

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання розрахунково-графічної роботи
з навчальної дисципліни

«ВОДОВІДВІДНІ СИСТЕМИ І СПОРУДИ»

*(для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
всіх форм навчання спеціальності*

194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології)

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2021

Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи з навчальної дисципліни «Водовідвідні системи і споруди» (для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня всіх форм навчання спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. Г. І. Благодарна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 54 с.

Автор

канд. техн. наук, доц. Г. І. Благодарна

Рецензент

С. С. Душкін, доктор технічних наук, професор кафедри водопостачання, водовідведення і очищення вод Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення і очищення вод, протокол № 1 від 1 вересня 2021 р.

ЗМІСТ

Вступ. Загальні положення щодо виконання розрахунково-графічної роботи.....	4
1 Розрахунок витрат стічної води від населення та промпідприємств.....	6
1.1 Розбивка на басейни водовідведення, вибір системи і схеми водовідведення.....	6
1.1.1 Системи водовідведення.....	6
1.1.2 Схеми водовідведення.....	7
1.2 Вибір місця розташування очисної станції і випуску стічних вод.....	8
1.3 Трасування мережі.....	9
1.4 Визначення витрат стічних вод від міста.....	11
1.4.1 Витрата стічних вод від житлових кварталів.....	11
1.4.2 Визначення витрат стічних вод від промислових підприємств...	12
1.4.3 Сумарний графік погодинного надходження стічних вод від міста протягом доби.....	15
1.5 Визначення розрахункових і контрольних витрат стічних вод на ділянках трубопроводів вуличної мережі.....	16
2 Проектування каналізаційної мережі та споруд на ній.....	21
2.1 Гідравлічний розрахунок та висотне проектування побутово-виробничої мережі.....	21
2.1.1 Вимоги до гідравлічного розрахунку та висотного проектування побутово-виробничої мережі.....	21
2.1.2 Визначення початкового заглиблення самопливної вуличної мережі.....	22
2.1.3 Гідравлічний розрахунок побутово-виробничої мережі.....	24
2.2 Дюкери.....	29
3 Рекомендації щодо роботи над графічною частиною розрахунково-графічної роботи.....	36
3.1 Побудова рози вітрів.....	37
Список рекомендованих джерел.....	38
Додатки.....	40

ВСТУП. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Виконання розрахунково-графічної роботи сприяє отриманню здобувачами вищої освіти першого (бакалаврського) рівня навичок проєктування та розрахування водовідвідних мереж і споруд на них на основі теоретичних знань, отриманих під час навчання.

Метою розрахунково-графічної роботи є навчання використанню цих знань під час самостійної роботи, при вирішенні конкретних інженерних завдань.

Завдання для виконання РГР та завдання, що вирішуються під час її виконання.

Вихідні дані для розрахунку видає викладач. Для проєктування системи водовідведення необхідно мати такі основні матеріали:

- 1) затверджений проєкт планування території в масштабі 1:10 000 – 1:5 000 для міст та селищ з горизонталями через 0,5–1,0 м;
- 2) дані про норми водовідведення стічної рідини та щільності населення;
- 3) геологічні та гідрологічні дані про ґрунти та підземні води в районі проєктування.

При проєктуванні водовідвідних мереж вирішують такі задачі:

- 1) визначають басейни каналізування;
- 2) намічають трасування водовідвідної мережі;
- 3) визначають розрахункові витрати для розрахункових ділянок мережі;
- 4) визначають і назначають начальну глибину закладання труб;
- 5) виконують гідравлічний розрахунок і конструювання водовідвідної мережі;
- 6) проєктують поздовжні профілі водовідвідної мережі;
- 7) проєктують споруди на водовідвідній мережі (насосні станції перекачки, оглядові та перепадні колодязі, дюкери, розподільчі камери, випуски).

Обсяг і склад розрахунково-графічної роботи

Робота складається з двох частин: графічної та розрахунково-пояснювальної записки.

У *розрахунково-пояснювальній записці* повинні бути викладені такі питання:

- 1) вихідні дані (завдання на проєктування);
- 2) розбивка на басейни водовідведення, вибір і обґрунтування системи та схеми водовідведення;
- 3) вибір місця розташування головної насосної станції, площадки очисних споруд і виду трасування мережі;
- 4) визначення розрахункових витрат стічних вод;
- 5) визначення початкової глибини закладання колектора;

- б) гідравлічний розрахунок побутово-виробничої мережі водовідведення;
- 7) гідравлічний розрахунок однієї зі споруд на мережі (дюкеру, перепадного колодязя, розподільчої камери або випуску);
- 8) список рекомендованих джерел.

Розрахунково-пояснювальна записка повинна бути роздрукована на комп'ютері з одного боку аркуша формату А4. Текст друкується шрифтом Times New Roman; розмір шрифту 14 пт; міжрядковий інтервал 1,0 або 1,5 рядка; вирівнювання тексту – по ширині; назви розділів – по центру, напівжирне начертання. Поля аркуша: верхнє та нижнє – 2 см; праворуч – 1–1,5 см; ліворуч – 2,5 см. Абзаци в тексті відступають від границі тексту на 1–1,27 см. Нумерацію аркушів пояснювальної записки проставляють в правому верхньому куті арабськими цифрами без точки. Всі формули повинні бути представлені спочатку в загальному вигляді з повним переліком всіх позначень, а потім їх розрахунок. Формули нумерують в межах розділу. Номер формули складається з номера розділу та порядкового номера формули в цьому розділі, що розділяються крапкою. Номер формули розміщують на рівні формули в круглих скобках в крайньому правому положенні.

Зразок титульного аркуша представлений у додатку А.

Вихідні дані для розрахунку представлені в таблиці А.1.

Обсяг і склад графічної частини:

1) генплан населеного пункту $M 1 : 10\,000$, на плані вказати місце розташування майданчика очисної станції, нанести побутову мережу та основні споруди на ній. Генплан оформлюється на аркуші формату А3 (за допомогою графічного редактора AutoCAD);

2) профілі колекторів, $M_{\text{верт}} 1 : 100$, $M_{\text{гор}} 1 : 10\,000$ ($1 : 5\,000$), викреслюються за результатами гідравлічного розрахунку на аркуші міліметрового паперу формату А3 або за допомогою графічного редактора AutoCAD.

1 РОЗРАХУВАННЯ ВИТРАТ СТІЧНОЇ ВОДИ ВІД НАСЕЛЕННЯ ТА ПРОМПІДПРИЄМСТВ

1.1 Розбивка на басейни водовідведення, вибір системи і схеми водовідведення

Межі басейну водовідведення зазвичай відповідають лініям вододілів, кордонів забудови, водним потокам. При плоскому рельєфі місцевості межі басейнів призначають, виходячи з умови можливо більшого охоплення території самопливною мережею.

ПРИКЛАД. Розбиваємо всю територію міста на два басейни водовідведення, оскільки місто розташоване по обох берегах річки (рис. 1.1).

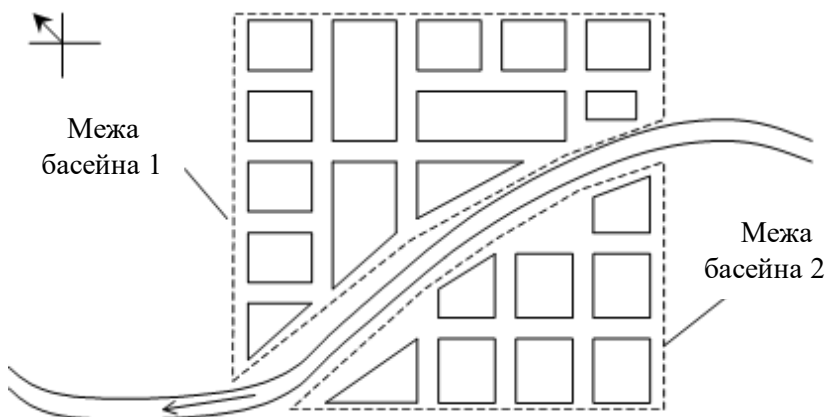


Рисунок 1.1 – Басейни водовідведення

1.1.1 Системи водовідведення

Вибір системи для проектування повинен бути прийнятий шляхом санітарного та техніко-економічного порівняння конкуруючих варіантів. Для водовідведення населених пунктів застосовують загальносплавну, повну чи неповну роздільну та напівроздільну систему. Для спрощеного вибору системи можна скористатися таблицею 1.1.

Таблиця 1.1 – Вибір системи водовідведення

Параметр	Системи водовідведення			
	загально-сплавна	роздільна		напів-роздільна
		неповна	повна	
Поверховість забудови	> 6	–		–
Витрата водних потоків, м ³ /с	> 5	> 5		< 5
Кількість РНС	< 3	> 3		–
Довжина замиського колектора, км	< 1	–		–
Інтенсивність дощів	Середня	Невелика	Велика	Невелика
Кількість мешканців	–	< 5 000	–	–
Забрудненість водою	Однакова	Однакова		Найменша
Капітальні вкладення	Середні	Найменші		Найбільші
Протяжність мереж	Найменша	–	Приблизно однакова	

Згідно з вимогами ДБН [1], будь-яка система водовідведення повинна забезпечити очистку найбільш забрудненої частини поверхневого стоку (не менше 70 % річного стоку для житлових територій). З цієї причини загальносплавну систему застосовувати не рекомендується.

1.1.2 Схеми водовідведення

Вибір схеми водовідведення визначається головним чином рельєфом місцевості та наміченим місцем для розміщення очисної станції і випуску стічних вод. Для великих міст з населенням більше 500–700 тисяч осіб використовують централізовану схему, для середніх міст і малих населених пунктів – децентралізовану. Для вибору схеми можна керуватися даними таблиці 1.2. На рисунку 1.2 наведені типові схеми водовідвідної мережі.

Таблиця 1.2 – Вибір схеми водовідведення

Схема водовідведення	Умови застосування	Особливості
Перпендикулярна	Для дощової каналізації, при спокійному ухилі місцевості	Колектори перпендикулярні водному потоку
Пересічена	Ухил місцевості до водоймища спокійний	Головний колектор уздовж водного потоку
Зонна	Будь-яка система водовідведення, при значній різниці позначок поверхні землі по терасах	По кожній терасі прокладають збірний колектор
Радіальна	За наявності декількох водоприймачів або коли місто розташоване на пагорбі	Колектори розташовані по радіусах від центру міста
Віялова	Ухил місцевості до водоймища дуже великий	Колектори майже паралельні один одному

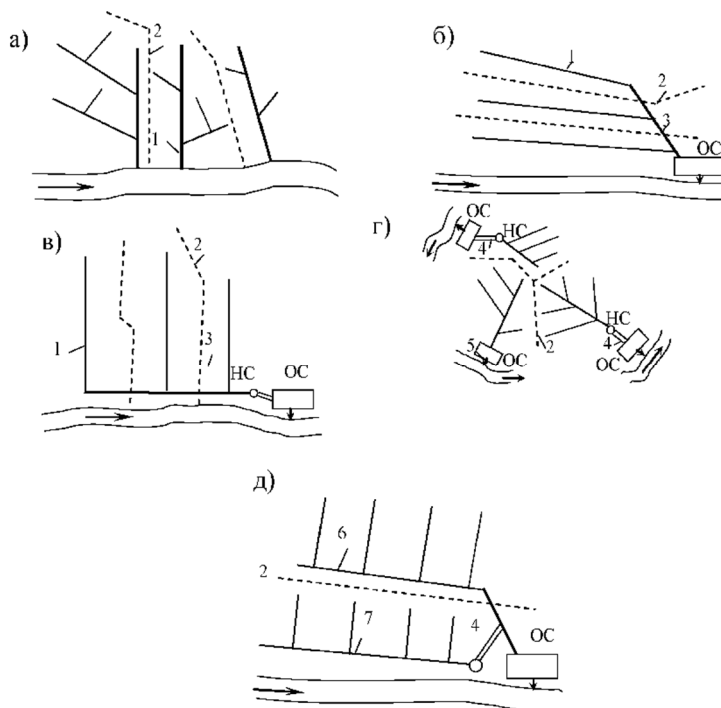


Рисунок 1.2 – Варіанти можливих схем каналізаційних мереж:
 а – перпендикулярна схема;
 б – паралельна схема;
 в – пересічена схема;
 г – радіальна схема;
 д – зонна схема;
 1 – колектори басейнів водовідведення; 2 – границя басейнів водовідведення;
 3 – головний колектор;
 4 – напірний трубопровід;
 5 – випуск; 6,7 – головні колектори верхньої та нижньої зон

При спокійному нахилі місцевості побутову мережу повної роздільної системи трасують за пересіченою схемою, дощову – за перпендикулярною.

У цих самих умовах колектори загальносплавної та напівроздільної системи трасують за пересіченою схемою.

ПРИКЛАД. Для міста на рисунку 1.1 обираємо напіврозподільну систему та пересічену схему водовідведення.

1.2 Вибір місця розташування очисної станції і випуску стічних вод

Місце випуску стічних вод і майданчик очисних споруд каналізації вибирається, виходячи з двох умов:

1) очисні споруди повинні бути відділені від меж житлової забудови санітарно-захисною зоною, величина якої наводиться в таблиці 1.3 [1];

2) очисні споруди повинні розташовуватися нижче міста за течією, а також з підвітряного боку для пануючих вітрів теплого періоду року по відношенню до житлової забудови.

Таблиця 1.3 – Санітарно-захисні зони

Споруди	Санітарно-захисна зона при розрахунковій продуктивності споруд, тис. м ³ /добу			
	> 0,2	0,2 – 5	5 – 50	50 – 280
Споруди механічної та біологічної очистки з мулистими майданчиками, а також окремо розташовані мулові майданчики	150	200	400	500
Споруди механічної та біологічної очистки з термомеханічної обробкою опадів у закритих приміщеннях	100	150	300	400
Поля фільтрації	200	300	500	–
Землеробські поля зрошення	150	200	400	–
Біологічні ставки	200	200	300	300
Споруди з циркуляційними окисними каналами	150	–	–	–
Насосні станції, що регулюють резервуари закритого типу	15	20	20	30

ПРИКЛАД. Орієнтовно приймаємо продуктивність очисних споруд від 5 до 50 тис. м³/добу. Розміщуємо випуск і очисну станцію нижче за течією по правому березі річки (рис. 1.3). На тому ж березі річки розміщуємо і головну насосну станцію.

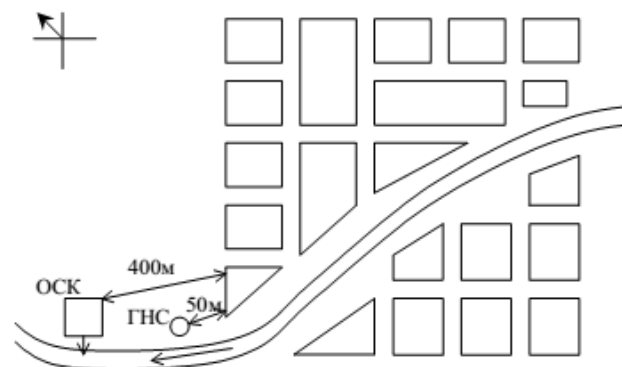


Рисунок 1.3 – Розташування очисних споруд каналізації та головної насосної станції

1.3 Трасування мережі

Трасування водовідвідної мережі виконують у наступному порядку: спочатку головний і відвідний колектори, потім колектори басейнів водовідведення, і нарешті, вулична мережа. Вуличну мережу можна трасувати за трьома варіантами:

- 1) *охоплююче трасування* – застосовується при невеликому ухилі місцевості та великих кварталах;
- 2) *за пониженою стороною кварталу* – застосовується при значному ухилі поверхні ($i > 0,007$);
- 3) *через кварталне* – застосовується тільки тоді, коли відоме детальне планування кварталу.

При трасуванні мережі необхідно дотримуватися таких вимог:

- напрямок руху потоків в трубах має слідувати за природним ухилом місцевості, по можливості без влаштування насосних станцій;
- при охоплюючому трасуванні початкові ділянки мережі часто мають невелику витрату, тому їх потрібно трасувати «змійкообразно», не допускаючи довгих колекторів;
- колектори, що збирають стоки від великої кількості ділянок, мають велику витрату, і тому можуть мати велику протяжність;
- якщо частина мікрорайону розташовується на зворотних схилах або окремій зниженій частині міста, слід влаштовувати насосну станцію, яка буде перекачувати стоки напірним трубопроводом за вододіл.

ПРИКЛАД. На рисунку 1.4 подано приклад трасування головного колектора та колекторів басейнів водовідведення. На рисунку 1.5 зображено наступний етап – трасування вуличної мережі у двох варіантах

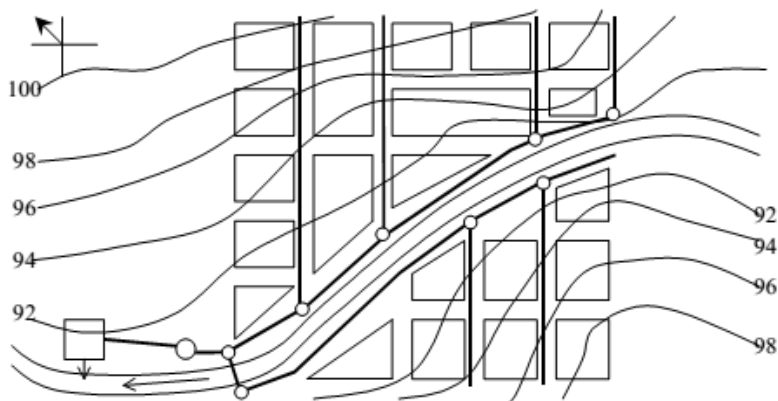


Рисунок 1.4 – Трасування колекторів

Після вибору остаточного варіанта трасування всі мікрорайони міста нумерують (1, 2, 3, 5 і т. д.). Кожен мікрорайон (при трасуванні за охоплюючою схемою) розбивається на площі стоку діагоналями або бісектрисами кутів. Кожному елементу площі стоку присвоюється шифр (1 а, 1 б, 1 в, 1 г і т. д.).

Відповідно до масштабу генерального плану визначається площа кожного кварталу, відведеного під житлову забудову.

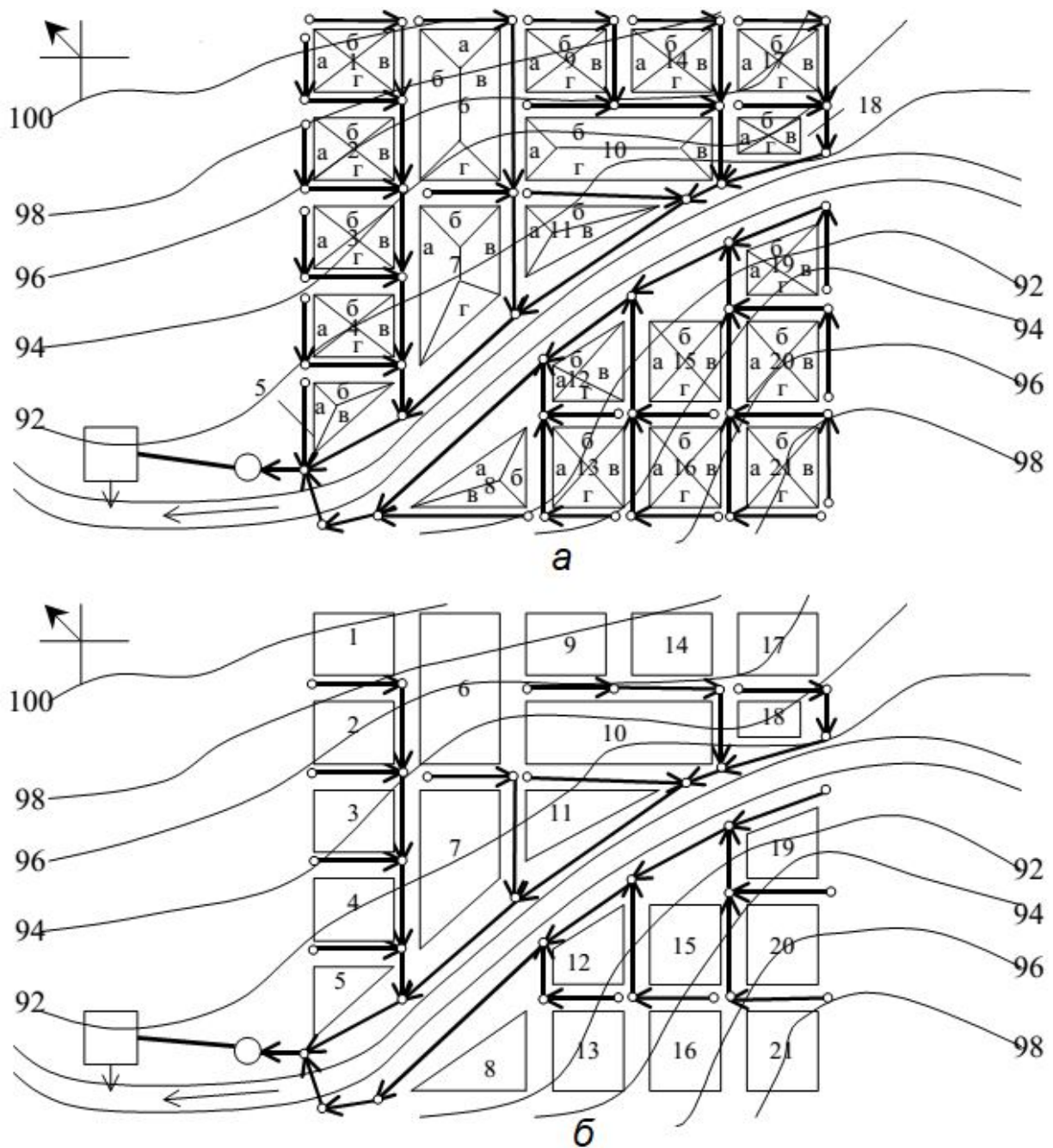


Рисунок 1.5 – Трасування вуличної мережі:
а – за охоплюючою схемою; *б* – за пониженою гранню

Рекомендується номери розташовувати в лівому верхньому кутку кожного кварталу в чисельнику, а площу кварталу в гектарах (га) – у знаменнику (при трасуванні за пониженою гранню). Площі, відведені під зелені насадження, не нумеруються. На територіях, відведених під промислові підприємства, пишеться їх найменування або номер (ППІ №...).

1.4 Визначення витрат стічних вод від міста

Об'єкти водовідведення міста – це комунальні підприємства (лазні, пральні тощо), громадські заклади (готелі, лікарні, школи тощо), житлові будинки та промислові підприємства.

1.4.1 Витрата стічних вод від житлових кварталів

Для визначення витрат стічних вод від житлових кварталів попередньо потрібно виконати такі операції:

1) за генпланом відповідно до масштабу визначити площі від кварталів F (га) і занести їх у графу 2 таблиці 1.4;

2) визначити загальну кількість мешканців за зонами забудови:

$$N = P \cdot F, \text{ осіб}, \quad (1.1)$$

де P – щільність населення, осіб/га (із завдання);

F – сумарна для кожної зони забудови площа кварталів у межах заселення, за винятком площ, які займають громадські заклади, комунальні та промислові підприємства, га;

3) прийняти норму водовідведення q_δ для населення згідно [1] відповідно до ступеня благоустрою кожної зони забудови, кліматичних та інших умов, л/добу на одного жителя (із завдання) та визначити витрати стічних вод від житлових кварталів за формулами:

- середня добова витрата, м³/добу

$$Q_{доб} = \frac{N \cdot q_\delta}{1000}; \quad (1.2, \text{ а})$$

- середня секундна витрата (табл. 1.4, графа 7), л/с

$$q_{mid.s} = \frac{N \cdot q_\delta}{86400}; \quad (1.2, \text{ б})$$

4) визначити модуль стоку (табл. 1.4, графа 6) окремо для кожної зони забудови:

$$q_0 = \frac{q_\delta \cdot P}{86400}, \text{ л/(с} \cdot \text{га)}. \quad (1.3)$$

Модуль стоку (модуль витрати) – витрата стічних вод з одиниці площі житлових кварталів.

Середні витрати стічних вод від житлових кварталів зон забудови, л/с, (табл. 1.4, графа 7) також можна визначити за формулою, використовуючи модуль стоку:

$$q_{mid.s} = q_0 \cdot F, \text{ л/с}. \quad (1.4)$$

Усі обчислення зводимо в таблицю 1.4. Значення витрат округляємо до **тисячних часток метра**.

Підсумком результатів графі 7 є середня секундна витрата стічних вод $\Sigma q_{mid.s}$ від населення міста; графі 8 – середня годинна витрата $Q_{год} = q_{mid.s} \cdot 3,6$, м³/год; графі 9 – середня добова витрата, м³/добу (1.2, а).

Таблиця 1.4 – Середні витрати побутових стічних вод від житлових кварталів

Номер кварталу	Площа кварталу F , га	Кількість населення		Питома норма водовідведення q_0^{zag} , л/добу на одного мешканця	Витрати стічних вод			
		Щільність населення P , осіб/га	Кількість мешканців N , осіб		Модуль стоку q_0^{zag} , л/(с·га)	Середня секундна $q_{mid.s}$, л/с	Середня годинна $Q_{год}$, м ³ /год	Середня добова $Q_{доб}$, м ³ /добу
район 1								
...								
Всього:								
район 2								
....								
Всього:								
Всього по місту:								

1.4.2 Визначення витрат стічних вод від промислових підприємств

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

Визначення витрат побутових стічних вод від промислових підприємств
Середньодобова витрата, м³/добу:

$$Q_{mid} = \frac{(25N_1 + 45N_2)}{1000}, \quad (1.5)$$

де N_1, N_2 – кількість працюючих на добу в холодних і гарячих цехах відповідно;
25 і 45 – питома водовідведення побутових стічних вод в л/зміну на одного працюючого в холодних і гарячих цехах відповідно.

Розрахункова витрата, л/с:

$$q_{max.s} = \frac{(25N_3K_1 + 45N_4K_2)}{T \cdot 3600}, \quad (1.6)$$

де N_3, N_4 – кількість працюючих в максимальну зміну з питомим водовідведенням 25 і 45 л на одну особу за зміну відповідно;

K_1, K_2 – коефіцієнти годинної нерівномірності водовідведення, що дорівнюють 3 і 2,5 при питомому водовідведенні 25 і 45 л/зміну на одного працюючого відповідно;

T – тривалість зміни в годинах.

Визначення витрат душових стічних вод

Тривалість користування душем становить 45 хвилин.

Максимальна витрата за зміну, м³/зм:

$$Q_{\max.cm} = \frac{q_{qc} \cdot m_q \cdot 45}{60 \cdot 1\,000}, \quad (1.7)$$

Розрахункова витрата, л/с:

$$q_{\max.s}'' = \frac{q_{qc} \cdot m_q}{3\,600}, \quad (1.8)$$

де q_{qc} – норма витрати на одну душеву сітку, яка приймається 500 л/год;

m_q – кількість працюючих душових сіток (залежить від кількості робітників, що користуються душем):

$$m_q = \frac{N_{\partial}}{n_{\partial c}} = \frac{N \cdot P_{\partial}}{n_{\partial c}}, \quad (1.9)$$

де N_{∂} – кількість робітників за зміну, що користуються душем, осіб;

P_{∂} – відсоток робітників, які користуються душем (із завданням);

$n_{\partial c}$ – кількість робітників, що обслуговуються однією душевою сіткою, осіб (приймається згідно із санітарними нормами, із завдання).

Витрати душових вод можна також визначити за наведеними нижче формулами [6], якщо душ приймається індивідуально:

$$Q_{mid} = \frac{(40N_5 + 60N_6)}{1\,000}, \quad (1.10)$$

$$Q_{\max.cm} = \frac{(40N_7 + 60N_8)}{1\,000}, \quad (1.11)$$

$$q_{\max.s}'' = \frac{(40N_7 + 60N_8)}{45 \cdot 60}, \quad (1.12)$$

де N_5 та N_6 – кількість робітників, що користуються душем на добу з питомим водовідведенням 40 л/особу в холодних цехах та 60 л/особу в гарячих цехах,

N_7 та N_8 – кількість робітників, що користуються душем за зміну з максимальним водовідведенням в холодних та гарячих цехах.

Після обчислення витрат заповнюють таблицю 1.5 (наведена з прикладом), в якій необхідно вказати розподіл витрат за змінами та цехами.

Визначення витрат виробничих стічних вод

Середня добова витрата стічних вод від технологічних процесів, м³/добу:

$$Q_{mid} = M \cdot q_{np}. \quad (1.13)$$

Розрахункова витрата виробничих стічних вод, л/с:

$$q_{\max.s}''' = \frac{M_1 \cdot q_{np}}{T \cdot 3,6} K_1, \quad (1.14)$$

де M і M_1 – кількість одиниць продукції, що випускається, відповідно на добу та в максимальну зміну (M – із завдання);

q_{np} – питоме водовідведення, м³, на одиницю продукції (із завдання);

K_1 – коефіцієнт годинної нерівномірності скидання виробничих стічних вод (із завдання);

T – кількість годин за зміну.

Таблиця 1.5 – Середні витрати побутових та душових стічних вод від промислових підприємств

Зміна		Побутові стічні води					Душові стічні води				
Номер зміни	Годин роботи в зміну T , год.	Кількість робітників, осіб	Норма водовідведення, літр на 1 особу	Витрата води за зміну, m^3	Коефіцієнт нерівномірності	Розрахункова витрата, л/с	Кількість робітників, що користуються душем, осіб	Норма водовідведення, літр на 1 душову сітку	Витрата води за зміну, m^3	Кількість душових сіток, m_q	Розрахункова витрата, л/с
Холодні цехи											
1	8	500	25	12,5	3	1,30	400	500	10,13	27	3,75
2	8	250	25	6,25	3	0,65	200	500	4,88	13	1,81
3	8	250	25	6,25	3	0,65	200	500	4,88	13	1,81
Гарячі цехи											
1	8	300	45	13,5	2,5	1,17	200	500	4,88	13	1,81
2	8	150	45	6,75	2,5	0,59	100	500	2,63	7	0,97
3	8	150	45	6,75	2,5	0,59	100	500	2,63	7	0,97

Після обчислення витрат заповнюють таблицю 1.6 (наведена з прикладом), у якій необхідно вказати розподіл витрат за змінами.

Таблиця 1.6 – Середні витрати виробничих стічних вод від промпідприємств

Зміна		Одиниця продукції	Число одиниць в зміну	Норма водовідведення, m^3	Витрата води в зміну, $m^3/зм$	Коефіцієнт нерівномірності	Годинна витрата води в зміну, $m^3/год$	Розрахункова витрата в зміну, л/с
Номер зміни	Годин роботи в зміну T , год							
Підприємство (назва)								
1	8	1 тонна	200	5	1000	1,7	212,5	59,03
2	8	1 тонна	100	5	500	1,7	106,25	29,51
3	8	1 тонна	100	5	500	1,7	106,25	29,51

Зосереджена витрата від промпідприємства, л/с, складе:

$$q_{зосер.} = q_{\max.s} + q_{\max.s} + q_{\max.s} \quad (1.15)$$

(наприклад, $q_{зосер.} = 2,47 + 10,37 + 59,03 = 71,87$ л/с).

1.4.3 Сумарний графік погодинного надходження стічних вод від міста протягом доби

Графік погодинного надходження стічних вод наводиться в табличній формі (приклад наведено в таблиці 1.7).

Таблиця 1.7 – Сумарний графік надходження стічних вод від міста

Години доби	Житлові квартали		Підприємство А							Підприємство Б							Всього по місту	
	%	м ³	виробничі		побутові				душові, м ³	виробничі		побутові				душові, м ³		
					холодні цехи		гарячі цехи					холодні цехи		гарячі цехи				
			%	м ³	%	м ³	%	м ³		%	м ³	%	м ³	%	м ³		м ³	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0–1																		
1–2																		
...																		
23–24																		
Σ																		

За середньою секундною витратою стічних вод, що надходять від житлових кварталів (табл. 1.4, графа 7 – $\Sigma q_{mid.s}$), визначають загальний коефіцієнт нерівномірності припливу стічних вод $K_{gen.max}$ згідно [1, табл. 2] (дод. Б).

Розподіл надходження стічних вод від населення міста по годинах доби у відсотках від добової витрати (графа 2), визначається відповідно до коефіцієнту загальної нерівномірності $K_{gen.max}$ за [7, табл. 2.5] або з додатку В (табл. В.1). Погодинні витрати у м³/год обчислюють за вказаними відсотками (графа 3).

Для розподілу виробничих стічних вод промислових підприємств (зосереджена витрата) приймається таке умовне припущення: у якусь одну годину зміни (III, Y, YI або YII) надходить максимальна витрата стічних вод, а у решту годин зміни – надходження стічних вод рівномірне.

Максимальна годинна витрата виробничих стічних вод, м³/год, визначається за формулою:

$$Q_n^{max} = \frac{Q_n}{T} \cdot K_1, \text{ л/с}, \quad (1.16)$$

де Q_n – середня змінна витрата виробничих стічних вод, м³/год;

T – тривалість зміни, год;

K_1 – коефіцієнт годинної нерівномірності надходження виробничих стічних вод (із завдання).

Для решти годин зміни витрата постійна:

$$Q_{год} = \frac{Q_n - Q_n^{max}}{t - 1}, \text{ л/с}. \quad (1.17)$$

Розподіл надходження побутових стічних вод від промислових підприємств протягом зміни виконується за режимами надходження залежно від тепловиділень в цехах (дод. В, табл. В.2).

Душові стічні води зміни надходять протягом першої години наступної зміни.

За даними граф 18 або 19 будується графік припливу стічних вод за годинами доби.

1.5 Визначення розрахункових і контрольних витрат стічних вод на ділянках трубопроводів вуличної мережі

Водовідвідну мережу розбивають на розрахункові ділянки, кожному вузлу (колодязю) мережі присвоюють номер. Розрахунковою називають ділянку мережі між двома вузлами (колодязями), на якій розрахункова витрата є незмінною.

При визначенні розрахункової витрати стічних вод за допомогою першого методу (за суміжними площами) використовують поняття про зосереджену, попутну, місцеву, бокову і транзитну витрати.

Зосереджена витрата $q_{зосер}$ – розрахункова витрата стічних вод, л/с, які надходять від комунальних і промислових підприємств, громадських закладів і спрямовуються в початковий вузол ділянки.

Попутна витрата q_n – середня витрата, л/с, яка надходить із суміжної площі кварталу. Наприклад, з площі «в» кварталу № 11 (рис. 1.6, 1) q_n надходить на ділянку 25–31, з площі кварталу № 11 (рис. 1.6, 2) q_n надходить на ділянку 19–20. Попутна витрата надходить по всій довжині ділянки, але при розрахунках її умовно спрямовують в початковий вузол ділянки (вузли 25 і 19 в наведених прикладах).

Місцева витрата $q_{місц}$, л/с, надходить на розрахункову ділянку безпосередньо від кварталів (місцева попутна) або підприємств (місцева зосереджена).

Транзитна витрата $q_{тр}$, л/с, надходить на розрахункову ділянку від попередніх ділянок мережі. Це може бути і попутна (середня), і зосереджена (розрахункова) витрата. Прикладом транзитної витрати може бути витрата від ділянок 27–26 та 26–25 для ділянки 25–31 (рис. 1.6, 1) та 17–18 і 18–19 для ділянки 19–20 (рис. 1.6, 2).

Бокова витрата q_b , л/с, надходить від бокових колекторів на початок ділянки головного колектору. Прикладом бокової витрати може бути витрата від кварталів № 9, 14 та 10в для ділянки 26–25 (рис. 1.6, 1) або від кварталів № 1, 2, 3, 4 для ділянки 21–22 (рис. 1.6, 2).

Розрахункові витрати стічних вод, л/с, на ділянках побутової мережі визначаються за формулою:

$$q_{mid.s} = (q_n + q_b + q_{тр}) \cdot K_{gen.max} + q_{зосер}, \text{ л/с}, \quad (1.18)$$

де $K_{gen.max}$ – коефіцієнт загальної нерівномірності надходження побутових стічних вод від житлових кварталів, який визначають за [1, табл. 2] або за

Додатком Б залежно від сумарної середньої витрати стічних вод житлових кварталів, які надходять на дану ділянку, включаючи транзитну;

$Q_{зосер}$ – сума зосереджених витрат, що надходять у дану ділянку від громадських закладів, комунальних і промислових підприємств, як безпосередньо, так і транзитом.

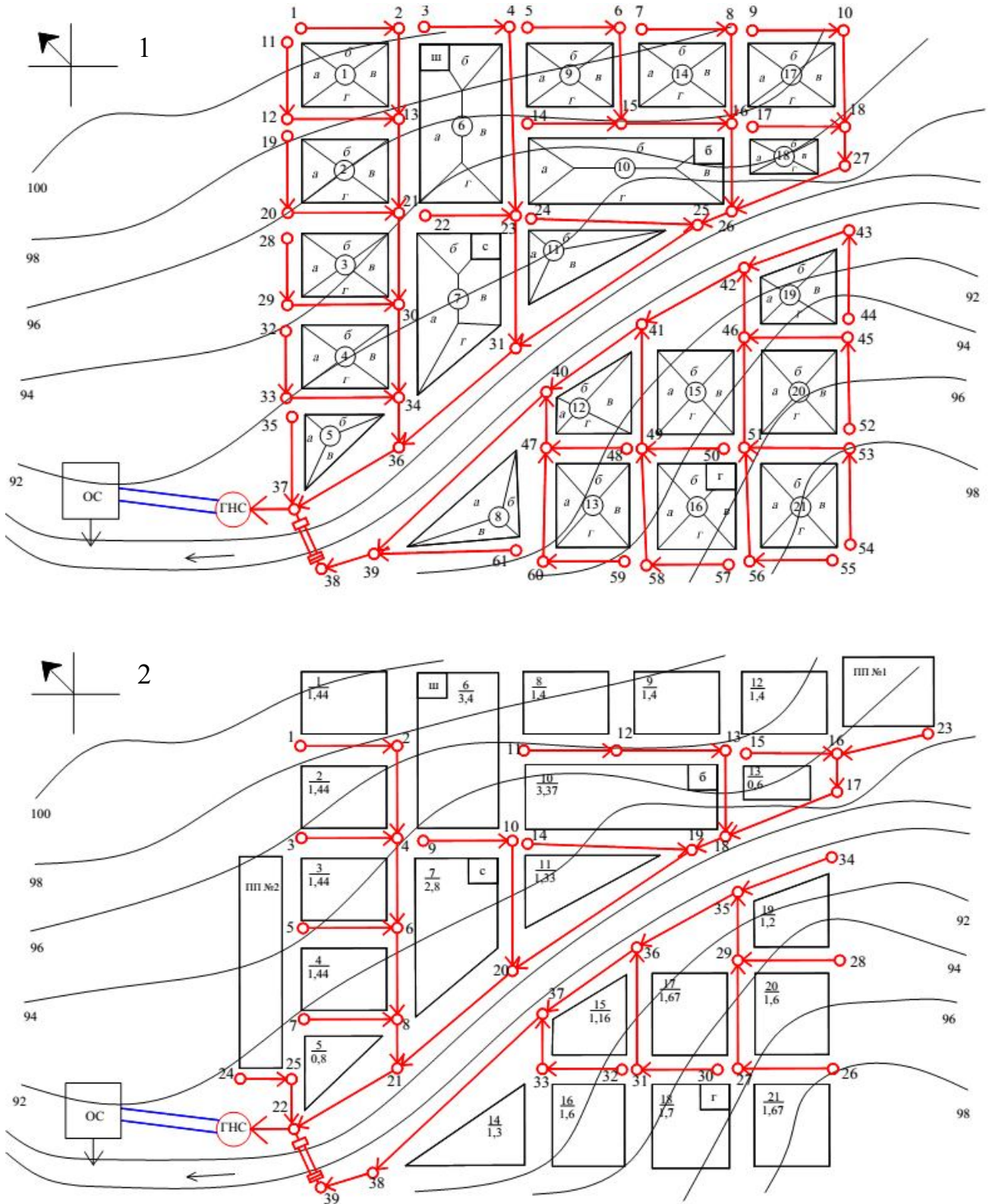


Рисунок 1.6 – Генплан міста з розрахунковими ділянками:

1 – трасування за охоплюючою схемою; 2 – трасування за пониженою гранню кварталу;
ш – школа; г – гараж; б – бібліотека; с – їдальня

Визначення розрахункових витрат на ділянках мережі виконується у такій послідовності:

- викреслюють безмасштабну схему міста і побутової мережі трубопроводів (квартали розміром 5 см × 6 см, вулиці з шириною 1 см);
- на схему виписують номери початкових, поворотних і вузлових точок мережі, номери кварталів, середні витрати побутових стічних вод від кварталів (табл. 1.4), розрахункові витрати від промислових і комунальних підприємств;
- якщо квартал обслуговується кількома ділянками трубопроводів, то для визначення попутних витрат на кожній ділянці середню витрату стічних вод від кварталу (за табл. 1.4) ділять пропорційно до площ кварталу, які є суміжних до ділянок. Визначені попутні витрати спрямовують у початкові вузли відповідних ділянок;
- зосереджені витрати від комунальних підприємств і громадських закладів спрямовують у найближчий розрахунковий вузол мережі. Зосереджені витрати від промислових підприємств спрямовують у найближчий нижчий за рельєфом вузол мережі;
- визначають розрахункові витрати стічних вод для кожної ділянки трубопроводу за формулою (1.18).

Згідно з [1, п. 7.1.8] самопливні трубопроводи належить перевіряти на пропуск контрольних витрат, які враховують додатковий приплив поверхневих і ґрунтових вод у періоди дощів і танення снігу через нещільності люків колодязів і за рахунок інфільтрації ґрунтових вод.

Додаткова витрата стічних вод, л/с, обчислюється за формулою:

$$q_{ad} = 0,15L\sqrt{m_d}, \text{ л/с}, \quad (1.19)$$

де L – загальна довжина трубопроводів мережі від її початку до кінцевої точки розрахункової ділянки, км;

m_d – величина максимальної добової кількості атмосферних опадів, мм, яка приймається з [1, табл. А.9] або за додатком Е.

Контрольна витрата стічних вод на ділянці трубопроводу, л/с, визначається за формулою:

$$q_k = q_p + q_{ad}, \text{ л/с}. \quad (1.20)$$

Приклад визначення розрахункових і контрольних витрат у вигляді схеми наведений на рисунку 1.7.

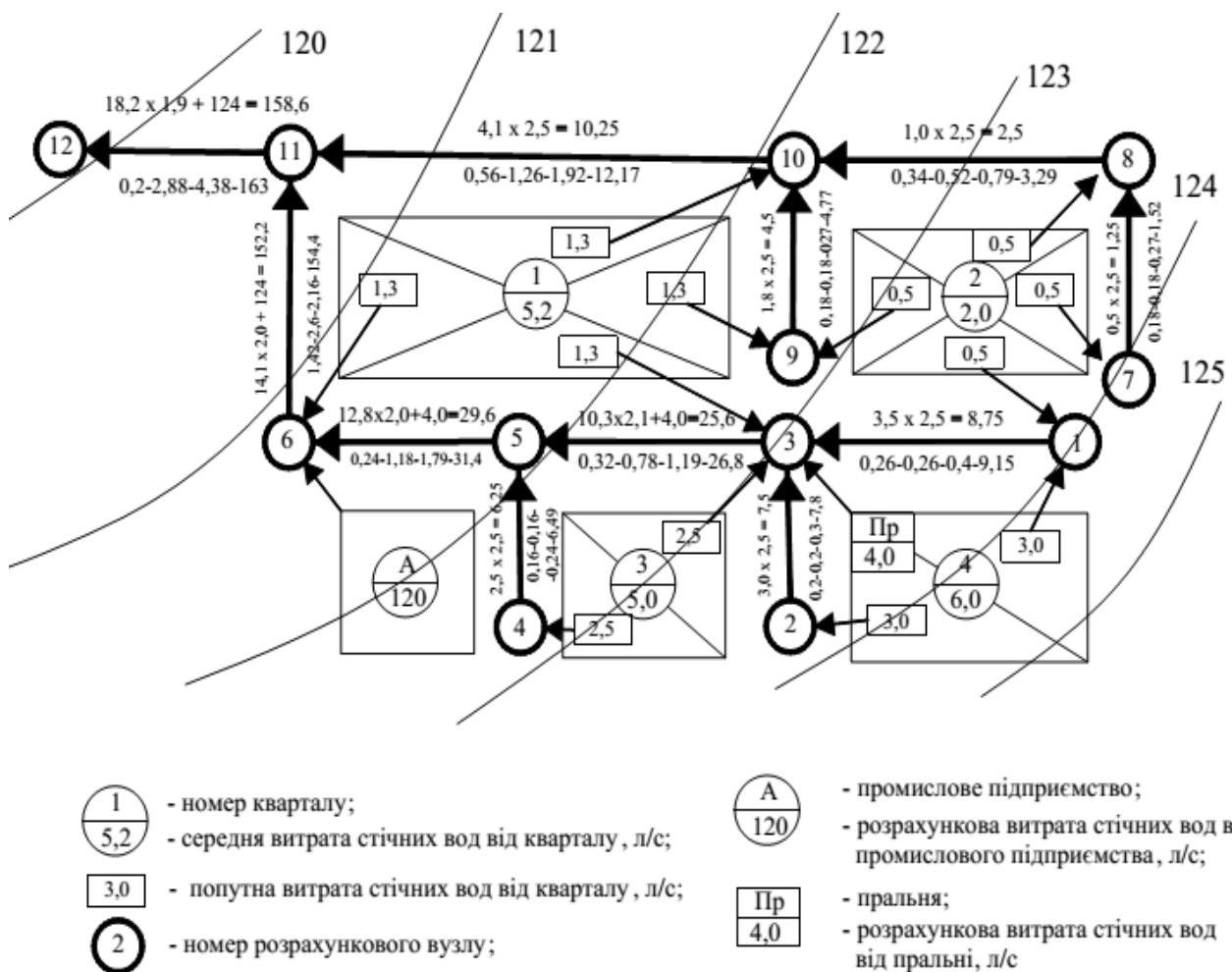


Рисунок 1.7 – Схема для визначення розрахункових і контрольних витрат на ділянках мережі

На лініях ділянок мережі (рис. 1.7) показані чисельні значення величин (на прикладі ділянки 3–5):

- 10,3 – сумарна середня витрата побутових стічних вод з кварталів, л/с (транзитна витрата $q_{mp} = 3,5$ л/с + 3,0 л/с від ділянок 1–3 та 2–3; попутна витрата від суміжної площі кварталу № 1 $q_{nl} = 1,3$ л/с, кварталу № 3 $q_{nz} = 2,5$ л/с; 2,1 – коефіцієнт загальної нерівномірності водовідведення. Визначається за витратою 10,3 л/с (згідно з [1], табл. 2 або додатком Б);
- 4,0 – сума зосереджених витрат стічних вод від комунально-побутових і промислових підприємств (у цьому разі – від пральні), л/с;
- 25,6 – розрахункова витрата стічних вод на ділянці 3–5, л/с;
- 0,32 – довжина ділянки 3–5, км;
- 0,78 – загальна довжина мережі від її початку (вузли 1 і 2) до розрахункового вузла 5, км;
- 1,19 – додаткова витрата стічних вод, л/с;
- 26,8 – контрольна витрата стічних вод, л/с.

Визначення розрахункових витрат стічних вод можна виконувати також у табличній формі (табл. 1.8).

Таблиця 1.8 – Визначення витрат стічних вод на ділянках водовідвідної мережі

Номери ділянок	Номери кварталів	Витрати, л/с				Коефіцієнт нерівномірності	Розрахункова витрата від житлових кварталів, л/с	Зосереджені витрати		Загальна розрахункова витрата, л/с	Додаткова витрата, л/с	Контрольна витрата, л/с
		попутна	бокова	транзитна	всього			назви об'єктів	витрата, л/с			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
...												
...												
...												

Важливе значення має послідовність перерахування номерів ділянок у стовпці 1. Заповнювати цей стовбець необхідно за ходом руху води, починаючи з верхових ділянок. Останній рядок у таблиці 1.8 відповідає останній самопливній ділянці до ГНС.

Перемножуючи значення в стовпцях 7 і 8, отримують розрахункову витрату від житлових кварталів на конкретній ділянці. У стовпцях 9 та 10 враховують зосереджені витрати.

У стовпці 11 сумують значення зі стовпців 8 і 10. Останній стовпець дорівнює сумі 11 та 12 стовпців.

2 ПРОЄКТУВАННЯ КАНАЛІЗАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ ТА СПОРУД НА НІЙ

2.1 Гідравлічний розрахунок та висотне проєктування побутово-виробничої мережі

Після визначення розрахункових витрат наступним етапом у проєктування водовідвідної мережі є її гідравлічний розрахунок і висотне проєктування. *Гідравлічний розрахунок* мережі полягає в підборі діаметру та ухилу трубопроводу на ділянках таким чином, щоб значення швидкості й наповнення в трубопроводі відповідали вимогам ДБН [1]. *Висотне проєктування* мережі складається з розрахунків, необхідних при побудові профілю мережі, а також для визначення величини мінімального закладення вуличної мережі.

2.1.1 Вимоги до гідравлічного розрахунку та висотного проєктування побутово-виробничої мережі

- 1) уся розрахункова витрата ділянки надходить в її початок і не змінюється по довжині;
- 2) рух в трубопроводі на розрахунковій ділянці є безнапірним і рівномірним;
- 3) найменші (мінімальні) діаметри і ухили самопливних мереж приймаються згідно з [1] або за таблицею 2.1;
- 4) допустиме розрахункове наповнення в трубах при пропуску розрахункової витрати не повинно перевищувати нормативного та відповідно до [1] наведено в додатку Г;
- 5) швидкості течії в трубах при цій розрахунковій витраті повинні бути не менше мінімальних, які наведені згідно [1] в додатку Г;
- 6) максимально допустима швидкість течії для неметалевих труб – 4 м/с, а для металевих – 8 м/с;
- 7) швидкість руху на ділянці повинна бути не менше швидкості на попередній ділянці або найбільшій швидкості в бічних приєднаннях. Тільки для ділянок, що переходять від крутого рельєфу до спокійного, допускається спадання швидкості;
- 8) трубопроводи однакового діаметра з'єднують (сполучають) «за рівнем води», а різних діаметрів – «за шелигою»;
- 9) діаметри труб від ділянки до ділянки повинні зростати, винятки допускаються при різкому збільшенні ухилу місцевості;
- 10) мінімальна глибина закладання трубопроводів приймається, виходячи з наступний трьох умів:
 - виключення промерзання труб;
 - виключення механічного руйнування труб під дією зовнішніх навантажень;
 - забезпечення самопливного приєднання до трубопроводів внутрішньоквартальних мереж і бічних гілок;
- 11) максимальну глибину закладення рекомендується приймати рівною: в скельних ґрунтах – 4–5 м, мокрих пливунних – 5–6 м, сухих нескельних – 7–8 м.

Вибір більшої глибини закладання належить обґрунтувати техніко-економічними розрахунками;

12) ділянки з витратами, меншими ніж 9–10 л/с, рекомендується приймати «безрозрахунковими», при цьому діаметр і ухил труби дорівнює мінімальному, швидкість і наповнення не розраховуються;

13) для труб діаметром більше ніж 500 мм рекомендується враховувати місцеві опори на поворотах, злиттях і перепадах.

Таблиця 2.1 – Мінімальні діаметри та ухили

Системи водовідведення	Мінімальний діаметр d_{\min} , мм		Мінімальні ухили i_{\min}	
	внутрішньо-квартальної	вуличної	внутрішньо-квартальної	вуличної
Повна роздільна та напівроздільна з мережами:				
побутовою	150	200	0,008 (0,007)	0,007 (0,005)
дощовою (водостоки)	200	250	0,007 (0,005)	
Загальносплавна	200	250	0,007 (0,005)	
Примітка 1: У дужках вказані ухили, які допускається застосовувати при обґрунтуванні. Примітка 2: У населених пунктах з витратою до 300 м ³ /добу допускається використовувати труби діаметром 150 мм.				

2.1.2 Визначення початкового заглиблення самопливної вуличної мережі

Мінімальне заглиблення трубопроводів призначається виходячи з таких умов:

1) виключення промерзання труб

$$h_{\min 1} = h_{np.} - a, \text{ м}, \quad (2.1)$$

де $h_{np.}$ – глибина промерзання ґрунту, м;

a – товщина шару ґрунту, яка залежить від діаметру трубопроводу: при діаметрі до 500 мм – $a = 0,3$ м, при діаметрі ≥ 500 мм – $a = 0,5$ м;

2) виключення руйнування труб під дією зовнішніх навантажень для труб діаметром d .

При масі транспорту <25 т (для внутрішньоквартальних мереж) – початкова глибина закладання лотка трубопроводу:

$$h_{\min 2} = 0,7 + d, \text{ м}; \quad (2.2a)$$

При масі транспорту >25 т (для вуличних мереж) – початкова глибина закладання лотка трубопроводу:

$$h_{\min 2} = 1,5 + d, \text{ м}; \quad (2.2b)$$

3) забезпечення приєднання до вуличних трубопроводів внутрішніх квартальних мереж. Мінімальне заглиблення лотку труби у диктуючій точці (рис. 2.1) повинне бути не меншим за обчислене за формулою:

$$H_{\min} = h_{\min} + i_{\min} \cdot (L + l) + Z_1 - Z_2 + \Delta, \text{ м}, \quad (2.3)$$

де h_{\min} – найменша глибина закладення мережі в найбільш віддаленому чи невідгідно розташованому колодязі, м, визначається з перших двох умов за найбільшим значенням;

i_{\min} – мінімальний ухил дворової або внутрішньоквартальної мережі, що приймається для труб $d = 150$ мм – 0,00 8, для труб $d = 200$ мм – 0,00 7;

L – довжина дворової або внутрішньоквартальної водовідвідної гілки до червоної лінії забудови, м;

l – відстань від червоної лінії до лінії вуличної мережі, м;

Z_1 і Z_2 – позначки поверхні землі біля колодязя вуличної мережі та у найбільш віддаленого колодязя дворової або внутрішньоквартальної мережі, м;

Δ – різниця у відмітках між лотками дворової лінії та вуличної мережі (розрахункова глибина води у вуличному трубопроводі), м. При відсутності даних приймається 0,05 м.

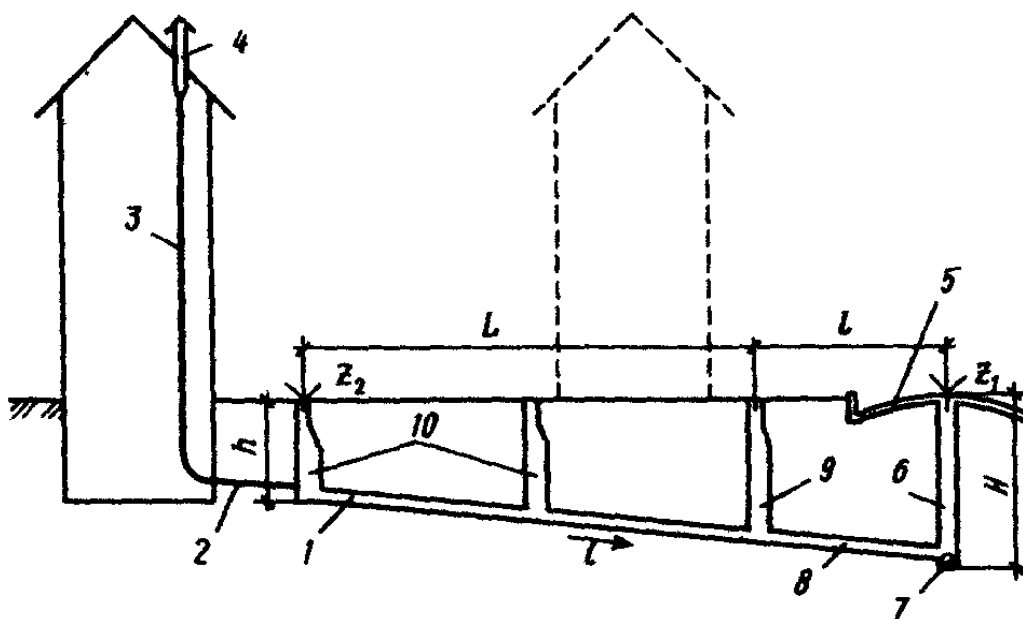


Рисунок 2.1 – Схема до визначення початкової глибини закладення вуличної мережі:

1 – внутрішньоквартальна або дворова мережа; 2 – випуск, 3 – стояк внутрішньої мережі; 4 – витяжка; 5 – дорожнє покриття, 6 – колодязь вуличної мережі; 7 – вуличний колектор (початкова ділянка головного колектору); 8 – сполучна лінія; 9 – контрольний колодязь; 10 – колодязі дворової мережі

Розрахунок мінімального заглиблення допускається виконувати лише для одного кварталу кожного варіанту схеми трасування труб і у найбільш віддалених і понижених місцях басейну. Орієнтовно при вдало запроектованій квартальній і вуличній мережах $H_{\min} = 1,7-2,5$ м.

2.1.3 Гідравлічний розрахунок побутово-виробничої мережі

Метою гідравлічного розрахунку є вибір діаметру та ухилу трубопроводу, які забезпечують пропуск розрахункової витрати стічних вод при швидкості, яка не менша за самоочисну для трубопроводу, та наповненні, яке не перевищує регламентованого нормами [1, табл. 6].

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

Виконують гідравлічний розрахунок з допомогою таблиць [4]. При цьому потрібно враховувати, що для кожного діаметру труб встановлені [1, п. 8.4.1] обмеження **швидкості** (мінімальні значення) та **наповнення** (максимальні значення), які наведені в додатку Г.

Найбільшій швидкості руху води варто приймати згідно з [1, п. 2.36] 8 м/с для металевих, 4 м/с для неметалевих труб.

Мінімальний діаметр труб вуличної мережі 200 мм за [1, п. 8.3.1]. Для таких трубопроводів найменший ухил приймають 0,007 за [1, п. 8.5.1], а при обґрунтуванні – до 0,005. Обґрунтуванням застосування зменшеного ухилу труб може бути, наприклад, забезпечення швидкості самоочищення.

На початкових ділянках мережі при малих витратах (менших за 9–10 л/с), коли у трубопроводах мінімального діаметру неможливо забезпечити встановлену найменшу самоочисну швидкість, допускається приймати діаметр 200 мм і ухил $i = 0,007$, вважаючи таку ділянку **безрозрахунковою**. На такій ділянці наповнення та швидкість руху води не визначають.

Після вибору діаметра та ухилу трубопроводу виконують його перевірку на можливість пропускання **контрольної витрати** при наповненні, яке не перевищує 0,95. Якщо ця умова не виконується, потрібно збільшити діаметр і (або) ухил трубопроводу, щоб забезпечити умову перевірки, уточнивши при цьому наповнення та швидкість для розрахункової витрати.

Оформлення гідравлічного розрахунку зручно виконувати на розрахунковій схемі (див. приклад на рис. 2.2) або в табличній формі (табл. 2.1).

Паралельно з вибором діаметра виконується **висотне ув'язування** труб у колодязях. У інженерній практиці зазвичай використовуються два способи з'єднання трубопроводів: «шелига з шелигою» та «за рівнями води». Перший метод використовується переважно при з'єднанні труб різного діаметра, другий – при з'єднанні труб однакового діаметру. У нечастих 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 висотного ув'язування потрібно контролювати відсутність підпору води, коли горизонт води у відвідному трубопроводі вищий за рівень води у підвідному. У цьому разі переходять до вирівнювання «за рівнями води». Варто також уникати «порогів», коли лоток наступної ділянки вищий за лоток попередньої і можливе відкладання осаду на цій перешкоді. У цьому разі зрівнюють лотки труб.

У 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.

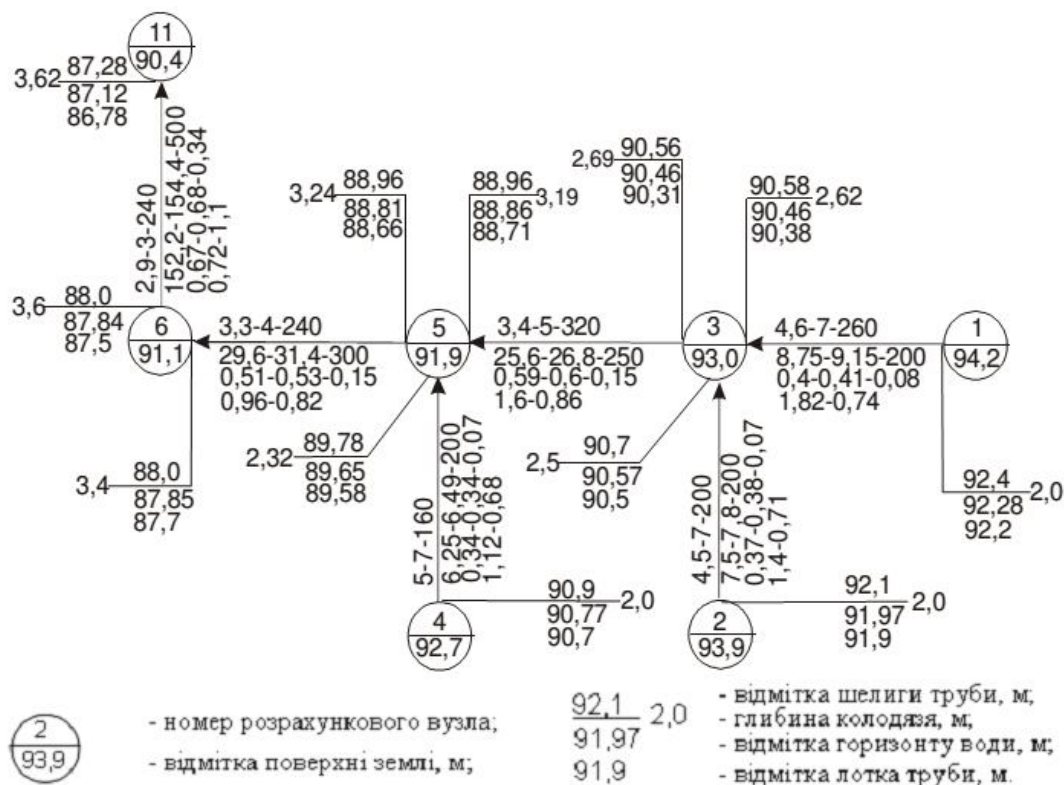


Рисунок 2.2 – Схема гідравлічного розрахунку і висотної ув'язки труб, на лініях розрахункових ділянок мережі показані чисельні значення величин [7] (на прикладі ділянки 1–3):

- | | |
|---|--|
| 4,6 – ухил поверхні землі, ‰; | 0,4 – наповнення у долях діаметра при розрахунковій витраті; |
| 7 – ухил трубопроводу, ‰; | 0,41 – те ж, при контрольній витраті; |
| 260 – довжина ділянки 1–3, м; | 0,08 – глибина води при розрахунковій витраті, м; |
| 8,75 – розрахункова витрата стічних вод, л/с; | 1,82 – перевищення лотка труби у точці 1 над лотком у точці 3, м |
| 9,15 – контрольна витрата стічних вод, л/с; | |
| 200 – діаметр трубопроводу, мм; | |
| 0,74 – швидкість руху води у трубі, м/с; | |

Наприклад, для **початкової ділянки** мережі відома глибина колодязя, яка визначена за формулою (2.3), тому спочатку визначають відмітку лотку, а далі – горизонт води та відмітку шелиги.

Початкова відмітка лотка (низу) труби, м:

$$Z_{лн} = Z_{л} - h_{поч}, \quad (2.4)$$

де $h_{поч}$ – початкове заглиблення, м.

Для *середніх ділянок*, залежно від способу ув'язки, спочатку визначають відмітку рівня води або шелиги, далі відмітку лотку та глибину колодязя. Зв'язок між однойменними відмітками у початковому та кінцевому вузлах ділянки здійснюють через *перевищення (падіння лінії)*:

$$\Delta H = i_{mp} \cdot l, \text{ м} \quad (2.5)$$

де i_{mp} – ухил трубопроводу,

l – довжина ділянки, м.

Відмітка лотка наприкінці ділянки, м:

$$Z_{лк} = Z_{лп} - i \cdot l, \quad (2.6)$$

де $i \cdot l$ – падіння лінії.

Глибину колодязя визначають, як різницю між відмітками поверхні землі та лотку труби:

$$\text{– на початку ділянки: } h_{кп} = Z_{зн} - Z_{лп}, \text{ м;} \quad (2.7, \text{ а})$$

$$\text{– наприкінці ділянки: } h_{кк} = Z_{зк} - Z_{лк}, \text{ м;} \quad (2.7, \text{ б})$$

де $Z_{зн}$, $Z_{зк}$ – відмітки землі відповідно на початку та в кінці ділянки, м;

$Z_{лп}$, $Z_{лк}$ – відмітки лотка (низу) труби відповідно на початку та в кінці ділянки, м.

Відмітки горизонту води та лотку труби відрізняються на величину *глибини шару води*, яку визначають через наповнення h/d трубопроводу з діаметром d :

$$h = \frac{h}{d} \cdot d, \text{ м.} \quad (2.8)$$

Відмітка води на початку ділянки, м:

$$Z_{вп} = Z_{лп} + h, \quad (2.9)$$

де $Z_{лп}$ – відмітка лотку (низу) труби на початку ділянки, м;

h – глибина шару води, м.

Відмітка води в кінці ділянки, м:

$$Z_{вк} = Z_{лк} + h, \quad (2.10)$$

де $Z_{лк}$ – відмітка лотку (низу) труби в кінці ділянки, м.

Примітка: Індексами «в», «л» зазначені відповідно вода, лоток, а індексами «п», «к» – відповідно початкова та кінцева відмітки.

За результатами гідравлічного розрахунку будують *повздовжній профіль* визначеного завданням колектору мережі відповідно до ДСТУ Б А.2.4-31:2008 [10].

Профілі самопливних та напірних мереж викреслюють на аркуші А2 або А3 міліметрового паперу або за допомогою графічного редактору AutoCAD. Масштаби: вертикальний 1 : 100, горизонтальний 1 : 10 000 (5 000). Приклад повздовжнього профілю наведений в додатку Д.

На профілі вказуються глибина колодязя, бокові підключення з діаметром та відміткою лотка, а також характеристики трубопроводу: розрахункова витрата стічних вод, діаметр, швидкість, наповнення та ухил труби розрахункової ділянки.

Відмітки вказуються для вузлів початку і кінця кожної ділянки. Позначення труби включає матеріал, ДСТУ, марку, діаметр труби. Основу під трубопроводи вибирають, керуючись рекомендаціями [3]. Ухил труби вказується над діагональною рисою, яка відповідає напрямку ухилу трубопроводу, під рисою вказується довжина ділянки. Для послідовних ділянок, які мають однаковий діаметр та ухил, під діагональною рисою записують сумарну довжину, м. На плані траси вказуються вузли розрахункових ділянок, кути повороту траси (стрілками, які виходять з вузлу у відповідному напрямку), бокові підключення (стрілками, які входять до вузлу з відповідного боку). На профілі на бокових підключеннях вказують їх діаметр та відмітки лотка.

Таблиця 2.1 – Гідравлічний розрахунок та висотна ув'язка трубопроводів самопливного колектору

Номери ділянок	Довжина ділянки l , м	Розрахункова витрата, л/с	Контрольна витрата, л/с	Діаметр d , мм	Ухил i	Швидкість V , м/с	Наповнення h/d	Глибина шару води, м	Падіння лінії $h=i \cdot l$, м	Відмітки на розрахункових ділянках, м								Глибина закладання, м	
										поверхні землі		лотку труби		поверхні води		щелиги труби		на початку ділянки	в кінці ділянки
										на початку ділянки	в кінці ділянки	на початку ділянки	в кінці ділянки	на початку ділянки	в кінці ділянки	на початку ділянки	в кінці ділянки		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

2.2 Дюкери

У пояснювальній записці наводяться схема та розрахунок дюкера.

Проектування дюкера проводиться відповідно до вимог [1, п. 8.11], з урахуванням рекомендацій [12].

При розрахунку та проектуванні дюкера необхідно враховувати таке:

1) дюкер прокладається перпендикулярно осі водної протоки як мінімум у дві робочі нитки із сталевих труб діаметром не менше 150 мм з посиленою антикорозійною ізоляцією, захищеною футерівкою;

2) швидкість руху стічної рідини в дюкері повинна бути не менше 1 м/с і не менше швидкості в підвідному колекторі. При цьому діаметр дюкера визначається за залежністю

$$d_d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot n \cdot v}}, \quad (2.11)$$

де Q – розрахункова витрата стічних вод, що транспортується по дюкеру, м³/с;

n – кількість ниток дюкера;

v – швидкість руху стічної рідини в дюкері, м/с.

При витратах стічних вод, що не забезпечують мінімальні розрахункові швидкості, одну з двох ліній слід приймати резервною;

3) відстань між нитками дюкера в світлі залежить від діаметру ниток d і приймається не менше 0,7 м при $d = 300$ мм, не менше 1,0 м при $d = 400$ –1 000 мм і не менше 1,5 м при $d > 1$ 000 мм;

4) відстань по вертикалі від можливого розмиву дна річки до верху труби повинна становити не менше 1 м в судноплавних річках і не менше 0,5 м в несудноплавних;

5) кут ухилу висхідної частини дюкера не повинен перевищувати 20°;

6) вхідна камера дюкера має два відділення, вихідна – одне.

Гідравлічний розрахунок дюкера зводиться до визначення діаметра труб за формулою (2.11) і величини опору при проходженні стічної води через дюкер з використанням залежності

$$h_d = h_l + h_m = i \cdot l_d + h_m, \quad (2.12)$$

де i – гідравлічний ухил, вибирається за [4, табл. 44];

l – довжина дюкера, м;

h_m – сума втрат напору на місцеві опори: на вхід в трубу, на 4 повороти та на вихід з труби; приймається за [4, табл. 45–47].

Величина загальних опорів обчислюється для визначення позначки води у вихідній камері як різниці між відміткою у води вхідний камері та загальними опорами.

Розрахунки за формулою (2.12) виконуються:

- при пропуску по одній трубі розрахункової витрати, що припадає на одну нитку (при двох робочих нитках – половина загальної розрахункової витрати);

- на випадок аварії на одній нитці – при пропуску всієї розрахункової витрати через решту робочих ниток.

При аварії (другий розрахунковий випадок) допускається підпір в мережі в межах, що виключають вилив стічних вод на поверхню.

Гідравлічний ухил на ділянках п'єзометричної лінії визначається за залежністю

$$I = \frac{i_n \cdot q_p^2}{q_{np}^2}, \quad (2.13)$$

де q_p – розрахункова витрата стічних вод на даній ділянці, л/с;

i_n – ухил ділянки (за матеріалами гідравлічного розрахунку);

q_{np} – витрата, що пропускається трубою заданого діаметру при повному заповненні та ухилі i_n .

При розрахунках ділянок каналізаційної мережі на підтоплення заповнюється відомість, форма якої представлена в таблиці 2.2.

За результатами виконаних розрахунків розробляється креслення дюкера відповідно до рисунку 2.3.

У тому випадку, коли за умовами завдання запроєктований напірний дюкер (що йде безпосередньо від насосної станції), розрахунки обмежуються визначенням його діаметра та загальних втрат напору. Креслення дюкера виконується в цьому випадку відповідно до рисунку 2.4.

Крім того, необхідно пам'ятати про те, що пряме підключення напірного колектору до самопливного неможливо. Для цього необхідно передбачити колодязь (камеру) гасіння напору, це може бути перепадний колодязь або спеціальний колодязь гасіння напору. Один з варіантів можливих гасителів представлений на рисунку 2.5.

Схема влаштування дюкера через річку наведена на рисунку 2.6.

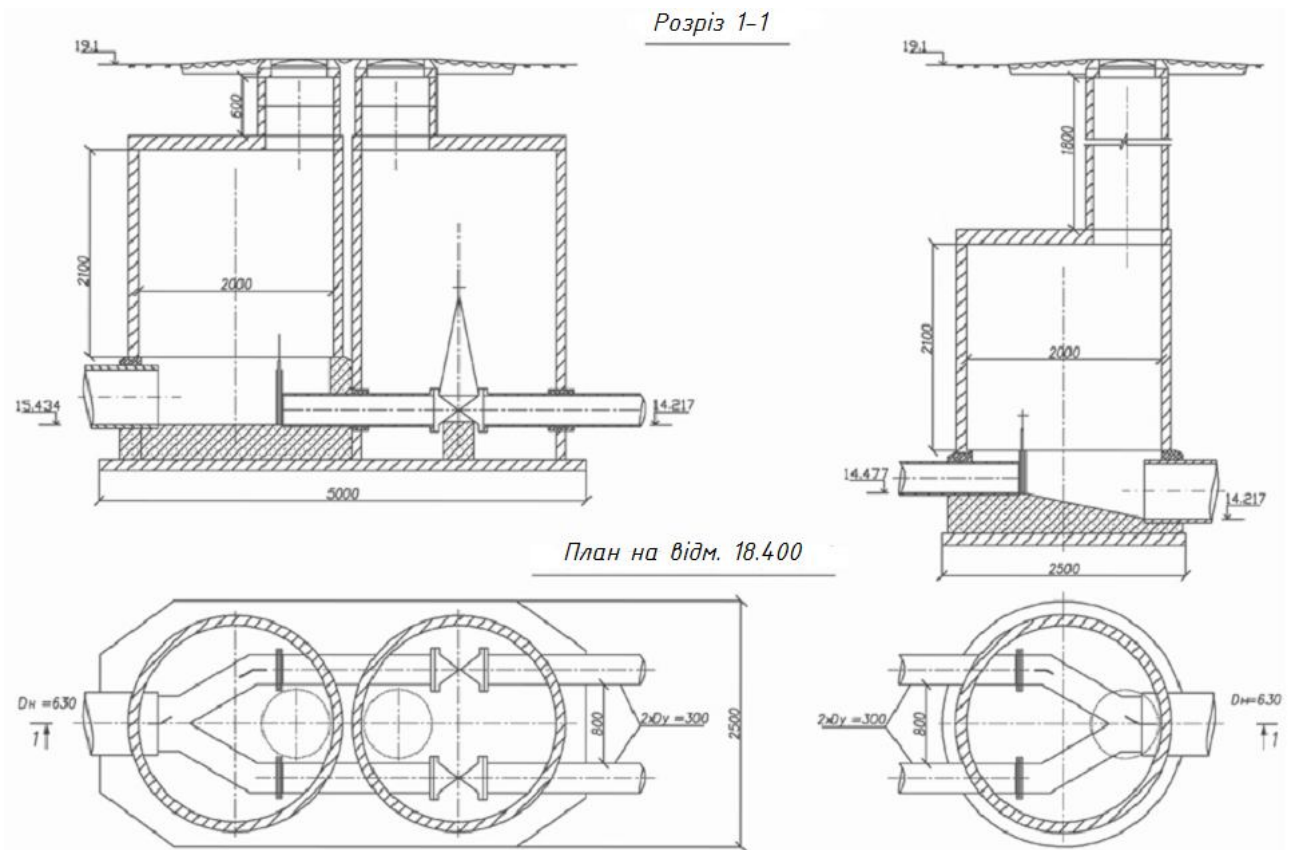


Рисунок 2.3 – Каналізаційний дюкер (безнапірний)

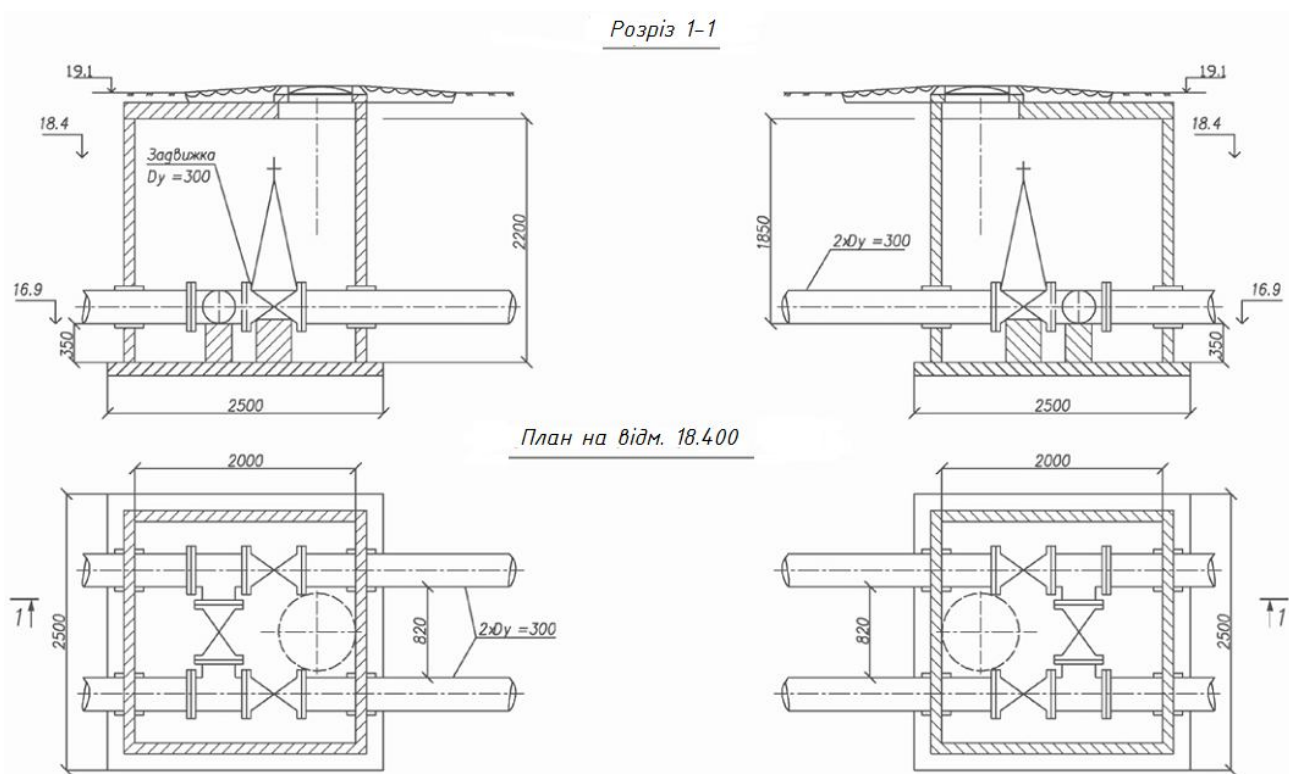
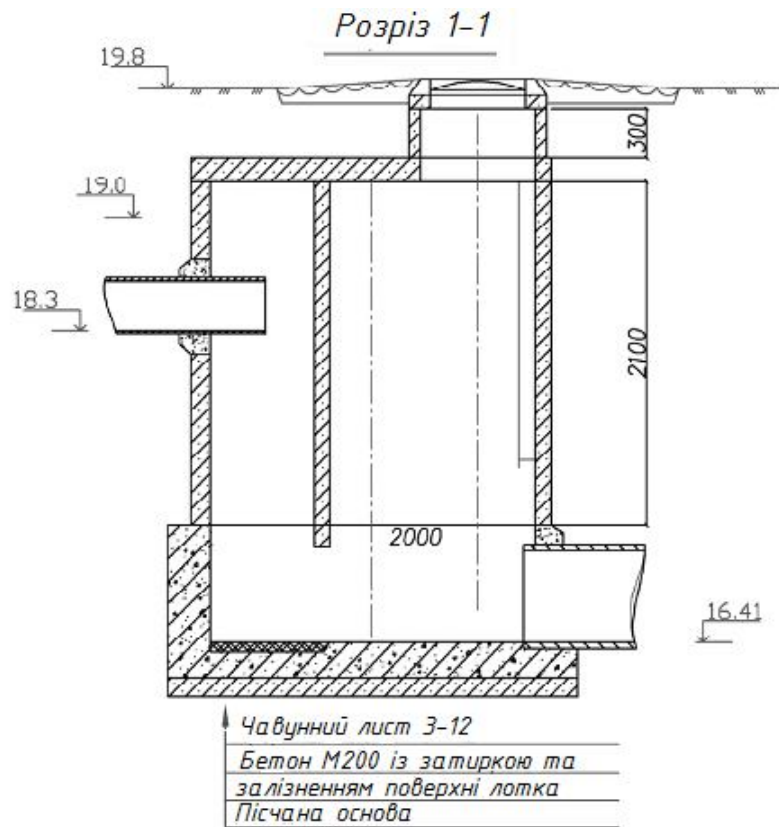


Рисунок 2.4 – Каналізаційний дюкер (напірний)



План на відм. 19.000

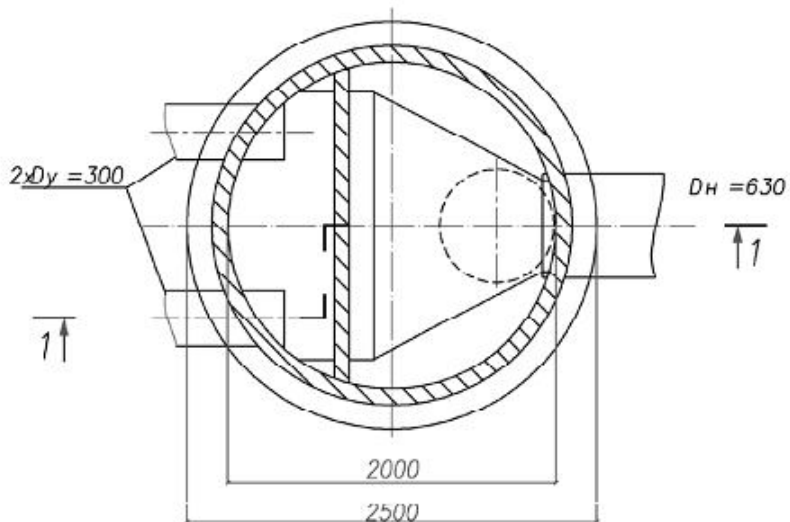


Рисунок 2.5 – Колодязь гасіння напору

Як приклад розглянемо безнапірний (самопливний) дюкер, оскільки його розрахунок видається більш повним. У таблиці 2.2 наведено варіант гідравлічного розрахунку мережі у разі використання безнапірного дюкера.

ПРИКЛАД

Діаметр дюкера

$$d_d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot n \cdot v}}, \text{ м,}$$

$$d_d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,171}{3,14 \cdot 2 \cdot 1,185}} = 0,304 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметр дюкера 300 мм (округлити необхідно в бік меншого сортаменту).

Тоді втрати напору в дюкері при його довжині 120 м і гідравлічному ухилі 0,0073 [4, табл. 44]

$$h_l = i \cdot l_d, \text{ м,}$$

$$h_l = 0,0073 \cdot 120 = 0,876 \text{ м.}$$

Місцеві втрати складуть:

$$h_m = h_{ex} + h_{вих} + h_{нов}, \text{ м,}$$

де h_{ex} – втрати напору на вхід в трубу, складають 0,0424 м [4, табл. 45];

$h_{вих}$ – втрати напору на вихід з труби, складають 0,0001 м [4, табл. 46];

$h_{нов}$ – втрати напору на 4 повороти по 20 градусів складають:

$$4 \cdot 0,0024 = 0,0096 \text{ м [4, табл. 47].}$$

$$h_m = 0,0424 + 0,0001 + 0,0096 = 0,0521 \text{ м.}$$

Загальні втрати в дюкері складуть:

$$h_d = h_l + h_m, \text{ м,}$$

$$h_d = 0,876 + 0,0096 = 0,928 \text{ м.}$$

Втрати при аварії у вхідній камері Д-1

$$H_{ав} = 4 \cdot h_d, \text{ м,}$$

$$H_{ав} = 4 \cdot 0,928 = 3,712 \text{ м.}$$

У вхідній камері утворюється такий підпір:

$$H_{ніон} = H_{ав} - h_d, \text{ м,}$$

$$H_{ніон} = 3,712 - 0,928 = 2,784 \text{ м.}$$

Перевіряємо на вилив води верхню камеру дюкера Д1.

Відмітка рівня води у верхній камері дюкера дорівнює, наприклад, 15,798 м (з таблиці гідравлічного розрахунку). При аварії рівень води у верхній камері підніметься до позначки $Z_{Д1} = 15,798 + 2,784 = 18,582$ м.

Позначка землі в дюкерній камері Д1 становить 19,100 м, тобто виливу стічних вод в даній точці не буде.

Перевірка умов роботи в напірному режимі розташованих вище ділянок колектора здійснюється за формулою (2.13) при заповненні таблиці 2.3.

Таблиця 2.2 – Варіант гідравлічного розрахунку мережі з самопливним дюкером

Номери ділянок	Довжина ділянки l , м	Розрахункова витрата, л/с	Контрольна витрата, л/с	Діаметр d , мм	Ухил i	Швидкість V , м/с	Наповнення h/d	Глибина шару води, м	Падіння лінії $h=i \cdot l$, м	Відмітки на розрахункових ділянках, м								Глибина закладання, м	
										поверхні землі		лотка труби		поверхні води		шелиги труби		на початку ділянки	в кінці ділянки
										на початку ділянки	в кінці ділянки	на початку ділянки	в кінці ділянки	на початку ділянки	в кінці ділянки	на початку ділянки	в кінці ділянки		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1-2	320	11,9	12,8	200	0,003	0,7	0,58	0,11	0,96	23,20	23,300	20,99	20,03	20,99	20,03	21,19	20,23	2,21	3,27
2-3	360	18,6	20,4	250	0,0022	0,7	0,60	0,15	0,79	23,30	21,900	19,88	19,08	20,03	19,23	20,13	19,33	3,42	2,81
3-4	400	25,8	28,6	280	0,0022	0,7	0,60	0,16	0,84	21,90	21,100	19,07	18,23	19,23	18,39	19,35	18,51	2,83	2,87
4-5	620	50,5	54,9	355	0,002	0,8	0,65	0,23	1,24	21,10	19,900	18,16	16,92	18,39	17,15	18,52	17,28	2,93	2,97
5-10	480	124,	133,	560	0,002	1,1	0,52	0,29	0,96	19,90	19,800	16,86	15,90	17,15	16,19	17,42	16,46	3,03	3,89
10-Д1	200	171,	185,	560	0,002	1,1	0,65	0,36	0,40	19,80	19,100	15,83	15,43	16,19	15,79	16,39	15,99	3,97	3,67
Д1-	120	171,	185,	2x30	0,0079	1,2	1,00	0,30	0,93	19,10	19,100	15,43	14,50	15,73	14,80	15,73	14,80	3,67	4,59
Д2-15	120	171,	185,	560	0,002	1,1	0,65	0,36	0,24	19,10	19,800	14,44	14,20	14,80	14,56	15,00	14,76	4,66	5,60

Таблиця 2.3 – Втрати напору при аварії в дюкері

Номери ділянок	Розрахункова витрата, л/с	Довжина ділянки, м	Діаметр, мм	Гідравлічний ухил	Ухил	Втрати напору за довжиною, м
10–Д1	292,824	200	560	0,0028	0,002	0,555
5–10	284,532	480	500	0,0047	0,002	2,268
						$H_{l\text{ав}} = 2,824$

Загальні втрати напору від точки Д1 до точки 5 з урахуванням місцевих втрат

$$H_{Д1-5} = 1,1 \cdot H_{l\text{ав}} = 1,1 \cdot 2,824 = 3,106 \text{ м.}$$

Відмітка поверхні води в точці 5 при аварії на дюкері складе:

$$15,798 + 3,106 = 18,904 \text{ м.}$$

Позначка землі в точці 5 становить 19,100 м, тобто переливу стічних вод в даній точці не буде.

Знаходимо відмітку поверхні води у нижній камері дюкера:

$$Z_{Д2} = Z_{Д1} - h_d = 15,798 - 0,928 = 14,870 \text{ м.}$$

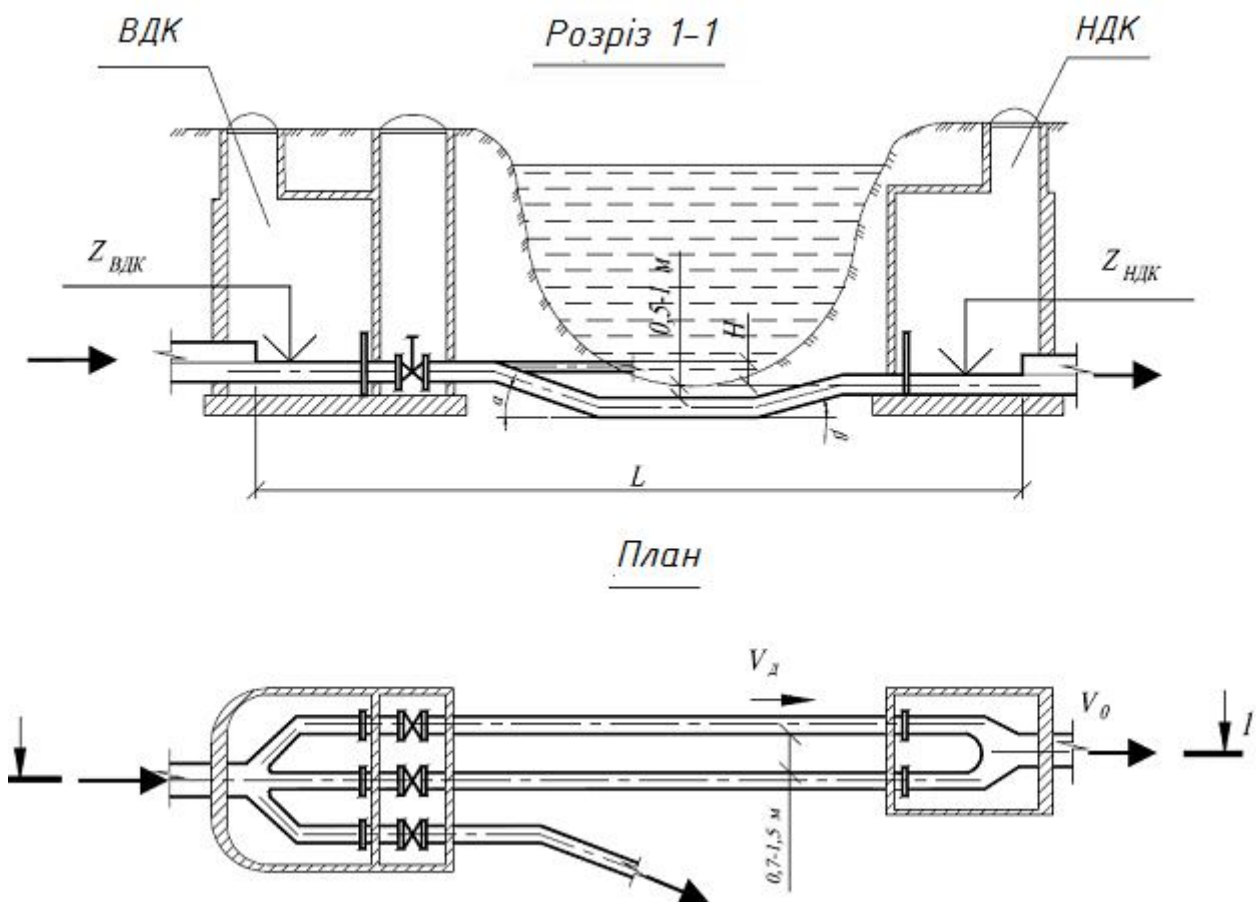


Рисунок 2.6 – Схема влаштування дюкера через річку

3 РЕКОМЕНДАЦІ ЩОДО РОБОТИ НАД ГРАФІЧНОЮ ЧАСТИНОЮ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

На генплані крім накресленого місця розташування майданчика очисної станції, нанесеної побутової мережі та основних споруд на ній, обов'язково вказують умовні позначення. Приклад оформлення умовних позначень наведено нижче на рисунку 3.1.

Умовні позначення

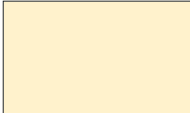


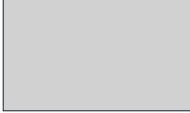


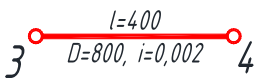

	- житлові квартали з щільністю населення $P_1 = 280$ осіб / га та питомим водовідведенням $q_{\delta 1} = 190$ л / (добу · особу)
	- житлові квартали з щільністю населення $P_1 = 130$ осіб / га та питомим водовідведенням $q_{\delta 1} = 250$ л / (добу · особу)
	- зелені насадження
	- пром підприємства
	- горизонталі
	- побутово - виробнича мережа водовідведення
	- ділянка головного колектору з вказівкою довжини, діаметру та ухилу
	- напірні водоводи
$\frac{40}{4,6}$	$\frac{\text{номер кварталу}}{\text{площа кварталу, га}}$

Рисунок 3.1 – Приклад оформлення умовних позначень

Лінії самопливних трубопроводів викреслюють червоним кольором, напірних трубопроводів – синім; товщина ліній збільшується від 0,5 до 2 мм при збільшенні діаметра від 200 до 1 000 мм.

На розрахункових ділянках мережі потрібно вказати їх довжину в метрах, діаметр в міліметрах та ухил.

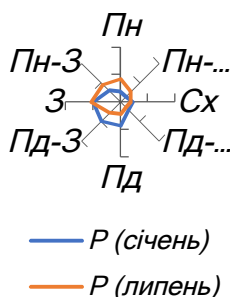
Границі кварталів викреслюють тонкими лініями чорного кольору, горизонталі – волосяними лініями коричневого кольору. Квартали, підприємства, очисні споруди, зелені насадження, водні об'єкти заливуються світлими (пастельними) тонами. Рекомендовані відтінки для заливання: пром підприємства – сірий; зелені насадження – зелений; водні об'єкти – голубий; житлові квартали – будь-які інші, окрім вказаних.

3.1 Побудова рози вітрів

При оформленні генплану у правому верхньому куті аркуша розташовують розу вітрів.

Роза вітрів – діаграма, на якій показані напрямки вітрів, пануючих в даній місцевості, вона характеризує режим вітру в даному місці за багаторічними спостереженнями і виглядає як багатокутник, у якого довжини променів (румбів), що розходяться від центру діаграми в різних напрямках, пропорційні повторюваності вітрів цих напрямків («звідки» дме вітер).

Роза вітрів, побудована за реальними даними спостережень, дозволяє по довжині румбів побудованого багатокутника виявити напрямок пануючого, або переважаючого вітру, з боку якого найчастіше приходить повітряний потік в дану місцевість.



Напрямок вітру за румбами	Пн	Пн-Сх	Сх	Пд-Сх	Пд	Пд-З	З	Пн-З
<i>P (січень)</i>	7,6	5,9	9,2	8,5	17,4	19,8	19,7	11,9
<i>R (липень)</i>	17	10,6	7,5	5,7	8,8	11,2	21,2	18

Рисунок 3.2 – Роза вітрів (8-ми румбова)

Пояснення основних елементів рози вітрів (див. рис. 3.5):

- умовно приймають, що одному відрізку на графіку, відповідає певна кількість днів (у %).
- на лініях відповідних напрямків відкладають від центру число днів з вітрами цього напрямку і ставлять крапку.

Дані про вітри для України беремо з ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010 Будівельна кліматологія [3].

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.5–75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – [Чинний від 2014–01–01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. – 210 с.
2. ДБН В.2.5–64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація : у 2 II ч. – [Чинний від 2013–03–01]. – Київ : Мінрегіон України, 2013. – Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. – 105 с.
3. ДСТУ-НБ В.1.1–27:2010. Будівельна кліматологія. – [Чинний від 2011–11–01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.
4. Лукиных А. А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н. Н. Павловского. Справочное пособие / А. А. Лукиных, Н. А. Лукиных. – 5-е изд. – М. : Стройиздат, 1987. – 152 с.
5. Федоров Н. Ф. Гидравлический расчет канализационных сетей : Расчетные таблицы / Н. Ф. Федоров, Л. Е. Волков. – 4-е изд. – Л. : Стройиздат, 1968. – 208 с.
6. Василенко О. А. Водовідведення та очистка стічних вод міста. Курсове і дипломне проектування. Приклади та розрахунки : Навчальний посібник / С. М. Епоян, Г. М. Смірнова, І. В. Корінько, Л. О. Василенко, Т. С. Айрапетян. – Київ – Харків, КНУБА, ХНУБА, 2012. – 572 с.
7. Системи водовідведення : навчальний посібник / М. Гіроль, Б. Охримюк, Г. Собчук, Г. Лагуд. – Рівне : НУВГП, 2011. – 444 с.
8. Гіроль М. Системи водовідведення : навчальний посібник / М. Гіроль, Б. Охримюк, Г. Собчук, Г. Лагуд. – Рівне : НУВГП, 2011. – 444 с.
9. Абрамович И. А. Сети и сооружения водоотведения. Расчет, проектирование, эксплуатация / И. А. Абрамович. – Харьков, 2005. – 288 с.
10. ДСТУ Б А.2.4-31:2008. Водопостачання і каналізація. Зовнішні мережі. Робочі креслення. – [Чинний від 2010–01–01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 12 с.
11. Калицун В. М. Водоотводящие системы и сооружения / В. М. Калицун. – М. : Стройиздат, 1987. – 336 с.
12. Справочник проектировщика : канализация населенных мест и площадок промышленных предприятий / Н. И. Лихачев, И. И. Ларин, С. А. Хаскин и др. ; Под общ. ред. В. Н. Самохина – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1981. – 639 с., ил.
13. Справочник строителя : монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации / А. К. Перешивкин, А. А. Александров, Е. Д. Булынин и др. ; Под ред. А. К. Перешивкина. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1988. – 653 с., ил.

14. Методичні рекомендації до проведення практичних занять та організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Водовідвідні системи і споруди» (для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня всіх форм навчання спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. Г. І. Благодарна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 70 с.

ДОДАТОК А
**Зразки оформлення пояснювальної записки та вихідні дані для
розрахунків**

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет міського господарства імені
О. М. Бекетова

Кафедра водопостачання, водовідведення і очищення вод

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА
«Мережі водовідведення населеного пункту»

Здобувач _____ курсу
групи _____
спеціальність 194 – Гідротехнічне будівництво,
водна інженерія та водні технології
№ залікової книжки _____

(прізвище та ініціали)

Керівник доц. Благодарна Г. І.

Національна шкала _____

Кількість балів: _____

м. Харків – 20__ рік

Таблиця А.1 – Вихідні дані для розрахунку витрат від населення та комунальних підприємств

Номер варіанта	Місцезнаходження населеного пункту (область)	Номер ПП	Щільність населення P , осіб/га		Питоме водовідведення, q_{δ} , л/добу на одного жителя		Пропускна спроможність лазні у % від кількості населення (на добу)	Продуктивність пральні в тонах сухої білизни (на добу)	Готель: кількість місць на 1 000 осіб населення	Характеристика ґрунтів	Середня глибина залягання ґрунтових вод, м	Глибина промерзання ґрунту, м
			P_1	P_2	$q_{\delta 1}$	$q_{\delta 2}$						
1	Тернопільська	15, 1	400	280	285	150	9	5	17	Суглинки	7,0	0,75
2	Львівська	2, 19	350	300	275	185	7	4	15	Суглинки	8,0	0,75
3	Чернігівська	3, 20	250	180	200	260	8	3	10	Супіски	5,5	0,95
4	Черкаська	4, 21	150	200	210	180	6	7	25	Супіски	6,5	0,90
5	Дніпропетровська	5, 22	250	310	230	190	5	8	19	Супіски	5,0	0,90
6	Кіровоградська	6, 23	140	180	180	210	3	7	12	Супіски	8,5	0,85
7	Житомирська	7, 24	160	280	180	230	4	6	14	Суглинки	8,0	0,85
8	Харківська	8, 25	180	210	200	220	9	3	16	Супіски	4,8	1,00
9	Сумська	9, 21	200	230	210	240	10	2	18	Супіски	7,0	1,10
10	Миколаївська	10, 20	210	240	220	270	5	1	15	Суглинки	6,0	0,75
11	Хмельницька	11, 2	220	250	230	290	8	2	19	Суглинки	3,5	0,75
12	Одеська	12, 9	230	260	240	210	7	3	17	Супіски	3,0	0,75
13	Запорізька	13, 3	240	270	250	285	6	5	18	Супіски	7,0	0,85
14	Херсонська	14, 6	250	280	260	180	4	4	10	Супіски	4,0	0,75
15	Вінницька	15, 2	270	300	250	210	8	3	12	Суглинки	9,0	0,78
16	Харківська	16, 3	270	300	280	220	9	7	15	Суглинки	6,0	1,00
17	Житомирська	17, 4	280	310	285	230	5	6	18	Суглинки	6,5	0,85
18	Рівненська	18, 7	290	320	285	210	4	8	16	Суглинки	5,5	0,78
19	Черкаська	19, 17	150	210	180	220	6	7	12	Суглинки	6,2	0,90
20	Тернопільська	1, 20	250	300	160	230	9	1	19	Супіски	6,8	0,75
21	Сумська	25, 21	270	310	170	250	7	2	18	Суглинки	7,5	1,10
22	Одеська	15, 22	290	320	180	270	8	1	20	Супіски	6,0	0,75
23	Дніпропетровська	4, 23	310	200	190	210	9	5	22	Супіски	9,0	0,90
24	Чернігівська	5, 24	330	180	200	250	9	4	20	Суглинки	5,0	0,95
25	Львівська	16, 25	350	160	210	180	10	3	24	Суглинки	3,0	0,75

Таблиця А.2 – Вихідні дані для розрахунку витрат від промпідприємств (вважати, що стічні води промпідприємств перед скиданням в міську мережу водовідведення були очищені на ЛОС)

Номер ПП	Найменування промислового підприємства	Кількість змін	Загальна кількість робітників, осіб	Продуктивність підприємства	Розподіл за змінами, %			Розподіл за цехами, %		Питома витрата води на одиницю продукції, м ³	Коефіцієнт нерівномірності скидання виробничих стічних вод	Кількість осіб на 1 душову сітку	Корист. душам, %
					I	II	III	хол.	гар.				
1	Тернопільський кар'єр	2	150	200 т/добу	40	60	–	70	30	15,01	1,01	3	60
2	Цегляний завод	3	249	5 000 шт./добу	50	25	25	70	30	12,3	1,5	3	80
3	Макаронна фабрика	3	200	1 200 т/добу	60	20	20	80	20	13,5	1,3	15	50
4	Завод з сироваріння	3	300	5 000 т/добу	50	25	25	80	20	15,3	1,2	5	60
5	Фабрика хімчистки та окраски одягу	2	300	200 шт./добу	60	40	–	70	30	20,0	1,1	3	85
6	Взуттєва фабрика	2	400	2 000 пар/добу	70	30	–	100	0	12,5	1,05	15	60
7	Фабрика грубого полотна	2	600	210 т/добу	60	40	–	70	30	31,6	1,01	5	60
8	Коксохімзавод	3	1 100	2 000 т/добу	50	25	25	70	30	13,5	1,6	3	85
9	Хлібозавод	3	406	95 т/добу	20	20	60	70	30	22,2	1,8	5	65
10	Завод господарських виробів	2	360	300 т/добу	70	30	–	80	20	8,3	1,2	5	40
11	Асфальтобетонний завод	3	232	2 000 т/добу	50	25	25	60	40	5,8	1,02	5	70
12	Рибокомбінат	2	300	850 т/добу	60	40	–	70	30	16,0	1,05	3	90
13	Ткацька фабрика	3	350	140 т/добу	50	25	25	80	20	45,0	1,3	5	50
14	М'ясокомбінат	2	350	500 т/добу	60	40	–	70	30	19,0	1,2	15	60
15	З-д легкових автомобілів	2	800	700 шт./добу	70	30	–	80	20	5,0	1,1	15	50
16	З-д безалкогольних напоїв	3	120	1 000 л/добу	60	20	20	100	0	17,2	1,1	5	40
17	Завод штучних шкір	2	500	120 т/добу	70	30	–	80	20	33,3	1,5	3	80
18	Тракторний завод	3	920	350 шт./добу	50	25	25	60	40	6,0	1,4	5	80
19	Комбайновий завод	2	100	200 шт./добу	60	40	–	70	30	2,1	1,05	5	50
20	Фарфоровий завод	2	120	800 т/добу	60	40	–	80	20	5,4	1,06	5	50
21	Фармацевтична фабрика	3	400	100 т/добу	50	25	25	100	0	12,8	1,3	3	40
22	Маслосирбаза	3	150	600 т/добу	50	25	25	70	30	12,2	1,2	3	60
23	Пивзавод	3	366	2 000 л/добу	40	30	30	80	20	17,0	1,2	3	60
24	Сахарний завод	3	170	3 000 т/добу	60	20	20	80	20	13,3	1,05	5	50
25	Парфумерна фабрика	2	150	800 л/добу	60	40	–	100	0	15,0	1,1	5	60

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Коефіцієнти нерівномірності припливу стічних вод залежно від витрати [1, табл. 2]

Загальний коефіцієнт нерівномірності припливу стічних вод	Середня витрата стічних вод, л/с								
	5	10	20	50	100	300	500	1 000	5 000 і більше
Максимальний $K_{gen. max}$	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47	1,44
Мінімальний $K_{gen. min}$	0,38	0,45	0,5	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,71

ДОДАТОК В

Режими надходження стічних вод від різних джерел водовідведення

Таблиця В.1 – Розподіл середньодобової витрати побутових стічних вод за годинами доби

Години доби	Витрата стічних вод, %, від середньодобової, при $K_{gen.max} / K_{gen.min}$					
	1,7 / 0,55	1,6 / 0,59	1,55 / 0,62	1,5 / 0,66	1,47 / 0,69	1,44 / 0,71
0-1	2,30	2,50	2,60	2,75	2,90	2,96
1-2	2,30	2,50	2,60	2,75	2,90	2,96
2-3	2,30	2,50	2,60	2,75	2,90	2,96
3-4	2,30	2,50	2,60	2,75	2,90	2,96
4-5	2,30	2,50	2,60	2,75	2,90	2,96
5-6	3,50	4,30	4,31	4,15	4,00	3,80
6-7	4,80	5,50	5,32	5,15	5,00	4,90
7-8	6,10	5,50	5,22	5,05	4,90	4,90
8-9	7,10	6,70	6,46	6,30	6,13	6,00
9-10	7,10	6,70	6,46	6,30	6,13	6,00
10-11	7,10	6,70	6,46	6,30	6,13	6,00
11-12	5,40	4,50	4,60	4,50	4,41	4,24
12-13	3,50	3,90	4,00	4,15	4,00	3,84
13-14	3,50	3,50	4,80	4,75	4,50	4,94
14-15	3,50	5,50	5,32	5,30	5,10	4,94
15-16	4,80	5,50	5,32	5,30	5,10	4,94
16-17	6,00	5,30	5,32	5,20	5,10	4,94
17-18	6,00	5,30	5,32	5,20	5,10	4,94
18-19	6,00	4,10	4,31	4,35	4,30	4,64
19-20	4,30	3,50	3,00	3,05	4,00	3,90
20-21	2,90	3,50	3,00	2,95	2,90	3,50
21-22	2,30	2,50	2,60	2,75	2,90	2,96
22-23	2,30	2,50	2,60	2,75	2,90	2,96
23-24	2,30	2,50	2,60	2,75	2,90	2,96

Таблиця В.2 – Розподіл стічних вод, відсоток від промислових підприємств за годинами зміни

Години зміни	Побутові стоки		Душові стоки	Виробничі стоки
	холодні цехи	гарячі цехи		
8-9	12,50	12,50	100	8,75
9-10	6,25	8,13	–	12,50
10-11	6,25	8,13	–	12,50
11-12	18,75	15,62	–	15,00
12-13	6,25	8,13	–	15,00
13-14	6,25	8,13	–	15,00
14-15	6,25	8,13	–	12,50
15-16	37,5	31,25	–	8,75
Всього	100 %	100 %	100 %	100 %

ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1 – Найменші розрахункові швидкості руху стічних вод у трубах [1, табл. 6]

Діаметр d , мм	Швидкість v_{min} , м/с, при наповненні h/d			
	0,60	0,70	0,75	0,80
150–250	0,70	–	–	–
300–400	–	0,80	–	–
450–500	–	–	0,9	–
600–800	–	–	1,00	–
900	–	–	1,15	–
1 000–1 200	–	–	–	1,20
1 500	–	–	–	1,30
Більше 1 500	–	–	–	1,50

Примітка 1. Для пластмасових труб при наповненні $h/d = 0,80$ найменша швидкість приймається для

$d = 1\ 000\text{--}1\ 200$ мм $v_{min} = 1,15$ м/с; для $d = 1\ 400\text{--}2\ 000$ мм $v_{min} = 1,2$ м/с.

Примітка 2. Для виробничих стічних вод найменші швидкості приймаються згідно з галузевими будівельними нормами проектування підприємств або за експлуатаційними даними.

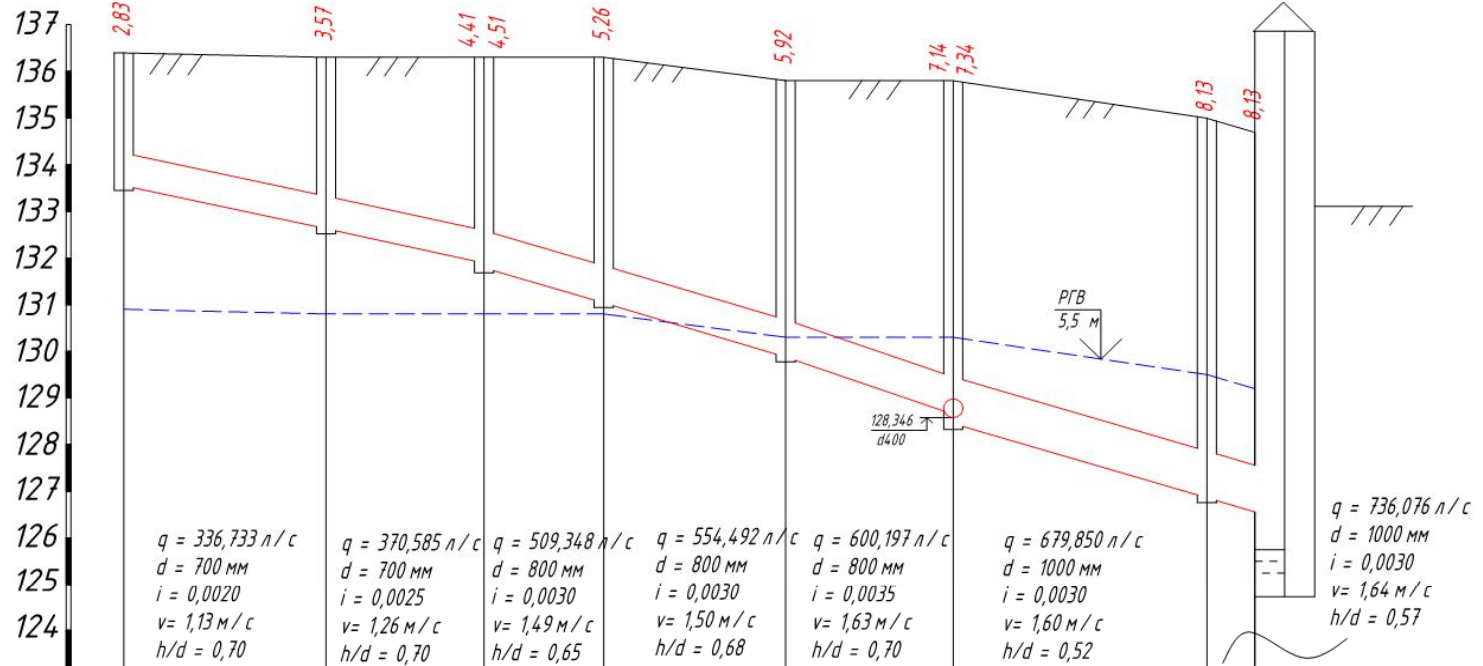
Примітка 3. Для виробничих стічних вод, близьких до господарсько-побутових за забрудненням завислими речовинами, найменші швидкості приймаються як для господарсько-побутових стічних вод.

Примітка 4. Для дощової каналізації при періоді одноразового перевищення розрахункової інтенсивності дощу $P = 0,33$ року найменшу швидкість приймають 0,6 м/с.

ДОДАТОК Д

M_z 1:10000
 M_B 1:100

119,000



Відмітка лотку труби	133,568	132,728	131,891	131,791	131,041	129,883	128,658	128,458	126,868	126,568
Відмітка землі	136,400	136,300	136,300	136,300	135,800	135,800	135,800	135,000	134,700	
Позначення труби та тип ізоляції	Труби залізобетонні ДСТУ 6482.1-88									
	$d = 700 \text{ мм}$, $l = 755 \text{ м}$			$d = 800 \text{ мм}$, $l = 986 \text{ м}$			$d = 1000 \text{ мм}$, $l = 630 \text{ м}$			
Основа	природна					штучна				
Довжина	420	335	636	350	630	100				
Ухил	2‰	2,5‰	3‰	3,5‰	3‰					
Відстань	420	335	250	386	350	530	100			
Номер колодязя, точки вугла поворота	1	2	3	4	5	6	7	ГНС		

Рисунок Д.1 – Зразок поздовжнього профілю водовідвідної мережі

ДОДАТОК Е

Таблиця Е.1 – Максимальна кількість опадів, мм/добу [1, табл. А.9]

Населені пункти	Максимальна кількість опадів, мм/добу	Населені пункти	Максимальна кількість опадів, мм/добу
1	2	3	4
Вінницька область		Запорізька область	
Вінниця	–	Бердянськ	74
Козятин	96	Запоріжжя	104
Жмеринка	75	Мелітополь	85
Могилів-Подільський	62	Кирилівка	114
Крижопіль	110	Івано-Франківська область	
Волинська область		Івано-Франківськ	93
Луцьк	114	Коломия	108
Ковель	122	Київська область	
Дніпропетровська область		Київ	103
Дніпропетровськ	82	Чорнобиль	61
Комісарівка	91	Літки	65
Синельникове	111	Яготин	170
Нікополь	69	Кіровоградська область	
Донецька область		Кіровоград	106
Донецьк	–	Знаменка	106
Слов'янськ	111	Бобринець	79
Красноармійськ	71	Новомиргород	91
Волноваха	96	Автономна Республіка Крим	
Маріуполь	80	Джанкой	–
Житомирська область		Євпаторія	91
Житомир	94	Сімферополь	122
Овруч	83	Феодосія	75
Олевськ	112	Ялта	154
Коростень	95	Армянськ	73
Новоград-Волинський	91	Чорноморське	77
Радомишль	92	Керч	146
Закарпатська область		Білогірськ	112
Ужгород	75	Судак	111
Берегове	65	Алушта	103
Великий Березний	88	Севастополь	59
Нижні Ворота	98	Херсонський маяк	58
Воловець	96	Тарханкутський маяк	90
Руська Мокра	104	Киз Аульський маяк	94
Ясіня	76	Ай-Петрі	215
Хуст	77		
Рахів	133		

Продовження таблиці Е.1

1	2	3	4
Луганська область		Тернопільська область	
Луганськ	80	Тернопіль	106
Старобільськ	67	Кременець	95
Біловодськ	106	Харківська область	
Львівська область		Харків	74
Львів	–	Богодухів	58
Рава-Руська	71	Красноград	82
Кам'янка-Бузька	84	Ізюм	74
Самбір	89	Лозова	75
Стрий	120	Херсонська область	
Турка	100	Херсон	86
Миколаївська область		Асканія Нова	123
Миколаїв	144	Генічеськ	114
Вознесенськ	141	Скадовськ	62
Баштанка	105	Хорли	62
Очаків	74	Хмельницька область	
Тендрівський маяк	88	Хмельницький	–
Болград	115	Шепетівка	75
Ізмаїл	69	Волочиськ	97
Полтавська область		Кам'янець-Подільський	86
Полтава	178	Черкаська область	
Лохвиця	85	Умань	155
Лубни	84	Черкаси	–
Миргород	98	Золотоноша	78
Оболонь	70	Чигирин	71
Кобиляки	82	Чернігівська область	
Рівненська область		Чернігів	58
Рівне	–	Семенівка	145
Сарни	106	Щорс	94
Сумська область		Любеч	95
Суми	71	Ніжин	86
Глухів	88	Чернівецька область	
Конотоп	82	Чернівці	81

ДОДАТОК Ж

Таблиця Ж.1 – Труби керамічні безнапірні за ДСТУ 286-82
(ДСТУ Б В.2.5-57:2011)

Ствол труби			Розтруб труби			Номінальна товщина стінки ствола і розтруба S (пред. відх. ±4)
Внутрішній діаметр d		Номінальна довжина X (пред. відх. ± 20)	Внутрішній діаметр d		Номінальна глибина Ц (пред. відх. ± 5)	
Номін.	Пред. відх.		Номін.	Пред. відх.		
150	±7	1 000; 1 100; 1 200; 1 300;	60	224	60	19
200	±9			282		20
250				340		22
300				±10		398
350	±11	1 400; 1 500	70	456	70	28
400				510		30
450				568		34
500				622		36
550				678		39
600				±12		734

Примітка. За угодою між споживачем і підприємством-виробником допускається виготовлення труб іншої довжини. Умовне позначення керамічної каналізаційної труби в технічній документації і при замовленні повинне складатися зі слова «Труба», внутрішнього діаметра і довжини стовбура труби в сантиметрах та позначення цього стандарту.

Приклад умовного позначення керамічної каналізаційної труби з внутрішнім діаметром ствола 150 мм та довжиною 1 200 мм:
Труба 15-120 ДСТУ 286-82

Те саме для труби внутрішнім діаметром ствола 400 мм та довжиною 1 500 мм:
Труба 40-150 ДСТУ 286-82

Таблиця Ж.2 – Труби залізобетонні безнапірні типу «Т» за ДСТУ 6482.1-88 (ДСТУ Б В.2.5-46:2010)

D _y , мм	Типо-розмір труби	Розміри труб, мм										Довідкова маса труби, т
		d _i	d _e	d ₁	d ₂	t	l	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	
400	T40.50	400	500	530	650	50	5 000	5 100	100	150	75	0,95
500	T50.50	500	620	650	790	60					85	1,4
600	T60.50	600	720	750	890	80					105	1,7
800	T80.50	800	960	990	1 170	100		5 110	110	200	125	3,0
1 000	T100.50	1 000	1 200	1 230	1 450	110					135	4,8
1 200	T120.50	1 200	1 420	1 450	1 690	120					145	6,0
1 400	T140.50	1 400	1 620	1 650	1 890	130					145	7,0
1 600	T160.50	1 600	1 840	1 870	2 130	140					145	8,7

Таблиця Ж.3 – Труби поліетиленові (ДСТУ Б В.2.5-32:2007)

Зовнішній діаметр труб, мм	Товщина стінки, мм, для труб типу			
	Л	СЛ	С	Т
110	2,7	4,3	6,2	10
125	3,1	4,8	7,1	11,4
140	3,5	5,4	7,9	12,7
160	3,9	6,2	9,1	14,6
180	4,4	7,0	10,2	16,4
200	4,9	7,7	11,4	18,2
225	5,5	8,7	12,8	20,5
250	6,1	9,7	14,2	22,8
280	6,9	10,8	15,9	25,5
315	7,7	12,2	17,9	28,7
355	8,7	13,7	20,1	32,3
400	9,8	15,4	22,7	36,4
450	11,0	17,3	25,5	41,0
500	12,2	18,8	28,3	45,5
560	13,7	21,6	31,7	–
630	15,4	24,3	35,7	–
710	17,4	27,4	40,2	–
800	19,6	30,8	45,3	–
900	22,0	34,7	–	–
1 000	24,4	38,5	–	–
1 200	29,3	46,2	–	–

Таблиця Ж.3.1 – Каналізаційні труби з полівінілхлориду

Тип труби	Зовнішній діаметр, мм	Товщина стінки, мм	Довжина, м
КР × 110 × 3,4	110	3,4	4,0; 4,25; 4,5; 4,75; 5,0; 5,25; 5,5; 5,75; 6,0
КР × 160 × 4,0	160	4,0	
КР × 225 × 5,5	225	5,5	
КР × 315 × 7,7	315	7,7	

Таблиця Ж.3.2 – Каналізаційні труби з полівінілхлориду фірми POLIPLAST (Польща)

Діаметр, мм	Товщина стінки, мм			Довжина, м
	Легкий тип	Середній тип	Важкий тип	
110	–	3,0	3,2	1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0
160	3,2	4,0	4,7	
200	3,9	4,9	5,9	
250	4,9	6,2	5,9	
315	6,2	7,7	9,2	
400	7,9	9,8	11,7	
500	9,8	12,2	14,6	

Таблиця Ж.3.3 – Поліетиленові труби польської фірми KWP Pipe

Зовнішній діаметр, мм	Внутрішній діаметр а товщина стінки (δ×s, мм) при тиску, МПа											
	0,4		0,5		0,63		0,75		0,8		1,0	
110	103,2	3,4	102,0	4,2	99,4	5,3	97,4	6,3	96,8	6,6	93,8	8,1
125	117,2	3,9	115,8	4,8	113,0	6,0	110,8	7,1	110,2	7,4	106,6	9,2
140	131,4	4,3	129,8	5,4	126,6	6,7	1247,0	8,0	123,4	8,3	119,4	10,3
160	150,2	4,9	148,4	6,2	144,6	7,7	141,8	9,1	141,0	9,5	136,4	11,8
180	169,0	5,5	166,8	6,9	162,8	8,6	159,6	10,2	158,6	10,7	153,4	13,3
200	187,6	6,2	185,4	7,7	180,8	9,6	177,2	11,4	176,2	11,9	170,6	14,7
225	211,2	6,9	208,6	8,6	203,4	10,8	199,4	12,8	198,2	13,4	191,8	16,6
250	234,6	7,7	231,8	9,6	226,2	11,9	221,6	14,2	220,4	14,8	213,2	18,4
280	262,8	8,6	259,6	10,7	253,2	13,4	248,2	15,9	246,8	16,6	238,8	20,6
315	295,6	9,7	292,2	12,1	285,0	15,0	279,2	17,9	277,6	18,7	268,6	23,2
355	333,2	10,9	329,2	13,6	321,2	16,9	314,8	20,1	312,8	21,1	302,8	26,1
400	375,4	12,3	371,0	15,3	361,8	19,1	354,6	22,7	352,6	23,7	341,2	29,4
450	422,4	13,8	417,4	17,2	407,0	21,5	399,0	25,5	396,6	26,7	383,8	33,1
500	469,4	15,3	463,8	19,1	452,2	23,9	443,4	28,3	440,6	29,7	426,4	36,8
560	525,6	17,2	519,4	21,4	506,6	26,7	496,6	31,7	493,6	33,2	477,6	41,2
630	591,4	19,3	584,4	24,1	570,0	30,0	558,6	35,7	555,2	37,4	537,4	46,3
710	666,4	21,8	658,6	27,2	642,2	33,9	629,6	40,2	625,8	42,1	605,6	52,2
800	751,0	24,5	742,0	30,6	723,8	38,1	709,4	45,3	705,2	47,4	682,4	58,8
900	844,8	27,6	834,8	34,4	814,2	42,9	798,0	51,0	793,4	53,3	–	–
1 000	938,8	30,6	927,6	38,2	904,6	47,7	886,8	56,6	881,4	59,3	–	–
1 200	1 126,6	36,7	1 113,2	45,9	1 085,6	57,2	–	–	–	–	–	–
1 400	1 314,2	42,9	1 298,8	53,5	–	–	–	–	–	–	–	–
1 600	1 502,0	49,0	1 484,2	61,2	–	–	–	–	–	–	–	–

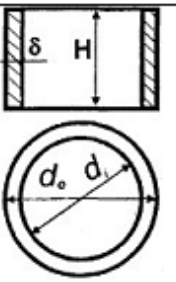
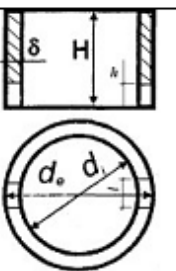
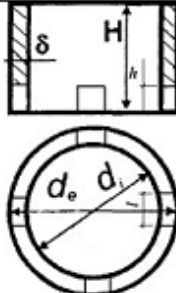
Таблиця Ж.3.4 – Безнапірні склопластикові труби

Номінальний діаметр, мм	Зовнішній діаметр, мм	Труби класу SN5000		Труби класу SN10000	
		Товщина стінки, мм	Вага, кг/м	Товщина стінки, мм	Вага, кг/м
300	324,5	5,4	12,0	6,9	14,0
350	376,4	6,2	16,0	7,9	19,0
400	427,7	7,1	20,0	9,0	24,0
450	478,2	7,9	24,0	10,1	30,0
500	530,1	8,8	29,0	11,2	36,0
600	617,0	10,2	39,0	12,9	48,0
700	719,0	11,9	52,0	14,8	72,0
800	821,0	13,5	67,0	16,7	83,0
900	923,0	15,0	84,0	18,6	105,0
1 000	1 025,0	16,6	103,0	20,6	127,0
1 100	1 127,0	18,1	125,0	22,6	153,0
1 200	1 229,0	19,6	146,0	24,5	180,0
1 300	1 331,0	21,2	171,0	26,5	211,0
1 400	1 433,0	22,7	198,0	28,5	244,0
1 500	1 535,0	24,3	227,0	30,5	281,0
1 600	1 637,0	25,8	256,0	32,4	356,0
1 800	1 841,0	28,9	322,0	36,4	430,0
2 000	2 045,0	32,0	396,0	–	–
2 200	2 249,0	35,1	470,0	–	–
2 400	2 453,0	38,3	560,0	–	–

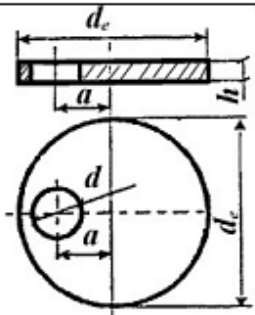
ДОДАТОК И

Розміри виробів зі збірного залізобетону для колодязів

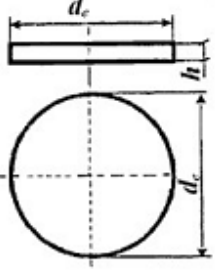
Таблиця И.1 – Стінові кільця

Ескіз	Марка	Розміри, мм							Маса, т	
		d_i	d_e	δ	H	l	h	b		
	КС7.3	700	840	70	290				0,13	
	КС7.9				890				0,38	
	КС10.3	1000	1160	80	290				0,20	
	КС10.6				590				0,40	
	КС10.9				890				0,60	
	КС15.6	1500	1680	90	590				0,66	
	КС15.9				890				1,0	
	КС15.18				1790				2,01	
	КС20.6	2000	2200	100	590				0,95	
	КС20.9				890				1,45	
	КС25.6	2500	2700	100	590				1,2	
	КС25.12				1190				2,42	
	КС10.9a	1000	1160	80	890	400	400		0,55	
	КС10.18a				1790				1,15	
	КС15.9a	1500	1680	90	890	600	500		0,88	
	КС15.18a				1790			600	600	1,88
	КС20.12a	2000			100	1190	900	700		1,60
	КС25.12a					1190	1400	800		2,18
	КС15.66	1500	1680	90	590	400	350	600	0,55	
	КС15.96				890		500		0,8	
	КС15.186				1790		600		1,8	
	КС20.66	2000	2200	100	590	500	350	900	0,76	
	КС20.96				890		500		1,1	
	КС20.126				1190		650		1,9	
	КС20.186				1790		700		2,55	
	КС25.126	2500	2700	100	1190	700	800	1400	1,6	

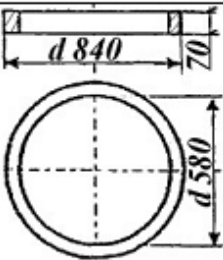
Таблиця И.2 – Плити перекриття

Ескіз	Марка	Розміри, мм				Маса, т
		d_e	d	a	h	
	ПП10-1	1160	700	150	150	0,25
	ПП10-2					
	1ПП15-1	1680	700	400	150	0,68
	1ПП15-2					
	4ПП20-2	2200	700	650	150	1,28
	2ПП25-2					

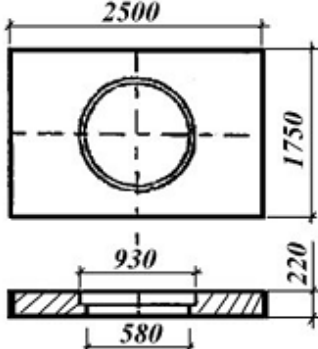
Таблиця И.3 – Плити днища

Ескіз	Марка	Розміри, мм		Маса, т
		d_e	h	
	ПН10	1500	100	0,45
	ПН15	2000	120	0,95
	ПН20	2500	120	1,48
	ПН25	3000	140	2,45

Таблиця И.4 – Кільце опірне

Ескіз	Марка	Маса, т
	КО6	0,05

Таблиця И.5 – Плита дорожня

Ескіз	Марка	Маса, т
	ПД6	2,1

Таблиця И.6 – Типи і характеристики чавунних люків

Тип (позначення)	Назва	Номінальне навантаження, кН	Загальна маса, кг	Місце установалення
ЛМ (А15)	Легкий малогабаритний	15	45	Пішохідна зона і зона зелених насаджень
Л (А15)	Легкий	15	60	Пішохідна зона і зона зелених насаджень
С (В125)	Середній	125	95	Автостоянки, тротуари, проїзна частина міських парків
Т (С250)	Важкий	250	120	Міські автодороги з інтенсивним рухом
ТМ (Д400)	Важкий магістральний	400	140	Магістральні дороги
СТ (Е600)	Надважкий	600	155	Зона високих навантажень (аеродроми, доки)

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до виконання розрахунково-графічних робіт
з навчальних дисциплін

«ВОДОВІДВІДНІ СИСТЕМИ І СПОРУДИ»

*(для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня всіх форм
навчання спеціальності*

194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології)

Укладач **БЛАГОДАРНА** Галина Іванівна

Відповідальний за випуск *Г. І. Благодарна*

Редактор *О. А. Норик*

Комп'ютерне верстання *Г. І. Благодарна*

План 2021, поз. 524 М

Підп. до друку 07.10.2021. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк. арк. 3,1.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.