

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології

Кафедра водопостачання та водовідведення

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

водопостачання та водовідведення

Віктор ХОРУЖИЙ

« ___ » _____ 202_ року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

здобувача ступеня вищої освіти «магістр»

Водопостачання населеного пункту з кількістю жителів

50 тисяч чоловік і 5 промисловими підприємствами

Я як здобувач вищої освіти КНУБА розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволена допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач Крук Іван Олександрович

Спеціальність: 192. Будівництво та цивільна інженерія

Освітньо-професійна програма:

Водопостачання та водовідведення

Керівник: Дупляк О.В.

доцент, к.т.н

Рецензент: Величко С.В.

Ідентичність підтверджую

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Інженерних систем та екології

Випускова кафедра: Водопостачання та водовідведення

Ступінь вищої освіти: Магістр

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Освітня програма: «Водопостачання та водовідведення»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Віктор ХОРУЖИЙ, д.т.н., проф.

„___” _____ 20__ року

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

Здобувач _____ Крук Іван Олександрович _____

- Тема кваліфікаційної роботи: Водопостачання населеного пункту з кількістю жителів 50 тисяч чоловік і 5 промисловими підприємствами

Керівник роботи: к.т.н.проф. Дупляк О.В.

затверджена наказом ректора КНУБА № 1481/24/25 від «17» __09__2025 року

- Вихідні данні: Кількість населення: I район - 27000 осіб; II район - 23000 осіб; кількість поверхів забудови міста: I район – 5; II район – 2; ступінь благоустрою житлової забудови (ДБН В.2.5-74:2013, табл.1): I район - з централізованим гарячим водопостачанням; II район - з ваннами та місцевими водонагрівачами; кількість промислових підприємств – 5. Якість води в джерелі: кольоровість 60 град, каламутність 120 мг/дм³; лужність 1,7 мг-екв/дм³; фтор 0,3.

4. Перелік розділів основної частини кваліфікаційної роботи:

- P. 1. _ Водопостачання міста _____
- P. 2. _ Насосна станція другого підйому _____
- P. 3. _ Очисні споруди водопостачання _____
- P. 4. _ Водозабірні споруди _____
- P. 5. _ Монтаж трубопроводів _____
- P. 6. _ Автоматизація систем водопостачання _____

Р. 7. _ Охорона праці _____

5. Графічний матеріал за розділами

Р. 1. _ Генплан міста; Монтажна схема кільця району №4; Схема колодязів; Графік п'єзометричних напорів. _____

Р. 2. _ Насосна станція другого підйому _____

Р. 3. _ Генплан очисної станції; Висотна схема споруд очисної станції; План і розріз основних споруд _____

Р. 4. _ План водозабірних споруд; Водоприймальний колодязь _____

Р. 5. _ Профіль водопровідної мережі; План траси трубопроводів; Схеми монтажу трубопроводу _____

6. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1 Водопостачання міста	
Розділ 2 Насосна станція другого підйому	
Розділ 3 Очисні споруди водопостачання	
Розділ 4 Водозабірні споруди	
Розділ 5 Монтаж трубопроводів	
Розділ 6 Автоматизація систем водопостачання	
Розділ 7 Охорона праці	
Остаточне оформлення роботи	
Направлення роботи для перевірки на плагіат	

7. Консультанти розділів кваліфікаційної випускної роботи

Розділ	ПІБ та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис

8. Дата видачі завдання 27.10.2025

Зав. кафедри _____ Віктор ХОРУЖИЙ

Керівник _____ Олена ДУПЛЯК

Здобувач _____ Іван КРУК

РЕЗЮМЕ (SUMMARY) до кваліфікаційної випускної роботи здобувача:	(ПІБ здобувача українською та англійською) <i>Крук Іван Олександрович</i> <i>Kruk Ivan Oleksandrovych</i>		
ЗВО	Київський національний університет будівництва і архітектури		
Тема (українською та англійською)	<i>Водопостачання населеного пункту з кількістю жителів 50 тисяч чоловік і 5 промисловими підприємствами</i> <i>Water supply for a settlement with a population of 50,000 and 5 industrial enterprises</i>		
Освітній ступінь	Магістр		
Факультет	інженерних систем та екології		
Випускова кафедра	водопостачання та водовідведення		
Спеціальність	192 – Будівництво та цивільна інженерія		
Освітня програма	Водопостачання та водовідведення		
Керівник	Дупляк Олена Віталіївна		
Обсяг роботи:	пояснювальна записка, стор.	розділів	креслень формату А1
	133	7	11
Розділ 1 <i>Водопостачання міста</i>	У розділі розглядається загальна характеристика системи водопостачання міста, її структура, функціональні елементи та роль у забезпеченні населення якісною питною водою.		
Розділ 2 <i>Насосна станція другого підйому</i>	У розділі аналізуються конструктивні особливості та принцип роботи насосної станції другого підйому, яка забезпечує транспортування води до міських мереж із необхідними параметрами тиску.		
Розділ 3 <i>Очисні споруди водопостачання</i>	У розділі висвітлюються технологічні процеси очищення води, що застосовуються для доведення її до нормативних показників якості відповідно до санітарних вимог.		
Розділ 4 <i>Водозабірні споруди</i>	У розділі розглядаються типи та конструктивні рішення водозабірних споруд, їх призначення та особливості роботи при заборі води з природних джерел.		
Розділ 5 <i>Монтаж трубопроводів</i>	У розділі описуються методи та технології монтажу трубопроводних систем, вимоги до їхньої герметичності, надійності та довговічності.		
Розділ 6 <i>Автоматизація систем водопостачання</i>	У розділі розглядаються сучасні засоби автоматизації, що забезпечують контроль, регулювання та оптимізацію роботи систем водопостачання, підвищуючи їхню ефективність та надійність.		
Розділ 7 <i>Охорона праці</i>	У розділі висвітлюються основні заходи з охорони праці та техніки безпеки, спрямовані на захист працівників під час експлуатації та обслуговування систем водопостачання.		
Висновки по роботі:	Проведено комплексний аналіз потреб у воді для населення та промислових підприємств, що дозволило визначити загальний баланс		

	<p>водоспоживання та водовідведення. Обґрунтовано вибір джерела водопостачання з урахуванням санітарних норм, екологічних вимог та економічної доцільності. Розроблено оптимальну схему водопровідної мережі, що забезпечує надійне та безперебійне постачання води всім категоріям споживачів. Виконано гідравлічні розрахунки, які підтвердили працездатність запропонованої системи та її відповідність нормативним показникам. Запропоновані заходи з очищення та знезараження води гарантують відповідність якості питної води державним стандартам. Аналіз показав ефективність запропонованих рішень, а також можливість зниження експлуатаційних витрат за рахунок енергоощадних технологій. Екологічна оцінка підтвердила мінімальний негативний вплив системи водопостачання на довкілля та забезпечення сталого розвитку регіону. Розроблені заходи з охорони праці та техніки безпеки гарантують безпечну експлуатацію системи для персоналу та населення.</p>
<p>Ключові слова:</p>	<p>Водопостачання, водозабір, гідравлічні розрахунки, питна вода, промислові підприємства, екологічна безпека, економічна ефективність, санітарні норми.</p>
<p>Keywords:</p>	<p>water supply, water intake, hydraulic calculations, drinking water, industrial enterprises, environmental safety, economic efficiency, sanitary standards.</p>

Здобувач _____
(підпис)

_____ **Крук Іван** _____
(власне ім'я та прізвище)

Керівник _____
(підпис)

_____ **Дупляк Олена** _____
(власне ім'я та прізвище)

“ ___ ” _____ 202_ р.

Вступ

								Лист
								6
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА		

Вода є одним із найважливіших природних ресурсів, без якого неможливе існування людини, функціонування промисловості та розвиток будь-якого населеного пункту. Забезпечення населення якісною питною водою та створення надійної системи водопостачання є ключовим завданням сучасної інженерії та муніципального управління. В умовах зростання урбанізації, інтенсивного розвитку промисловості та підвищення вимог до екологічної безпеки питання організації водопостачання набуває особливої актуальності.

Населений пункт із чисельністю близько 50 тисяч жителів становить середнє місто, яке має власну соціальну інфраструктуру, житловий фонд, заклади освіти, охорони здоров'я та культурні об'єкти. Водночас наявність п'яти промислових підприємств суттєво впливає на загальний баланс водоспоживання, адже виробничі процеси потребують значних обсягів води для технологічних цілей, охолодження обладнання та санітарно-побутових потреб персоналу. Таким чином, система водопостачання повинна бути спроєктована з урахуванням як потреб населення, так і специфічних вимог промисловості.

Актуальність теми дослідження зумовлена кількома чинниками. По-перше, сучасні тенденції розвитку міст вимагають переходу до енергоефективних та екологічно безпечних технологій водопостачання. По-друге, зростання споживання води та обмеженість природних ресурсів диктують необхідність раціонального використання водних запасів. По-третє, якість питної води безпосередньо впливає на здоров'я населення, що робить питання її очищення та знезараження пріоритетним. Нарешті, промислові підприємства потребують стабільного та безперебійного постачання води, що є важливим чинником економічної стабільності регіону.

Метою даної роботи є розробка комплексного проєкту системи водопостачання населеного пункту з чисельністю 50 тисяч жителів та п'ятьма промисловими підприємствами, який забезпечить відповідність санітарним нормам, економічну ефективність та екологічну безпеку.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз існуючих джерел водопостачання та оцінити їх потенціал;
- визначити потреби у воді для населення та промислових підприємств;
- виконати гідравлічні розрахунки водопровідної мережі;

- обґрунтувати вибір технологій очищення та знезараження води;
- розробити схему розташування насосних станцій, резервуарів та основних елементів системи;
- здійснити економічну оцінку запропонованих рішень;
- оцінити екологічні наслідки функціонування системи та розробити заходи з охорони праці.

Об'єктом проектування є система водопостачання середнього міста з населенням 50 тисяч осіб та промисловими підприємствами. Предметом вирішення виступають інженерні рішення, методи розрахунку та технології, що забезпечують ефективне функціонування системи водопостачання.

Значення роботи полягає у комплексному підході до проектування системи водопостачання, який поєднує розрахунки потреб населення та промисловості, сучасні методи очищення води, економічний аналіз та екологічну оцінку. Практичне значення роботи полягає у можливості використання розроблених рішень для реального проектування систем водопостачання середніх міст, що сприятиме підвищенню якості життя населення та сталому розвитку територій.

Таким чином, атестаційна робота спрямована на вирішення актуальної інженерної та соціально-економічної проблеми — забезпечення якісного та безперебійного водопостачання середнього міста з урахуванням потреб населення та промисловості. Її результати можуть бути використані органами місцевого самоврядування, проєктними організаціями та підприємствами водопровідно-каналізаційного господарства для розробки та модернізації систем водопостачання.

Розділ №1

Водопостачання міста

Здобувач / _____ /

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

Визначення добових розрахункових витрат води

Розрахунок добових витрат води для міста розпочинається з визначення потреб у воді його населення.

Середньорічну розрахункову добову витрату води на господарсько-питні потреби населення кожного житлового району міста визначають за формулою:

$$Q_{\text{доб.ср}} = N \cdot q_{\text{ж}} / 1000$$

де N – кількість населення, що мешкає у даному районі (за завданням), осіб; $q_{\text{ж}}$ – питома господарсько-питне водоспоживання населення, л/ос·добу, яке приймаємо для кожного з районів міста.

$$Q_{\text{доб.ср}} = N \cdot q_{\text{ж}} / 1000 = 27000 \cdot 240 / 1000 = 6480 \text{ м}^3/\text{добу} - 1\text{-й район,}$$

питома середньодобова норма споживання питної води з централізованим гарячим водопостачанням 230-285 л/добу, Для подальших розрахунків приймаємо значення – 240 л/добу ;

$$Q_{\text{доб.ср}} = N \cdot q_{\text{ж}} / 1000 = 23000 \cdot 160 / 1000 = 3680 \text{ м}^3/\text{добу} - 2\text{-й район,}$$

питома середньодобова норма споживання питної води з централізованим гарячим водопостачанням 150-230 л/добу, Для подальших розрахунків приймаємо значення – 160 л/добу на 1 особу.

Добові витрати води на господарсько-питні потреби населення в умовах максимального та мінімального водоспоживання розраховуються наступним чином:

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

де $K_{\text{доб.мах}} = 1,1-1,3$ і $K_{\text{доб.мін}} = 0,7-0,9$ – коефіцієнти добової нерівномірності водоспоживання , для північної кліматичної зони приймають менші значення цих коефіцієнтів, приймаю $K_{\text{доб.мах}} = 1,1$; $K_{\text{доб.мін}} = 0,7$.

Перший район: $Q_{\text{доб.мах}} = K_{\text{доб.мах}} \cdot Q_{\text{доб.ср}} = 1,1 \cdot 6480 = 7128 \text{ м}^3/\text{добу}$

$Q_{\text{доб.мін}} = K_{\text{доб.мін}} \cdot Q_{\text{доб.ср}} = 0,7 \cdot 6480 = 4536 \text{ м}^3/\text{добу}$

Другий район: $Q_{\text{доб.мах}} = K_{\text{доб.мах}} \cdot Q_{\text{доб.ср}} = 1,1 \cdot 3680 = 4048 \text{ м}^3/\text{добу}$

$Q_{\text{доб.мін}} = K_{\text{доб.мін}} \cdot Q_{\text{доб.ср}} = 0,7 \cdot 3680 = 2576 \text{ м}^3/\text{добу}$

Водоспоживання населенням

Райони міста	N , осіб	$q_{\text{ж}}$, л/добу·особу	$Q_{\text{доб.ср}}$, м ³ /добу	$K_{\text{доб.мах}}$	$Q_{\text{доб.мах}}$, м ³ /добу	$K_{\text{доб.мін}}$	$Q_{\text{доб.мін}}$, м ³ /добу
I	27000	240	6480	1,1	7128	0,7	4536
II	23000	160	3680	1,1	4048	0,7	2576
Разом	50000	-	10160	-	11176	-	7112

Витрати води на виробничі та господарсько-питні потреби промислових підприємств визначаються розрахунковим шляхом..

Водоспоживання на виробничі потреби підприємств

Назва підприємства	№ зміни	Одиниця продукції	Норма витрати води на одиницю продукції $q_{\text{в}}$, м ³ /од.	Кількість продукції $N_{\text{в}}$, од.	Водоспоживання $Q_{\text{в}}$, м ³
1. Горілчаних напоїв	1	дкл	8	200	1600
	2			100	800
	3				
	Σ	-	-	300	2400
2. Хлібозавод	1	т	4,3	200	860
	2			140	602
	3			140	602
	Σ	-	-	480	2064
	1	т	110	12	1320

3.Капроновог о волокна	2			9	990
	3			9	990
	Σ	-	-	30	3300
М'ясокомбіна т	1	т	16	100	1600
	2		-	-	-
	3		-	-	-
	Σ			100	1600
Віскозної текстильної нитки	1	т	485	4,4	2134
	2			3,8	1843
	3			3,8	1843
	□			12	5820
Разом	-	-	-	922	15184

Розрахунок витрат води на виробничі потреби підприємств здійснюється на основі обсягів продукції, що випускається протягом кожної зміни, та питомих норм водоспоживання для технологічних процесів (згідно із завданням). При цьому найбільші витрати приймаються для першої зміни роботи підприємства.

Витрати води на господарсько-питні потреби працівників у зміну визначаються відповідно до нормативних даних :

для гарячих цехів $q_r - 45$ л/особу; для холодних $q_x - 25$ л/особу.

Водоспоживання, m^3 , на господарсько-питні потреби працівників у гарячих (г) і холодних (х) цехах, а також на душові (д) потреби промислових підприємств визначається за формулою:

$$Q_{(г; х; д)} = N_{(г; х; д)} \cdot q_{(г; х; д)} / 1000,$$

де $N_{(г; х; д)}$ – кількість працівників за зміну, який працює відповідно в гарячих, холодних цехах та приймає душ, осіб; $q_{(г; х; д)}$ – витрати води на одного працівника за зміну, який працює відповідно в гарячому, холодному цехах та приймає душ, л/ос.; $1/1000$ – коефіцієнт переведення літрів у м³.

Водоспоживання на господарсько-питні потреби підприємств та прийняття душу

№ підприємства	№ зміни	К-сть працюючих, ос.	Гарячі цехи			Холодні цехи			$Q_{г-п},$ м ³	Прийняття душу		
			$N_{г},$ ос.	$q_{г},$ л/ос.	$Q_{г},$ м ³	$N_{х},$ ос.	$q_{х},$ л/ос.	$Q_{х},$ м ³		$N_{д},$ ос.	$q_{д},$ л/ос.	$Q_{д},$ м ³
1	1	45		45		45	25	1,13	1,13			
	2	45				45		1,13	1,13			
	3											
	Σ	90		-		90	-	2,26	2,26		-	
2	1	120	30	45	1,35	90	25	2,25	3,6	48	53,5	2,57
	2	100	25		1,13	75		1,88	3,01	40		2,14
	3	100	25		1,13	75		1,88	3,01	40		2,14
	Σ	320	80	-	3,61	240	-	6,01	9,62	128	-	6,85
3	1	1950	780	45	35,1	1170	25	29,25	64,35	1170	125	146,25
	2	1750	700		31,5	1050		26,25	57,75	1050		131,25
	3	1750	700		31,5	1050		26,25	57,75	1050		131,25
	Σ	5450	2180	-	98,1	3270	-	81,75	179,85	3270	-	408,75
4	1	400	120	45	5,40	280	25	7,00	12,40	200	53,5	10,70
	2	-	-		-	-		-	-	-		-

	3	-	-		-	-		-	-	-		-
	Σ	400	120	-	5,40	280	-	7,00	12,40	200	-	10,70
5	1	340	170	45	7,65	170	25	4,25	11,90	238	53,5	12,73
	2	280	140		6,30	140		3,50	9,80	196		10,49
	3	280	140		6,30	140		3,50	9,80	196		10,49
	Σ	900	450	-	20,25	450	-	11,25	31,50	630	-	33,71
Разом	Σ	7160	2830	-	127,36	4330	-	108,27	235,63	4228	-	460,01

Оскільки відсутні дані щодо площі благоустрою, максимальний добовий об'єм водоспоживання для поливу вулиць та зелених насаджень визначаємо залежно від кліматичного району та чисельності населення населеного пункту.

Витрати води на полив

Райони міста	Кількість населення, осіб	Питомі витрати води на 1 особу, л/добу	Витрата води, м ³ /добу
I	27000	40	1080
II	23000	40	920
Разом	50000		2000

За проведеними розрахунками складаємо баланс середньодобового, максимального і мінімального водоспоживання міста.

Баланс добового водоспоживання міста

№	Споживачі	Витрата води, м ³ /добу		
		середньо-добова	доба максимального водоспоживання	доба мінімального водоспоживання
1	Населення I району	6480	7128	4536
	Невраховані витрати	648	712,8	453,6
	Σ	7128	7840,8	4989,5
2	Населення II району	3680	4048	2576
	Невраховані витрати	368	404,8	257,6
	Σ	4048	4452,8	2833,6
3	Горілчаних напоїв			
	Виробничі потреби	2400	2400	2400
	Господарсько-питні	2,26	2,260	2,26
	Душові	-	-	-
	Σ	2402,26	2402,26	2402,26
4	Хлібозавод			
	Виробничі потреби	2064	2064	2064
	Господарсько-питні	9,62	9,62	9,62
	Душові	6,85	6,85	6,85
	Σ	2080,47	2080,47	2080,47
5	Капронового волокна			
	Виробничі потреби	3300	3300	3300
	Господарсько-питні	179,85	179,85	179,85
	Душові	408,75	408,75	408,75
	Σ	3888,6	3888,6	3888,6
6	М'ясокомбінат			

	Виробничі потреби	1600	1600	1600
	Господарсько-питні	12,40	12,40	12,40
	Душові	10,70	10,70	10,70
	Σ	1623,10	1623,10	1623,10
	Віскозної текстильної нитки			
	Виробничі потреби	5820	5820	5820
7	Господарсько-питні	31,50	31,50	31,50
	Душові	33,71	33,71	33,71
	Σ	5885,21	5885,21	5885,21
	Полив вулиць і зелених насаджень			
8	I район	540	1080	-
	II район	460	920	-
	Σ	1000	2000	-
	Всього по місту	28055,64	30173,24	-

Середньодобову витрату води на полив вулиць та зелених насаджень в умовах України приймають на рівні 50% від витрат у добу максимального водоспоживання, тоді як у добу мінімального водоспоживання полив не здійснюється.

Витрати води на пожежогасіння

За розрахункової чисельності населення від 25 до 50 тис. осіб та прийнятій кількості одночасних пожеж — 2, витрати води на зовнішнє пожежогасіння при забудові будівлями з трьома і більше поверхами становлять 25 л/с. Відповідно, сумарна витрата води на пожежогасіння дорівнює 50 л/с.

Визначення погодинних витрат води

Для кожного із районів міста визначаємо коефіцієнт максимальної погодинної нерівномірності водоспоживання населенням:

$$K_{Г.маx (I; II)} = \alpha_{маx (I; II)} \cdot \beta_{маx (I; II)},$$

де $\alpha_{маx} = 1,2-1,4$ – коефіцієнт, ступіню благоустрою будинків, режиму роботи підприємств та інші місцеві умови; $\beta_{маx}$ – коефіцієнт, чисельності жителів у населеному пункті.

$$\text{Перший район: } K_{Г.маx I} = \alpha_{маx I} \cdot \beta_{маx I} = 1,4 \cdot 1,18 = 1,65$$

$$\text{Другий район: } K_{Г.маx II} = \alpha_{маx II} \cdot \beta_{маx II} = 1,3 \cdot 1,19 = 1,55$$

Витрати води на виробничі та господарсько-питні потреби підприємств приймаються рівномірними протягом робочої зміни. Для всіх промислових підприємств встановлюється 8-годинна зміна, початок якої, що вважається максимальною, припадає на 8 годину ранку.

Витрати води у душових передбачаються впродовж години після завершення кожної зміни. Розподіл витрат води на полив зелених насаджень, вулиць і площ здійснюється у години мінімального та середнього водоспоживання.

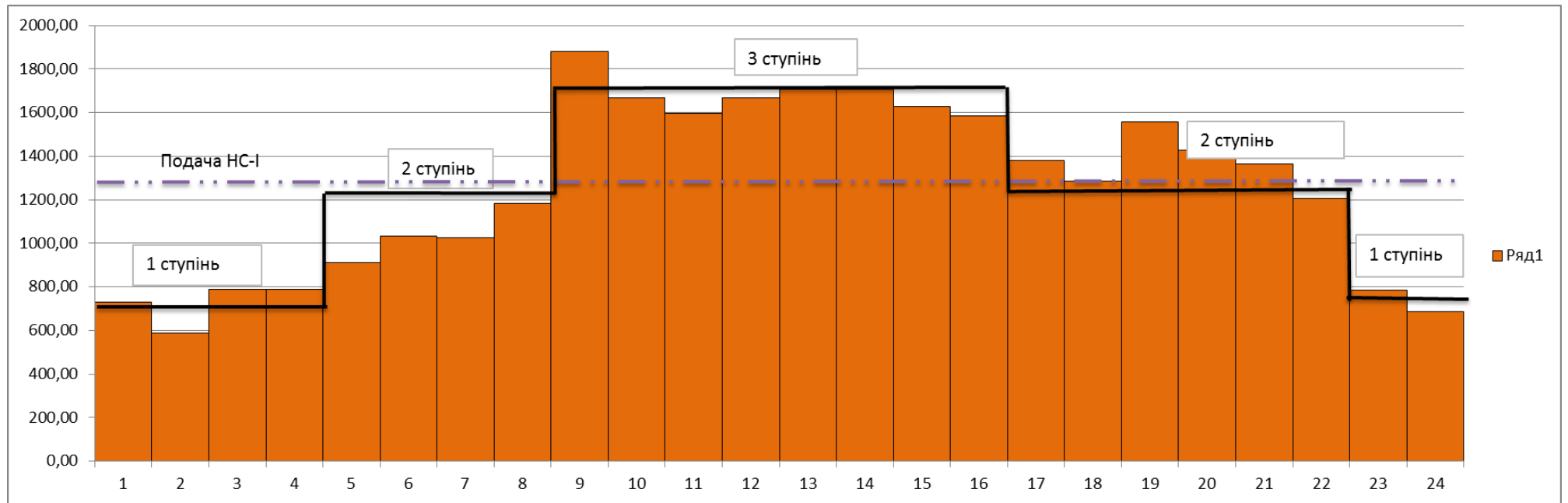
Година доби	Населення				Витрата населення	Горілчаних напоїв				Хлібзавод				Капронового волокна				М'ясокомбінат				Віскозної текстильної нитки				Всього по місту	Полив		ΣПогодинна витр.
	К	1 рай.	К	2 рай.		Вироб	Побут	Душ	Σ	Вироб	Побут	Душ	Σ	Вироб	Побут	Душ	Σ	Вироб	Побут	Душ	Σ	Вироб	Побут	Душ	Σ		1 рай.	2 рай.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0-1	1,125	88,21	1,375	61,23	149,44				0,0	75,25	0,38	2,14	77,77	12,375	7,22	13,25	26,22				0,0	23,8	1,23	10,49	24,210	731,52			731,52
1-2	1,125	88,21	1,375	61,23	149,44				0,0	75,25	0,38	2,63	75,63	12,375	7,22	13,097	13,097				0,0	23,8	1,23	10,1	23,161	587,64			587,64
2-3	1,125	88,21	1,375	61,23	149,44				0,0	75,25	0,38	2,63	75,63	12,375	7,22	13,097	13,097				0,0	23,8	1,23	10,1	23,161	587,64	10,800	92,00	787,64
3-4	1,125	88,21	1,375	61,23	149,44				0,0	75,25	0,38	2,63	75,63	12,375	7,22	13,097	13,097				0,0	23,8	1,23	10,1	23,161	587,64	10,800	92,00	787,64
4-5	2,125	16,62	2,375	10,575	272,37				0,0	75,25	0,38	2,63	75,63	12,375	7,22	13,097	13,097				0,0	23,8	1,23	10,1	23,161	710,58	10,800	92,00	910,58

5-6	3,125	24,503	3,375	15,028	395,31				0,0	75,25	0,38		75,63	12,3,75	7,22				0,0	23,0,38	1,23		23,1,61	833,51	10,8,00	92,00	103,3,51	
6-7	4,875	38,2,24	4,625	20,5,94	588,18				0,0	75,25	0,38		75,63	12,3,75	7,22				0,0	23,0,38	1,23		23,1,61	102,6,39			102,6,39	
7-8	6,250	49,0,05	5,750	25,6,04	746,09				0,0	75,25	0,38		75,63	12,3,75	7,22				0,0	23,0,38	1,23		23,1,61	118,4,29			118,4,29	
8-9	6,4375	50,4,75	6,3125	28,1,08	785,83	20,0,0	0,14		20,0,14	10,7,50	0,45	2,14	11,0,09	16,5,00	8,04	13,1,25	30,4,290	20,0,0	1,55		20,1,55	26,6,75	1,499	10,49	27,8,73	188,0,64		188,0,64
9-10	5,6875	44,5,95	6,0625	26,9,95	715,90	20,0,0	0,14		20,0,14	10,7,50	0,45		10,7,95	16,5,00	8,04		17,3,04	20,0,0	1,55		20,1,55	26,6,75	1,49	26,8,24	166,6,82		166,6,82	
10-11	4,9375	38,7,14	5,8125	25,8,82	645,96	20,0,0	0,14		20,0,14	10,7,50	0,45		10,7,95	16,5,00	8,04		17,3,04	20,0,0	1,55		20,1,55	26,6,75	1,49	26,8,24	159,6,88		159,6,88	
11-12	5,6875	44,5,95	6,0625	26,9,95	715,90	20,0,0	0,14		20,0,14	10,7,50	0,45		10,7,95	16,5,00	8,04		17,3,04	20,0,0	1,55		20,1,55	26,6,75	1,49	26,8,24	166,6,82		166,6,82	

12	6,	50	5,	24	754	20	0,		20	10	0,		10	16	8,		17	20	1,		20	26	1,		26	170			170
-	50	9,6	50	4,	,56	0,0	14		0,1	7,5	45		7,9	5,0	04		3,0	0,0	55		1,5	6,7	49		8,2	5,4			5,4
13	0	5	0	90		0			4	0			5	0			4	0			5	5			4	8			8
13	6,	50	5,	24	754	20	0,		20	10	0,		10	16	8,		17	20	1,		20	26	1,		26	170			170
-	50	9,6	50	4,	,56	0,0	14		0,1	7,5	45		7,9	5,0	04		3,0	0,0	55		1,5	6,7	49		8,2	5,4			5,4
14	0	5	0	9		0			4	0			5	0			4	0			5	5			4	8			8
14	5,	43	5,	24	676	20	0,		20	10	0,		10	16	8,		17	20	1,		20	26	1,		26	162			162
-	50	1,2	50	4,	,15	0,0	14		0,1	7,5	45		7,9	5,0	04		3,0	0,0	55		1,5	6,7	49		8,2	7,0			7,0
15	0	4	0	9		0			4	0			5	0			4	0			5	5			4	7			7
15	4,	38	5,	25	632	20	0,		20	10	0,		10	16	8,		17	20	1,		20	26	1,		26	158			158
-	87	2,2	62	0,	,71	0,0	14		0,1	7,5	45		7,9	5,0	04		3,0	0,0	55		1,5	6,7	49		8,2	3,6			3,6
16	5	4	5	47		0			4	0			5	0			4	0			5	5			4	3			3
16	5,	41	5,	25	667	10	0,		10	75,	0,	2,	78,	12	7,	14	27			10	10,	23	1,	12	24	137			137
-	25	1,6	75	6,	,68	0,0	14		0,1	25	38	57	20	3,7	22	6,	7,2			,7	70	0,3	23	,7	4,3	8,2			8,2
17	0	4	0	04		0			4				5		25	2				0	23	1,	12	4	7			7	
17	6,	49	5,	25	746	10	0,		10	75,	0,		75,	12	7,		13				0,0	23	1,		23	128			128
-	25	0,0	75	6,	,09	0,0	14		0,1	25	38		63	3,7	22		0,9			0	0,3	23		1,6	4,4			4,4	
18	0	5	0	04		0			4				5		7		7				8			1	3			3	
18	6,	48	5,	23	719	10	0,		10	75,	0,		75,	12	7,		13				0,0	23	1,		23	125	16	13	155
-	12	0,2	37	9,	,59	0,0	14		0,1	25	38		63	3,7	22		0,9			0	0,3	23		1,6	7,9	2,0	8,	7,9	
19	5	5	5	34		0			4				5		7		7				8			1	3	0	00	3	

19 - 20	4, 87 5	38 2,2 4	4, 62 5	20 5, 94	588 ,18 0	10 0,0 0	0, 14		10 0,1 4	75, 25	0, 38		75, 63	12 3,7 5	7, 22		13 0,9 7				0,0 0	23 0,3 8	1, 23		23 1,6 1	112 6,5 3	16 2,0 0	13 8, 00	142 6,5 3
20 - 21	4, 37 5	34 3,0 4	4, 12 5	18 3, 68	526 ,71 0	10 0,0 0	0, 14		10 0,1 4	75, 25	0, 38		75, 63	12 3,7 5	7, 22		13 0,9 7				0,0 0	23 0,3 8	1, 23		23 1,6 1	106 5,0 6	16 2,0 0	13 8, 00	136 5,0 6
21 - 22	3, 00 0	23 5,2 2	3, 00 0	13 3, 58	368 ,81 0	10 0,0 0	0, 14		10 0,1 4	75, 25	0, 38		75, 63	12 3,7 5	7, 22		13 0,9 7				0,0 0	23 0,3 8	1, 23		23 1,6 1	907 ,15 0	16 2,0 0	13 8, 00	120 7,1 5
22 - 23	2, 00 0	15 6,8 2	2, 00 0	89 ,0 6	245 ,87 0	10 0,0 0	0, 14		10 0,1 4	75, 25	0, 38		75, 63	12 3,7 5	7, 22		13 0,9 7				0,0 0	23 0,3 8	1, 23		23 1,6 1	784 ,22			784 ,22
23 - 24	1, 12 5	88, 21 5	1, 37 5	61 ,2 3	149 ,44 0	10 0,0 0	0, 14		10 0,1 4	75, 25	0, 38		75, 63	12 3,7 5	7, 22		13 0,9 7				0,0 0	23 0,3 8	1, 23		23 1,6 1	687 ,78			687 ,78
Σ	10 0 80	78 40, 80	10 0	44 52 ,8	122 93, 60	24 00, 00	2, 26		24 02, 26	20 64, 00	9, 63		20 73, 62	33 00, 00	17 9, 85		34 79, 85	16 00, 00	12 ,4	10 ,7	16 23, 10	58 20, 08	31 ,6 0	33 ,7 1	58 85, 21	277 57, 64	10 80, 00	92 0, 00	301 73, 42

Графік добового водоспоживання міста і подачі води насосними станціями



З метою зменшення об'єму водонапірної башти графік роботи насосів, що забезпечують живлення водопровідної мережі, приймається триступінчатим. Подачу води насосами першого підйому (НС-I) та тривалість роботи кожної ступені на насосній станції другого підйому (НС-II) встановлюємо наступним чином:

Визначення подачі насосів на насосних станціях

Насосна станція	Тривалість роботи насосів, год	Витрата, м3/год	Подача, м3/добу
НС - II 1 ступінь	6	727,74	4725,84
НС - II 2 ступінь	10	1237,42	11842,9
НС - II 3 ступінь	8	1679,10	13643,84
НС - I	24	1257,22	30173,42

Трасування водопровідної мережі

На плані міста визначаємо місця підведення водоводів від НС-II, розташування водонапірної башти та виконуємо трасування магістральної водопровідної мережі. Діаметри розподільних ліній конструктивно приймаємо рівними 100 мм.

У точках перетину магістралей, підключення великих споживачів (підприємств), водонапірної башти та водоводів до магістральної мережі намічаємо й нумеруємо вузли, після чого фіксуємо довжини ділянок між ними.



Визначення місткості регулюючих споруд

Регулюючий об'єм визначають шляхом суміщення графіків водоспоживання і водоподачі насосами НС-II:

Визначення регулюючого об'єму бака водонапірної башти

Години доби	$Q_{\text{міста}}, \text{ м}^3/\text{ГОД}$	$Q_{\text{НС-II}}, \text{ м}^3/\text{ГОД}$	Витрата q у бак, $\text{ м}^3/\text{ГОД}$	Витрата q із бака, $\text{ м}^3/\text{ГОД}$	Об'єм води W у баку, м^3
1	2	3	4	5	6
0-1	731,52	727,74		3,78	-3,78
1-2	587,64	727,74	140,10		136,32
2-3	787,64	727,74		59,90	76,42

3-4	787,64	727,74		59,90	16,52
4-5	910,58	1237,42	326,84		343,36
5-6	1033,51	1237,42	203,91		547,27
6-7	1026,39	1237,42	211,03		758,31
7-8	1184,29	1237,42	53,13		811,44
8-9	1880,64	1679,10		201,54	609,90
9-10	1666,82	1679,10	12,28		622,17
10-11	1596,88	1679,10	82,22		704,39
11-12	1666,82	1679,10	12,28		716,67
12-13	1705,48	1679,10		26,38	690,29
13-14	1705,48	1679,10		26,38	663,91
14-15	1627,07	1679,10	52,03		715,94
15-16	1583,63	1679,10	95,47		811,40
16-17	1378,27	1237,42		140,85	670,55
17-18	1284,43	1237,42		47,01	623,54
18-19	1557,93	1237,42		320,51	303,03
19-20	1426,53	1237,42		189,11	113,92
20-21	1365,06	1237,42		127,64	-13,72
21-22	1207,15	1237,42	30,27		16,55
22-23	784,22	727,74		56,48	-39,93
23-24	687,78	727,74	39,96		0,03
Σ	30173,42	30173,42	1259,51	1259,49	

Регулюючий об'єм бака водонапірної башти визначається як арифметична сума найбільшого додатного ($716,67 \text{ м}^3$) та від'ємного ($-39,93 \text{ м}^3$) залишків води у баку, що становить $W_{\text{рег.б}} = 756,6 \text{ м}^3$. Для подальших розрахунків отриманий регулюючий об'єм зменшуємо на 15%, оскільки башта розташована на початку мережі, тобто $W_{\text{р.б}} = 643,11 \text{ м}^3$.

Протипожежний запас води у башті визначається з розрахунку на 10-хвилинну тривалість гасіння однієї зовнішньої та однієї внутрішньої пожеж при одночасних найбільших витратах на інші цілі.

$$W_{\text{пож.б}} = 0,6(q_{\text{п.з}} + q_{\text{п.в}} + q_{\text{б.мак}}), \text{ м}$$

- $q_{\text{п.з}} = 50$ л/с (зовнішнє пожежогасіння),
- $q_{\text{п.в}} = 5$ л/с (внутрішнє пожежогасіння),
- $q_{\text{б.мак}}$ — витрата води з бака у годину максимального водоспоживання.

$$W_{\text{пож.б}} = 0,6(50 + 5 + 201,54/3,6) = 66,59 \text{ м}^3.$$

Повний об'єм бака водонапірної башти визначається за формулою:

$$W_{\text{б}} = W_{\text{р.б}} + W_{\text{пож.б}} = 643,11 + 66,59 = 709,7 \text{ м}^3.$$

Обираємо залізобетонну башту із залізобетонним баком $V = 800 \text{ м}^3$.

Відповідно визначаємо:

- Діаметр бака:

$$D_{\text{б}} = \sqrt[3]{\frac{W_{\text{б}}}{0,785}} = \sqrt[3]{\frac{800}{0,785}} = 10,06 \text{ м},$$

Приймаємо $D_{\text{б}} = 10 \text{ м}$;

- Висоту регулюючого та протипожежного об'ємів:

$$h_{\text{р.б}} = \frac{1,27W_{\text{р.б}}}{D_{\text{б}}^2} = \frac{1,27 * 643,11}{100} = 8,16 \text{ м}$$

$$h_{\text{пож.б}} = \frac{1,27W_{\text{пож.б}}}{D_{\text{б}}^2} = \frac{1,27 * 66,59}{100} = 0,84 \text{ м}$$

Регулюючий об'єм резервуарів чистої води (РЧВ) визначається шляхом суміщення графіків подачі насосами першого та другого підйомів.

Години доби	QНС-I, м ³ /год	QНС-II, м ³ /год	q до РЧВ, м ³ /год	q із РЧВ, м ³ /год	W у РЧВ, м ³
0-1	1257,22	727,74	529,48		529,48
1-2	1257,22	727,74	529,48		1058,96
2-3	1257,22	727,74	529,48		1588,44
3-4	1257,22	727,74	529,48		2117,92
4-5	1257,22	1237,42	19,80		2137,72
5-6	1257,22	1237,42	19,80		2157,52
6-7	1257,22	1237,42	19,80		2177,32
7-8	1257,22	1237,42	19,80		2197,12
8-9	1257,22	1679,10		421,88	1775,24
9-10	1257,22	1679,10		421,88	1353,36
10-11	1257,22	1679,10		421,88	931,48
11-12	1257,22	1679,10		421,88	509,60
12-13	1257,22	1679,10		421,88	87,72
13-14	1257,22	1679,10		421,88	-334,16
14-15	1257,22	1679,10		421,88	-756,04
15-16	1257,22	1679,10		421,88	-1177,92
16-17	1257,22	1237,42	19,80		-1158,12
17-18	1257,22	1237,42	19,80		-1138,32
18-19	1257,22	1237,42	19,80		-1118,52
19-20	1257,22	1237,42	19,80		-1098,72
20-21	1257,22	1237,42	19,80		-1078,92
21-22	1257,22	1237,42	19,80		-1059,12
22-23	1257,22	727,74	529,48		-529,64
23-24	1257,22	727,74	529,48		-0,01
Σ	30173,42	30173,42	3374,88	3374,90	

$$W_{\text{рег.р}} = 2197,12 + 1177,92 = 3375,04 \text{ м}^3.$$

Для подальшого розрахунку регулюючий об'єм води в резервуарі чистої води збільшуємо на величину зменшеного регулюючого об'єму водонапірної башти, тоді:

$$W_{\text{р.р}} = W_{\text{рег.р}} + (W_{\text{рег.б}} - W_{\text{р.б}}) = 3375,04 + 113,49 = 3488,53 \text{ м}^3.$$

Загальний об'єм РЧВ:

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

де $W_{\text{в.п}}$ – запас води на власні потреби станцій водопідготовки (приймаємо $W_{\text{в.п}} = 0,06 \times Q_{\text{доб.мах}} = 0,06 \times 30173,42 = 1810,4 \text{ м}^3$); $W_{\text{пож.р}}$ – запас води для гасіння пожеж:

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

де $T_{\text{п}} = 3$ – час гасіння пожежі в системах водопостачання I категорії; $q_{\text{п}}$ – витрати води на гасіння розрахункової кількості пожеж у населеному пункті, $q_{\text{п}} = 2 \times 25 = 50 \text{ л/с}$;

$Q_1 = 1257,22 \text{ м}^3/\text{год}$ – подача води НС-I в РЧВ; 3,6 – коефіцієнт переведення л/с у $\text{м}^3/\text{год}$;

$W_{\text{госп}} = 1880,64 + 1666,82 + 1596,88 = 5144,34 \text{ м}^3$ – об'єм води, що споживається за три суміжні години максимального водоспоживання на господарсько-побутові та промислові цілі.

$$W_{\text{пож.р}} = 3 \times (3,6 \times 50 - 1257,22) + 5144,34 = 1912,68 \text{ м}^3.$$

$$W_{\text{рчв}} = 3488,53 + 1912,68 + 1810,4 = 7211,61 \text{ м}^3.$$

Приймаємо два прямокутні резервуари місткістю 4000 м^3 кожний та типорозмірами: довжина – 30 м; ширина – 36 м; глибина води – $h_{\text{р}} = 4,84 \text{ м}$.

Глибини об'ємів води визначаємо за формулами:

- Регулюючий: $h_{\text{рег.р}} = W_{\text{р.р}} / nF_{\text{рчв}} = 3488,53 / 2 \cdot 30 \cdot 18 = 3,23$ м;
- Пожежний: $h_{\text{пож.р}} = 1912,68 / 2 \cdot 30 \cdot 18 = 1,77$ м;
- На власні потреби: $h_{\text{в.п}} = 1810,4 / 2 \cdot 30 \cdot 18 = 1,68$ м.

Визначення розрахункових режимів роботи водопровідних мереж та секундних витрат води

Оскільки прийнято мережу з прохідною баштою, розрахунок виконуємо лише для двох основних режимів її роботи, адже транзит води через мережу в башту відсутній: години максимального водовідбору з мережі та режиму гасіння пожежі при максимальному водовідборі.

Для проведення гідравлічного розрахунку водоводів і магістральної водопровідної мережі витрати води на різні потреби споживачів переводимо у секундні значення (шляхом ділення на 3,6).

Розмір-ність	$q_{\text{нас.І}}$	$q_{\text{нас.ІІ}}$	$q_{\text{підпр.І}}$	$q_{\text{підпр.ІІ}}$	$q_{\text{підпр.ІІІ}}$	$q_{\text{підпр.ІV}}$	$q_{\text{підпр.ІV}}$	$q_{\text{пол.І}}$	$q_{\text{пол.ІІ}}$	Всього
Година максимального водоспоживання (max)										
м ³ /год	504,75	281,08	200,14	110,09	304,29	201,55	278,73	0	0	1880,64
л/с	140,2	78,07	55,59	30,58	84,53	55,99	77,43	0	0	522,4

Необхідні секундні витрати живлення мережі

Одиниця	Режим	Водоспоживання	Подача насосів	Надходження води із башти	Подача води в башту
м ³ /год	max	1880,64	1679,10	201,54	0
л/с		522,4	466,42	55,98	0
м ³ /год	max+пож	2060,64	2060,64	0	0
л/с		522,4+50=572,4	572,4	0	0

Визначення вузлових відборів та дорожніх витрат

За планом міста обчислюємо фактичну та розрахункову довжину ділянок магістральних ліній мережі, обмежених вузлами. Для кожного району визначаємо фактичну та розрахункову довжину магістральної водопровідної мережі (L_I і L_{II}) як суму розрахункових довжин ділянок у межах відповідного району.

Для кожного з районів визначаємо питому витрату води:

- при максимальному водоспоживанні

$$q_{пит.I} = \frac{q_{нас.I} + q_{пол.I}}{L_I} = \frac{140,2 + 0}{6775} = 0,02 \text{ л/с} \cdot \text{м};$$

$$q_{пит.II} = \frac{q_{нас.II} + q_{пол.II}}{L_{II}} = \frac{78,07 + 0}{3995} = 0,02 \text{ л/с} \cdot \text{м};$$

Розраховуємо дорожні витрати q_d на розрахункових ділянках, як добуток питомої витрати води $q_{пит}$ при певному режимі і розрахункової довжини ділянки.

Визначення дорожніх витрат води

Ділянка	Фактична довжина, м	Розрахункова довжина, м	$q_{d,max}$, л/с
Район I			
7-8	650	650	13,45
8-9	680	680	14,07
9-10	480	480	9,93
10-11	280	140	2,90
11-4	590	295	6,10
4-5	940	940	19,45
5-6	530	530	10,97

6-7	1030	1030	21,31
8-12	430	430	8,90
12-11	950	950	19,66
12-5	650	650	13,45
Σ	7210	L_I =6775	140,20
Район II			
1-2	730	730	14,27
2-3	430	430	8,40
3-4	640	640	12,51
4-11	590	295	5,76
11-10	280	140	2,74
1-10	1130	1130	22,08
2-11	630	630	12,31
Σ	4430	L_{II} =3995	78,07
Всього	11010	10770	218,27

Для кожного розрахункового режиму визначаємо вузлові витрати $q_{\text{вузл}}$, які розраховують, як половину суми всіх дорожніх витрат, що прилягають до даного вузла, л/с:

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

Повна дорожня витрата лінії, що проходить на кордоні двох районів, розраховуємо як суму дорожніх витрат, для цієї лінії у кожному з районів. У зосереджені витрати $q_{\text{зос}}$ заносимо витрати підприємств $q_{\text{підпр}}$, що приєднані до вузлів 5, 9 і 10. Для режиму пожежогасіння призначаємо розрахункові витрати води на пожежогасіння $q_{\text{пож}}$ у вузлах 6 і 7.

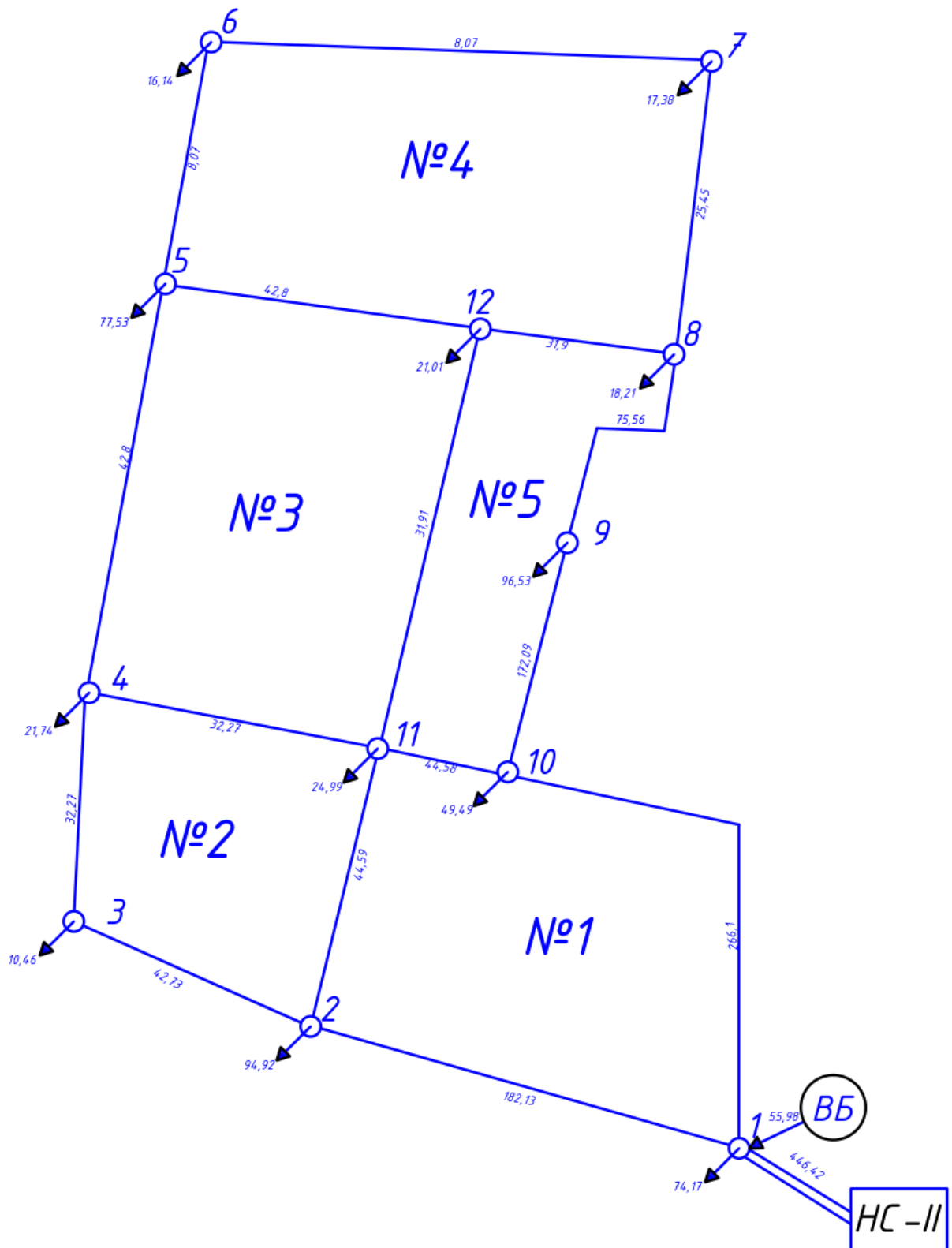
Вузлові відбори

№ вузла	max			max+пож	
	q _{вузл} , л/с	q _{зос} , л/с	Q _{вузл} , л/с	q _{пож} , л/с	Q _{вузл} , л/с
1	18,18	55,99	74,17		74,17
2	17,49	77,43	94,92		94,92
3	10,46		10,46		10,46
4	21,74		21,74		21,74
5	21,94	55,59	77,53		77,53
6	16,14		16,14	25,00	41,14
7	17,38		17,38	25,00	42,38
8	18,21		18,21		18,21
9	12,00	84,53	96,53		96,53
10	18,91	30,58	49,49		49,49
11	24,99		24,99		24,99
12	21,01		21,01		21,01
Σ	218,29	304,12	522,41	50,00	572,41

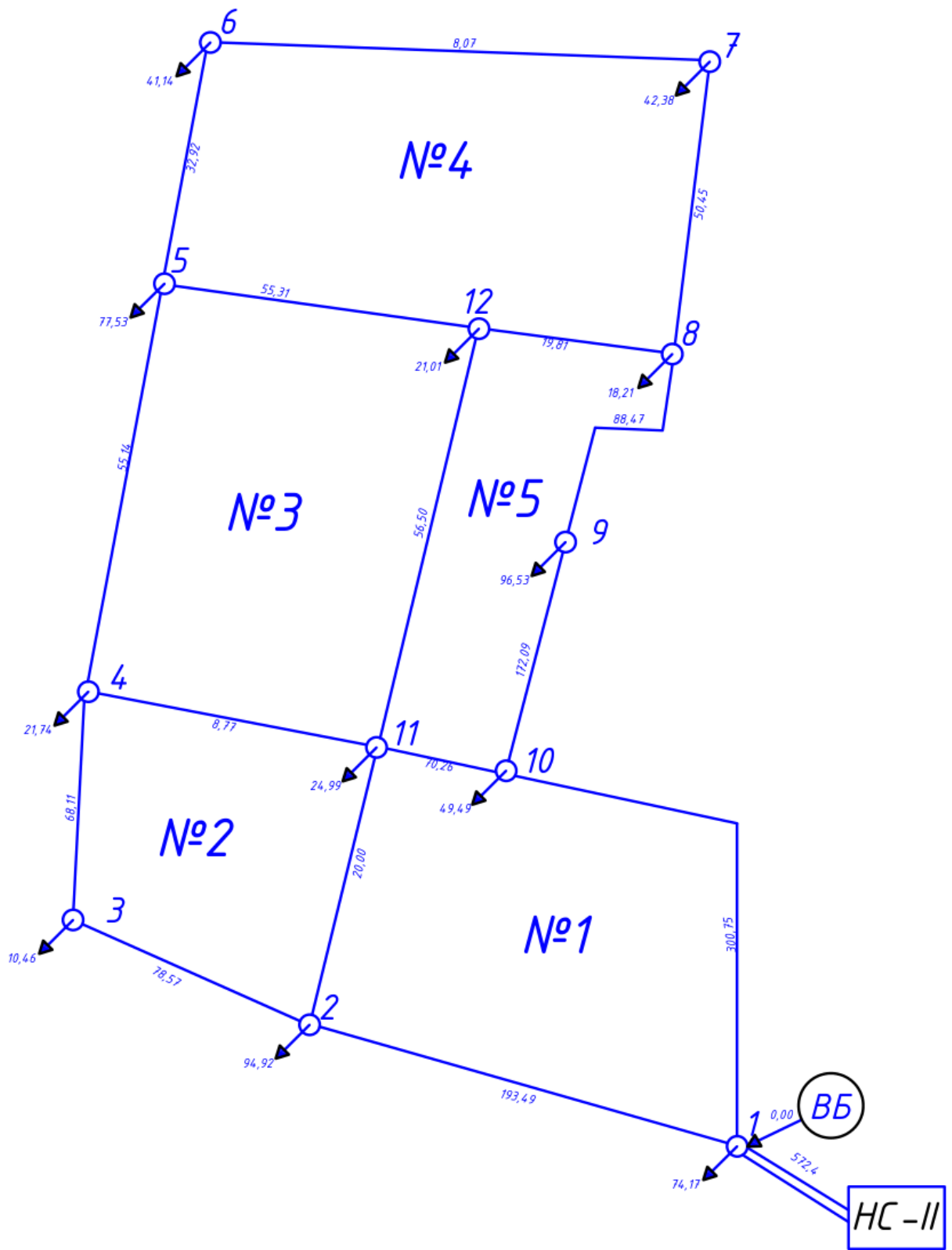
Попередній розподіл водовитрат по ділянкам мережі

Для кожного розрахункового режиму складається окрема схема мережі, на якій позначаються номери вузлів, величини вузлових відборів, витрати водоводів від НС-II до мережі та номери кілець. Визначається напрям руху води магістральними лініями та виконуються обчислення розрахункових витрат на окремих ділянках.

Попередній розподіл водовитрати для тах. режиму водоспоживання



Попередній розподіл водовитрати для гасіння пожежі та min. режиму водоспоживання



Вибір характеристик труб ділянок мережі

Для водопровідної мережі міста призначаємо чавунні труби. За найбільшою з визначених витрат на ділянках мережі намічаємо економічно доцільні діаметри головних магістральних ліній. Перевіряємо можливість пропуску розрахункових витрат води в режимі пожежогасіння. Для перемичок призначаємо діаметри на сортамент менше діаметра магістралей, до яких вони приєднуються.

ділянка	q, л/с	max			q, л/с	max+пож			прийнятий діаметр
		D, мм	V, м/с	1000i		D, мм	V, м/с	1000i	
НС-1	446,42	700	1,16	2,14	572,4	700	1,49	3,37	700
1-2	181,95	600	0,65	0,97	192,94	600	0,68	1,00	600
2-3	43,75	250	0,89	5,51	51,17	250	1,04	6,59	250
3-4	33,29	200	1,06	10,23	40,71	200	1,30	13,15	200
4-5	44,58	250	0,91	5,70	56,70	250	1,16	8,03	250
5-6	8,92	150	1,14	28,74	28,06	150	1,59	27,48	150
6-7	7,22	150	0,92	19,23	13,08	150	0,74	6,90	150
7-8	23,60	200	0,75	5,32	55,46	200	1,77	23,12	200
8-9	76,40	300	1,08	5,58	106,34	300	1,51	10,26	300
9-10	172,93	500	0,88	2,00	202,87	500	1,03	2,66	500
11-4	33,03	200	1,05	10,08	37,73	200	1,20	12,29	200
11-12	29,29	200	0,93	8,02	37,22	200	1,08	11,20	200
8-12	33,59	200	1,07	10,41	32,67	200	1,04	8,78	200
12-5	41,87	250	0,85	5,07	48,89	250	1,00	6,14	250
2-11	43,39	250	0,88	5,43	46,85	250	0,95	5,60	250
10-11	43,92	250	0,90	5,55	53,09	250	1,08	7,06	250
1-10	266,28	600	0,94	1,96	305,45	600	1,08	2,29	600

Ув'язка кілець та розрахунок втрат напору в трубах

Гідравлічний розрахунок водопровідної мережі проводиться для всіх передбачених розрахункових режимів. Втрати напору на окремих ділянках 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, $(\text{с/л})^2$; K_1 – коефіцієнт поправки до A залежно від швидкості руху води V ; l – довжина ділянки трубопроводу, м.

Поправочну витрату кільця Δq_k визначаємо 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 знаки нев'язки кільця Δh і втрат напору на ділянці h співпадають, поправочну витрату Δq_k слід відняти від витрати води q на відповідній ділянці. У протилежному випадку її потрібно додати. Крім того, враховується поправочна витрата на лініях суміжних кілець (Δq суміжного кільця).

Розраховуємо досягнення допустимих нев'язок у всіх кільцях мережі:

- Для господарських режимів роботи мережі: $\Delta h \pm 0,5$ м.

- Для режиму пожежогасіння: $\Delta h \pm 1,0$ м.

Допустимі значення нев'язки по контуру мережі:

- Для господарських режимів роботи мережі: $\Delta h \pm 1,0$ м.

- Для режиму пожежогасіння: $\Delta h \pm 1,5$ м.

Гідравлічний розрахунок мережі для умов пікового водоспоживання

№ кільця	№ ділянки	довжина l, км	Попередній потокорозподіл							Δq власного кільця	Δq суміжного о кільця	перше наближення					Δq власного кільця	Δq суміжного о кільця	
			Напрямок	d, мм	V, м/с	q, л/с	1000i, м/км	h=1000i*L, м	h / q			V, м/с	q, л/с	1000i, м/км	h=1000i*L, м	h / q			
1	1-2	0,73	1	600	0,64	182,13	0,90	0,66	0,00	-1,91		0,66	180,22	0,95	0,69	0,00	1,56		
	1-10	1,13	-1	600	0,94	266,10	1,79	-2,02	0,01	1,91		0,96	268,01	1,85	-2,09	0,01	-1,56		
	10-11	0,28	-1	250	0,91	44,58	5,18	-1,45	0,03	1,91	-1,28	0,96	45,21	5,71	-1,60	0,04	-1,56	0,50	
	2-11	0,63	1	250	0,91	44,59	5,18	3,26	0,07	-1,91	-0,86	0,81	41,82	4,20	2,65	0,06	1,56	0,15	
								0,45	0,12								-0,35	0,11	
							1,91									-1,59			
2	2-11	0,63	-1	250	0,91	44,59	5,18	-3,26	0,07	-0,86	-1,91	0,81	41,82	4,20	-2,65	0,06	0,15	1,56	
	2-3	0,43	1	250	0,87	42,73	4,78	2,06	0,05	0,86		0,89	43,59	4,98	2,14	0,05	-0,15		
	3-4	0,64	1	200	1,03	32,27	8,63	5,52	0,17	0,86		1,06	33,13	9,09	5,82	0,18	-0,15		
	4-11	0,59	-1	200	1,03	32,27	8,63	-5,09	0,16	-0,86	1,34	1,04	32,75	8,78	-5,18	0,16	0,15	-0,67	
								-0,78	0,45								0,13	0,45	
							-0,86									0,15			
3	4-11	0,59	1	200	1,03	32,27	8,63	5,09	0,16	1,34	-0,86	1,04	32,75	8,78	5,18	0,16	-0,67	0,15	
	4-5	0,94	1	250	0,87	42,80	4,78	4,49	0,10	1,34		0,90	44,14	5,08	4,78	0,11	-0,67		
	11-12	0,95	-1	200	1,02	31,91	8,48	-8,06	0,25	-1,34	-1,28	0,93	29,29	7,18	-6,82	0,23	0,67	0,50	
	5-12	0,65	-1	250	0,87	42,80	4,78	-3,11	0,07	-1,34	0,68	0,86	42,14	4,68	-3,04	0,07	0,67	0,21	
								-1,58	0,59								0,09	0,57	
							-1,34									0,08			
4	5-12	0,65	1	250	0,87	42,80	4,87	3,17	0,07	0,68	-1,34	0,86	42,14	4,68	3,04	0,07	0,21	0,67	
	5-6	0,53	1	100	1,03	8,07	16,23	8,60	1,07	0,68		1,11	8,75	24,00	12,72	1,45	0,21		
	6-7	1,03	-1	100	1,03	8,07	16,23	-16,72	2,07	-0,68		0,94	7,39	17,83	-18,36	2,49	-0,21		
	7-8	0,65	-1	200	0,78	24,45	5,24	-3,41	0,14	-0,68		0,76	23,77	5,00	-3,25	0,14	-0,21		
	8-12	0,43	1	200	1,02	31,90	8,48	3,65	0,11	0,68	1,28	1,08	33,86	9,40	4,04	0,12	0,21	-0,50	
							-4,71	3,46								-1,81	4,27		
							-0,68									-0,21			
5	8-12	0,43	-1	200	1,02	31,90	8,48	-3,65	0,11	1,28	0,68	1,08	33,86	9,40	-4,04	0,12	-0,50	0,21	
	8-9	0,68	-1	300	1,07	75,56	5,50	-3,74	0,05	1,28		1,09	76,84	5,68	-3,86	0,05	-0,50		
	9-10	0,48	-1	500	0,88	172,09	2,00	-0,96	0,01	1,28		0,88	173,37	2,00	-0,96	0,01	-0,50		
	10-11	0,28	1	250	0,91	44,58	5,18	1,45	0,03	-1,28	1,91	0,96	45,21	5,71	1,60	0,04	0,50	-1,56	
	11-12	0,95	1	200	1,02	31,91	8,48	8,06	0,25	-1,28	-1,34	0,93	29,29	7,18	6,82	0,23	0,50	0,67	
							1,16	0,45								-0,44	0,44		
							1,28									-0,50			
							-5,51					-2,38							

друге наближення					Δq власного кільця	Δq суміжног о кільця	третє наближення					Δq власного кільця	Δq суміжног о кільця	четверте наближення									
V, м/с	q, л/с	1000i, м/км	h=1000i*1, м	h / q			V, м/с	q, л/с	1000i, м/км	h=1000i*1, м	h / q			V, м/с	q, л/с	1000i, м/км	h=1000i*1, м	h / q					
0,64	181,78	0,89	0,65	0,00	0,23		0,64	182,01	0,89	0,65	-0,01	-0,06		0,65	181,95	0,97	0,71	0,01					
0,95	266,45	1,82	-2,06	0,01	-0,23		0,95	266,22	1,82	-2,06	-0,01	0,06		0,94	266,28	1,96	-2,21	0,01					
0,94	44,15	5,49	-1,54	0,03	-0,23	-0,18	0,93	43,74	5,40	-1,51	-0,07	0,06	0,12	0,90	43,92	5,55	-1,55	0,06					
0,85	43,53	4,59	2,89	0,07	0,23	-0,14	0,85	43,62	4,59	2,89	-0,13	-0,06	-0,17	0,88	43,39	5,43	3,42	0,12					
			-0,05	0,11						-0,03	-0,21						0,36	0,20					
			-0,23							0,06							0,91						
0,85	43,53	4,59	-2,89	0,07	-0,14	0,23	0,85	43,62	4,59	-2,89	0,06	-0,17	-0,06	0,88	43,39	5,43	-3,42	-0,01					
0,89	43,44	4,98	2,14	0,05	0,14		0,89	43,58	4,98	2,14	0,04	0,17		0,89	43,75	5,51	2,37	-0,01					
1,05	32,98	8,93	5,72	0,17	0,14		1,05	33,12	8,93	5,72	0,15	0,17		1,06	33,29	10,23	6,55	-0,03					
1,03	32,23	8,63	-5,09	0,16	-0,14	0,64	1,03	32,73	8,63	-5,09	0,13	-0,17	0,47	1,05	33,03	10,08	-5,95	-0,03					
			-0,13	0,45						-0,13	0,38						-0,45	-0,08					
			-0,14							-0,17							2,95						
1,03	32,23	8,63	5,09	0,16	0,64	-0,14	1,03	32,73	8,63	5,09	0,21	0,47	-0,17	1,05	33,03	10,08	5,95	-0,12					
0,89	43,47	4,99	4,69	0,11	0,64		0,89	44,11	4,99	4,69	0,14	0,47		0,91	44,58	5,70	5,36	-0,08					
0,97	30,46	7,74	-7,35	0,24	-0,64	-0,18	0,97	29,64	7,74	-7,35	0,33	-0,47	0,12	0,93	29,29	8,02	-7,62	-0,17					
0,88	43,02	4,88	-3,17	0,07	-0,64	-0,11	0,88	42,27	4,88	-3,17	0,10	-0,47	0,07	0,85	41,87	5,08	-3,30	-0,05					
			-0,74	0,58						-0,74	0,78						0,38	-0,43					
			-0,64							-0,47							-0,45						
0,88	43,02	4,88	3,17	0,07	-0,11	-0,64	0,86	42,27	5,16	3,35	0,05	0,07	-0,47	0,85	41,87	5,07	3,30	0,02					
1,14	8,96	25,25	13,38	1,49	-0,11		1,13	8,85	28,32	15,01	1,15	0,07		1,14	8,92	28,74	15,23	0,36					
0,91	7,18	16,00	-16,48	2,30	0,11		0,93	7,29	19,59	-20,18	1,88	-0,07		0,92	7,22	19,23	-19,81	0,58					
0,75	23,56	4,88	-3,17	0,13	0,11		0,75	23,67	5,35	-3,48	0,10	-0,07		0,75	23,60	5,32	-3,46	0,03					
1,07	33,57	9,24	3,97	0,12	-0,11	0,18	1,08	33,64	10,50	4,52	0,09	0,07	-0,12	1,07	33,59	10,41	4,48	0,03					
			0,88	4,12						-0,78	3,28						-0,26	1,01					
			0,11							-0,07							-0,13						
1,07	33,57	9,24	-3,97	0,12	0,18	-0,11	1,07	33,64	9,24	-3,97	-0,15	-0,12	0,07	1,07	33,59	9,24	-3,97	0,06					
1,08	76,34	5,58	-3,79	0,05	0,18		1,08	76,52	5,58	-3,79	-0,06	-0,12		1,08	76,40	5,58	-3,79	0,02					
0,88	172,87	2,00	-0,96	0,01	0,18		0,88	173,05	2,00	-0,96	-0,01	-0,12		0,88	172,93	2,00	-0,96	0,00					
0,94	44,15	5,49	1,54	0,03	-0,18	-0,23	0,93	43,74	5,40	1,51	-0,04	0,12	0,06	0,93	43,92	8,02	2,25	0,03					
0,97	30,46	7,74	7,35	0,24	-0,18	-0,64	0,97	29,54	7,74	7,35	-0,32	0,12	-0,47	0,97	29,29	7,74	7,35	0,13					
			0,16	0,45						0,14	-0,58						0,47	0,24					
			0,18							-0,12							0,99						
			0,12								-2,26								-0,02				

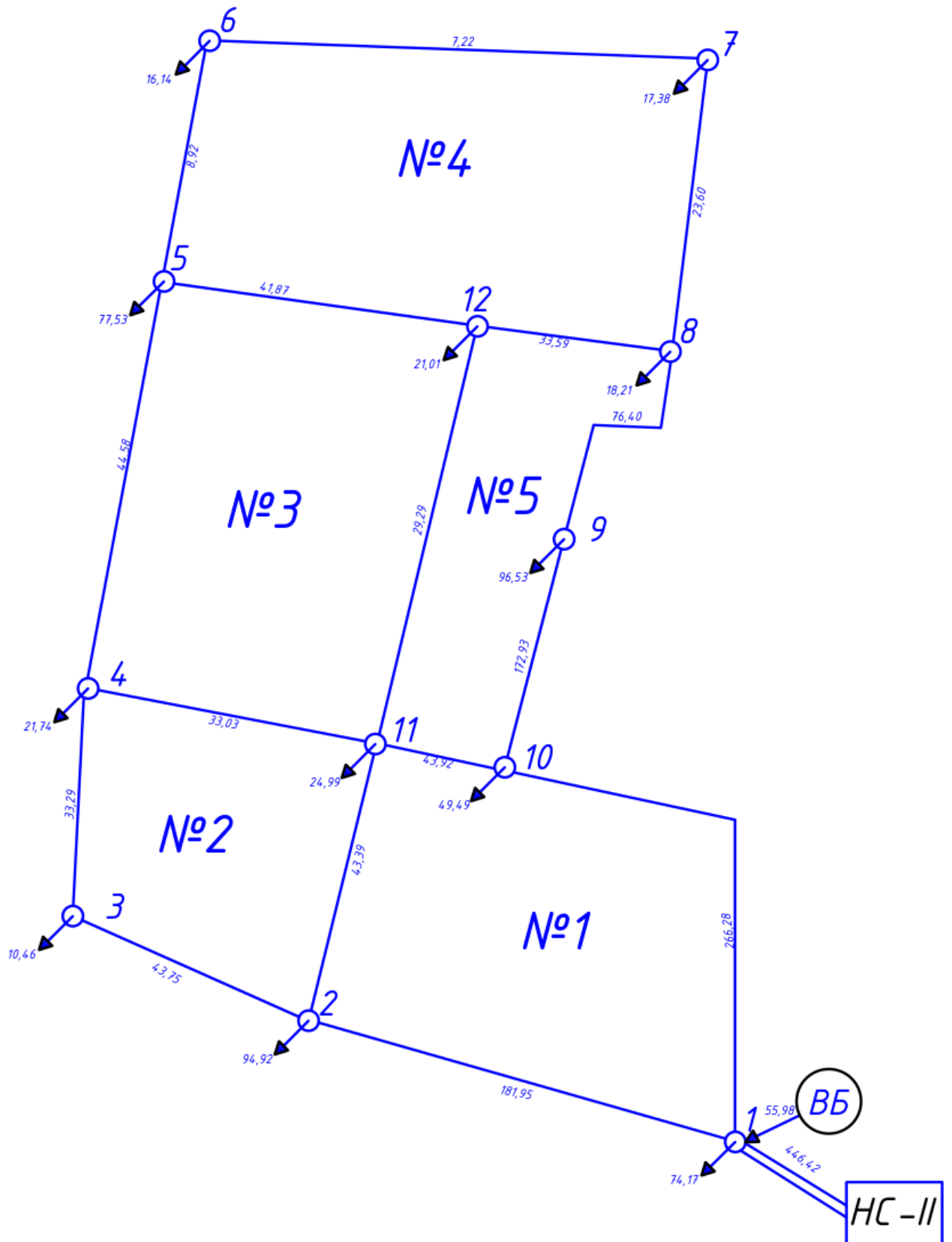
Гідравлічний розрахунок мережі для умов максимального водоспоживання з урахуванням пожежного навантаження.

№ кільця	№ ділянки	довжина l, км	Попередній потікорозподіл							Δq власного кільця	Δq суміжної о кільця	перше наближення					Δq власного кільця	Δq суміжної о кільця	друге наближення					Δq власного кільця	Δq суміжної о кільця		
			Напрямок	d, мм	V, м/с	q, л/с	1000i м/км	h=1000i* ² м	h / q			V, м/с	q, л/с	1000i м/км	h=1000i* ² м	h / q			V, м/с	q, л/с	1000i м/км	h=1000i* ² м	h / q				
1	1-2	0,73	1	600	0,64	181,14	0,89	0,65	0,00	15,98		0,70	197,12	1,05	0,77	0,00	-8,19		0,67	188,93	0,80	0,58	0,00	5,27			
	1-10	1,13	-1	600	1,12	317,25	2,45	-2,77	0,01	-15,98		1,07	301,27	2,25	-2,54	0,01	8,19		1,10	309,46	2,04	-2,31	0,01	-5,27			
	10-11	0,28	-1	250	1,43	70,26	11,75	-3,29	0,05	-15,98	-14,16	0,82	40,12	4,31	-1,21	0,03	8,19	8,64	1,16	56,95	6,63	-1,86	0,03	-5,27	-3,80		
	2-11	0,63	1	250	0,64	31,23	2,76	1,74	0,06	15,98	10,35	1,17	57,56	8,16	5,14	0,09	-8,19	-5,85	0,89	43,52	3,99	2,51	0,06	5,27	2,59		
								-3,67	0,11						2,16	0,13											
							-15,98								8,19												
2	2-11	0,63	-1	250	0,64	31,23	2,76	-1,74	0,06	10,35	15,98	1,17	57,56	8,16	-5,14	0,09	-5,85	-8,19	0,89	43,52	3,99	-2,51	0,06	2,59	5,27		
	2-3	0,43	1	250	1,12	54,99	7,54	3,24	0,06	-10,35		0,91	44,64	5,18	2,23	0,05	5,85		1,03	50,49	5,28	2,27	0,04	-2,59			
	3-4	0,64	1	200	1,42	44,53	15,45	9,89	0,22	-10,35		1,09	34,18	9,56	6,12	0,18	5,85		1,27	40,03	10,36	6,63	0,17	-2,59			
	4-11	0,59	-1	200	0,64	20,00	3,68	-2,17	0,11	10,35	14,88	1,44	45,23	15,84	-9,35	0,21	-5,85	-6,11	1,06	33,27	7,33	-4,32	0,13	2,59	7,65		
								9,22	0,45						-6,14	0,52							2,06	0,40			
							10,35								-5,85												
3	4-11	0,59	1	200	0,64	20,00	3,68	2,17	0,11	14,88	10,35	1,44	45,23	15,84	9,35	0,21	-6,11	-5,85	1,06	33,27	7,33	4,32	0,13	7,65	2,59		
	4-5	0,94	1	250	0,87	42,79	4,78	4,49	0,11	14,88		1,18	57,67	8,28	7,78	0,13	-6,11		1,05	51,56	5,47	5,14	0,10	7,65			
	11-12	0,95	-1	200	1,80	56,50	23,84	-22,65	0,40	-14,88	-14,16	0,87	27,46	6,37	-6,05	0,22	6,11	8,64	1,66	42,21	17,37	-16,50	0,39	-7,65	-3,80		
	5-12	0,65	-1	250	1,13	55,31	7,66	-4,98	0,09	-14,88	3,79	0,90	44,22	5,08	-3,30	0,07	6,11	3,39	1,03	53,72	5,28	-3,43	0,06	-7,65	2,97		
								-20,96	0,70						7,78	0,64								-10,47	0,68		
							-14,88								6,11												
4	5-12	0,65	1	250	1,13	55,31	7,66	4,98	0,09	3,79	-14,88	0,90	44,22	5,08	3,30	0,07	3,39	6,11	1,09	53,72	5,28	3,43	0,06	2,97	-7,65		
	5-6	0,53	1	100	2,62	20,57	116,23	61,60	2,99	3,79		2,14	24,36	66,52	35,26	1,45	3,39		2,16	27,75	67,73	35,90	1,29	2,97			
	6-7	1,03	-1	100	2,62	20,57	116,23	-119,72	5,82	-3,79		2,14	16,78	66,52	-68,52	4,08	-3,39		2,12	13,39	65,31	-67,27	5,02	-2,97			
	7-8	0,65	-1	200	2,00	62,95	28,95	-18,82	0,30	-3,79		1,88	59,16	22,11	-14,37	0,24	-3,39		1,88	55,77	22,11	-14,37	0,26	-2,97			
	8-12	0,43	1	200	0,63	19,81	3,59	1,54	0,08	3,79	14,16	1,20	37,76	9,30	4,00	0,11	3,39	-8,64	0,93	32,51	5,71	2,46	0,08	2,97	3,80		
							-70,41	9,28						-40,33	5,95								-39,86	6,71			
							-3,79								-3,39												
5	8-12	0,43	-1	200	0,63	19,81	3,59	-1,54	0,08	14,16	3,79	1,20	37,76	9,30	-4,00	0,11	-8,64	3,39	0,93	32,51	5,71	-2,46	0,08	3,80	2,97		
	8-9	0,68	-1	300	1,43	100,97	9,30	-6,32	0,06	14,16		1,63	115,13	10,20	-6,94	0,06	-8,64		1,51	106,49	8,80	-5,98	0,06	3,80			
	9-10	0,48	-1	500	1,01	197,50	2,57	-1,23	0,01	14,16		1,08	211,66	2,47	-1,19	0,01	-8,64		1,03	203,02	2,25	-1,08	0,01	3,80			
	10-11	0,28	1	250	1,43	70,26	11,75	3,29	0,05	-14,16	-15,98	0,82	40,12	3,42	0,96	0,02	8,64	8,19	1,16	56,95	6,63	1,86	0,03	-3,80	-5,27		
	11-12	0,95	1	200	1,80	56,50	23,84	22,65	0,40	-14,16	-14,88	0,87	27,46	5,03	4,78	0,17	8,64	6,11	1,34	42,21	11,49	10,92	0,26	-3,80	-7,65		
							16,84	0,59							-6,38	0,37							3,25	0,43			
							14,16								-8,64												
							-68,99									-41,40							-40,49				

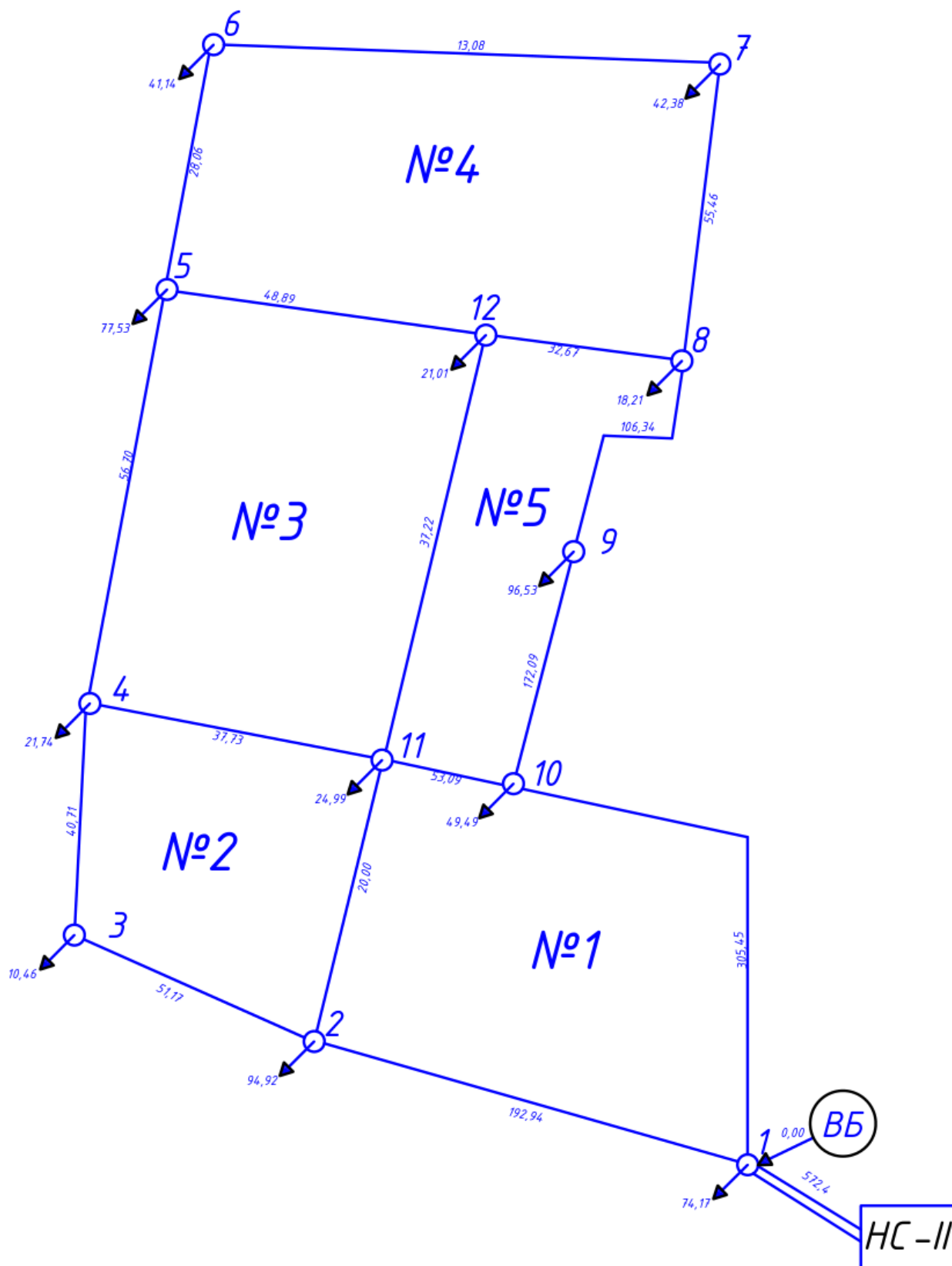
третє наближення					Δq власного кільця	Δq суміжног о кільця	четверте наближення					Δq власного кільця	Δq суміжног о кільця	п'яте наближення				
V, м/с	q, л/с	1000i, м/км	h=1000i*1, м	h / q			V, м/с	q, л/с	1000i, м/км	h=1000i*1, м	h / q			V, м/с	q, л/с	1000i, м/км	h=1000i*1, м	h / q
0,69	194,20	0,84	0,61	0,00	-4,86		0,67	189,34	0,97	0,71	0,00	3,58		0,68	192,92	1,00	0,73	0,00
1,08	304,19	1,97	-2,23	0,01	4,86		1,09	309,05	2,29	-2,59	0,01	-3,58		1,08	305,47	2,29	-2,59	0,01
0,98	47,88	4,80	-1,34	0,03	4,86	6,69	1,21	59,43	8,67	-2,43	0,04	-3,58	-3,21	1,07	52,64	6,94	-1,94	0,04
1,15	51,38	6,52	4,11	0,08	-4,86	-0,88	0,93	45,64	5,39	3,40	0,07	3,58	-0,42	0,99	48,80	6,03	3,80	0,08
			1,15	0,12						-0,91	0,13						0,00	0,13
			4,86							-3,58							-0,01	
1,15	51,38	6,52	-4,11	0,08	-0,88	-4,86	0,93	45,64	5,39	-3,40	0,07	-0,42	3,58	0,99	48,80	6,03	-3,80	0,08
1,03	47,90	5,28	2,27	0,05	0,88		0,99	48,78	6,03	2,59	0,05	0,42		0,99	49,20	6,03	2,59	0,05
1,28	37,44	10,52	6,73	0,18	0,88		1,22	38,32	11,72	7,50	0,20	0,42		1,23	38,74	11,89	7,61	0,20
1,22	43,51	9,60	-5,66	0,13	-0,88	-3,56	1,24	39,07	12,07	-7,12	0,18	-0,42	2,08	1,03	40,73	13,15	-7,76	0,19
			-0,77	0,44						-0,42	0,51						-1,35	0,52
			-0,88							-0,42							-1,31	
1,22	43,51	9,60	5,66	0,13	-3,56	-0,88	1,24	39,07	12,07	7,12	0,18	2,08	-0,42	1,03	40,73	13,15	7,76	0,19
1,21	59,21	7,18	6,75	0,11	-3,56		1,13	55,65	7,66	7,20	0,13	2,08		1,18	57,73	8,28	7,78	0,13
0,98	30,76	6,31	-5,99	0,19	3,56	6,69	1,31	41,01	13,34	-12,67	0,31	-2,08	-3,21	1,14	35,72	10,39	-9,87	0,28
0,94	49,04	4,43	-2,88	0,06	3,56	0,31	1,08	52,91	7,06	-4,59	0,09	-2,08	-5,39	0,93	45,44	5,39	-3,50	0,08
			3,54	0,50						-2,94	0,71						2,17	0,68
			3,56							-2,08							1,60	
0,94	49,04	4,43	2,88	0,06	0,31	3,56	1,08	52,91	7,06	4,59	0,09	-5,39	-2,08	0,93	45,44	5,39	3,50	0,08
2,55	30,72	110,66	58,65	1,91	0,31		1,16	31,03	33,10	17,54	0,57	-5,39		1,45	25,64	23,22	12,31	0,48
1,73	10,42	53,99	-55,61	5,34	-0,31		0,57	10,11	4,34	-4,47	0,44	5,39		0,88	15,50	9,41	-9,69	0,63
1,78	52,80	23,36	-15,18	0,29	-0,31		1,67	52,49	10,78	-7,01	0,13	5,39		1,84	57,88	24,73	-16,07	0,28
1,15	39,28	10,53	4,53	0,12	0,31	-6,69	1,05	32,90	8,93	3,84	0,12	-5,39	3,21	0,98	30,72	7,89	3,39	0,11
			-4,74	7,71						14,49	1,34						-6,56	1,57
			-0,31							5,39							-2,09	
1,15	39,28	10,53	-4,53	0,12	-6,69	0,31	1,05	32,90	8,93	-3,84	0,12	3,21	-5,39	20,98	30,72	7,89	-3,39	0,11
1,56	110,29	10,89	-7,41	0,07	-6,69		1,46	103,60	9,65	-6,56	0,06	3,21		1,51	106,81	10,26	-6,98	0,07
1,05	206,82	2,75	-1,32	0,01	-6,69		1,02	200,13	2,61	-1,25	0,01	3,21		1,04	203,34	2,70	-1,30	0,01
0,98	47,88	5,92	1,66	0,03	6,69	4,86	1,21	59,43	8,67	2,43	0,04	-3,21	-3,58	1,07	52,64	6,94	1,94	0,04
0,98	30,76	6,31	5,99	0,19	6,69	3,56	1,31	41,01	13,34	12,67	0,31	-3,21	-2,08	1,14	35,72	10,39	9,87	0,28
			-5,60	0,42						3,45	0,54						0,15	0,50
			-6,69							3,21							0,15	
			-6,73							13,67							-5,61	

Δq власного кільця	Δq суміжног о кільця	шосте наближення					Δq власного кільця	Δq суміжног о кільця	сьоме наближення					
		V, м/с	q, л/с	1000i, м/км	h=1000i*1, м	h / q			V, м/с	q, л/с	1000i, м/км	h=1000i*1, м	h / q	
0,01		0,68	192,93	1,00	0,73	0,00	0,01		0,68	192,94	1,00	0,73	0,00	
-0,01		1,08	305,46	2,29	-2,59	0,01	-0,01		1,08	305,45	2,29	-2,59	0,01	
-0,01	-0,15	1,07	52,48	6,94	-1,94	0,04	-0,01	0,62	1,08	53,09	7,06	-1,98	0,04	
0,01	-1,31	0,97	47,50	6,03	3,80	0,08	0,01	-0,66	0,95	46,85	5,60	3,53	0,08	
					0,00	0,13						-0,31	0,12	
					-0,01							-1,23		
-1,31	0,01	0,97	47,50	5,82	-3,67	0,08	-0,66	0,01	0,95	46,85	5,60	-3,53	0,08	
1,31		1,03	50,51	6,48	2,79	0,06	0,66		1,04	51,17	6,59	2,83	0,06	
1,31		1,28	40,05	12,79	8,19	0,20	0,66		1,30	40,71	13,15	8,42	0,21	
-1,31	1,60	1,31	41,02	13,34	-7,87	0,19	-0,66	-2,63	1,20	37,73	12,29	-7,25	0,19	
					-0,57	0,53						0,47	0,53	
					-0,53							0,44		
1,60	-1,31	1,31	41,02	13,34	7,87	0,19	-2,63	-0,66	1,20	37,73	12,29	7,25	0,19	
1,60		1,21	59,33	8,67	8,15	0,14	-2,63		1,16	56,70	8,03	7,55	0,13	
-1,60	-0,15	1,08	33,97	9,40	-8,93	0,26	2,63	0,62	1,19	37,22	11,20	-10,64	0,29	
-1,60	2,09	0,94	45,93	5,49	-3,57	0,08	2,63	0,33	1,00	48,89	6,14	-3,99	0,08	
					3,52	0,67						0,17	0,69	
					2,63							0,12		
2,09	-1,60	0,94	45,93	5,49	3,57	0,08	0,33	2,63	1,00	48,89	6,14	3,99	0,08	
2,09		1,57	27,73	26,85	14,23	0,51	0,33		1,59	28,06	27,48	14,56	0,52	
-2,09		0,76	13,41	7,24	-7,46	0,56	-0,33		0,74	13,08	6,90	-7,11	0,54	
-2,09		1,78	55,79	23,36	-15,18	0,27	-0,33		1,77	55,46	23,12	-15,03	0,27	
2,09	0,15	1,05	32,96	8,93	3,84	0,12	0,33	-0,62	1,04	32,67	8,78	3,78	0,12	
					-1,00	1,54						0,20	1,53	
					-0,33							0,06		
0,15	2,09	1,05	32,96	8,93	-3,84	0,12	-0,62	0,33	1,04	32,67	8,78	-3,78	0,12	
0,15		1,51	106,96	10,26	-6,98	0,07	-0,62		1,51	106,34	10,26	-6,98	0,07	
0,15		1,04	203,49	2,70	-1,30	0,01	-0,62		1,03	202,87	2,66	-1,28	0,01	
-0,15	-0,01	1,07	52,48	6,94	1,94	0,04	0,62	-0,01	1,08	53,09	7,06	1,98	0,04	
-0,15	-1,60	1,08/	33,97	9,40	8,93	0,26	0,62	2,63	1,08	37,22	11,20	10,64	0,29	
					-1,24	1,00						0,59	1,00	
					-0,62							0,29		
					0,58							1,12		

Остаточний розподіл витрат води для режиму максимального споживання води



**Остаточний розподіл водоспоживання для забезпечення пожежогасіння
в умовах максимального споживання води.**



Гідравлічний розрахунок трубопроводів на відгалуженнях для підключення підприємств і водонапірної башти (в двох режимах), а також для водоводів у всіх розрахункових режимах.

Ділянка	Довжина l , км	Діаметр d , мм	Витрата	Швидкість,	1000i,	$h = 1000i$
			q , л/с	V , м/с	м/км	l , м
5-№1	0,06	250	55,59	1,11	8,03	0,48
10-№2	0,05	200	30,58	0,96	8,15	0,41
9-№3	0,04	300	84,53	1,17	6,9	0,28
1 – ВБ (max)	0,16	250	55,98	1,14	7,78	1,23
НС-II – 1 (max)	0,8	700	446,42	1,16	2,14	1,71
НС-II – 1 (max+пож)	0,8	700	572,4	1,49	3,37	2,7

Розрахунок вільних напорів та п'єзометричних відміток у вузлах та напору насосів

Розраховуємо вільні напори визначаємо для всіх вузлів та розрахункових режимів роботи мережі. Потрібний вільний напір $H_{\text{тр}}$ визначаємо в залежності від поверховості забудови населеного пункту n :
 $H_{\text{тр}} = 4(n - 1) + 10$, м.

Значення фактичних вільних напорів у вузлах: $H_{\text{віль},i} = \Pi_i - Z_{\text{з},i}$, м,

де Π_i – п'єзометрична відмітка у i -му вузлі водопровідної мережі; $Z_{\text{з},i}$ – відмітка поверхні землі у цій же точці. Обчислюємо п'єзометричну відмітку Π_i у диктуючій точці, як суму позначки поверхні землі і необхідного вільного напору.

В інших вузлах, значення Π_i мережі розраховуємо під час послідовного проходження всіх вузлових точок за допомогою формули:

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

Величину втрати напору h_i між двома точками мережі беремо із знаком «мінус», якщо напрям обходу точок відповідає напрямку руху води на ділянці, а в іншому випадку використовуємо знак «плюс». Для режиму максимального водоспоживання та для режиму пожежогасіння, диктуючою точкою обрано вузол №6. При режимі пожежогасіння рівень вільних напорів у всіх вузлах мережі повинен становити не менше 10 м.

На основі проведеного гідравлічного розрахунку мережі, а також визначених значень вільних напорів і п'єзометричних відміток, складаються таблиці для всіх розрахункових режимів і формується профіль зовнішнього контуру водопровідної мережі.

П'єзометричні відмітки для максимального режиму водоспоживання

вузл.	ділянка	$h_l, \text{м}$	кількість поверхів	$H_b, \text{м}$	позначка		$H_b(\phi), \text{м}$
					землі	п'єзомет.	
НС					147	200,93	53,93
	НС-1	1,71					
1			2	14	145,5	199,22	53,72
	1-2	0,71					
2			2	14	144,7	198,51	53,81
	2-3	2,37					
3			2	14	144,8	196,14	51,34
	3-4	6,55					
4			2./5	14./26	143,9	189,59	45,69
	4-5	5,36					
5			5	26	142,9	184,23	41,33
	5-6	15,23					
6			5	26	143	169	26
	6-7	19,81					

7			5	26	140,5	188,81	48,31
	7-8	3,46					
8			5	26	140,9	192,27	51,37
	8-9	3,79					
9			5	26	142,2	196,06	53,86
	9-10	0,96					
10			2./5	14./26	143,4	197,02	53,62
	10-1	2,21					
1			2	14	145,5	199,23	53,73
	1-НС	1,71					

П'єзометричні відмітки для режиму пожежогасіння під час максимального водоспоживання

Вузл.	Ділянка	h _л ,м	Кількість поверхів	Н _в ,м	Позначка		Н _в (ф),м
					землі	п'єзомет.	
НС					147	189,79	42,79
	НС-1	2,7					
1			2	10	145,5	187,09	41,59
	1-2	0,73					
2			2	10	144,7	186,36	41,66
	2-3	2,83					
3			2	10	144,8	183,53	38,73
	3-4	8,42					
4			2./5	10	143,9	175,11	31,21
	4-5	7,55					
5			5	10	142,9	167,56	24,66
	5-6	14,56					

6			5	10	143	153,00	10
	6-7	7,11					
7			5	10	140,5	160,11	19,61
	7-8	15,03					
8			5	10	140,9	175,14	34,24
	8-9	6,98					
9			5	10	142,2	182,12	39,92
	9-10	1,28					
10			2./5	10	143,4	183,4	40
	10-1	2,59					
1			2	10	145,5	185,99	40,49
	1-НС	2,7					

Висота дна бака над рівнем землі складає:

$$H_6 = H_B + h_M + (Z_{д.т.} - Z_{в.б.}) = 26 + 32,57 + (143 - 145,9) = 55,67 \text{ м,}$$

$$H_B = 10 + 4(n - 1) = 10 + 4*(5 - 1) = 26 \text{ м, } h_M = 32,57 - \text{ втрати у мережі.}$$

Розділ №2
*Насосна станція другого
підйому*

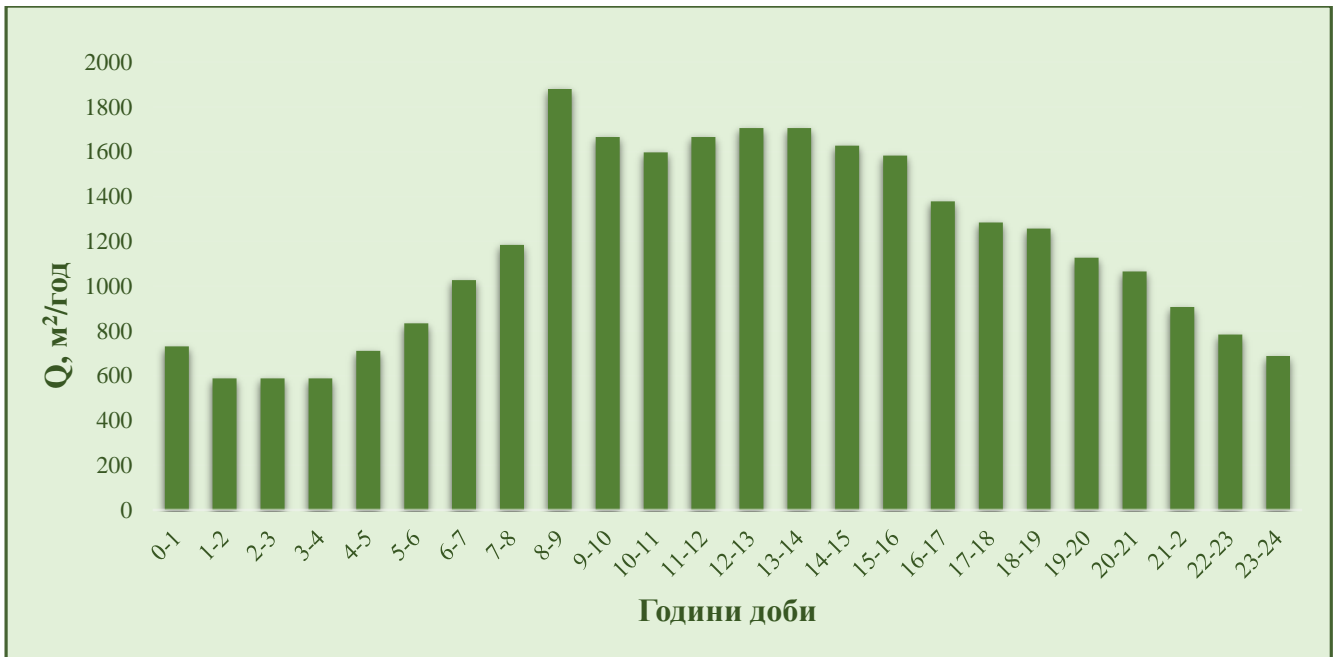
Здобувач(ка) / _____ /

							Лист
							48
Зам.	Кільк.	Лист	№ док	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	

Погодинне водоспоживання

Категорія надійності – I. Будуємо графік погодинного водоспоживання, для чого розрахуємо ординати графіка. Розрахунок ординат графіка погодинного притоку води до насосної станції, коефіцієнт часової нерівномірності $K_{ч}=1,35$

Години доби	Коефіцієнт погодинної нерівномірності $K_{ч}=1.35$	Q, м ² /год.	Q, л/с.	Години доби	Коефіцієнт погодинної нерівномірності $K_{ч}=1.35$	Q, м ² /год.	Q, л/с.
0-1	3	731,52	203,20	13-14	4,1	1705,48	473,74
1-2	3,2	587,64	163,19	14-15	4,1	1627,07	451,96
2-3	2,5	587,64	163,23	15-16	4,4	1583,63	439,90
3-4	2,6	587,64	163,23	16-17	4,3	1378,27	382,85
4-5	3,5	710,58	197,38	17-18	4,1	1284,43	356,79
5-6	4,1	833,51	231,53	18-19	4,5	1257,93	349,43
6-7	4,5	1026,39	285,11	19-20	4,5	1126,53	312,93
7-8	4,9	1184,29	328,99	20-21	4,5	1065,06	295,85
8-9	4,9	1880,64	522,40	21-22	4,8	907,15	251,99
9-10	5,6	1666,82	463,01	22-23	4,6	784,22	217,84
10-11	4,9	1596,88	443,58	23-24	3,3	687,78	191,05
11-12	4,7	1666,82	463,01	Σ	100	30173,42	7825,91
12-13	4,4	1705,48	473,74				



Розрахункова подача НС-II : $Q_{nc} = Q_{max} = 522,40$ л/с; Витрата напірного водоводу: $Q_{нв} = Q_{nc}/2 = 286,20$ л/с; Характеристики трубопроводу: $d=700$ мм, матеріал: чавун, $V=1,49$ м/с, $1000i=3,37$

Необхідний напір насосної станції визначається сумою величин:

$$H_{н.с.} = H_{гес} + \Sigma h$$

де $H_{гес}$ – статичний напір; Σh сума втрат, визначається за формулою:

$$\Sigma h = h_{у.в} + h_{н.с.} + h_{вдв} + h_{н.в} + h_M$$

де $h_{у.в}$ – втрати у всмоктуючих водоводах, приймаємо 0,7м; $h_{н.с.}$ – втрати насосної станції, приймаємо 1,6м; $h_{вдв}$ – втрати на водомірі, приймаємо 1м; $h_{н.в}$ – втрати напору в напірному водоводі; h_M – втрати в мережі при подачі максимальної витрати, $h_M=15$ м.

Визначення втрати напору в напірному водоводі за формулою:

$$h_{н.в.} = 1,1 * 1000i * L_{н.в} = 1,1 * 3,37 * 0,8 = 2,96 \text{ м.}$$

де 1000i – втрати напору на 1 км трубопроводу в метрах водяного стовпа;
 $L_{н.в.}$ – довжина напірного водоводу, км

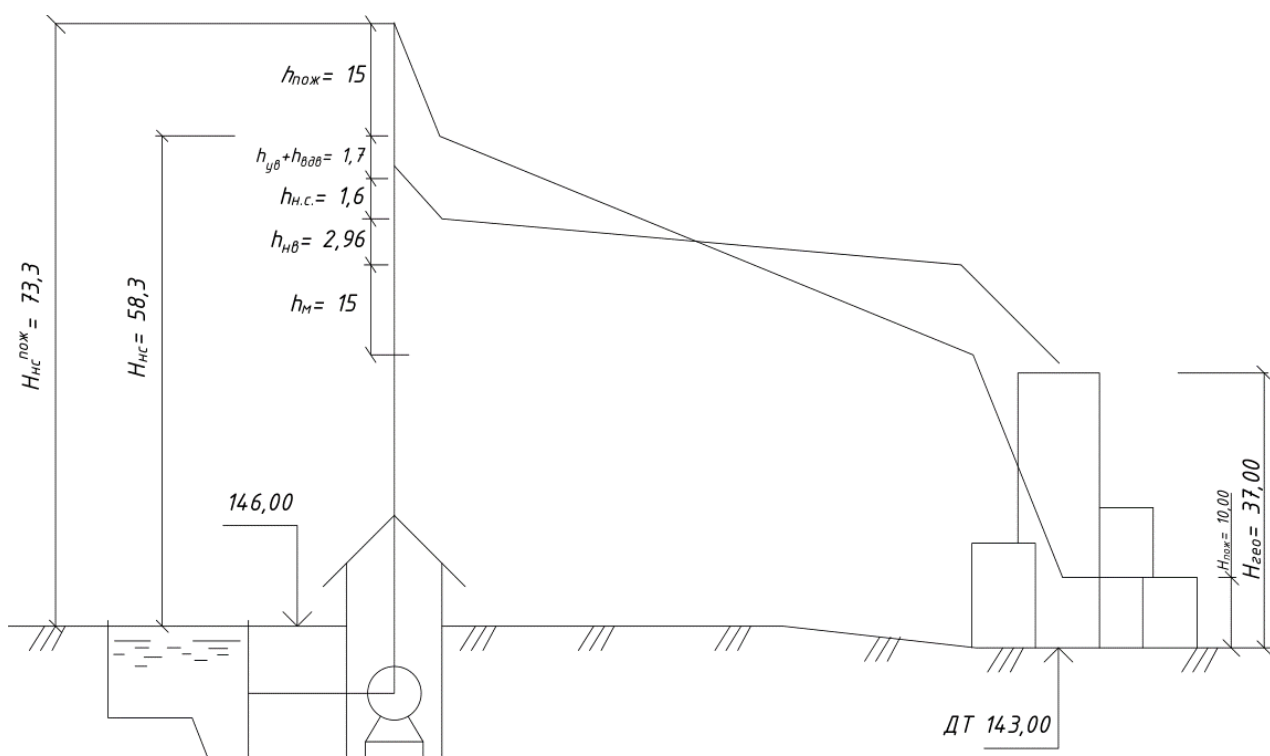
$$\Sigma h = 0,7 + 1,6 + 1 + 2,96 + 15 = 21,26 \text{ м};$$

Значення статичного напору визначається за формулою:

$$H_{\text{гео}} = \downarrow \text{ДТ} + H_{\text{вілг}} - \downarrow \text{ПЗ} = 40 + (143 - 147) = 37 \text{ м};$$

де $\downarrow \text{ДТ}$ – відмітка землі в диктуючій точці, $\downarrow \text{ДТ} = 143 \text{ м}$; $H_{\text{вілг}}$ – гарантований напір, $H_{\text{вілг}} = 40 \text{ м}$; $\downarrow \text{ПЗ}$ – відмітка землі у насосної станції, $\downarrow \text{ПЗ} = 146 \text{ м}$.

$$\text{Необхідний напір: } H_{\text{н.с.}} = 37 + 21,26 = 58,26 \sim 58,3 \text{ м};$$



Сумісна робота насосів та системи водопостачання міста

№	Параметри	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25
		Витрата Q л/с					
		0	143,1	286,2	429,3	572,40	715,5
З двома водоводами							
1	$H_{\text{геом}}$	37	37	37	37	37	37
2	$h_{\text{ув}}$	0	0,04375	0,175	0,40	0,7	1,10

3	$h_{нс}$	0	0,1	0,4	0,90	1,6	2,50
4	$h_{ВДВ}$	0	0,0625	0,25	0,56	1,0	1,56
5	$h_{НВ}$	0	0,185	0,74	1,67	2,96	4,62
6	h_M	0	0,9375	3,75	8,47	15	23,4
Σ		37	38,33	42,32	49,01	58,3	70,17
3 одним водоводом							
8	$H_{геом}$	37	37	37	37	37	37
9	$h_{ув}$	0	0,04375	0,175	0,40	0,7	1,10
10	$h_{нс}$	0	0,1	0,4	0,90	1,6	2,50
11	$h_{ВДВ}$	0	0,0625	0,25	0,56	1,0	1,56
12	$h_{НВ}$	0	0,75	2,99	6,76	11,99	18,71
13	h_M	0	0,9375	3,75	8,47	15	23,4
Σ		37	38,89	44,57	54,09	67,29	84,27
Два водовода. Одна перемичка. Аварія							
15	$H_{геом}$	37	37	37	37	37	37
16	$h_{ув}$	0	0,04375	0,175	0,40	0,7	1,10
17	$h_{нс}$	0	0,1	0,4	0,90	1,6	2,50
18	$h_{ВДВ}$	0	0,0625	0,25	0,56	1,0	1,56
19	$h_{НВ}$	0	1,875	7,475	16,90	29,975	46,775
20	h_M	0	0,9375	3,75	8,47	15	23,4
Σ		37,00	40,02	49,05	64,23	85,28	37,00

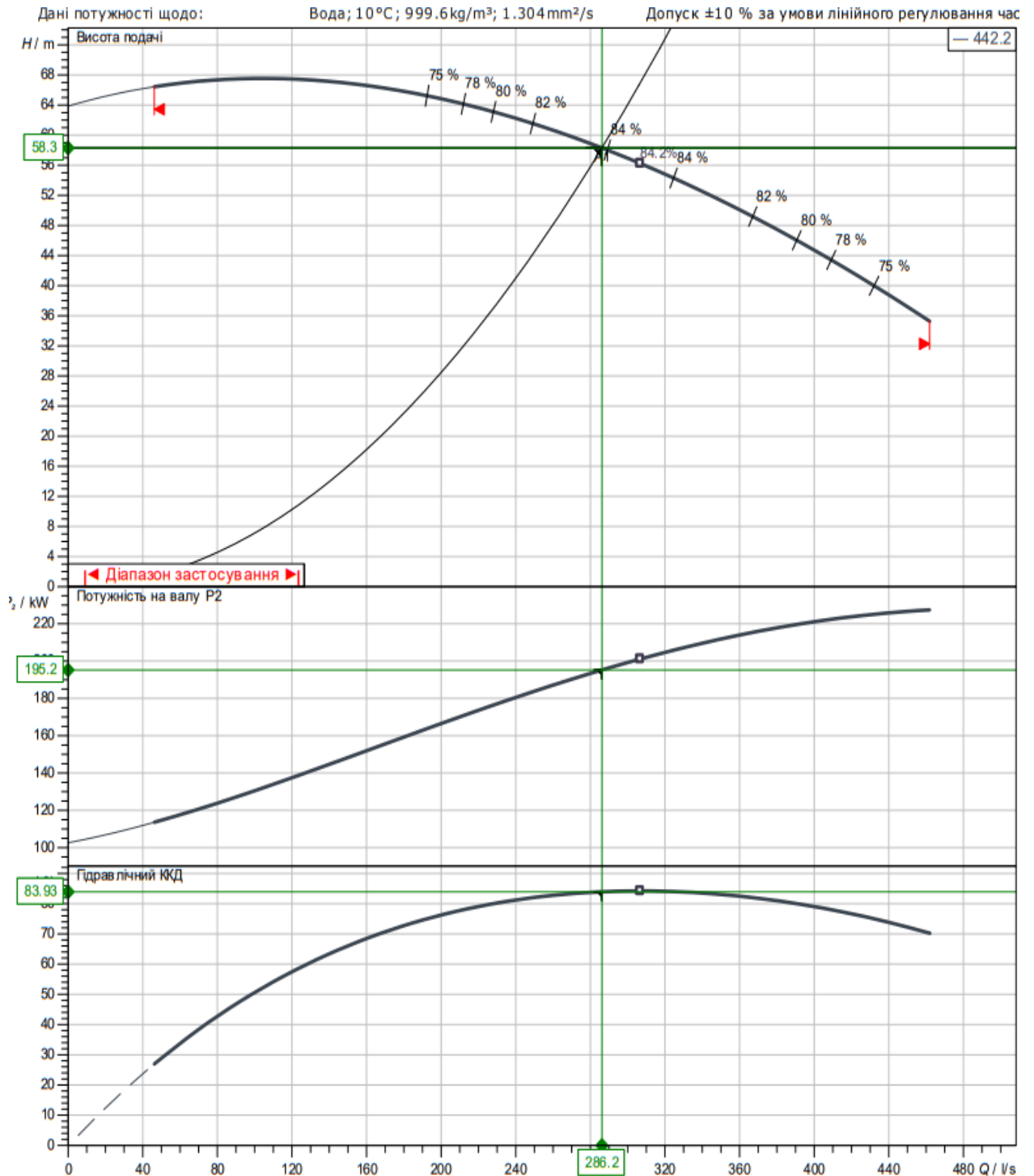
Підбір насоса до насосної станції

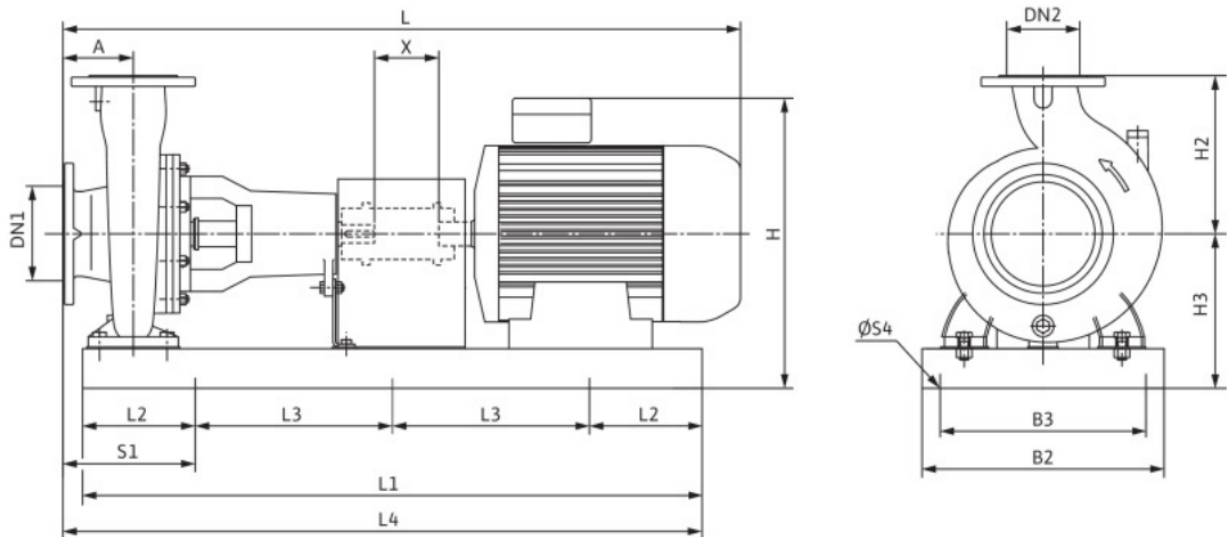
Варіант	Марка насоса	Число насосів	$Q_{нс}$, л/с	$H_{гр}$	ККД, η %	ККД, $\eta_{прив}$ %
А	Wilo NLG 300/550-250/4	2	286,20	68	83,93	71,96
Б	Wilo NLG 200/450-160/4-IE4	3	190,8	70	84,97	70,77
В	Wilo Atmos GIGA-B 150/230-132/2	4	143,1	75	81,84	63,62

$$\text{ККД, } \eta_{\text{прив}} \% = \text{ККД, } \eta \% * (H_{\text{нс}} / H_{\text{гр}})$$

Для забезпечення Q та H насосної станції підбираємо насосний агрегат за більшим ККД, обираємо варіант «А»: Wilo NLG 300/550-250/4

Насосна станція буде працювати з двома робочими, двома резервними робочими насосами, одним пожежним та одним резервним пожежним





Розміри		mm					
A	280	DN1	DN 350,	L	2759	S1	300
A1	20	DN2	DN 300,	L1	2520	S4	29
A2	280	H	1272	L2	250	X	250
B2	830	H2	650	L3	960		
B3	770	H3	697	L4	2470		

Визначення висоти фундаментів насосів.

Відстань від осі насоса до підлоги машинної зали визначається за формулами:

$$A_1 = P + 0.5 d_H + h; \quad A_2 = R - 0.5 D_B + d_B + h;$$

$$A_3 = S + 500; \quad A_4 = S + 100;$$

Де P , R , S , –конструктивні розміри насоса; d_H , d_B D_B - діаметри всмоктуючого і напірного трубопроводів і всмоктуючого патрубку насоса; h - мінімальна відстань до підлоги, $h = 350$ мм.

$$P=650\text{мм}, R=650\text{мм}, S=1272\text{мм}$$

$$A_1=650+0,5 \cdot 700+350=1350\text{мм};$$

$$A_2=650-0,5 \cdot 300+700+350=1500\text{мм};$$

$$A_3=1272+500=1772\text{мм};$$

$$A_4 = 1272 + 100 = 1372 \text{ мм};$$

За потрібну приймаємо більшу з визначених відстаней – $A_3 = 1772 \text{ мм}$

Приймаємо висоту фундаменту: $1772 - 1272 = 500 \text{ мм}$.

Визначення початку підлоги насосної станції.

Мінімальний допустимий рівень води в РЧВ

Мінімальний робочий рівень, при якому залишаються протипожежні запаси:

$$z_{min} = -h_{РЧВ} + h_{п.п.} = -4,84 + 1,77 = -3,07 \text{ м.}$$

(тобто нижній допустимий рівень дзеркала води — - 3,07 м).

Для забезпечення відсутності кавітації зазвичай приймають конструктивний запас зануреності: $h_3 = 1,0 \text{ м}$.

Визначення відмітки центру всмоктування і відмітки підлоги (базової плити)

$$E_c = z_{min} - h_3, E_f = E_c - H_1$$

Де: E_c — відмітка центру всмоктування (м, від дзеркала = 0,00), E_f — відмітка підлоги / базової плити (м, від дзеркала = 0,00).

Підставляємо числово (з $z_{min} = -3,07 \text{ м}$, $H_1 = 0,47 \text{ м}$).

$$E_c = -3,07 - 1,00 = -4,07 \text{ м}; E_f = -4,07 - 0,47 = -4,54 \text{ м.}$$

Приймаємо заглиблення НС 4,54 м;

Підбір підйомно—транспортного обладнання

Так як вага насосного агрегата складає 2716 кг. , приймаємо марку автомобіля IVECO Eurocargo ML 180E25-E5. Вантажопідйомність та габаритні розміри вантажного автомобіля IVECO Eurocargo ML 180E25-E5.

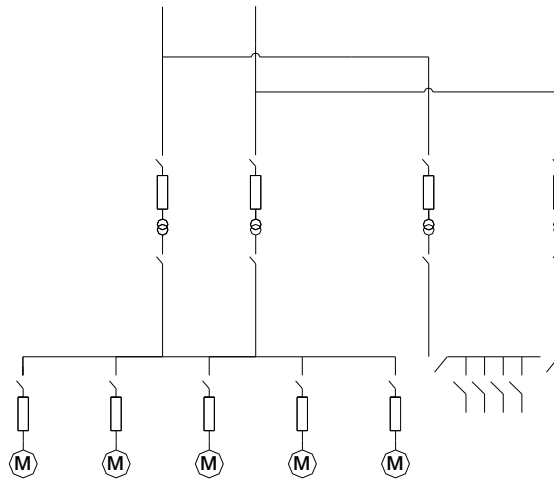
Вантажопідйомність, кг	7 000-8 000
Повна маса	14 000 кг
Двигун	ТЕСТОР, 5.9 л, 217 к.с., Euro-5
Коробка передач	Механічна, 6-ступенева (ZF 700 TO)
Розміри автомобіля, мм	
довжина	8 200
ширина	2500
висота	3100
Розміри платформи, мм	
довжина	6 000
ширини	2 400
Мінімальні розміри монтажного майданчика, мм	
довжина	9 000
ширина	4 000

Виходячи з того, що максимальна вага монтуємого агрегата не перевищує 3000 кг, в якості підйомно-транспортного обладнання насосної станції приймаєм кран-балку з електричним приводом. Технічні характеристики крану з електроприводом приведені у таблиці:

Довжина крана $L_{\text{к}}$, м	Вантажопід- йомність, т	Прольот, $L_{\text{пл}}$, м	Розміри, мм					Потужність електродвигуна, кВт	Номер двуговора підкранової рейки	Вага крана т
			H+ h_1	l_1	l_2	C	B			
11,4	5	9	2170	900	1200	2100	2695	7	36	2,53

Електрична частина насосної станції

Принципова схема електричного з'єднання



Необхідна для насосної станції потужність трансформаторів S , кВ·А, визначається потужністю приводних електродвигунів основної групи насосів, потужністю електроприводів інших механізмів і потужністю електроосвітлювальних і електроопалювальних пристроїв:

$$S = k_c \frac{P \cdot n}{\eta \cdot \cos} + 20 = 0.9 \cdot \frac{200 \cdot 3}{0.93 \cdot 0.87} + 20 = 687.4 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

Приймаємо до встановлення 2 трансформатори потужністю 630 кВ·А кожний. При поломці одного трансформатора перевантаження іншого складе: $\frac{687.4}{630} = 1.09$

Підбір допоміжного обладнання

Дренажні насоси

Дренажні насоси – це пристрої призначені для підкачування з підземної частини насосної станції ґрунтових вод, які фільтруються через стіни будівлі, протікання через сальники насосів і води, яка виливається при ремонті обладнання.

Для збирання дренажних вод встановлюють дренажний колодязь. Об'єм колодязя приймають рівним подачі дренажного насоса в межах 10 – 15 хв. Вода до колодязя підводиться дренажними лотками, які розміщені біля стін. Підлога робиться з укліном в бік лотків.

Подача дренажних насосів:

$$Q_d = 1,5 \cdot \Sigma q_1 = 1,5 \cdot 10 \cdot 0,05 = 0,75 \text{ л/с}$$

Марка	Подача, л/с	Напір, м	Потужність, кВт	Маса, кг	Розміри в плані, мм	Н _{вак} , м
ВКС 2/26	0,75-2,2	60-20	5,5	130	947×320	4

Встановлюємо 2 насоси: 1 – робочий, 1 – резервний.

Аварійні насоси

Продуктивність аварійних осушувальних насосів дорівнює:

$$Q = \frac{0.5F}{3.6t} = \frac{0.5 \cdot 294}{3.6 \cdot 2} = 20.4 \text{ л/с}$$

Приймаємо два насоси робочий та резервний типу Grundfos SE1.80.25:

Марка	Подача, л/с	Напір, м	Потужність, кВт	Маса, кг	Розміри в плані, мм	Н _{вак} , м
Grundfos SE1.80.25	20-30	До 25	7,5-11	130-60	650×450	До 7

Розділ №3
*Очисні споруди
водопостачання*

Здобувач(ка) / _____ /

							Лист
							59
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	

Визначення витрати водоочисної станції

Водоочисні станції з пропускною здатністю понад 5000 м³/доб розраховуються на рівномірну роботу протягом доби.

Повна витрата очисної станції (Q_{oc}) визначається як сума корисної витрати води у добу максимального водоспоживання ($Q_{max.добр.}$), витрати води на власні потреби станції ($Q_{вл.п.}$) і додаткової витрати на поповнення протипожежного запасу ($Q_{дон.}$):

$$Q_{oc} = \alpha Q_{max.добр.} + Q_{дон.}, \text{ м}^3/\text{доб}$$

Де: α – коефіцієнт для врахування витрати води на власні потреби, рівний $\alpha = 1,05$; $Q_{max.добр.}$ - витрата води в добу максимального водоспоживання;

$$Q_{oc} = 1,05 \cdot 30173,42 + 378 = 32060,1 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Витрати води на власні потреби станції складають:

$$Q_{дон.} = 3,6 \cdot t_{пож.} \cdot (m \cdot q_{пож.} + m' \cdot q_{пож.}'), \text{ м}^3$$

Де: m , m' - кількість одночасних пожеж у місті і на промисловому підприємстві; $q_{пож.}$, $q_{пож.}'$ - витрата води на 1 пожежу, л/сек; $t_{пож.}$ - розрахункова тривалість пожежі, годин (приймається 3 години);

$$Q_{дон.} = 3,6 \cdot 3 \cdot (2 \cdot 15 + 1 \cdot 5) = 378 \text{ м}^3$$

Вибір технологічної схеми очистки води і складу споруд

Аналізуючи показники якості води джерела водопостачання у порівнянні з нормативами, визначеними ДержСанПіН України, слід оцінити потребу у коригуванні цих показників. На основі отриманих результатів необхідно запропонувати відповідний технологічний процес, зокрема попереднє хлорування, освітлення, знебарвлення, дезодорацію, опріснення, знезалізнєння, фторування, знезараження або інші методи для забезпечення відповідності санітарним нормам. Сума цих процесів і визначає технологічну схему очистки води. Приймаємо технологічну схему з *контактними освітлювачами*.

Розрахунок споруд і обладнання реагентного господарства

Розрахунок доз реагентів

Зниження кольоровості та каламутності води із поверхневих джерел зазвичай здійснюється обробкою солями-коагулянтами, які додаються до вихідної води у вигляді розчинів з певною концентрацією. Як коагулянт використовується сульфат алюмінію $Al_2(SO_4)_3$.

Розрахунок доз реагентів проводять для різних сезонів, залежно від якості вихідної води, і коригують під час запуску та експлуатації очисних споруд.

Доза коагулянту D_k (за безводною речовиною) у розрахунку на $Al_2(SO_4)_3$, розраховуються за формулою

$$D_k = 4\sqrt{\text{Колірн}}_{\text{,мг/л}}$$

де *Колірн.* – колірність вихідної води, град.

$$D_k = 4\sqrt{60} = 31 \text{ мг/л}$$

Приймаємо, розрахункову дозу коагулянту за каламутністю: $D_k = 35$ мг/л.

У холодну пору року, за умов високої прозорості та низької каламутності води, зростає потреба в прискоренні процесу утворення пластівців та забезпеченні їх більшого розміру. У зв'язку з цим, на додаток до коагуляції, здійснюється обробка води флокулянтами. Як флокулянт використовується поліакриламід (ПАА). Внесення флокулянтів проводять перед контактними освітлювачами. Дозування визначається відповідно до вимог процесу. Обрана доза: ПАА = 0,6 мг/л.

Під час обробки води коагулянтами слід перевірити наявність достатнього лужного резерву, необхідного для нормального протікання процесу. За умови його недостатності у воду додають лужний реагент, яким,

наприклад, є вапно. Дозу реагенту для штучного підлужування (D_l) розраховують за такою формулою::

$$D_l = K_l \left(\frac{D_k}{e_k} - L_{\text{вих.}} + 1 \right), \text{мг/л,}$$

де D_k – розрахункова доза коагулянту, мг/дм³; e_k – молярна маса еквівалента коагулянту мг/мг-екв, яка дорівнює для $Al_2(SO_4)_3$ – 57; $L_{\text{вих}}$ – мінімальна лужність оброблюваної води, мг-екв/дм³; K_l – коефіцієнт, який дорівнює для вапна (за CaO) – 28.

$$D_l = 28 \cdot (35/57 - 1,7 + 1) = -2,4 \text{ мг/л}$$

Підлужувати воду не потрібно

якщо вміст фтору у воді становить менш ніж 0,7 мг/дм³, проводять процедуру фторування з метою доведення концентрації до необхідного рівня. Для цього використовують спеціальні реагенти, серед яких кремнефторид натрію (Na_2SiF_6), фторид натрію (NaF), кремнефторид амонію ($(NH_4)_2SiF_6$) та кремнефтористоводневу кислоту (H_2SiF_6). Кількість застосованого фторовмісного реагенту (промислового) розраховують за допомогою спеціальної формули:

$$D_\phi = [m_\phi a_\phi - (\Phi^-)] \frac{100}{K_\phi} \cdot \frac{100}{C_\phi},$$

де m_ϕ - коефіцієнт, який враховує витрати фтору в залежності від місця воду реагента (при введенні у чисту воду перед РЧВ $m=1$, при введенні перед швидкими фільтрами $m=1,1$); a_ϕ – необхідна концентрація фтору в питній воді (приймається 0,7...1,5 мг/дм³); (Φ^-) – вміст фтору у вихідній воді, мг/дм³; K_ϕ – вміст фтору в чистому реагенті, %; C_ϕ – вміст чистого реагенту в товарному продукті, %.

$$D_\phi = [1 \cdot 1,1 - (0,3)] \frac{100}{61} \cdot \frac{100}{95} = 1,38$$

Приготування реагентів

Під час проектування споруд та обладнання водоочисної станції їхні розміри встановлюються на основі розрахунків. Габарити прямокутних конструкцій та діаметри круглих у плані ємкісних споруд слід обирати кратними 3 м, а висоти — кратними 0,6 м.

Приготування розчинів коагулянту

Технологія і склад споруд для приготування розчинів коагулянту залежить від способу зберігання його запасу.

Під час сухого зберігання коагулянту його розчини готують у спеціальних розчинних і витратних баках. У розчинних баках визначають концентрацію розчину коагулянту ($b_k^{розч.}$): до 17 % - для неочищеного, до 20 % - для очищеного кускового, до 24 % - для очищеного гранульованого; у витратних баках ($b_k^{випр.}$) – до 12 %.

Ємність баків (розчинних і витратних) $W_k^{розч.(випр.)}$ обчислюють за формулою:

$$W_k^{розч.(випр.)} = \frac{Q_{год.} * n * D_k}{10^4 * b_k^{розч.(випр.)} * \rho_k^p}, м^3$$

де $Q_{год.}$ – витрата водоочисної станції, м³/год;

$$Q_{год.} = \frac{Q_{в.с.}}{24} = \frac{32060,1}{24} = 1335,84 \text{ м}^3/\text{год.},$$

n – тривалість повного циклу приготування розчину коагулянту, що включає завантаження, розчинення, відстоювання, перекачування, та, за потреби, очищення піддона, при температурі води до 10°C становить 10 – 12 годин; ρ_k^p - густина розчину коагулянту, т/м³, приймається 1 т/м³.

$$W_k^{розч.} = (1335,84 \cdot 10 \cdot 35) / (10\,000 \cdot 24 \cdot 1) = 1,95 \text{ м}^3$$

$$W_k^{випр.} = \frac{W_p \cdot b_p}{b}$$

$$W_{\text{к}}^{\text{витр.}} = \frac{1,2 \cdot 2,4}{12} = 2,4 \text{ м}^3$$

Приймаємо 1 робочий, 1 резервний розчинний бак розмірами 1x1 м² h=1.5 м; 1 робочий 1 резервний витратний бак розмірами 2x2 м² h=1.6 м.

Розрахунок повітродувки і повітропроводів

Для розчинення коагулянту та його перемішування у баках слід забезпечити подачу стисненого повітря із заданою інтенсивністю:

$a = 8 - 10$ л/с на 1 м² – для розчинення; $b = 3 - 5$ л/с на 1 м² – для перемішування при розведенні до необхідної концентрації у витратних баках.

Розраховують витрату повітря:

- У розчинних баках (або ємкостях-зберігачах) при їх площі 2(1x1) :

$$q'_n = \sum F_{\text{б.розч.}} * a = 2 * 9 = 18 \text{ л/с}$$

де $\sum F_{\text{б}}$ - сумарна площа баків, де відбувається перемішування, м².

- У витратних баках при їх площі 2(1x2):

$$q''_n = F_{\text{б.витр.}} * b = 4 * 5 = 20 \text{ л/с}$$

де $f_{\text{б}}$ – площа витратного бака.

Загальна витрата повітря q_n

$$q_n = 18 + 20 = 38 \text{ л/с} = 2,3 \text{ м}^3/\text{хв}$$

Обираємо необхідну повітродувку ВК-3: $W = 3.25 \text{ м}^3/\text{хв}$; $P = 0.18 \text{ МПа}$;
 $N = 2,2 \text{ кВт}$.

Швидкість руху повітря v в трубопроводі ($v = 10 \dots 15 \text{ м/с}$) діаметром $d = 60 \text{ мм}$ і за тиску $P = 1,5 \text{ кгс/см}^2$ визначаємо за формулою

$$v = \frac{W}{60(10p + 1) \cdot 0,785 \cdot d^2} = \frac{3,25}{60(1,5 + 1) \cdot 0,785 \cdot 60^2} = 7,6 \text{ м/с}$$

Приготування і зберігання фторовмісних реагентів

Визначається об'єм бака W_{ϕ}

$$W_{\phi} = \frac{Q_{oc} \cdot D_{\phi}^4}{n \cdot 1000 \cdot K_p}, \text{ м}^3,$$

де - D_{ϕ}^4 - доза фторвмісного реагенту (чистого), г/м³;

$$D_{\phi}^4 = \frac{D_{\phi} \cdot C_{\phi}}{10^2}, \text{ г/м}^2,$$

$$D_{\phi}^4 = \frac{1,38 \cdot 95}{10^2} = 1,31 \text{ г/м}^2,$$

$$W_{\phi} = \frac{32060,1 \cdot 1,31}{6 \cdot 10^4 \cdot 0,25 \cdot 1} = 2,8, \text{ м}^3$$

n - число приготувань за добу (3 - 6); K_p - концентрація розчину реагентів в баці Na_2SiF_6 2,5-3,5г/л

Реагент	$b_{\phi}, \%$
Na_2SiF_6	0,25(t=0°C)
	0,5(t=25°C)

Витрата фторвмісного реагента (товарний продукт) за добу $Q_{\phi}^{\text{доб}}$:

$$Q_{\phi}^{\text{доб}} = \frac{Q_{oc} \cdot D_{\phi}}{10^4} = \frac{32060,1 \cdot 1,38}{10^4} = 4,42 \text{ т/доб.};$$

30 - добовий запас Q_{ϕ}^3 буде складати

$$Q_{\phi}^3 = 30 \cdot Q_{\phi}^{\text{доб}} = 30 \cdot 4,43 = 132,6 \sim 133 \text{ т, т,}$$

Кремнефторид натрію транспортується в дерев'яних бочках вагою нето 50 кг, висота однієї бочки 660 мм, максимальний діаметр 460 мм; бочки встановлюються по висоті у два ряди; площа f , яку займає одна бочка 0,25 м².

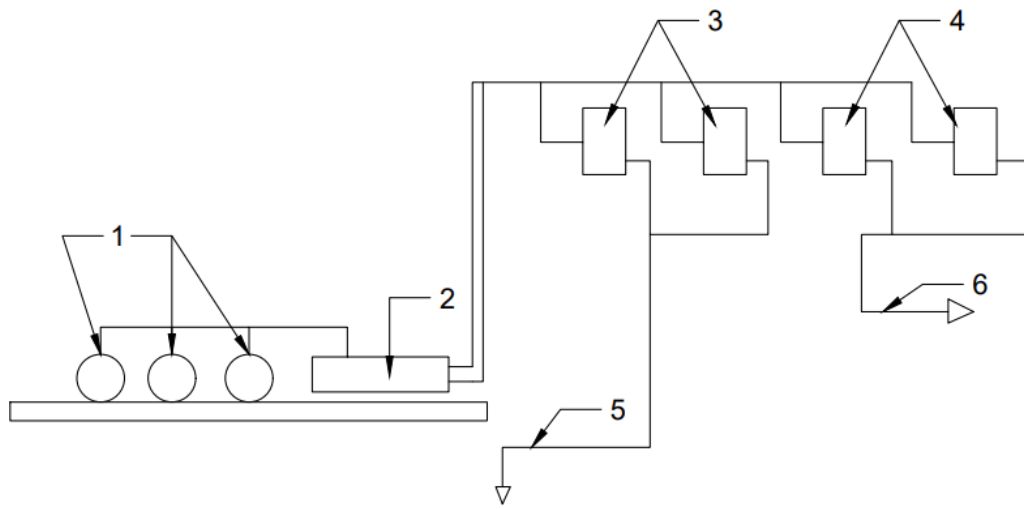
Площа складу F_{ϕ} дорівнює

$$F_{\phi} = \frac{m * f * 1,2}{2} = \frac{4 * 22 * 1,2}{2} = 52,8 \text{ м}^2$$

$$f = Q_{\phi}^{30} * f_1 = 88 * 0,25 = 22 \text{ м}^2$$

де m - кількість бочок, розрахована на 30-добовий запас; 1,2-коефіцієнт, що враховує проходи.

Хлорування води



Хлорування води є найпоширенішим способом знезараження води. Для цього обчислюють годинну витрату хлору при попередньому хлоруванні Q_{chl}^n , та під час пост-хлорування (знезараження) Q_{chl}^{3H} води:

$$Q_{chl}^n(Q_{chl}^{3H}) = \frac{Q_{oc} \cdot D_{chl}^n(D_{chl}^{3H})}{24 \cdot 10^3}, \text{ кг/год.},$$

Приймаємо $D_{chl}^n = 5 \text{ мг/л}$, $D_{chl}^{3H} = 1 \text{ мг/л}$.

$$Q_{chl}^n = \frac{32060,1 * 5}{24 * 10^3} = 6,68 \frac{\text{кг}}{\text{год}}.; \quad Q_{chl}^{3H} = \frac{19992 * 1}{24 * 10^3} = 1,34 \text{ кг/год.};$$

Загальна витрата хлору Q_{chl} складає

$$Q_{chl} = Q_{chl}^n + Q_{chl}^{3H} = 6,68 + 1,34 = 8,02 \text{ кг/год.};$$

$$Q_{chl}^{\text{доб}} = 24 * Q_{chl} = 24 * 8,02 = 192,48 \text{ кг/год.};$$

Залежно від величини Q_{chl} , підбираються автоматичні вакуумні

хлоратори ЛК-10Б: один робочий і один резервний для попереднього хлорування, а також один робочий і один резервний для знезараження. Діаметр підвідного ежектора становить 50 мм. Габаритні розміри обладнання – 800х340х200.

Під час попереднього хлорування хлорвмісні реагенти додаються у трубопроводи, які постачають воду на очисні споруди. Для знезараження хлорна вода подається у трубопроводи перед резервуарами для чистої води. Хлорне господарство розташовують у спеціально обладнаних окремих хлораторних приміщеннях, де в одному блоці знаходяться витратний склад хлору, випаровувач і хлордозаторна.

Запас хлору $Q_{хл}^3$ складає:

$$Q_{хл}^3 = \frac{30 * Q_{хл}^{доб}}{1000} = \frac{30 * 192,48}{1000} = 5,77т.;$$

Ємність витратного складу хлору має бути обмежена до 100 тонн, при цьому максимальна місткість одного ізольованого відсіку не повинна перевищувати 50 тонн. Хлор слід зберігати в балонах або контейнерах. Кількість резервних $n_{хл}^3$ має становити:

$$n_{хл}^3 = \frac{30 * Q_{хл}^{доб}}{55} = \frac{30 * 192,48}{55} = 104,98 \approx 105 \text{ шт.}$$

де 55 - маса хлору у стандартному балоні, кг.

Кількість витратних балонів $n_{хл}^{випр}$ повинна складати:

$$n_{хл}^{випр.} = \frac{Q_{хл}}{S_{бал}} = \frac{8,02}{0,5} = 16,04 \approx 17 \text{ шт.}$$

де $S_{бал}$ - знімання хлору з одного балону без штучного підігріву при $t = 18^\circ\text{C}$, дорівнює 0,5 - 0,7 кг/год.

За потреби зменшення кількості витратних балонів у хлораторних установках використовують бочки-випаровувачі, з яких відбір хлору становить. $S_{хл} = 3$ кг/год з 1 м^2 поверхні. Бокова поверхня бочки складає $F_{\delta} = 3,65 \text{ м}^2$.

Знімання хлору з однієї бочки q_b складає

$$q_b = F_b \cdot S_{xl} = 3,65 \cdot 3 = 10,95, \text{ кг/год.}$$

Визначаємо необхідну кількість n_b бочок-випаровувачів: $n_b = \frac{Q_{xl}}{q_b}$,

$$n_b = \frac{8,02}{10,95} = 0,73 \approx 1 \text{ шт.}$$

Розрахунок окремих апаратів і сполук

Розрахунок вертикального змішувача

Змішувачі використовуються для забезпечення рівномірного розподілу реагентів у масі води, що підлягає обробці. Це сприяє оптимізації перебігу подальших реакцій, які відбуваються в камері утворення пластівців (камера реакції). Змішування повинно бути швидким і здійснюватися за 1 - 2 хвилини.

Площа верхньої частини змішувача F_b

$$F_b = \frac{Q_{\text{год}}}{n v_b} = \frac{1442,7}{2 * 108} = 6,68 \text{ м}^2.$$

де $Q_{\text{год}}$ - годинна витрата води, м³/год, $Q_{\text{год}} = \frac{32060,1 \cdot 1,08}{24} = 1442,7$ м³/год; v_b - швидкість води у верхній частині змішувача, м/год; n - кількість змішувачів. ($n=2$);

За величиною F_b визначаємо сторону b_b верхньої частини

$$b_b = \sqrt{F_b} = \sqrt{6,68} = 2,58 \text{ м.}$$

Приймаємо стандартний розмір сторони $b_b=2$ м.

Визначаємо ширину нижньої частини b_n . Вона дорівнює зовнішньому діаметру трубопровода $d_{\text{зовн}}$, що подає воду у змішувач

$$b_n = d_{\text{зовн}},$$
$$d_{\text{зовн}} = d_{\text{вн}} + 2 \delta, \text{ м,}$$

де δ - товщина стінки трубопроводу, м, $\delta = 0,025-0,05$ м.; $d_{вн}$ - внутрішній діаметр трубопроводу,

$$d_{зовн} = 0,35 + 2 \cdot 0,05 = 0,45 \text{ м,}$$

$$d_{вн} = \sqrt{\frac{4f}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 0,096}{3,14}} = 0,43 \text{ м.}$$

f - площа перерізу трубопроводу

Приймаємо $d=350$ мм $v = 1,21$ м/с.

$$f = \frac{Q_{год}}{nv_T} = \frac{1442,7}{2 * 4680} = 0,15 \text{ м}^2$$

v_T - швидкість води у трубопроводі, м/год.

Визначаємо висоту нижньої h_n частини змішувача:

$$h_n = \frac{1}{2} * (b_B - b_n) \cot \frac{\alpha}{2} = \frac{1}{2} * (2,58 - 0,45) * \cot \frac{45^\circ}{2} = 2,57 \text{ м.}$$

Визначаємо об'єм нижньої W_n частини змішувача:

$$W_n = \frac{1}{3} * h_n * (F_B + F_n + \sqrt{F_B * F_n}) = \frac{1}{3} * 2,57 * (6,68 + 0,2025 + \sqrt{6,68 * 0,2025}) = 6,9 \text{ м}^3,$$

$$F_n = b_n^2 = 0,45^2 = 0,2025 \text{ м.}$$

Повний об'єм змішувача

$$W = \frac{Q_{год} * t}{n * 60} = \frac{1442,7 * 1,2}{2 * 60} = 14,43 \text{ м}^3$$

де t - час перебування води у змішувачі (не більше 2 хвилин) ($t=1$ хв)

Об'єм верхньої W_B частини:

$$W_B = W - W_n = 14,43 - 6,9 = 7,53 \text{ м}^3;$$

Висота h_B верхньої частини:

$$h_B = \frac{W_B}{F_B} = \frac{7,53}{6,68} = 1,13 \text{ м.},$$

h_g повинна складати 1...1,5 м, що може бути досягнуте регулюванням величини t в межах $t \leq 2$ хвилин.

Повна висота H змішувача.

$$H = h_g + h_n, \text{ м},$$

$$H = 1,13 + 2,57 = 3,7 \text{ м}$$

Розрахунок споруд для освітлення води.

Контактні освітлювачі

Контактні освітлювачі (КО) представляють собою споруди, що поєднують у собі функції реакційної камери, відстійника та швидкого фільтра. Їх рекомендується використовувати на очисних станціях із будь-яким рівнем витрати води, за умови, що концентрація завислих речовин у ній не перевищує 120 мг/дм³, а колірність — 120 градусів. На станціях контактного освітлення передбачено встановлення сітчастих барабанних фільтрів та вхідної камери, яка забезпечує необхідний тиск води, змішування та її контакт із реагентами, а також видалення з рідини повітря.

Розрахунок вхідної камери

Об'єм вхідної камери розраховується на перебування води у ній не менше 5 хвилин:

$$W_{\text{вх.к}} = \frac{Q_{\text{ос}} * t}{24 * 60} = \frac{32060,1 * 2}{24 * 60} = 44,53 \text{ м}^3$$

Приймаємо дві вхідні камери глибиною $h=3$ м і площею:

$$F_{\text{вх.к}} = W_{\text{вх.к}} / h = 44,53/3=14,84 \approx 15 \text{ м}^2 \text{ з розмірами в плані } 3 \times 5 \text{ м}$$

В камерах встановлюють вертикальні сітки з отворами 2-4 мм. Швидкість проходу води через сітки $v_c = 0,25$ м/с (рекомендуються 0,2-0,3 м/с), тоді робоча площа сіток буде:

$$F_c = \frac{Q_{\text{час}}}{3600 * v_c} = \frac{1335,84}{3600 * 0,25} = 1,48 \approx 1,5 \text{ м}^2$$

Вхідна камера оснащується пристроями для промивки сіток, а також зливною та переливною трубами. Її нижня частина має стінки, нахилені під кутом 50° до горизонту. Висота конічної частини камери:

$$h_{\text{кон}} = \frac{B}{2} \cdot \text{ctg}(90^\circ - 50^\circ) = \frac{5}{2} \cdot 1.19 = 2.975 \approx 3 \text{ м}$$

Повна висота камери $H = h + h_{\text{кон}} = 3 + 3 = 6 \text{ м}$

Визначення площі контактної освітлювача

Загальну площу контактних освітлювачів визначають:

$$F_{\text{КО}} = \frac{Q_{\text{ос}}}{T_{\text{см}} \cdot v_{\text{н}} - n_{\text{пр}} \left(q_{\text{пр}} + \tau_{\text{пр}} v_{\text{н}} + \frac{\tau_{\text{см}} v_{\text{н}}}{60} \right)}$$

де: $\tau_{\text{ст}}$ - тривалість скидання першого фільтрату, хв. $\tau_{\text{ст}} = 10 \text{ хв.}$; $T_{\text{ст}}$ - тривалість роботи станції протягом доби (24 години); $v_{\text{н}}$ - розрахункова швидкість фільтрування за нормального режиму (5 м/год); $n_{\text{пр}}$ - кількість промивок освітлювача за добу; $q_{\text{пр}}$ - питома витрата води на одну промивку:

$$q_{\text{пр}} = q_{\text{пр}}' \cdot t \cdot 10^{-3},$$

$q_{\text{пр}}'$ - інтенсивність промивки (18 л/с*м²); t - тривалість промивки (480 с);

$$q_{\text{пр}} = 18 \cdot 480 \cdot 10^{-3} = 8,64$$

$\tau_{\text{пр}}$ - час простою освітлювача через промивку (0,33 год)

$$F_{\text{КО}} = \frac{32060,1}{24 \cdot 5 - 3(8,64 + 0,133 \cdot 5 + \frac{10 \cdot 5}{60})} = 357,87 \text{ м}^2$$

Визначаємо кількість контактних освітлювачів за формулою:

$$N = 357,87 / (6,0 \cdot 6,0) = 9,94 \approx 10 \text{ шт}$$

Приймаємо кількість контактних освітлювачів – 10 шт. Перевіряємо швидкість потоку води для форсованого режиму експлуатації:

$$v_{\phi} = \frac{v_{\text{НОМ}} N_{\text{КО}}}{N_{\text{КО}} - N_1} = \frac{5 * 10}{10 - 1} = 5,56 \text{ м/год}$$

де v_{ϕ} - швидкість фільтрування за форсованого режиму, яка не повинна перевищувати 6 м/год;

N_1 - кількість фільтрів, що знаходяться у ремонті.

Обираємо розмір одного фільтра $A * B = 6 * 6$

Визначаємо завантаження: кварцевий пісок крупністю 1,2 мм; гравій – крупність 10 мм; товщина гравійного шару 0,2 м, а піщаного – 1 м.

Контактний освітлювач без підтримуючих шарів – промивка проводиться очищеною водою та повітрям. Тривалість промивки 8 хв., інтенсивність подачі води 18 л/(с*м²), тривалість скиду першого фільтрату при промивці водою – 10 хв.

Розрахунок трубчатої розподільної системи

Для забезпечення рівномірного розподілення промивної води по поверхні освітлювача передбачається трубчаста розподільча система високого опору, яка спрямовує потік води безпосередньо в товщу фільтруючого шару. Система включає колектор та відгалуження. Обчислюємо витрату води, необхідну для промивки одного контактного освітлювача:

$$Q_{\text{пром}} = F_{\phi}^0 q_{\text{пром}} = 36 * 18 = 648 \frac{\text{л}}{\text{с}} = 0,648 \text{ м}^3/\text{год}$$

де F_{ϕ}^0 - площа одного фільтра (LxB) м² приймаємо 6x6 м²

Визначаємо діаметр колектора кожного відгалуження:

$$d = \sqrt{\frac{4Q_{\text{пром}}}{\pi v_{\text{к}}}} = \sqrt{\frac{4 * 0,648}{3,14 * 1,2}} = 0,829 \text{ м}$$

де v_k - швидкість руху води на початку колектора (0,8...1,2 м/с).

За сортаментом трубопроводів підбирається найближчий до визначеної величини діаметр $d = 900$ мм $v_k = 1,01$ м/с.

Довжина одного відгалуження кожного відділу контактного освітлювача:

$$l_{отв} = (L-D):2 = (6-0,9):2 = 2,55 \text{ м}$$

Загальна кількість відгалужень складає:

$$n_{заг}^{відг} = 2 \frac{B}{m} = 2 \frac{6}{0,3} = 40 \text{ шт.}$$

де m — відстань між відгалуженнями (0,25...0,35 м).

Розраховуємо витрату промивної води через одне відгалуження:

$$q_{відг} = \frac{Q_{пром}}{n_{відг.}} = \frac{0,648}{40} = 0,0162 \text{ м}^3/\text{год}$$

і визначаємо його діаметр: $d = \sqrt{\frac{4q_{відг}}{\pi v_k}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0162}{3,14 \cdot 1,9}} = 0,1 \text{ м}$

За сортаментом трубопроводів підбираємо найближчий до визначеної величини діаметр і робиться перевірка $d = 100$ мм; $v = 1,88$ м/с

Визначаємо загальну площу отворів у відгалуженнях, яка повинна складати 0,25...0,50 % від робочої площі фільтра.

$$\Sigma f_0 = (0,25 \dots 0,5) * F_{\phi}^0 * 10^{-2} = 0,25 * 36 * 0,01 = 0,09 \text{ м}^2$$

Діаметр отворів приймаємо 10 мм .Площа одного отвору складає:

$$f_0 = \frac{\pi * d_0^2}{4} = \frac{3,14 * 0,01^2}{4} = 0,0000785 \text{ м}^2$$

Розраховуємо загальну кількість отворів для фільтра:

$$n_0 = \frac{\sum f_0}{f_0} = \frac{0,09}{0,0000785} = 1146 \text{ шт}$$

Кількість отворів на одному відгалуженні становить:

$$n = \frac{n_0}{n_{\text{заг}}^{\text{відг}}} = \frac{1146}{40} = 29 \text{ шт}$$

Шаг вісі отворів буде складати:

$$l_0 = \frac{l_{\text{отв}}}{n} * 10^3 = \frac{2,55}{29} * 1000 = 88 \text{ мм}$$

Розрахунок жолобів для збору і відводу промивної води

Для збору й відведення промивної води з контактних освітлювачів використовуються жолоби п'ятикутної форми. Відстань між осями сусідніх жолобів становить від 1,8 до 2,2 м. Розташування жолобів визначається площею контактного освітлювача. У цьому випадку обираємо 3 жолоби з відстанню між осями 2 м.

Розрахуйте витрату води, яка припадає на один жолоб:

$$q_{\text{ж}} = \frac{Q_{\text{пром}}}{n_{\text{ж}}} = \frac{0,648}{3} = 0,216$$

Знаходимо ширину жолоба:

$$B_{\text{ж}} = K_{\text{ж}} \sqrt[5]{\frac{q_{\text{ж}}^2}{(1,57 + a_{\text{ж}})^3}} = 2,1 \sqrt[5]{\frac{0,216^2}{(1,57 + 1,5)^3}} = 0,579 \text{ м}$$

де $a_{\text{ж}}$ - відношення висоти прямокутної частини жолоба до половини його ширини, $K_{\text{ж}}$ — коефіцієнт, який залежить від форми жолоба.

Таким чином, прямокутна частина жолоба дорівнює:

$$h_n = (0,5 \dots 0,75)B_{\text{ж}} = 0,75 * 0,579 = 0,43 \text{ м}$$

Корисна висота жолоба становить: $h_{\text{ж}} = h_{\text{м}} + 0,5B_{\text{ж}} = 0,72 \text{ м}$

Конструктивна висота: $h_{\text{ж}}^{\text{к}} = h_{\text{ж}} + 0,08 = 0,72 + 0,08 = 0,8 \text{ м}$

Визначаємо дистанцію від поверхні фільтрувального шару до краю жолоба:

$$H_{\text{ж}} = \frac{h_3 * a_3}{100} + 0,3 = \frac{1,2 * 25}{100} + 0,3 = 0,6 \text{ м}$$

де h_3 - висота фільтруючого шару, м; a_3 - відносне розширення фільтруючого завантаження у відсотках.

Розрахунок жолобів для збору і відводу промивної води

Розрахунок відстані від дна жолоба до дна каналу:

$$H_{\text{д}} = 1,73 \sqrt[3]{\frac{Q_{\text{пром}}^2}{g * B_{\text{д}}^2}} + 0,2 = 1,73 \sqrt[3]{\frac{0,648^2}{9,81 * 0,7^2}} + 0,2 = 0,968 \text{ м}$$

Швидкість потоку води на виході з каналу розраховується з урахуванням того, що рівень води в каналі має бути на 0,2 метра нижчим за нижню межу жолоба:

$$v_{\text{пот}} = \frac{Q_{\text{пром}}}{B_{\text{ж}}(H_{\text{д}} - 0,2)} = \frac{0,648}{0,7(0,968 - 0,2)} = 1,2 \text{ м/с}$$

Втрати напору при промивці контактного освітлювача.

Складаються з таких величин:

а) втрати напору в отворах труб розподільчої системи:

$$h_{\text{отв}} = \left(\frac{2,2}{a} + 1\right) \frac{v_{\text{отв}}^2}{2g} + \frac{v_{\text{отв}}^2}{2g} = \left(\frac{2,2}{0,15} + 1\right) \frac{1,01^2}{2 * 9,81} + \frac{1,88^2}{2 * 9,81} = 1 \text{ м}$$

де a - Співвідношення загальної площі всіх отворів у розподільчій системі до площі перерізу колектора;

$$f_{\text{пер.к}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,9^2}{4} = 0,6 \text{ м}^2, \quad a = \frac{\sum f_0}{f_{\text{н.кол}}} = \frac{0,09}{0,6} = 0,15$$

б) втрати напору в фільтруючому шарі визначаються за формулою:

$$h_{\text{фш}} = \frac{\rho_3 - \rho_в}{\rho_в} (1 - n_0) H_0 = \frac{2,6 - 1}{1} (1 - 0,38) * 1 = 1 \text{ м}$$

де $\rho_3, \rho_в$ – густина відповідно зернистого фільтруючого матеріалу і води, г/см³; n_0 - пористість фільтруючого шару до розширення; H_0 - висота фільтруючого шару до розширення, м.

в) втрати напору в підтримуючому гравійному шарі $h_{\text{п.ш.}}$ висотою $H_{\text{п.ш.}}$

$$h_{\text{п.ш.}} = 0,022 * H_{\text{п.ш.}} * q_{\text{пр}}' = 0,022 * 0,2 * 18 = 0,08 \text{ м}$$

г) втрати напору в трубопроводі, який подає промивну воду у колектор розподільчої системи.

За витратою води на промивку $Q_{\text{пр}} = 0,648$ м³/с і швидкості руху води у трубопроводі 1,5...2 м/с визначаємо діаметр трубопроводу $d_{\text{тр}} = 700$ мм та величину $i = 0,00461$.

$$h_{\text{тр}} = i * l = 100 * 0,00461 = 0,46 \text{ м}$$

де l - загальна довжина трубопроводу, м; i - гідравлічний ухил.

д) втрати напору на місцевій опір $h_{\text{м.о.}}$ у фасонних частинах і арматурі

$$h_{\text{м.о.}} = \sum \zeta \frac{v^2}{2g}$$

Коефіцієнти місцевого опору складають: $\zeta_1 = 0,984$ для коліна - 4 шт., $\zeta_2 = 0,26$ для засувки - 2 шт., $\zeta_3 = 0,5$ для входу у всмоктувальну трубу - 1 шт., $\zeta_4 = 0,92$ для трійника - 4 шт., зворотній клапан $\zeta_5 = 1,7$ - 1 шт.

$$h_{\text{м.о.}} = (0,984 * 4 + 0,26 * 2 + 0,5 + 0,92 * 4 + 1,7) \frac{1,64^2}{2 * 9,81} = 1,4 \text{ м}$$

Таким чином, загальна величина втрат напору h при промивці контактної освітлювача складає:

$$h = h_{p.c} + h_{ф.ш} + h_{п.ш} + h_{тр} + h_{м.о} = 1 + 1 + 0,08 + 0,46 + 1,4 = 3,94 \text{ м}$$

Напір води, необхідний для промивання фільтрів, розраховується з урахуванням втрат тиску в розподільчій системі, трубопроводах, які подають промивну воду, а також у завантаженні самих фільтрів. Висота водонапірного резервуара визначається відповідно до геодезичних відміток місця розташування резервуара і фільтрів, із врахуванням втрат напору під час процесу промивки.

Перевищення рівня води у вхідних камерах над рівнем у контактних освітлювачах (H_p) обчислюється за допомогою наступної формули:

$$H_p = 0,8h_3 + h_c = 0,8 \cdot 1 + 1,46 = 2,42, \text{ м}$$

де h_3 – приймається рівним висоті шару засипки КО, м; h_c – сума всіх втрат напору на шляху руху води від початку вхідної камери до засипки КО, м.

Споруди для обробки промивних вод та осаду

Розрахунок резервуара-усереднювача

Основними елементами в комплексах для очищення промивної води та обробки осаду фільтра є такі споруди: піскоуловлювач, резервуар-усереднювач, відстійник для промивної води, резервуар для збирання осаду, осадощільнювач або вакуумний насос.

Обсяг споживання води для промивки фільтра розраховується за формулою:

$$P = \frac{\omega \cdot f \cdot t_1 \cdot 60 \cdot N}{Q_{год} \cdot T_p \cdot 1000} \cdot 100\% ,$$

де ω - інтенсивність промивки, л/с.м²; f - площа освітлювачів, м²; N – кількість освітлювачів, шт.; T_p – час роботи освітлювачів між двома промивками, год

$$T_p = T_0 - (t_1 + t_2 + t_3),$$

де T_0 - час робочого фільтроциклу (8 – 12 год); t_1 – час промивки, 0,1 год.; t_2 – час простою фільтру, який пов'язаний з промивкою, 0,33 год.; t_3 – час викиду першого фільтрату з стін, 0,17 год.

$$T_p = 12 - (0,1 + 0,33 + 0,17) = 11,4 \text{ год.}$$

$$P = \frac{18 \cdot 36 \cdot 6 \cdot 60 \cdot 10}{1335,84 \cdot 11,4 \cdot 1000} * 100\% = 15,32\%; q = 164 \text{ м}^3/\text{год}$$

Витрати води на промивку освітлювача з вище розрахованого дорівнює

$$0,648 \text{ м}^3/\text{с} = 2333 \text{ м}^3/\text{год}$$

Витрата води на одну промивку освітлювача на протязі 8 хв.:

$$q = \frac{f * \omega * t_1 * 60}{1000} = \frac{36 * 18 * 8 * 60}{1000} = 311 \text{ м}^3$$

де F – площа освітлювача, [м²]; ω – інтенсивність промивки, [л/с·м²];

Місткість резервуара-усереднювача з двох відділень приймаємо 324 м³.

Розміри резервуара-усереднювача приймаємо: 9 х 9 х 4 м.

Об'єм зони накопичення та ущільнення осаду:

$$W_1 = \frac{Q(C_{\text{ср}} - m)}{N * \partial} * T = \frac{1335,84 * (167 - 8)}{2 * 20000} * 24 = 127,44 \text{ м}^3$$

де $C_{\text{ср}}$ - середня концентрація завислих речовин у воді, що надходить до відстійника за період між частками, г/м³; m - кількість зависі у воді, що надходить до відстійника мг/л допускається 8-12 мг/л; ∂ - середня

концентрація осаду г/м^3 після ущільнення на протязі 24 годин; T - час дії відстійника між чистками.

Величина $C_{\text{ср}}$ знаходиться за формулою :

$$C_{\text{ср}} = M + KД_{\text{к}} + 0,25Ц + V_{\text{н}}$$

де M - кількість завислих речовин у вихідній воді, г/м^3 ; K - перехідний коефіцієнт, який дорівнює для сульфата заліза 0,8; $Д_{\text{к}}$ - доза коагулянту з перерахунку на безводний продукт, г/м^3 ; $Ц$ - кольоровість води, град; $V_{\text{н}}$ - кількість нерозчинних речовин, які вводять з вапном для підвищення рН, мг/л ,

$$C_{\text{ср}} = 100 + 0,8 \cdot 35 + 0,25 \cdot 120 + 8,5 = 167 \text{ г/м}^3$$

Розрахунок пісковловлювачів

Для затримання піску перед резервуаром-усереднювачем встановлюється тангенціальна пісколовка.

Площа тангенціальної пісколовки:

$$F = \frac{Q}{n * q_0} = \frac{38,87}{2 * 2} = 9,7 \text{ м}^2$$

де Q – максимальна витрата промивних вод, $[\text{м}^3/\text{год}]$. При залповому викиді промивних вод об'ємом 311 м^3 на протязі 8 хв., витрата за одну хвилину складе $38,87 \text{ м}^3$; q_0 – навантаження на пісколовку по воді, $[\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{хв}]$; n – кількість відділень пісколовки. Приймаємо пісколовку з чотирма відділеннями діаметром 2,5 м. Видалення осаду з пісколовки відбувається періодично за допомогою гідроелеватора.

Розрахунок відстійників промивної води

Об'єм відстійника промивної води при двох годинах відстоювання та рівномірній подачі води складає:

$$V_{\text{від}} = q_1 * t = 164 * 2 = 328 \text{ м}^3$$

Приймаємо відстійник $H=2.5$, $L=25$, $B=6$ м, загальний об'єм відстійника – $W_p=375$ м³.

Витрата освітленої води – $q_2 = 0,75q_1 = 0,75 * 164 = 123$ м³/год,

Витрата осаду – $q_3 = 0,25q_1 = 0,25 * 164 = 41$ м³/год.

При $C_{сер} = 167$ мг/л та об'ємі зони накопичення та ущільнення осаду $W_{з.н} = 2019$ м³ витрата води, що витрачається під час видалення осаду з відстійника складає:

$$q_{в.о.} = \frac{K_p * W}{24 * Q_{ос} * T} * 100\% = \frac{1,3 * 84}{24 * 1335,84 * 24} * 100\% = 0,015\% \\ \rightarrow 9,08 \text{ м}^3/\text{год}$$

де K_p – коефіцієнт розбавлення осаду (1,3); T – час дії відстійника між очистками, діб

Розрахунок згущувачів

Ущільнення осаду після відстійників необхідно проводити в згущувачах, обладнаних механізмом для повільного перемішування. Тривалість процесу згущення осаду визначається сукупною тривалістю таких етапів: наповнення згущувача, яке займає від 10 до 30 хвилин, та почергове перекачування освітленої води і згущеного осаду в межах 30-40 хвилин. При цьому перекачування осаду може виконуватися через кілька циклів згущення.

Типовий згущувач має наступні параметри: діаметр до 18 метрів, середню глибину до 3,5 метрів, дно з ухилом до центрального напрямка під кутом 8°. Конструкція обладнана обертальною фермою з лопатями трикутного чи круглого перерізу, швидкість обертання яких сягає 0,015–0,03 м/с.

Визначаємо об'єм згущувача:

$$W_{зг} = 1,3 * K_{р.о.} * W_{ос.ч.} = 1,3 * 1,2 * 6,8 = 10,6 \text{ м}^3$$

де $K_{p.o}$ - коефіцієнт розбавлення осаду при випуску із споруд підготовки води, $K_{p.o} = 1,2$; $W_{oc.ч.}$ – об'єм осадової частини споруди підготовки води, $[m^3]$.

$$W_{oc.ч.} = T_p \frac{N_p * \delta}{Q * (C_B - M_{ocB})} = 24 * \frac{2 * 20000}{1335,84(167 - 8)} = 4,52 m^3$$

де T_p – період роботи між скиданнями осаду, [годин]; C_B – максимальна концентрація завислих речовин, які надходять в освітлювач; M_{ocB} – каламутність води, яка виходить з освітлювача, $[г/м^3]$; δ – середня по висоті осадової частини освітлювача концентрація твердої фази осаду.

Приймаємо 2 вертикальні згущувача $D=4m$, висота циліндричної частини 2,1м, конічної 1,8м.

Освітлена вода після згущувача $q_6 = 0,7q_5 = 0,7 \cdot 6.8 = 4.76 m^3/год$ направляється до початку очисних споруд.

Осад, витратою $q_7 = 0,3 q_5 = 0,3 \cdot 6.8 = 2.04 m^3/год$ подається на зневоднювальне устаткування (фільтр-прес, вакуум-прес).

Розрахунок фільтр-преса

Як зневоджувальне устаткування приймаємо прес-фільтр.

$$\text{Площа прес-фільтру: } F = \frac{P}{q_0},$$

де P – кількість осаду, кг/год

$$P = Q \cdot C$$

Q – годинна витрата, $m^3/год$; C – концентрація завислих речовин, що надходить на очисні споруди, $кг/м^3$; q_0 – питома навантаження на фільтр-прес (50 – 10 $кг/м^2год$)

$$P = 1335,84 \cdot 0,17 = 227,09 \text{ кг/год}$$

$$F = \frac{1335,84 * 0,17}{5} = 45,42 m^2$$

Кількість робочих прес-фільтрів обчислюємо як: $n = \frac{F}{f}$,

де f – прийнята площа прес-фільтра; $n = 3$ шт. Приймаємо 3 робочих і 1 резервний фільтр-прес ФПАКМ – 2,5У .

Для збирання осаду використовується бункер, вивіз осаду до місця складування здійснюється автосамоскидами.

Розрахунок башти промивної води

Об'єм промивного бака повинен забезпечувати 2 промивки контактних освітлювачів:

$$W = 2 * Q * t = 2 * 0,648 * 8 * 60 = 622 \text{ м}^3$$

Відмітка низу башти для зберігання промивної води:

$$h_{\text{в.низ}} = h_{\text{р.в.}} + h_{\text{в.н.}} = 1,8 + 3,94 = 5,74 \text{ м}$$

де $h_{\text{р.в.}}$ – позначка рівня води освітлювача, [м]; $h_{\text{в.н.}}$ – втрати напору при промивці освітлювача, [м].

Розділ №4

Водозабірні споруди

Здобувач(ка) / _____ /

							Лист
							83
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	

Визначення водоспоживання об'єкта.

Розрахункова витрата води для водопостачання об'єкта:

$$Q_{\text{рознр.}} = \sum Q * K_1 * K_2 * K_3;$$

З урахуванням перспективи:

$$Q_{\text{персп.}} = Q_{\text{рознр.}} * K_4;$$

де: K_1 – коефіцієнт, який враховує збільшення водоспоживання за рахунок інших споживачів району: $K_1=1,1$; K_2 – коефіцієнт, що враховує витрату води на власні потреби, які включають промивку самоплинних ліній, сіток фільтрів і т.д.; $K_2=1,05$; K_3 – коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання; $K_3=1,1$; K_4 – коефіцієнт, який враховує збільшення водоспоживання об'єктом на перспективу на період до 15-20 років; $K_4=1,2$.

$$Q_{\text{рознр.}} = 30173,42 * 1,1 * 1,05 * 1,1 = 38115 \text{ м}^3/\text{доб.} = 0,441 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_{\text{персп.}} = 38115 * 1,2 = 45738 \text{ м}^3/\text{доб.} = 0,529 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Вибір джерела водопостачання.

Мінімальні витрати річки визначаються як найменші середні значення середньомісячних витрат, отримані за багаторічний період спостережень. ($Q=90\%$) з наступним коефіцієнтом: $K_{\text{сан.}} 0,35$ – при середньомісячній витраті $15 \text{ м}^3/\text{с}$.

$$Q_{\text{рознр. сан.}} = Q_p - Q_{\text{рознр.}} > K_{\text{сан.}} * Q_{90\%}$$

$$Q_{\text{рознр. персп.}} = Q_p - Q_{\text{персп.}} > K_{\text{сан.}} * Q_{90\%}$$

$$Q_{\text{рознр. сан.}} = 15 - 0,441 > 0,35 * 15; 14,559 > 7 \quad Q_{\text{рознр. персп.}} = 15 - 0,529 > 0,35 * 15; 14,471 > 7$$

Розрахункові витрати, $\text{м}^3/\text{с}$	Значення витрати	Розрахункові витрати, $\text{м}^3/\text{с}$	Значення витрати
$Q_{\text{рознр. водозабору}}$	0,441	$Q_{\text{сан. розр. річки}}$	14,559
$Q_{\text{персп. водозабору}}$	0,529	$Q_{\text{сан. персп. річки}}$	14,471
$Q_{90\%}$	15		

Висновок: з урахуванням обсягів витрат і якості води, річка може використовуватись як джерело для забезпечення розрахункової витрати без необхідності регулювання стоку.

Тип і принципова схема споруди.

Рівневий режим в створі водозабору записуємо у вигляді таблиці.

№ п/п	Категорія	Відсотки	Витрати	Рівні/глибини, м		
				Зимові	Весняні	Літні
3.	II	95	19/12	143,6/4,4	-	-
4.	II	90	34/18	144,2/4,8	-	-
5.	I-II	50	100/90	-	146,3/6,5	-
7.	II	3	220	-	146,8/6,8	-

Амплітуду коливань розраховуємо за різницею рівнів розрахункових забезпеченостей у весняний і літній час:

$$A = H_{\max.p} - H_{\min.p} = 146,8 - 143,6 = 3,2 \text{ м} < 6 \text{ м}$$

Виходячі з топогеодезичних гідрологічних умов, розрахункової витрати водозабора, приймаємо русловий водозабір розподільного типу.

Визначення необхідної площі і розмірів водоприймальних отворів

Для проведення початкової грубої механічної очистки при заборі води з поверхневих джерел, вхідні отвори водоприймальних споруд оснащують решітками, що утримують більші об'єкти. Для усунення дрібних забруднень, таких як планктон, водорості тощо, водозабірні конструкції обладнують спеціальними сітками. Така механічна очистка значно спрощує функціонування споруд для освітлення води, а також запобігає засміченням трубопроводів і насосного обладнання.

Площа та розміри водоприймальних отворів оголовка необхідно розраховувати, виходячи з одночасного функціонування всіх секцій (за винятком резервних), орієнтуючись на середню швидкість проникнення води крізь отвори сміттєзатримуючих решіток. При цьому слід враховувати вимоги щодо захисту риби, використовуючи відповідну формулу:

$$W_{\text{бр}} = 1,25 \frac{q_p}{V} K$$

де: q_p - розрахункова витрата, $q_p = 0,441 \text{ м}^3/\text{с}$; V - швидкість втікання води в водоприймальні отвори віднесена до їх перерізу в світлі, $V = 0,1 \text{ м/с}$; $K_{\text{ст}}$ - коефіцієнт, що враховує притиснення отворів стержнями решіток:

$$K_{\text{ст}} = (a_{\text{ст}} + c_{\text{ст}}) / a_{\text{ст}}$$

де: $c_{\text{ст}}$ - товщина стержнів, $c_{\text{ст}} = 1 \text{ см}$; $a_{\text{ст}}$ - просвіт між стержнями в світлі, $a_{\text{ст}} = 10 \text{ см}$.

$$K_{\text{ст}} = (1 + 10) / 10 = 1,1$$

$$W_{\text{бр}} = 1,25 * 1,1 * (0,441 / 0,1) = 6,1 \text{ м}^2$$

Тип оголовка вибирають з урахуванням таких чинників, як продуктивність водозабору, наявність шуги у воді, судноплавність, товщина льоду та мінімальна глибина річки. Для цих умов оптимальним варіантом є залізобетонний розтрубний захищений оголовок із чотирма водоприймальними отворами.

Розміри водоприймальних отворів визначаються на основі площі кожного отвору:

$$W_1 = 6,1 / 4 = 1,52 \text{ м}^2$$

Можлива висота:

$$H_B = H_{\text{мін}} - h_{\text{л}} - 0,5 - 0,2$$

де: $H_{\min} = 3,6\text{м}$ – мінімальний рівень води в водоймі; $h_{\text{л}} = 0,6\text{м}$ – товща льоду; $0,5$ – мінімальна відстань від низу водоприймального отвору до дна; $0,2$ – мінімальна відстань від верха водоприймального отвору.

$$H_{\text{в}} = 3,6 - 0,6 - 0,5 - 0,2 = 2,4\text{м}$$

Згідно з цими даними приймаємо розміри вхідних вікон 1250×1500 мм, площею $1,62 \text{ м}^2$ кожне.

Розрахунок самопливних водоводів.

Оголовок з водоприймальним сітчастим колодязем з'єднується двома самопливними водоводами. Площа перерізу одного водовода визначається за формулою:

$$w_1 = Q_{\text{в}} / 2V,$$

де: V – рекомендована швидкість води в самопливних водоводах
 $V \approx 0,7 - 1,5 \text{ м/с}$; приймаємо $V = 1,15 \text{ м/с}$

$$w_1 = 0,441 / 1,15 * 2 = 0,191 \text{ м}^2$$

$$w = \pi \cdot d^2 / 4 = 0,785 \cdot d^2$$

$$d = \sqrt{\frac{0,372}{0,785}} = 0,688 \text{ м}$$

Приймаємо найближчий діаметр трубопроводу $d_y = 500 \text{ мм}$, площею $w = 0,196 \text{ м}^2$.

За таблицями Шевельова для сталевих труб $d_y = 500 \text{ мм}$ та $q_p = 0,441 / 2 = 0,22 \text{ м}^3/\text{с}$; $V = 1,05 \text{ м/с}$ $1000i = 2,86$

Сміттєутримуючі, водоочисні пристрої водозабору

З огляду на низьку продуктивність водозабору, для стандартних умов відбору води передбачаємо використання плоских сіток. Розміри та

розташування водоприймальних отворів колодязя необхідно визначати, виходячи з одночасної роботи всіх секцій, з урахуванням середньої швидкості проникнення води через отвори, захищені сміттеутримуючими ґратами та сітками.

При цьому слід враховувати вимоги рибозахисту, керуючись відповідною формулою:

$$W_c = 1,25 * Q_B / V_c * ((a+c)/a)^2$$

де: V_c - швидкість руху води крізь сітку, $V_c = 0,1$ м/с; c - товщина проволоч сітки, $c = 2$ мм; a - відстань між проволками в світлі, $a = 5$ мм.

$$W_c = 1,25 * (0,441/0,1) * ((0,005+0,002)/0,005)^2 = 2,63 \text{ м}^2$$

Сітки встановлюються в кожній секції оголовка, тому:

$$W_1 = 2,63/2 = 1,3 \text{ м}^2$$

Відповідно з даними обираємо плоскі сітки розміром 1000x1500 мм, площею 1,5 м² кожна. Необхідна глибина заглиблення сітки під мінімальний рівень води, при якій буде забезпечена прийнята швидкість $V_c = 0,1$ м/с:

$$h_{\text{мін роб вис}} = 1,3/1,13 = 1,15 \text{ м}$$

Розрахунок глибини колодязя.

Глибину підземної частини берегового водоприймального колодязя розраховують за допомогою формули:

$$H = A + h_1 + h_2, \text{ м}$$

де: A - амплітуда коливань рівня води в річці $= 3,2$ м; h_1 - запас під максимальний розрахунковий рівень води в водоймі, $h = 1,0 - 1,5$ м; приймаємо $h = 1,5$ м;

h_2 - запас під мінімальний розрахунковий рівень води в водоймі:

$$h_2 = h_{\text{гідр}} + h_{\text{констр}}$$

де: $h_{гид}$ - гідравлічні втрати напору від водойми до приймальної камери:

довжина самопливних ліній, $l = 37$ м;

$$h_{гид} = l * 1000i; \quad 1000i = 0,1$$

$$h_{гид} = 12 * 0,1 = 0,37 \text{ м}$$

$h_{констр}$ - мінімальна глибина води в приймальній камері;

$$h_{констр} = MP - 0,5; \quad h_{констр} = 3,6 - 0,5 = 3,1 \text{ м}$$

$$h_2 = 0,37 + 3,1 = 3,47 \text{ м}$$

$$H = 3,2 + 1,5 + 3,47 = 8,17 \text{ м, приймаємо } H = 8,2 \text{ м}$$

Визначення діаметрів всмоктуючих трубопроводів.

Приймаємо 3 всмоктуючих трубопровода з чавунних труб перерізом:

$$W_1 = 0,441 / 1,25 * 3 = 0,12 \text{ м}^2;$$

Діаметр трубопровода: $d = 2\sqrt{(W_1/\pi)} = 2\sqrt{(0,12/3,14)} = 0,27 \text{ м}$.

Приймаємо найближчий діаметр трубопроводу $d_y = 500 \text{ мм}$

Діаметр вхідного перерізу воронки:

$$D_{вх} = (1,25 \div 1,5) d_{тр}, \text{ м}$$

$$D_{вх} = 1,5 * 0,5 = 0,75 \text{ м}$$

Довжина конічної частини воронки визначається за формулою:

$$L_{вор} = (3,5 \div 7) (D_{вх} - d_{тр}), \text{ м}$$

$$L_{вор} = 4(0,75 - 0,5) = 1 \text{ м}$$

Нижня частина воронки розташована на висоті $0,8D_{вх} = 0,6 \text{ м}$ над рівнем дна всмоктуючої камери. Мінімальна відстань від нижньої частини воронки до верхнього рівня води у всмоктуючій камері становить

$(0,6 \div 1,2) \cdot D_{\text{вх}} = 0,6 \cdot 0,75 = 0,45 \text{ м}$. Відстань між двома трубопроводами в камері має бути не меншою $(1,5 \div 2,0) \cdot D_{\text{вх}} = 1,5 \cdot 0,75 = 1,12 \text{ м}$

Діаметр колодязя обирається з урахуванням необхідності розміщення в ньому труб, засувок, сходів, обладнання для видалення осаду, а також забезпечення доступу для їх обслуговування й ремонту. Виходячи з розрахункових витрат та обраних діаметрів самопливних і всмоктуючих трубопроводів, приймається діаметр колодязя 6 м.

Розрахунок промивного трубопроводу.

Для видалення відкладень у самопливних трубах рекомендується використовувати промивку шляхом пропускання прямого потоку води через один самопливний трубопровід.

Припускається, що діаметр промивного трубопроводу складає 250 мм. Ефективність промивки оцінюється на основі рухливості наносів зі середнім діаметром завислих частинок $d_n = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}$. Обсяг води, необхідний для проведення промивки, розраховується за формулою:

$$Q_{\text{пр}} = wV_{\text{пр}},$$

де: w - переріз водоводу, $w = 0,196 \text{ м}^2$.

Швидкість руху зворотнього току води приймаємо у 1,2 раза більше за розрахункову швидкість $V_1 = 1,1 \text{ м/с}$, таким чином $V_{\text{пр}} = 1,32 \text{ м/с}$

Тоді потрібна витрата води :

$$Q_{\text{пр}} = 0,196 \cdot 1,32 = 0,259 \text{ м}^3/\text{с}$$

Вода для промивки подається на кінець самопливних водоводів, при цьому засувки на водоводах залишаються закритими. Промивка проводиться послідовно: спочатку через один водовід та два приймальні отвори, а потім через інший водовід і наступну пару водоприймальних отворів.

Статичні розрахунки.

Водоприймальний колодезь перевіряють на можливість спливання. Для розрахункового випадку створюється відповідна схема, на якій відображаються рівні землі, води та параметри конструкцій.

Будівельний період

На етапі будівництва водоприймальний колодезь перевіряється на ймовірність спливання. Це обумовлено тим, що після занурення оболонки колодезя до проектної позначки, облаштування бетонної подушки та припинення пониження рівня води, під дією підйомних сил водяного тиску колодезь може спливати.

Стійкість колодезя буде забезпечена за наступних умов:

$$K_6 < \frac{K_1 g (M_{cm} + M_n) + 0.5 K_2 T_{cm}}{K_3 \zeta_b H_{зв10\%} F_{kg}}$$

де: K_1 , K_2 , K_3 – коефіцієнт перевантаження; g – прискорення вільного падіння, m/s^2 ; $M_{ст}$ – маса стакана опускного колодезя, т:

$$M_{cm} = \frac{\pi}{4} (D_H^2 - D_{вн}^2) H_{cm} \zeta_b,$$

D_H , $D_{вн}$, – зовнішній і внутрішній діаметр колодезя, м; $H_{ст}$ – висота опускного колодезя, м; ρ_b – щільність бетону, t/m^3 ; $\rho_b = 2,4$; M_n – маса плити днища, т:

$$M_n = \frac{\pi D_H^2}{4} \delta \zeta_b$$

δ – товщина плити днища ($\delta = 1$ м); $T_{ст}$ – сила тертя, кН:

$$T_{ст} = f_0 * U_n (H_k - 1,5)$$

f_0 – питома сила тертя ґрунту в залежності від $H_{ст}$ занурення колодезя, $кН/м^2$; U_n – зовнішній периметр колодезя; H_k – глибина занурення колодезя від рівня землі до основи ножа, м; ρ_v – щільність води; $H_{гв10\%}$ – висота ґрунтових

вод в період будівництва від підшови колодязя до РГВ; F_k – площа колодязя по зовнішній кромці ножа, m^2 ;

$$H_{10\%}=13,32 \text{ м};$$

$$K_1=1,05; K_3=1;$$

$$H_{1,3\%}=14,8 \text{ м};$$

$$K_2=1,2;$$

$$D_{\text{вн.}}=6 \text{ м};$$

$$g=9,8 \text{ м/с}^2;$$

$$D_{\text{зовн.}}=8 \text{ м};$$

$$U_H=2 \cdot \pi \cdot R=21,98 \text{ м}$$

$$f_0=33 \text{ кН/м}^2$$

$$H_k=8+1=9 \text{ м}$$

Грунт – піски гравелісті;

$$F_k= \pi \cdot d^2/4=50,24 \text{ м}^2$$

$$M_{\text{ст.}}=3,14/4 \cdot (8^2+6^2) \cdot 7,8 \cdot 2,4=411,46 \text{ т};$$

$$M_{\text{п.}}=3,14 \cdot 8^2/4 \cdot 1 \cdot 2,4=120,6 \text{ т};$$

$$T_{\text{ст.}}=33 \cdot 21,98 \cdot (9-1,5)=5440,1 \text{ кН.}$$

$$K_b=(1,05 \cdot 9,8(411,46+120,6)+0,5 \cdot 1,2 \cdot 5440,1)/1 \cdot 1 \cdot 13,32 \cdot 50,24 \cdot 9,8=1,316$$

$K_b=1,316 > 1,25$ - стійкість колодязя забезпечується.

Експлуатаційний період.

У період експлуатації, при оцінюванні стійкості водоприймального колодязя щодо виникнення підйомних сил, окрім ваги стін, днища та залежної дії, також враховується вага перекриття та інших будівельних елементів, включно з підземною частиною.

Стійкість колодязя буде гарантована за дотримання наступних умов.:

$$K_e < \frac{K_1 g (M_{\text{ст.}} + M_{\text{пер.}} + M_n + M_k) + 0,5 K_2 T_{\text{ст.}}}{K_3 \zeta_b H_{\text{зв}3\%} F_k g};$$

де: $M_{\text{пер.}}$ – маса перекриття, т, приймається рівній 0,2 маси підземній частини;

$$M_{\text{пер}} = 0,2 \cdot (411,46 + 120,6) = 106,41 \text{ т};$$

M_k – маса інших будівельних конструкцій, т, може бути прийнята рівною 0,5 маси підземній частини.

$$M_k = 0,5 \cdot (411,46 + 120,6) = 266,03 \text{ т}$$

$$K_v = (1,05 \cdot 9,8(411,46 + 120,6 + 106,41 + 266,03) + 0,5 \cdot 1,2 \cdot 5440,1) / \\ / 1 \cdot 1 \cdot 14,8 \cdot 50,24 \cdot 9,8 = 1,7$$

$K_v = 1,7 > 1,2$ - стійкість колодязя забезпечується.

Зони санітарної охорони

Зона санітарної охорони поверхневого джерела водопостачання — це спеціально визначена територія, яка включає водойму, що використовується для водозабору, а також частково територію її водозбірного басейну. У межах цієї зони вводять особливий режим, що забезпечує надійний захист водного джерела від забруднень та збереження необхідних санітарних властивостей води.

Межі першого поясу охоронної зони для річки визначаються на певній відстані від місця водозабору: Вгору за течією – щонайменше 200 м; Вниз – не менше 100 м; Уздовж берега, що прилягає до водозабору, мінімальна відстань складає 100 м від зрізу води в період літньо-осінньої межені; В напрямку протилежного берегу – вся акваторія і протилежний берег шириною 50 м від зрізу води при літньо-весняній межені.

Межі другого поясу: вгору за течією, включаючи притоки – включаючи швидкість руху води і час протікання води від межі поясу до водозабору щонайменше 3 доби; Вниз за течією – не менше 250 м; Бічні межі – на відстані від зрізу води при літньо-осінній межені – 500 м.

Межі третього поясу: вгору вниз за течією – як для другого поясу, бічні – по водорозділу, але не більше 3-5 км від водотоку.

Рибозахистні пристрої.

У цьому проєкті використовуються рибозахисні пристрої двох основних видів: механічні та гідравлічні. До механічних рибозахисних засобів належать різноманітні перешкоди, що затримують рибу на її шляху, зокрема сітчасті полотна, жалюзі для фільтрів, а також більш прості механічні загородження, такі як решітки чи фільтри. Окрім цього, застосовуються фільтрувальні водозабори та сітчасті бар'єри у вигляді плоских сіток з рибовідводами.

Гідравлічні рибозагороджувачі являють собою струмонаправляючі пристрої, які створюють у водотоках умови для спрямування руху риб до гідротехнічних споруд. До таких пристроїв також належать жалюзі та відбійні козирки.

Окрім цього, існують фізіологічні рибозагороджувачі, які використовують електричні, світлові чи звукові поля, а також завіси з повітряних бульбашок. Їх дія базується на принципі відлякування риб від водозабірних споруд за допомогою подразників, які викликають у них неприємні відчуття.

Використовуємо механічні рибозахисні пристрої. Швидкість течії води навколо оголовка більш ніж утричі перевищує швидкість входу води у приймальні отвори. Додатково, на період скочування рибного молодняка решітки замінюємо на сітки з дрібними отворами, які регулярно очищуються зворотним потоком води. Це унеможлиблює потрапляння риби у водоприймальні отвори.

Підбір насосів

Необхідна розрахункова подача одного насоса:

$$Q_{\text{н}} = 0,441/3 = 0,147 \text{ м}^3/\text{с} = 147 \text{ л/с.}$$

Необхідний напір насоса: $H_{\text{н}} = H_{\text{п}} - H_{\text{min}} + \sum h, \text{ м}$

де: H_{Π} - п'єзометрична відмітка подачі води; $H_{\Pi}=28$ м; H_{\min} - мінімальний рівень води у всмоктуючій камері; $H_{\min}=3,6-0,5=3,1$ м; $\sum h$ -сума втрат напору , приймаємо $\sum h \approx 5$ м

$$H_{\Pi}=28 - 3,1+5=29,9\text{м}$$

Згідно з наданими даними, обирається відцентровий насос із двостороннім підведенням води до робочого колеса типу Д500-36. Це горизонтальний, одноступеневий насос із чавунним корпусом, який має горизонтальне рознімання у площині осі вала. Така конструкція дозволяє проводити ремонт без необхідності демонтажу насоса. Основні характеристики насоса Д500-36 наступні:

Марка насоса	Діаметр Робочого колеса, мм	Подача Q		Повний напір Н, мм вод. ст	Допустима вакууметрична висота усмоктування, м
		м ³ /год	л/с		
Д500-36	470	600	165	35	3,8

Розділ №5

Монтаж трубопроводів

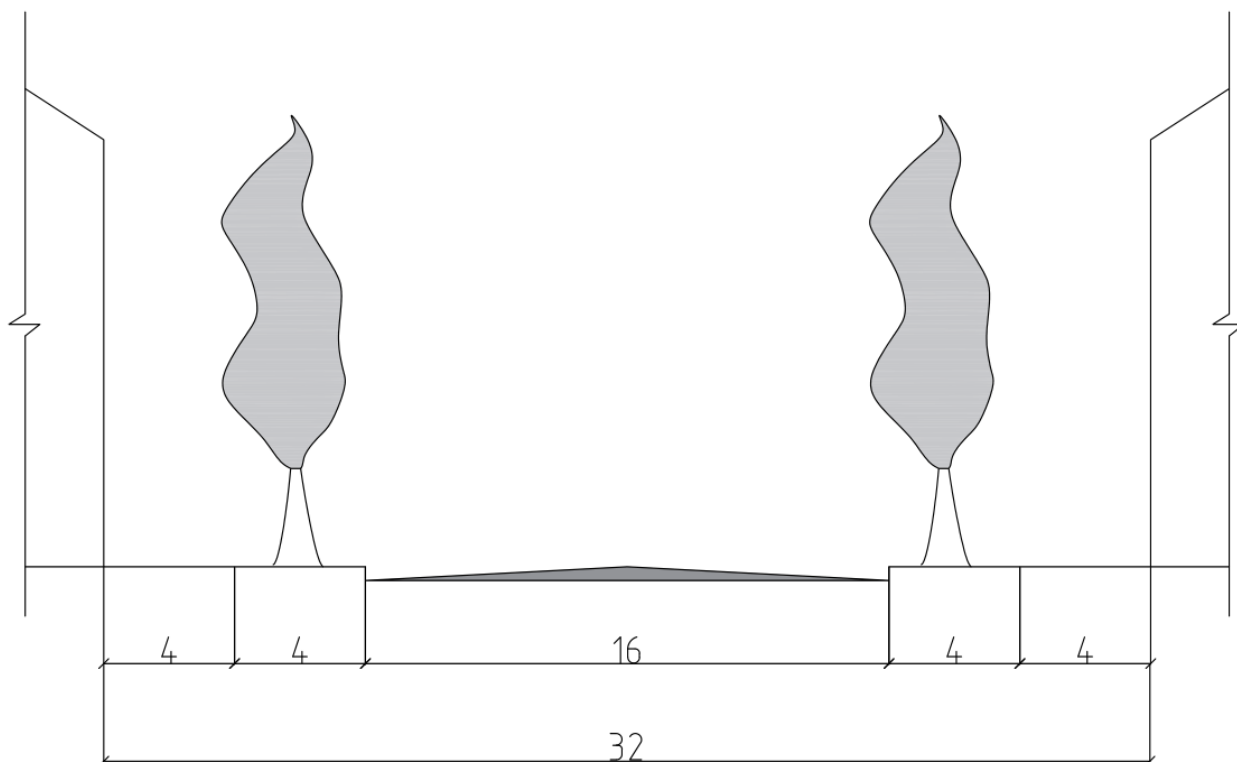
Консультант / _____ /

Здобувач(ка) / _____ /

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

Конструктивні характеристики

Поперечний переріз вулиці



- ❖ Місце прокладання трубопроводу: дорога.
- ❖ Глибина прокладання труб :1,8м
- ❖ Тип ґрунту: супіщаний
- ❖ Умовний діаметр труб: $D_y = 400$ мм
- ❖ Матеріал труб: залізобетонні .
- ❖ Тип труб: напірні.
- ❖ Тип стикового з'єднання: Муфтові з гумовими кільцями.
- ❖ Ухил трубопроводу: 0,0025.

Підготовчі роботи

Під час облаштування будівельного майданчика необхідно чітко визначити та розмістити зони проведення робіт, робочі місця, проїзди для будівельних машин і транспорту, а також проходи для працівників. Особливу увагу слід приділити виявленню небезпечних зон, де можуть виникати загрози

для здоров'я чи життя людей через вплив шкідливих виробничих факторів. Такі зони повинні бути позначені відповідними знаками безпеки.

До зон постійної дії небезпечних виробничих факторів належать:

- райони поблизу неізольованих струмоведучих частин електрообладнання;
- місця біля незагороджених перепадів висотою від 1,3 метра і більше;
- ділянки, де відбувається рух будівельних машин;
- зони, де концентрація шкідливих речовин перевищує допустимі норми;
- області, над якими проводиться транспортування вантажів за допомогою вантажопідійомних кранів.

Небезпечні виробничі зони слід огороджувати металевими конструкціями. Дистанція між межами таких зон і робочими частинами або механізмами становить щонайменше 5 метрів. На території проведення робіт також має бути розроблена та встановлена схема пересування монтажного обладнання та рухомих частин, якщо такі є. Відповідно необхідно розмістити дорожні знаки для забезпечення безпеки та регулювання руху.

Визначення розмірів траншеї.

Розраховуємо максимальну глибину траншеї на основі профілю водопровідної мережі, $H=3,825$ м.

Ширина дна траншеї розраховується в залежності від матеріалу, діаметру та типу з'єднання труб:

$$B = D + 0,5 = 0,47 + 0,5 = 0,97 \text{ м. Приймаємо } B = 1 \text{ м}$$

Коефіцієнт закладання укосів обчислюємо в залежності від типу ґрунту (супіщані) та глибини траншеї $1:m = 1:0,85$.

$$\text{Ширина по верху траншеї: } b_{\text{тр}} = B + 2mh = 1 + 2 \cdot 3,825 \cdot 0,85 = 7,5 \text{ м.}$$

Труби	Стикове з'єднання	Зовнішній діаметр трубопроводу, $D_{\text{зовн}}$, мм	Розміри прямка, м		
			Довжина	Ширина	Глибина
Залізобетонні	Муфтове з гумовими кільцями	200	1	$D_{\text{зовн}}+0,5=0,2+0,5=0,7$	0,3

Вибір транспортного засобу для перевезення труб і визначення кількості одночасно перевезених труб.

Для перевезення труб від виробника до монтажного майданчику встановлюємо автомобіль залежно від типу, діаметра та ваги труб.

У випадку, коли маса однієї труби, довжиною 2,5 м, становить 540 кг, обираємо автомобіль КРАЗ-257:

Вантажопідйомність, т	12
Маса причепа, т	16,6
Число осей всього - ведучих	3 3
База, мм	5050
Ширина колії коліс: передніх, мм Задніх, мм	1950 1920
Двигун: тип Марка Потужність, к.с.	Дизель ЯМЗ-238 240
Розміри шин, дюйм	12-20
Розміри платформи (внутрішні): довжина Ширина, мм Висота, мм	5770 2480 825
Погрузочна висота, мм	1495
Найбільша швидкість руху, км/год	55
Витрата пального на 100 км, л	36
Основні розміри автомобіля: Довжина, Ширина, мм Висота, мм	9660 2650 2620
Маса (в заправленому стані), т	11,3

Виходячи з типу, діаметра та ваги труб, обираємо модель транспортного засобу і визначаємо кількість труб, які можуть бути перевезені за один рейс. Обчислення кількості одночасно завантажених труб у транспортний засіб проводиться за допомогою формули:

$$N_{\text{тр}} = n_{\text{тр}} * n_{\text{р}}$$

Де $n_{\text{тр}} = \frac{B_k}{d_n + \sum \delta_{\text{пр}}} = \frac{2480}{470+60} = 4,68 - 4$ шт., кількість труб, в один ряд, на транспортному засобі

$n_{\text{р}} = \frac{H_k}{d_n + \sum \delta_{\text{пр}}} = \frac{1495}{200+60} = 2,82 - 2$ шт., припустима кількість рядів труб.

B_k – корисна ширина платформи;

d_n – зовнішній діаметр труби;

H_k – припустима висота завантаження кузова;

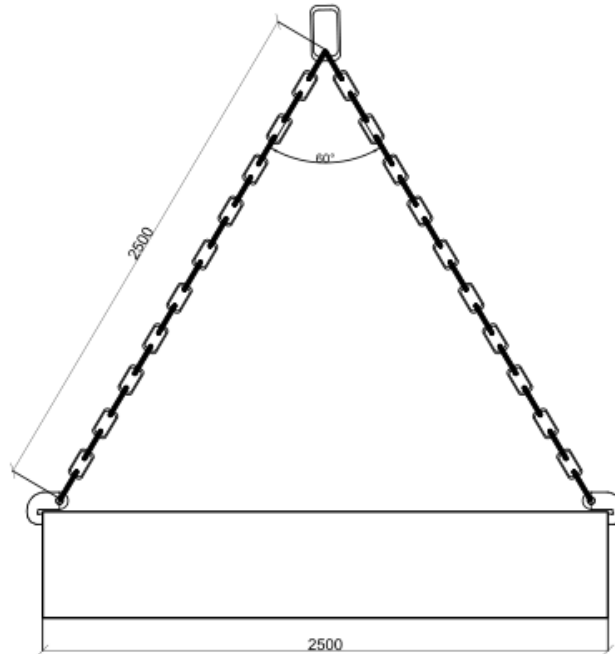
Отже: $N_{\text{тр}} = 4 * 2 = 8$ шт.

Зовнішній діаметр труби, який становить $D_{\text{зовн}} = 200$ мм, разом із товщиною дерев'яного коробу перевищує висоту кузова, яка дорівнює 825 мм. У зв'язку з цим необхідно підняти борт кузова, додавши дерев'яні дошки на третину висоти борта. Після такого нарощення загальна висота становитиме 1100 мм.

Дана схема відображає порядок розміщення та способи закріплення металевих труб під час їхнього транспортування автомобілем марки КрАЗ 257.

Вибір строповочного обладнання

Для залізобетонних трубопроводів обрана строповка з використанням захвату для труб LC12 (Тип 1), а також обраний строп ланцюговий 2СЛ 1,6т.



Вибір крана та визначення схеми розвантаження, складування і монтажу.

Підбір крана для встановлення збірних елементів трубопроводу здійснюється на основі будівельно-монтажних характеристик. Серед них враховуються необхідна монтажна маса, висота підйому гака при захопленні елементів із транспортних засобів, а також потрібний монтажний виліт стріли крана.

Необхідна монтажна маса:

$$Q_m = Q_z + \sum q_{пр} = 0,54 + 0,02 = 0,56 \text{ т.}$$

Де Q_z – маса збірного елемента;

$\sum q_{пр}$ – сумарна маса монтажних засобів, які підіймаються разом із збірним елементом.

Необхідна висота крюка при захваті збірних елементів з автомобіля обчислюється за формулою:

$$H_k = H_{ст} + 0,5 + d_T + h_{зп} + h_{п} = 2,6 + 0,5 + 0,47 + 2,045 + 1,5 = 7,12 \text{ м.}$$

Де $H_{ст}$ – висота від рівня стоянна крана до відмітки горизонту складування на автомобілі;

0,5 м – мінімально необхідна відстань від горизонту складування до низу піднятого елемента;

d_T – діаметр зовнішній;

$h_{зп}$ – висота захватних приладів;

$h_{п}$ – висота монтажного поліспада крана при максимально піднятому крюку.

При прокладанні трубопроводів з використанням коротких трубних заготовок необхідно враховувати монтажний виліт стріли крана, який дорівнює відповідній дистанції, необхідній для забезпечення безпечного і точного монтажу деталей:

$$l_c = 0,5b + 1,2mh + 0,5B_{кр} = 0,5 * 1 + 1,2 * 0,85 * 3,825 + 0,5 * 3,6 + 0,35 = 6,55 \text{ м.}$$

Де b – ширина траншеї по дну; h – глибина траншеї; m – коефіцієнт закладання відкосів; $B_{кр}$ – ширина ходового пристрою крана – база крана.

При визначені значення $1,2mh$ повинна виконуватись умова: $1,2mh = 3,9 > 1 \text{ м.}$

Відстань між віссю руху крана та віссю, по якій переміщується транспортний засіб для підвозу труб, а також місцем його зупинки для розвантаження:

$$l_{тр} = D + 0,5 + 0,5B_A = 1,9 + 0,5 + 0,5 * 2,65 = 3,73 \text{ м}$$

Де D – відстань від осі повороту крана до зовнішньої площини її хвостової частини; B_a – ширина автомобіля.

Для відвантаження труб з автомобіля, їх складання та вкладання в траншею (монтажу) передбачаємо автомобільний стріловий кран моделі КС-1562А з такими технічними показниками:

Марка автокрана	КС -1562А
Максимальна вантажопідйомність , т	5
Довжина стріли, м	
Основної	6
Подовженої	10
Висота підйому крюка при вильоті стріли, м	
Найменшому	6,2
Найбільшому	3,8
Марка базового автомобіля	ГАЗ-5317
Основні розміри, мм	
Висота	3330
Ширина	2450
Довжина	8350

Схема визначення вильоту стріли при вкладанні труб

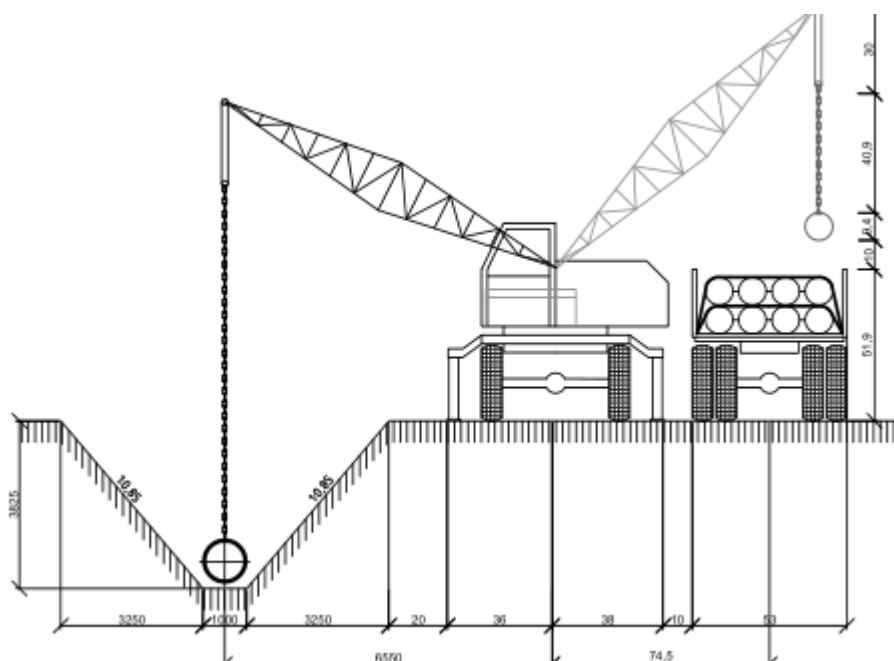


Схема розвантаження і складування труб на бровці траншеї

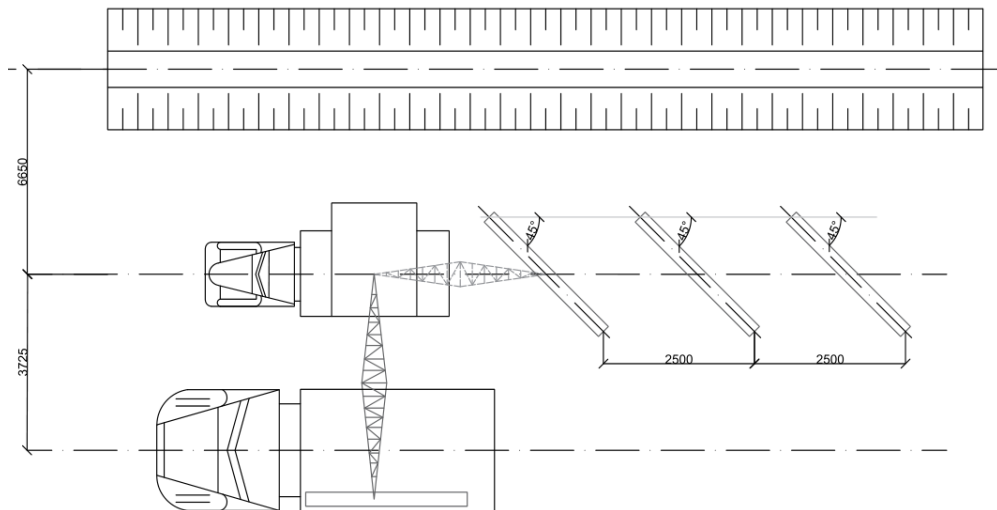
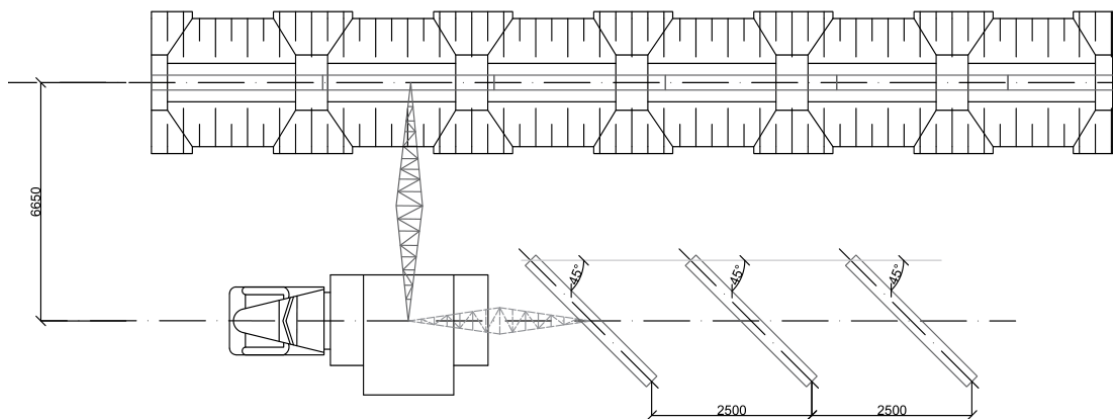


Схема монтажу труб



Монтаж трубопроводу

Монтаж сталевого трубопроводу проводиться через укладання окремих труб з їх подальшим приварюванням у траншею або шляхом укладання трубних ланок, попередньо зібраних біля краю траншеї. Спосіб монтажу обирається в ППР залежно від умов будівництва, доступності вантажопідйомного обладнання та інших факторів. Приймаємо спосіб монтажу окремими трубами з зварюванням безпосередньо в траншеї.

Розташування трубопровідних трас в плані та по профілю

Перед початком земляних робіт проводять розмітку траси трубопроводу на місцевості. Для забезпечення точного виконання робіт положення осі траси

закріплюють спеціальними знаками. Розмітку виконують з дотриманням таких вимог:

- уздовж траси встановлюються репери;
- осі розмітки та вершини поворотних кутів траси фіксуються і прив'язуються до постійних об'єктів на місцевості;
- місця перетину траси водопроводу з наявними підземними спорудами позначаються на поверхні землі окремими знаками.
- місця розташування колодязів повинні бути позначені стовпчиками, розміщеними осторонь від траси. На кожному стовпчику необхідно вказати його номер та відстань до осі.
- Розбивка траси повинна бути зафіксована актом із доданим переліком кутів повороту та прив'язок.

Під час виконання робіт будівельна організація зобов'язана забезпечувати збереження всіх розбивочних і будівельних знаків. .

Для розмітки трубопровідної траси по профілю застосовують обноски з нерухомими візирками, які розміщуються у місцях колодязів, і на вершинах поворотних кутів. Довжина ходової візирки обирається кратною 0,5м для зручності візирування. На верхньому ребрі обноски по осі забивають цвях, що застосовують для провішування осьової лінії трубопроводу і для визначення центру колодязя. Монтаж труб слід починати з ділянок низького профілю. Вкладання труб по заданому ухилу виконується з використанням обрешітки з нерухомими і ходовими прицілами.

Вісь траси має бути розташована у межах смуги й проєктована на дно траншеї. Для запобігання нерівномірному осіданню кожна труба повинна лежати на непорушеному ґрунті по всій своїй довжині. Застосування додаткових прокладок для вирівнювання не дозволяється.

Під час прокладання трубопроводів на прямій ділянці траси з'єднання кінців сусідніх труб має бути відцентроване так, щоб ширина розтрубної щілини залишалася однаковою по всьому колу.

Укладання напірних трубопроводів по плавній кривій без використання фітингів допускається для розтрубних труб зі стиковими з'єднаннями на гумових ущільнювачах. При цьому кут повороту в кожному стику не повинен перевищувати 2° для труб із номінальним діаметром до 600 мм і 1° для труб із діаметром понад 600 мм, щоб запобігти виходу гумового кільця з гнізда на зовнішньому боці вигину.

У місцях, де змінюється напрямок осі трубопроводу у горизонтальній або вертикальній площині, необхідно встановлювати упори. Якщо упор створюється із використанням ґрунту, стінки траншеї повинні залишатися з непорушеною структурою ґрунту.

Простір між трубопроводом і збірними елементами бетонних чи цегляних упорів необхідно ретельно заповнити бетонною сумішшю або цементним розчином для забезпечення щільності з'єднання.

На час перерв у процесі укладання труби слід закривати торці заглушками або дерев'яними кришками, щоб запобігти потраплянню забруднень.

Перетин трубопроводів з підземними комунікаціями

Підземні комунікації та споруди необхідно наносити на робочі креслення із визначенням висотних відміток і позначенням відстаней у плані до осі трубопроводу. Перед початком робіт будівельники уточнюють розташування цих перешкод і фіксують їх спеціальними знаками.

Розробка траншей і котлованів, розташованих в безпосередній близькості чи нижче рівня закладення фундаментів існуючих споруд і діючих підземних комунікацій, здійснюється лише за умови впровадження заходів,

що запобігають осіданню цих споруд. Механізовану розробку ґрунту в місцях перетину траншей із діючими підземними комунікаціями дозволяється проводити на відстані не меншій, ніж 2 метри від бокової стінки та 1 метр над верхом труби.

Ґрунт, що залишився після механізованої розробки, розробляється вручну. Під час перетину водопровідних трубопроводів з каналізаційними труби водопроводу слід укладати на 0,4 метри вище рівня каналізації. Водопровід повинен бути виконаний зі сталевих труб або, якщо він чавунний, прокладений у сталевому кожусі.

Перетин таких трубопроводів повинен виконуватися під прямим кутом. У випадку паралельного прокладання водопровідних і каналізаційних трубопроводів на одному рівні, мінімальна відстань між їх стінками має становити щонайменше 3 метри, якщо діаметр перевищує 200 мм.

Дворові каналізаційні мережі укладаються вище водопровідних без застосування кожухів за умови забезпечення вертикальної відстані між стінками труб не менш ніж 0,5 метра. Відстань між стінками кількох каналізаційних трубопроводів в одній траншеї повинна бути не меншою за 0,4 метра. Для паралельно укладених водопровідних ліній при діаметрі до 300 мм відстань між ними визначається технічними нормами.

Монтаж трубопроводів

Перед початком укладання труб необхідно перевірити відповідність проєкту таких параметрів: відмітки дна, ширина траншеї, закладка відкосів, а також якість підготовки основи.

Процес прокладання трубопроводів організовується у наступному порядку:

- днища колодязів і камер облаштовують перед опусканням труб;

- стінки колодязів зводять після укладання труб;
- лотки в каналізаційних колодязях формують вже після укладання труб та будівництва стінок колодязів;
- фасонні частини і арматуру монтують одночасно з укладанням труб;
- гідранти, вантузи та запобіжні клапани встановлюють лише після проведення випробувань трубопроводів.

Тупикові відгалуження напірних трубопроводів необхідно закріплювати за допомогою упорів. У місцях зміни напрямку трубопроводу в горизонтальній площині упори ставлять із зовнішньої сторони кута повороту.

Технологія монтажу тру

1. В канавки муфти закладаються резинові кільця таким чином, щоб циліндричні гнізда були спрямовані всередину.
2. На трубах (укладеній та укладаємій) роблять позначки на відстані від торців, рівному половині довжини муфти мінус половина величини зазору між трубами.
3. Кінці труб на відстані 50-70 см від торців змащуються графітогліцериновою пастою. На укладаєму трубу надягається муфта з резиновими кільцями.
4. Укладаєма труба подається в траншею, centruється і закріплюється.
5. На укладаєму трубу надягається муфта до позначки, а потім за допомогою монтажного пристосування труба піднімається і з муфтою просувається в бік укладеного трубопроводу, поки кінець укладеної труби не дійде до позначки.
6. Виконується закріплення труби ґрунтом.

Влаштування водовідштовхувального ущільнення

Перед нанесенням ґрунтовки, поверхня ізолюваного трубопроводу має бути ретельно очищена від забруднень, іржі та пилу. Ґрунтовку наносять

рівним тонким шаром на суху поверхню відразу після завершення очистки. Покриття повинно бути однорідним, без пропусків, патьоків, згустків або бульбашок.

Бітумні ґрунтовки виготовляють шляхом розчинення бітуму в бензині у співвідношенні 1/3 за об'ємом або 1/2 за масою. Бітумну мастику застосовують у гарячому стані, наносячи її на вже висохлу ґрунтовку.

Фінішний шар із матеріалів на кшталт паперу, брізолу, гідроізолу або інших слід укладати поверх гарячої мастики з нахлестом витків у 2-3 см. Обгортка має щільно прилягати до покриття, уникати утворення пустот, зморшок чи складок. Початок нового шару стрічки повинен перекривати кінець попереднього на мінімальну довжину 10 см та бути зафіксованим мастикою. Внутрішні шари допускається укладати без нахлесту, але з максимальним зазором між витками не більше 5 мм.

Гідроізоляція стиків зазвичай виконується з тих самих матеріалів, що й основна ізоляція трубопроводу. Застосування полімерних клейких стрічок на стиках дозволяється для трубопроводів, ізольованих іншими типами матеріалів.

Монтажна технологія колодязів із збірних залізобетонних елементів

Монтаж арматури та збірних елементів колодязів виконується за допомогою автомобільних або гусеничних кранів. Стропування та підйом елементів здійснюють за допомогою чотиригілкових стропів.

Днище колодязя необхідно облаштувати до укладання труб, а монтаж стін і перекриття проводити після завершення встановлення фасонних частин і запірної арматури. Залізобетонна плита днища колодязя укладається на підготовлену основу за допомогою крана, при цьому проводиться її вивірка по відмітці та осі за візиром і нівеліром із використанням рейки.

Після цього встановлюється перше кільце з отворами для трубопроводів. Після перевірки правильності монтажу кільця укладаються розташовані відповідно до його отвори труби. Лише після цього виконується монтаж наступних кілець, герметизація місць проходу труб через стіни колодязя, а також облаштування упорів.

З'єднання збірних елементів здійснюється із застосуванням цементно-піщаного розчину марки М100. Шви закладають як з зовнішнього, так і з внутрішнього боку такими ж розчином.

Верх люка колодязя має розташовуватися не більше ніж на 2 см над поверхнею мостової дороги або на 5 см вище в разі її відсутності. Досягти необхідної проектної висоти люка можна шляхом укладання регулюючих каменів.

Пазухи колодязів повинні бути засипані місцевим ґрунтом із нормативними характеристиками, що відповідають проекту. Засипання слід виконувати рівномірно навколо колодязя шарами товщиною 0,2–0,3 м із оптимальною вологістю, використовуючи ручні пневмотрамбовки. Ущільнення ґрунту має бути достатнім для досягнення об'ємної ваги скелета ґрунту не менше ніж 1,6–1,7 т/м³.

8. Обчислення будівельно монтажних елементів колодязя.

Відповідно глибині закладання трубопроводу в місцях вкладання колодязя розраховують робочу висоту колодязя. Для водопровідних труб загальна висота колодязя обчислюється за формулою:

$$H_k = h + h_z + h_{\text{тп}} = 3,825 + 0,35 + 0,1 = 4,28 \text{ м.}$$

де h – 3,825 м - глибина закладання труби в місті влаштування колодязя (відстань від лотка до поверхні землі); h_z - величина зазору між нижньою площиною труби та плитою днища (приймається не менш 350 мм); $h_{\text{тп}}$ - товщина плити днища (приймається 100 мм при діаметрі менше 2000 мм).

На основі загальної висоти колодязя, діаметра трубопроводу та арматури, що встановлюється в ньому, визначають діаметр самого колодязя і висоту його робочої частини.

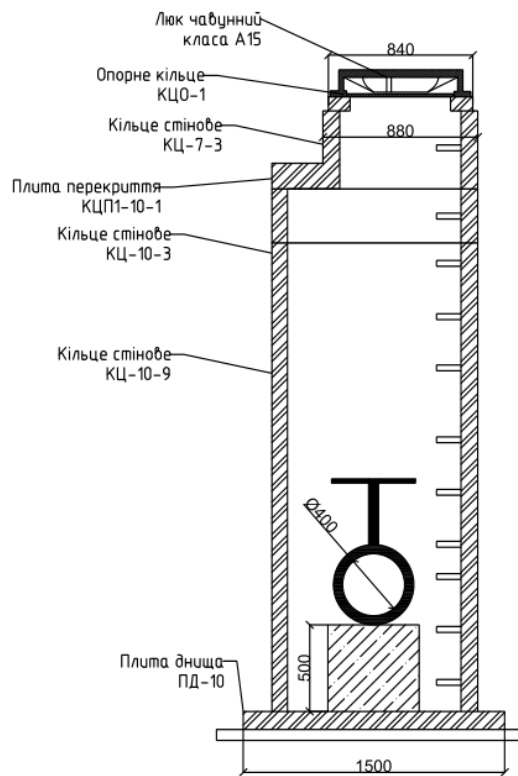
Для водопровідних труб ці параметри розраховуються з урахуванням допустимих зазорів між трубами, стиками, арматурою та внутрішньою стінкою колодязя.

Діаметр колодязів для водопровідних труб залежить від їх діаметра: якщо діаметр труб становить до 600 мм, діаметр колодязя має бути 1000 мм. У випадку, коли діаметр колодязя дорівнює 1 метру, його робоча частина визначається окремо, а на верхній частині встановлюється перехідний конус, який слугує місцем кріплення люка. Після визначення висоти колодязя та його діаметра за довідниками уточнюють кількість і розміри необхідних елементів для його спорудження.

Розміри елементів колодязя

Назва виробу	Марка виробу	Внутрішній діаметр виробу, мм	Зовнішній діаметр виробу, мм	Висота стінок кілець, мм	Товщина виробів, мм	Маса, кг
1	2	3	4	5	6	8
Плита днища	ПД-10	-	1500	100	-	450
Дорожня плита	КЦО-1	580	840	70	-	50
Кільце стінове	КЦ10-9	1000	1160	890	80	600
	КЦ10-9	1000	1160	890	80	600
	КЦ-10-9	1000	1160	890	80	600
	КЦ-10-3	1000	1160	890	80	
	КЦ-7-3	700	860	300	80	130
Плита перекриття	КЦП1-15	700	1680	150	80	680

Схема монтажу елементів колодязя і трубопроводів



Вибір крану для монтажу колодязів.

План організації робіт для встановлення колодязів складають, враховуючи попереднє розміщення елементів колодязів на краю траншеї або безпосередньо з транспортного засобу. При цьому дотримуються таких вимог: мінімальна відстань між краном і найближчим елементом повинна становити 1 м, а відстань між самими елементами — не менше 0,5 м. Положення крана слід визначати по осі колодязя.

Для найвіддаленішого елемента колодязя від крана графічним методом обчислюють максимальний радіус захоплення елемента R_{\max} . На наступному етапі визначають робочий радіус монтажу $R_{\text{роб}}$. Порівнюють обидва радіуси й на основі найбільшого з них, а також максимальної ваги елементів колодязя, перевіряють відповідність характеристик обраного крана вимогам для виконання монтажних робіт.

$$\text{Монтажна маса елемента: } Q_m = Q_e + \sum q_{\text{пр}} = 0,95 + 0,15 = 1,1\text{т.}$$

Висота підйому крюка: $H_B = H_{rc} + 0,5 + h_e + h_{пр} + h_{п} = 1,5 + 0,5 + 0,89 + 1,2 + 1,5 = 5,59\text{ м.}$

Монтажний виліт стріли крану: $l_c = \frac{B_k}{2} + 1,2mh + \frac{B_{кр}}{2} = \frac{8,5}{2} + 1,2 * 0,85 * 3,825 + \frac{3,6}{0,5} = 9,95\text{ м.}$

$$B_k = 1,5 + 0,5 + 2 * mh = 1,5 + 0,5 + 2 * 0,85 * 3,825 = 8,5\text{ м.}$$

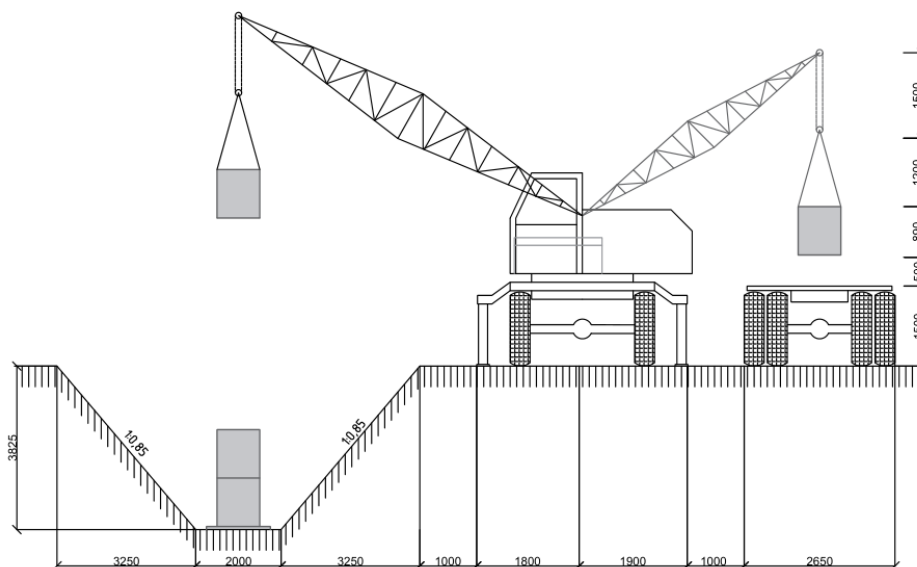
Мінімальна відстань між зупинкою крана і віссю руху транспортних засобів:

$$l_{мп} = D + 1 + \frac{B_A}{2} = 1,9 + 1 + \frac{2,65}{2} = 4,23\text{ м.}$$

Де h_e – висота робочого елемента; B_k – ширина котловану поверху колодязя; D – відстань від осі повороту крану до максимального габариту.

Для встановлення колодязів обираємо автомобільний кран КС-1562А, яким виконується монтаж трубопроводу.

Схема визначення вильоту стріли при монтажу колодязів



Розрахунок норм виконання робіт

Для проведення земляних і монтажних робіт під час встановлення трубопроводу як захватки приймаються його відрізки, розташовані між центрами відповідних колодязів. При виконанні земляних робіт довжина

захватки визначається залежно від необхідних технічних умов і специфіки проекту.:

$$L_{3X} = \frac{L}{N_{3X}} = \frac{2170}{9} = 241,11 \text{ м}$$

Де L – загальна довжина трубопроводу; N_{3X} – кількість захваток.

Норма трудовитрати:

$$Q_{ТВ} = \frac{H_{\text{час}} * V_i}{8,2}, \frac{\text{чол} - \text{днів}}{\text{машино} - \text{змін}}$$

Де $H_{\text{час}}$ – норма часу; i – номер процесу або операції; 8,2 – тривалість робочої зміни; $V = 2170$ – об'єм робіт

Монтаж залізобетонних трубопроводів: $Q_{ТВ} = \frac{0,57 * 2170}{8,2} = 150,84 = 151 \text{ чол} - \text{днів};$

Монтаж колодязів: $Q_{ТВ} = \frac{9,1 * 10}{8,2} = 10,99 = 11 \text{ чол} - \text{днів};$

Гідравлічне випробування: $Q_{ТВ} = \frac{0,17 * 2170}{8,2} = 44,98 = 45 \text{ чол} - \text{днів};$

Нормативна тривалість виконання робіт: $l = \frac{Q}{N_P}$, чол.-змін, де N_P – нормативна кількість робочих.

$$l_1 = \frac{151}{5} = 30,2 \text{ чол.} - \text{змін};$$

$$l_2 = \frac{11}{5} = 2,2 \text{ чол.} - \text{змін};$$

$$l_3 = \frac{45}{4} = 11,25 \text{ чол.} - \text{змін.}$$

Розділ № 6
*Автоматизація систем
водопостачання*

Консультант / _____ /

Здобувач(ка) / _____ /

									Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			115

ВСТУП

Сучасний розвиток технологій та зростаючі вимоги до якості життєвого середовища зумовлюють необхідність удосконалення систем життєзабезпечення, зокрема водопостачання. Надійність, безперебійність та ефективність роботи систем водопостачання безпосередньо впливають на рівень комфорту, санітарно-гігієнічні умови та екологічну безпеку.

У зв'язку з цим автоматизація систем водопостачання набуває особливої актуальності. Традиційні методи керування, що базуються на ручному контролі та періодичних перевірках, не здатні забезпечити оперативне реагування на зміну параметрів, своєчасне виявлення аварійних ситуацій або оптимальне використання ресурсів. Автоматизовані системи дозволяють здійснювати моніторинг у реальному часі, керувати насосним обладнанням, регулювати тиск, витрату та рівень води, а також забезпечувати зворотний зв'язок для прийняття рішень.

Автоматизація водопостачання охоплює широкий спектр завдань: від збору даних за допомогою сенсорів до обробки інформації контролерами та візуалізації процесів на SCADA-системах. Вона включає використання сучасних технічних засобів — датчиків рівня, тиску, витрати, програмованих логічних контролерів (ПЛК), виконавчих механізмів, а також програмного забезпечення для конфігурації та диспетчеризації. Такий підхід дозволяє не лише підвищити ефективність роботи системи, а й зменшити витрати на обслуговування, енергоспоживання та втрати води.

Об'єктом дослідження є насосна станція з резервуарами та розподільчою мережею, що забезпечує водопостачання житлового масиву. Предметом дослідження є технічні засоби автоматизації та алгоритми керування, які забезпечують ефективну роботу системи.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Система водопостачання є складним інженерним комплексом, що забезпечує транспортування, очищення, накопичення та розподіл води до споживачів. Вона охоплює сукупність споруд, обладнання та комунікацій, які функціонують як єдина технологічна структура. Для ефективної автоматизації необхідно детально проаналізувати її складові, режими роботи, критичні параметри та потенційні ризики.

Типова система водопостачання включає такі основні елементи:

- Водозабірні споруди — забезпечують забір води з природного джерела (річка, озеро, підземні води).
- Насосні станції — підвищують тиск для транспортування води до очисних споруд або споживачів.
- Очисні споруди — здійснюють механічне, хімічне та біологічне очищення води.
- Резервуари чистої води — накопичують воду для регулювання добового графіка споживання.
- Магістральні та розподільчі трубопроводи — транспортують воду до кінцевих точок споживання.
- Контрольно-вимірювальні прилади — забезпечують моніторинг параметрів системи.

Ділянка системи, що включає насосну станцію, резервуар чистої води та розподільчу мережу – є найбільш критичними з точки зору автоматизації, оскільки вони визначають стабільність подачі води, енергоефективність та безпеку експлуатації.

Робота насосної станції здійснюється за наступним алгоритмом:

1. Вода надходить до резервуара через трубопровід.
2. Датчики рівня контролюють заповнення резервуара.

3. При досягненні нижнього порогу рівня активується насос.
4. Насос подає воду до розподільчої мережі.
5. Датчики тиску контролюють стабільність подачі.
6. У разі аварійних ситуацій (перевищення тиску, відсутність витрати) система переходить у захищений режим.

Технологічна схема передбачає циклічну роботу насосів, адаптацію до змін навантаження, а також можливість дистанційного керування та діагностики.

Для забезпечення ефективної роботи системи необхідно контролювати та регулювати такі параметри: **рівень води в резервуарі** — критичний для запуску/зупинки насосів; **тиск у трубопроводі** — впливає на якість подачі води та безпеку; **витрата води** — дозволяє виявляти витoki або несанкціоноване споживання; **температура води** — важлива для технологічних процесів (у промисловості); **стан насосного обладнання** — контроль вібрації, струму, температури двигуна.

Автоматизація цих параметрів дозволяє забезпечити стабільну роботу системи, зменшити втрати води, оптимізувати енергоспоживання та підвищити рівень обслуговування.

ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Автоматизація систем водопостачання передбачає впровадження комплексу технічних засобів, які забезпечують збір, обробку та передачу інформації, а також реалізацію керуючих впливів на виконавчі механізми.

Засоби автоматизації умовно поділяються на такі групи:

1. Первинні вимірювальні прилади — датчики рівня, тиску, витрати, температури.
2. Виконавчі механізми — електроприводи, клапани, насоси з частотним регулюванням.

3. Контролери — програмовані логічні контролери (ПЛК), мікроконтролери.
4. Засоби візуалізації та диспетчеризації — SCADA-системи, операторські панелі.
5. Комунікаційне обладнання — модулі зв'язку, протоколи передачі даних (Modbus, Profibus, Ethernet/IP).

Кожна група виконує специфічні функції, що забезпечують інтеграцію в єдину автоматизовану систему.

Для автоматизації системи водопостачання обираємо такі види засобів автоматизації:

Датчики рівня води: Для контролю рівня води в резервуарах обрано ультразвукові датчики Siemens Sitrans LVL100. Вони забезпечують безконтактне вимірювання, мають високу точність (± 2 мм), стійкі до забруднень і не потребують частого обслуговування.

Датчики тиску: Для контролю тиску в трубопроводах використовується електронний датчик WIKA A-10 з аналоговим виходом 4–20 мА. Він має широкий діапазон вимірювання (до 10 бар), захист IP67 та сумісність з більшістю ПЛК.

Витратоміри: Для вимірювання витрати води обрано електромагнітний витратомір Endress+Hauser Proline Promag. Він забезпечує точність до $\pm 0,5\%$, не має рухомих частин, що знижує ризик зносу.

Додаткові сенсори: У разі потреби можуть бути використані датчики температури (Pt100), вібрації (для моніторингу насосів), а також датчики струму для контролю навантаження.

Насоси: Обрано насос Grundfos CR 10-40 з частотним перетворювачем. Частотне регулювання дозволяє змінювати продуктивність залежно від потреб, знижує енергоспоживання та забезпечує плавний пуск.

Клапани: Для регулювання потоку води використовуються електроприводні клапани Velimo з керуванням по аналоговому сигналу. Вони мають швидкий час відкриття/закриття, високий ресурс роботи та можливість ручного дублювання.

Електроприводи: Для керування насосами та клапанами застосовуються приводи Schneider Electric з вбудованим захистом від перевантаження, короткого замикання та перегріву.

Для реалізації логіки керування обрано програмований логічний контролер Siemens S7-1200 CPU 1214C. Основні характеристики:

- 14 дискретних входів, 10 виходів;
- 2 аналогових входи;
- підтримка Ethernet, Modbus TCP;
- сумісність із TIA Portal;
- можливість розширення за допомогою модулів.

Контролер забезпечує стабільну роботу, гнучке програмування, швидку обробку сигналів та інтеграцію з SCADA.

Для візуалізації процесу обрано SCADA-систему WinCC, яка дозволяє:

- створювати графічні інтерфейси;
- відображати тренди, журнали подій;
- реалізовувати аварійну сигналізацію;
- забезпечувати дистанційне керування.

Операторська панель Siemens KTP700 Basic дозволяє локально керувати системою, переглядати параметри та змінювати налаштування.

Для зв'язку між елементами системи використовується:

- Ethernet — для швидкої передачі даних між ПЛК та SCADA.
- Modbus RTU — для підключення сенсорів та виконавчих механізмів.
- Wi-Fi або GSM-модулі — для дистанційного доступу та моніторингу.

Всі компоненти підтримують промислові протоколи, що забезпечує надійність та сумісність.

РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ

Проектування автоматизованої системи водопостачання передбачає створення структурної та функціональної схем, які відображають логіку взаємодії елементів, потоки інформації та керуючих сигналів. Структурна схема автоматизації демонструє взаємозв'язок між основними компонентами системи:

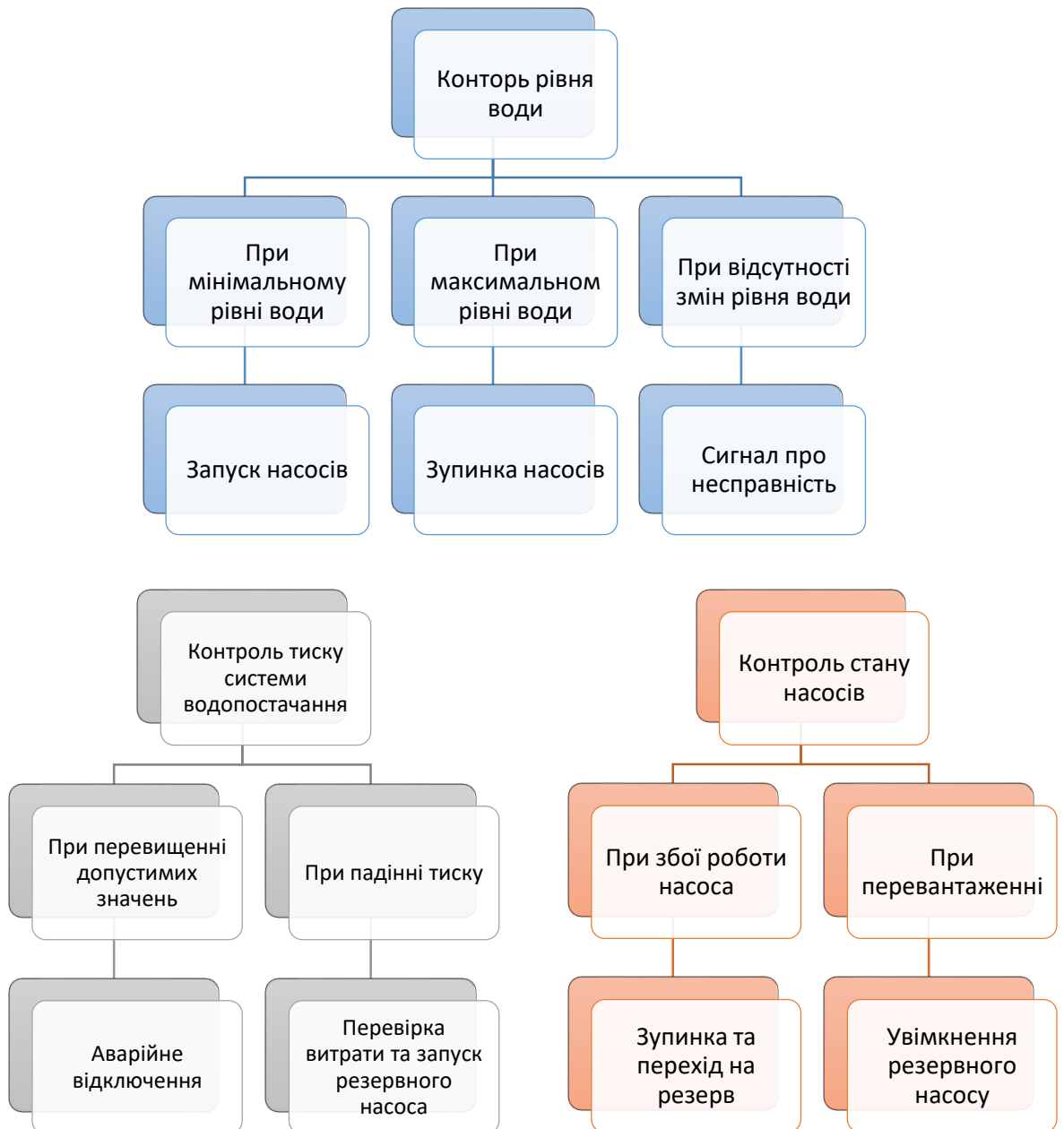
1. Первинні сенсори (датчики рівня, тиску, витрати) — здійснюють збір технологічних параметрів.
2. ПЛК-контролер — обробляє сигнали, приймає рішення, формує керуючі впливи.
3. Виконавчі механізми (насоси, клапани) — реалізують фізичні дії.
4. Операторська панель / SCADA-система — забезпечує візуалізацію, моніторинг та дистанційне керування.
5. Комунікаційне обладнання — забезпечує передачу даних між елементами.

У структурній схемі передбачено підключення сенсорів до аналогових входів ПЛК; підключення виконавчих механізмів до дискретних виходів; зв'язок ПЛК з SCADA через Ethernet; резервне живлення для критичних елементів; аварійні сигнальні лінії.

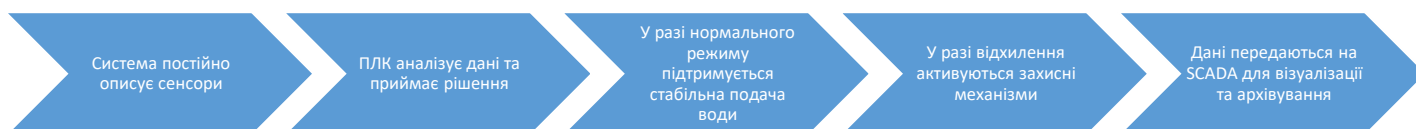
Схема забезпечує централізоване керування з можливістю локального дублювання.

Функціональна схема керування описує логіку роботи системи, алгоритми реагування на зміну параметрів та сценарії аварійного захисту.

Основні функції:



Алгоритм роботи



Візуалізація та диспетчеризація

SCADA-система WinCC дозволяє створити графічний інтерфейс для оператора:

- Головна панель — відображення рівня, тиску, витрати, стану насосів.
- Аварійна панель — список поточних та архівних аварій.
- Тренди — графіки зміни параметрів у часі.
- Журнал подій — реєстрація всіх дій та змін.
- Налаштування — зміна порогів, режимів роботи.

Оператор має змогу дистанційно запускати/зупиняти насоси, змінювати налаштування, переглядати історію роботи.

РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Розрахункова частина передбачає визначення основних параметрів автоматизованої системи водопостачання, вибір обладнання за технічними характеристиками, а також оцінку енергоефективності та надійності. Розрахунки виконуються на основі типових умов експлуатації насосної станції, резервуара та розподільчої мережі.

- Розрахунок об'єму резервуара:

Резервуар чистої води виконує функцію накопичення та регулювання добового графіка споживання. Його об'єм визначається за формулою:

$$V = Q * t$$

де: V — об'єм резервуара, m^3 ; Q — середня витрата води, $m^3/год$; t — час автономної роботи без подачі, год

Припустимо, що середня витрата води становить $Q=50 \text{ м}^3/\text{год}$, а необхідний запас на 2 години:

$$V = 50 * 2 = 100 \text{ м}^3$$

Отже, необхідний об'єм резервуара — 100 м^3 .

- Вибір насосного обладнання:

Для забезпечення подачі води з резервуара до споживачів необхідно підібрати насос з відповідними характеристиками.

- Продуктивність: $Q = 50 \text{ м}^3/\text{год}$
- Напір: $H = 40 \text{ м}$.
- ККД насоса: $\eta = 0,75$
- Густина води: $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$
- $g = 9,81 \text{ м/с}^2$

Потужність насоса: $P = \frac{\rho * g * Q * H}{\eta}$

Переведемо витрату в $\text{м}^3/\text{с}$: $Q = \frac{50}{3600} \approx 0,0139 \text{ м}^3/\text{с}$

$$P = \frac{1000 * 9,81 * 0,0139 * 40}{0,75} \approx 7,27 \text{ кВт}$$

Отже, необхідна потужність насоса — приблизно $7,3 \text{ кВт}$. Обрано насос **Grundfos CR 10-40**, який відповідає цим параметрам.

- Вибір ПЛК-контролера

Для керування системою обрано контролер Siemens S7-1200 CPU 1214C. Визначимо необхідну кількість входів/виходів:

<p>Аналогові входи:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Датчик рівня — 1 - Датчик тиску — 1 - Витратомір — 1 <p>→ Потрібно: 3 аналогових входи</p>	<p>Дискретні виходи:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Керування насосом — 2 - Керування клапаном — 2 <p>→ Потрібно: 4 дискретних виходи</p>
<p>Дискретні входи:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Датчик аварії насоса — 2 - Датчик стану клапана — 2 <p>→ Потрібно: 4 дискретних входи</p>	<p>Контролер мас:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 14 дискретних входів - 10 дискретних виходів <p>- 2 аналогових входи (можна розширити)</p>

→ Вибір підтверджено.

- Розрахунок витрат електроенергії

Енергоспоживання системи залежить від потужності насосів та тривалості роботи.

$$E = P * t$$

де: E — спожита енергія, кВт·год; P — потужність насоса, кВт; t — час роботи, год

Припустимо, насос працює 6 годин на добу:

$$E = 7.3 * 6 = 43.8 \text{ кВт} * \text{год}$$

За тарифом 4 грн/кВт·год → витрати:

$$43,8 * 4 = 175,2 \text{ грн/доб}$$

→ Економія можлива при впровадженні частотного регулювання.

- Розрахунок точності вимірювання

Для забезпечення стабільної роботи необхідно врахувати похибку сенсорів.

Датчик рівня:

- Похибка: ± 2 мм

- Висота резервуара: 2 м \rightarrow похибка: 0,1%

Датчик тиску:

- Діапазон: 0–10 бар

- Похибка: $\pm 0,25\%$ \rightarrow $\pm 0,025$ бар

\rightarrow Всі сенсори відповідають вимогам точності.

- Оцінка надійності

Надійність системи визначається середнім часом безвідмовної роботи (MTBF) та коефіцієнтом готовності: $K = \frac{T_{роб}}{T_{роб} + T_{рем}}$

де: $T_{роб}$ — середній час роботи; $T_{рем}$ — середній час ремонту

Припустимо:

$T_{роб} = 1000$ год; $T_{рем} = 10$ год

$$K = \frac{1000}{1010} \approx 0,99$$

\rightarrow Система має високий рівень готовності.

Розділ № 7

Охорона праці

Консультант / _____ /

Здобувач(ка) / _____ /

								Лист
								127
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА		

Небезпечні та шкідливі фактори при роботі на насосній станції

№	Фактор	Характеристика	Кількісна оцінка (чисельні дані)	Нормативні документи
1	Шум від роботи насосів та двигунів	Постійний шум високої інтенсивності	80–90 дБ	ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми допустимого шуму»
2	Вібрація обладнання	Механічні коливання, що передаються на руки та тіло	108 дБ (вібраційний рівень)	ДСН 3.3.6.039-99 «Санітарні норми вібрації»
3	Підвищена температура поверхонь	Нагрівання корпусів насосів та трубопроводів	60–80 °С	ДБН В.2.5-28:2018 «Інженерне обладнання будівель»
4	Електричний струм	Ризик ураження при контакті з електрообладнанням	Напруга 380 В	Правила безпечної експлуатації електроустановок (ПБЕЕ)
5	Недостатня освітленість	Недостатній рівень світла у робочій зоні	< 200 лк	ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення»
6	Витік мастильних матеріалів	Потрапляння на шкіру, слизові, ризик займання	Концентрація парів до 300 мг/м ³	ДСТУ EN 482:2022 «Повітря робочої зони»
7	Агресивні реагенти для водопідготовки	Хімічні опіки, подразнення дихальних шляхів	Концентрація хлору до 1 мг/м ³	ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гранично допустимі концентрації хімічних речовин»
8	Підвищена вологість приміщення	Конденсат, корозія, ризик ураження струмом	> 75 % відносної вологості	ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»
9	Монотонність роботи	Психоемоційне навантаження, зниження уваги	Робоча зміна 8–12 год	Кодекс законів про працю України
10	Нічні зміни	Порушення біоритмів, зниження працездатності	Робота з 22:00 до 6:00	Закон України «Про охорону праці»

Заходи для уникнення дії небезпечних та шкідливих факторів

№	Заходи
1	Використання шумопоглинаючих кожухів, навушників, акустичних екранів
2	Встановлення віброізоляції, регулярний технічний огляд обладнання
3	Теплоізоляція поверхонь, використання захисних рукавичок
4	Заземлення, автоматичні вимикачі, інструктаж з електробезпеки
5	Додаткове освітлення робочих зон, використання ламп із захисними плафонами
6	Герметизація систем, вентиляція, використання спецодягу
7	Зберігання реагентів у спеціальних ємностях, робота в рукавичках та респіраторах
8	Системи вентиляції та осушення, контроль стану ізоляції
9	Регламентовані перерви, ротація персоналу, психологічна підтримка
10	Раціональний графік змін, медичний контроль, кімнати відпочинку

Інженерний розрахунок небезпечного фактора недостатньої освітленості

Вихідні дані та визначення

- **Освітленість робочої площини:**

$$E = \frac{I * \cos \theta}{r^2}$$

де E — освітленість, лк; I — сила світла, кд; θ — кут падіння; r — відстань до джерела, м.

- **Метод світлового потоку для проєктування кількості світильників:**

$$N = \frac{E_{\text{потр}} * A}{\phi * UF * MF}$$

де N — кількість світильників; $E_{\text{потр}}$ — цільова освітленість робочої зони, лк; A — площа приміщення, м²; ϕ — світловий потік одного світильника, лм;

UF — коефіцієнт використання світлового потоку (залежить від геометрії та відбивних властивостей поверхонь); MF — коефіцієнт запасу/підтримки (ураховує старіння світильників і запиленість).

Оцінка наявної освітленості

- **Приклад вимірювання:** на робочій площині (висота 0.8–1.0 м) отримано середнє значення

$$E_{\text{існ}} = 120 \text{ лк}$$

- **Дефіцит освітленості:**

$$\Delta E = E_{\text{потр}} - E_{\text{існ}}$$

Наприклад, для цільових $E_{\text{потр}} = 300$, лк:

$$\Delta E = 300 - 120 = 180, \text{ лк}$$

Це свідчить про недостатню освітленість, яка підвищує ризик помилок та травм при обслуговуванні обладнання.

Розрахунок потрібної кількості світильників (метод світлового потоку)

- **Вихідні дані приміщення:** довжина 12, м; ширина 8, м; площа:

$$A = 12 * 8 = 96, \text{ м}^2$$

Цільова освітленість робочої зони: $E_{\text{потр}} = 300$, лк

Світловий потік одного LED-світильника: $\phi = 3200$, лм

Коефіцієнт використання (типовий для виробничих приміщень із нейтральними відбивними поверхнями): $UF = 0.6$

Коефіцієнт запасу (запиленість/старіння): $MF = 0.8$

- **Розрахунок:**
$$N = \frac{300 * 96}{3200 * 0.6 * 0.8} = \frac{28800}{1536} \approx 18,75$$

Приймаємо ціле значення: $N = 19$

Практичні рекомендації впровадження

- **Оптимізувати схему розміщення:** розкладка 19 світильників рівномірною сіткою (наприклад, 4×5 із корекцією під планування), дотримуючись межового співвідношення висота підвісу/крок.
- **Урахувати відбивні властивості:** світлі стелі та стіни підвищують (UF); темні/запилені — знижують, що може збільшити потрібну кількість світильників.
- **Підтримка та обслуговування:** регулярне очищення плафонів і своєчасна заміна джерел світла для збереження (MF).
- **Уникати засліплення:** застосовувати призматичні розсіювачі або UGR-контроль, правильно орієнтувати світильники відносно робочих місць і приладів.

Список використаної літератури

1. ДБН В.2.5-74:2013 "Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування"
2. Залуцкий Е.В., Петрухно А.І. Насосні станції. Курсове проектування. – К.: Вища школа, 1987.
3. А.М.Тугай, В.О.Орлов, В.О.Шадура, С.Ю.Мартинов. Міські інженерні мережі та споруди. Підручник. – Київ: Укртеліотех, 2010. – 256с.
4. Тугай А.М., Терновцев В.О., Тугай Я.А. Розрахунок і проектування споруд систем водопостачання: Навчальний посібник. – КНУБА, 2001. – 256с.
5. Шевченко Т.О., Ярошенко Ю.В., Яковенко М.М., Беляєва М.М. Насосні та повітродувні станції: Навч. посібник. – Харків: ХНУМГ, 2014. – 191
6. Каталог Wilo. Режим доступу: [Wilo-Select 5 online — ваш цифровий консультант із вибору насосів | Wilo](#)
7. Методичні вказівки до виконання курсового проекту /В.Ф. Накорчевська, І.А. Обертас. – К.: КНУБА, 2002. – 64 с;
8. Дупляк О.В. Гідрологія і гідрометрія. Курс лекцій. – К.: КНУБА, 2005. – 124 с.
9. ДБН В.2.4-3:2010. Гідротехнічні споруди. Основні положення. К.: Мінрегіонбуд України, 2010.
10. Дупляк О.В. Гідротехнічні споруди: навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2008. – 156 с.
11. ДСТУ-НБ EN 1991-1-1:2010.Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-1. Загальні дії. Питома вага, власна вага, експлуатаційні навантаження для споруд (EN 1991-1-1:2002, IDT).
12. ДСТУ-НБ EN 1992-1-1:2010.Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1992-1-1:2004, IDT).
13. Гідротехнічні водозабірні споруди: навч. посіб.: / С.В. Величко, О.В. Дупляк А.М. Рокочинський, Л.Р. Волк – Київ: КНУБА, 2022. – 256 с.

14. Зоря О.В, Копаниця Ю.Д. ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ – Методичні вказівки до курсового проекту – 2007

15. ДБН А.3.2-2-2009 ОХОРОНА ПРАЦІ І ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА У БУДІВНИЦТВІ. Основні положення ДБН А.3.2-2-2009

16. Законодавство України про охорону праці: у 3 т. – К.: Основа, 2008.- Т.1.-368 с., Т.2-352 с., Т.3-464 с.

17. Атаманчук П.С. Охорона праці в галузі: навчальний посібник / П.С. Атаманчук та ін. – К.: Центр учбової літератури, 2017. – 322 с.

18. Протоєрейський О. С. Охорона праці в галузі: навчальний посібник / О. С. Протоєрейський, О. І. Запорожець. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2005. – 268 с.