

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та  
природокористування

Кафедра водопостачання, водовідведення та бурової справи

**03-06-133М**

## **Методичні вказівки**

до практичних занять та самостійної роботи з навчальної  
дисципліни «Водопостачання і водовідведення» для здобувачів  
вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-  
професійною програмою «Будівництво та цивільна інженерія»  
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
всіх форм навчання

Рекомендовано методичною  
радою з якості ННІБА  
Протокол № 8 від 20.02.2023 р.

Рівне – 2023

Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Водопостачання і водовідведення» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Будівництво та цивільна інженерія спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» всіх форм навчання. [Електронне видання] / Шадура В.О., Мартинов С. Ю., Орлова А. М. – Рівне : НУВГП, 2023 – 28 с.

Укладачі: Шадура В. О. к.т.н., доцент, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи; Мартинов С. Ю., д.т.н., професор, завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи; Орлова А. М., к.т.н., доцент, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Відповідальний за випуск – Мартинов С. Ю., д.т.н., професор, завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Керівник групи забезпечення спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» – Бабиш Є. М., професор, д.т.н.

© В. О. Шадура,  
С. Ю. Мартинов,  
А. М. Орлова, 2023  
© НУВГП, 2023.

## Зміст

<b>Вступ</b> .....	4
<b>1 Норми водовідведення. Розрахункові витрати стічних вод</b> .....	5
<b>2. Визначення розрахункових витрат побутових та виробничих стічних вод</b> .....	9
2.1. <i>Визначення середніх витрат стічних вод від комунальних підприємств і громадських закладів</i> .....	9
2.2. <i>Визначення середніх витрат стічних вод від промислових підприємств</i> .....	11
<b>3.Трасування зовнішніх мереж водовідведення</b> .....	13
<b>4. Основи гідравлічного розрахунку</b> .....	15
<b>5. Заглиблення трубопроводів каналізації</b> .....	19
<b>6. Розрахунок і конструювання напірних трубопроводів</b>	24
<b>7. Самостійна робота</b> .....	27
<b>Література</b> ....	28

## ВСТУП

При підготовці фахівців будівельного профілю провідне місце у вирішенні питань благоустрою і комунального обслуговування населених пунктів займає проектування каналізаційних мереж та споруд. Експлуатаційна надійність будівель і споруд значною мірою залежить від вірного проектування та будівництва систем водопостачання і каналізації.

Під час проведення практичних занять студент повинен **вміти** ( в складі групи фахівців):

- використовувати результати вишукувальних робіт, обчислювальну техніку та діючі методики і нормативні документи, виконувати інженерні розрахунки елементів мереж водовідведення;
- враховуючи особливості природно-кліматичних і господарсько-економічних умов об'єкту водовідведення та вимоги до нього, використовуючи типові рішення і проекти, діючі нормативні і методичні документи визначити параметри і режими роботи елементів мереж водовідведення
- самостійно вирішувати задачі збору і відведення стічних вод за межі об'єктів водовідведення

У методичних вказівках наведені способи та прийоми розрахунків, враховані сучасні положення та нормативи, що застосовуються в практиці проектування систем водовідведення, приклади виконання розрахунків.

## 1. Норми водовідведення. Розрахункові витрати стічних вод.

Для визначення витрат стічних вод на кінець розрахункового періоду потрібні відомості про чисельність населення та дані про підприємства.

Розрахункову кількість жителів,  $N$ , чол. визначають залежно від щільності населення даного району (кварталу) [2]

$$N = p \cdot F, \quad (1.1)$$

де  $F$  - територія району (кварталу), що каналізується, га;

$p$  - число жителів, які проживають на 1 га площі району (кварталу) - щільність населення, чол/га.

Щільність населення в містах та селищах міського типу коливається залежно від поверховості забудови від 50 до 700 чоловік на 1 га площі.

Витрати побутових стічних вод залежать від норми водовідведення та числа жителів, які користуються каналізацією. Витрати виробничих стічних вод залежать від норми водовідведення виробничих вод та кількості продукції. *Нормою водовідведення* називаються витрати стічних вод, л/добу, на одного жителя, який користується каналізацією, або кількість стічних вод, м<sup>3</sup>, на одиницю продукції, яку випускає підприємство. Норма водовідведення для населених пунктів дорівнює нормі водоспоживання і може прийматись в межах 100-285 л/добу [табл.1.1, 4]. Відведення побутових стічних вод від промислових підприємств слід враховувати окремо (табл. 1.2). При визначенні норм водовідведення промислових стоків користуються даними технологів, а при визначенні норм водовідведення від окремих будинків та будівель спеціального призначення - нормами проектування внутрішнього водопроводу та каналізації [1].

Стічні води надходять в каналізаційну мережу нерівномірно, як в окремі дні, так і в окремі години доби. Нерівномірність їх надходження характеризується ступеневим графіком, аналогічним відповідному графіку водоспоживання.

Таблиця 1.1.

**Норми водовідведення від районів житлової забудови**

<b>Ступінь благоустрою районів житлової забудови</b>	<b>Норма водовідведення на одного жителя, середньодобова (за рік), <math>q_w</math>, л/добу</b>
Забудова будинками, обладнаними внутрішнім водопроводом і каналізацією, без ванн	100-135
Забудова будинками, обладнаними внутрішнім водопроводом, каналізацією і ваннами з місцевими водонагрівачами	150-230
Забудова будинками, обладнаними внутрішнім водопроводом, каналізацією та системою центрального гарячого водопостачання	230-285

Таблиця 1.2.

**Норми водовідведення побутових стічних вод промислових підприємств**

<b>Види цехів</b>	<b>Норми водовідведення на одного працюючого за зміну, л</b>	<b>Коефіцієнт годинної нерівномірності водовідведення</b>
В цехах із значними тепловиділеннями (більше 23,2 Вт/м <sup>3</sup> ·год.)	45	3
В інших цехах (холодних)	25	2,5

Розрахункові годинні та секундні витрати води визначають за загальним коефіцієнтом нерівномірності притоку стічних вод,  $K_{ден. max}$ , який залежить від середніх витрат побутових стічних вод:

$Q_{сер}$ л/с	5	10	20	50	100	300	500	1000	5000
$K_{ден. max}$	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47	1,44

Витрати побутових стічних вод [2] визначають  
- середньодобові, м<sup>3</sup>/добу

$$Q_w = \frac{N \cdot q_w}{1000}, \quad (1.2)$$

- максимальнодобові, м<sup>3</sup>/добу

$$Q_w = \frac{N \cdot q_w \cdot K_{доб.}}{1000}, \quad (1.3)$$

- максимальногодинні, м<sup>3</sup>/год,

$$Q_w = \frac{N \cdot q_w \cdot K_{доб \cdot max}}{24 \cdot 1000}, \quad (1.4)$$

- максимальносекундні, л/с,

$$Q_w = \frac{N \cdot q_w \cdot K_{доб \cdot max}}{24 \cdot 3600}, \quad (1.5)$$

де  $N$  - розрахункова кількість жителів;

$q_w$  - середньодобова норма водовідведення, л/добу;

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

Середньодобові, м<sup>3</sup>/добу, і максимальні секундні, л/с, витрати виробничих стічних вод вираховують

$$Q_w^{‰} = \frac{n \cdot q_w}{1000}, \quad (1.6)$$

$$q = \frac{n_1 \cdot \dot{q}_w \cdot K}{3600 \cdot T}, \quad (1.7)$$

де  $n$  - кількість продукції, що випускається за добу;

$n_1$  - те ж, за зміну з максимальною продуктивністю;

$\dot{q}_w$  - норма водовідведення виробничих стічних вод на одиницю

продукції, м<sup>3</sup>;

$T$  - тривалість зміни, год.;

$K$  - коефіцієнт нерівномірності притоку виробничих стічних вод.

Залишкова норма водовідведення від житлових кварталів,  $q_{зал}$ , л/добу·чол, яка враховує витрати від комунальних підприємств та громадських закладів

$$q_{зал} = q_n - \frac{\sum Q_{доб} \cdot 10^3}{\sum N_n}, \quad (1.8)$$

де  $q_n$  – норма водовідведення в районі житлової забудови, яку визначають залежно від ступеня благоустрою будинків, кліматичних та інших місцевих умов згідно з [1, табл. А1], л/добу·чол;

$Q_{доб}$  – сумарна витрата стічних вод від громадських закладів і комунальних підприємств, м<sup>3</sup>/добу, що розташовані в районі забудови;

$N_n$  – кількість мешканців у районі забудови, чол.

Середні витрати стічних вод від житлових кварталів, л/с, районів забудови визначають

$$q = \frac{q_{зал} \cdot N_n}{86400}. \quad (1.9)$$

На практиці каналізаційні мережі розраховують за максимально секундними витратами стічних вод. При цьому зручно розрахункові витрати визначати за модулем стоку,  $q_0$ , л/(с·га). Модуль стоку - це витрати в л/с, які припадають на 1 га площі забудови визначається

$$q_0 = \frac{q_w \cdot P}{86400}, \quad (1.10)$$

де  $P$  - щільність населення на 1 га;

$q_w$  - норма водовідведення, л/добу.

Модуль стоку визначають для кожного кварталу, який відрізняється від інших щільністю населення та нормою водовідведення.

**Приклад 1.** Визначити секундні, годинні та добові витрати стічних вод від міста, забудованого будинками, обладнаними внутрішнім водопроводом, каналізацією і системою централізованого



гарячого водопостачання. Щільність населення в кварталах багатоповерхової зони –  $P_n = 350$  чол/га, площа житлових кварталів  $F = 90$  га. Сумарні добові витрати стічних вод від громадських закладів і комунальних підприємств становлять  $Q_{доб} = 87,6$  м<sup>3</sup>/добу.

**Розв'язок.** Приймаємо норму водовідведення для забудови будинками, обладнаними внутрішнім водопроводом, каналізацією і системою централізованого гарячого водопостачання [1]  
 $q_n = 285$  л / доб · чол .

Визначаємо кількість жителів за формулою (1.1)

$$N_n = 350 \cdot 90 = 31500 \text{ чол.}$$

Залишкова норма водовідведення, від житлових кварталів за формулою (1.8)

$$q_{зал} = 285 - \frac{87,6 \cdot 10^3}{31500} = 282,8 \text{ л / доб} \cdot \text{чол.}$$

Середні сумарні секундні витрати визначаємо за формулою (1.9)

$$q = 282,2 \cdot 31500 / 86400 = 102,9 \text{ л / с.}$$

Середні годинні витрати

$$Q_{год} = 3,6 \cdot 102,9 = 370,4 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Середні добові витрати від міста

$$Q_{доб} = 24 \cdot 370,4 = 8889,6 \text{ м}^3 / \text{доб.}$$

## **2. Визначення розрахункових витрат побутових та виробничих стічних вод**

### *2.1. Визначення середніх витрат стічних вод від комунальних підприємств і громадських закладів*

Ці об'єкти можуть працювати цілодобово з нерівномірним водовідведенням як готелі, лікарні, школи-інтернати тощо, або

упродовж певного часу із сталими витратами стічних вод (лазні, школи, пральні, поліклініки тощо).

**Середні добові витрати** стічних вод, м<sup>3</sup>/доб, для об'єктів із цілодобовим водоспоживанням визначають

$$q_{\text{доб}} = q_o \cdot n_{\text{доб}} / 1000, \quad (2.1)$$

де  $q_o$  – норма водовідведення на одиницю виміру, л/добу [1],

$n_{\text{доб}}$  – кількість одиниць виміру.

Для об'єктів, що працюють неповну добу тривалістю  $T$ , год, визначають

$$q_{\text{доб}} = q_{\text{год}} \cdot T / 1000. \quad (2.2)$$

**Середні годинні витрати** стічних вод від комунальних підприємств і громадських закладів, що працюють неповну добу,  $q_{\text{сер}}$ , м<sup>3</sup>/год, обчислюють

$$q_{\text{сер}} = q_o \cdot n_{\text{год}} \cdot t / 1000, \quad (2.3)$$

де  $q_o$  – норма водовідведення на одиницю виміру, л/од. [1];

$n_{\text{год}}$  – кількість одиниць виміру за годину,

$t$  – нормативна тривалість водовідведення, год. [1].

**Середні секундні витрати** стічних вод від комунальних підприємств і громадських закладів, л/с, обчислюють

$$q = q_{\text{год}} / 3,6. \quad (2.4)$$

**Приклад 2.** Визначити середні добові та секундні витрати стічних вод від лазні на 30 відвідувачів за годину (заклад працює з 8.00 до 24.00) та від лікарні на 250 ліжок [7].

**Розв'язок.** Розрахунок зручно проводити у табличній формі (табл.2.1.). Графи 2, 3, 4 та 6 заповнюємо за вихідними даними. Норму водовідведення (гр.5) приймаємо за [1].

Для лікарні з загальними душами та ваннами  $q_o = 120 \text{ л / доб.}$

Середньодобові витрати для лікарні обчислюємо за формулою (2.1), (цей заклад працює цілодобово,  $T=24 \text{ год.}$ ):

$$q_{\text{доб}} = (120 \cdot 250) / 1000 = 30 \text{ м}^3 / \text{добу},$$

- середньо-годинні витрати -  $q_{\text{год}} = 30 / 24 = 1,25 \text{ м}^3 / \text{год},$

- середньо-секундні витрати-  $q_c = 1,25 / 3,6 = 0,35 \text{ л / с.}$

Для лазні з душовими кабінами норма водовідведення  $q_o = 360 \text{ л/доб.}$  упродовж  $t = 3 \text{ год.}$  Лазня працює  $T = 24 - 8 = 16 \text{ год на добу,}$  тому визначаємо середньогодинну витрату за (формулою 2.3):

$$q_{\text{год}} = (30 \cdot 360) / 3 \cdot 1000 = 3,6 \text{ м}^3/\text{год},$$

- середні секундні витрати за формулою 2.4:  $q_c = 3,6 / 3,6 = 1,0 \text{ л/с,}$

- середньодобову - за формулою 2.2:  $q_{\text{доб}} = 3,6 \cdot 16 = 57,6 \text{ м}^3/\text{добу.}$

**Таблиця 2.1**

**Середні витрати стічних вод від комунальних підприємств**

№ № зп	Об'єкт водовід- ведення	Одиниці виміру	К-сть оди- ниць вимі- ру <i>n</i>	Норма водовід- ведення на од. виміру, <i>л/од.</i> або <i>л/добу</i>	Грива- лість <i>T</i> робо- ти, год за добу	Середня витрата стічних вод		
						секун- дна, <i>q_c</i> л/с	годин- на <i>q_{год}</i> м <sup>3</sup> /год	добова <i>q_{доб}</i> м <sup>3</sup> /доб
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Лікарня	ліжка	250	120	24	0,35	1.25	30,0
2	Лазня	люд/год	20	360/3	16	1,0	3,6	57,6
<b>Разом</b>								<b>87,6</b>

*2.2. Визначення середніх витрат стічних вод від промислових підприємств*

На промислових підприємствах утворюються такі види стічних вод: виробничі, побутові і душові.

*Середні за зміну витрати виробничих стічних вод, м<sup>3</sup>/зм, визначають*

$$Q_6 = q_6 \cdot n, \quad (2.5)$$

де  $q_6$  – норма водовідведення в м<sup>3</sup> на одиницю продукції, яку випускає підприємство [2];

$n$  – кількість одиниць продукції, яку виробляють за зміну.

*Середні за зміну витрати побутових стічних вод, що надходять від підприємства, м<sup>3</sup>/зм, обчислюють*

$$Q_n = q_n \cdot N \quad (2.6)$$

де  $q_n$  норма відведення побутових стічних вод в м<sup>3</sup>/зм на одного робітника, яку приймають для цехів з підвищеним тепловиділенням

0,045 м<sup>3</sup>/(зм·люд), для звичайних – 0,025 м<sup>3</sup>/(зм·люд) [1, табл.А2];  $N$  – кількість робітників, що працюють в зміні.

Середні за зміну витрати душових вод, м<sup>3</sup>/зм, промислового підприємства обчислюються

$$Q_{dc} = q_{dc} \cdot N_{dc}, \quad (2.7)$$

де –  $q_{dc}$  витрати води однією душовою сіткою, які приймаються 500 л/год [1], а з урахуванням тривалості користування душем (45 хв, або 0,75 год після закінчення чи до початку зміни) л/год або  $q_{dc} = 500 \cdot 0,75 = 0,375$  м<sup>3</sup>/год.;

$n_{dc}$  – кількість працюючих душових сіток, шт.

$$N_{dc} = N_{д} / n_{dc} = N \cdot P_{dc} / n_{dc}, \quad (2.8)$$

де  $N_{dc}$  – кількість робітників, що користуються душем за зміну,

$P_{dc}$  – частка працівників, які користуються душем;

$n_{dc}$  – кількість робітників, що обслуговуються 1 душовою сіткою, приймається відповідно до санітарних норм [3, табл.3.3].

**Приклад 3.** Визначити середні змінні і добові витрати виробничих, побутових та душових витрат стічних вод заводу з виробництва лимонної кислоти з цехами з тепловиділенням до 80 кДж/год на 1 м<sup>3</sup>. Завод працює у дві зміни з 8-ї години ранку, тривалість зміни 8 год. В першу зміну виготовляється 30 т продукції, в другу – 20. Позмінно працює 500 та 300 чоловік, із них 80% приймає душ, а кількість працівників, які користуються однією душовою сіткою, становить 5 чол.

**Розв'язок.** Приймаємо за [2] норму водовідведення для заводу лимон-ної кислоти на виготовлення 1т продукції:  $q_g = 2,81$  м<sup>3</sup> / т.

Середні змінні **витрати виробничих стічних вод**, м<sup>3</sup>/зм. визначаємо за формулою (2. 5):

$$Q_g^1 = 2,81 \cdot 30 = 84,3 \text{ м}^3/\text{зм} \quad Q_g^2 = 2,81 \cdot 20 = 56,2 \text{ м}^3/\text{зм}.$$

Середні змінні **витрати побутових стічних вод**, м<sup>3</sup>/зм, визначаємо за формулою (2.6), приймаючи норму відведення на одного робітника для холодних цехів  $q_n = 0,025$  м<sup>3</sup> / (зм.люд) :

$$Q_n^1 = 0,025 \cdot 500 = 12,5 \text{ м}^3/\text{зм} \quad Q_n^2 = 0,025 \cdot 300 = 7,5 \text{ м}^3/\text{зм}.$$

Кількість душових сіток, шт, які працюють після кожної із змін визначаємо за формулою (2.8)

$$N_{oc}^1 = 0,8 \cdot 500 / 5 = 80 \text{ шт.}, \quad N_{oc}^2 = 0,8 \cdot 300 / 5 = 48 \text{ шт.}$$

Середні змінні витрати води душових стічних вод, м<sup>3</sup>/зм, визначаємо за формулою (2.7)

$$Q_o^1 = 0,375 \cdot 80 = 30,0 \text{ м}^3/\text{зм}, \quad Q_o^2 = 0,375 \cdot 48 = 18,0 \text{ м}^3/\text{зм.}$$

Розрахунки витрат стічних вод зручно проводити в табличній формі (табл. 2.2). Сума витрат двох змін складає добові витрати стічних вод від підприємства (гр.11).

**Таблиця 2.2**

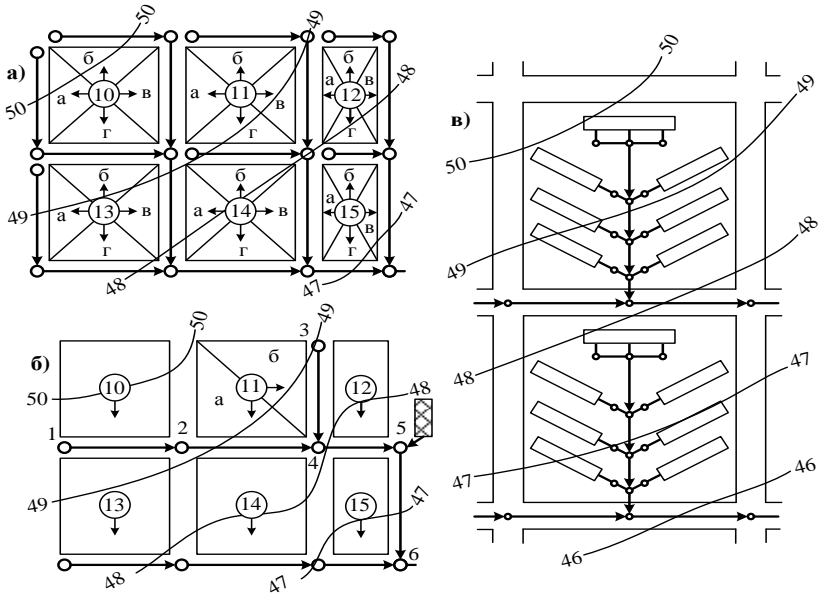
**Середні витрати стічних вод від промислових підприємств**

№ зміни	Виробничі стічні води			Побутові стічні води			Душові стічні води			Сумарні витрати $\Sigma Q$ , м <sup>3</sup> за зміну
	Кількість продукції за зміну, од., $n$	Норма водовідведення на 1 од., м <sup>3</sup> , $q_e$	Середні витрати виробничих стічних вод, м <sup>3</sup> /зм., $Q_v$	Кількість робітників, чол., $N$	Норма відведення побутових стічних вод, м <sup>3</sup> /чол.зм., $q_n$	Середні витрати побутових стічних вод, м <sup>3</sup> /зм., $Q_n$	Кількість робітників, що користуються душем, чол., $N_o$	Кількість працюючих душових сіток, шт., $N_{oc}$	Середня витрата душових стічних вод, м <sup>3</sup> /зм., $Q_d$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	30	2,81	84,3	500	0,025	12,5	400	80	30	126,8
2	20	2,81	56,2	300	0,025	7,5	240	48	18	81,7
$\Sigma$ за добу	50		140,5	800		20,0	400		48	208,5

### 3. Трасування зовнішніх мереж водовідведення.

Каналізаційну мережу звичайно влаштовують самопливною (безнапірною) і проєктують на неповне заповнення. Для того щоб вода протікала з необхідною швидкістю, мережу прокладають із похилом. При малих похилах поверхні землі й великій довжині мережі колектори на кінцевих ділянках мають значне заглиблення, що значно підвищує вартість системи. Економічно доцільно прокласти каналізаційну мережу у водонасичених ґрунтах до глибини 5...6 м. Якщо мережа вже заглиблена до цієї межі, то влаштовують насосні станції перекачки. Станції перекачки влаштовуються також у понижених районах міста.

При трасуванні каналізаційних мереж враховують рельєф місцевості, вертикальне її планування, розміщення водних проток, місць розміщення очисних споруд та скидання стічних вод, гідрогеологічні розрізи за трасами мереж. Розрізняють кілька схем трасування каналізаційної мережі щодо кварталів залежно від рельєфу місцевості й вертикального планування території (рис. 3.1) [2].



**Рис.3.1. Схеми накреслення вуличної каналізаційної мережі щодо кварталів**

*а – охоплююча; б – зі зниженої сторони кварталів, в – черезквартальна*

Збірні колектори трасують уздовж рік і тальвегів (ліній, що з'єднують найбільш знижені ділянки річкової долини, яру). По цих колекторах стічні води побутової або загальносплавної мережі відводять на очисні споруди й після очищення скидають у водойму. Дошову мережу при проектуванні трасують із розрахунку випуску стічних вод у водойму за найкоротшою відстанню. Ґрунтові умови так само впливають на трасування мережі.

*а) Охоплююча* схема застосовується при плоскому рельєфі місцевості (похил поверхні землі до **0,005- 0,007**), великих розмірах

кварталів та відсутності забудови всередині кварталів. Вуличні мережі прокладають проїздами, які охоплюють квартал з усіх сторін.

б) Схема з *пониженого боку кварталу* застосовується при вираженому рельєфі з падінням відміток рівня землі до однієї або до двох граней кварталу (похил поверхні землі більший за *0,008- 0,01*)

в) *Черезквартальна* схема передбачає, що вуличні мережі прокладені всередині кварталів – від вищерозташованих до низчерозташованих, що дозволяє скоротити довжину каналізаційних мереж і вартість їх будівництва.

#### 4. Основи гідравлічного розрахунку.

Метою гідравлічного розрахунку є вибір діаметра і похилу трубопроводу, які забезпечують пропуск розрахункової витрати стічних вод при швидкості, яка не менша за самоочисну для трубопроводу, та наповненні, яке не перевищує регламентованого нормами [табл.6, 5].

Вихідними даними для гідравлічного розрахунку є розрахункові та контрольні витрати стічних вод на ділянках мережі, а також визначені за генпланом довжини ділянок, відмітки і похили поверхні землі.

Виконують гідравлічний розрахунок за допомогою таблиць. При цьому потрібно враховувати, що для кожного діаметра труб встановлені [2] *обмеження швидкості* (мінімальні значення) та *наповнення* (максимальні значення). Найбільші швидкості руху води слід приймати [2] 8 м/с для металевих, 4 м/с для неметалевих труб. Для дощової каналізації допускаються відповідно – 10 і 7 м/с.

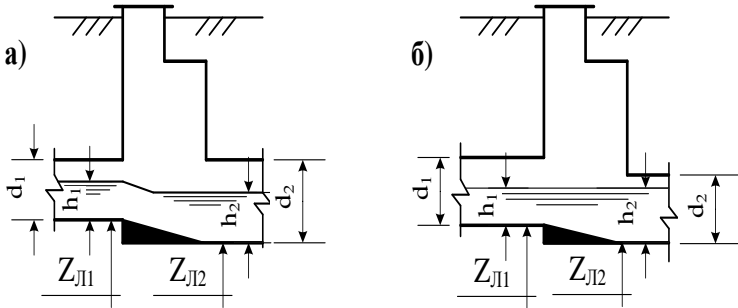
*Мінімальний діаметр* труб вуличної мережі 200 мм [2, 4]. Для таких трубопроводів найменший похил приймають 0,007, а при обґрунтуванні – до 0,005 [2, 4]. Обґрунтуванням застосування зменшеного похилу труб може бути, наприклад, забезпечення швидкості самоочищення.

На початкових ділянках мережі при малих витратах (менших за 5...8 л/с), коли у трубопроводах мінімального діаметра неможливо забезпечити встановлену найменшу самоочисну швидкість, доводиться приймати діаметр  $d=200\text{мм}$  і похил  $i=0,007$ , вважаючи таку ділянку *безрозрахунковою*. На такій ділянці наповнення та швидкість руху води не визначають.

Після вибору діаметра та похилу трубопроводу виконують

його **перевірку** на можливість пропускання контрольної витрати при наповненні не більшому за  $0,95$ . Якщо ця умова не виконується, потрібно збільшити похил  $i$  (або) діаметр, трубопроводу, щоб забезпечити умову перевірки, уточнивши при цьому наповнення та швидкість для розрахункової витрати.

Паралельно з вибором діаметра виконують **висотну ув'язку** труб у колодязях. В інженерній практиці найчастіше використовують два способи з'єднання трубопроводів: **“шелига з шелигою”** та **“за рівнями води”** (рис 4.1).



**Рис. 4.1. Способи з'єднання каналізаційних труб:**  
 а) по верху труб; б) по рівнях води.

Перший метод переважно використовують при з'єднанні труб різного діаметра [2], другий – при з'єднанні труб однакового діаметра. У деяких випадках, коли діаметр наступного трубопроводу менший за діаметр попереднього, доводиться прирівнювати **лотки** труб. Для безрозрахункових ділянок, коли невідомий рівень води в трубопроводі, прирівнюють **рівень лотка безрозрахункової ділянки до рівня води розрахункової**.

При виконанні висотної ув'язки потрібно контролювати можливість **підпору** води, коли горизонт води у відповідному трубопроводі вищий за рівень води у підвідному. В цьому випадку переходять до вирівнювання “за рівнями води”. Слід також уникати **“порогів”**, коли лоток наступної ділянки вищий за лоток попередньої і можливе відкладання осаду на цій перешкоді. В цьому випадку урівнюють лотки труб.

В процесі розрахунків для кожної ділянки визначають відмітки лотків, горизонту води, шелиг труб для початкового та кінцевого вузлів, а також глибину відповідних колодязів. Послідовність розрахунків різна для початкових та середніх ділянок.



Так, для початкової ділянки мережі відома глибина колодязя, тому спочатку визначають відмітку лотка, а далі – горизонт води та відмітка шелиги.

Для середніх ділянок, залежно від способу ув'язки, спочатку визначають відмітку рівня води або шелиги, далі відмітку лотка і глибину колодязя.

Одноименні відмітки у початковому та кінцевому вузлах ділянки відрізняються на величину **перевищення**

$$\Delta H_{mp} = i_{mp} \cdot l, \quad (4.1)$$

де  $i_{mp}$  – похил трубопроводу,

$l$  – довжина ділянки, м.

**Глибину колодязя** визначають як різницю між відмітками поверхні землі та лотка труби. Відмітки горизонту води та лотка труби відрізняються на величину глибини шару води, яку визначають через наповнення  $h/d$  трубопроводу діаметра  $d$ :

$$h = d \cdot h/d \quad (4.2)$$

За результатами гідравлічного розрахунку будують поздовжній профіль колектору мережі відповідно до ДБН А.2.2-3-2012 [1].

Гідравлічний розрахунок каналізаційної мережі полягає в тому, щоб для відомих витрат води слід підібрати діаметр труб і такі похили, при яких швидкість руху потоку була б достатньою для транспортування забруднень, що рухаються з потоком. Рух стічних вод каналізаційними мережами може бути безнапірним або напірним.

Самопливні мережі побутової каналізації розраховують на неповне заповнення труб стічними водами. Це дозволяє створити найбільш вигідні гідравлічні умови транспортування завислих речовин, забезпечити вентиляцію мережі і видалення з неї шкідливих і вибухонебезпечних газів, а також створити деякий резерв поперечного перерізу труби для пропуску непередбачених розрахунком додаткових витрат стічних вод.

*Наповненням* називають відношення висоти шару води в трубі ( $h$ ) до діаметра труби ( $d$ ). Рекомендується приймати такі розрахункові наповнення труб залежно від діаметру труб:

$d$ , мм	150-250	300-400	450-900	$\geq 1000$
$h/d$ , (не більше)	0,6	0,7	0,75	0,8

Для трубопроводів дощової та загальносплавної каналізації

слід приймати повне наповнення труб при максимальних витратах.

При розрахунковому наповненні труб побутової каналізації швидкість руху стоків не повинна бути меншою, ніж:

$d$ , мм	150-200	300-400	450-500	600-800	900-1200	1500
$V_{min}$ м/с	0,7	0,8	0,9	1,0	1,15	1,3

**Приклад 4.** Визначити гідравлічним розрахунком діаметр трубопроводу, похил, наповнення та швидкість руху води на ділянці водовідвідної мережі. Похил поверхні землі  $i_{зем} = 0,0065$ ; заглиблення початку ділянки  $H_n = 2,35$ м; довжина ділянки  $l = 1,95$ м; розрахункові витрати стічних вод  $q_r = 22,2$ л/с ; контрольні витрати  $q_{contr} = 35,2$ л/с. Мінімально можливе заглиблення трубопроводу  $H_{min} = 1,75$ м.

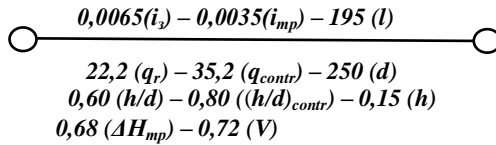
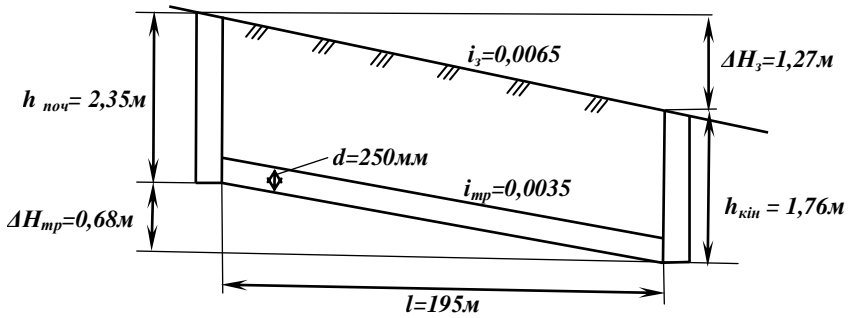
**Розв'язок.** Гідравлічний розрахунок виконуємо за допомогою таблиць. Для розрахункової витрати води  $q_r = 22,2$ л/с вибираємо діаметр трубопроводу  $d = 250$ мм з похилом трубопроводу  $i_{mp} = 0,0035$ , який менший за похил землі, що допустимо при заглибленні, яке перевищує мінімально можливе ( $H_n = 2,35 > H_{min} = 1,75$ ). Наповнення трубопроводу при розрахунковій витраті  $h/d = 0,6$ , при контрольній витраті  $q_{contr} = 35,2$ л/с  $h/d_{contr} = 0,8 < 0,95$ , швидкість руху води  $v = 0,72$ м/с.

Перевіряємо для вибраного діаметру  $d = 250$ мм трубопроводу обмеження швидкості та наповнення. Швидкість має бути не меншою за самоочисну  $0,7$  м/с, а наповнення не більшим за  $0,6$ , наповнення при контрольній витраті води не має перевищувати  $0,95$ . Всі перевірки виконуються, тому переходимо до обчислення висотних позначок:

- глибина води в трубі за формулою 4.2:  $h = 0,25 \cdot 0,6 = 0,15$ м;
- перевищення за формулою 4.1:  $\Delta H_{mp} = 0,0035 \cdot 195 = 0,68$ м;
- перепад рівнів землі:  $\Delta H_{зем} = 0,0065 \cdot 195 = 1,27$ м;
- різниця глибини колодязів початку та кінця трубопроводу (знак «мінус» свідчить про те, що колодязь кінця ділянки має глибину меншу, ніж колодязь початку ділянки):  $\Delta H = \Delta H_{mp} - \Delta H_{зем} = 0,68 - 1,27 = -0,59$ м;
- глибина колодязя в кінці ділянки  $H_k = H_n + \Delta H = 2,35 - 0,59 = 1,76$ м.

Глибина закладання трубопроводу більша за мінімальну  $H_{min} = 1,75$ м, вибір діаметру та похилу трубопроводу виконаний правильно.

Всі отримані дані відображаємо на схемі (рис.4.2).



**Рис.4.2. Схема до гідравлічного розрахунку труби**

## 5. Заглиблення трубопроводів каналізації

Вартість і строки будівництва каналізаційної мережі значною мірою залежать від заглиблення труб, яке призначають можливо мінімальним з врахуванням таких вимог:

- запобігання замерзанню стічних вод в трубах;
- захист труб від механічного пошкодження;
- забезпечення можливості під'єднання до вуличної мережі дворових та внутрішньоквартальних мереж.

Початкове заглиблення вуличної мережі (рис. 5.1) визначають з врахуванням під'єднання дворової або квартальної мережі

$$H = h + i(L + l) - (Z_2 - Z_1) + \Delta d, \quad (5.1)$$

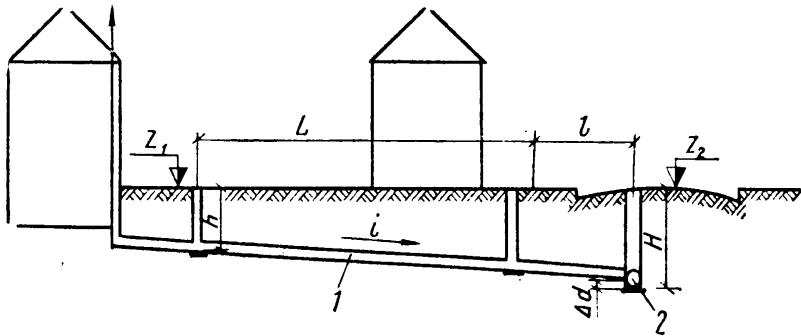
де  $h$  - найменше заглиблення труби у найбільш віддаленому і невідібно розташованому колодязі дворової мережі;

$i$  - похил труб дворової або квартальної мережі;

$(L + l)$  - довжина дворової або квартальної мережі від найвіддаленішого колодязя до місця під'єднання до вуличної мережі;

$Z_2, Z_1$  - відмітки поверхні землі відповідно біля колодязя на вулиці і найвіддаленішого дворового колодязя;

$\Delta d$  - різниця в діаметрах трубопроводів вуличної і квартальної мережі в місці їх з'єднання.



**Рис. 5.1. Схема визначення початкової глибини вуличної мережі:**  
1 - внутрішньоквартальна мережа; 2 - вулична мережа

Мінімальну глибину закладання трубопроводу  $h$ , визначають за найбільшим значенням з отриманих за двома умовами:

- виключення промерзання труб:

$$h_{min} = h_{np} - a, \quad (5.2)$$

де  $h_{np}$  – глибина промерзання ґрунту [5];

$a$  – товщина шару мерзлого ґрунту, яка залежить від діаметра трубопроводу і дорівнює 0,3 м при діаметрах до 500 мм і 0,5 м при більших діаметрах.

- виключення руйнування труб внутрішньоквартальних мереж діаметром  $d$ , м

$$h_{min} = 0,7 + d, \quad (5.3)$$

- виключення руйнування труб під дією зовнішніх навантажень для труб діаметром  $d$ , м, для вуличних мереж:

$$H_{min} = 1,5 + d, \quad (5.4)$$

Розміщення труб в шарі промерзання ґрунту допускається тому, що температура стічних вод не опускається нижче  $7^{\circ}\text{C}$  навіть в найхолодніший період року.

Для попередження від пошкодження каналізаційних мереж наземним автотранспортом, як правило, приймають мінімальне заглиблення труб дворової і квартальної мережі 0,7 м, а вуличних міських мереж - 1,5 м до верху труби.

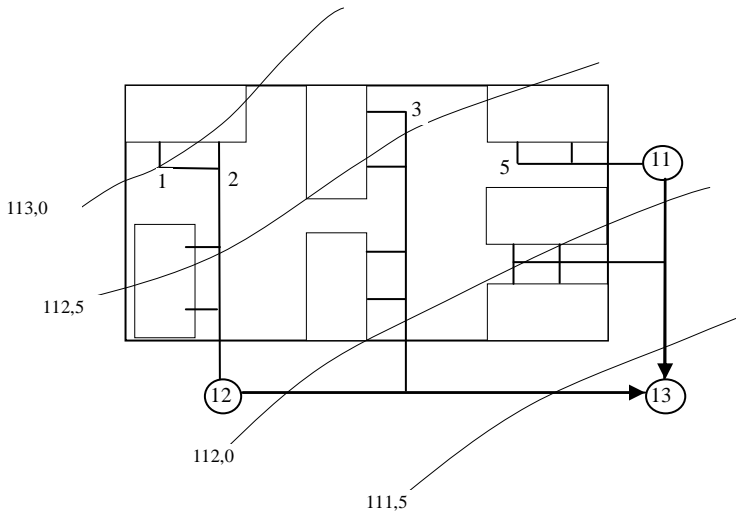
Найбільше заглиблення труб при будівництві відкритим способом приймається в межах 5-8 м залежно від виду ґрунту, рівня стояння

грунтових вод та інших факторів. При закритих способах робіт глибина прокладання практично не обмежується. Однак при цьому слід пам'ятати, що вартість будівництва трубопроводів закритими способами відносно велика і тому слід обмежити заглиблення труб.

Відстань в плані між трубопроводами і підземними частинами фундаментів будинків та іншими підземними спорудами приймається: для напірних трубопроводів - не меншою, ніж 5 м, а для самопливних - 3 м (рис. 5.2). При відкритому способі прокладання трубопроводів ця відстань не повинна бути меншою, ніж визначена за такою формулою:

$$L = h / \operatorname{tg} \alpha + b / 2 + 0,5 \quad (5.5)$$

де  $h$  - відстань по висоті між підшовою фундаменту та лотком труби,  
 $\operatorname{tg} \alpha$  - кут укосу ґрунту (в траншеях без кріплення);  
 $b$  - ширина траншеї, м.



**Рис.5.2.** Розрахункова схема забудови кварталу та дворової мережі

**Приклад 5.** Визначити мінімальне заглиблення самопливної вуличної мережі в м. Рівне (рис.5.2). Діаметр вуличного колектора  $d = 200$  мм.

**Розв'язок.** Знаходимо величини мінімального заглиблення дворової мережі :

- виключення промерзання труб (формула 5.2)

$$h_{\min} = 1,0 - 0,3 = 0,7 \text{ м,}$$

де глибина промерзання ґрунту для м. Рівне 1,0 м [4, рис. 4.4]; товщина шару мерзлого ґрунту дорівнює  $a = 0,3$  м при діаметрі внутрішньої квартальної мережі  $d = 150$  мм.

- виключення руйнування труб під дією зовнішніх навантажень (формула 5.3)

$$h_{\min} = 0,7 + 0,15 = 0,85 \text{ м.}$$

Визначимо  $H_{\min}$  за умови забезпечення приєднання до вуличних трубопроводів внутрішніх квартальних мереж, прийнявши більше значення  $h_{\min} = 0,85 \text{ м}$ . Найгіршим випадком вважаємо приєднання внутрішнього квартального трубопроводу від т.1 до т. 12 вуличної мережі (прокладений з меншими похилами порівняно з трубопроводом від т.3 при приблизно однаковій довжині). Його довжина  $l = 220 \text{ м}$ , відмітка землі на початку мережі (т.1) в кінці (т.12)  $Z_n = 113 \text{ м}$ ,  $Z_k = 112,5 \text{ м}$ . Похил внутрішнього квартального трубопроводу діаметром 150 мм приймаємо  $I_{\min} = 0,008$ .

$$H_{\min} = 0,85 + 0,008 \cdot 220 - (113,00 - 112,150) + 0,12 = 1,88 \text{ м.}$$

Різниця  $\Delta$  відміток лотка внутрішньої квартальної мережі та вуличного трубопроводу  $d = 200 \text{ мм}$  у точці їх з'єднання дорівнює глибині шару води при розрахунковому наповненні  $h/d = 0,6$ :  $\Delta = 0,6 \cdot 0,2 = 0,12 \text{ м}$ .

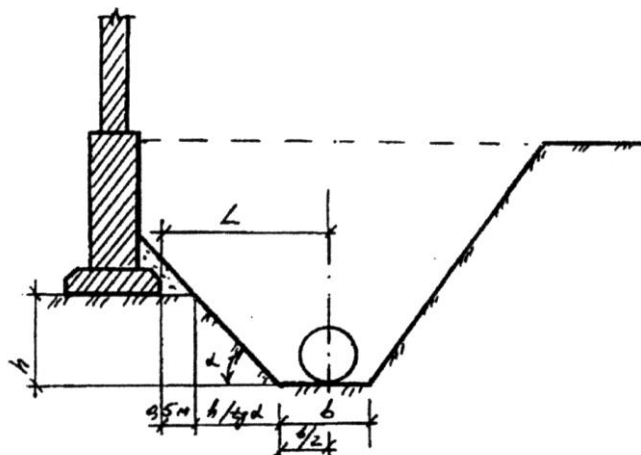
За умови виключення руйнування трубопроводів вуличних мереж під дією зовнішніх навантажень (1,5 м до шелиги):  $H_{\min} = 1,5 + 0,2 = 1,7 \text{ м}$ .

З двох умов вибираємо більше мінімальне значення заглиблення вуличної мережі:  $H_{\min} = 1,88 \text{ м}$ .

При проектуванні та будівництві обов'язково ув'язують прокладання каналізаційних мереж з іншими підземними комунікаціями:

- до теплотрас - 1,0 - 1,5 м;
- до ліній електропередач до 35 кВ - 5 м;
- до ліній електропередач більше 35 кВ - 10 м;
- до дерев цінних порід - 2,0 м;
- до щогл та опор освітлення, зв'язку, контактної мережі - 1,5 м.
- до бортового каменя автодоріг - 1,5 м;
- до краю кювету - 1,0 м;
- до трамвайних та заводських колій - 1,5 м;

- до залізничних колій загальної мережі - 4 м (до осі колій);
- до підшви насипу - не менше глибини траншеї.



**Рис. 5.3. Схема визначення відстані між фундаментом будівлі та водовідвідним трубопроводом**

Мінімальна відстань між водовідвідною мережею та газопроводом при паралельному прокладанні приймається залежно від тиску газу в газопроводі:

- при низькому тиску до 5 кПа - 1,0 м;
- при середньому тиску до 0,3 мПа - 1,5 м;
- при високому тиску до 0,6 мПа - 2,0 м;
- при високому тиску до 1,2 мПа - 5,0 м.

Мінімальна відстань між водовідвідною мережею та водопроводом приймається:

- при паралельному прокладанні на одному рівні та діаметрі водопроводу до 200 мм - не менша за 1,5 м, при більшому діаметрі - не менша за 3 м;
- при прокладанні мереж водовідведення вище від водопроводу на 0,5 м і більше - не менша за 5 м.

При перетинах з водопроводом водовідвідна мережа прокладається нижче від водопроводу не менше, як на 0,4 м.

Довжина захищеної ділянки по обидва боки від перетину приймається: у водонепроникних ґрунтах (глинистих) - не меншою за 3 м, у фільтруючих - 10 м.

## 6. Розрахунок і конструювання напірних трубопроводів

Напірні трубопроводи від каналізаційних насосних станцій прокладають з двох ниток, кожену з яких розраховують на пропускання половини максимальної секундної витрати  $q_{nc}$  стічних вод, які надходять до насосної станції. Розрахунок діаметра  $d$  (м) напірного трубопроводу виконують з урахуванням економічно вигідних швидкостей, які приймають в межах  $v_b = 1,5 \dots 2,5$  м/с:

$$d = \sqrt{\frac{4q_1}{\pi \cdot v_a}}, \quad (6.1)$$

де  $q_1$  – розрахункові витрати одного трубопроводу, м<sup>3</sup>/с.

Для визначення діаметра, швидкості і втрат напору напірних водогонів використовують таблиці для розрахунку напірних трубопроводів.

Напірний трубопровід прокладають з мінімальним заглибленням паралельно поверхні землі. Закінчується напірний трубопровід гасильною або приймальною камерою. В підвищених переломних точках профілю трубопроводів, де накопичується повітря, встановлюють колодязі з вантузами. При значній довжині напірних водоводів-водогонів (понад 1,5 км), на них встановлюють камери переключення, які дозволяють у разі аварії на певній ділянці водоводу виключити з роботи лише цю ділянку, а не весь трубопровід, та зменшити таким чином втрати напору, а отже, витрати електроенергії на перекачку води.

При проходженні стічної води через *дюкери*, які влаштовують при перетинах з перешкодами, що прокладені у виїмці, мають місце втрати напору від тертя при русі води трубопроводом та від місцевих опорів при вході у трубу дюкера, виході з неї, при проходженні через повороти. Втрати напору стічної води при проходженні її через дюкер, визначають

$$\Delta H = i \cdot l + \sum(\xi \cdot v^2 / 2g), \quad (6.2)$$

де  $i$  – питомий опір в дюкері;

$l$  – довжина труби дюкерф, м;

$\xi$  – коефіцієнт опору, що характеризує розмір втрат напору за рахунок місцевих опорів в дюкері;

$v$  – швидкість стічної води в дюкері, яку приймають від 1 до 1,5 м/с;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.



**Приклад 6.** Визначити діаметр напірного дюкера зі сталевих труб на самопливному водовідвідному колекторі, який прокладено у дві нитки, та відмітку лотка відвідного трубопроводу. Відмітка лотка підвідного трубопроводу у вхідній камері –  $Z_1 = 133,5$  м, розрахункові витрати води –  $q = 155$  л/с, місцеві опори: вхід у трубу – 1шт. ( $\xi = 0,1$ ), засувки – 1шт. ( $\xi = 0,05$ ), відводи – 5шт. ( $\xi = 0,07$ ), коліна – 5шт. ( $\xi = 0,98$ ), довжина ділянки трубопроводу  $l = 140$  м. Швидкість стічних вод у самопливному трубопроводі на вході в дюкер:  $v_m = 1,0$  м/с.

**Розв'язок.** Відмітка лотка  $Z_2$  відвідного трубопроводу дорівнює різниці відмітки підвідного трубопроводу та втрат напору на тертя та в місцевих опорів (формула 6.2.):

$$Z_2 = Z_1 - \Delta H.$$

Для обчислення втрат напору необхідно спочатку визначити діаметр трубопроводу  $d$ , фактичну швидкість стічної води у трубі  $v_\phi$ , питомий опір в дюкері, суму коефіцієнтів місцевих опорів  $\sum \xi$ .

Напірний дюкер прокладений у дві нитки, діаметр його розраховуємо на пропускання половини розрахункової секундної витрати:

$$q_d = q / 2 = 155 / 2 = 77,5 \text{ л/с} = 0,075 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Швидкість у дюкері приймаємо  $v_d = 1,0 \dots 1,5$  м/с.

Діаметр дюкеру:

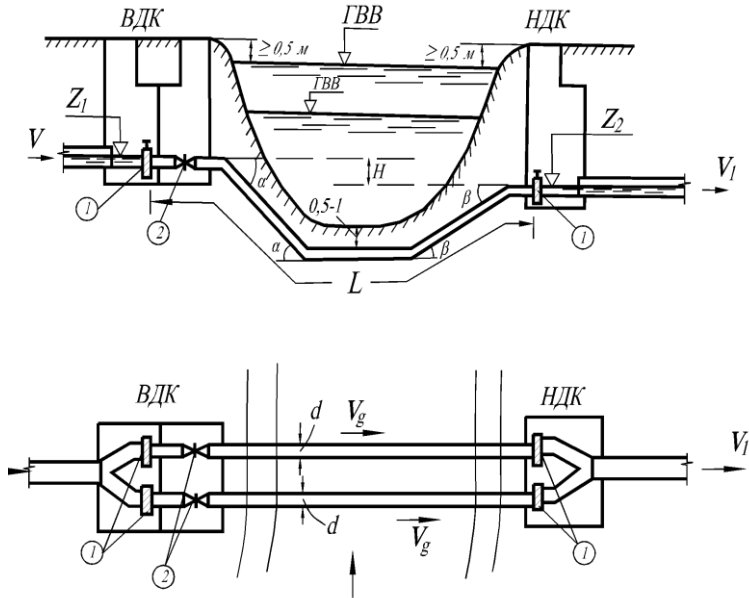
$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,075}{3,14 \cdot 1,0}} = 0,314 \text{ м}.$$

Приймаємо діаметр однієї нитки сталевого напірного трубопроводу  $d = 324 \times 7$ , внутрішній діаметр  $d_{\text{вн}} = 310$  мм. Фактична швидкість:

$$v_\phi = 4 \cdot 0,075 / (3,14 \cdot 0,31^2) = 1,03 \text{ м/с}.$$

Швидкість повинна бути не менша, ніж швидкість на вході в дюкер  $v_n = 1,0$  м/с. Умова виконана.

Для вибраного діаметру, витрати та швидкості води з таблиць [3] знаходимо значення *питомого опору* в дюкері  $i = 0,006$ .



**Рис.6.1. Розріз та план дюкеру:**

1 – заслінка (шибер) у вхідній (ВДК) та вихідній (НДК) камері дюкеру, 2 – засувка у вхідній камері дюкеру.

Суму коефіцієнтів місцевих опорів визначаємо відповідно до вихідних даних

$$\sum \zeta = 1 \cdot 0,1 + 1 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,07 + 5 \cdot 0,98 = 5,4.$$

Розрахункові втрати напору ( формула 6.2):

$$\Delta H = 0,006 \cdot 140 + 5,4 \cdot 1,03^2 / (2 \cdot 9,8) = 1,13 \text{ м.}$$

Відмітка лотка відвідного трубопроводу:

$$Z_2 = 133,50 - 1,13 = 131,92 \text{ м.}$$

## 7. Самостійна робота

Самостійна робота студента є основним засобом засвоєння навчального матеріалу в час, вільний від обов'язкових навчальних занять. Пізнавальна діяльність студентів у процесі виконання самостійної роботи характеризується високим рівнем самостійності та сприяє залученню студентів до творчої активності. Підсумком самостійної роботи від вивчення навчальної дисципліни «Водопостачання і водовідведення» є самостійне опрацювання рекомендованих тем.

### Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми
1	Труби для каналізаційних мереж
2	Експлуатація каналізаційних мереж
3	Внутрішнє водовідведення каналізаційних стоків

Підсумком самостійної роботи над вивченням навчальної дисципліни є складання письмового звіту за темами, вказаними вище. Звіт оформлюється на стандартному папері формату А4 (210 x × 297мм) з одного боку. Поля: верхнє, праве, ліве – 20 мм, нижнє – 22 мм. У тексті повинні бути зазначені посилання на використану літературу. Звіт може бути рукописним або друкованим і виконується українською мовою. На титульній сторінці звіту мають бути зазначені назва кафедри, навчальна дисципліна, прізвище та ініціали здобувача вищої освіти, група, прізвище та ініціали викладача, який приймає роботу, посада. Загальний обсяг звіту – 6-8 сторінок. Звіт включає план, основну частину, висновки, список використаної літератури та додатки (за необхідності). Захист звіту про самостійну роботу проводиться у терміни, спільно обумовлені викладачем і здобувачем вищої освіти.

## ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина 1. Проектування. Частина П. Будівництво. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2012.
2. Шадура В. О., Кравченко Н. В. Водопостачання та водовідведення : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2018. 343 с.
3. Охримюк Б. Ф. Водовідведення та очищення стічних вод. Ч. 1. Водовідвідні мережі і споруди. Рівне : РДТУ, 1999. 245 с.
4. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 128 с.
5. ДСТУ Н Б В.1.1-27-2010. Будівельна кліматологія. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2010. 136 с.
6. Методичні вказівки до практичних занять з навчальної дисципліни «Водопостачання та водовідведення» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійними програмами спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» усіх форм навчання / Орлова А. М., Мартинов С. Ю. Шадура В. О. Рівне : НУВГП, 2020 58 с.
7. Методичні вказівки до практичних занять з навчальної дисципліни «Водовідведення (мережі)» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Водопостачання та водовідведення» / Т. В. Вижевська. Рівне : НУВГП, 2019. 39 с.