

Міністерство освіти і науки України
Інженерний навчально-науковий інститут
Запорізького національного університету

О. Г. Добровольська

КАНАЛІЗАЦІЙНІ МЕРЕЖІ

Методичні вказівки до практичних занять
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-професійної
програми
«Міські інженерні мережі»

Затверджено
вченою радою ЗНУ
Протокол №_ від
_____ р.

Запоріжжя
2021

УДК 628.1/.2(075)

Д 560

Добровольська О. Г. Каналізаційні мережі : методичні вказівки до практичних занять для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» за освітньо-професійною програмою «Міські інженерні мережі». Запоріжжя : ЗНУ, 2021. 106 с.

В рукопису подано в систематизованому вигляді стислий виклад практичних занять дисципліни «Каналізаційні мережі», теоретичні основи проектування каналізаційних інженерних мереж на території населених міст; нормативні документи з влаштування та прокладання мереж каналізації, зроблено акцент на устрої міських інженерних мереж і споруд, що на них влаштовуються для забезпечення надійної експлуатації, способах прокладання, особливостях розміщення мереж різного призначення у підземному просторі. Містить ілюстративний (рисунок, схеми) і табличний матеріали.

Для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», які навчаються за освітньо-професійною програмою «Міські інженерні мережі».

Рецензенти:

В. А. Банах, доктор технічних наук, професор, проректор з науково-педагогічної роботи та технічної освіти Запорізького національного університету

Є. А. Манідіна,

кандидат технічних наук, доцент кафедри прикладної екології та охорони праці Запорізького національного університету

Відповідальний за випуск

А. В. Банах, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри міського будівництва і архітектури

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	2
Практичне заняття № 1. Вибір системи водовідведення і розробка схем каналізаційних мереж	3
Практичне заняття № 2 Трасування мереж водовідведення.....	5
Практичне заняття № 3. Визначення розрахункових витрат стічних вод по районах міста та промислових підприємств.....	11
Практичне заняття № 4. Визначення розрахункових витрат стічних вод по ділянках мережі	16
Практичне заняття № 5. Основи гідравлічних розрахунків мереж каналізації .	18
Практичне заняття № 6. Гідравлічний розрахунок мережі та побудова поздовжнього профілю	23
Практичне заняття № 7. Розрахунок дощової мережі	29
Практичне заняття № 8. Розрахунок розподільчої камери	33
Практичне заняття № 9. Проектування та розрахунок дюкеру	39
Практичне заняття № 10. Конструювання колодязів	42
Практичне заняття № 11. Проектування та розрахунок випусків.....	45
Рекомендована література	47
Додаток А. Форма таблиці розрахункових витрат по районах населеного пункту	48
Додаток Б. Форма таблиці розрахункових витрат стічних вод підприємства	48
Додаток В. Форма відомості розрахункових витрат по ділянках мережі	49
Додаток Г. Форма відомості гідравлічного розрахунку	49
Додаток Д. Форма відомості розрахунку дощової мережі.....	50
Додаток Е. Значення параметрів γ , q_{20} , m_r , n для населених пунктів України	51

В С Т У П

Практичні заняття направлені на поглиблення теоретичних знань і придбання навичок рішення практичних задач, які виникають при проектуванні та експлуатації систем каналізації й споруд.

Рішення задач у процесі вивчення курсу “Каналізаційні мережі” дозволяє уявити логічні взаємозв’язки між окремими характеристиками елементів систем каналізації, допомагає вивченню закономірностей, що визначають роботу системи, дає можливість глибше вивчити нормативну та довідкову літературу з дисципліни, і допомагає студентам придбати необхідний досвід для самостійного виконання курсового проекту.

Методичні вказівки складені у відповідності до діючого навчального плану й охоплюють основні розділи курсу. Методичні вказівки призначені для студентів денної та заочної форм навчання.

Практичне заняття № 1

Вибір системи водовідведення і розробка схем каналізаційних мереж

Питання для повторювання

1. Поняття системи каналізації.
2. Техніко-економічне та санітарно-гігієнічне порівняння систем каналізації.
3. Умови вибору систем каналізації.
4. Вибір схем каналізації.

Задача 1.1. Вибрати систему каналізації населеного пункту з кількістю мешканців 150 тис. чол., що розташований на пласкій місцевості. Поблизу міста протікає потужна ріка. Розрахункова інтенсивність дощу $q_{20}=90$ л/с га. Житлова забудова обладнана водопроводом холодної та гарячої води, каналізацією.

Задача 1.2. Вибрати систему каналізації для населеного пункту, що розташований у районі з розрахунковою інтенсивністю дощу $q_{20}=70$ л/с га. Інші характеристики аналогічні наведеним у завданні 1.1.

Задача 1.3. Розрахункова інтенсивність дощу $q_{20}=65$ л/с га. Річка протікає територією населеного пункту і використовується в культурно-побутових цілях. Інші характеристики наведені в задачі 1.1. Вибрати систему каналізації.

Задача 1.4. Населений пункт розташований у місцевості, що має суттєвий уклон до річки ($i=0,005$). Забудова багатоповерхова. Кількість населення – 200 тис. чол.. Інтенсивність дощу $q_{20}=75$ л/с га. Процеси самоочищення в річці досить інтенсивні. Вибрати варіанти систем і схем каналізації.

Задача 1.5. Великий населений пункт із числом мешканців біля 1 млн. чол., поблизу якого протікають 2 невеличкі річки, що використовуються для культурно-побутових цілей та питного водопостачання, розташований на сильно пересіченій місцевості із пагорбами. Розрахункова інтенсивність дощу

$q_{20}=60$ л/с га. Система каналізації комбінована (загально-сплавна та повна розподільна). Запропонувати варіант системи і схеми каналізації для її реконструкції.

Задача 1.6. Населений пункт розташований на місцевості, що круто знижується до великої річки із сильною течією. Забудова виконана терасами. Визначити найбільш доцільні систему та схему каналізації.

Для розв'язання цих задач слід додержуватись рекомендацій [4] щодо вибору систем каналізації, орієнтуючись на: кліматичні характеристики місцевості (q_{20}); гідрологічні та санітарно-гігієнічні характеристики річки-приймальника стічних вод; категорію водовикористання річки (питне, культурно-побутове, рибогосподарське тощо). Слід також урахувати вимоги [4] щодо очищення не менш за 70% поверхневого стоку.

При визначенні схеми каналізації в першу чергу орієнтуються на рельєф місцевості та прийняту систему каналізації.

Так, у задачі №1.1 вибір системи каналізації однозначно визначається кліматичною характеристикою, а в задачі 1.3 – кліматичною характеристикою та характером водокористування .

Задачі 1.2 і 1.4 не такі однозначні і потребують більш детального розгляду з аналізом варіантів загально-сплавної та повної розподільної систем каналізації.

Вибір схем каналізації в задачах 1.5 та 1.6 визначається переважно рельєфом місцевості.

Рекомендована література: [1,2].

Практичне заняття № 2

Трасування мереж водовідведення

Питання для повторювання

1. Визначення трасування.
2. Головні принципи трасування.
3. Заходи трасування.
4. Поняття диктуючої точки.

Задачі 2.1...2.8. Провести трасування каналізаційних мереж та обґрунтувати прийняті рішення. Район складається із промислової зони (1...6 квартали) та житлової забудови (7...14 квартали).

Методика рішення

1. Ретельно проаналізувати рельєф місцевості, визначити напрямки природного стоку.
2. Завжди застосовувати принципи трасування: повне охоплення об'єкта каналізування самопливною мережею мінімальної довжини та мінімального заглиблення, для чого порівнювати довжини окремих ділянок мережі, їхні можливі уклони (орієнтуючись приблизно на уклон місцевості).
3. Користуватись засобами трасування, що дозволяють виконувати принципи трасування:

3.1. Ураховуючи, що уклон приблизно дорівнює $\iota = \frac{1}{d}$, трубопроводи більшого діаметру можна укласти на місцевості з малим уклоном, наприклад, вздовж берега річки.

3.2. Визначити диктуючу точку та диктуючий напрямок, що визначають кінцеве заглиблення мережі. Диктуюча точка – це найбільш віддалена та найнижче розташована точка відносно гирла мережі.

4. На пласкій місцевості використовувати принцип зустрічних колекторів.
5. Збільшувати, по-можливості, витрати стічних вод на початкових ділянках мережі, що дозволить збільшити діаметр та зменшити уклон і заглиблення.

Рішення

Задача 2.1. Місцевість із плавним уклоном до річки на північ. Диктуючою є т.9, бо вона знаходиться приблизно на однаковій відстані від гирла колектора, що й т. 18, але значно нижче останньої.

Відстань від підприємства 2 до т. 8 або т. 15 приблизно однакова. Приєднання його у т. 8 дозволяє збільшити діаметр головного колектора і відповідно зменшити уклон, що дуже суттєво в даних умовах.

Колектори житлової забудови мають малий діаметр і розташовані на майже пласкій місцевості. Для зменшення їхнього заглиблення застосований прийом зустрічних колекторів.

Задача 2.2. Місцевість із плавним уклоном до річки на схід. Диктуюча точка 7. Головний колектор 1...7. Підприємства 2 та 6 прилучені до головного колектора виходячи з рельєфу місцевості, хоча відстань від П6 до бічного колектора дещо менша, ніж до головного.

Задача 2.3. У цьому прикладі диктуюча точка втрачає свій сенс, бо в наявності надлишкові уклони.

Головний колектор 1-8, бо він є транзитним для всіх інших. У трасуванні широко застосований прийом зустрічних колекторів.

Задача 2.4. По центральній частині з півдня на північ проходить низина. Схема трасування подібна до задачі 2.3.

Задача 2.5. По центральній частині в напрямку південь-північ проходить узвишшя, що поділяє район на два басейни. Відповідно маємо два басейнові колектори, з них головний 1 - 8. Схема нагадує схему в задачі 2.2 із відхиленнями, що обумовлені рельєфом.

Задача 2.6. Низина в центрі розділяє промислову та житлову зони. Головний колектор доцільно провести по низині, до якого безпосередньо прилучені підприємства. Житлова забудова виділена в окремий басейн. Принцип зустрічних колекторів не застосовується як недоцільний.

Задача 2.7. Житлова та промислова зони розділені узвишшям. Схема має 2 головних колектори. Диктуючою точкою є т. 7.

Задача 2.8. Місцевість без уклону, пласка. Найдоцільніший прийом трасування— найкоротшим шляхом.

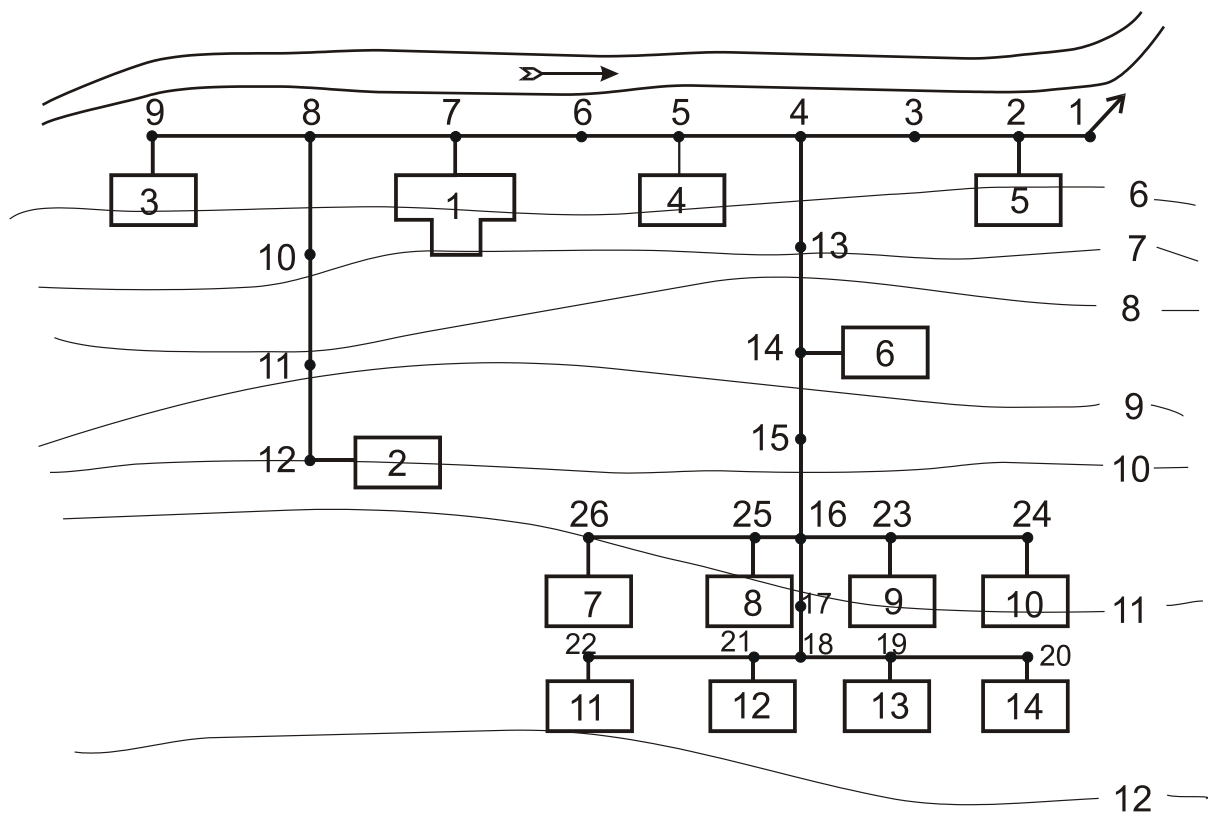


Рис. 1

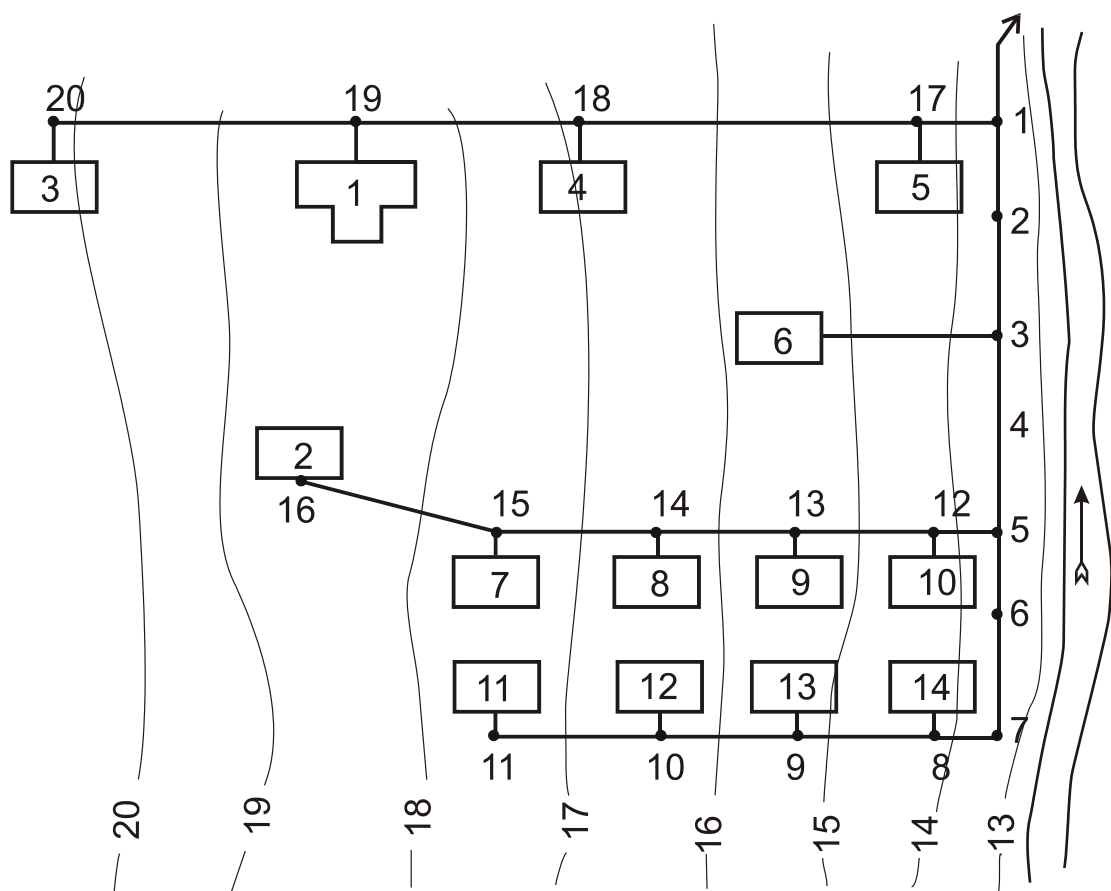


Рис. 2

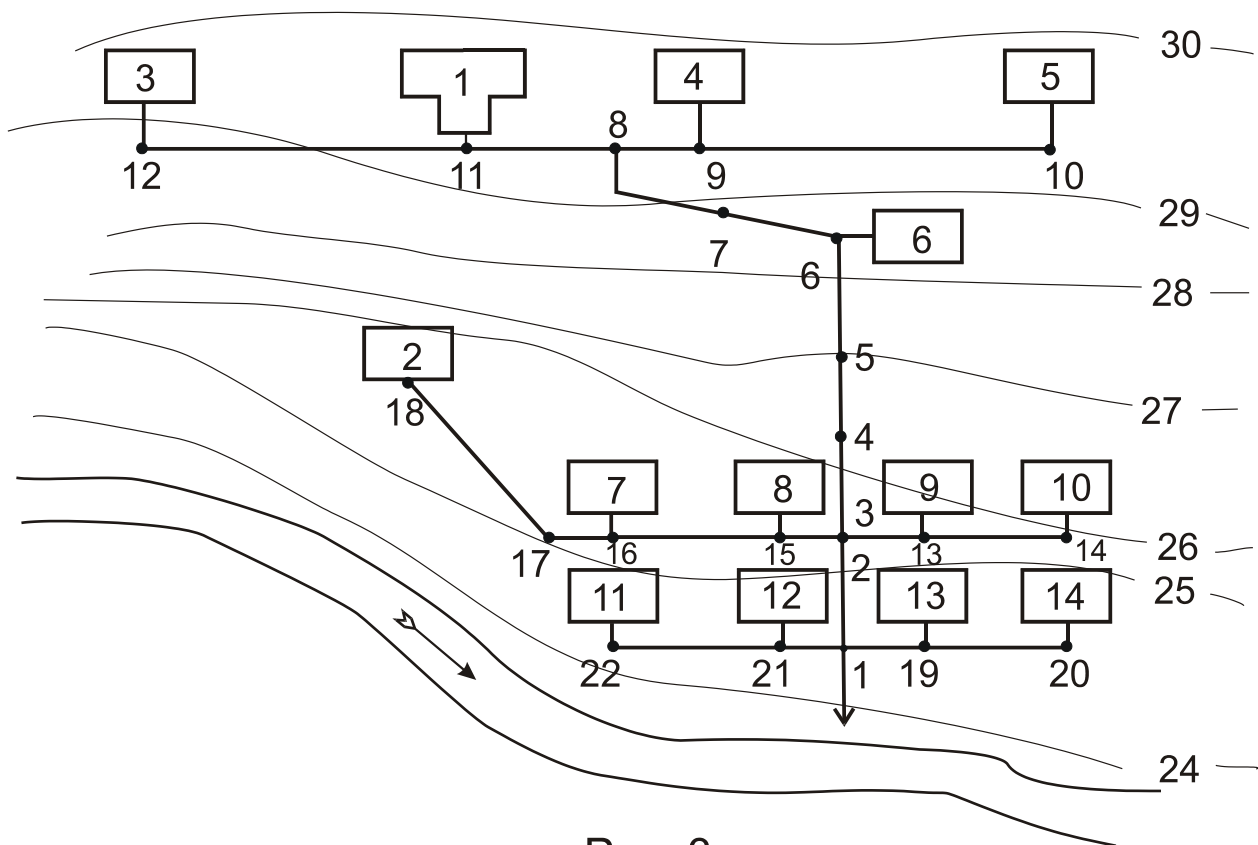


Рис. 3

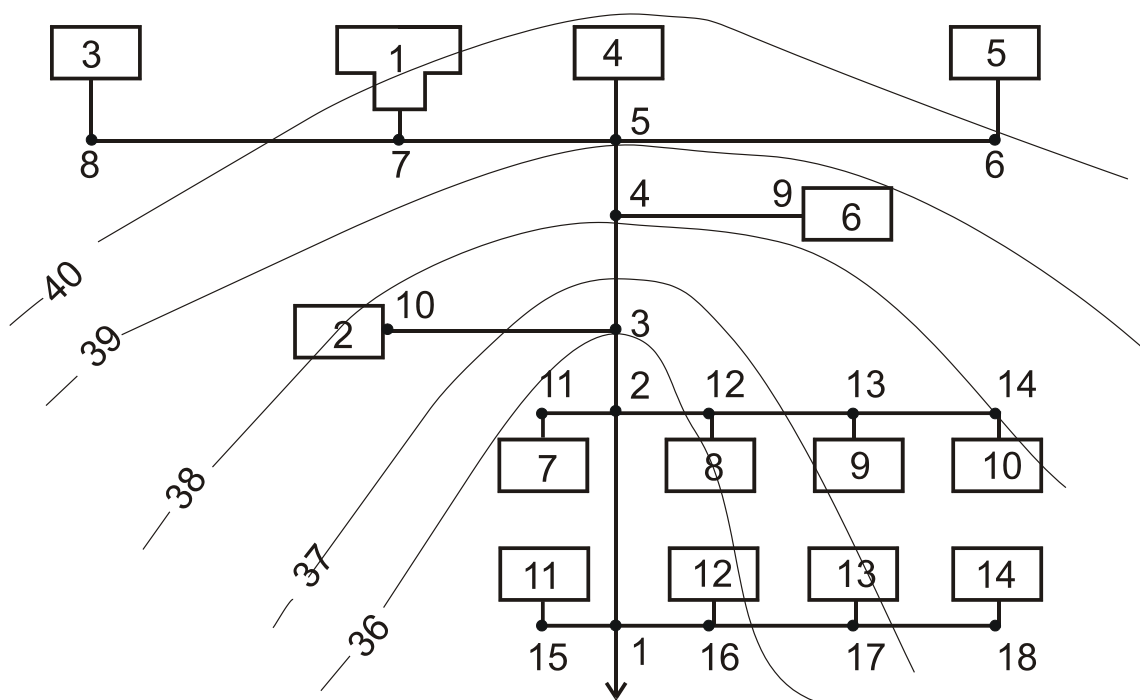


Рис. 4

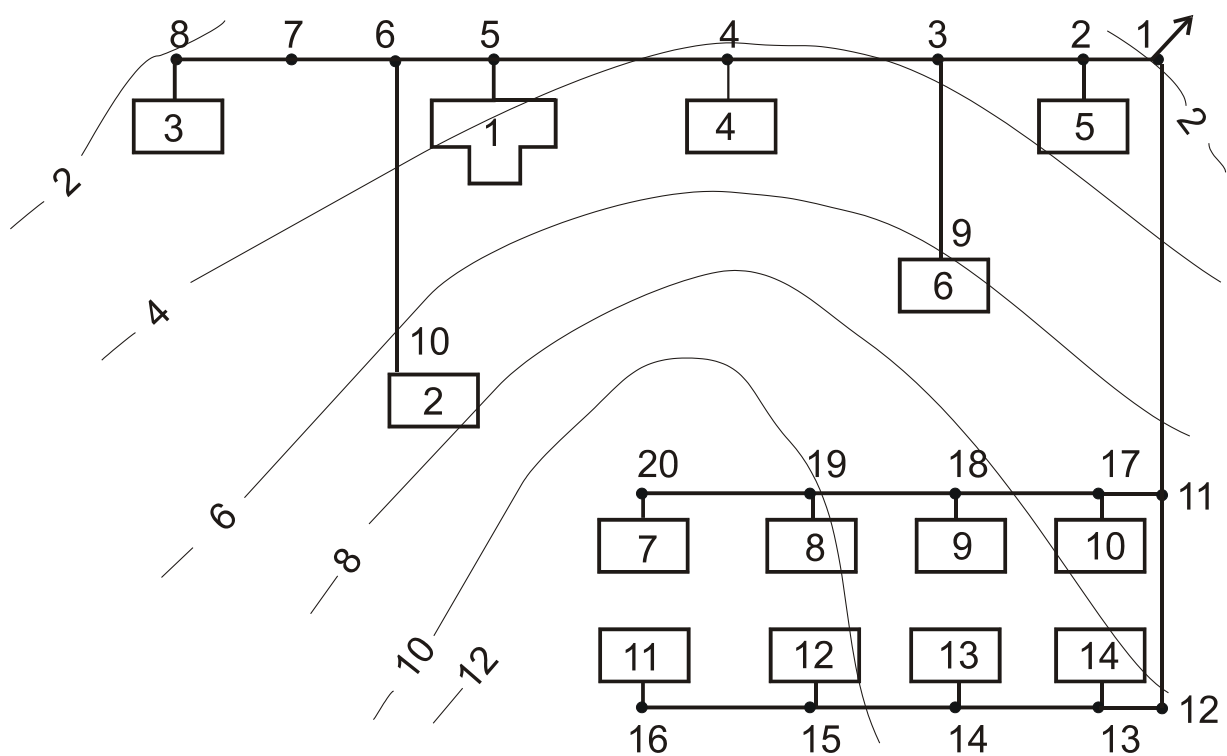


Рис. 5

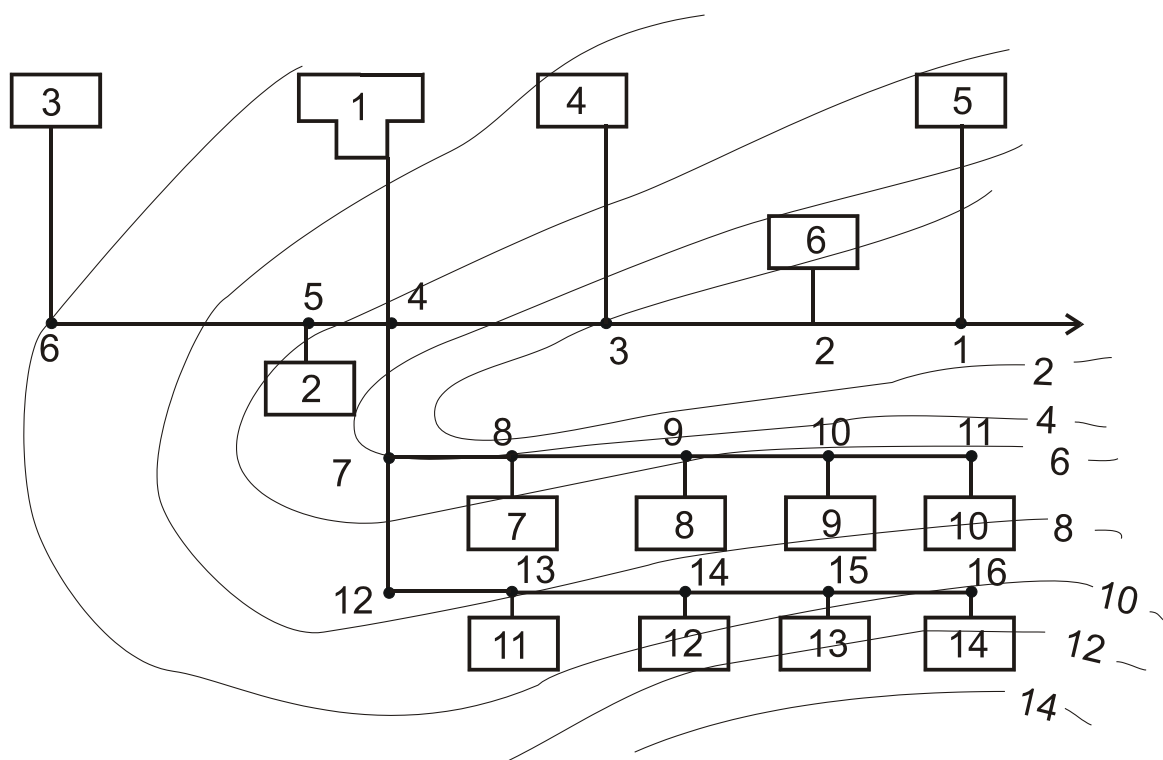


Рис. 6

Практичне заняття № 3

Визначення розрахункових витрат стічних вод по районах міста та промислових підприємств

Питання для повторювання

1. Визначення середніх та максимальних витрат стічних вод за добу, годину, секунду від населеного пункту.
2. Визначення витрат побутово-господарських стічних вод підприємства.
3. Визначення витрат стічних вод від прийому душу.

Задача 3.1. Визначити середні та розрахункові витрати побутових стічних вод населеного пункту, що приведений на рис. 9. Вихідні дані по районах наведені в табл. 1.

Рішення

1. Визначити площу F_i сельбищних територій по районах.
2. Розрахувати кількість населення по районах N_1 та N_2 , і по місту N .

$$N_i = P_i \times F_i;$$

$$N = \sum N_i$$

3. Визначити середні витрати стічних вод по районах Q_i та по місту Q

$$\text{а) за добу} \quad Q_{i.\text{доб}} = \frac{N_i \times n_i}{1000}; \quad Q = \sum Q_i$$

$$\text{б) за годину} \quad Q_{i.\text{год}} = \frac{Q_{i.\text{доб}}}{24};$$

$$\text{в) за секунду} \quad q_i = \frac{Q_{i.\text{год}}}{3,6};$$

4. По [4] визначити коефіцієнти нерівномірності K_i по районах та по місту K .
5. Визначити розрахункову (максимальну секунду) витрату стічних вод

$$q_i = q_i \times K$$

Результати розрахунків звести в таблицю (додаток А).

Задача 3.2. Розрахувати витрату господарсько-побутових стічних вод підприємства, що працює в три зміни тривалістю кожна 8 годин.

Вихідні дані у табл. 2.

Рішення

1. Визначити кількість працюючих у зміну в гарячому та холодному цехах (N_r та N_x).

2. Визначити середню витрату стічних вод за зміну

$$Q_{зм} = N_r \times 45 + N_x \times 25$$

3. Визначити витрату стічних вод за годину

середня
$$Q_{год} = \frac{Q_{зм}}{8}$$

максимальна
$$Q_{год} = \frac{N_r \times 45 \times 2,5 + N_x \times 25 \times 3}{8}$$

4. Визначити витрату стічних вод за секунду (розрахункову)

$$q = \frac{Q_{год}}{3,6}$$

Задача 3.3. Розрахувати витрату стічних вод від прийому душу працівниками підприємства. Кількість працюючих у гарячих та холодних цехах – див. задачу 3.2. Прийняти навантаження на одну душову сітку у гарячих цехах – 3 чол.; у холодних – 15 чол.

Рішення

1. Кількість душових сіток

$$m = \frac{N_r}{3} + \frac{N_x}{15}$$

2. Секундна витрата стічних вод

$$q = \frac{500 \times m}{3600}, л/с$$

3. Витрата стічних вод за зміну

$$Q_{зм} = \frac{500 \times m \times 45}{60 \times 1000}, м^3$$

Результати розрахунків по задачах 3.2 та 3.3 звести в таблицю за формою додатку. Б.

Рекомендована література [1, 2, 4].

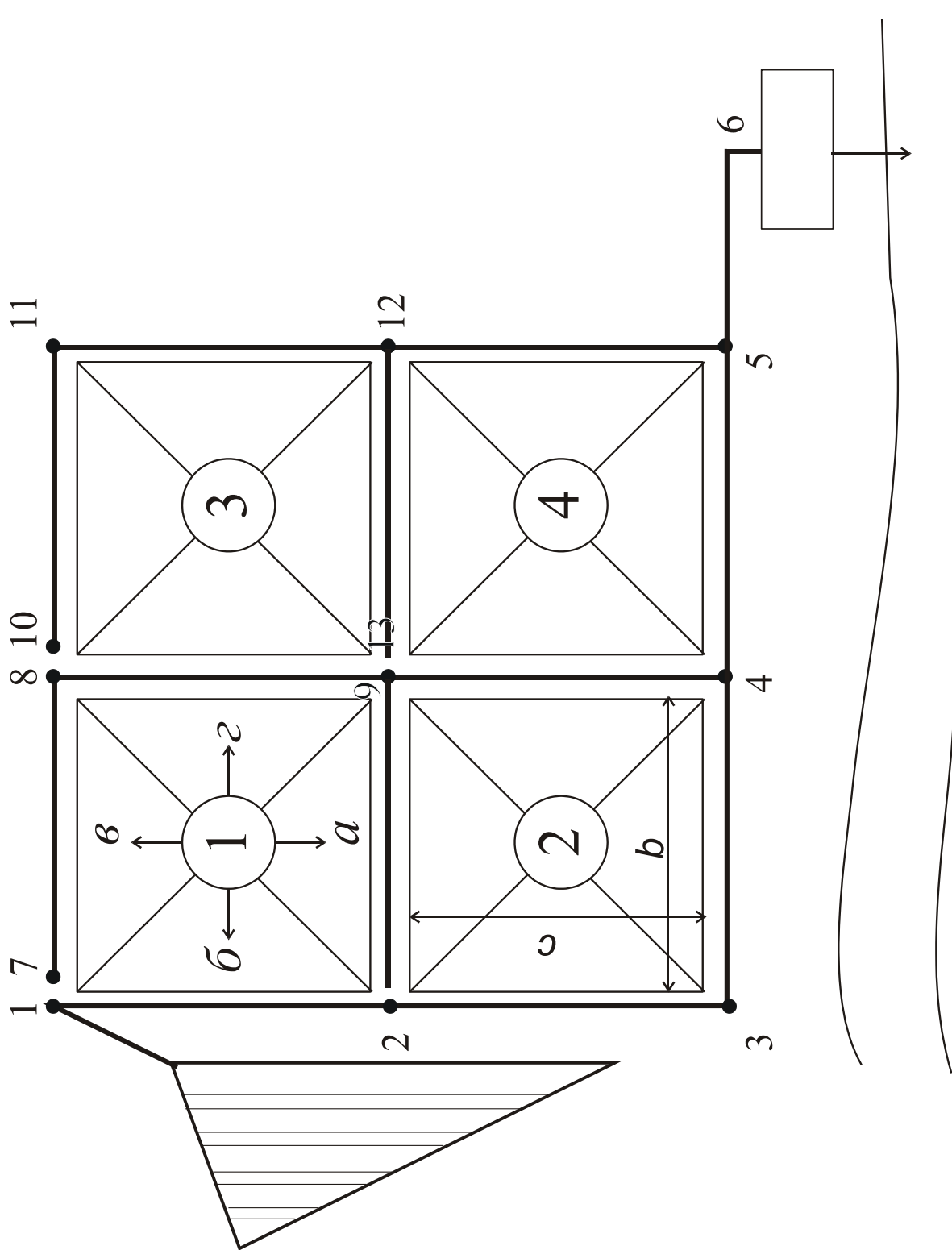


Рис. 9 Генеральный план населенного пункта

Таблиця 1 – Характеристика населеного пункту*

№ варіанта	Заселеність, Р, люд/га		Норма водовідведення, л/доб·люд		Розміри кварталів, м			
					І р-н		ІІ р-н	
	І р-н**	ІІ р-н	І р-н	ІІ р-н	в	с	в	с
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	450	260	410	150	250	200	1000	500
2	460	290	430	160	300	250	950	500
3	440	300	340	170	500	200	900	500
4	430	320	350	180	500	250	850	500
5	420	310	360	190	500	300	800	500
6	410	300	370	150	500	350	750	500
7	400	290	380	180	500	400	700	500
8	340	280	400	130	500	450	650	500
9	390	260	410	120	500	500	600	500
10	380	250	320	100	550	500	550	500
11	370	280	420	200	600	500	500	500
12	360	300	410	150	650	500	500	450
13	350	110	400	160	700	500	500	400
14	340	120	390	170	750	500	500	350
15	330	130	380	180	800	500	500	300
16	320	140	370	190	850	500	500	250
17	310	150	360	200	900	500	500	200
18	300	160	350	210	950	500	300	250
19	290	170	340	220	1000	500	250	200
20	280	180	330	230	875	600	300	250
21	270	190	320	240	1000	550	500	200
22	260	200	310	250	1000	575	500	250
23	250	210	300	260	1000	600	500	300
24	240	220	290	240	1000	625	500	350
25	230	230	280	220	1000	650	500	400
26	220	240	270	200	1000	675	500	450
27	210	250	260	180	1000	700	500	500
28	200	260	250	160	1000	725	550	500
29	190	270	240	140	1000	750	600	500
30	420	280	230	130	1000	775	650	500

* Довжину ділянки прийняти на 30 м більшою за довжину відповідного кварталу

** До першого району належать квартали 1, 2; до другого – 3, 4.

Таблиця 2 - Характеристики підприємства

№ варіанту	Всього працівників у зміну	Відсоток зайнятих у гарячих цехах, %	№ варіанту	Усього працюючих у зміну	Відсоток зайнятих у гарячих цехах, %
1	1000	38	16	2500	23
2	1100	37	17	2600	22
3	1200	36	18	2700	21
4	1300	35	19	2800	20
5	1400	34	20	2900	19
6	1500	33	21	3000	18
7	1600	32	22	3100	17
8	1700	31	23	3200	16
9	1800	30	24	3300	15
10	1900	29	25	3400	14
11	2000	28	26	3500	13
12	2100	27	27	3600	12
13	2200	26	28	3700	11
14	2300	25	29	3800	10
15	2400	24	30	3900	9

Практичне заняття № 4

Визначення розрахункових витрат стічних вод по ділянках мережі

Питання для повторювання

1. Розрахункові період, населення, витрата.
2. Норми водовідведення, коефіцієнти нерівномірності.
3. Модуль стоку або питома витрата.

Задача: Визначити розрахункові витрати стічних вод по ділянках мережі (рис. 9). Вихідні дані в таблицях 2 та 3. Місцевість пласка.

Рішення

1. Проаналізувати прийняту схему трасування. Ураховуючи, що місцевість пласка, за диктуючу приймаємо найвіддаленішу точку І. Для зменшення уклонів стічні води підприємства доцільно підвести у т. 1.

2. Визначити питомі витрати стічних вод по районах

$$q_0 = \frac{n \times P}{86400}$$

3. Подальші розрахунки вести в табличній формі “Відомість розрахункових витрат” (додаток В).

3.1 Записати номери ділянок у стовпчик І, номери кварталів у ст. 2 та 3, а площі стоків – у ст. 4, 5.

3.2 Записати модуль стоку відповідного району у ст. 6.

3.3 Розрахувати середні витрати стічних вод, перемножуючи модуль стоку на площу відповідного стоку $\bar{q} = q_0 \times F$. Транзитна витрата з'являється тільки на другій ділянці.

3.4 Загальна середня витрата (ст. 10) є сума попутної, бічної і транзитної витрат (ст. 7, 8, 9).

3.5 По [4], використовуючи інтерполяційні формули, для розрахункової середньої витрати (ст. 10) визначають коефіцієнт нерівномірності K , значення якого вносять у ст.11.

$$K = K_1 + \frac{K_2 - K_1}{\overline{q_2} - \overline{q_1}} \times (\overline{q} - \overline{q_1})$$

де $\overline{q_1}, \overline{q_2}$ - найближчі відповідно менша і більша за розраховану середню витрату \overline{q} табличні витрати;

K_1, K_2 - табличні значення коефіцієнтів нерівномірності для витрат $\overline{q_1}, \overline{q_2}$.

3.6 Розрахункову витрату стічних вод від житлової забудови визначають, перемножуючи середню витрату (ст.10) на коефіцієнт нерівномірності (ст.11). Отримане значення вносять у ст.12.

$$q = \overline{q} \times K$$

3.7 У ст.13 вносять зосереджену витрату стічних вод від підприємства.

3.8 Загальна розрахункова витрата є сумою розрахункових витрат (ст.13 та 14).

4. Перевірити правильність розрахунків, порівнюючи отримані дані з результатами практичного заняття № 4. Рекомендована література [1, 2, 4].

Практичне заняття № 5

Основи гідравлічних розрахунків мереж каналізації

Питання для повторювання

1. Рівняння нерозривності потоку.
2. Формули Шезі та Павловського.
3. Формули Дарсі та Федорова.
4. Повне рівняння Бернуллі та його скорочена форма для безнапірної рівномірної сталої течії.

Задача 5.1. Замірами на ділянці каналізаційної мережі знайдено, що трубопроводом діаметром d проходить q л/с стічних вод, при цьому ступень наповнювання дорівнює h/d . Визначити, з яким уклоном укладений цей трубопровід.

Задача 5.2. Генеральним планом розвитку передбачається додаткова забудова району. Визначити, чи спроможна каналізаційна мережа діаметром d , що укладена з уклоном i , значення якого визначене в задачі 2.1, прийняти додаткову кількість стічних вод. Показати пропускну здібність цього трубопроводу при граничному заповнюванні.

Задача 5.3. Визначити мінімально-припустимий уклон труби діаметром d для пропускання q л/с стічних вод зі швидкістю, не меншою за самоочищувальну.

Задача 5.4. Вибрати мінімальний стандартний діаметр неметалевої труби для пропускання q л/с господарсько-побутових стічних вод.

Задача 5.5. Визначити, чи можливо збільшити діаметр трубопроводу для пропускання q л/с стічних вод із наповнюваням h/d і, якщо можливо, то наскільки і за яких умов. Вихідні дані до задач наведені в табл. 1.

Методика заняття В аудиторії задачі вирішують із допомогою таблиць [3]. Аналітичне рішення пропонується для домашнього завдання.

Методика рішення

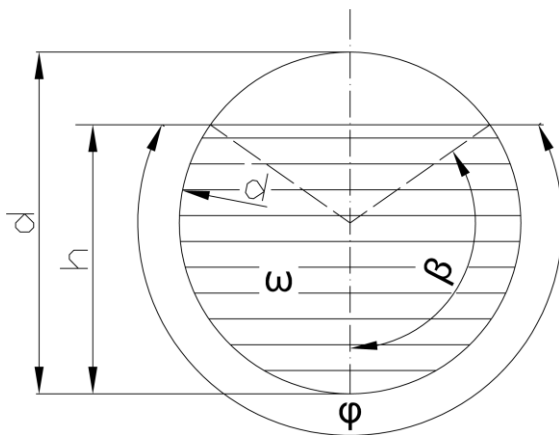
1. Підготовча робота

1.1. По [4] для даного діаметру d визначають граничне заповнювання.

1.2. Самоочищувальну швидкість v_{min} або визначають по [4] в разі рішення за допомогою таблиць, або розраховують при аналітичному рішенні.

1.3. Максимально-припустиму швидкість v_{max} визначають по [4] в залежності від матеріалу труб та виду стічних вод.

2. Алгоритм рішення



Для аналітичного рішення наведених задач слід користуватися відомими формулами із тригонометрії та гідравліки.

2.1. Формула, що пов'язує ступінь наповнювання труби h/d із величиною центрального кута φ

$$\frac{h}{d} = \sin^2 \frac{\varphi}{4} = \frac{1 - \cos \beta}{2}; \quad \varphi = 4 \arcsin \sqrt{\frac{h}{d}}$$

2.2 Змочений периметр через центральний кут φ (радіан) та діаметр, м

$$\chi = \frac{\varphi_{рад} \times d}{4} = \pi d \frac{\beta}{180}; \quad d - \text{діаметр труби, м}$$

2.3 Змочений перетин, м^2

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} \times \frac{\beta}{180} - \frac{\pi d^2}{4} \times \frac{\sin^2 \beta}{2} = \frac{\pi}{4} \left(\frac{\beta}{180} - \frac{\sin^2 \beta}{2} \right) d^2$$

2.4 Гідравлічний радіус, м

$$R = \frac{\omega}{\chi}$$

2.5 Формула нерозривності потоку

$$q = \omega \times v$$

де q - витрата, м³/с;

v - швидкість, м/с.

Для гідравлічних розрахунків можна користуватися формулами Шезі-Манінга (пп. 2.6; 2.7), або Дарсі-Федорова (пп. 2.8; 2.9; 2.10).

2.6 Формула Шезі

$$v = c \times \sqrt{R \times i};$$

i - гідравлічний уклон

2.7 Формула Манінга

$$c = \frac{1}{n} \times R^{1/6}$$

де $n=0,013...0,014$ – коефіцієнт шорсткості

2.8 Формула Дарсі

$$i = \frac{\lambda}{4R} \times \frac{v^2}{2g},$$

де λ - коефіцієнт опору тертя

2.9 Формула Федорова для коефіцієнта λ

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{\Delta}{13,68R} + \frac{a_2}{\text{Re}} \right)$$

де Δ - шорсткість труби, м [4]

a_2 - характер шорсткості [4]

Re - критерій Рейнольдса

2.10 Критерій Рейнольдса, що характеризує режим течії

$$\text{Re} = \frac{4R \times \rho \times v}{\mu}$$

де ρ - густина стічних вод, кг/м³; $\rho \approx 1000$

μ - динамічна в'язкість, Па·с; $\mu \approx 1 \cdot 10^{-3}$

2.11 Формула для самоочищувальної швидкості

$$v_{\min} = a \times \sqrt[b]{R}$$

Числові значення a та b дещо різняться в залежності від автора формули. Найпоширеніша формула Федорова має вигляд

$$\nu_{\min} = 1,57 \times \sqrt[n]{R}; \quad n = 3,5 + 0,5R$$

Рішення за допомогою таблиць

У таблицях наведені дискретні значення параметрів $q; \nu; h/d; i$. Проміжні значення знаходять, користуючись правилами адитивності або пропорційності.

$$q = \omega \times \nu = \omega \times c \times \sqrt{R \times i} = \omega \times R^{0,67} \times \frac{i^{0,5}}{n}$$

Якщо діаметр та ступінь наповнювання незмінні, то

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{\sqrt{i_1}}{\sqrt{i_2}}$$

При незмінному уклоні

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^{0,67}$$

Рекомендована література: [1, 2, 3, 4].

Таблиця 3 – Вихідні дані для практичного заняття №5

№ варіанта	Діаметр d, мм	Витрата q, л / с	Наповню- вання, h/d		№ варіанта	Діаметр d, мм	Витрата q, л / с	Наповню- вання, h/d
1	200	14.6	0.45		16	200	16.1	0.55
2	250	27.4	0.55		17	250	25.5	0.45
3	300	45.3	0.60		18	300	48.6	0.65
4	350	57.3	0.45		19	350	58.1	0.60
5	400	81.0	0.65		20	400	87.5	0.65
6	500	141.0	0.60		21	500	177.3	0.50
7	600	229.2	0.60		22	600	244.7	0.60
8	700	320.1	0.60		23	700	323.9	0.45
9	800	438.5	0.50		24	800	409.1	0.65
10	900	603.3	0.70		25	900	600.9	0.50
11	1000	793.2	0.50		26	1000	930.0	0.65
12	1200	1139.0	0.65		27	1200	1174.0	0.55
13	1500	2130.0	0.65		28	1500	2132.0	0.55
14	2500	6731.0	0.65		29	2500	6793.0	0.60
15	2000	4023.0	0.65		30	2000	3900.0	0.50

Практичне заняття № 6

Гідравлічний розрахунок мережі та побудова поздовжнього профілю

Питання для повторювання

1. Поняття диктуючої точки, гілки, напрямку.
2. Мінімальне та максимальне заглиблення труб.
3. Розрахункові швидкості та уклони. Граничне заповнювання труб.
4. Способи поєднання труб у вертикальному перерізі: по шелигах, по рівнях води, по лотках, з перепадом.

Задача: Виконати гідравлічний розрахунок та побудувати поздовжній профіль.

Вихідні дані:

1. Місцевість пласка, спланована. Позначка поверхні землі $Z_3 = +68,00$ м.
2. Глибина промерзання ґрунтів $h_{np} = 1,0$ м.
3. Довжина дворової мережі $(L+l) = 250$ м.
4. Інші дані в таблицях 2 та 3.

Рішення

1. Приготувати “Відомість гідравлічного розрахунку мережі” за формою додатку Г.

Внести в стовпчики: 1 – номери ділянок; 2 – довжини ділянок; 3 – розрахункові витрати; 10, 11 – позначки поверхні землі на початку та в кінці ділянок.

Побудувати профіль поверхні землі за трасою у вигляді розгортки в масштабі 1:5000 по горизонталі та 1:100 по вертикалі. Позначити розрахункові ділянки.

2. Призначити попередньо діаметр труби і записати його у ст. 4. Призначаючи діаметр, слід пам'ятати, що, по-перше, мінімальний діаметр труби вуличної мережі дорівнює 200 мм; по-друге, що сортамент діаметрів труб залежить від їхнього матеріалу та умов експлуатації (керамічні, азбестоцементні, бетонні, залізобетонні, полімерзалізобетонні, чавунні, пластмасові, безнапірні, напірні).

3. Розрахувати мінімальне заглиблення дворової мережі

$$h \geq h_{np} - (0,3 \dots 0,5)$$

$$h \geq 0,7 + d$$

де h_{np} – глибина промерзання ґрунтів, м;

d – діаметр труби, м;

0,3 – для труб діаметром до 500 мм включно;

0,5 – для труб більшого діаметру.

4. Розрахувати початкове заглиблення вуличної мережі

$$H = h + i(L + l) + Z_1 - Z_0 + \Delta$$

де i – уклон дворової мережі (0,005...0,007);

Z_1, Z_0 – позначки землі біля колодязів відповідно вуличної та дворової мережі, м;

Δ - різниця діаметрів труб вуличної та дворової мережі. Діаметр дворової мережі приймаємо 150 мм;

$L + l$ – довжина дворової мережі, м.

Отримане значення H_n внести у стовпчик 16 та нанести на профіль.

5. Визначити позначки лотка та шелиги труби на початку першої ділянки і записати у стовпчики 12, 14 та нанести на профіль.

$$Z'_{\text{л}} = Z_1 - H'_n$$

$$Z'_{\text{ун}} = Z'_{\text{л}} + d_1$$

Гідравлічний розрахунок ведуть із використанням таблиць [3]. Призначаючи діаметр та уклон труби, слід дотримуватись вимог “СНиП”: швидкість течії стічних вод повинна бути не меншою за самоочищувальну і не більшою за руйнуючу, а наповнювання – не більшим за нормативне.

Крім того, швидкість на наступній ділянці має бути, як правило, не меншою, ніж на попередній. Швидкість може бути зменшена до рівня самоочищувальної у перепадних колодзях або у швидкотоках.

6. Призначити уклон. Ураховуючи плаский рельєф, у даній задачі слід призначити мінімальний уклон

$$i \approx \frac{1}{d}$$

Внести його значення у стовпчик 5.

7. По таблицях [3] для прийнятого діаметру “d”, призначеного уклону “i” та розрахункової витрати “q” визначити швидкість та наповнювання. Якщо ці величини знаходяться в межах нормативів, вносять їх значення у стовпчики 6, 7; якщо ні – змінюють уклон або діаметр труби.

8. Глибину шару води знаходять, перемножуючи ступінь наповнювання на діаметр, і вносять у стовпчик 8.

$$h = \left(\frac{h}{d} \right) \times d$$

Позначку поверхні води визначають, плюсуючи глибину шару води (м) до позначки лотка

$$Z'_{\text{ВП}} = Z'_{\text{ЛП}} + h_1$$

9. Розраховують утрату тиску (падіння труби), перемножуючи уклон (ст. 5) на довжину ділянки (ст. 2), і вносять у стовпчик 9.

$$\Delta h_1 = i_1 \times l_1$$

10. Визначити позначки лотка, шелиги та рівня води у кінці першої ділянки

$$Z'_{JK} = Z'_{JII} - \Delta h_1$$

$$Z'_{IIIK} = Z'_{JK} + d_1$$

$$Z'_{BK} = Z'_{JK} + h_1$$

Дані внести у стовпчики 13, 15 і нанести на профіль.

11. Визначити заглиблення у кінці першої ділянки, внести у стовпчик 17, нанести на профіль

$$H'_K = Z_2 - Z'_{JK}$$

Розрахунки наступних ділянок аналогічні, але залежать від способу поєднання труб: по шелигах або по рівню води.

На другій ділянці розглянемо варіант поєднання по шелигах, а на третій - по рівню води.

12. У разі сполучення труб по шелигах

$$Z'_{IIIK} = Z_{III}^2$$

а звідси

$$Z_{JII}^2 = Z_{III}^2 - d_2$$

$$H_{II}^2 = Z_2 - Z_{JII}^2$$

Призначивши уклон i_2 , знаходять $\left(\frac{h}{d}\right)_2$ за $\left(\frac{h}{d}\right)_2 = \left(\frac{h_2}{d}\right)_2$.

Розраховують

$$\Delta h_2 = i_2 \times l_2$$

$$Z_{JK}^2 = Z_{JII}^2 - \Delta h_2$$

$$Z_{IIIK}^2 = Z_{JK}^2 + d_2$$

$$Z_{BII(K)}^2 = Z_{JII(K)}^2 + h_2$$

$$H_K^2 = Z_3 - Z_{JK}^2$$

13. У разі сполучення по рівнях води

$$Z_{BK}^2 = Z_{BП}^3$$

Призначивши уклон i_3 , знаходять по таблицях [3] $q_3, (h/d)_3$.

Розраховують

$$h_3 = \left(\frac{h}{d} \right)_3 \times d_3;$$

$$\Delta h_3 = i_3 \times l_3, \text{ а звідси}$$

$$Z_{П}^3 = Z_{BП}^3 - h_3$$

а далі як раніше.

14. Кожного разу перевіряють заглиблення H

$$H \geq 0,7 + d$$

$$H < H_{\max}$$

де H_{\max} — максимально-припустиме заглиблення труби (4-8 м).

Рекомендована література: [2], [3], [4].

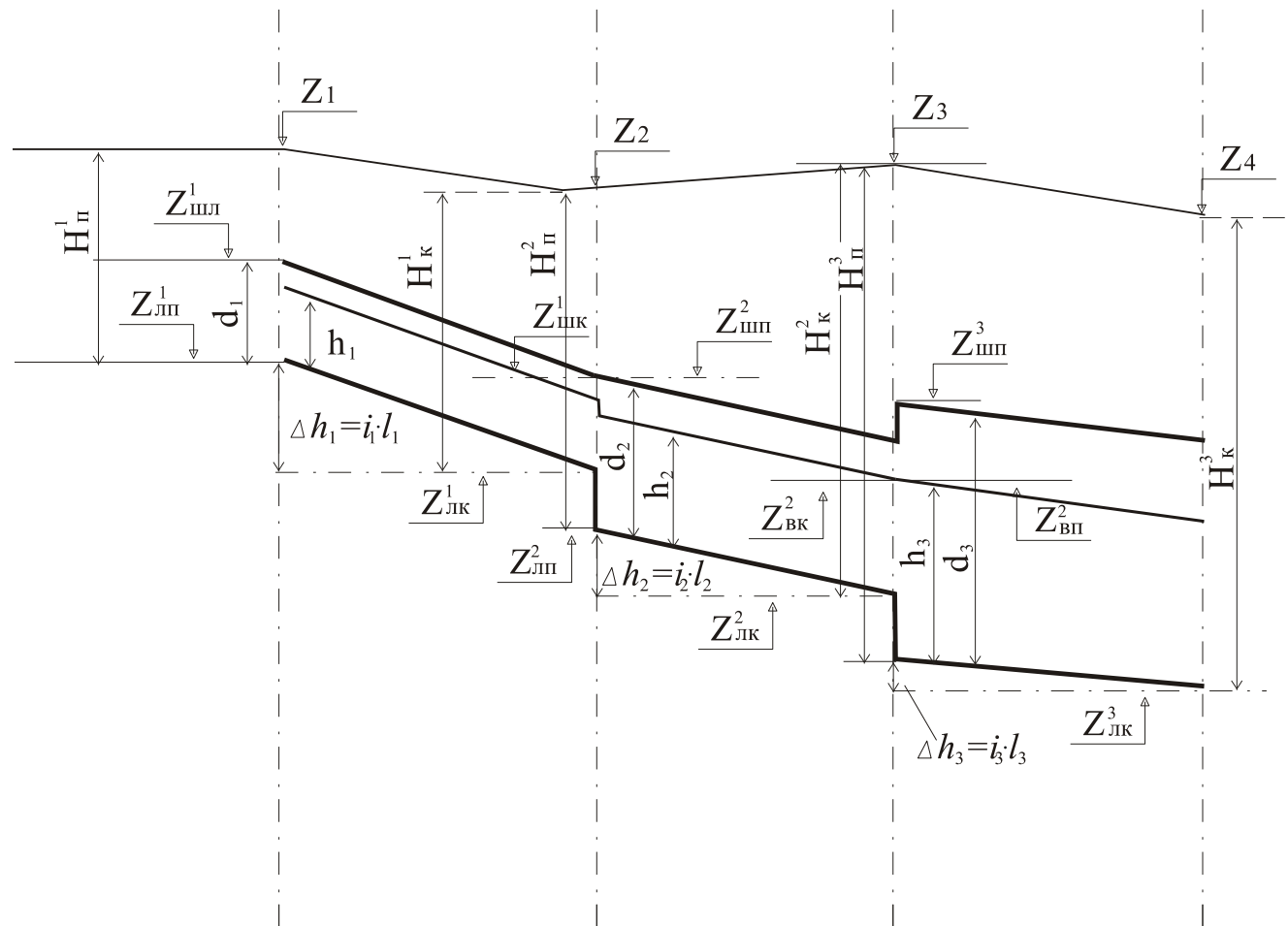


Рис. 10 Побудова поздовжнього профілю

Практичне заняття № 7

Розрахунок дощової мережі

Питання для повторювання

1. Характеристики дощів.
2. Формула моделі дощу.
3. Сутність методу граничних інтенсивностей.
4. Розрахункова тривалість дощу.
5. Коефіцієнт стоку.
6. Урахування вільної ємності мережі.

Задача. Розрахувати дощову мережу населеного пункту, запропонованого викладачем. Генеральний план та розміри наведені у практичному занятті №4

Додаткові дані

1. Місцевість має плавний уклон $i=0,003$ із півночі на південь.
2. Ширину проїзду прийняти $b=30$ м.
3. Середні по місту характеристики водонепроникності поверхонь: дахи, асфальтовані дороги – 50%; щебінчасті необроблені покрівлі – 20%; садово-паркові доріжки – 10%; ґрунтові поверхні –10%; газони – 10%

Рішення

1. Для N –ської області із [4] виписати значення q_{20} /рис.1/, n, m, γ /табл. 4/.
2. Ураховуючи q_{20} та умови розташування колекторів, призначити період одноразового переповнювання P /4, табл.5/.

3. Розрахувати параметр A

$$A = q_{20} \times 20^n \times \left(1 + \frac{lqP}{lqm}\right)^\gamma$$

4. Розрахувати середнє значення коефіцієнта покрівлі

$$Z_{cp} = \sum(Z_i \times \alpha_i)$$

де Z_i – значення коефіцієнта покрівлі i – го виду покрівлі.

Приймаються по [4, табл. 9 або 10];

α_i – частка i – го виду покрівлі

$$Z_{cp} = Z_i \times 0,5 + 0,125 \times 0,2 + 0,09 \times 0,1 + 0,038 \times 0,1$$

де Z_i – приймається по [4 табл.10] в залежності від параметру A .

5. Призначити тривалість поверхневої концентрації стоку t_{con} . Ураховуючи відсутність внутрішньоквартальної дощової мережі та незначний уклон проїздів, призначаємо $t_{con} = 10$ хвилин.

6. Розрахувати пропускну спроможність вуличного лотка та швидкість води в ньому при заповнюванні лотків 6 см /для нішоходів/

$$Q_{can} = K \sqrt{i}$$

$$V_{can} = W \sqrt{i}$$

де K, W – відповідно модулі витрати та швидкості. Прийняти по [5];
 i – уклон дороги.

7. Прийняти у першому наближенні тривалість протоку дощового стоку по лотках

$$t_{can} \approx 1 \text{ хв.}$$

8. Розрахувати інтенсивність дощу та витрату дощових стічних вод на термін добігання краплі дощу від найвіддаленішої точки до першого дощоприймачника

$$q = \frac{A}{(t_{con} + t_{can})^n}$$

$$Q_{д} = Z_{cp} * q^{1,2} (t_{can} + t_{con})^{0,1} * \left(B + \frac{b}{2} \right) / 10000$$

де B, b – відповідно ширина кварталу та проїзду, м.

9. Розрахувати довжину лотка за формулою

$$l_{can} = \frac{Q_{can}}{Q_D} = \frac{Q_{can} \cdot 10000}{Z_{cp} \cdot q^{1,2} (t_{con} + t_{can})^{0,1} \cdot \left(B + \frac{b}{2}\right)}$$

10. Уточнити тривалість течії по лотках

$$t_{can} = 1,25 \frac{l_{can}}{v_{can} \cdot 60} = 0,02 l_{can} / v_{can}$$

Подальші розрахунки доцільно вести у табличній формі (додток Д).

У стовпчики 1,2,3,4,5 записують відповідно номер ділянки, її довжину, власну, транзитну та загальну площі стоку, а у стовпчики 17,18 – позначки поверхні землі на початку та у кінці ділянки, для чого слід побудувати попередньо профіль поверхні землі по трасі мережі.

11. Призначити швидкість течії води у трубопроводі v_p в залежності від уклону, але не меншу за самоочищувальну. Записати її значення у ст. 6.

12. Розрахувати тривалість течії води у трубопроводі і записати у ст. 7

$$t_p = \frac{l_p}{v_p \cdot 60} = 0,017 \frac{l_p}{v_p}$$

13. Розрахувати критичну тривалість дощу на ділянці k значення якої внести у ст. 8

$$t_r = t_{con} + t_{can} + \sum_{i=1}^k t_p$$

де k – номер ділянки

Примітка На першій ділянці l_p дорівнює різниці між довжиною ділянки та довжиною лотка l_{can} ; на наступних – довжині ділянки.

14. Розрахувати інтенсивність дощу за формулою

$$q = \frac{Z_{cp} \cdot A^{1,2}}{t_r^{1,2n-0,1}}$$

і записати її у ст. 9

15. Розрахувати витрату дощових стоків і занести у ст.10

$$Q = q \cdot F \cdot \beta$$

β приймається по [4, п.2.19]

16. Для розрахункової витрати Q призначити діаметр d . Орієнтуючись на рельєф місцевості, призначити уклон i . Внести їх значення у ст. 11, 12.

17. По таблицях [3] для прийнятих діаметру та уклону визначають пропускну спроможність труби Q_t та відповідну швидкість v_t . Для ручних розрахунків припустима похибка – не більш 10%

$$\delta = \left| \frac{Q - Q_t}{Q} \right| \leq 0,1$$

Якщо $\delta > 0,1$, слід змінити призначену швидкість v_p , перерахувати t_p, t_r, q, Q .

18. Ураховуючи відсутність дворової мережі, початкове заглиблення визначають за формулою

$$H_n \geq h_{np} - (0,3 \dots 0,5)$$

$$H_n \geq 0,7 + d$$

19. Подальші розрахунки аналогічні завданню 6.

Практичне заняття № 8

Розрахунок розподільчої камери

Питання для повторювання

1. Типи розподільчих камер і зливоспусків
2. Основи розрахунків розподільчих камер водоскидного типу
3. Основи розрахунків розподільчих камер донного типу
4. Поняття розрахункового і граничного дощу

Задача. Розрахувати розподільчу камеру донного типу для дощового колектора довжиною L , що обслуговує площу водозбору F у раніше заданій області. Середній коефіцієнт водонепроникності поверхонь $z_{\text{сер}}$; середня швидкість руху води по трубах v . Вихідні дані наведені у таблиці 4.

Загальні положення та формули

В основу роботи розподільчої камери донного типу покладено принцип зміни дальності відльоту струмини при зміні витрати.

При витратах, що не перевищують витрату граничного дощу $Q_{\text{гр}}$, вся вода провалюється через щілину і надходить в лоток загальносплавного колектора (у загальносплавній або напівроздільній системі), або направляється на очистку (у повній роздільній системі). При витратах, що перевищують граничний дощ, струмина перелітає через щілину і надходить у лоток зливоспуску.

Розрахунок розподільчої камери зводиться до визначення глибини перепаду, ширини щілини і основних розмірів камери.

Розрахунки базуються на критичних глибинах, що встановлюються в кінці лотка перед перепадом.

Таблиця 4-Вихідні дані до розрахунку розподільчої камери

№ вар	Довжина, L, м	Площа басейну, F, га	Коефіцієнт водонепроникності , Z _{сер}	Середня швидкість, V, м/с
1	1400	70	0,12	1,15
2	1450	72,5	0,125	1,17
3	1500	75	1,13	1,19
4	1600	80	0,135	1,21
5	1700	85	0,14	1,23
6	1800	90	0,145	1,25
7	1900	95	0,15	1,27
8	2000	100	0,155	1,29
9	2100	95	0,16	1,31
10	2200	98	0,165	1,34
11	2300	97	0,17	1,35
12	2400	96	0,175	1,37
13	2500	94	0,18	1,39
14	2600	93	0,185	1,41
15	1700	92	0,19	1,33
16	1800	91	0,195	1,44
17	1900	89	0,2	1,42
18	2000	88	0,205	1,41
19	1100	87	0,21	1,38
20	2200	86	0,218	1,36
21	1300	84	0,22	1,34
22	2300	86	0,225	1,32
23	1400	82	0,22	1,3
24	2400	79	0,25	1,28
25	1500	78	0,18	1,26
26	2500	77	0,185	1,24
27	1600	76	0,175	1,21
28	2600	75	0,16	1,2
29	1700	74	0,155	1,18
30	2700	72	0,16	1,16

Критичні глибини при розрахунковому і граничному дощу становлять

$$h_{кр} = \sqrt[3]{\frac{Q}{g \times b^2}} \quad h_{кр,гр} = \sqrt[3]{\frac{Q_{гр}}{g \times b^2}}$$

де $h_{кр}$, $h_{кр,гр}$ - критичні глибини відповідно при витратах розрахункового і граничного дощу; Q , $Q_{гр}$ - витрати відповідно розрахункового і граничного

дощу; b - ширина лотка, приймається рівною діаметру труби на вході в камеру d_1 ; g -прискорення сили тяжіння.

Для забезпечення заданої величини граничного дощу $Q_{гр}$, що не скидається у водойму, слід надати необхідний кут нахилу струмینی до горизонту β .

$$\cos \beta = 1 - 2Q_{зп} / Q$$

При цьому необхідна висота перепаду становить

$$P = 1.5 \times h_{кр} \times tg^2 \beta \quad \text{або} \quad P = \frac{6 \times h_{кр} \times Q_{зп} \times (Q - Q_{зп})}{(Q - Q_{зп})^2}$$

Ширина щілини повинна забезпечувати приймання витрати граничного дощу

$$a = l + \delta$$

де a — ширина щілини, l - дальність відльоту струмینی при витраті граничного дощу; δ проекція товщини струмینی на горизонталь.

$$l = 1.41 \times h_{кр,зп} \times \sqrt{0,3 + P / h_{кр,зп}}$$

$$\delta = \frac{Q_{зп}}{2 \times b \times \sqrt{2g \times (P + 1.5 \times h_{кр,зп})} \times \sin \beta}$$

$$l_1 = 1.41 \times h_{кр} \times \sqrt{0,3 + P / h_{кр}}$$

$$\delta_1 = \frac{Q}{2 \times b \times \sqrt{2g \times (P + 1.5 \times h_{кр})} \times \sin \beta}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{зп} \times (Q - Q_{зп})}{Q^2}}$$

Довжина камери

$$L = s + l_1 + \delta_1 + e$$

де s - відстань від входу в камеру до перепаду, приймається $s = (4...5) h_{кр}$; l_1 -дальність відльоту струмینی при витраті розрахункового дощу; δ_1 - проекція товщини струмینی на горизонталь при витраті розрахункового дощу; e - відстань від струмینی до стінки камери; орієнтовно $e=0,3$ м.

Діаметр зливоспуску d_2 зазвичай приймають рівним діаметру на вході d_1 .

Діаметр відповідного колектора d_3 визначають виходячи із витрати граничного дощу $Q_{гр}$.

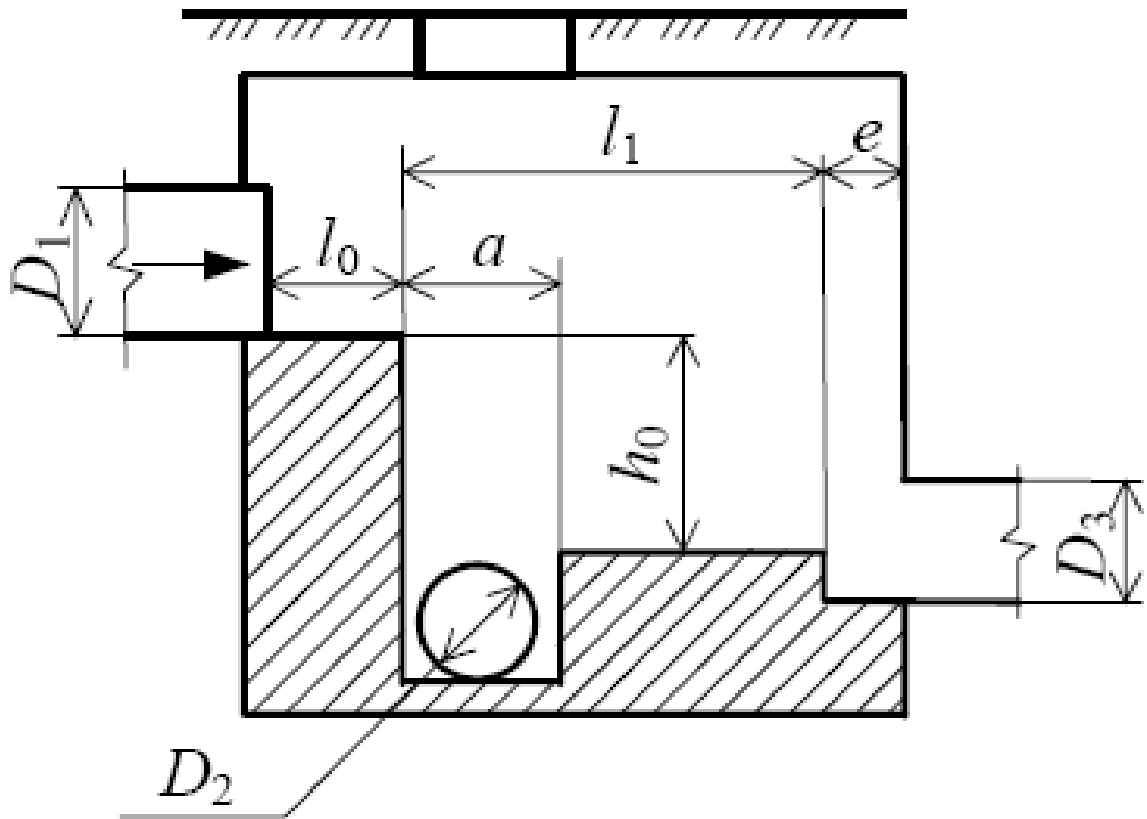


Рис. 11 Розподільча камера донного типу

Завдання до прикладу розрахунків

Розрахувати розподільчу камеру донного типу для дощового колектора довжиною 2000 м, що обслуговує площу водозбору $F=80$ га у Запорізькій області. Середній коефіцієнт водонепроникності поверхней $z_{сер}=0,18$; середня швидкість руху води по трубах $v=1.3$ м/с.

Рішення

1. За СНиПом знаходимо параметри $q_{20}=91.8$ л/с*га; $n=0.7$; $m=97$; $\gamma=1.82$.

Приймаємо $P=1$; $t_{con}=10$ хв.; $t_{can}=1$ хв.

2. Визначаємо параметр A

$$A = q_{20} \times 20^n \times \left(1 + \frac{\lg P}{\lg m}\right)^\gamma = 91.8 \times 20^{0.7} \times \left(1 + \frac{\lg 1}{\lg 97}\right)^{1.82} = 747.4$$

3. Визначаємо розрахункову тривалість дощу

$$t = t_{con} + t_{can} + t_p = 10 + 1 + 0.017 * 2000 / 1.3 = 37.15 \text{ хв}$$

4. Визначаємо витрату розрахункового дощу

$$Q = \frac{z_{cep} \times A^{1.2} \times F}{t^{1.2n-0.1}} = \frac{0.18 \times 747.4^{1.2} \times 80}{37.15^{1.2*0.7-0.1}} = 2785 \text{ л/с}$$

5. Визначаємо приблизний діаметр труби

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 * 2.785}{3.14 * 1.3}} = 1.65 \text{ м}$$

Приймаємо $d=1800$ мм.

6. Розраховуємо витрату граничного дощу, приймаючи період повторюваності $P_{lim}=0.1$.

$$k' = \left[\frac{\lg(m * P_{lim})}{\lg(m * P)} \right]^\gamma = \left[\frac{\lg(97 * 0.1)}{\lg(97 * 1)} \right]^{1.82} = 0.28$$

За СНиПом $k_{div}=0.15$. Тоді $Q_{гр} = k_{div} * Q = 0.15 * 2785 = 417.75$ л/с.

7. Розраховуємо критичні глибини

$$h_{кр} = \sqrt[3]{\frac{Q}{g \times b^2}} = \sqrt[3]{\frac{2.785}{9.81 * 1.8^2}} = 0.296 \text{ м}$$

$$h_{кр,сп} = \sqrt[3]{\frac{Q_{сп}}{g \times b^2}} = \sqrt[3]{\frac{0.41775}{9.381 * 1.8^2}} = 0.115 \text{ м}$$

8. Визначаємо потрібну висоту перепаду

$$P = \frac{6 \times h_{кр} \times Q_{сп} \times (Q - Q_{сп})}{(Q - Q_{сп})^2} = \frac{6 \times 0.26 \times 0.41775 \times (2.785 - 0.41775)}{(2.785 - 0.41775)^2} = 0.313 \text{ м}$$

9. Визначаємо дальність відльоту струмینی при витратах розрахункового і граничного дощів

$$l_1 = 1.41 \times h_{кр} \times \sqrt{0.3 + P / h_{кр}} = 1.41 \times 0.296 \times \sqrt{0.3 + 0.313 / 0.296} = 0.486 \text{ м}$$

$$l = 1.41 \times h_{кр,сп} \times \sqrt{0.3 + P / h_{кр,сп}} = 1.41 \times 0.115 \times \sqrt{0.3 + 0.313 / 0.15} = 0.282 \text{ м}$$

10. Визначаємо розмір проекції товщини струмینی на горизонталь для розрахункового і граничного дощів

$$\sin \beta = \sqrt{\frac{4 \times Q_{сп} \times (Q - Q_{сп})}{Q^2}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.41775 \times (2.785 - 0.41775)}{2.785^2}} = 0.7135$$

$$\delta_1 = \frac{Q}{2 \times b \times \sqrt{2g \times (P + 1.5 \times h_{kp, cp}) \times \sin \beta}} =$$

$$\frac{2.785}{2 * 1.8 * \sqrt{2 * 9.81 * (0.313 + 1.5 * 0.296) * 0.7135}} = 0.2388 м$$

$$\delta = \frac{Q_{cp}}{2 \times b \times \sqrt{2g \times (P + 1.5 \times h_{kp, cp}) \times \sin \beta}} =$$

$$= \frac{0.41775}{2 * 1.8 * \sqrt{2 * 9.81 * (0.313 + 1.5 * 0.115) * 0.7135}} = 0.044 м$$

11. Ширина щілини

$$a = l + \delta = 0.282 + 0.044 = 0.326 м$$

12. Довжина камери

$$L = s + l_1 + \delta_1 + e = 4 * 0.296 + 0.486 + 0.238 + 0.3 = 2.208 \approx 2.2 м$$

Практичне заняття № 9

Проектування та розрахунок дюкеру

Питання для повторювання

1. Охарактеризуйте перетин трубопроводів з перешкодами.
2. Для чого використовуються дюкери?
3. Як і навіщо влаштовуються естакади, переходи під залізничними коліями та автомобільними шляхами?
4. Який опір зазнає стічна рідина при проходженні через дюкери?
5. У чому полягає розрахунок дюкерів?

Задача. Розрахувати та накреслити схему дюкеру за завданням по варіантах.

Рішення

При розрахунках та конструюванні дюкерів слід керуватися [1, пп. 4.36...4.70], навчальною та технічною літературою. Розрахунки дюкерів проводять або за формулами Дарсі та Федорова, або по таблицях Лукіних [3]. При цьому слід враховувати, що дюкер проектується у дві лінії, причому обидві є робочими. Для підвищення надійності, кожен ліній дюкеру слід перевірити на пропускання повної розрахункової витрати із врахуванням допустимого підпору. При малих витратах стічних вод, коли не забезпечуються розрахункові швидкості в обох лініях, одну з них слід приймати резервною (такою, що не працює).

При проходженні через дюкери стічна рідина зазнає опір від тертя при русі по трубах і ряд додаткових місцевих опорів, як-то: опір при вході в дюкерну трубу, опір при виході з неї й опір при проходженні через повороти, що обумовлюються контуром дюкеру. Рух води в дюкері відбувається під натиском, що утворюється в результаті різниці рівня води на його початку і в кінці.

Величина всіх опорів, що випробовуються стічною рідиною при проходженні її через дюкер, виражається загальною формулою

$$H = i \times L + \sum \xi \frac{v^2}{2g},$$

де i – одиничний опір в дюкері;

L – довжина дюкеру;

ξ – коефіцієнт опору, що характеризує розмір втрати тиску, викликані місцевим опором в дюкері;

V – швидкість перебігу стічної рідини в дюкері, > 1 м/с;

g – прискорення від сили тяжіння.

Втрати тиску, довжини трубопроводу (так звані одиничні опори), визначають при $n = 0,013$ за таблицею 44 [3].

Опір при вході до дюкеру h_1 визначають за табл. 45 [3]. Опір при виході з дюкеру h_2 визначають за табл. 46 [3]. Опори в закругленнях h_3 визначають за табл. 47 [3] при прийнятій швидкості в дюкері V .

Повний опір в дюкері

$$H = i \cdot L + h_1 + h_2 + h_3, \text{ м.}$$

Різницю відміток лотків труб на початку і в кінці дюкеру приймають рівною втратам тиску. Схема дюкеру наведена на рис. 12

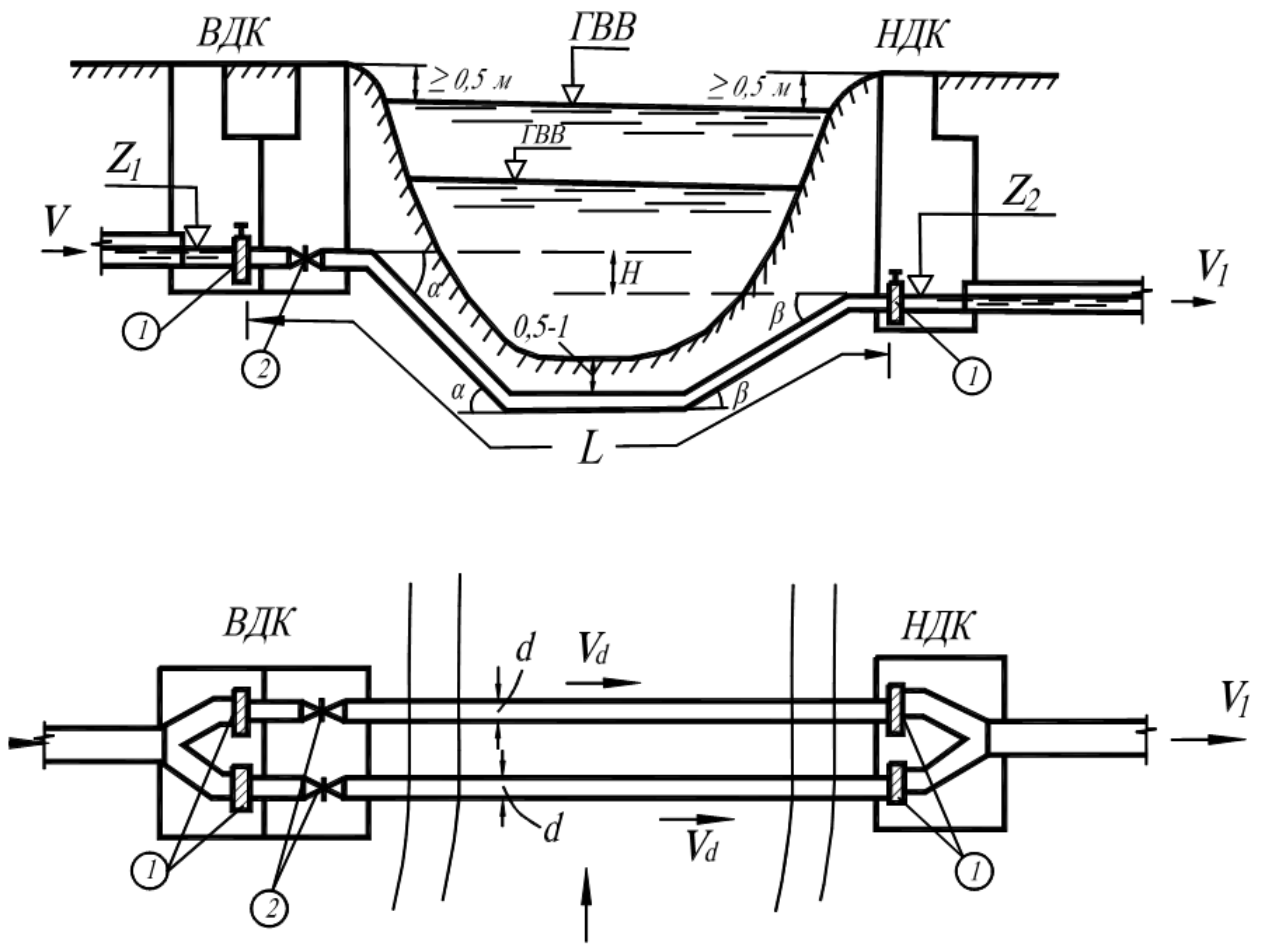


Рис. 12 Схема влаштування дюкеру через річку:
1 - шибер; 2 - засувки

Практичне заняття № 10

Конструювання колодязів

Питання для повторювання

Які ви знаєте споруди на каналізаційній мережі?

Які ви знаєте типи каналізаційних колодязів? Охарактеризуйте їх

Коли влаштовують перепадні колодязі?

Задача. На вибір побудувати креслення з'єднувального або перепадного колодязя з тих, що нанесені на генплані з попереднього заняття. Діаметри колекторів та заглиблення взяти з гідравлічного розрахунку.

Рішення

З'єднувальні колодязі влаштовують на мережі в місцях бокових прилучень. Розміри колодязя побутової мережі приймають по [1,пп. 4.14...4.21], дощової мережі по [1,п.4.19]. Розміри у плані слід визначати, виходячи із умов розміщення в них лотків поворотів. Прилучення та повороти виконують під кутом не меншим за 90° ; радіус кривої повороту лотка приймають не меншим за діаметр найбільшої труби; повороти лотків починають на відстані не меншій за половину діаметра труби від стінки колодязя.

3-3

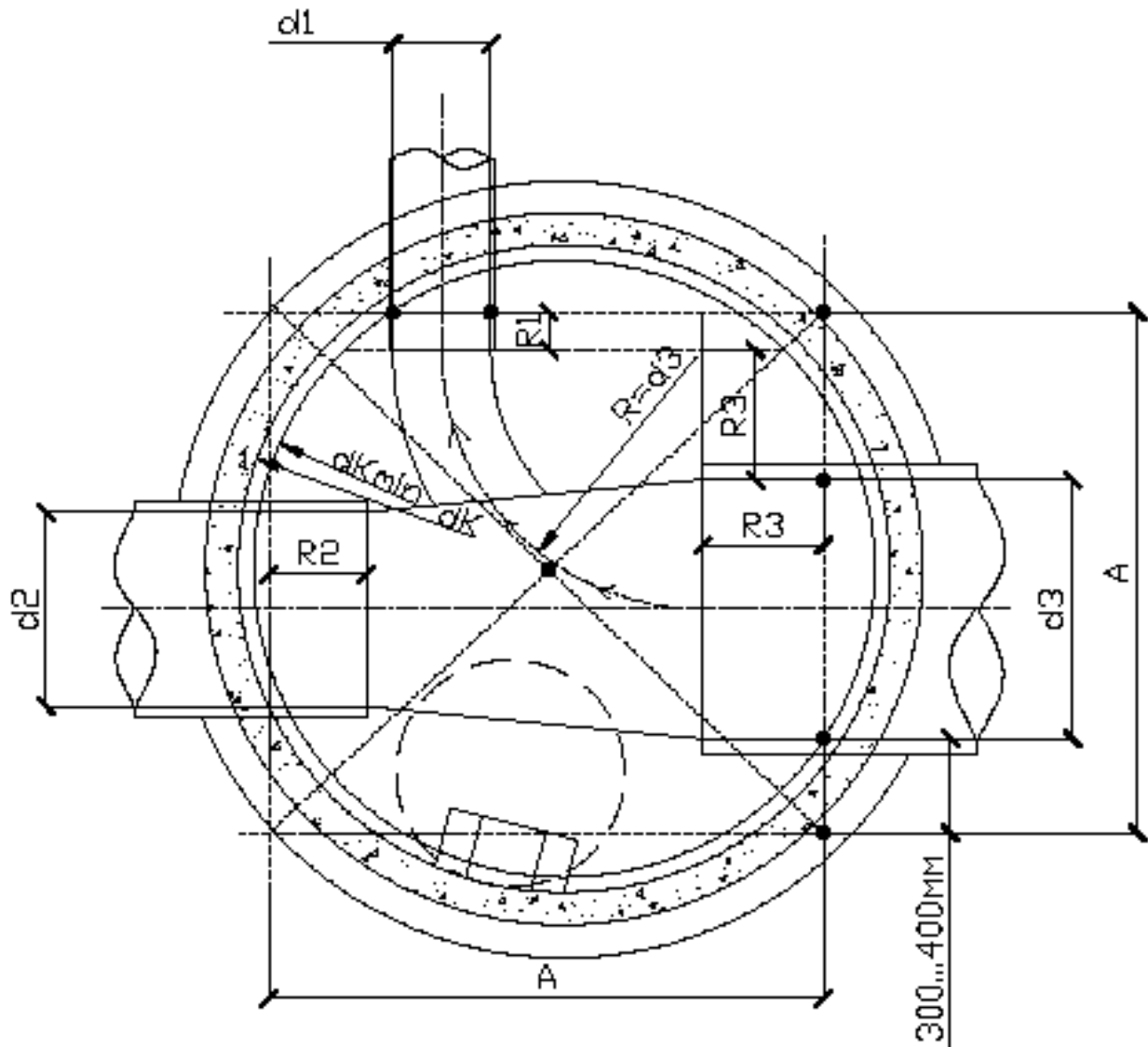


Рис. 13 Приклад побудови плану з'єднувального колодязя:

d_1 – діаметр бокового прилучення; d_2, d_3 – діаметри прямого колектору з напрямком руху води від d_2 до d_3 ; R_1, R_2, R_3 – радіуси відповідних діаметрів; A – сторона побудованого квадрата; d_{Kmin} – мінімальний діаметр колодязя; d_K – прийнятий стандартний діаметр колодязя.

Сполучення трубопроводів різних діаметрів по вертикалі виконується в колодязях по шелигах труб, або з перепадом.

Полиці (берми) лотків колодязів побутової мережі слід улаштовувати на рівні верху труби найбільшого діаметра. У колодязях дощової мережі полиці лотків передбачаються тільки на трубопроводах діаметром до 900 мм включно, на рівні половини діаметра найбільшої труби.

При викреслюванні розрізів слід пам'ятати, що лотки виконують півколом по низу, і доводять до рівня шелиги вертикальними стінками. Полиці проектують із уклоном 0,02 до лотка. Слід також позначити способи замурування труб у стінках колодязя та ізоляцію колодязя в залежності від характеристики ґрунтів.

Перепадні колодязі влаштовують для зменшення швидкості, що більша за максимальну, або у випадках різкої зміни швидкості; при перетинах із підземними спорудами; при затоплених випусках на останньому перед водоймою колодязі [1,пп. 4.25...4.27].

Практичне заняття № 11

Проектування та розрахунок випусків

Питання для повторювання

1. В яких місцях рекомендується розташовувати випуски?
2. Які слід приймати випуски залежно від умов скиду?
3. З яких матеріалів проектуються трубопроводи випусків?

Задача. Розрахувати на ЕОМ припустимі концентрації у стічних водах, що скидаються у водойму заданого призначення, завислих речовин, БСК, фенолу, сульфатів, хлоридів, якщо відстань до контрольного створу становить $L_{\text{ф}}$ м за фарватером, і L м навіпрямки, середня глибина русла H м, середня швидкість течії v м/с, температура води в річці $t^{\circ}\text{C}$. Концентрація кисню у воді до випуску стічних вод C_0 мг/дм³. Фонові концентрації домішок у річці, мг/л: завислих речовин C_1 ; БСК – C_2 ; фенолу – C_3 ; сульфатів – C_4 ; хлоридів – C_5 , загальний солевміст – $C_{\text{заг}}$. Витрата води в річці Q м³/с; стічної води – q м³/с. Уміст домішок у стічних водах: завислих речовин B_1 мг/л; БСК – B_2 мг/л; фенолу – B_3 ; сульфатів – B_4 мг/л; хлоридів – B_5 мг/л, солевміст – B_6 , температура стічних вод – $t_c^{\circ}\text{C}$. Числові дані у табл. 5 по варіантах.

Основні принципи проектування випусків

Випуски у водні об'єкти рекомендується розташовувати в місцях із підвищеною турбулентністю потоку (звуженнях, протоках, порогах тощо).

Залежно від умов скиду зворотних вод у водойми слід приймати берегові, руслові або розсіювальні випуски. При скиданні зворотних вод у моря та водоймища необхідно передбачати глибоководні або розсіювальні випуски.

Трубопроводи руслових і глибоководних випусків необхідно проектувати зі сталевих труб із посиленою ізоляцією або поліетиленових труб із захисним

покриттям і із прокладанням їх у траншеях, а також урахувати заходи щодо непопадання повітря в трубопровід, що може викликати його спливання.

Оголовки руслових, берегових і глибоководних випусків слід передбачати переважно бетонними. Конструкцію випусків необхідно приймати з урахуванням вимог судноплавства, режимів рівнів, хвильових впливів, а також геологічних умов і руслових деформацій.

Рішення

Розрахунок проводиться на ЕОМ за допомогою програмного забезпечення кафедри ВВ.

Таблиця 5 – Вихідні дані для практичного заняття №5

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8
Тип випуску: 1 - береговий 2 - русловий	1	2	1	1	2	1	1	2
Призначення водойми	питне	рибогос-подарське	культурно-побутове	питне	рибогос-подарське	культурно-побутове	питне	рибогос-подарське
Lф	2800	2910	2310	260	1620	2490	2640	3110
L	1790	2760	2180	1780	740	1190	2250	1040
H	6,5	5	3	5	3,5	4,5	6,5	5,5
v	1,8	0,2	1,5	0,4	1,2	0,5	0,4	1,5
t	10	13	11	14	11	14	12	10
C0	7	5	6	7	7	6	5	6
C1	27	32	6	28	17	26	37	12
C2	1,9	1,6	1,9	1,7	1,8	1,7	1,9	1,8
C3	0,015	0,013	0,019	0,015	0,006	0,002	0,026	0,028
C4	80	80	100	130	110	55	55	80
C5	55	145	170	135	60	195	75	65
Cзаг	460	610	430	500	310	610	450	460
Q	10	20	25	25	15	45	5	35
q	6,5	2,5	0,5	7,5	5,5	9,5	9,5	1
B1	50	50	110	40	70	70	80	60
B2	230	250	260	300	260	210	240	220
B3	0,69	1,87	0,84	0,75	0,67	1,75	2,52	1,5
B4	210	550	480	590	160	530	150	510
B5	730	1180	990	460	1180	570	830	360
B6	1100	4300	3100	1100	4900	2200	3000	2300
tc	43	39	25	32	59	56	64	57

Рекомендована література

1. Калицун В.И. Водоотводящие системы и сооружения. – М.: Стройиздат, 1987.– 336 с.
2. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Жуков А.И., Колобанов С.К., Канализация. – М.: Стройиздат, 1975. – 632 с.
3. Лукиных А.А., Лукиных Н.А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле Н.Н.Павловского. – М.: Стройиздат, 1974. – 156 с.
4. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. Нормы проектирования. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 72 с.
5. Методичні вказівки до курсового проекту “Каналізаційна мережа міста” з дисципліни “Каналізаційні мережі” для студентів фаху 7.092601/ В.Д.Недоросол. – Запоріжжя: ЗДІА,2002. – 37 с.
6. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. ДБН В.2.5 - 75:2013 (Проект, остаточна редакція).- Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2012

Додатки

Додаток А

Форма таблиці розрахункових витрат по районах населеного пункту

Район	Площа, F, га	Заселеність, P, чол/га.	Кількість мешканців, N, чол	Норма водовідведення	Середні витрати стічних вод		
					за добу м ³ /доб	за годину, м ³ / г	секунда, л/с
1	2	3	4	5	6	7	8

Додаток Б

Форма таблиці розрахункових витрат стічних вод підприємства

Зміни	Кількість працівників		Витрата побутових стічних вод у цехах					
			Гарячих		Холодних		Усього	
	Усього	В гарячих цехах	За зміну, м ³	Розра- хункова, л/с	За зміну, м ³	Розра- хункова, л/с	За зміну, м ³	Розра- хункова, л/с
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Продовження додатку Б

Зміна	Душові стоки			Витрати виробничих стоків		Сумарна витрата	
	Кількість сіток	Витрата					
		За зміну, м³	Секундна	За зміну, м³	Секундна	За зміну, м³	Секундна
1	2	3	4	5	6	7	8

Додаток В

Форма відомості розрахункових витрат по ділянках мережі

№ ділянки	Номери кварталів		Площа стоку, га		Модуль стоку, л/с·га	Середня витрата	
	по путі	бічного	по путі	бічна		по путі	бічна
1	2	3	4	5	6	7	8

Продовження додатку В

№ ділянки	з кварталів, л/с		Коефіцієнт нерівномірності	Розрахункова витрата, л/с			
	транзитна	загалом		Від житлової забудови	Зосереджена		Загалом
					місцева	транзитна	
1	9	10	11	12	13	14	15

Додаток Г

Форма відомості гідравлічного розрахунку

Номер ділянки	Довжина, L, м	Витрати, Q , л/с	Діаметр, d , мм	Уклон, i	Швидкість, v , м/с	Наповнювання		Падіння Δh , м
						Відносне h/d	Абсолютне h , мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Продовження додатку Г

Номер ділянки	Позначки поверхні, м						Заглиблення, <i>H</i> , м	
	Землі		Лотка		Шелеги (або води)			
	початок	кінець	початок	кінець	початок	кінець	початок	кінець
1	10	11	12	13	14	15	16	17

Додаток Д
Форма відомості розрахунку дощової мережі

Номер ділянки	Довжина ділянки, м	Площа стоку, F, га			Швидкість призначена, м/с	Тривалість t_p , хв.	Критична тривалість t_r , хв.	Інтенсивність q , л/с·Га	Витрата, Q, л/с
		Власна	Транзитна	Усього					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Продовження додатку Д

Номер ділянки	Діаметр, d, мм	Уклон, i	Пропускна здібність труби, Q_T , л/с	Швидкість таблична, v_T , м/с	Відхилення δ , %	Падіння труби, Δh , м
1	11	12	13	14	15	16

Продовження додатку Д

Номер ділянки	Позначки, м						Заглиблення, м	
	землі		лотка		щелиги			
	початок	кінець	початок	кінець	початок	кінець	початок	кінець
1	17	18	19	20	21	22	23	24

Додаток Е

Значення параметрів γ , q_{20} , m_r , n для населених пунктів України
(n_1 для $3,5 \geq P$; n_2 для $3,5 > P \geq 1,4$; n_3 для $1,4 > P \geq 0,7$; n_4 для $P < 0,7$)

Кліматичні райони і населені пункти	γ	q_{20}	m_r	Кліматичні райони і населені пункти	γ	q_{20}	m_r
Південно-східні Карпати				Західні області України			
$n_1=0,66$; $n_2=0,71$; $n_3=0,72$; $n_4=0,69$				$n_1=0,65$; $n_2=0,71$; $n_3=0,73$; $n_4=0,64$			
Луки	1,54	121	165	Ковель	1,82	101	187
Руська Мокра	1,54	122	220	Олевськ	1,54	119	122
Косів	1,82	125	167	Володимир-Волинський	1,82	89,5	200
Усть-Чорна	1,54	122	224	Луцьк	1,82	104	161
Ясіня	1,33	104	135	Новоград-Волинський	1,54	119	114
Жаби	-	98,6	-	Сокаль	1,82	119	151
Устерики	1,82	119	169	Рава-Руська	1,82	116	184
Верховина	1,82	92,8	183	Шепетівка	1,82	116	175
Сторожинець	1,82	102	177	Каменка-Бузька	1,82	116	188
Дубове	1,33	102	168	Броди	1,54	123	138
Кобилецька Поляна	1,82	98,6	305	Кременець	1,82	116	185
Рахів	1,54	104	208	Нестерів	1,82	127	168
Гринява	1,33	113	117	Яворів	1,33	119	109
Великий Бичків	1,33	113	115	Бузьке	1,33	119	97
Селятин	1,82	107	193	Ямпіль	1,54	123	108
Ділове	1,82	125	233	Коровинці	1,33	112	87
Одеська область				Хмельницький	1,82	119	154
$n_1=0,69$; $n_2=0,73$; $n_3=0,75$; $n_4=0,59$				Вінниця, Шереметка	1,54	123	102
Сербка	1,82	103	91	Жмеринка	1,33	123	72
Одеса	1,82	93,2	98	Кам'янець-Подільський	1,33	127	80
Білгород-Дністровський	1,54	99,9	54	Нижня течія р.Південний Буг			
				$n_1=0,56$; $n_2=0,71$; $n_3=0,72$; $n_4=0,63$			
Болград	1,82	93,2	96	Вознесенськ	2,22	92,1	171
Ізмаїл	1,54	103	60	Миколаїв	2,22	102	115
Північні області				Полтавська, Сумська області			
$n_1=0,71$; $n_2=0,73$; $n_3=0,69$; $n_4=0,61$				$n_1=0,70$; $n_2=0,65$; $n_3=0,69$; $n_4=0,64$			
Щорс	1,82	97,7	150	Лубни	1,54	90,6	97
Чернігів	1,54	88,2	112	Миргород	1,54	93,6	93
Нові Млини	1,82	91,4	157	Коломак	1,82	78,5	146
Овруч	1,54	101	105	Сагайдак	1,33	75,5	94
Чорнобиль	1,54	85,1	ПО	Мельниківка	-	87,6	-
Поліське	1,33	85,1	91	Свинківка	1,54	93,6	84
Ніжин	1,33	101	77	Оболонь	1,33	90,6	72
Коростень	1,54	ПО	97	Полтава	1,82	90,6	120
Басейн нижнього Дніпра				Басейн нижнього Дніпра			
$n_1=0,68$; $n_2=0,69$; $n_3=0,70$; $n_4=0,64$				$n_1=0,68$; $n_2=0,69$; $n_3=0,70$; $n_4=0,64$			
Козелець	1,82	101	130	Черкаси	1,82	97,9	119
Остер	1,82	97,7	151	Кременчук	1,54	91,8	88
Нові Горобці	1,82	85,1	146	Умань	1,82	97,9	127
Леонівка	1,82	91,4	154	Знаменка	1,82	91,8	122
Тетерів	1,82	97,7	149	Кіровоград	1,82	88,7	128
Буча	1,82	94,5	152	Комісарівка	1,54	97,9	68
Літки	1,54	97,7	103	Верхньодніпровськ	1,82	91,8	113
Київ	1,82	104	143				
Бориспіль	1,54	97,7	92				
Яготин	1,82	85,1	159				

Продовження додатку Е

Кліматичні райони і населені пункти	γ	q_{20}	m_r	Кліматичні райони і населені пункти	γ	q_{20}	m_r
Житомир	1,82	91,4	175	Павлоград	1,82	79,6	ПО
Соловіївка	1,54	81,9	132	Дніпропетровськ	1,82	79,6	138
Фастів	1,82	94,5	135	Синельникове	1,82	85,7	123
Червоне	1,82	101	136	Чаплине	1,82	88,7	122
Біла Церква	1,54	91,4	106	Долинська	1,54	94,9	75
Золотоноша	1,54	94,5	95	Бобринець	1,82	82,6	113
Миронівка	1,82	97,7	150	Кривий Ріг	1,54	88,7	70
Північне узбережжя Чорного моря				Запоріжжя	1,82	91,8	97
$n_1=0,61; n_2=0,66; n_3=0,73; n_4=0,61$				Каховка	1,82	82,6	89
Херсон	1,54	94,8	60	Басейн р.С.Донець і Приазов'я			
Цюрупинськ	2,22	94,8	136	$n_1=0,67; n_2=0,66; n_3=0,70; n_4=0,68$			
Очаків	1,54	98,3	54	Приколотне	1,82	97,4	117
Асканія Нова	2,22	105	115	Харків	1,54	104	83
Чаплинка	1,82	91,3	95	Старобільськ	1,54	87,4	97
Тендрівський маяк	2,22	73,7	118	Ізюм	1,82	94,1	128
Генічеськ	2,22	87,8	121	Лисичанськ	1,33	101	68
Бехтери	1,82	94,8	64	Червоний лиман	1,33	114	58
Хорли	1,82	87,8	78	Лозова	1,54	94,1	94
Тарханкутський маяк	2,22	80,7	111	Слов'янськ	1,82	97,4	202
Скадовськ	1,82	80,7	82	Луганськ	1,82	104	113
Степовий Крим				Артемівськ	1,82	101	ПО
$n_1=0,61; n_2=0,67; n_3=0,69; n_4=0,69$				Ясинувата	1,82	101	120
Джанкой	2,22	113	130	Дебальцеве	1,82	108	120
Армянськ	1,33	102	41	Донецьк	1,82	97,4	120
Клепинино	1,54	113	74	Волноваха	1,54	108	75
Мисове	2,22	98	98	Маріуполь	1,33	93,4	58
Чорноморське	2,22	94,4	89	Мелітополь	1,33	104	49
Нижньогірськ	2,22	109	174	Бердянськ	1,33	90,7	53
Південний берег Криму				Ботево	1,82	94,1	95
$n_1=0,57; n_2=0,60; n_3=0,66; n_4=0,62$				Гірський Крим			
Алушта	2,22	78	101	$n_1=0,58; n_2=0,67; n_3=0,65; n_4=0,66$			
Гурзуф	1,82	81	81	Сімферополь, Салгірка	2,22	104	160
Ялта	2,22	90	103	Караби-яйла	2,22	101	273
Нікітський сад	2,22	78	137	Кримський заповідник	1,33	118	71
Ай-Тодорський маяк	1,54	75	42	Ай-Петрі	2,22	134	178
Сарич, маяк	1,54	72	52	Західний Крим			
Сімеїз	2,22	81	160	$n_1=0,70; n_2=0,72; n_3=0,72; n_4=0,52$			
Керченський півострів				Євпаторія	1,82	83,8	80
$n_1=0,60; n_2=0,69; n_3=0,71; n_4=0,71$				Севастополь	1,33	83,8	40
Керч	1,54	127	45	Херсонський маяк	1,33	80,3	37
Киз Аульський маяк	2,22	83,5	99				
Феодосія	1,33	105	42				
Карадаг	1,33	98	42				
Меганомський маяк	2,22	65,3	131				
Судак	2,22	83,5	115				

Закінчення додатку Е

Кліматичні райони і населені пункти	γ	q_{20}	m_r	Кліматичні райони і населені пункти	γ	q_{20}	m_r
Закарпаття				Прикарпаття і східні схили Карпат			
$n_1=0,74; n_2=0,76; n_3=0,70; n_4=0,63$				$n_1=0,67; n_2=0,72; n_3=0,73; n_4=0,70$			
Ужгород	1,54	94,2	122	Самбір	1,82	109	186
Свалява	1,54	99,5	159	Старий Самбір	1,82	119	196
Керецки	1,82	94,2	263	Тернопіль	1,82	96,7	183
Мукачеве	1,82	91,5	197	Бережани	1,82	96,7	214
Чоп	1,54	88,8	108	Жидачів	1,54	87,4	187
Довге	1,33	105	126	Дрогобич	1,82	93,6	170
Іршава	1,33	102	94	Завадка	1,54	115	161
Берегове	1,33	80,7	92	Стрий	1,82	112	191
Хуст	1,33	113	101	Турка	1,82	115	206
Південно-західні Карпати				Долина	1,82	109	222
$n_1=0,72; n_2=0,72; n_3=0,71; n_4=0,70$				Івано-Франківськ	1,82	112	247
Великий Березний	1,82	96,1	235	Межигір'я	1,54	106	244
Чорноголова	1,33	115	122	Яремча	1,82	119	262
Славське	1,82	96,1	246	Львів	1,54	109	125
Нижні ворота	1,33	121	125	Мостиська	1,82	96,7	212
Воловець	1,33	99,2	180	Городок	1,33	99,7	106
Нижній Студений	1,82	105	288				
Перечин	1,54	105	146				