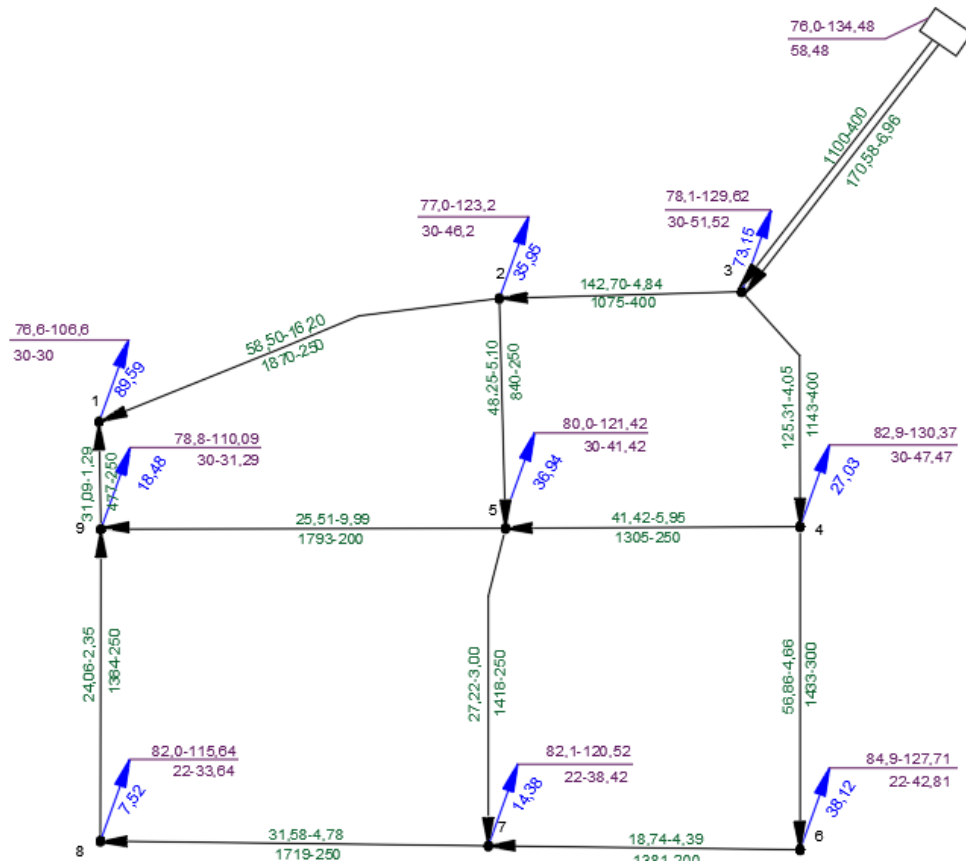


Рис. 8. Розрахункова схема мережі для режиму максимального водоспоживання

						Кваліфікаційна робота	Лист
							58
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

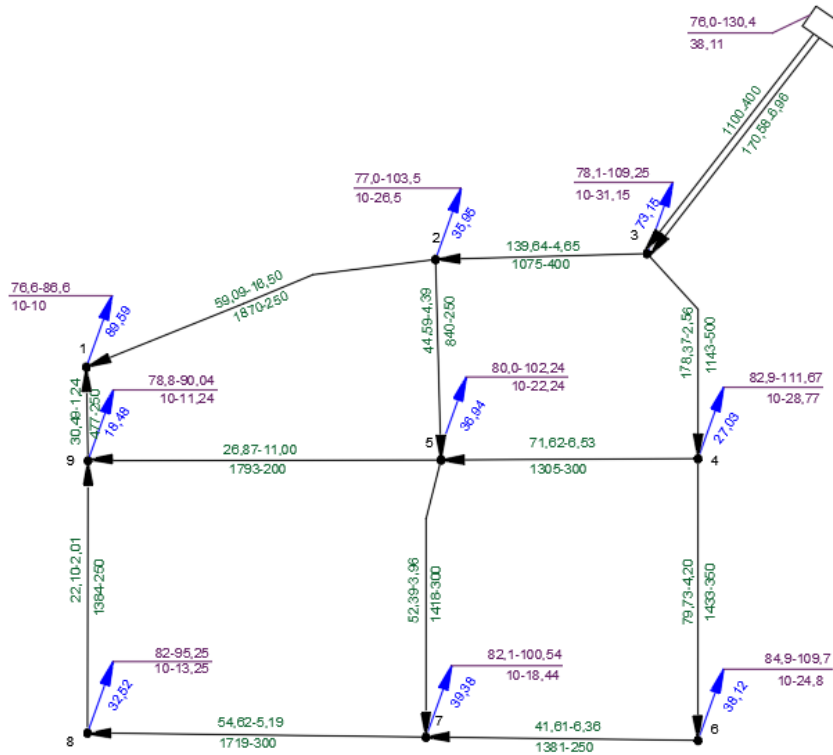


Рис. 9. Розрахункова схема мережі для режиму пожежогасіння під час максимального водоспоживання

						Кваліфікаційна робота	Лист
							59
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

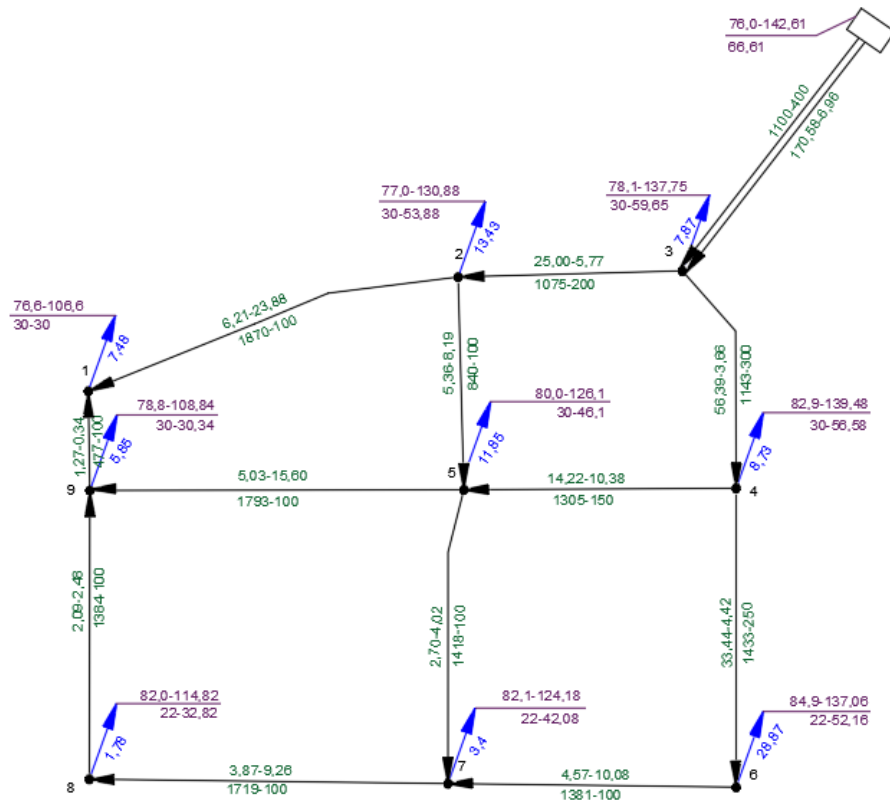
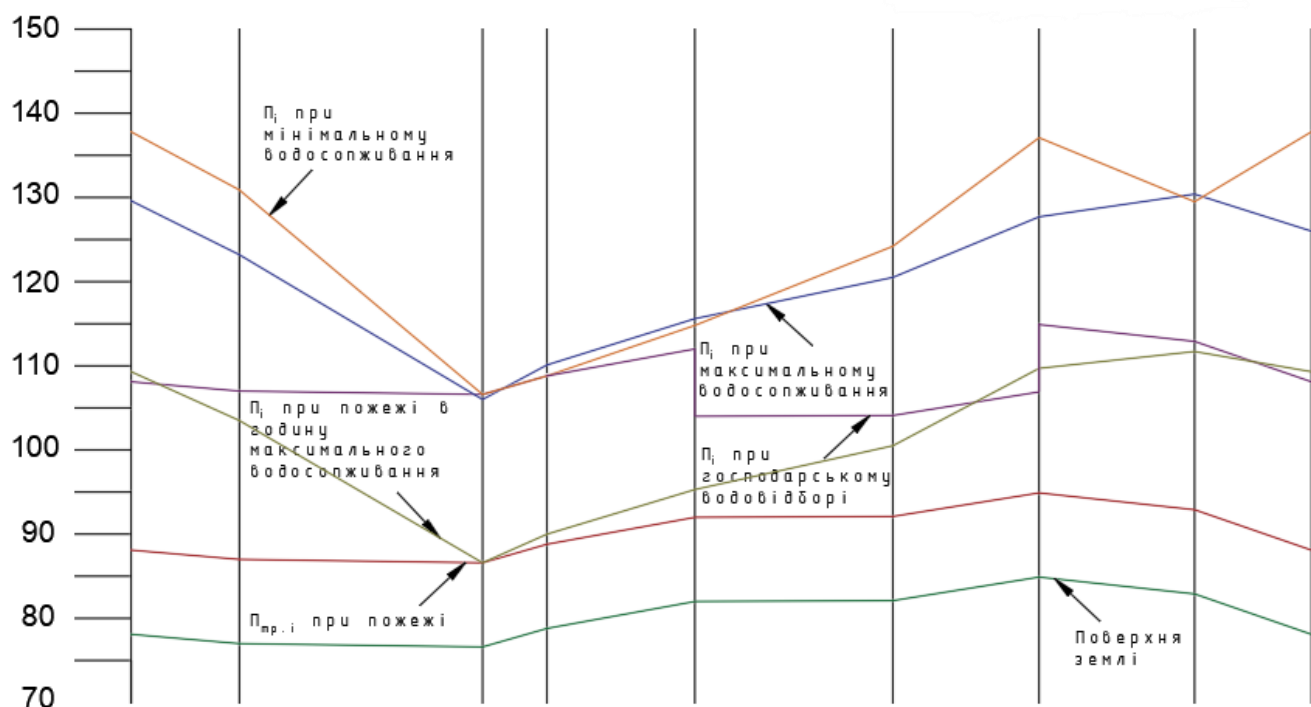


Рис. 10. Розрахункова схема мережі для режиму мінімального водоспоживання

Після цього будується профіль по зовнішньому контуру водопровідної мережі (рис.11).

						Кваліфікаційна робота	Лист
							60
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		



№ вузла	3	2	1	9	8	7	6	4	3
$l, \text{м}$	1075	1870	477	1384	1719	1381	1433	1143	
$Z_{\text{землі}}, \text{м}$	78,1	77,0	76,6	78,8	82,0	82,1	84,9	82,9	78,1
$P_i, \text{м}$	129,6	123,2	106,6	110,1	115,6	120,5	127,7	130,4	129,6
$P_i \text{ пож.}, \text{м}$	109,3	103,5	86,6	90,0	95,3	100,5	109,7	111,7	109,3
$P_i \text{ min}, \text{м}$	137,8	130,9	106,6	108,8	114,8	124,2	137,1	139,5	137,8
$P_{\text{тр. госп.}}, \text{м}$	108,1	107,0	106,6	108,8	104,0	104,1	106,9	112,9	108,1
$P_{\text{тр. пож.}}, \text{м}$	88,1	87,0	86,6	88,8	92,0	92,1	94,9	92,9	88,1

Рис. 11. Графік потрібних та фактичних п'єзометричних напорів

						Кваліфікаційна робота	Лист
							61
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

ЗАХИСТ ВІД ПІДТОПЛЕННЯ

Консультант / _____ /

Здобувач(ка) / _____ /

						Кваліфікаційна робота	Лист
							62
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

4.1. Встановлення характеристики водоносного пласта та визначення розрахункових відміток на його розрізу

На основі аналізу даних місцевості щодо типу ґрунтів водоносного горизонту та розмірів його частинок встановлено такі основні характеристики водоносного пласта:

- коефіцієнт фільтрації $K_f = 25$ м/доб;
- радіус депресійної воронки $R = 300$ м.

На генеральному плані населеного пункту визначено орієнтовне місце розташування захисних гідротехнічних споруд, призначених для запобігання підтопленню території з боку водосховища. Розміщення споруд запроектовано перпендикулярно до напрямку фільтраційного потоку, охоплюючи забудовані ділянки. Відповідно, нанесено лінію протифільтраційної завіси, вздовж якої передбачено облаштування дренажних свердловин (рис. 12).

						Кваліфікаційна робота	Лист
							63
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

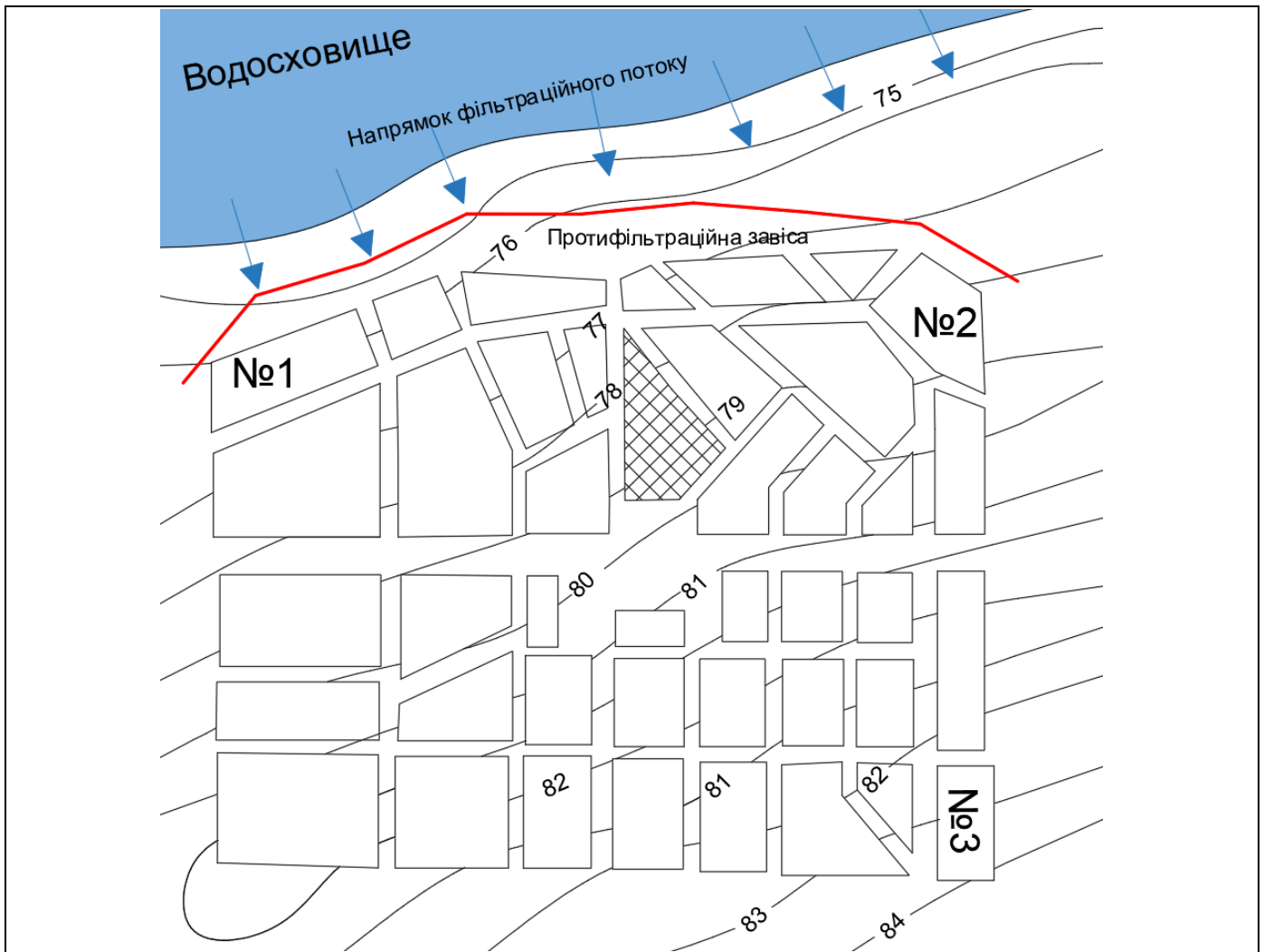


Рис. 12 Побудова лінії протифільтраційної завіси генплані населеного пункту

З урахуванням масштабу генплану визначається загальна довжина протифільтраційної завіси: $L_{пз} = 3900$ м.

У найнижчій точці траси майбутньої завіси визначається відмітка статичного рівня ґрунтових вод за формулою:

$$Z_{ст} = Z_3 - h_{ст} = 75 - 0,9 = 74,1 \text{ м,}$$

де Z_3 – геодезична відмітка поверхні землі у найнижчій точці запроектованих дренажних свердловин.

Відмітка розташування водоупора:

$$Z_{ву} = Z_{ст} - H_{ст} = 74,1 - 24 = 50,1 \text{ м.}$$

						Кваліфікаційна робота	Лист
							64
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Визначається допустиме зниження статичного рівня води у свердловині під час сифонного відкачування: $S_{\text{доп}} = 6$ м.

Відмітка динамічного рівня води у свердловині розраховується за формулою:

$$Z_{\text{дин}} = Z_{\text{ст}} - S_{\text{доп}} = 74,1 - 6 = 68,1 \text{ м.}$$

З огляду на невелику потужність водоносного шару ($H_{\text{ст}} = 24$ м), проектується свердловини досконалого типу, які повністю розкривають водоносний пласт до водоупору. На геологічному розрізі умовно зображується типова дренажна свердловина (рис. 13), визначається положення статичного й динамічного рівнів з відповідними відмітками, а також будується крива депресії, що відображає формування депресійної воронки та радіус її впливу.

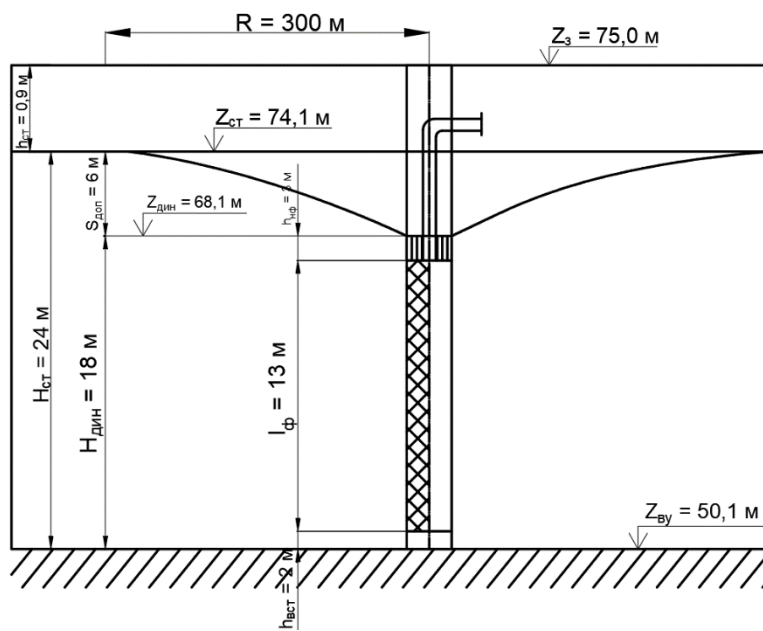


Рис. 13 Типова свердловина протифільтраційного захисту

						Кваліфікаційна робота	Лист
							65
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

4.2. Вибір типу фільтра та його розрахунок

Для водоносної породи, що представлена піском середньої крупності, обирається сітчастий фільтр, приклад конструкції якого подано на рис. 14.

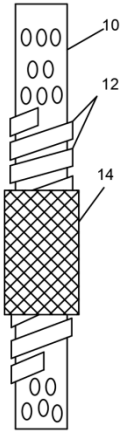


Рис. 14. Сітчастий фільтр свердловини

10 – дірчастий каркас;

12 – дротяна обмотка;

14 – сітка.

Сітчастий фільтр виготовляється шляхом намотування сітки галунного або рапсового плетива на трубчастий каркас із підмоткою.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							66
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

4.3. Визначення орієнтовного дебіту свердловини

Максимальний дебіт свердловини $Q_{\text{макс}}$ визначається з урахуванням площі фільтрувальної поверхні фільтра F_{ϕ} та допустимої швидкості руху V_{ϕ} у зоні її надходження з водоносного пласта до свердловини:

$$F_{\phi} = \pi D_{\phi} l_{\phi}, \text{ м}^2,$$

де D_{ϕ} – діаметр фільтра (приймаємо $D_{\phi} = 200 \text{ мм} = 0,2 \text{ м}$);

l_{ϕ} – довжина робочої частини фільтра, м.

Для свердловин, що повністю розкривають водоносний пласт, довжина фільтра розраховується за формулою:

$$l_{\phi} = H_{\text{ст}} - S_{\text{доп}} - h_{\text{нф}} - h_{\text{вст}} = 24 - 6 - 3 - 2 = 13 \text{ м},$$

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

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

$$\text{Отже } F_{\phi} = \pi D_{\phi} l_{\phi} = 3,14 \cdot 0,2 \cdot 13 = 8,2 \text{ м}^2.$$

Допустима швидкість фільтрації для сітчастого фільтра визначається за формулою:

$$V_{\phi} = 65 \sqrt[3]{100} = 65 \cdot \sqrt[3]{25} = 190,1 \text{ м/добу}.$$

Таким чином, максимальний дебіт свердловини дорівнює:

$$Q_{\text{макс}} = F_{\phi} V_{\phi} = 8,2 \cdot 190,1 = 1558,8 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Орієнтовне значення розрахункового дебіту свердловини приймається на 10-20 % нижчими за максимальний.

$$\text{Отже } Q_p = 0,85 \cdot Q_{\text{макс}} = 1324,98 \text{ м}^3/\text{добу} = 55,2 \text{ м}^3/\text{год} = 15,3 \text{ л/с}.$$

						Кваліфікаційна робота	Лист
							67
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

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

На генеральному плані міста вздовж лінії протифільтраційної завіси виконується розміщення інженерних споруд, призначених для захисту території від підтоплення. До таких споруд належать дренажні свердловини, гілки сифонних збірних водоводів та водозбірні колодязі з насосними станціями.

При розрахунковій витраті води однієї свердловини $Q_p = 55,2$ м³/год, що експлуатується у гравелистих водоносних породах, рекомендована відстань між свердловинами становить 150-200 м. Проте для підвищення ефективності роботи протифільтраційної завіси доцільно зменшити цей інтервал. У попередніх проектних рішеннях прийнято відстань між дренажними свердловинами $l = 100$ м, за якою виконується їх компонування вздовж захисної лінії.

Кількість необхідних дренажних свердловин розраховується за формулою:

$$n_{св} = 1(L_{пз}/l) = 1 + (3900/100) = 40 \text{ свердловин.}$$

На генплані визначаються місця встановлення збірних колодязів для приймання дренажних вод із насосними станціями та проектується системи сифонних водоводів, що транспортують воду до них. На початковому етапі досліджень передбачається, що кожна гілка водоводу обслуговуватиме п'ять свердловин. Отже, планується створення чотирьох збірних колодязів, до кожного з яких підведено чотири окремі ділянки водоводу. Кожна ділянка включає 10 дренажних свердловин, відповідну гілку сифонного водоводу та водозбірний колодязь з насосною станцією (рис. 15).

						Кваліфікаційна робота	Лист
							68
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

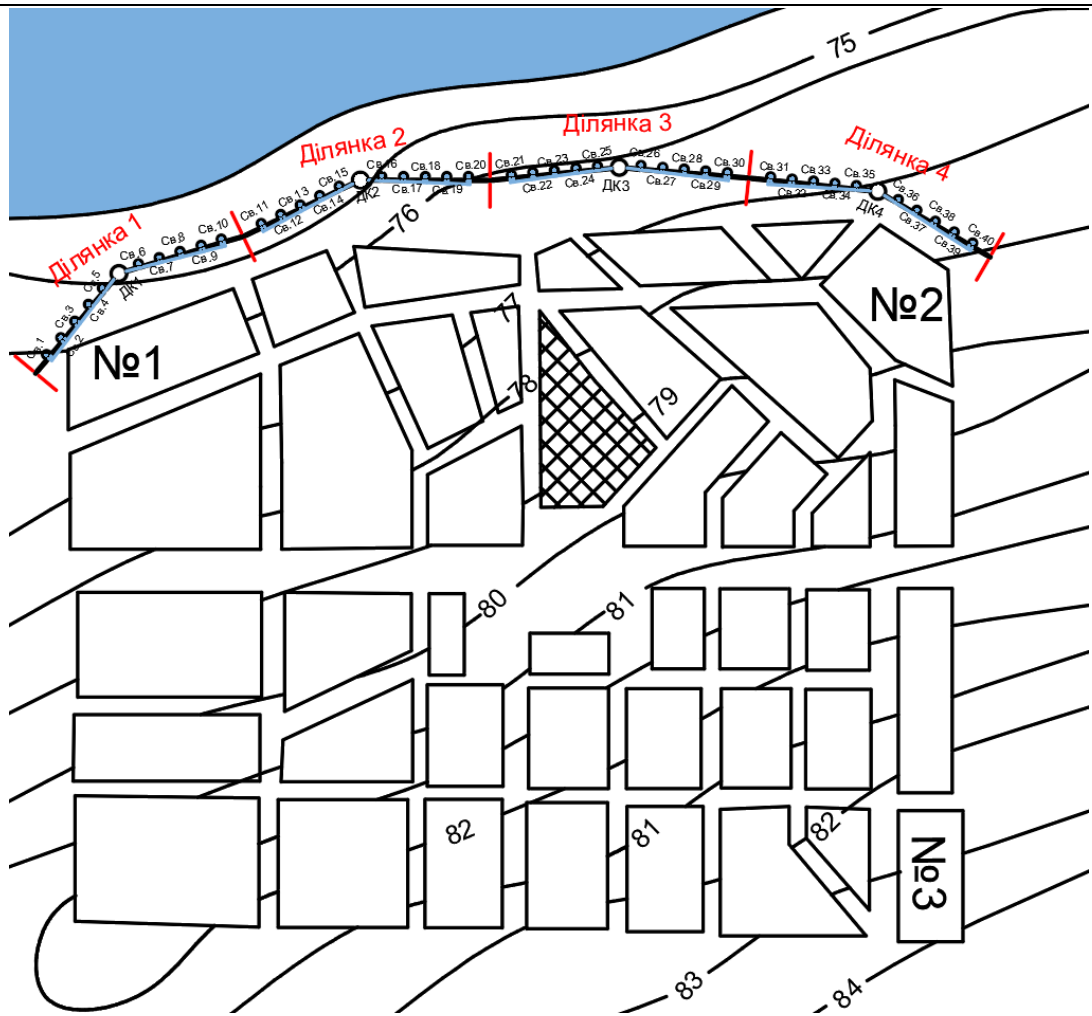


Рис. 15. Споруди протифільтраційного захисту

						Кваліфікаційна робота	Лист
							69
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

4.5. Встановлення попередніх показників сумарної подачі води в системі.

Складання розрахункової схеми подачі води у збірний колодязь

У попередніх розрахунках загальну витрату води системи протифільтраційного захисту визначається як сума витрат від усіх дренажних свердловин, що входять до її складу:

$$Q_{\text{заг}} = \sum_1^n Q_i,$$

де n – кількість свердловин в системі протифільтраційного захисту;

Q_i – витрата i -ої свердловини;

$$Q_{\text{заг}} = 40 \cdot 15,3 = 612 \text{ л/с.}$$

Орієнтовна витрата кожної насосної станції, яка обслуговує один водозбірний колодязь:

$$Q_{\text{нс}} = 612/4 = 153 \text{ л/с.}$$

Орієнтовна витрата, що надходитиме через одну гілку сифонного водоводу:

$$Q_{\text{гіл}} = 612/8 = 76,5 \text{ л/с.}$$

Розрахункова схема ділянки 1 системи протифільтраційного захисту представлена на рис. 16. Подавання води в збірний колодязь здійснюється двома гілками сифонного водоводу з протилежних боків. Схема включає 10 дренажних свердловин, 10 вузлів підключення свердловин до водоводу та 10 ділянок водоводу. Кожну з цих ділянок, разом з відповідними підключеннями свердловин, слід розраховувати окремо.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							70
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

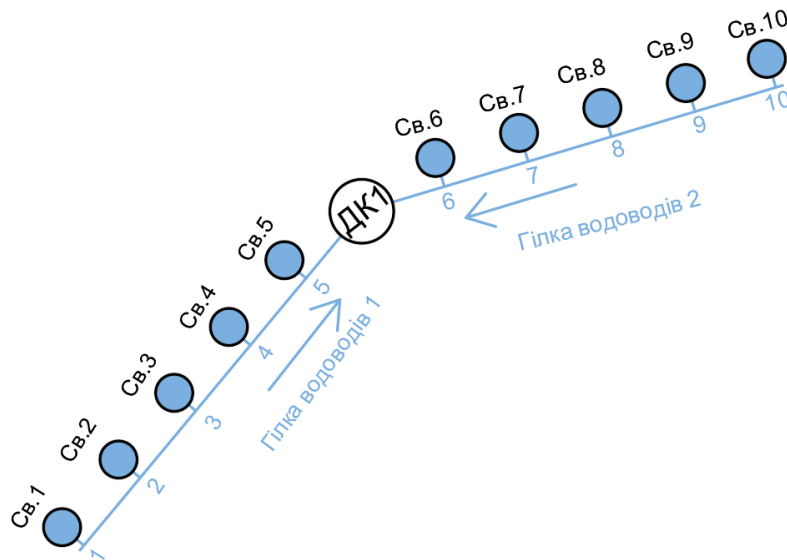


Рис. 16. Розрахункова схема ділянки 1 споруд протифільтраційної завіси при подачі збірний колодязь дренажних вод від десяти свердловин двома гілками сифонних колодязів

У проєкті системи протифільтраційного захисту передбачено застосування поліетиленових труб, які мають високу якість, забезпечують герметичність з'єднань, стійкість до низьких температур і водночас є економічно вигідними. Кожна окрема ділянка сифонного збірного водоводу розглядається індивідуально з урахуванням обсягів води, яку водна транспортує від свердловин до водозбірного колодязі. Відповідно до цих витрат підбирається оптимальний діаметр труб, що дозволяє визначити значення гідравлічного опору для кожної ділянки трубопроводу за формулою:

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

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.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							71
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Розрахунки виконано відповідно до схеми, наведеної на рис. 17, а результат зведено в табл. 23. Оскільки розгалуження системи включає дві симетричні гілки водоводів, усі обчислення для них є ідентичними.

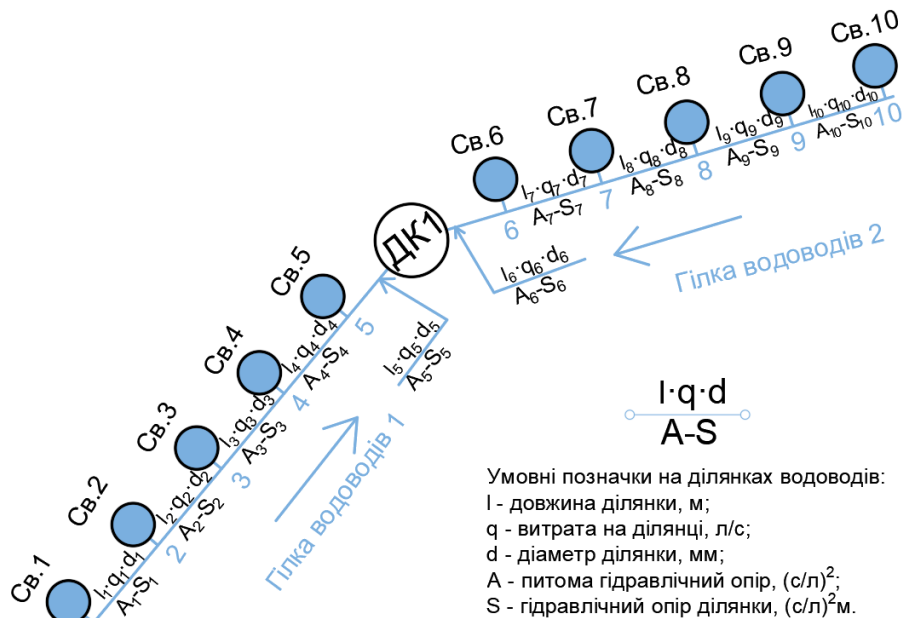


Рис. 17. Схема до розрахунку ділянок сифонного водоводу при подачі у збірний колодязь ДК1 дренажних вод від свердловини Св.1 – Св.10

Таблиця 23

Результати розрахунку ділянок сифонного водоводу за схемою рис. 17

№ ділянки	l, м	q, л/с	d, мм	A, (с/л) ²	V, м/с	K ₁	S, (с/л) ² м
1-2; 9-10	100	15,3	160	0,00004591	0,76	1,06	0,00486646
2-3; 8-9	100	30,6	225	0,000005069	0,76	1,06	0,000537314
3-4; 7-8	100	45,9	225	0,000005069	1,15	0,97	0,000491693
4-5; 6-7	100	61,2	225	0,000005069	1,53	0,908	0,0004602652
5-ДК1; 6-ДК1	50	76,5	225	0,000005069	1,24	0,86	0,000217967

						Кваліфікаційна робота	Лист
							72
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

4.6. Визначення параметрів гідравлічної взаємодії свердловин

Для кожної свердловини, що входить до розрахункової схеми гілки водоводу, встановлюється значення $lg(R/r_i)$, яке характеризує вплив сусідніх свердловин, розташованих на відстані меншій за радіус депресійної воронки R . Величина r_i – це відстані розрахункової (i -ої) свердловини до інших взаємодіючих свердловин, тоді як для самої досліджуваної свердловини дорівнює її радіусу $r = 0,1$ м. Свердловини, розміщені за межами $R = 300$, не мають впливу на досліджувану свердловину. За умови, що відстань між свердловинами становить 100 м, гідравлічний вплив поширюється на чотири свердловини з кожного боку. Для кожної свердловини обчислюється сумарний вплив від інших як суму всіх відповідних значень $lg(R/r_i)$. Оскільки гілка 2 розташована в центральній частині лінії протфільтраційної завіси, свердловини, приєднані до неї, зазнають вплив з обох боків однакової кількості сусідніх свердловин – як зі своєї, так і з суміжної гілки. Тому загальний вплив на них буде сталим. Параметри гідравлічної взаємодії для кожної гілки визначають окремо (табл. 24 і 25).

Таблиця 24

Параметри гідравлічної взаємодії дренажних свердловин, підключених до гілок водоводів 1

№ свердловин впливу	$lg(R/r_i)$				
	1	2	3	4	5
1	3,48	0,48	0,18	0,00	0,00
2	0,48	3,48	0,48	0,18	0,00
3	0,18	0,48	3,48	0,48	0,18
4	0,00	0,18	0,48	3,48	0,48
5	0,00	0,00	0,18	0,48	3,48
6	0,00	0,00	0,00	0,18	0,48
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\Sigma lg(R/r_i)$	4,13	4,61	4,78	4,78	4,78

						Кваліфікаційна робота	Лист
							73
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Параметри гідравлічної взаємодії дренажних свердловин, підключених до гілок водоводів 2

№ свердловин впливу	lg (R/r _i) для свердловин досліджуваної гілки водоводів				
	6	7	8	9	10
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,48	0,18	0,00	0,00	0,00
6	3,48	0,48	0,18	0,00	0,00
7	0,48	3,48	0,48	0,18	0,00
8	0,18	0,48	3,48	0,48	0,18
9	0,00	0,18	0,48	3,48	0,48
10	0,00	0,00	0,18	0,48	3,48
11	0,00	0,00	0,00	0,18	0,48
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Σlg (R/r _i)	4,78	4,78	4,78	4,78	4,78

На відміну від цього, свердловини гілки 1, які розташовані ближче до кінця лінії захисту, зазнають зростаючого впливу у міру наближення до центральної частини системи, де кількість взаємодіючих свердловин більша.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							74
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

4.7. Ітераційні розрахунки взаємодійних свердловин

Оскільки свердловини мають різну відстань до збірного колодезя та розміщені на різних гілках, гідравлічний вплив між ними неоднократний, що додатково впливає на зниження рівня води. Тому для визначення фактичної витрати води, що надходить від взаємодіючих свердловин до сифонного збірного водоводу досліджуваної гілки, виконується ітераційні розрахунки за наступним алгоритмом:

- 1) початкове наближення: задаються початкові значення витрат дренажних свердловин Q_i ;
- 2) обчислення опору: визначається умовний гідравлічний опір $S_{в.і}$ для всіх загальних ділянок сифонного водоводу;
- 3) зниження рівня води: обчислюється зниження рівня води в кожній свердловині:

$$\Delta h_{с.і} = \sum_1^n (H_{ст} - \sqrt{H_{ст}^2 - A Q_{с.і} \lg(R/r_i)}), \quad A = \frac{1}{1,36 K_\phi};$$

- 4) встановлюють величину розрахункового напору в системі H_p :

$$H_p = \frac{1}{n} \sum_1^n (\Delta h_{с.і} + S_{в.і} Q_i^2);$$

- 5) уточнення витрат: обчислюється значення витрат води для кожної свердловини:

$$Q_i' = \sqrt{\frac{H_p - \Delta h_{с.і}}{S_{в.і}}};$$

- 6) перевірка збіжності:

$$\Delta Q = Q_i' - Q_i \leq |\Delta Q_{доп}|,$$

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

- 7) наступне наближення: якщо умова не виконується для хоча б однієї свердловини, оновлюється витрати за формулою:

$$Q_i'' = \frac{Q_i' + Q_i}{2}$$

Необхідно повторювати обчислення з новими значеннями до досягнення збіжності.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							75
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Результати ітераційних розрахунків, виконаних для гілки 1, подаємо у табличній формі, де наводимо результати 1, 2 і 5(останнього) наближень (табл. 26). Для кожної свердловини в 1 наближенні приймається: $Q_l = 1324,98 \text{ м}^3 / \text{добу} = 15,3 \text{ л/с}$.

Параметр А, при коефіцієнті фільтрації $K_f = 25 \text{ м/добу}$ становить:

$$A = 1 / (1,36 \cdot 100) = 0,0294118 \text{ доба/м.}$$

Результати ітерації наведено у табл. 26, де наведено значення для 1-го, 2-го і останнього наближення.

Таблиця 26

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

Показники роботи свердловин		№ свердловин				
		св.1	св.2	св.3	св.4	св.5
Витрата води, Q_i , л/с		15,3	15,3	15,3	15,3	15,3
Умовний гідравлічний опір водоводу $S_{в.і}$		0,024254371	0,01938791	0,01723866	0,01281	0,0054492
Витрата свердловини, $Q_{с.і}$, $\text{м}^3/\text{добу}$		1321,92	1321,92	1321,92	1321,92	1321,92
Δh _{с.і} , м, при відборі води із свердловин	Св.1	3,00	0,39	0,14	0,00	0,00
	Св.2	0,39	3,00	0,39	0,14	0,00
	Св.3	0,14	0,39	3,00	0,39	0,14
	Св.4	0,00	0,14	0,39	3,00	0,39
	Св.5	0,00	0,00	0,14	0,39	3,00
	Св.6	0,00	0,00	0,00	0,14	0,39
	Св.7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14
	Св.8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Св.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Δ		3,54	3,93	4,07	4,07	4,07
Δh _{с.і} + S _{в.і} Q _і ² , м		9,21	8,47	8,11	7,07	5,35
Розрахунковий напір Н _р , м		7,64	7,64	7,64	7,64	7,64
Витрати води за ф.(5)		13,01	13,84	14,39	16,69	25,60
ΔQ		-2,29	-1,46	-0,91	1,39	10,30
Нові витрати води Q _і ', л/с		14,15	14,57	14,85	16,00	20,45

						Кваліфікаційна робота	Лист
							76
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

2 наближення

Показники роботи свердловин		№ свердловин				
		св.1	св.2	св.3	св.4	св.5
Витрата води, Q_i , л/с		14,15	14,57	14,85	16,00	20,45
Умовний гідравлічний опір водоводу $S_{в,i}$		0,02685747	0,020751599	0,017975991	0,01184	0,00334
Витрата свердловини, $Q_{с,i}$, м ³ /добу		1222,83	1258,81	1282,66	1382,06	1766,73
Δh _{с,i} , м, при відборі води із свердловин	Св.1	2,76	0,37	0,14	0,00	0,00
	Св.2	0,36	2,85	0,38	0,15	0,00
	Св.3	0,13	0,37	2,91	0,41	0,19
	Св.4	0,00	0,14	0,38	3,15	0,52
	Св.5	0,00	0,00	0,14	0,41	4,12
	Св.6	0,00	0,00	0,00	0,15	0,52
	Св.7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
	Св.8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Св.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Δ		3,26	3,73	3,94	4,27	5,54
Δh _{с,i} + S _{в,i} Q _i ² , м		8,64	8,13	7,90	7,29	6,94
Розрахунковий напір Н _р , м		7,78	7,78	7,78	7,78	7,78
Витрати води за ф.(5)		12,98	13,97	14,61	17,24	25,89
ΔQ		-1,17	-0,60	-0,23	1,24	5,44
Нові витрати води Q _i ', л/с		13,57	14,27	14,73	16,62	23,17

5 наближення

Показники роботи свердловин		№ свердловин				
		св.1	св.2	св.3	св.4	св.5
Витрата води, Q_i , л/с		13,06	14,15	14,84	17,52	23,64
Умовний гідравлічний опір водоводу $S_{в,i}$		0,03071589	0,02201511	0,018223382	0,01024	0,00270
Витрата свердловини, $Q_{с,i}$, м ³ /добу		1128,53	1222,87	1282,00	1513,65	2042,31
Δh _{с,i} , м, при відборі води із свердловин	Св.1	2,54	0,36	0,14	0,00	0,00
	Св.2	0,33	2,76	0,38	0,16	0,00
	Св.3	0,12	0,36	2,91	0,45	0,22
	Св.4	0,00	0,13	0,38	3,48	0,60
	Св.5	0,00	0,00	0,14	0,45	4,84
	Св.6	0,00	0,00	0,00	0,16	0,60
	Св.7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
	Св.8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Св.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Δ		2,99	3,62	3,94	4,70	6,49
Δh _{с,i} + S _{в,i} Q _i ² , м		8,23	8,03	7,95	7,84	8,00
Розрахунковий напір Н _р , м		8,01	8,01	8,01	8,01	8,01
Витрати води за ф.(5)		12,78	14,13	14,95	17,99	23,72
ΔQ		-0,28	-0,03	0,11	0,47	0,08

						Кваліфікаційна робота	Лист
							77
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

За аналогічною методикою проведено ітераційні розрахунки для свердловин, підключених до гілки 2 сифонного збірного водоводу. Основна відмінність полягає у збільшеній кількості взаємодіючих свердловин. Результати ітерацій для гілки 2 подано в табл. 27, яка містить значення витрат свердловин для 1- го, 2- го та останнього наближення.

Таблиця 27

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

Показники роботи свердловин		№ свердловин				
		св.6	св.7	св.8	св.9	св.10
Витрата води, Q_i , л/с		15,3	15,3	15,3	15,3	15,3
Умовний гідравлічний опір водоводу $S_{в.i}$		0,005449	0,012813	0,017239	0,019388	0,024254
Витрата свердловини, $Q_{с.i}$, м ³ /добу		1321,9	1321,9	1321,9	1321,9	1321,9
Δh _{с.i} , м, при відборі води із свердловин	Св.2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Св.3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Св.4	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
	Св.5	0,39	0,14	0,00	0,00	0,00
	Св.6	3,00	0,39	0,14	0,00	0,00
	Св.7	0,39	3,00	0,39	0,14	0,00
	Св.8	0,14	0,39	3,00	0,39	0,14
	Св.9	0,00	0,14	0,39	3,00	0,39
	Св.10	0,00	0,00	0,14	0,39	3,00
	Св.11	0,00	0,00	0,00	0,14	0,39
	Св.12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14
	Св.13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Св.14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Δ	4,07	4,07	4,07	4,07	4,07
Δh _{с.i} + S _{в.i} Q _i ² , м		5,35	7,07	8,11	8,61	9,75
Розрахунковий напір Н _p , м		7,78	7,78	7,78	7,78	7,78
Витрати води за ф.(5)		26,08	17,01	14,66	13,82	12,36
ΔQ		10,78	1,71	-0,64	-1,48	-2,94
Нові витрати води Q _i , л/с		20,69	16,15	14,98	14,56	13,83

						Кваліфікаційна робота	Лист
							78
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

2 наближення

Показники роботи свердловин		№ свердловин				
		св.6	св.7	св.8	св.9	св.10
Витрата води, Q_i , л/с		20,69	16,15	14,98	14,56	13,83
Умовний гідралічний опір водоводу $S_{в,i}$		0,00327672	0,011625961	0,01763813	0,02071	0,02782571
Витрата свердловини, $Q_{с,i}$, м ³ /добу		1787,5	1395,584462	1294,313529	1258,18	1194,91281
Δh _{с,i} , м, при відборі води із свердловин	Св.2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Св.3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Св.4	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00
	Св.5	0,53	0,15	0,00	0,00	0,00
	Св.6	4,17	0,41	0,14	0,00	0,00
	Св.7	0,53	3,18	0,38	0,14	0,00
	Св.8	0,19	0,41	2,94	0,37	0,13
	Св.9	0,00	0,15	0,38	2,85	0,35
	Св.10	0,00	0,00	0,14	0,37	2,70
	Св.11	0,00	0,00	0,00	0,14	0,35
	Св.12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
	Св.13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Св.14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Δ	5,61	4,31	3,98	3,86	3,66
	Δh _{с,i} + S _{в,i} Q _i ² , м		7,02	7,34	7,94	8,25
Розрахунковий напір Н _р , м		7,91	7,91	7,91	7,91	7,91
Витрати води за ф.(5)		26,45	17,59	14,92	13,97	12,35
ΔQ		5,76	1,44	-0,06	-0,59	-1,48
Нові витрати води Q _i ', л/с		23,57	16,87	14,95	14,27	13,09

						Кваліфікаційна робота	Лист	
								79
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата			

6 наближення

Показники роботи свердловин	№ свердловин					
	св.6	св.7	св.8	св.9	св.10	
Витрата води, Q_i , л/с	24,10	18,14	15,26	14,17	12,28	
Умовний гідравлічний опір водоводу $S_{в.i}$	0,00265	0,00967	0,01734	0,022	0,03415	
Витрата свердловини, $Q_{с.i}$, м ³ /добу	2081,85	1567,47	1318,56	1223,87	1060,83	
$\Delta h_{с.i}$, м, при відборі води із свердловин	Св.2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Св.3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Св.4	0,226	0,000	0,000	0,000	0,000
	Св.5	0,617	0,170	0,000	0,000	0,000
	Св.6	4,945	0,463	0,143	0,000	0,000
	Св.7	0,617	3,611	0,389	0,132	0,000
	Св.8	0,226	0,463	2,996	0,361	0,115
	Св.9	0,000	0,170	0,389	2,767	0,312
	Св.10	0,000	0,000	0,143	0,361	2,378
	Св.11	0,000	0,000	0,000	0,132	0,312
	Св.12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,115
	Св.13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Св.14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Δ	6,630	4,876	4,059	3,753	3,232
$\Delta h_{с.i} + S_{в.i}Q_i^2$, м	8,17	8,06	8,10	8,17	8,38	
Розрахунковий напір H_p , м	8,17	8,17	8,17	8,17	8,17	
Витрати води за ф.(5)	24,17	18,46	15,40	14,18	12,03	
ΔQ	0,07	0,32	0,14	0,01	-0,25	

						Кваліфікаційна робота	Лист
							80
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

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 функціонування протифільтраційної завіси необхідно визначити відмітки динамічного рівня води в свердловинах $Z_{д.і}$ та у збірному колодязі Z_k . На основі отриманих значень слід побудувати лінію гідродинамічного напору у водоносному пласті. Схематичне зображення, що демонструє основні розрахункові параметри для гілки 1 сифонного водоводу, наведено на рис. 18.

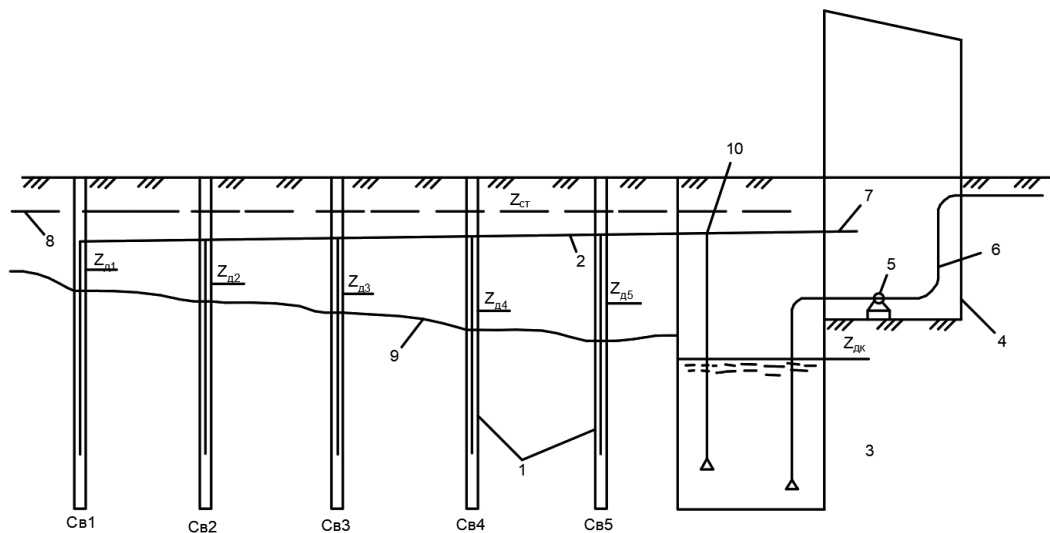


Рис. 18. Розрахункова схема збору води з п'яти взаємодійних свердловин і транспортування її гілкою 1 сифонного водоводу до збірного колодязя ДК1:

1 – свердловина; 2 – сифонний водовід; 3 – водоприймальний колодезь; 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.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							81
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Ці розрахунки виконують після завершення ітераційних обчислень. Перш за все визначаються втрати напору на окремих ділянках водоводу за формулою:

$$h_{B.i.} = S_i Q_{B.i.}^2,$$

де S_i – гідравлічний опір ділянки водоводу, по якій проходить втрата $Q_{B.i.}$

Для гілки 1 сифонного водоводу:

$$h_{B\ 1-2} = 0,00486646 \cdot 13,06^2 = 0,83\text{м};$$

$$h_{B\ 2-3} = 0,000537314 \cdot (13,06 + 14,15)^2 = 0,39\ \text{м};$$

$$h_{B\ 3-4} = 0,000491693 \cdot (13,06 + 14,15 + 14,84)^2 = 0,86\ \text{м};$$

$$h_{B\ 4-5} = 0,0004602652 \cdot (13,06 + 14,15 + 14,84 + 17,52)^2 = 1,63\ \text{м};$$

$$h_{B\ 5-ДК1} = 0,000217967 \cdot 83,21^2 = 1,50\ \text{м}.$$

Для гілки 2 сифонного водоводу:

$$h_{B\ 10-9} = 0,00486646 \cdot 12,28^2 = 0,73\text{м};$$

$$h_{B\ 9-8} = 0,000537314 \cdot (12,28 + 14,17)^2 = 0,37\ \text{м};$$

$$h_{B\ 8-7} = 0,000491693 \cdot (12,28 + 14,17 + 15,26)^2 = 0,85\ \text{м};$$

$$h_{B\ 7-6} = 0,0004602652 \cdot (12,28 + 14,17 + 15,26 + 18,14)^2 = 1,64\ \text{м};$$

$$h_{B\ 6-ДК1} = 0,000217967 \cdot 83,94^2 = 1,53\ \text{м};$$

Відмітки динамічного рівня води в свердловинах , визначаються як :

$$Z_{di} = Z_{cm} - \sum \Delta h_{ci};$$

$$Z_{d1} = 74,1 - 2,99 = 71,11\ \text{м};$$

$$Z_{d2} = 74,1 - 3,62 = 70,48\ \text{м};$$

$$Z_{d3} = 74,1 - 3,94 = 70,16\ \text{м};$$

$$Z_{d4} = 74,1 - 4,70 = 69,40\ \text{м};$$

$$Z_{d5} = 74,1 - 6,49 = 67,61\ \text{м};$$

$$Z_{d6} = 74,1 - 6,63 = 67,47\ \text{м};$$

$$Z_{d7} = 74,1 - 4,87 = 69,23\ \text{м};$$

$$Z_{d8} = 74,1 - 4,05 = 70,05\ \text{м};$$

						Кваліфікаційна робота	Лист
							82
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

$$Z_{d9} = 74,1 - 3,75 = 70,35 \text{ м};$$

$$Z_{d10} = 74,1 - 3,23 = 70,87 \text{ м};$$

Висоту розташування найвищої точки сифону над найнижчим рівнем води в колодязі $Z_{д,к}$ обчислюється за формулою:

$$H_{\Gamma} = H_{\text{вак}} - h_{\text{м}} - \sum h,$$

де $H_{\text{вак}}$ – допустимий вакуум в сифоні = 8 м;

$h_{\text{м}}$ – витрати напору у низхідній ділянці водоводу від точки 10 до низу колодязя = 0,1 м;

$\sum h$ – сумарні витрати напору у сифонному водоводі, які визначаються як різниця відміток динамічного рівня води між останньою свердловиною та колодязем:

$$\text{Для гілки 1: } \sum h = Z_{d1} - Z_{dk}; \quad \text{Для гілки 2: } \sum h = Z_{d10} - Z_{dk};$$

Відмітка динамічного рівня води в колодязі:

$$\text{- Для гілки 1: } Z_{dk1} = Z_{cm} - H_{p1} = 74,1 - 8,01 = 66,09 \text{ м.}$$

$$\text{- Для гілки 2: } Z_{dk2} = Z_{cm} - H_{p2} = 74,1 - 8,17 = 65,93 \text{ м.}$$

Оскільки обидві гілки під'єднані до одного збірного колодязя, для подальших розрахунків приймається: $Z_{dk} = 65,93 \text{ м.}$

Втрати напору в сифонних водоводах:

$$\text{- Для гілки 1: } \sum h = Z_{d1} - Z_{dk} = 71,11 - 65,93 = 5,18 \text{ м}$$

$$\text{Для гілки 2: } \sum h = Z_{d10} - Z_{dk} = 70,87 - 65,93 = 4,94 \text{ м}$$

Висота найвищої точки сифона:

$$\text{- для гілки 1: } H_{\Gamma} = 8 - 0,1 - 5,18 = 2,72 \text{ м.}$$

$$\text{- для гілки 2: } H_{\Gamma} = 8 - 0,1 - 4,94 = 2,96 \text{ м.}$$

Загальна витрата води, що надходить у колодязь становить: $Q_{\text{н}} = 83,21 + 83,94 = 167,15 \text{ л/с.}$

						Кваліфікаційна робота	Лист
							83
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Отримані результати відображаються на профілі сифонного водоводу ділянки 1 протифільтраційної завіси, який включає обидві гілки водоводів (рис. 19). На цьому профілі також будується лінія гідродинамічного напору у водоносному пласті під час відкачування дренажної води насосами зі збірного колодязя.

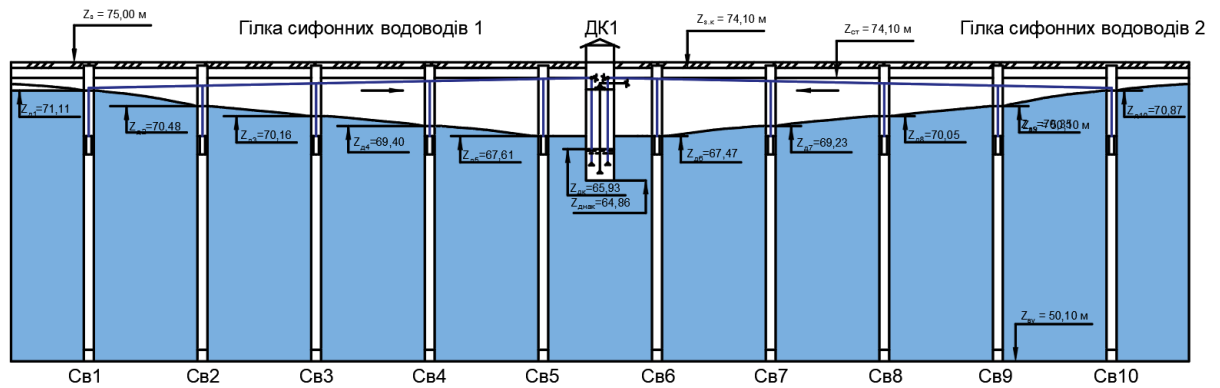


Рис. 19. Профіль сифонного водозабору ділянки 1 протифільтраційної завіси

						Кваліфікаційна робота	Лист
							84
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

4.9. Визначення розмірів водозабірної камери та параметрів насоса

Розміри збірної камери повинні забезпечувати сприятливі гідравлічні умови для підведення води до всмоктувальних труб насосів, а також для безперешкодного розміщення подавальних трубопроводів діаметром 225 мм. Для забезпечення надійної та безперебійної роботи системи, а також можливості використання дренажної води для різних цілей, у насосній станції передбачено встановлення двох відцентрованих насосів з горизонтальним валом. Для кожного з насосів підводиться одна всмоктувальна і одна напірна труби діаметром 225 мм.

З огляду на це, доцільним є проектування квадратної насосної станції (рис. 20).

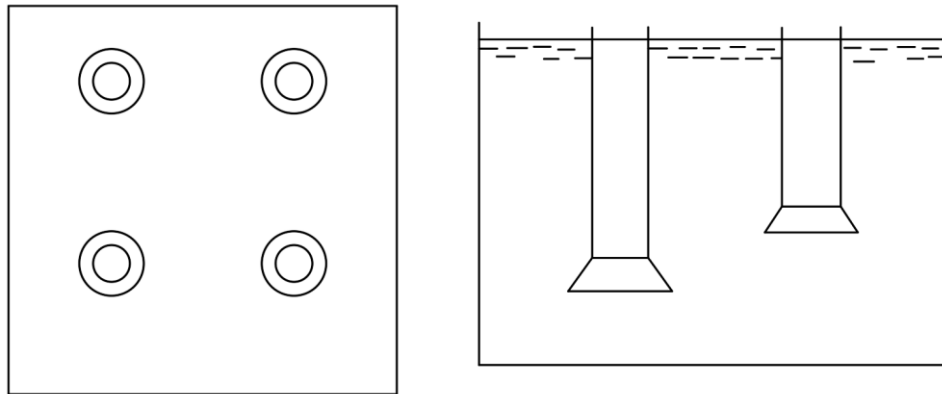


Рис. 20. Схема до визначення розмірів водозбірної камери

Щоб уникнути підсмоктування повітря у всмоктувальну трубу насоса, необхідно забезпечити достатню глибину занурення її вхідного отвору під найнижчий (динамічний) рівень води у всмоктувальній камері. Ця глибина повинна задовольняти умову: $h^2 \geq 2D_p$,

де D_p – діаметр розтруба, що дорівнює $(1,3 - 2)D_y$,

де $D_y = 225$ мм – діаметр труби).

Для всмоктувальної труби приймається $D_p = 2 \cdot 225 = 550$ мм = 0,55 м.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							85
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Отже $h_2 = 2D_p = 2 \cdot 550 = 1100\text{мм} = 1,1 \text{ м}$.

Для подавальної труби приймається $D_p = 1,4 \cdot 225 = 315\text{мм} = 0,315 \text{ м}$.

Тоді для неї $h_2 = 2D_p = 2 \cdot 315 = 630\text{мм} = 0,63 \text{ м}$.

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

Приймається $h_1 = 0,6$. Отже $\sum h = h_2 + h_1 = 1,1 + 0,6 = 1,7 \text{ м}$.

Для подавальної труби $h_1 = \sum h - 0,63 = 1,7 - 0,63 = 1,07 \text{ м}$.

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

Приймається $a = 0,6 \text{ м}$.

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

Приймається $b = 1,0 \text{ м}$.

Таким чином, довжина і ширина камери має становити щонайменше $L_k = 0,6 + 0,55 + 1,0 + 0,55 + 0,6 = 3,3 \text{ м}$.

Конструктивно внутрішні розміри камери у плані становлять 4,0 x 4,0 м, а товщину плити днища δ та зовнішніх стінок – 0,6 м.

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

$$H_k = Z_{з.к} - Z_{д.к} + \sum h = 74,9 - 65,93 + 1,7 = 10,67 \text{ м}.$$

Тоді відмітка дна камери:

$$Z_{дна.к} = Z_{з.к} - H_k = 74,9 - 10,67 = 64,23 \text{ м}.$$

						Кваліфікаційна робота	Лист
							86
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Камера інтегрується із приміщенням насосної станції. Над її підземною частиною заплановано зведення службового павільйону, який слугуватиме для моніторингу роботи системи та її управління.

Для відкачування води з камери слід обрати відцентровані насоси з горизонтальним валом, орієнтуючись на розрахункові значення витрати та напору. Напір насоса визначається не лише геометричною висотою підйому води, а й втратам тиску, які виникають у процесі її транспортування та на самій насосній станції .

Таким чином, параметри насоса витратою та напором залежать від подальшого напрямку відкаченої води. Вона може бути повернена у водосховище або ж використана для технічного водопостачання, зрошення, виробничих, протипожежних чи інших потреб громади. Не виключається й можливість додаткового очищення води до необхідних стандартів якості.

Наприклад, для ДК4 варто розглянути варіант подачі дренажної води на виробничі потреби підприємства №2, яке розташоване поруч з об'єктом. Аналогічно, для ДК1 – на підприємство №1.

Окрім основного насосного обладнання, необхідно також передбачити вакуум-насос для видалення повітря та створення вакууму в сифонному водоводі. Слід забезпечити наявність обладнання для періодичного очищення дна водозбірної камери від осаду та запобігання затопленню приміщення насосної станції.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							87
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

5.1 Побудова проектної лінії і визначення робочих відміток

Побудова проектної лінії є ключовим етапом під час створення повздовжнього профілю. Проектна лінія визначається положенням верхньої межі споруди в повздовжньому розрізі. Вона прокладається шляхом побудови горизонтальних та вертикальних профілів.

По вертикалі наносять вертикальні лінії, у місцях змін ухилу відмічаються кути переломів. Це дозволяє чітко відобразити зміну рельєфу та конфігурацію проектного профілю.

Для кожної характерної точки визначається «чорні» та «червоні» відмітки. Різниця між цими відмітками визначає робочу відмітку, яка є основою для проведення земляних робіт. Саме ця величина показує обсяг ґрунту, який потрібно зняти або досипати на кожній ділянці.

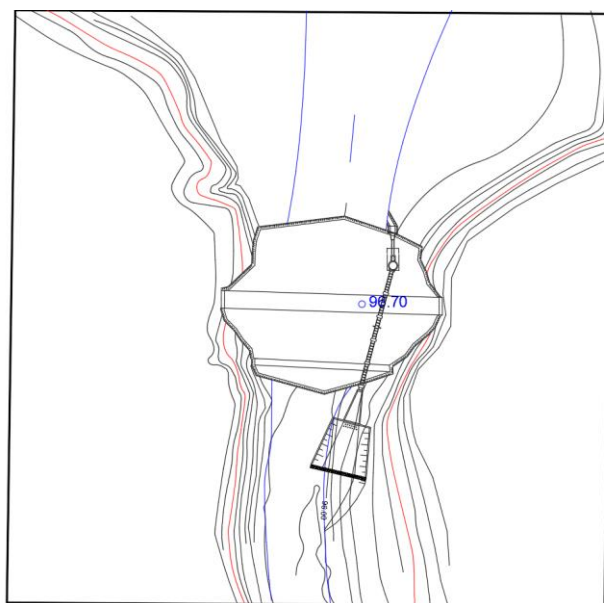


Рис. 21. Генеральний план гідровузла з ґрунтовою греблею

M1:1000

						Кваліфікаційна робота	Лист
							89
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

5.2. Визначення об'єму земляних робіт

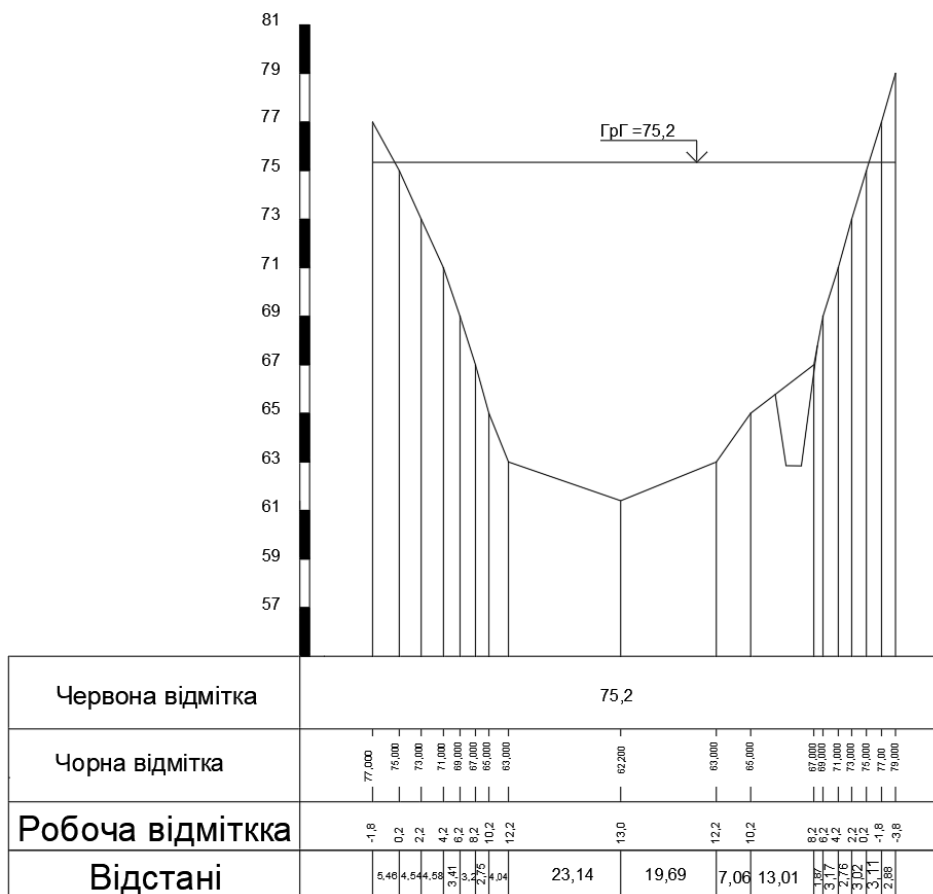


Рис. 22. Поздовжній профіль ґрунтової греблі

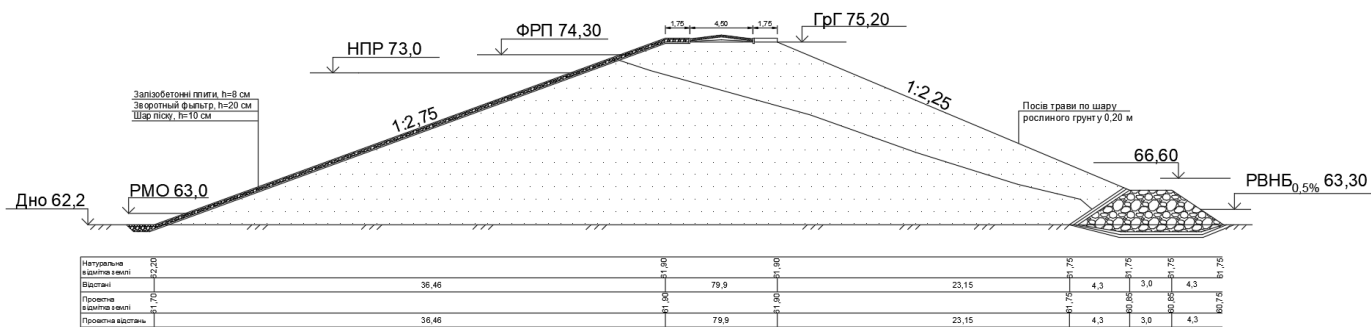


Рис. 23. Поперечний переріз ґрунтової греблі

М 1:100

						Кваліфікаційна робота	Лист
							90
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Об'єм земляних робіт тіла греблі.

№ відмітки	Робочі відмітки		H _{ср} , м	Розрахункова площа F _p , м ²	Довжина ділянки ,L, М.	Об'єм робіт, м ³	
	H ₁	H ₂				Насип (+)	Виймка (-)
1а	-1,8	-0,8	-1,3	14,61	4,5	0	65,74
1б	0,2	1,2	0,5	4,62	0,9	4,15	0
2	0,2	1,2	0,7	6,28	4,54	28,51	0
3	2,2	3,2	2,7	39,81	4,58	182,32	0
4	4,2	5,2	4,7	92,8	3,41	316,44	0
5	6,2	7,8	6,7	165,79	3,2	530,52	0
6	8,2	9,2	8,7	258,78	2,75	711,64	0
7	10,2	11,2	10,7	371,77	4,04	1501,95	0
8	12,2	13,2	12,7	504,76	23,14	11680,14	0
9	13,2	14,2	13,7	578,75	19,69	11395,58	0
10	10,2	11,2	10,7	371,77	7,06	2624,69	0
11	8,2	9,2	8,7	258,78	13,01	3366,72	0
12	6,2	7,2	6,7	165,79	1,87	310,02	0
13	4,2	5,2	4,7	92,8	3,17	294,17	0
14	2,2	3,2	2,7	39,81	2,76	109,87	0
15	0,2	1,2	0,7	6,28	3,02	18,96	0
16 а	0,2	1,2	0,7	6,28	0,53	3,32	0
16 б	-1,8	-0,8	-1,3	14,61	2,58	0	37,66
17	-3,8	-2,8	-3,3	53,6	2,88	0	154,36
Об'єм ділянок						33079	
Об'єм остаточного розрихлення 4%							268,07
Всього						33079	257,76

						Кваліфікаційна робота	Лист
							91
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Об'єм робіт із зняттям рослинного шару

№ відмітки	Н, м	Розрахункова площа F_p , м ²	Довжина ділянки, L, М.	Об'єм робіт, м ³
				Виїмка
1	0,2	16,78	2,26	37,92
2	0,2	13,88	4,54	63,01
3	0,2	12,93	4,58	59,21
4	0,2	10,48	3,41	35,73
5	0,2	9,78	3,2	31,29
6	0,2	12,97	2,75	35,66
7	0,2	140,01	4,04	565,64
8	0,2	29,43	23,14	681,01
9	0,2	46,14	19,69	908,49
10	0,2	13,18	7,06	93,05
11	0,2	24,83	13,01	323,03
Всього				2834,09

Об'єм земляних робіт в призмі

№ відмітки	Робочі відмітки		Н _{ср} , м	Розрахункова площа F_p , м ²	Довжина ділянки, L, М.	Об'єм робіт, м ³
	Н ₁	Н ₂				Виїмка
1	9,4	10,4	9,9	225,17	2,23	502,12
2	12,4	13,4	12,9	519,16	3,15	1635,35
3	7,6	8,6	8,1	228,78	3,28	750,39
Всього						2887,86

						Кваліфікаційна робота	Лист
							92
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

5.3. Будівництво ґрунтових гребель

Для виконання земляних робіт обирається метод механічного відсипання ґрунту з подальшим розрівнюванням.

Роботи починаються з рихлення та зняття рослинного шару з поверхні основи греблі, що виконується бульдозером. Після цього здійснюється розробка основного котловану трапецієподібної форми, а за потреби – додаткової траншеї або котловану для заповнення ущільнення.

Розроблення ґрунту в кар'єрі проводиться однокішчевим екскаватором з подальшим завантаженням у автосамоскиди й транспортування на місце вкладання в тіло греблі. Ґрунт укладається пошарово, кожен шар зрівнюється бульдозером, зволожується та ущільнюється вібраційними катками до досягнення проєктної щільності.

Паралельно здійснюється планування відкосів, а після завершення укладання – також планування гребеня. Для кожного виду операцій добираються відповідні будівельні машини.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							93
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

5.4. Вибір комплектів машини

За технічними характеристиками обирається екскаватор: пряма лопата JSB JS205, тривалість циклу 18 с., вмістимість лопати 1,0 м³.

$$П_{\epsilon} = \frac{3600 \cdot c \cdot q \cdot k_e \cdot k_B}{t_{\text{ц}}},$$

де c – тривалість зменшення години = 8;

q – місткість ковша;

k_B – коефіцієнт використання в часі = 0,65;

k_e – коефіцієнт використання місткості ковша:

$$k_e = \frac{k_H}{k_p};$$

де k_H – коефіцієнт наповнення ковша група ґрунтів I коефіцієнт = 0,9;

k_p – коефіцієнт початкового розрихлення ґрунту (1,1);

$$k_e = \frac{0,9}{1,1} = 0,81;$$

$$П_{\epsilon} = \frac{3600 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,65}{18} = 842,4.$$

Марка самоскиду: КраЗ-6511С4, вантажопідємність: 20 т, Габаритні розміри: 2,55x8,0x2,96, вмістимість кузова: 14,0 м³.

$$\text{Кількість ковшів: } M = \frac{P}{q \cdot k_e};$$

де P – місткість кузова: $P = \frac{20}{1,7} = 11,76 \text{ м}^3$;

$$M = \frac{11,76}{1 \cdot 0,81} = 14,51.$$

$$\text{Тривалість завантаження однієї машина: } t_n = \frac{M}{П_{\epsilon} \cdot k_T};$$

де k_T – коефіцієнт впливу транспорту = 0,85;

тупиковий з подачею однієї машини кількість машин 2-3 – 0,55-0,65

						Кваліфікаційна робота	Лист
							94
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Π_T – технічне число циклів за хвилину: $60/18=3,33$;

$$t_n = \frac{14,51}{3,33 \cdot 0,85} = 5,12.$$

$$\Pi_e = 3600 \cdot c \cdot q \cdot \Pi_T \cdot k_e \cdot k_B = 3600 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 3,33 \cdot 0,81 \cdot 0,65 = 50493,45$$

$L_{тр}$ – 5 км.

Кількість самоскидів:

$$N = \frac{t_{ц}}{t_n} = \frac{t_n + \frac{2 \cdot 60 \cdot z}{v_c} + t_{p.m}}{t_n};$$

де t_n – тривалість завантаження однієї машина, хв;

z – відстань транспортування ґрунту з кар'єра, км;

v_c – середня швидкість руху самоскиду, км/год;

t_p – тривалість розвантаження з маневруванням, хв;

$$N = \frac{5,12 + \frac{2 \cdot 60 \cdot 5}{30} + 1,8}{5,12} = 5,2 = 5 \text{ шт.}$$

$$\Pi_{б\text{уд.}} = \frac{V}{T};$$

де T - тривалість роботи екскаватора:

$$T = \frac{V_{н.тр.}}{\Pi_e} = 14 \text{ змін,}$$

$$V_{н.тр.} = V_H - V_B = 33079 - 268,07 = 32810,9,$$

$$T = \frac{32810,9}{842,4} = 38,94;$$

$$\Pi_{б\text{уд.}} = \frac{32810,9}{38,94} = 842,6$$

Норма часу на 100 м^3 ґрунту становить:

						Кваліфікаційна робота	Лист
							95
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

$$H_{\text{часу}} = 100 \cdot \frac{C}{\Pi}$$

Продуктивність роботи віброкотка:

$$\Pi_{\text{к}} = \frac{V}{0,2} \cdot \frac{1}{T} = \frac{32810,9}{0,2} \cdot \frac{1}{38,94} = 4213,01$$

Норма часу для шести проходів віброкотка одним слідом на 100 м³ розраховуємо:

$$H_{\text{часу}} = \frac{C \cdot 1000}{6 \cdot \Pi_{\text{к}}} = \frac{8 \cdot 1000}{6 \cdot 4213,01} = 0,31$$

						Кваліфікаційна робота	Лист
							96
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

5.5. Складання калькуляції трудових витрат

Таблиця 31

№ з/п	Найменування процесів	Об'єм робіт		Обґрунтування за ЕНиР	Норма часу люд – год маш – год	Склад ланки		Трудовісткість за нормою люд · год маш – год
		Од. виміру	К-ть			Професія/розряд	К-ть	
1	Розбивка ділянки	1000 м ²						
2	Розробка і переміщення ґрунту основи бульдозером ДЗ-53С на відстані 60 м	100 м ³	28,34	Е 2-1-22 табл. 2 п. 3	$\frac{2,7}{2,7}$	Машиніст 6-го розряду	1	$2,7 \cdot 28,34 = 73,51$ $2,7 \cdot 28,34 = 73,51$
3	Розробка ґрунту при влаштуванні насипів екскаватором JCB JS205 зі зворотнім ківшем q = 1,0 м ³ група ґрунта I	100 м ³	330,79	Е 2-1-9 табл. 3 п. 4а	$\frac{2,0}{2,0}$	Машиніст 6-го розряду	1	$2,0 \cdot 330,79 = 661,58$ $2,0 \cdot 330,79 = 661,58$
4	Транспортування ґрунту самоскидом КрАЗ-6511С4 на відстань 5 км	100 м ³	330,79		$\frac{0,31}{0,31}$	Машиніст 6-го розряду	1	$0,31 \cdot 330,79 = 102,54$ $0,31 \cdot 330,79 = 102,54$
5	Розрівнювання ґрунту бульдозером ДЗ-19	100 м ³	330,79	Е 2-1-28	$\frac{0,65}{0,65}$	Машиніст 6-го розряду	1	$330,79 \cdot 0,65 = 215,01$ $330,79 \cdot 0,65 = 215,01$
6	Ущільнення ґрунту насипу віброкатком Ammann ASC 70D масою 7 т. товщина шару 0,45 м кількість проходів одним слідом	100 м ³	330,79	Е 2-1-31 табл. 2	$\frac{0,54}{0,54}$	Машиніст 6-го розряду	1	$0,54 \cdot 330,79 = 178,62$ $0,54 \cdot 330,79 = 178,62$

						Кваліфікаційна робота	Лист
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		97

7	Розробка ґрунту при влаштуванні виймок і насипів екскаватором JCB JS205 зі зворотнім ківшем $q = 1,0 \text{ м}^3$ група ґрунта II (кар'єр)	100 м^3	2,68	Е 2-1-9 табл. 3 п. 4а	$\frac{2,0}{2,0}$	Машиніст 6-го розряду	1	$2,0 \cdot 2,68 = 5,36$ $2,0 \cdot 2,68 = 5,36$
8	Транспортування ґрунту самоскидом КрАЗ-6511С4 на відстань 5 км (кар'єр)	100 м^3	2,68		$\frac{0,31}{0,31}$	Машиніст 6-го розряду	1	$0,31 \cdot 2,68 = 0,83$ $0,31 \cdot 2,68 = 0,83$
9	Розрівнювання ґрунту бульдозером ДЗ-19 (кар'єр)	100 м^3	2,68	Е 2-1-28	$\frac{0,56}{0,56}$	Машиніст 6-го розряду	1	$2,68 \cdot 0,56 = 1,5$ $2,68 \cdot 0,56 = 1,5$
10	Ущільнення ґрунту насипу віброкатком Ammann ASC 70D масою 7 т. товщина шару 0,45 м кількість проходів одним слідом (кар'єр)	100 м^3	2,68	Е 2-1-31 табл. 2	$\frac{0,54}{0,54}$	Машиніст 6-го розряду	1	$0,54 \cdot 2,68 = 1,44$ $0,54 \cdot 2,68 = 1,44$
11	Транспортування ґрунту самоскидом КрАЗ-6511С4 на відстань 7 км	100 м^3	28,87		$\frac{0,31}{0,31}$	Машиніст 6-го розряду	1	$0,31 \cdot 28,87 = 8,94$ $0,31 \cdot 28,87 = 8,94$
12	Розрівнювання ґрунту бульдозером ДЗ-19	100 м^3	28,87	Е 2-1-28	$\frac{0,65}{0,65}$	Машиніст 6-го розряду	1	$28,87 \cdot 0,65 = 18,76$ $28,87 \cdot 0,65 = 18,76$

						Кваліфікаційна робота	Лист
							98
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

5.6. Технологічні розрахунки

Таблиця 32

	№ процесів	№ ланки	Назва процесів і посилання на пункти калькуляції	Об'єм роботи		Трудомісткість люд – зміна маш – зміна		Прийнятий склад ланок і бригад		Тривалість робіт/зміни	Виконання норм, %
				Од. виміру	К-ть	За нормою	Прийнята	Професія /розряд	К-ть		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1			Розбивка площі	100 м ³							
2			Підвищення дна основи бульдозером ДЗ-53 С I групи з переміщенням на 60 м.	100 м ³	28,34	$\frac{9,56}{9,56}$	$\frac{9 \cdot 1 = 9}{9 \cdot 1 = 9}$	Машиніст 6-го розряду	1	9	$\frac{9,56}{9} \cdot 100\% = 106,2$
3			Копання ґрунту екскаватором JCB JS205	100 м ³	330,79	$\frac{82,6}{82,6}$	$\frac{40 \cdot 2 = 80}{40 \cdot 2 = 80}$	Машиніст 6-го розряду	2	40	$\frac{82,6}{80} \cdot 100\% = 103,25$
4			Транспортування ґрунту самоскидами КраЗ-6511С4 на відстань 5 км	100 м ³	330,79	$\frac{12,81}{12,81}$	$\frac{13 \cdot 1 = 13}{13 \cdot 1 = 13}$	Машиніст 6-го розряду	1	13	$\frac{12,81}{13} \cdot 100\% = 98,5$
5			Розрівняння ґрунту бульдозером ДЗ-53 С	100 м ³	330,79	$\frac{26,87}{26,87}$	$\frac{40 \cdot 1 = 40}{40 \cdot 1 = 40}$	Машиніст 6-го розряду	1	40	$\frac{26,81}{40} \cdot 100\% = 67,02$
6			Ущільнення ґрунту віброкотком Ammann ASC 70D 0,45 м	100 м ³	330,79	$\frac{22,32}{22,32}$	$\frac{40 \cdot 1 = 40}{40 \cdot 1 = 40}$	Машиніст 6-го розряду	1	40	$\frac{22}{40} \cdot 100\% = 55$
7			Копання ґрунту в кар'єрі екскаватором JCB JS205 (кар'єр)	100 м ³	2,68	$\frac{0,67}{0,67}$	$\frac{1}{1}$	Машиніст 6-го розряду	1	1	$\frac{0,67}{1} \cdot 100\% = 67$
8			Транспортування ґрунту самоскидами КраЗ-6511С4 на відстань 5 км (кар'єр)	100 м ³	2,68	$\frac{0,1}{0,1}$	$\frac{1}{1}$	Машиніст 6-го розряду	1	1	$\frac{0,9}{1} \cdot 100\% = 10$
9			Розрівняння ґрунту бульдозером ДЗ-53 С (кар'єр)	100 м ³	2,68	$\frac{0,18}{0,18}$	$\frac{1}{1}$	Машиніст 6-го розряду	1	1	$\frac{0,18}{1} \cdot 100\% = 18$

10		Ущільнення ґрунту віброкотком Ammann ASC 70D 0,45 м (кар'єр)	100 м ³	2,68	$\frac{0,18}{0,18}$	$\frac{1}{1}$	Машиніст 6-го розряду	1	1	$\frac{0,18}{1} \cdot 100\% = 18$
11		Транспортування ґрунту самоскидами КрАЗ-6511С4 на відстань 5 км	100 м ³	28,87	$\frac{1,11}{1,11}$	$\frac{1}{1}$	Машиніст 6-го розряду	1	1	$\frac{1,11}{1} \cdot 100\% = 111$
12		Розрівняння ґрунту бульдозером ДЗ-53 С	100 м ³	28,87	$\frac{2,34}{2,34}$	$\frac{2}{2}$	Машиніст 6-го розряду	1	2	$\frac{2,34}{2} \cdot 100\% = 117$

5.7. Графік виконання робіт

Таблиця 33

№ п/п Найменування робіт Одиниці виміру Обсяг робіт				Прийнята трудомісткість, машиномісткість		Кількість машин	Тривалість робіт/змін	Робочі дні (зміни)									
				Люд.-зм.	Маш.-зм.			1	2	3	4	20	40	50	60	90	100
1	Розбивка площі	100 м ³					2	_____									
2	Підвищення дна основи бульдозером І групи з переміщеннями на 60 м.	100 м ³	28,34	9,56	1	Бульдозер ДЗ-53 С (1 шт.)	9	_____									
3	Копання ґрунту екскаватором	100 м ³	330,79	82,6	80	Екскаватор JCB JS205 (2 шт.)	40	_____									
4	Транспортування ґрунту самоскидами на відстань 5 км	100 м ³	330,79	12,81	13	Самоскид КрАЗ-6511С4 (1 шт.)	13	_____									
5	Розрівнювання ґрунту бульдозером	100 м ³	330,79	26,87	40	Бульдозер ДЗ-53 С (1 шт.)	40	_____									

5.8. Визначення потреби в матеріально-технічних ресурсах та потреба в машинах, устаткуванні, інструментах, інвентарі та пристроях

Таблиця 34

Потреби в будівельних конструкціях, деталях, напівфабрикатах, матеріалах і устаткуванні

№ пор.	Будівельні матеріали, деталі та устаткування	Марка	Од. виміру	Кількість
1	Пісок пилюватий, насипка густина 1,7 м3	-	м ³	33347
2	Щебінь	-	м ³	2887
3	Рослинний шар	-	м ³	72
4	Бруски 75 мм	IV сорт	м ³	1,2
5	Дошки 25 мм	IV сорт	м ³	1,8
6	Дошки 40 мм	IV сорт	м ³	1,5
7	Гвіздки	-	кг	3,5

Таблиця 35

Потреба в машинах, устаткуванні, інструментах, інвентарі та пристроях

№ пор.	Машина, устаткування, інструменти, інвентарі і пристрої	Марка	Од. виміру	Кількість
1	Екскаватор	JCB JS205, зворотній ківш 1,0 м3	Шт.	2
2	Автосамоскид	КрАЗ-6511С4	Шт.	5
3	Віброкоток	Ammann ASC 70D	Шт.	1
4	Бульдозер	ДЗ-19	Шт.	1
5	Нівелір	Оптичний стандартний	Шт.	1
6	Рулетка сталева	РЗ-30 м	Шт.	2
7	Лом	ЛМ-20, ЛМ-40	Шт.	2
8	Сокира	А-2	Шт.	2
9	Лопата	Л	Шт.	3
10	Пила	-	Шт.	2
11	Переносна вежа освітлення у котловані	Інвентарна металева з трансформатором і двома прожекторами	Шт.	4

						Кваліфікаційна робота	Лист
							103
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

5.9. Схема операційного контролю якості робіт

Таблиця 36

Операції, які підлягають підляганню контролю		Контроль якості виконання операцій			
Виконавцем	Майстром	Склад	Спосіб	Строки	Залучення
	Будівництво греблі	Товщина шарів насипу, геометричні розміри, висоті маркери, ефективність ущільнення, кути нахилу укосів	Нівелір, рулетка сталева, вологомір, трещиномір	В процесі будівництва	Геодезист
Будівництво греблі		Товщина шарів насипу, кількість проходів. Товщину ущільнення техніки	Нівелір, рулетка сталева, вологомір, трещеномір	В процесі будівництва	Геодезист
	Зняття ґрунту в основі греблі	Послідовність розробки	Теоделіт, нівелір, рулетка	До початку будівництва	Лабораторія
	Будівництво греблі	Товщина шару, геотехнічні властивості ґрунту, геометричні розміри в плані, відмітки, кути нахилу откосів	Нівелір, рулетка сталева, вологомір, трещиномір	В процесі возведення греблі	Геодезична служба лабораторія
	Планування роботи. Кріплення низового укосу рослинним шаром ґрунтом, розбирання розворотних майданчиків	Дотримання проектних позначок	Нівелір, геодезична мірна стрічка	Після возведення греблі	Геодезист

						Кваліфікаційна робота	Лист
							104
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

5.10. Вказівки до виконання робіт

Будівництво ґрунтової греблі є складним інженерним процесом, що потребує суворого дотримання технологічних регламентів і заходів з охорони праці. Роботи виконуються відповідно до затвердженої проектної документації, а також згідно з чинними будівельними нормами і стандартами (ДБН, ДСТУ). Усі виконавці повинні бути заздалегідь ознайомлені з проектом, вимогами техніки безпеки та правилами охорони праці.

Перед початком основних робіт проводиться розмітка осі греблі на місцевості з винесенням відповідних проектних відміток і геодезичних контролем. На підготовчому етапі здійснюється очищення дна та берегів річок або балки в зоні спорудження від рослинного шару, сміття, деревини та інших органічних включень. Улаштовуються тимчасові об'їзди, дренажні системи та під'їзні шляхи. У разі необхідності проводиться відведення поверхневих і підземних вод та зниження рівня ґрунтових вод у зоні проведення робіт.

Розробка та переміщення ґрунту здійснюється відповідно до геологічного обґрунтування. Використання органічно забруднених або надмірно вологих ґрунтів заборонено. Ґрунт укладається шарами товщиною не більше 30 см з обов'язковим ущільненням кожного шару катками до досягнення нормативного коефіцієнта ущільнення.

Центральне ядро греблі споруджується з водонепроникного ґрунту, зокрема з глини або суглинків. Шари ядра укладаються симетрично від осі греблі з ретельними ущільненнями а обов'язковим контролем щільності.

У межах захисних і дренажних заходів на низовому схилі греблі монтуються дренажні системи для зниження фільтраційного тиску. Верхових схил покривається протифільтраційним шаром. Укріплення схилів виконується відповідно до проектних рішень.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							105
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Контроль якості робіт включає лабораторні дослідження фізико-механічних властивостей ґрунту – визначення вологості та щільності ущільнення. Окрім того, здійснюється регулярний геодезичний моніторинг форми та положення греблі. Вся інформація фіксується у виконавчій документації: актах прихованих робіт, журналах ущільнення та геодезичних звітах.

Завершальний етап робіт включає планування поверхні греблі, улаштування проїзної частини, а також рекультивацію порушення земельних ділянок. До введення об'єкта в експлуатацію обов'язково проводиться випробування конструкції на водонепроникність та стабільність.

Застосування комплексного підходу до організації будівельних процесів і дотримання правих охорони праці дозволяє забезпечити безпечне середовище для працівників, якісне виконання робіт і довговічність спорудженої греблі.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							106
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

5.11. Заходи з охорони праці

З метою запобігання надзвичайних ситуацій під час будівництва земляної греблі необхідно дотримуватися правил та заходів безпеки:

- рух автотранспорту на виробничій території, будівельному майданчику, вантажно-розвантажувальних ділянках та під'їзних шляхах має здійснюватися відповідно до чинних дорожніх знаків та вказівників;

- техніка та обладнання, що використовуються для вантажно-розвантажувальних робіт, повинні відповідати габаритам ділянки та характеристикам вантажу;

- транспортні операції, а також навантажувально-розвантажувальні роботи слід виконувати механізованими засобами з обов'язковим дотриманням затвердженого порядку їх проведення та вимог безпеки;

- керувати спеціальною технікою можуть лише особи, які мають відповідну кваліфікацію та водійське посвідчення необхідної категорії.

При виконанні земляних та інших робіт у котлованах і траншеях необхідно передбачати заходи захисту працівників від впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників, зокрема:

1. обвалення ґрунту чи гірських порід;
2. падіння уламків породи;
3. дія рухомих машин, механізмів і предметів;
4. незадовільне освітлення робочої зони;
5. підвищений рівень запиленості та загазованості повітря.

Дотримання зазначених заходів з охорони праці є обов'язковою умовою безпечного та ефективного виконання робіт на будівельному майданчику. Впровадження системного підходу до забезпечення безпеки дозволяє мінімізувати ризики для життя та здоров'я працівників, а також забезпечити безперебійний хід будівництва земляної греблі відповідно до технічних норм і вимог.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							107
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Висновки

1. В роботі наведені кліматична, гідрологічна та геологічна характеристики гідротехнічного вузла водосховища.
2. Запроектована однорідна гребля з дренажною призмою, висота греблі становить 12,1 м.
3. Виконаний фільтраційний розрахунок греблі на програмному комплексі GeoStudio Seep/W та перевірена стійкість низового укосу на ПК Slope/W.
4. Для відведення паводкової витрати передбачений баштовий водоскид діаметром 3,57 м та периметром 11,22 м. Галерея має 1 прямокутну трубу розміром 1,5 x 2,0 м.
5. Мережа водопостачання міста складається з 4 кілець, для гасіння пожежі передбачено 37 пожежних гідрантів через кожні 145 м. Спроектовано 7 типів колодязів: 1 прямокутний розміром 3,5 x 3,5 м; 2 прямокутних розміром 3,0 x 3,5 м; 1 прямокутний розміром 3,0 x 2,5 м; 3 круглих розміром 2,0 м.
6. Для водопониження в зоні впливу водосховища передбачені 4 ділянки, в кожену з яких входять 10 свердловин, гілки сифонних водоводів і 1 водозбірний колодязь.
7. Було визначено розміри водозбірного колодязя та параметри насоса для викачування дренажних вод.
8. Розроблена технологія будівництва ґрунтової однорідної греблі.
9. Розроблено графік виконання робіт.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							108
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Список літератури

1. Хлапук М.М., Шинкарук Л.А. Гідротехнічні споруди: Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2013. – 241с.
2. Величко С.В., Дупляк О.В. Гідротехнічні споруди. Ґрунтова гребля з баштовим водоскидом: Методичні вказівки до виконання курсового проекту/роботи – Київ: КНУБА, 2024. – 42 с.
3. Величко С.В., Дупляк О.В. Розрахунки гідротехнічних споруд з використанням програмного комплексу GeoStudio: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт – Київ: КНУБА, 2023. – 44с.
4. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – [Чинний з 01.02.2019]. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 180 с.
5. Тугай А.М., Орлов В.О., Шадура В.О., Мартинов С.Ю. Міські інженерні мережі та споруди: Підручник. – Київ: Укрґеліотех, 2010. – 256 с.
6. Хоружий П.Д., Хомуцька Т.П., Хоружий В.П. Ресурсозберігаючі технології водопостачання. – Київ: Аграрна наука, 2008 – 534 с.
7. Хомуцька Т.П. Проектування сифонної системи протифільтраційного захисту територій від підтоплення: Методичні вказівки до виконання до курсового проекту – Київ: КНУБА, 2024 – 27с.
8. Хомуцька Т.П., Хоружий В.П. Водозабірні споруди з поверхневих та підземних джерел: навч. посіб. – Київ: КНУБА, 2023. – 284 с.
9. Орлов В.О. Водозабірні споруди: навч. посіб. – Рівне: НУВГП, 2010. – 167 с.
10. Інженерний захист території: навч. посіб. / А.М. Рокочинський, В.А. Живиця, Л.А. Волкова, М.І. Романщенко та ін. – Херсон: ОЛДІ ПЛЮС, 2017. – 355 с.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							109
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

11. ДБН В.1.1-25-2009. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Інженерний захист території та споруд від підтоплення та затоплення. – [Чинний з 01.01.2011]. – Київ: Мінрегіон України, 2010. – 52 с.

12. ДСТУ В.1.1-38;2016. Інженерний захист територій, будівель і споруд від підтоплення та затоплення. – [Чинний з 01.04.2017]. – Київ: Мінрегіонбуду України, 2017. – 203 с.

13. ВНД 33-2.3-05-01. Гідрогеологічні вишукування та дослідження для проектування інженерного захисту території від підтоплення. – Київ: ВАТ «Укрводпроект», 2001. – 109 с.

14. ДБН В.2.4-3-2010. Гідротехнічні, енергетичні та меліоративні системи і споруди, підземні гірничі виробки. Гідротехнічні споруди. Основні положення. – [Чинний з 01.01.2011]. – Київ, 2010. – 39 с.

15. ВНД 33-3.3-03-2001. Правила технічної експлуатації вертикального дренажу. – Київ: ВАТ «Укрводпроект», 2001. – 45 с.

16. Ущільнення ґрунтів у будівництві: навчальний посібник / В.І Терновий, І.М. Уманець, Л.С. Саушева; О.С. Молодід. – Київ: «ЦП КОМПРИНТ», 2015, – 136 с.

17. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. – [Чинний з 01.04.2012]. – Київ: Мінрегіонбуду України, 2012. – 117 с.

18. Уманець І.М., Чепурний В.В. Технологія будівельного виробництва: методичні вказівки до виконання курсової роботи. – Київ: КНУБА, 2018. – 28 с.

						Кваліфікаційна робота	Лист
							110
Зам	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		