

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ ІНСТИТУТ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор АДІ ДВНЗ «ДонНТУ»
М.М. Чальцев

Кафедра «Проектування доріг і штучних споруд»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ
НА ТЕМУ «ЗОВНІШНІ МЕРЕЖІ ВОДОВІДВЕДЕННЯ»
З ДИСЦИПЛІНИ «ВОДОВІДВЕДЕННЯ» (ДЛЯ СТУДЕНТІВ
СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ 6.040106 «ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НА-
ВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА» ТА 6.060106 «БУДІВНИЦТ-
ВО»)**

00/00-0000-00

«Рекомендовано»

Навчально-методична комісія
факультету «Автомобільні
дороги»

Протокол № ____
від «__» ____ 20__р.

«Рекомендовано»

Кафедра
«Проектування доріг і
штучних споруд»

Протокол № ____
від «__» ____ 20__р.

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи на тему «Зовнішні мережі водовідведення» з дисципліни «Водовідведення» (для студентів напряму підготовки 6.060101 «Будівництво») [Електронний ресурс] / укладачі: В.В.Гончаренко, – Горлівка: ДВНЗ «ДонНТУ» АДІ, 2014. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM): 12 см. – Системні вимоги: Pentium; 32 Mb RAM; WINDOWS 98/2000/NT/XP; MS Word 97-2000. – Назва з титульного екрану.

У методичних вказівках наводяться основні дані для проектування зовнішньої водовідвідної мережі, методика і приклад розрахунку діаметрів трубопроводів відповідно з діючими нормами.

Укладачі:

Гончаренко В.В., к.т.н., доц.
Близнюк Т.В.

Відповідальний за випуск:

Морозова Л.М., к.т.н., доц.
каф. «Проектування доріг і
штучних споруд»

Рецензент:

Герасименко В.В., к.т.н., доц.
каф. «Будівництво та експлуатація
автомобільних доріг»

© Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний університет»
Автомобільно-дорожній інститут, 2014.

ЗМІСТ

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
1.1 Системи і схеми водовідведення	4
1.2 Визначення розрахункових витрат	5
2. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ ВОДОВІДВЕДЕННЯ	8
2.1 Розрахунок мережі водовідведення.....	8
2.2. Послідовність розрахунку мережі водовідведення	9
2.3. Швидкості та похили	9
2.4. Глибина закладання труб мережі водовідведення.....	11
3. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ	12
3.1 Вихідні дані	12
3.2. Визначення розрахункової кількості жителів	13
3.3. Визначення середньодобових та розрахункових витрат стічних вод	13
3.4 Гідравлічний розрахунок та висотне проектування системи водовідведення	15
3.4.1 Розрахунок системи водовідведення на часткове наповнення труб	15
3.4.2 Визначення діаметрів труб	16
3.4.3 Розрахунок похилів	16
3.4.4 Розрахунок незаілюючих швидкостей по ділянках	16
3.4.5 Розрахунок глибини потоку в лотку.....	18
3.4.6 Розрахунок падіння	18
3.4.7 Розрахунок глибини закладання лотка труби	18
3.5 Побудова поздовжнього профілю	21
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	22
ДОДАТОК А.....	23
ДОДАТОК Б.....	24

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Системи і схеми водовідведення

Водовідведення, як об'єкт – це комплекс обладнання, інженерних споруд, мереж, а також технічних та санітарних міроприємств, призначених для організаційного прийому та відведення по трубопроводам за межі населеного міста або промислового підприємства забруднених стічних вод, а також їх очищення та знезараження перед утилізацією або скидом у водоймище.

Об'єктами водовідведення являються будинки жилого, загального, виробничого, службового та спеціального призначення, що обладнанні внутрішнім водопроводом, а також міста, що заново будуються, підлягають реконструкції, промислові підприємства та ін.

Водовідведення поділяється на внутрішнє, зовнішнє та очисні споруди. Під системою водовідведення прийнято розуміти сумісне або окреме відведення трьох категорій стічних вод (побутові, виробничі та дощові).

Схемою водовідведення називається технічно або економічно обгрунтоване рішення прийнятої системи водовідведення з урахуванням місцевих умов.

Всі споруди системи водовідведення за призначенням поділяють на дві основні групи: 1 група – обладнання і споруди, що призначені для прийому і транспортування стічних вод: внутрішня та зовнішня водовідвідні мережі та насосні станції; 2 група – споруди, що призначені для очищення, знезараження, знешкодження, утилізації стічних вод та випуску очищених вод у водоймище.

1.2. Основні дані для проектування.

Вихідним матеріалом для розробки проекту системи водовідведення міста або промислового підприємства є відповідно проект планування міста та генеральний план підприємства враховуючи перспективи розвитку. Система водовідведення проектується на розрахунковий період в продовж якого вона буде мати необхідну пропускну здатність та буде задовольняти своєму призначенню без перебудови. Для міст цей період визначається в 20 – 25 років, а для промислових підприємств він дорівнює строку роботи підприємства на повну продуктивність.

Необхідними даними для проектування також є:

- карта місцевості з характеристикою природних та інженерно-будівельних умов;
- геологічні та гідрологічні дані;

- метеорологічні дані;
- гідрологічні дані водоймищ, що прилягають та ін.

Основні вихідні дані для розрахунково-графічної роботи для розрахунку системи водовідведення міста приймаються за додатком А.

Для визначення розрахункової витрати необхідні дані про чисельність населення та докладні свідчення про промислові підприємства.

Розрахункова кількість жителів залежить від типу, поверховості та ступеню благоустрою будинків і визначається по щільності населення району P – кількості жителів, що проживають на 1 га площини кварталів (за винятком вулиць).

Розрахункова кількість жителів визначається за формулою:

$$N = P \cdot F \quad (1.1)$$

де F – площа кварталів.

Щільність населення в містах та селищах коливається від 50 до 700 чоловік на 1 га площі.

1.2 Визначення розрахункових витрат

Розрахунок водовідвідної мережі і її елементів виконується на як можливо найбільшу витрату стічних вод – максимальні секундні витрати, які називаються розрахунковими.

Витрата побутових стічних вод залежить від числа жителів і норми водовідведення побутових вод. Норма водовідведення – добова витрата стічних вод на одного жителя або на одиницю продукції, що випускає підприємство, може прийматися в межах 125 – 250 л/доб (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Норми водовідведення від районів житлової забудови

Ступінь благоустрою районів житлової забудови	Норми водовідведення на одного жителя q_w , л/добу	
	Середньодобові (за рік)	За добу найбільшого водовідведення
1	2	3
Забудова будинками, обладнаними внутрішнім водопроводом і каналізацією, без ванн	125 – 160	140 – 170

Продовження табл. 1.1

1	2	3
Забудова будинками, обладнаними внутрішнім водопроводом, каналізацією і системою центрального гарячого водопостачання	230 – 350	300 – 400
Забудова будинками, обладнаними водопроводом, каналізацією та ваннами з місцевими водонагрівачами	160 – 230	170 – 240

Стічні води надходять в мережу водовідведення нерівномірно як в окремі дні, так і в окремі години доби. Загальний коефіцієнт нерівномірності для побутових стічних вод залежить від їхньої середньої витрати й може прийматися за даними таблиці 2.1.

Таблиця 1.2 – Коефіцієнт нерівномірності притоку стічних вод

Середня витрата, $Q_{\text{сер}}$, л/сек	5	10	20	50	100	300	500	1000	5000
$K_{\text{заг}}$	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47	1,44

Витрати побутових стічних вод можуть бути визначені за наступними формулами:

- середньодобові,

$$Q_{\text{сер.доб}} = \frac{N \cdot q_w}{1000}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (1.2)$$

- максимальнодобові,

$$Q_{\text{мах.доб}} = \frac{N \cdot q_w}{1000} \cdot K_{\text{доб}}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (1.3)$$

- максимальносекундні,

$$Q_{\text{мах.сек}} = \frac{N \cdot q_w}{86400} \cdot K_{\text{доб}}, \text{ л/сек}, \quad (1.4)$$

де N – розрахункова чисельність населення;

q_w – середньодобова норма водовідведення побутових вод від міста,

л/добу;

$K_{\text{доб}} = 1,1-1,3$ – коефіцієнт добової нерівномірності притоку стічних вод.

При розрахунку мереж водовідведення зручно обчислювати витрати, використовуючи поняття модуля стоку q_0 , л/(с·га) що визначається за формулою:

$$q_0 = \frac{P \cdot q_w}{86400}, \text{ л/сек} \cdot \text{га}, \quad (1.4)$$

де P — густота населення на 1 га.

Перед проведенням гідравлічного розрахунку мережі водовідведення її розбивають на розрахункові ділянки. Розрахункові витрати на ділянці визначають як суму витрат:

- шляхових, які надходять в розрахункову ділянку від житлової забудови, розташованої вздовж ділянки;
- транзитних, від розташованих вище кварталів;
- бокових, від бокових ліній що приєднуються;
- зосереджених, які надходять в розрахункову ділянку мережі від окремих великих водоспоживачів (наприклад, промислових підприємств).

Розрахунок визначення витрат стічних вод виконують, як правило, в табличній формі, (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Розрахунок визначення витрат стічних вод

Номер ділянки	Номери кварталів, від яких поступають стоки		Площа стоку з кварталів, га		Модуль стоку q_0 , л/(с·га)	Середні витрати стоків з кварталів, л/с			Коефіцієнт нерівномірності притоку стічних вод	Розрахункові витрати стічних вод, л/с			
	шляхові	притоків	шляхові	притоків		шляхові	транзитні	сумарні		від ділянки	Зосереджені витрати		загальні
											місцеві	транзитні	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

В графі 1 – 3 заносять номери розрахункових ділянок та кварталів від який у ці ділянки поступають стоки, в графі 4 – 5 – розраховані площі стоку з кварталів, в графу 6 – визначений для даного кварталу модуль стоку, в графу 7 заносять значення середньої витрати стоків з площі кварталу, що розглядається. Транзитні витрати (граф 8) дорівнюють сумарним витратам (граф 9) на попередній розрахунковій ділянці. В графу 9 записують суму шляхових та транзитних витрат.

$$Q_{\text{макс.сек}} = q_0 \cdot F \cdot K_{\text{заг}}, \quad (1.5)$$

де F — площа кварталів жилої забудови, га.

2. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ ВОДОВІДВЕДЕННЯ

2.1 Розрахунок мережі водовідведення

Мережа побутового водовідведення розраховується на часткове наповнення труб. Це дозволяє:

- 1) створити кращі умови для транспортування зважених забруднень;
- 2) забезпечити вентиляцію мережі для видалення шкідливих і небезпечних газів, що виділяються з рідини;
- 3) створити деякий резерв у перерізі труб для пропуску витрат, що перевищують розрахункові.

Наповнення характеризується відношенням H/d (рис. 2.1).

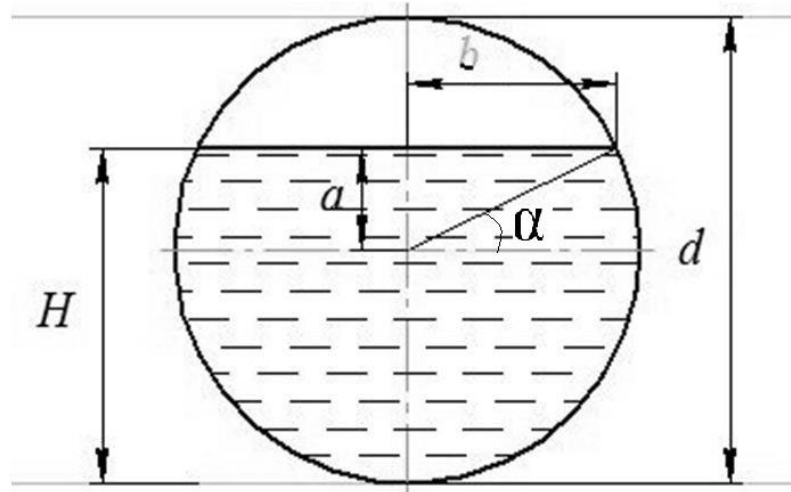


Рисунок 2.1 – Переріз каналу мережі водовідведення α

Для гідравлічного розрахунку мережі використовуються формули сталого й рівномірного руху:

$$Q = w \cdot v, \quad (2.1)$$

$$i = \frac{\lambda}{4R} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2.2)$$

де Q — витрата стічних вод, $\text{м}^3/\text{доб}$;

w - площа живого перерізу, м^2 ;

v - середня швидкість течії, $\text{м}/\text{с}$;

i - гідравлічний похил, що дорівнює похилу лотка труб при рівномірному русі;

λ – коефіцієнт гідравлічного тертя;

$R = \frac{w}{\chi}$ гідравлічний радіус (де χ — змочений периметр);

g — прискорення сили ваги.

Діаметр труб для вуличних мереж побутової системи водовідведення повинен бути не менш 200 мм, а для вуличних мереж дощової та загальносплавної системи водовідведення – не менш 250 мм.

Розрахункове наповнення в трубопроводах побутової системи водовідведення рекомендується приймати залежно від діаметру труб (табл. 2.1)

Таблиця 2.1 – Розрахункове наповнення в трубопроводах

Діаметр труб, d, мм	150 – 300	350 – 450	500 – 900	> 900
H/d не більше	0,6	0,7	0,75	0,8

В результаті гідравлічного розрахунку мережі водовідведення за витратами з урахуванням місцевості визначаються діаметри і похили трубопроводів та складається поздовжній профіль мережі водовідведення. На профілі вказують діаметри і похили труб, довжину розрахункових ділянок, відмітки поверхні землі, лотків труб і глибини колодязів. Горизонтальний масштаб профілю дорівнює масштабу плану, а вертикальний – 1 : 50, 1 : 100 або 1 : 200.

2.2. Послідовність розрахунку мережі водовідведення

При розрахунку мережі водовідведення вирішуються наступні основні задачі:

- визначають похил трубопроводу I , його діаметр d , мм, наповнення H/d та швидкість v , м/сек залежно від витрат q , л/сек і похилу місцевості i вздовж траси колектору;
- визначають витрати q , л/сек в колектрі діаметром d мм, який прокладено з похилом I при наповненні H/d , що рекомендується.
- визначають похил I , з яким необхідно прокласти колектор d , мм при наповненні H/d , що задається щоб пропустити витрату q , л/сек і визначити при цьому швидкість v , м/сек.

Похил трубопроводу I приймають рівним похилу місцевості i , але якщо $i < I$, то похил приймається мінімальним I_{\min} , щоб забезпечити швидкість при якій не замулюється трубопровід.

2.3. Швидкості та похили

Розрахункові швидкості в мережі водовідведення повинні признача-

тися виходячи з умови транспортування піску та інших неорганічних домішок, що втримуються в стічних водах.

Швидкість, що відповідає початку руху часток та утворенню гряд називається швидкістю, що розмиває. Швидкість, що відповідає повному зважуванню забруднень називається швидкістю, що самоочищає. Мінімальні розрахункові швидкості слід призначати рівними швидкостям, що самоочищають чи більше. Для мережі побутового водовідведення ці швидкості приймаються залежно від діаметру трубопроводу (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Залежність швидкості від діаметру

Діаметр труб, d, мм	200	300	400	500	600	800	1000	1200	1400	2000
Швидкість, що самоочищає, м/сек	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,15	1,15	1,3	1,5

Мінімальний похил труб мережі побутового водовідведення може бути визначено за формулою

$$i_{\min} = \frac{\alpha_i}{d}, \quad (2.3)$$

де d – внутрішній діаметр труб, мм;

α_i – коефіцієнт, що дорівнює:

d	500	600-800	1000-1200	1400	1600	2000
α_i	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0

Значення мінімальних ухилів для труб мінімальних діаметрів наведено в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Значення мінімальних ухилів

Система водовідведення	Мінімальний діаметр, мм		Мінімальні похили	
	Внутри-квартальна	Вулична	Внутри-квартальна	Вулична
Повна роздільна та полуроздільна з мережами: побутової дощової загальносплавної				
	150	200	0,008	0,007
	200	250	0,007	-
	200	250	0,007	-

2.4. Глибина закладання труб мережі водовідведення

У зв'язку з тим, що температура стічних вод не знижується нижче 7°C навіть у самий холодний час року, трубопроводи мережі водовідведення можна прокладати на глибині, менш глибини промерзання ґрунту.

Найменшу глибину закладання труб до лотка можна приймати рівною:

$$h = h_{\text{пром}} - e > (0,7 + d), \quad (2.4)$$

де $h_{\text{пром}}$ – глибина промерзання ґрунту;

e – величина, що дорівнює 0,3 м для труб діаметром до 500 мм та 0,5 м для труб більших діаметрів.

Початкова глибина закладання труб визначається з урахуванням приєднання внутриквартальної чи дворової мережі та внутрішніх водовідвідних пристроїв будинків за формулою:

$$H = h + i \cdot (L + l) - (z_1 - z_2) + \Delta d, \quad (2.5)$$

де h – найменша глибина закладання труби в найбільш далекому колодязі дворової (внутриквартальної) мережі;

i – похил трубопроводів дворової (внутриквартальної) мережі;

$L + l$ – довжина дворової (квартальної) мережі від найбільш далекого колодязя до місця приєднання її к вуличній мережі;

z_1 и z_2 – відмітки поверхні землі відповдно у найбільш далекого колодязя дворової мережі та у місця приєднання дворової мережі к вуличній;

Δd – різниця в діаметрах трубопроводів вуличної та дворової мережі у місці їх з'єднання.

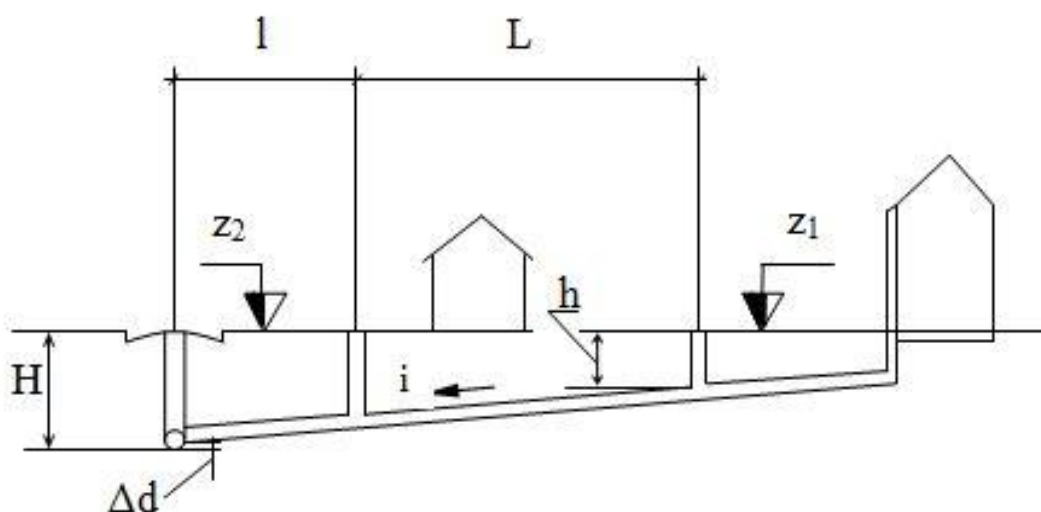


Рисунок 2.2 Схема до визначення глибини закладання труби

3. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

3.1 Вихідні дані

Щільність населення – 620 чол/га.

Норма водовідведення 250 л/с.

Довжина ділянок:

№ ділянки	1-2	2-3	4-5	5-6	6-3	3-7
Довжина l, м	330	660	330	660	330	990

Тип ґрунта:

суглинок – 1,0 м; пісок – 2,5 м; супісок – 3,0 м.

Відмітка горизонталей:

$X_1 = 62,0$ м; $X_2 = 61,5$ м; $X_3 = 60,0$ м; $X_4 = 60,5$; $X_5 = 59,0$ м.

Зосереджені витрати на ділянці 5-6 – 42 л/с.

Глибина промерзання – 0,65 м.

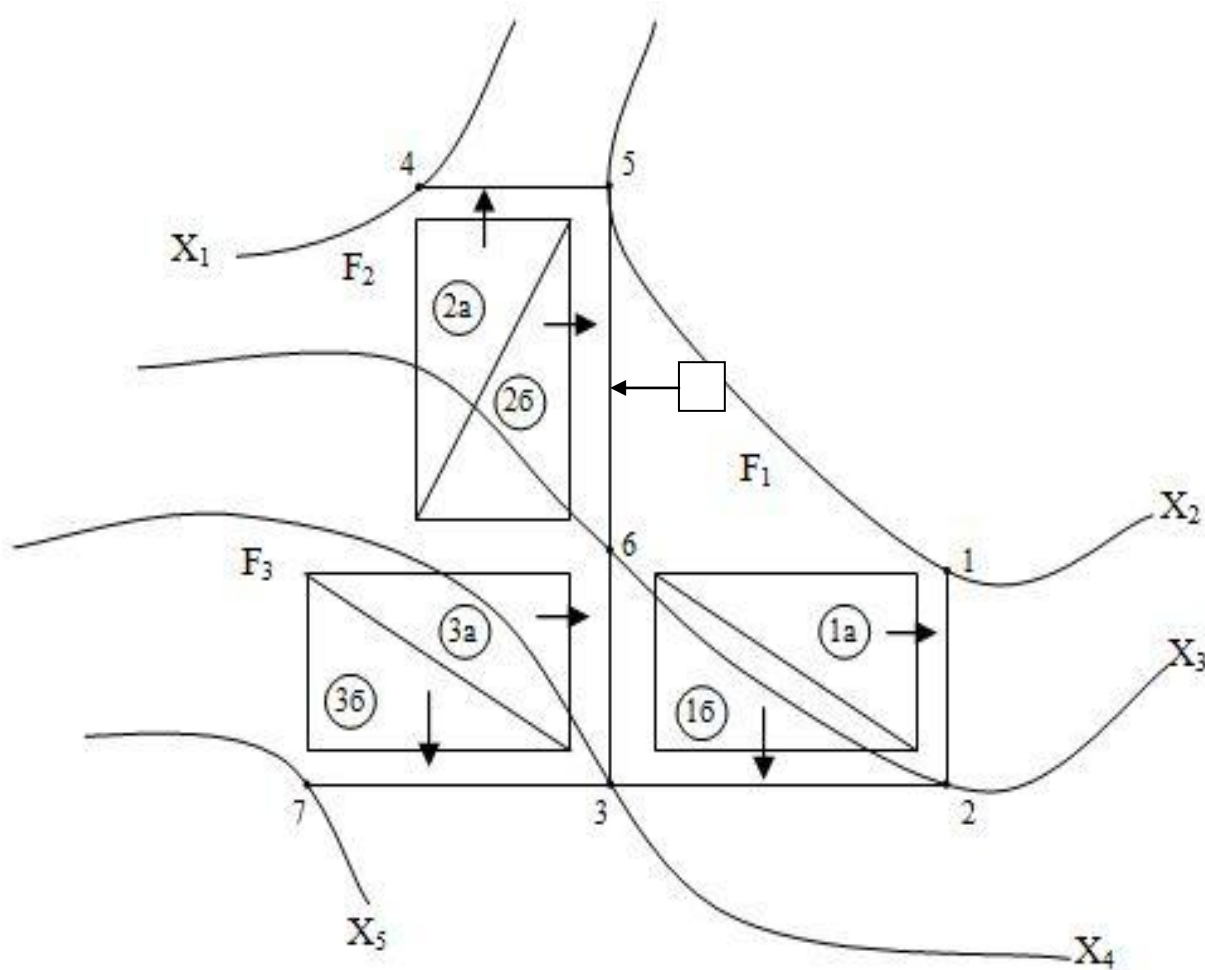


Рисунок 3.1 – Схема кварталу забудови та стоку води

3.2. Визначення розрахункової кількості жителів

Щільність населення складає 620 чол/га. Сумарну площу кварталів визначимо за вихідними даними $F = F_1 + F_2 + F_3 = 330 \cdot 660 + 330 \cdot 660 + 330 \cdot 990 = 762300 \text{ м}^2 \approx 77 \text{ га}$.

Розрахункову кількість жителів визначаємо за формулою (1.1):

$$N = 620 \cdot 77 = 47740 \text{ чол.}$$

3.3. Визначення середньодобових та розрахункових витрат стічних вод

Середньодобові витрати стічних вод визначаємо за формулою (1.2), де N — чисельність населення 47740 чол., q — норма водовідведення побутових вод від міста, 250 л,

$$Q_{\text{сер.доб}} = \frac{47740 \cdot 250}{1000} = 11935 \text{ м}^3/\text{доб} = 138,13 \text{ л/с.}$$

Розрахункову витрату визначаємо за формулою (1.5), де q_0 — модуль стоку, що визначаємо за формулою (1.4) $q_0 = 620 \cdot 250 / 86400 = 1,79 \text{ л/сек} \cdot \text{га}$, F — площа кварталів, 77 га, $K_{\text{заг}}$ — загальний коефіцієнт нерівномірності побутових вод, що визначаємо залежно від середньодобової витрати за таблицею 1.2, $K_{\text{заг}} = 1,59$

$$Q_{\text{макс.сек}} = 1,79 \cdot 77 \cdot 1,59 = 219,65 \text{ л/с.}$$

Складаємо відомість витрат стічних вод по ділянках мережі та колекторів (табл.3.1) при визначеній питомій витраті $q_{\text{пит}}$, л/с.

$$q_{\text{пит}} = \frac{q_n \cdot N}{86400 \cdot \Sigma l} = \frac{250 \cdot 47740}{86400 \cdot 3300} = 0,04186 \text{ л/с}$$

де Σl — сумарна довжина всіх ділянок мережі водовідведення, $\Sigma l = 3300 \text{ м}$.

Таблиця 3.1 – Відомість витрат стічних вод по ділянках мережі та колекторів

Номер ділянки	Довжина ділянки, м	Власна середня витрата ділянки, q , л/с
1-2	330	13,81
2-3	660	27,63
4-5	330	13,81
5-6	660	27,63
6-3	330	13,81
3-7	990	41,44
		$\Sigma = 138,13 \text{ л/с}$

Розрахунок витрат стічних вод по ділянках виконуємо в табличній формі (табл. 3.2)

Таблиця 3.2 – Розрахунок витрат стічних вод по ділянках

№ ділянки	№ кварталів від яких поступають стоки		Площа стоку з кварталів, л/с		Модуль стока, q ₀	Середні витрати стоків з кварт варт л/с			К-т нерівномірності потоку	Розрахункові витрати стічних вод, л/с			
	Шляхові	Пристоків	Шляхові	Пристоків		Шляхові	Транзитні	Сумарні		Від ділянки	Зосереджені		Загальні
											Місцеві	Транзитні	
1-2	Ia	-	10,9	-	1,79	19,51	-	19,51	1,91	37,26	-	-	37,26
2-3	Iб	Ia	10,9	10,9		19,51	19,51	39,02	1,77	69,07	-	-	69,07
4-5	IIa	-	10,9	-		19,51	-	19,51	1,91	37,26	-	-	37,26
5-6	IIб	IIa	10,9	10,9		19,51	19,51	39,02	1,77	69,07	42	-	111,07
6-3	IIIa	IIa, IIб	16,33	21,8		22,26	39,02	68,25	1,66	113,3	-	-	155,3
3-7	IIIб	Ia, Iб, IIa, IIб, IIIa	16,33	59,93	22,23	107,3	136,6	1,54	210,04	-	-	42	252,04

В графи 1 – 3 заносять номери розрахункових ділянок та кварталів від яких у ці ділянки поступають стоки, в графи 4 – 5 – розраховані площі стоку з кварталів, в графу 6 – визначений для даного кварталу модуль стоку, в графу 7 заносять значення середньої витрати стоків з площі кварталу, що розглядається. Транзитні витрати (графа 8) дорівнюють сумарним витратам (графа 9) на попередній розрахунковій ділянці. В графу 9 записують суму шляхових та транзитних витрат. В графі 10 записуємо коефіцієнт нерівномірності для всіх кварталів, розрахунок якого проводимо за допомогою інтерполяції (таблиця 1.2). В 11 графу записують розрахункові витрати від кварталу, що дорівнюють коефіцієнту нерівномірності помноженого на сумарну витрату.

3.4 Гідравлічний розрахунок та висотне проектування системи водовідведення

3.4.1 Розрахунок системи водовідведення на часткове наповнення труб

Проведемо гідравлічний розрахунок колекторів (табл. 3.2). Розрахунок на часткове наповнення труб дозволяє:

- створити кращі умови для транспортування забруднень;
- забезпечити вентиляцію мережі;
- створити деякий резерв для пропуску витрати вище за максимальний.

Наповнення труб характеризується відношенням h/d . Діаметр труб для вуличної мережі дощової чи загально сплавної системи не менш 250 мм. Розрахункове наповнення в трубопроводах побутового водовідведення приймається в залежності від діаметра труб.

Таблиця 3.3 – Розрахункові наповнення трубопроводів побутової каналізації

Діаметр труб, d, мм	150 – 300	350 – 450	500 – 900	> 900
$\frac{h}{d}$ не більше	0,6	0,7	0,75	0,8

3.4.2 Визначення діаметрів труб

Необхідно визначити діаметр, швидкість та наповнення для витрати 30 л/сек при середньому похилі місцевості 0,00482. Задаємося наповненням труби 0,5d (дод. А). На шкалі витрат q в точці, яка відповідає витраті 30 л/сек додаємо відрізок a'' , який відповідає (за допоміжним графіком наповнення 0,5d), та отримуємо нову точку із витратою $q_0 = 56$ л/сек. Поєднуємо цю точку прямою лінією із точкою $i = 0,0048$ на шкалі похилів I та на перетині цієї лінії із шкалою діаметру отримаємо діаметр 280 мм. Оскільки за сортаментом такі труби не випускаються, то беремо найближчий діаметр – 300 мм.

Провівши з точки, яка відповідає діаметру 300 мм, лінію через точку на шкалі витрат, яка відповідає витраті $q = 56$ л/сек, отримаємо на продовженні цієї лінії швидкість $v = 0.8$ м/сек (на шкалі швидкостей) та похил $i = 0,004$. Поправка до величини швидкості в даному випадку непотрібна, оскільки при наповненні труби наполовину швидкість така ж, як і при повному наповненні.

3.4.3 Розрахунок похилів

Похили, що необхідні для відведення розрахункової витрати, повинні забезпечити незаїлюючу швидкість. При пласкому рельєфі назначають мінімальний похил ($i = 1/d$) чи приймають його рівним природному похилу місцевості на розрахунковій ділянці, якщо він більше.

Місцевий похил для ділянки знаходимо по формулі:

$$i_m = (H_{зем}^n - H_{зем}^k) / l, \quad (3.1)$$

де $H_{зем}^n$ – початкова відмітка землі, м;

$H_{зем}^k$ – кінцева відмітка землі, м;

l – довжина ділянки, м.

Для ділянки 1 – 2

$$i_m = (61,5 - 60,0) / 333 = 0,0045.$$

3.4.4 Розрахунок незаїлюючих швидкостей по ділянках

Незаїлююча швидкість знаходиться за формулою:

$$v = 1.42 \cdot \sqrt[n]{R}, \quad \text{м/с} \quad (3.2)$$

де R – гідравлічний радіус, м;

n – показник кореня, який розраховується за формулою

$$n = 4,5 + 0,5 \cdot R. \quad (3.3)$$

Гідравлічний радіус визначається за формулою

$$R = \omega / \chi, \quad (3.4)$$

де ω - площа живого перетину, м²;

χ - змочений периметр, м;

Площа живого перетину визначається за формулою

$$\omega = \frac{\pi \cdot d^2}{8} + \frac{2\alpha}{360} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} + 2a \cdot b, \quad (3.5)$$

де d – діаметр труби на даній ділянці, м.

Значення розмірів a , b та параметру α визначаємо за формулами

$$a = h - \frac{d}{2}, \text{ м} \quad (3.6)$$

$$b = \sqrt{r^2 - a^2}, \text{ м} \quad (3.7)$$

$$\alpha = \arcsin \frac{a}{r}, \quad (3.8)$$

де h – глибина наповнення труби, м, яку визначають з табл. 3.2;

Змочений периметр розраховують за формулою

$$\chi = \frac{\pi \cdot d}{8} + \frac{2\alpha}{360} \cdot \pi \cdot b, \text{ м} \quad (3.9)$$

Розрахуємо незаілюючу швидкість для ділянки 1 – 2, використовуючи формули (3.2) – (3.9).

Для $d = 300$ мм, $h = 180$ мм.

$r = 300/2 = 150$ мм = 0,15 м;

$a = 0,18 - 0,15 = 0,03$ м;

$b = \sqrt{0,15^2 - 0,03^2} = 0,147$ м;

$\alpha = \arcsin(0,03/0,15) = 11,537^\circ$;

$\omega = \frac{3,14 \cdot 0,3^2}{8} + \frac{2 \cdot 11,537}{360} \cdot \frac{3,14 \cdot 0,3^2}{4} + 2 \cdot 0,03 \cdot 0,147 = 0,049$ м²;

$$\chi = \frac{3,14 \cdot 0,3}{8} + \frac{2 \cdot 11,537}{360} \cdot 3,14 \cdot 0,147 = 0,177 \text{ м};$$

$$R = \frac{0,049}{0,177} = 0,27 \text{ м};$$

$$n = 4,5 + 0,5 \cdot 0,27 = 4,64 \text{ м};$$

$$v = 1,42 \cdot \sqrt[4]{0,27} = 1,07 \text{ м/с}.$$

3.4.5 Розрахунок глибини потоку в лотку

Глибину потоку в лотку розраховуємо за формулою

$$h = \left(\frac{h}{d} \right) d, \text{ м} \quad (3.10)$$

де d – діаметр, м.

Для ділянки 1 – 2 глибина потоку становитиме

$$h = 0,6 \cdot 0,3 = 0,18 \text{ м}.$$

3.4.6 Розрахунок падіння

Падіння визначаємо за формулою

$$H_{\text{п}} = i \cdot l, \text{ м} \quad (3.11)$$

де i – прийнятий похил.

Для ділянки 1 – 2 падіння становитиме

$$H_{\text{п}} = 0,0045 \cdot 330 = 1,485 \text{ м}.$$

3.4.7 Розрахунок глибини закладання лотка труби

Глибину закладання для т. 1 на ділянці 1 – 2 та для т. 4 на ділянці 4 – 5 знаходимо за формулою (2.5), де i приймаємо 0,005, $l + L$ – довжина дворової мережі, дорівнює $280 + 15 = 295 \text{ м}$, $z_1 - z_2$ приймаємо 0,5 м, Δd – перепад між лотками внутриквартальної труби до вуличного колектора, приймаємо 0,25 м, величину глибини закладання h визначаємо за формулою (2.4), де $h_{\text{п}}$ – глибина промерзання (вихідні дані), e – величина, що залежить від діаметру, при $d = 300 \text{ мм} < 500 \text{ мм}$, $e = 0,3$.

Для т. 2 на ділянці 1 -2, для т. 3 на ділянці 2 – 3 та ділянці 6 – 3, для т. 5 на ділянці 4 - 5, для т. 6 на ділянці 5 – 6, для т. 7 на ділянці 3 – 7 використовуємо формулу

$$H_{зак}^{\kappa} = H_{зак}^n + H_n - (H_{зем}^n - H_{зем}^{\kappa}), \quad (3.12)$$

де $H_{зак}^{\kappa}$ - глибина закладання кінцевої точки ділянки, м;

$H_{зак}^n$ - глибина закладання початкової точки ділянки, м;

H_n - падіння, м;

$H_{зем}^n$ - початкова відмітка поверхні землі, м;

$H_{зем}^{\kappa}$ - кінцева відмітка поверхні землі, м.

Для т. 2 на ділянці 2 – 3, для т. 5 на ділянці 5 – 6, для т. 6 на ділянці 6 – 3 та для т. 3 на ділянці 3– 7 використовуємо формулу

$$H_{зак}^n = H_{зак}^{/\kappa} + \Delta d', \quad (3.13)$$

де $H_{зак}^{/\kappa}$ - глибина закладання кінцевої точки на попередній ділянці;

$\Delta d'$ - різниця діаметрів сусідніх ділянок трубопроводу.

Проведемо розрахунок глибини закладання для всіх ділянок використовуючи формули (2.4), (2.5), (3.12) та (3.13).

1 – 2:

$$h_{зак} = 0,65 - 0,3 = 0,35 \text{ м};$$

$$H_{зак}^n = 0,35 + 0,005 \cdot (280 + 15) - 0,5 + 0,25 = 1,58 \text{ м};$$

$$H_{зак}^{\kappa} = 1,58 + 1,485 - (61,5 - 60,5) = 1,56 \text{ м}.$$

2 – 3:

$$H_{п} = 0,002 \cdot 660 = 1,32 \text{ м};$$

$$H_{зак}^n = 1,56 + 0,2 = 1,76 \text{ м};$$

$$H_{зак}^{\kappa} = 1,76 + 1,32 - (60 - 61,5) = 3,58 \text{ м}.$$

4 – 5:

$$H_{зак}^n = 0,35 + 0,005 (280 - 15) - 0,5 + 0,25 = 1,58 \text{ м};$$

$$H_{зак}^{\kappa} = 1,58 + 0,92 - (62 - 61,5) = 2 \text{ м}.$$

5 – 6:

$$H_{зак}^n = 2 + 0,15 = 2,15 \text{ м};$$

$$H_{зак}^{\kappa} = 2,15 + 1,422 - (61,5 - 60) = 2,07 \text{ м}.$$

6 – 3:

$$H_{зак}^n = 2,07 + 0,1 = 2,17 \text{ м};$$

$$H_{зак}^{\kappa} = 2,17 + 0,528 - (60,0 - 60,5) = 3,2 \text{ м}.$$

3 – 7:

$$H_{зак}^n = 3,58 + 0,25 = 3,83 \text{ м};$$

Таблиця 3.4 – Результати розрахунку мережі водовідведення

Номер ділянки	Довжина l, м	Розрахункова витрата	Діаметр d, мм	Похиб, i		Швидкість V,м/с	Наповнення		Падіння h = i·l	Відмітки по розрахунковій ділянці				Закладання лотка труби	
				Місцевий	Прийнятий		h/d	h, м		Поверхні землі		Поверхні води		На початку	В кінці
										Початок	Кінець	Початок	Кінець		
1-2	330	37,26	300	0,0045	0,0045	1,07	0,6	180	1,485	61,5	60,0	60,1	58,62	59,92	58,44
2-3	660	69,07	500	- 0,0008	0,002	1,16	0,75	375	1,32	60,0	60,5	58,62	57,03	58,24	56,65
4-5	330	37,26	350	0,0015	0,0028	1,09	0,7	245	0,92	62,0	61,5	60,67	59,75	60,42	59,5
5-6	660	111,7	500	0,0022	0,0022	1,16	0,75	375	1,452	61,5	60,0	59,75	58,31	59,35	57,93
6-3	330	155,3	600	- 0,0015	0,0016	1,17	0,75	450	0,528	60,0	60,5	58,28	57,75	57,83	57,3
3-7	990	252,0	750	0,0015	0,0015	1,28	0,75	562, 5	1,485	60,5	59,0	57,23	55,75	56,67	55,19

$$H_{зак}^к = 3,83 + 1,485 - (60,5 - 59) = 3,815 \text{ м.}$$

Результати виконаних розрахунків заносимо в таблицю 3.4

3.5 Побудова поздовжнього профілю

Будуємо поздовжній профіль для всіх ділянок (дод. Б)

Горизонтальний масштаб приймаємо М 1:15000, вертикальний – М 1:100.

На профілі відкладемо довжину ділянок, відмітки землі лотка труби, води. По ділянках відмічаємо розрахункові витрати, похили, довжини, діаметри ділянок трубопроводів, незаїлюючі швидкості, розрахункове наповнення трубопровода.

На малюнку приводимо розріз ґрунтів в масштабі М 1:200.

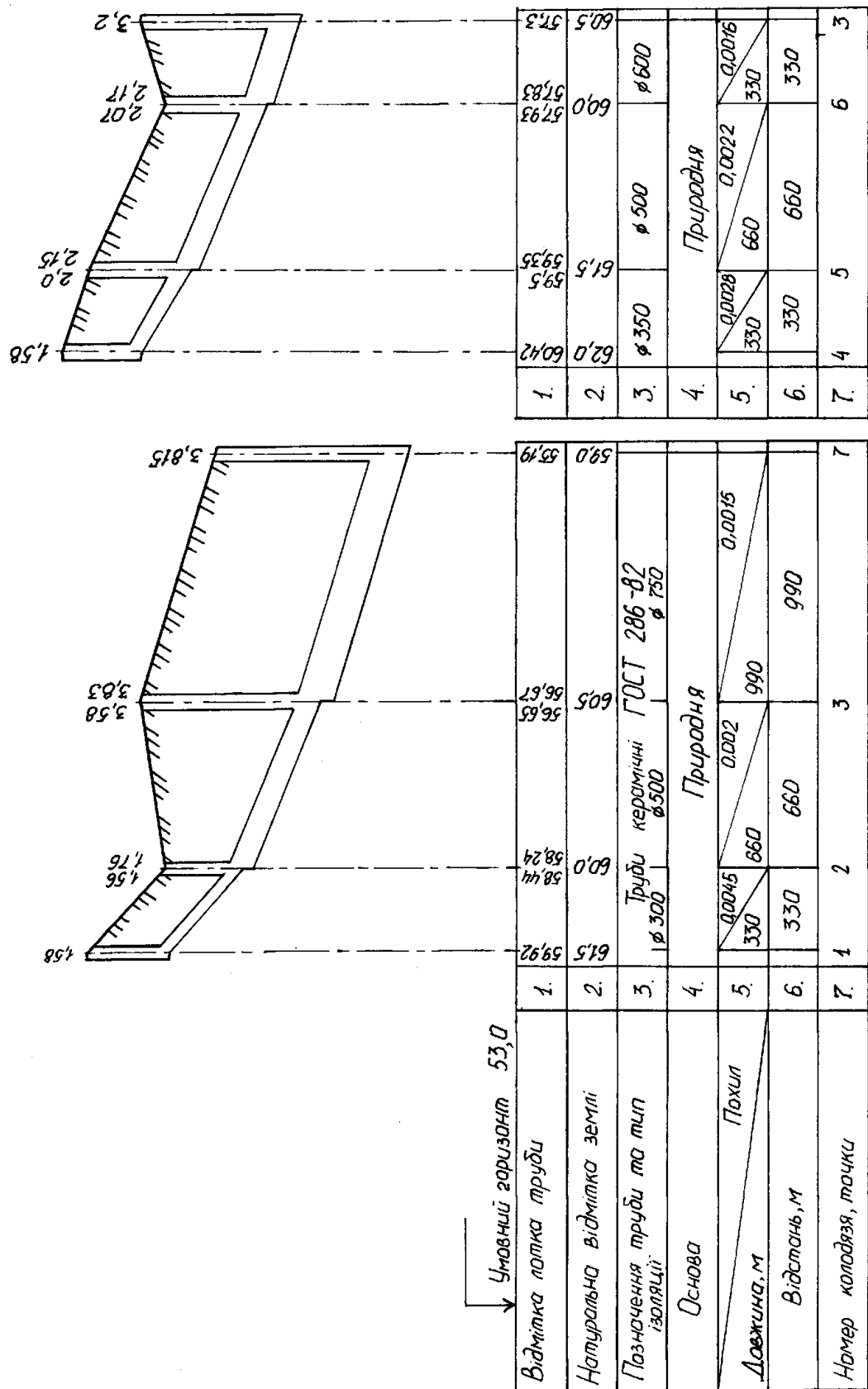
Малюнок виконуємо в чорному кольорі.

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Калинин В.И. Гидравлика, водоснабжение и канализация: учеб. пособие для вузов/ В.И. Калинин. – М.: Стройиздат, 1980 – 359 с.
2. Зацепин В.Н. Канализация: учеб. пособие для вузов/ В.Н. Зацепин. – М.: Стройиздат, 1976 – 268 с.
3. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація: підручник/ В.С. Кравченко. – «Кондор», 2003 – 288с.
4. СНиП 2.04.03 – 85. Канализация. Наружные сети и сооружения. М.: Стройиздат, 1986 – 72 с.

ДОДАТОК Б

Зразок оформлення поздовжнього профілю



ЕЛЕКТРОННЕ НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ВИДАННЯ

Гончаренко Валентин Валентинович
Близнюк Тарас Васильович

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ
НА ТЕМУ «РОЗРАХУНОК ЗОВНІШНІХ ВОДОПРОВІДНИХ ТА
ВОДОВІДВОДНИХ МЕРЕЖ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ» З ДИС-
ЦИПЛІНИ «ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ»
(ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ 6.040106 «ЕКОЛОГІЯ ТА
ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА» ТА 6.060106 «БУ-
ДІВНИЦТВО»)**

Підписано до випуску 12.05.2011 р. Гарнітура Times New.
Умов. друк. арк. 2,19. Зам. № 85.

Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний університет»
Автомобільно-дорожній інститут
84646, м. Горлівка, вул. Кірова, 51
E-mail: druknf@rambler.ru

Редакційно-видавничий відділ

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовників і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 2982 від 21.09.2007р.