

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

І. О. Гуцал, Г. І. Благодарна

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійного вивчення, практичних занять та
виконання контрольної роботи з дисципліни

*“ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА
ВОДОВІДВЕДЕННЯ”*

(для студентів 3-4 курсів усіх форм навчання напрямів 0921 (6.060101)
«Будівництво», спеціальностей «Промислове і цивільне будівництво»,
«Міське будівництво та господарство» та слухачів другої вищої освіти)

Харків ХНАМГ 2010

Методичні вказівки до самостійного вивчення, практичних занять та виконання контрольної роботи з дисципліни «Водопостачання та водовідведення» (для студентів 3-4 курсів усіх форм навчання напрямів 0921 (6.060101) «Будівництво», спеціальностей «Промислове і цивільне будівництво», «Міське будівництво та господарство» та слухачів другої вищої освіти) / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: І. О. Гуцал, Г. І. Благодарна. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 83 с.

Укладачі: І. О. Гуцал,
Г. І. Благодарна

Рецензент: проф. С. С. Душкін

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очистки вод,
протокол № 2 від 01.10.2009 р.

ЗМІСТ

1. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ	5
Загальні вказівки	5
ЗМ.1.1. Зовнішні мережі й споруди систем водопостачання і водовідведення	6
ТЕМА 1. Системи й схеми водопостачання	6
ТЕМА 2. Джерела водопостачання та водозабори. Споруди, методи і способи поліпшення якості води	7
ТЕМА 3. Споруди й мережі водопостачання	8
ТЕМА 4. Системи й схеми водовідведення	9
ТЕМА 5. Очищення стічних вод	10
ЗМ.1.2. Водопостачання і каналізація будинків та окремих споруд ..	11
ТЕМА 6. Системи й схеми внутрішніх водопроводів	11
ТЕМА 7. Системи і елементи внутрішньої каналізації	12
<i>Завдання для контрольної роботи з теоретичної частини</i>	13
2. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ ТА КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ	14
Загальні вказівки	14
ЗМ.1.1. Зовнішні мережі й споруди систем водопостачання і водовідведення	15
ЗАНЯТТЯ 1. Режими водоспоживання, розрахункові витрати води та необхідні напори в мережі	15
Приклади розв'язання задач з I заняття	23
Варіанти задач для розв'язання	35
ЗАНЯТТЯ 2. Водозабірні споруди для прийому води з поверхневих і підземних джерел	40
Приклади розв'язання задач з II заняття	44
Варіанти задач для розв'язання	47
ЗАНЯТТЯ 3. Основи розрахунку та схеми трасування зовнішніх водопровідних мереж	48
Приклади розв'язання задач з III заняття	50
Варіанти задач для розв'язання	51

ЗАНЯТТЯ 4. Розрахункові витрати стічних вод та основи розрахунку зовнішніх мереж водовідведення	53
Приклади розв'язання задач з IV заняття	58
Варіанти задач для розв'язання	62
ЗАНЯТТЯ 5. Склад стічних вод та умови скидання їх у водні об'єкти	64
Приклади розв'язання задач з V заняття	65
Варіанти задач для розв'язання	67
ЗМ 1.2 Водопостачання та каналізація будинків та окремих споруд	68
ЗАНЯТТЯ 6. Проектування та розрахунок внутрішніх систем водопостачання	68
Приклади розв'язання задач з VI заняття	71
Варіанти задач для розв'язання	74
ЗАНЯТТЯ 7. Характеристика внутрішньої каналізації, основи проектування та розрахунку	75
Приклади розв'язання задач з VII заняття	77
Варіанти задач для розв'язання	79
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	80
Додаток I	81
Додаток II. Варіанти контрольної роботи з практичної частини	83

1. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Загальні вказівки

Навчальна дисципліна "Водопостачання та водовідведення" належить до циклу нормативних дисциплін напрямів 0921 (6.06101) – "Будівництво", спеціальності "Промислове і цивільне будівництво", "Міське будівництво та господарство".

Предметом вивчення дисципліни є теорія, методи, розрахунок та влаштування мереж, систем і споруд водопостачання та водовідведення для населених міст та промислових підприємств.

Метою вивчення дисципліни є підготовка фахівця, який володітиме знаннями, пов'язаними з вирішенням проектування, розрахунку та прокладання систем водопостачання та водовідведення.

Основні завдання дисципліни складаються з формування знань та вмінь, що необхідні для виконання професійних завдань за спеціальністю "ПЦБ, ТОР та РБ, ОПБ, МБГ".

1. У результаті вивчення дисципліни студенти повинні:

Знати:

- нормативні документи з організації систем водопостачання та поліпшення якості води;
- режим водоспоживання населених пунктів;
- теоретичні основи, методи розрахунку, проектування та влаштування мереж водопостачання;
- влаштування регулюючих та запасних ємностей;
- обладнання внутрішньої водопровідної мережі;
- вимоги до систем водовідведення населених міст і промислових підприємств;
- види стічних вод, що транспортуються водовідвідними мережами;
- основні елементи внутрішньої водовідвідної мережі;
- різновиди систем і схем для збору та відведення стічних вод;
- основні споруди на водовідвідних мережах;
- теоретичні основи проектування, будівництва та експлуатації водовідвідних мереж.

Вміти:

- аналізувати й приймати рішення щодо вибору технологічних рішень мереж, систем та споруд водопостачання та її розрахунку в залежності від конкретних умов;
- проводити розробку технічної документації із створення систем водопостачання;
- ставити й вирішувати завдання з обґрунтування вибору систем і схем водо-

- відведення;
- визначати розрахункові витрати стічних вод від населення і промислових підприємств;
 - виконувати гідравлічний розрахунок мереж і споруд з вибором їх оптимальних розмірів;
 - обґрунтовувати необхідність будівництва споруд для забезпечення напірного руху стічної рідини на деяких ділянках водовідвідної мережі.

ЗМ. 1.1. ЗОВНІШНІ МЕРЕЖІ Й СПОРУДИ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ І ВОДОВІДВЕДЕННЯ

ТЕМА 1. Системи і схеми водопостачання

Поняття про водопостачання як комплексну систему інженерних споруд. Характер режиму споживання води населенням для господарських потреб. Середньодобові, максимальні й мінімальні витрати, визначення їх.

Визначення витрат води на господарсько-питні й комунальні потреби населених пунктів. Визначення витрат води на гасіння пожеж. Характеристика водоспоживання підприємств. Визначення розрахункових витрат води на господарсько-питні потреби підприємств.

Основні принципи кваліфікування систем водопостачання. Класифікація систем водопостачання залежно від категорій водоспоживань. Головні споруди систем водопостачання, їх призначення. Принципи кваліфікування систем водопостачання підприємств. Можливість обороту та повторного використання води в різних галузях народного господарства. Значення обороту як заходу по зниженню скидів забруднених стоків у природні водоймища.

Контрольні питання

1. Що показує коефіцієнт добової нерівномірності, як його визначають, від чого він залежить?
2. Як визначити витрату води на поливання в населеному пункті?
3. Як визначити витрату (за годинами за добу) максимального водоспоживання для всього об'єкта водопостачання?
4. Як визначити витрату води на пожежогасіння?
5. Як визначити витрату води на господарсько-питні і душові нестатки на промисловому підприємстві?
6. Навести формули за якими обчислюють розрахункові витрати води (добові, годинні, секундні)?
7. Навести класифікацію систем водопостачання.
8. Намалювати схему водопостачання міст.

9. Яку роль відіграють водопостачальні споруди у схемі водопостачання?
10. Які схеми оборотних систем водопостачання?
11. Навести основні фактори вибору складу споруд в системах та схемах водопостачання.

ТЕМА 2. Джерела водопостачання та водозабори. Споруди, методи і способи поліпшення якості води

Зони санітарної охорони джерел водопостачання, основні категорії природних джерел, які використовуються для водоспоживання. Вплив життєдіяльності людини на джерела водопостачання. Заходи з охорони й захисту джерел від забруднення.

Організація і отримання зон санітарної охорони під час використання поверхневих та підземних джерел для водопостачання населених міст. Розташування водозабірних споруд для забору води з поверхневих джерел. Схеми руслового й берегового водозабору. Застосування споруд для забору підземних вод: свердловини, шахтні колодязі, горизонтальні та променеві водозабори, каптажні камери. Вимоги до якості води.

Для вибору технічно грамотного рішення стосовно очищення води слід ознайомитись не тільки з процесами та методами очищення, але і знати призначення, принцип роботи, конструктивні особливості та шляхи інтенсифікації роботи окремих споруд. Студенти також повинні розуміти суть спеціальних методів підготовки води.

Контрольні питання

1. Основні причини й характер забруднення джерел.
2. Основні нормативні акти з охорони вод джерел водопостачання.
3. Охарактеризувати розташування водозабірних споруд для забору води з поверхневих джерел.
4. Накреслити схеми руслового й берегового водозабору.
5. Навести схеми влаштування споруд для забору підземних вод.
6. Дати коротку характеристику каптажній камері.
7. Навести основні показники якості питної води.
8. Навести схеми водозабірних споруд, за допомогою яких беруть воду з підземних джерел?
9. Охарактеризувати зони санітарної охорони джерел водопостачання.
10. Яке санітарно-гігієнічне значення має очищення води?
11. Назвіть основні технологічні процеси та схеми поліпшення якості води.
12. Поясніть принцип роботи та накресліть схеми споруд для прояснення води (відстійники, освітлювачі).
13. Дати стислу характеристику спеціальних методів підготовки води.

ТЕМА 3. Споруди й мережі водопостачання

Вимоги до водопровідної мережі. Типи водопровідних мереж, їх переваги, недоліки. Трасування міських водопостачальних мереж. Розташування водопостачальних ліній у поперечному профілі вулиць, ув'язка їх з іншими комунікаціями.

Характеристика водозабору із мережі. Визначення питомих, шляхових та вузлових витрат водопостачальної мережі. Складання розрахункових схем кільцевої водопостачальної мережі. Основні економічні фактори, які впливають на розмір діаметру труб.

Теорія розрахунку кільцевої водопостачальної мережі, основні вимоги до її гідравлічного розрахунку. Ув'язка кільцевої водопостачальної мережі методом В.Г. Лобачова. Особливості встановлення ув'язаних витрат суміжних ліній кільцевих водопостачальних мереж.

Вимоги до труб водопровідної мережі. Вибір типу труб при улаштуванні водопровідної мережі. Сортамент і галузь застосування водопровідних труб. Укладання водопровідних труб при улаштуванні водопровідної мережі.

Загальна характеристика арматури водопровідної мережі. Запірно-регулююча та водорозбірна арматура: типи, устрій, принцип роботи. Колодязі на мережі, їх устрій.

Регулюючі й запасні споруди в системі водопостачання - це напірні або безнапірні резервуари з певним об'ємом води, який потрібний для регулювання роботи системи і для утворення недоторканого запасу на випадок пожежі або аварій.

Контрольні питання

1. Навести схеми трасування зовнішніх водопровідних мереж.
2. Що таке питома витрата, як її визначити?
3. Як визначити розрахункові витрати ділянки мережі?
4. Як визначити діаметр труб водогінної мережі?
5. Як визначити втрати напору в трубах?
6. Як визначити швидкість руху води в трубах?
7. Що таке питомий опір трубопроводу, опір розрахункової ділянки, втрати напору в трубопроводі, як їх визначити?
8. Особливості визначення ув'язаних витрат суміжних ліній кільцевої водогінної мережі.
9. Порядок оформлення гідравлічного розрахунку кільцевої водогінної мережі.
10. Способи безтраншейної прокладки водопровідних труб.
11. Глибина закладення водопровідних труб.
12. Назвати, які труби використовують для прокладання водопроводів?
13. З'єднання водопровідних труб різних типів.
14. Умовні позначення запірної, регулюючої, водозабірної, запобіжної арматури і фасонних частин за ЕСКД.

15. Як визначити розміри колодязів?
16. Накреслити схему водонапірної башти та резервуарів чистої води. Показати, якими трубопроводами вони обладнані.
17. Навести класифікацію напірно-регулюючих споруд.
18. Навести схеми перетину водопровідними мережами перешкод (дюкеру, естакади над залізничною колією та переходу під дорогою).
19. Навести типи обладнання для підняття води, їх принцип роботи і конструктивні особливості?
20. Дати коротку характеристику водопровідних насосних станцій.
21. Дати коротку характеристику як випробовують і дезінфікують трубопроводи та споруди водопостачання перед введенням в експлуатацію?
22. Перерахувати завдання експлуатації систем водопостачання.

ТЕМА 4. Системи і схеми водовідведення

У всіх випадках вибір системи водовідведення населеного пункту повинен бути обґрунтований техніко-економічними розрахунками з урахуванням санітарно-гігієнічних вимог й перспектив розвитку населеного пункту. При виборі системи каналізації на промислових підприємствах враховують: кількість і склад виробничих стічних вод, можливість використання виробничих стічних вод в оборотному й послідовному водопостачанні, можливість утилізації цінних речовин і доцільність об'єднання з системою каналізації населеного пункту, вимог до скиду виробничих стічних вод у водоймища.

При проектуванні каналізаційної мережі визначають басейни водовідведення, здійснюють трасування мережі, призначають початкову глибину закладення труб, виконують гідравлічний розрахунок і конструювання мережі, складають подовжній профіль і проектують споруди на каналізаційній мережі.

Визначення розрахункових витрат стічних вод від житлової забудови, для адміністративних, громадських та комунальних будов.

При проектуванні каналізаційної мережі визначають басейни водовідведення, роблять трасування мережі, призначають початкову глибину закладення труб, проводять гідравлічний розрахунок і конструювання мережі, складають подовжній профіль і проектують споруди на каналізаційній мережі.

Контрольні питання

1. Трасування каналізаційної мережі й головного колектора на генеральному плані міста.
2. Визначення норм водовідведення від населення і промислового підприємства.
3. Наведіть стисло характеристику систем каналізації і основних елементів каналізації населеного пункту.

4. Критерії визначення басейнів каналізації.
5. Вибір місця розташування очисних споруд стічних вод.
6. Схеми трасування каналізаційної мережі.
7. Глибина закладення і розташування труб у поперечному перерізі проїздів.
8. Правила конструювання каналізаційної мережі.
9. Побудова подовжнього профілю.
10. Навести класифікацію каналізаційних насосних станцій за призначенням та описати основні елементи цих станцій.
11. Визначення розрахункових витрат стічних вод від населення і промислового підприємства.
12. Схема роздільної системи каналізації з місцевими очисними спорудами.
13. Визначення розрахункових витрат стічних вод від населення і промислового підприємства.
14. Коефіцієнт нерівномірності припливу стічних вод, від чого він залежить ?
15. Гідравлічний розрахунок каналізаційної мережі. Визначення шляхової і транзитної витрат. Модуль стоку.
16. Найбільші і найменші розрахункові швидкості руху стічних вод.
17. Влаштування трубопроводів і каналів, які застосовують для прокладки каналізаційної мережі.

ТЕМА 5. Очищення стічних вод

Необхідно знати основні забруднення стічних вод і схеми очищення стічних вод, роль і призначення окремих споруд. Вивчити конструкції споруд для механічного та біологічного очищення; знати, від яких забруднень очищається вода в тих чи інших спорудах. Окремо ознайомитись із спорудами, які призначені для обробки осаду. Знати способи знезаражування стічних вод.

Контрольні питання

1. Класифікація стічних вод.
2. Навести формули, за якими обчислюють концентрацію забруднень в стічних водах?
3. Охарактеризуйте роботу споруд для механічного й біологічного очищення стічних вод.
4. Навести схему очищення міських стічних вод і дайте характеристику окремих споруд.
5. Дати характеристику споруд, які використовують для обробки осаду стічних вод?

ЗМ.1.2. ВОДОПОСТАЧАННЯ І КАНАЛІЗАЦІЯ БУДИНКІВ ТА ОКРЕМИХ СПОРУД

ТЕМА 6. Системи і схеми внутрішніх водопроводів

Конструкція внутрішньої водопровідної мережі житлового будинку. Класифікація систем водопостачання будівель. Схеми внутрішніх водопровідних мереж. Трасування внутрішньої водопровідної мережі у будинку. Сортамент і галузь застосування водопровідних труб у будинках. Запірно-регулююча та водорозбірна арматура, що застосовується у внутрішній водопровідній мережі. Обладнання вводів. Водоміри й водомірні вузли. Розрахунок систем холодного водопостачання будівель. Регулююче й підвищувальне обладнання будівель: водонапірні баки, насоси та гідропневматичні установки. До основних елементів внутрішніх водопроводів відносять: вводи, водомірні вузли, водопровідну мережу з арматурою.

Контрольні питання

1. Яка класифікація систем водопостачання будинків.
2. Зонне водопостачання високих житлових будинків.
3. Схема кільцевої водогінної мережі.
4. Розташування в будинку двох введень водопроводу.
5. Дати характеристику водопровідної арматури за призначенням й описати принцип роботи.
6. Навести приклади різних схем водопостачання (прості, з нижнім та верхнім розведенням магістралей, з водонапірним обладнанням, зонні) та дати їх характеристику.
7. Охарактеризувати призначення матеріалів та обладнання внутрішніх водопроводів, арматури.
8. Визначити розрахункові витрати води і напори у внутрішніх системах водопостачання.
9. Схеми установки водоміра в будинку. Які типи водолічильників бувають?
10. Дати характеристику водопровідної арматури за призначенням й описати принцип роботи.
11. Навести формули, за якими обчислюють секундні, годинні й добові витрати води для водопостачання житлових будинків?
12. Описати, як визначають необхідний напір для водопостачання будинку?
13. Навести схеми та область застосування систем пожежогасіння.
14. Назвіть особливості санітарно-технічного обладнання будівель спеціального призначення.

ТЕМА 7. Системи й основні елементи внутрішньої каналізації

Класифікацію систем каналізації і основні елементи систем. Вивчити типи, конструкції та принцип роботи приймачів стічних вод. Пам'ятати, що для нормальної роботи системи внутрішньої каналізації суттєве значення мають пристрої для вентиляції мереж та її очищення. Необхідно знати основні елементи та конструктивні особливості внутрішніх водостоків. Ознайомитись з локальними установками для очищення та перекачування стічних вод, необхідно знати область застосування, схеми та принцип дії цих установок. Розібратись з порядком та організацією введення в експлуатацію систем каналізації будинків та дворових мереж. Знати типи, влаштування і обладнання сміттєпроводів в будинках.

Схема внутрішньої домової та дворової системи водовідведення.

Об'ємно-планувальні вимоги до санітарно-технічних вузлів. Санітарно-технічні прилади: конструкції їх та вимоги до них. Внутрішні і зовнішні водостоки будівель.

Контрольні питання

1. Системи внутрішньої каналізації
2. Конструкції внутрішньої каналізаційної мережі.
3. Схема влаштування дворової каналізаційної мережі.
4. Проектування санітарно-технічних блоків і кабін.
5. Схеми влаштування водостоків будинків.
6. Гідравлічний розрахунок дворової каналізаційної мережі.
7. Назвіть санітарно-технічні прилади, які встановлюють в житлових будинках, та наведіть їх характеристики?
8. Наведіть конструкції гідро затворів?
9. Назвіть основні елементи внутрішньої каналізації?
10. Накресліть схеми вентиляції вуличних каналізаційних мереж?
11. Дайте характеристику дворових та квартальних мереж каналізації.
12. Назвіть особливості влаштування каналізації будівель спеціального призначення.
13. Дайте характеристику і наведіть конструкції систем сміттєвидалення та видалення пилу в будинках.

**Завдання для контрольної роботи з теоретичної частина передбачає
відповіді на питання за варіантами, номери яких вказані у таблиці**

Номери варіантів	НОМЕР ТЕМИ						
	1	2	3	4	5	6	7
1	10	2	3	4	5	6	13
2	11	3	4	5	4	5	12
3	9	4	5	6	3	4	11
4	8	5	6	7	2	3	10
5	5	6	7	8	1	2	9
6	6	7	8	9	5	1	8
7	7	8	9	10	4	14	7
8	4	9	10	11	3	13	6
9	3	10	11	12	2	12	5
10	2	11	12	13	1	11	4
11	4	12	13	14	5	10	3
12	1	13	14	15	4	9	2
13	2	12	15	16	3	8	1
14	3	1	16	17	2	7	13
15	4	2	17	1	1	6	11
16	5	3	18	2	5	5	12
17	6	4	19	3	4	4	10
18	7	5	20	4	3	3	8
19	8	6	21	5	2	2	9
20	9	7	22	6	1	1	6
21	10	8	1	13	5	14	5
22	11	9	2	14	4	13	3
23	1	10	3	15	3	12	4
24	2	11	4	17	2	11	1
25	3	12	13	16	1	10	2

2. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ З КУРСУ

Загальні вказівки

Дисципліна "Водопостачання та водовідведення" належить до циклу нормативних дисциплін напрямів 0921 (6.060101) – "Будівництво", спеціальності "Промислове і цивільне будівництво", "Міське будівництво та господарство".

Комплексний характер цієї дисципліни обумовлюється наявністю у водопровідних та водовідвідних системах різних споруд, які забезпечують добування води з джерела і подачу її споживачеві, а також відведення, транспортування стічних вод та їх очистку перед скиданням у водойми.

Будівництво водопровідних мереж населених пунктів і промислових підприємств пов'язане з великими витратами матеріалів і людських ресурсів. Тому від розрахунку водопровідних мереж, кінцева мета якого – визначення оптимальних діаметрів труб, значною мірою залежить ефективність використання капітальних вкладень у будівництво водопроводу.

У методичних вказівках до практичних занять з курсу "Водопостачання та водовідведення" наведені задачі з водопостачання, в яких визначають витрати води для різних категорій споживачів і вільні напори у водопровідній мережі, та з водовідведення, рішення яких полягає у визначенні басейнів водовідведення та трасування мережі на плані населеного пункту і вивчення основ гідравлічного розрахунку водовідвідних мереж. Задачі з водовідведення полягають у визначенні витрат стічних вод для різних видів споживачів, послідовності проектування водовідвідної мережі.

При вирішенні задач, наведених в цих вказівках, необхідно користуватися відповідними нормами проектування.

Задачі можуть бути використані при виконанні курсового й дипломного проектування, а також розрахункового – графічних і контрольних робіт.

ЗМ. 1.1. ЗОВНІШНІ МЕРЕЖІ Й СПОРУДИ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ І ВОДОВІДВЕДЕННЯ

ЗАНЯТТЯ 1. Режими водоспоживання, розрахункові витрати води та необхідні напори в мережі

Нормою витрати води або нормою водоспоживання називається кількість води, що витрачається даним споживачем за певний проміжок часу, або кількість води, необхідне для виробництва одиниці якої-небудь продукції, - питома норма водоспоживання.

Споживання води населенням, підприємствами і різними іншими споживачами відбувається нерівномірно як протягом року, так і протягом більш коротких відрізків часу - діб і годин.

Нерівномірність споживання води характеризується величиною так званого *коефіцієнта нерівномірності*. Нерівномірність споживання води протягом року враховується величиною коефіцієнта добової нерівномірності ($K_{доб}$),

$$K_{доб} = \frac{Q_{макс.доб.}}{Q_{сер.доб.}}, \quad (1.1)$$

де $Q_{макс.д.}$ – максимальна добова витрата на рік;

$Q_{сер.доб.}$ – середня добова витрата за рік.

Нерівномірність споживання води протягом доби враховується величиною коефіцієнта годинної нерівномірності ($K_{год.}$):

$$K_{год} = \frac{Q_{макс.год.}}{Q_{сер.год.}}, \quad (1.2)$$

де $Q_{макс.год.}$ – максимальна годинна витрата, що спостерігається протягом доби;

$Q_{сер.год.}$ – середня годинна витрата за добу.

Норми водоспоживання і коефіцієнти нерівномірності витрати води для різних категорій споживання наведені в додатку 1.

Водопровідна мережа й усі споруди системи водопостачання повинні бути розраховані на кількість води, що подається місту й промисловим підприємствам протягом доби за умови можливого найбільшого споживання під потрібним тиском.

Розрізняють такі характерні витрати води, які відповідають основним категоріям споживачів: на господарсько-питні потреби населення міста; на комунальні потреби міста; для промислових підприємств; на пожежегасіння.

1.1. Визначення витрати води на господарсько-питні потреби населення міста

При встановленні витрати води на господарсько-питні потреби населення необхідно визначити кількість населення міста:

$$N = F \cdot P, \text{ чол.}, \quad (1.3)$$

де F – площа частини міста з тією чи іншою щільністю населення, га;

P – щільність населення, чол/га.

Розрахункову (середню за рік) добову витрату води на господарсько-питні потреби населення міста визначають за формулою

$$Q_{\text{сер.доб.}} = \frac{N \cdot q_{\text{ж}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{доб.}, \quad (1.4)$$

де $q_{\text{ж}}$ - норма водоспоживання;

N – кількість населення у місті, чол.

Розрахункова витрата води на добу найбільшого та найменшого водоспоживання

$$Q_{\text{макс.доб.}} = K_{\text{макс.доб.}} \cdot Q_{\text{сер.доб.}}, \quad (1.5)$$

$$Q_{\text{мін.доб.}} = K_{\text{мін.доб.}} \cdot Q_{\text{сер.доб.}} \quad (1.6)$$

Коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання, що враховує уклад життя населення, режим роботи підприємства, ступінь благоустрою будівлі, зміну водоспоживання міста по сезонах і днях тижня, необхідно приймати рівним

$$K_{\text{макс.доб.}} = 1,1 \div 1,3; \quad K_{\text{мін.доб.}} = 0,7 \div 0,9$$

$$Q_{\text{макс.год.}} = K_{\text{макс.год.}} \cdot \frac{Q_{\text{макс.доб.}}}{24}; \quad (1.7)$$

$$Q_{\text{мін.год.}} = K_{\text{мін.год.}} \cdot \frac{Q_{\text{мін.доб.}}}{24}; \quad (1.8)$$

$$K_{\text{макс.год.}} = \alpha_{\text{макс.}} \cdot \beta_{\text{макс.}}; \quad (1.9)$$

$$K_{\text{мін.год.}} = \alpha_{\text{мін.}} \cdot \beta_{\text{мін.}}, \quad (1.10)$$

де α - коефіцієнт, що враховує ступінь благоустрою будівель, режим роботи підприємств та інші місцеві умови, приймають: $\alpha_{\text{макс.}} = 1,2 \div 1,4$;

$$\alpha_{\text{мін.}} = 0,4 \div 0,6$$

β – коефіцієнт, що враховує кількість жителів у населеному пункті, приймають за [1] табл. 2 або за додатком 1, табл. 1.

Максимальна секундна витрата води

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (1.11)$$

1.2. Витрати води на комунальні потреби міста

а) Витрати води на поливання вулиць і площ

Максимальна добова витрата

$$Q_{\text{макс.доб.}} = \frac{F \cdot q \cdot n}{1000}, \text{ м}^3/\text{доб.}, \quad (1.12)$$

де F - площа вулиць і площ, що поливаються, м^2 ;

q - норма витрати води на поливання, що приймається залежно від типу покриття та способу поливки [1] табл. 3 або табл. 2, додаток 1;

n - число поливок, що приймається залежно від режиму поливки.

Середня годинна витрата

$$Q_{\text{сер.год.}} = \frac{Q_{\text{макс.доб.}}}{24} \text{ м}^3/\text{ГОД}, \quad (1.13)$$

Максимальна годинна витрата

$$Q_{\text{макс.год.}} = \frac{0,0417 \cdot F \cdot K_{\text{год}} \cdot q \cdot n}{1000} \text{ м}^3/\text{ГОД}, \quad (1.14)$$

де $K_{\text{год}}$ - коефіцієнт годинної нерівномірності витрачання води на поливання; величину його можна приймати для великих міст - 2,0, для малих і середніх міст - 4,0.

Максимальна секундна витрата води

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6} \text{ л/с.} \quad (1.15)$$

б) Витрата води на поливання зелених насаджень

Максимальна добова витрата

$$Q_{\text{макс.доб.}} = \frac{F_z \cdot q_z \cdot n}{1000} \text{ м}^3/\text{доб.}, \quad (1.16)$$

де F_z - площа зелених насаджень, м^2 ;

q_z - норма витрати води на поливання, що приймається по [1] табл. 3 або табл. 2, додаток 1;

n - число поливань.

Середню годинну, максимальну годинну та максимальну секундну витрати визначають за формулами (1.13, 1.14, 1.15), що наведені вище.

1.3. Визначення витрати води для промислових підприємств

Ця витрата складається з витрати води на господарсько-питні потреби, витрати води на душ й витрати води на виробничі потреби.

а) *Витрати води на господарсько-питні потреби промислового підприємства*

Максимальна добова витрата води на господарсько-питні потреби промислових підприємств визначають з виразу

$$Q_{\text{макс.доб.}} = (q_2 \cdot n_2' + q_x \cdot n_x') + (q_2 \cdot n_2'' + q_x \cdot n_x'') + (q_2 \cdot n_2''' + q_x \cdot n_x''') \text{ л}, \quad (1.17)$$

де q_2 та q_x – відповідно норми водоспоживання на одного робочого (л за зміну) в цехах із значним тепловиділенням (в гарячих цехах) та в інших цехах (холодних цехах), рівні $q_2 = 45$ л та $q_x = 25$ л;

n_2', n_2'', n_2''' – кількість робочих у першій, другій і третій змінах, які працюють на підприємстві в гарячих цехах;

n_x', n_x'', n_x''' – кількість робочих у першій, другій і третій змінах, які працюють на підприємстві у холодних цехах;

Підставляючи $q_2 = 45$ л і $q_x = 25$ л у попереднє рівняння (1.17) і виражаючи витрату у м^3 , одержуємо

$$Q_{\text{макс.доб.}} = [0,045 \cdot (n_2' + n_2'' + n_2''') + 0,025 \cdot (n_x' + n_x'' + n_x''')] \text{ м}^3/\text{доб.} \quad (1.18)$$

Кількість робітників у кожній зміні та розподіл їх по гарячих і холодних цехах приймають за даними підприємства або на підставі існуючих проектів, цих підприємств. При відсутності тих або інших даних, але відомій кількості робітників можна прийняти наступний розподіл працюючих по змінах:

I зміна - 40-45% всієї кількості працюючих;

II і III зміна - 30-35% всієї кількості працюючих.

Розподіл кількості працюючих в гарячих та холодних цехах приймають залежно від характеру технологічного процесу підприємства.

Витрата води за окремими змінами визначають за формулами:

$$\text{I – а зміна } Q_{\text{зм}}' = (0,045 \cdot n_2' + 0,025 \cdot n_x'), \text{ м}^3, \quad (1.19)$$

$$\text{II – а зміна } Q_{\text{зм}}'' = (0,045 \cdot n_2'' + 0,025 \cdot n_x''), \text{ м}^3, \quad (1.20)$$

$$\text{III – я зміна } Q_{\text{зм}}''' = (0,045 \cdot n_2''' + 0,025 \cdot n_x'''), \text{ м}^3. \quad (1.21)$$

Норми витрати і коефіцієнти нерівномірності споживання води на госпо-

дарсько-питні потреби промпідприємств відносяться до роботи однієї зміни, тому що максимальну годинну витрату води слід обчислювати для усіх змін.

Величини максимальних годинних витрат для окремих змін обчислюють за формулами:

$$\text{I-а зміна } Q_{\text{макс.год.}} = \frac{0,045 \cdot n_2' \cdot K_2 + 0,025 \cdot n_x' \cdot K_x}{t_{\text{зм.}}} \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (1.22)$$

$$\text{II-а зміна } Q_{\text{макс.год.}} = \frac{0,045 \cdot n_2'' \cdot K_2 + 0,025 \cdot n_x'' \cdot K_x}{t_{\text{зм.}}} \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (1.23)$$

$$\text{III-я зміна } Q_{\text{макс.год.}} = \frac{0,045 \cdot n_2''' \cdot K_2 + 0,025 \cdot n_x''' \cdot K_x}{t_{\text{зм.}}} \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (1.24)$$

де K_2 і K_x - коефіцієнти годинної нерівномірності відповідно у гарячих та холодних цехах згідно з [1] п. 2.4, $K_2 = 2,5$, $K_x = 3$;

$t_{\text{зм.}}$ - тривалість робочої зміни у годинах.

Максимальна секундна витрата води

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6} \text{ л/с.} \quad (1.25)$$

б) Витрата води на душ на підприємстві

Витрата води на душ залежить від кількості робітників і службовців, приймаючих душ у кожній зміні, й характеру виробництва [2].

Максимальна добова витрата води на душ

$$Q_{\text{макс.доб.}} = [q_2' \cdot (n_2' + n_2'' + n_2''') + q_x' \cdot (n_x' + n_x'' + n_x''')] \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (1.26)$$

де n_2', n_2'', n_2''' - кількість робітників, працюючих з підвищеною мірою шкідливості або забрудненості відповідно у гарячих цехах у першій, другій та третій змінах;

n_x', n_x'', n_x''' - кількість робітників, які приймають душ в останніх цехах відповідно у першій, другій і третій змінах;

q_2' і q_x' - норми витрати води на один душ відповідно у цехах з підвищеною мірою шкідливості або забрудненості і в інших цехах.

Відповідно до норм [2] $q_2' = 45$ л та $q_x' = 25$ л. Підставляючи ці величини в попереднє рівняння і виражаючи витрату в м^3 , отримаємо

$$Q_{\text{макс.доб.}} = [0,45 \cdot (n_2' + n_2'' + n_2''') + 0,25 \cdot (n_x' + n_x'' + n_x''')] \text{ м}^3/\text{доб}. \quad (1.27)$$

Витрата води на души для окремих змін визначають за формулами:

$$\text{I-а зміна } Q'_{зм} = (0,45 \cdot n'_z + 0,25 \cdot n'_x), \text{ м}^3; \quad (1.28)$$

$$\text{II-а зміна } Q''_{зм} = (0,45 \cdot n''_z + 0,25 \cdot n''_x), \text{ м}^3; \quad (1.29)$$

$$\text{III-я зміна } Q'''_{зм} = (0,45 \cdot n'''_z + 0,25 \cdot n'''_x), \text{ м}^3. \quad (1.30)$$

Витрату води на приймання душу (із розрахунку $q_{д.с.}=500$ л на добу, тривалість користування душем $t_{д}=45$ хв.) після закінчення зміни розраховують за формулою

$$Q_{душ.зм.} = \frac{N_i \cdot q_{д.с.} \cdot t_{д}}{n_i \cdot 1000}, \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (1.31)$$

де N_i - кількість працюючих, які користуються душем у зміну, з i -ю санітарною характеристикою технологічного процесу;
 n_i - розрахункова кількість людини на одну душову сітку у цехах з i -ю санітарною характеристикою технологічного процесу, приймають за табл. 3 (додаток 1).

Максимальна годинна витрата води

$$Q_{макс.год.} = \frac{Q'_{зм}}{0,75}, \text{ м}^3/\text{ГОД}, \quad (1.32)$$

де $Q'_{зм} = (0,45 \cdot n'_z + 0,25 \cdot n'_x), \text{ м}^3$ - витрата води на душ у I зміну;
 0,45 та 0,25 - відповідно норми витрати на один душ у гарячих та холодних цехах, м^3 .

Максимальна секундна витрата води на душ

$$Q_{макс.сек.} = \frac{Q_{макс.год.}}{3,6} \text{ л/с}. \quad (1.33)$$

в) Витрата води на виробничі потреби промпідприємства

Витрату води на виробничі потреби промпідприємств визначають за кількістю випускної продукції та питомій витраті на одиницю продукції.

Максимальна добова витрата води підприємств на виробничі потреби

$$Q_{макс.доб} = P \cdot q_{пит} \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (1.34)$$

де P - добова продукція підприємства;

$q_{пит}$ - середня питома витрата на виробництво одиниці продукції, м^3 .

При відсутності даних про витрати води на виробничі потреби за окремими змінами споживання води приймають рівним протягом всього часу роботи підприємства.

Максимальна годинна витрата при цьому дорівнює

$$Q_{\text{макс.год.}} = \frac{Q_{\text{макс.доб.}}}{t}, \text{ м}^3/\text{ГОД}, \quad (1.35)$$

де t - тривалість роботи підприємства протягом доби, год.

Максимальна секундна витрата води на виробничі потреби

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.доб.}}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (1.36)$$

1.4. Витрата води на пожежогасіння

Розрахункова витрата на зовнішнє пожежогасіння залежить від розмірів населеного пункту, поверховості будівлі та ступеня їх вогнестійкості, розмірів виробничих будівель, категорії виробництв та інших факторів. Нормами проти-пожежного проектування встановлюються величини необхідних секундних витрат для гасіння пожежі у населених пунктах і на промислових підприємствах, а також кількість одночасних пожеж. Таким чином, максимальна секундна витрата води на гасіння пожежі визначається як добуток розрахункової секундної витрати, необхідної для гасіння однієї пожежі, на число пожеж

$$Q_{\text{пож}}^c = (q_{\text{пож}} + q'_{\text{пож}} \cdot n) \text{ л/с.} \quad (1.37)$$

де $q_{\text{пож}}$ - розрахункова витрата води на гасіння однієї зовнішньої пожежі; приймають для населених пунктів за табл. 5 [1], а для промислових підприємств - за табл. 7[1], л/с;

$q'_{\text{пож}}$ - розрахункова витрата води на один струмінь для внутрішнього пожежогасіння, приймається за табл. 1 [2], л/с;

n - кількість струменів, приймається по табл. 1 [2].

Тривалість пожежі у населених пунктах і на підприємствах нормами встановлена $t_n = 3$ год. Виходячи з цього, повна витрата води на гасіння пожежі може бути визначена за формулою

$$Q_{\text{пож}}^n = t \cdot (q_{\text{пож}} + q'_{\text{пож}} \cdot n) \text{ л/с,} \quad (1.38)$$

де t - розрахункова кількість одночасних пожеж; приймається для населеного пункту за табл. 6 [1], а для промислового підприємства - залежно від займаної ним площі: одна пожежа при площі до 150га, дві пожежі – понад 150га.

$$Q_{\text{пож}}^n = 10,8 \cdot Q_{\text{пож}}^c \text{ м}^3. \quad (1.39)$$

Повна витрата води на гасіння пожежі за 3 години

$$Q_{\text{пож}} = Q_{\text{пож}}^{\text{НП}} + 0,5Q_{\text{пож}}^{\text{ПП}} \text{ м}^3, \quad (1.40)$$

де $Q_{\text{пож}}^{\text{НП}}$ – витрата води на пожежогасіння для населеного пункту, м^3 ;

$Q_{\text{пож}}^{\text{ПП}}$ – витрата води, необхідна для гасіння пожежі на підприємстві, м^3 .

Витрата води на пожежогасіння за 1 годину

$$Q_{\text{год.пож.}} = \frac{Q_{\text{пож.}}}{3} \text{ м}^3/\text{год.} \quad (1.41)$$

Секундна витрата води на пожежогасіння

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6} \text{ л/с.} \quad (1.42)$$

1.5. Вільні напори у водопровідній мережі

У будь-якому місці зовнішньої водопровідної мережі напір повинен бути достатнім для того, щоб вода під його дією могла поступати із зовнішньої по внутрішній водопровідній мережі до самого верхнього та найбільш віддаленого водозабірною приладу.

Необхідний вільний мінімальний напір ($H_в$) у водопровідній мережі в точці приєднання вводу у будинку визначається як сума геометричної висоти підйому води ($H_г$), запасу напору для нормальної роботи водорозбірних приладів ($H_{уз}$) та втрат напору за довжиною трубопроводу від вводу до найбільшого віддаленого водорозбірного приладу ($h_{дов}$)

$$H_в = H_г + H_{уз} + h_{дов} \quad (1.43)$$

При одноповерховій забудові необхідний вільний мінімальний напір складає не менш 10 метрів. При багатоповерховій - на перший поверх приймається 10 метрів, а на кожний наступний у годину максимального водопостачання - по 4м. В інші години - по 3,5м.

$$H_в = 10 + h_1 \cdot (n - 1) \quad (1.44)$$

де h_1 - напір, що приймається, на один поверх, м;

n - кількість поверхів будинку.

Під п'єзометричною відміткою у вузлу водопровідної мережі мається на увазі сума відмітки землі й вільного напору в цьому вузлі.

$$P_i = H_{св}^i + Z_i \quad (1.45)$$

де P_i - п'єзометрична відмітка, м;

$H_{св}^i$ - вільний напір в і-й точці, м;

Z_i - відмітка землі в і-й точці, м.

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ З І ЗАНЯТТЯ

Приклад 1. Визначити витрати води на господарсько-питні потреби мешканців міста з щільністю населення $P=160$ чол/га і площею житлової забудови – 1000 га. Будинки обладнані внутрішнім водопроводом, каналізацією та централізованим гарячим водопостачанням. Місто розташовано на північному сході України.

Вирішення. Виходячи з природньо-кліматичних умов та ступеню благоустрою міста за табл. 1 (додаток 1), приймаємо норму господарсько-питного водоспоживання на одного мешканця дорівнює 290 л/доб.

При визначенні витрат води на господарсько-питні потреби населення міста необхідно визначити кількість населення (1.3)

$$N = 1000 \cdot 160 = 160000 \text{ чол.}$$

Для розрахункової (середня за рік) добової витрати води на господарсько-питні потреби населення міста в $\text{м}^3/\text{доб.}$ у формулу (1.4) підставляємо числа і одержуємо

$$Q_{\text{макс.доб}} = \frac{160000 \cdot 290}{1000} = 46400 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Розрахункову витрату води на добу найбільшого і найменшого водоспоживання знаходимо за формулами (1.5) та (1.6):

$$Q_{\text{макс.доб}} = 1,1 \cdot 46400 = 51040 \text{ м}^3/\text{доб.},$$

$$Q_{\text{мін.доб}} = 0,7 \cdot 46400 = 32480 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Розрахункову годинну витрату води визначаємо за формулами (1.7), (1.8) з урахуванням формул (1.9), (1.10)

$$Q_{\text{год.макс.}} = 1,2 \cdot 1,05 \frac{51040}{24} = 1,26 \cdot \frac{51040}{24} = 2679,6 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$Q_{\text{год.мін.}} = 0,4 \cdot 0,85 \frac{32480}{24} = 0,34 \cdot \frac{32480}{24} = 460,13 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Коефіцієнт, що враховує кількість мешканців у місті β , приймаємо за табл.4 [1].

Максимальну секундну витрату води, розраховуємо за формулою (1.11)

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{2679,6}{3,6} = 744,3 \text{ л/с.}$$

Приклад 2. Площа житлової забудови міста складає 500 га. Розрахункова щільність населення – 180 чол./га. Витрата води на господарсько-питне водоспоживання - 250 л/чол. на добу середнього водоспоживання. Коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання $K_{доб}=1,2$. Визначити витрати води на господарсько-питні потреби мешканців міста.

Вирішення. При визначенні витрат води на господарсько-питні потреби населення міста необхідно знайти кількість населення (1.3)

$$N = 180 \times 500 = 90000 \text{ чол.}$$

Для розрахункової (середня за рік) добової витрати води на господарсько-питні потреби населення міста у формулу (1.4) підставляємо числа і отримуємо

$$Q_{\text{макс.д}} = \frac{90000 \cdot 250}{1000} = 22500 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Розрахункові витрати води на добу найбільшого та найменшого водоспоживання знаходимо за формулами (1.5 та 1.6)

$$Q_{\text{макс.д}} = 1,2 \times 22500 = 27000 \text{ м}^3/\text{доб.};$$

$$Q_{\text{мін.д}} = 0,8 \times 22500 = 18000 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Розрахункові годинні витрати води визначаємо за формулами (1.7), (1.8) з урахуванням формул (1.9), (1.10):

$$Q_{\text{год.макс.}} = 1,3 \cdot 1,1 \cdot \frac{27000}{24} = 1,43 \cdot \frac{27000}{24} = 1608,75 \text{ м}^3/\text{год.};$$

$$Q_{\text{год.мін.}} = 0,5 \cdot 0,7 \cdot \frac{18000}{24} = 0,35 \cdot \frac{18000}{24} = 262,5 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Коефіцієнт, що враховує кількість мешканців у місті β , приймаємо за табл. 4 [1] або табл. 1, додаток 1.

Максимальну секундну витрату води розраховуємо за формулою (1.11):

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{1608,75}{3,6} = 446,88 \text{ л/с.}$$

Приклад 3. Визначити добову витрату води на поливку покриття та зелених насаджень міста при площі покриття $F_n = 800000 \text{ м}^2$ і площі зелених насаджень $F_z = 904358 \text{ м}^2$. Число поливок на добу n приймаємо рівним двом.

Вирішення. Добова витрата води на полив покриття та насаджень міста

$$Q_n = \frac{F_n \cdot q_n \cdot n}{1000} + \frac{F_3 \cdot q_3 \cdot n}{1000} = \frac{800000 \cdot 0,4 \cdot 2}{1000} + \frac{904358 \cdot 4 \cdot 2}{1000} = 7874,9 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Норма витрати води на полив q_n та q_3 , в л/м² приймається залежно від типу покриття території, способу її поливу, виду насадження, кліматичних та інших місцевих умов за табл. 6 [1].

Приклад 4. Визначити добову витрату води на поливку покриття і зелених насаджень міста з населенням $N = 160000$ мешканців, прийнявши поливальну витрату води в перерахунку на одного мешканця $q = 50$ л/доб.

Вирішення. Добова витрата води на поливання покриття і насаджень міста

$$Q_{n.\text{доб}} = q \cdot N, \text{ м}^3/\text{доб},$$

$$Q_{n.\text{доб}} = 50 \cdot 160000 = 8000000 \text{ л/доб.} = 8000 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Приклад 5. Визначити місткість лазні й витрати води в ній для міста з населенням $N = 160000$ мешканці, прийнявши норму водоспоживання відповідно до додатка 3 [2] $q_b = 180$ л/доб.

Вирішення. Кількість місць у лазні n_b визначається із розрахунку 7 місць на 1000 мешканці (з урахуванням перспективи підвищення ступеня благоустрою воно може бути знижено до 5). У містах і селищах, забезпечених облаштованим житловим фондом, норми місткості лазні слід зменшувати до 3 місць на 1000 чол., тоді місткість лазні

$$n_b = \frac{3 \cdot N}{1000} \text{ місць},$$

$$n_b = \frac{3 \cdot 160000}{1000} = 480 \text{ місць.}$$

Місткість лазні може бути прийнята рівною 50, 100, 200 і 300 місць. Приймавши дві бані місткістю $n_{b1} = 200$ місць і $n_{b2} = 300$ місць, визначимо їх добове водоспоживання

$$Q_{b.\text{доб.}} = \frac{(n_{b1} + n_{b2}) \cdot q_b \cdot t_b}{1000} \text{ м}^3/\text{доб.},$$

$$Q_{b.\text{доб.}} = \frac{(200 + 300) \cdot 180 \cdot 16}{1000} = 1440 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Тривалість роботи бані приймаємо, звичайно рівною $t_b = 16$ год (з 7 до 23 год.).

Годинна витрата води в бані

$$q_{б.год.} = \frac{Q_{б.доб.} \cdot K_{б.}}{t_{б.}} \text{ м}^3/\text{ГОД},$$

$$q_{б.год.} = \frac{1440 \cdot 1}{16} = 90 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання в лазні приймають рівним $K_{б.} = 1$.

Приклад 6. Визначити загальну кількість білизни, що надходить до пральні за одну зміну, та витрату води у пральні, прийнявши норму витрати води на 1кг сухої білизни рівною $q_{np}=75$ л (табл. 2 [2]).

Вирішення. Кількість білизни, що надходить до пральні за одну зміну ($t_{зм}=8$ год.) від 1000 мешканці, приймається $q_{np}=100$ кг. Загальна кількість білизни, що надходить до пральні за одну зміну

$$G_{np} = \frac{q_{np} \cdot N}{1000} \text{ кг},$$

$$G_{np} = \frac{100 \cdot 160000}{1000} = 16000 \text{ кг.}$$

Відповідно до СНіП П-80-75 пральні слід проектувати продуктивністю 500, 1000, 2000, 3000, 5000, 7500, 10000кг і більше білизни за зміну. Звичайно робота в пральні проводиться у дві зміни $n_{зм}=2$ (з 7 до 23 год.).

Приймаємо продуктивність пральні 17500 кг білизни в зміну, тоді добове водоспоживання пральні складе

$$Q_{np.доб.} = \frac{Q_{np.} \cdot n_{зм.} \cdot q_{np.}}{1000}, \text{ м}^3/\text{доб.},$$

$$Q_{np.доб.} = \frac{17500 \cdot 2 \cdot 75}{1000} = 2625 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Годинна витрата води в пральні

$$q_{np.} = \frac{Q_{np.доб.} \cdot K_{np.}}{n_{зм.} \cdot t_{зм.}}, \text{ м}^3/\text{доб.},$$

$$q_{np.} = \frac{2625 \cdot 1}{2 \cdot 8} = 164,06 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання у пральні $K_{np.} = 1$.

Приклад 7. Визначити кількість ліжок та витрату води в лікарні, прийнявши норму водоспоживання, віднесену до одного ліжка і рівну $q_{лік}=250$ л/доб.

Вирішення. Кількість ліжок у лікарні $n_{ліж.}$, визначаються із розрахунку 12 ліжок на 1000 мешканців

$$n_{ліж.} = \frac{12 \cdot N}{1000} \text{ ліжок,}$$
$$n_{ліж.} = \frac{12 \cdot 160000}{1000} = 1920 \text{ ліжок.}$$

Прийнявши число ліжок у лікарні рівним 2000, визначаємо добове водоспоживання лікарні

$$Q_{лік.доб.} = \frac{q_{лік.} \cdot n_{ліж.}}{1000} \text{ м}^3/\text{доб,}$$
$$Q_{лік.доб.} = \frac{250 \cdot 2000}{1000} = 500 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Приклад 8. Визначити кількість місць у готелі і добове водоспоживання готелю, прийнявши норму добового водоспоживання на одного постояльця $q_2=300$ л (табл. 2 [2]).

Вирішення. Кількість місць в готелі n_2 визначається із розрахунку 6 місць на 1000 мешканців

$$n_2 = \frac{6 \cdot N}{1000} \text{ місць,}$$
$$n_2 = \frac{6 \cdot 160000}{1000} = 960 \text{ місць.}$$

Добове водоспоживання готелю дорівнює

$$Q_{г.доб.} = \frac{q_2 \cdot n_2}{1000} \text{ місць,}$$
$$Q_{г.доб.} = \frac{300 \cdot 960}{1000} = 288 \text{ місць.}$$

Приклад 9. Визначити витрату води на господарсько-питні потреби робочих на промисловому підприємстві. Кількість робочих на підприємстві становить 6680 чоловік. У гарячих цехах працюють 880 чоловік, з них: у I зміні - 350; II - 280, III - 250. У холодних цехах працюють 5800 чоловік, із них: у I зміні - 2150; II - 1960, III - 1750.

Вирішення. Виходячи із норм витрати води на господарсько-питні потреби на промислових підприємствах (табл. 7 [1]), визначаємо змінні витрати води окремо в цехах з тепловиділенням понад 20 ккал. на 1м^3 (гарячі цехи) $Q_{г.ц.}^{зм.}$ і в решті цехів (холодні цехи) $Q_{х.ц.}^{зм.}$

$$Q_{з.ц.}^{Iзм.} = 0,001 \cdot 45 \cdot 350 = 15,75 \text{ м}^3/\text{доб.};$$

$$Q_{з.ц.}^{IIзм.} = 0,001 \cdot 45 \cdot 280 = 12,60 \text{ м}^3/\text{доб.};$$

$$Q_{з.ц.}^{IIIзм.} = 0,001 \cdot 45 \cdot 250 = 11,25 \text{ м}^3/\text{доб.};$$

$$\sum Q_{з.ц.} = 39,60 \text{ м}^3/\text{доб.};$$

$$Q_{х.ц.}^{Iзм.} = 0,001 \cdot 25 \cdot 2150 = 53,75 \text{ м}^3/\text{доб.};$$

$$Q_{х.ц.}^{IIзм.} = 0,001 \cdot 25 \cdot 1900 = 47,50 \text{ м}^3/\text{доб.};$$

$$Q_{х.ц.}^{IIIзм.} = 0,001 \cdot 25 \cdot 1750 = 43,75 \text{ м}^3/\text{доб.};$$

$$\sum Q_{х.ц.} = 145 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Приклад 10. Користуючись вихідними даними попереднього прикладу, визначити витрату води на потреби душових, маючи на увазі, що виробничий процес в гарячих цехах викликає забруднення одягу і рук, а в холодних цехах не викликає такого забруднення. В гарячих цехах душем користуються 70% робочих, а в холодних - 20%.

Вирішення. У гарячих цехах користуються душем по змінах:

$$\text{I зміна} - 350 \cdot 0,7 = 245 \text{ чол.};$$

$$\text{II зміна} - 280 \cdot 0,7 = 196 \text{ чол.};$$

$$\text{III зміна} - 250 \cdot 0,7 = 175 \text{ чол.}$$

У холодних цехах користуються душем по змінах:

$$\text{I зміна} - 2160 \cdot 0,2 = 430 \text{ чол.};$$

$$\text{II зміна} - 1900 \cdot 0,2 = 380 \text{ чол.};$$

$$\text{III зміна} - 1750 \cdot 0,2 = 350 \text{ чол.}$$

Виходячи з норми витрати води на одну душову сітку $q_{д.с.}=500$ л/год і тривалості користування душем $t_{д.с.}=45$ хв. після закінчення зміни, змінна витрата води на підприємстві для душових в м^3 може бути визначений із виразу

$$Q_{душ.}^{зм.} = \frac{0,001 \cdot q_{д.с.} \cdot t_{д.с.} \cdot N_i}{n_i}, \text{ м}^3/\text{зм.},$$

де N_i - кількість робітників, працюючих в гарячих або в холодних цехах, які користуються душем в зміну, з i -ою санітарною характеристикою технологічного процесу;

n_i - розрахункова кількість людей на одну душову сітку в цехах з i -ою санітарною характеристикою технологічного процесу (табл. 8 [1]).

У цехах, що викликають забруднення одягу й рук:

$$Q_{душ.}^{Iзм.} = \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 245}{7} = 13,13 \text{ м}^3/\text{зм.};$$

$$Q_{душ.}^{Iзм.} = \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 196}{7} = 10,50 \text{ м}^3/\text{зм.};$$

$$Q_{душ.}^{IIIзм.} = \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 175}{7} = 9,38 \text{ м}^3/\text{зм.};$$

$$\sum Q_{душ.} = 33,01 \text{ м}^3/\text{зм.}$$

У цехах, що не викликають забруднення одягу й рук

$$Q_{душ.}^{Iзм.} = \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 430}{15} = 10,75 \text{ м}^3/\text{зм.};$$

$$Q_{душ.}^{IIзм.} = \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 380}{15} = 9,50 \text{ м}^3/\text{зм.};$$

$$Q_{душ.}^{IIIзм.} = \frac{0,001 \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 350}{15} = 8,75 \text{ м}^3/\text{зм.};$$

$$\sum Q_{душ.} = 29,00 \text{ м}^3/\text{зм.}$$

Приклад 11. Визначити максимальну секундну витрату води для виробничих цілей для тракторного заводу, добова продукція якого складає 100 тракторів, робота у 3 зміни, питома витрата води для виробництва одного трактора 45м^3 .

Вирішення. Максимальну добову витрату підприємства на виробничі потреби визначаємо за формулою (1.34).

Середня питома витрата води для виробництва одного трактора 45м^3 , отже, добова витрата буде

$$Q_{\text{макс.доб.}} = 100 \cdot 45 = 4500 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Приймаючи витрату води на виробничі потреби рівномірною протягом доби, максимальна годинна витрата визначається за формулою (1.35) і дорівнює

$$Q_{\text{макс.год.}} = \frac{4500}{24} = 187,5 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Максимальна секундна витрата

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{187,5}{3,6} = 52,1 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Приклад 12. Визначити розрахункову витрату води для гасіння пожежі в населеному пункті і на промисловому підприємстві, які мають загальний протипожежний водопровід, за наступними вихідними даними:

1. Чисельність населення міста - 160000 чоловік;
2. Поверховість будинків - 5;
3. Площа території промислового підприємства – 60 га;
4. Вміст найбільшого будинку (цеху) підприємства - 60 тыс.м³;
5. Категорія виробництва за пожежною небезпекою - Б;
6. Ступінь вогнестійкості будинків - II.

Вирішення. Розрахункову витрату води для гасіння пожежі в населеному пункті і на промисловому підприємстві можна визначити за формулою (1.37).

Розрахункова витрата води на гасіння пожежі в населеному пункті

$$Q_{пож}^M = 3(40 + 2 \cdot 2,5) = 135 \text{ л/с.}$$

Розрахункова витрата води для гасіння пожежі на промисловому підприємстві складає

$$Q_{пож}^{n.під.} = 1 \cdot (30 + 2 \cdot 2,5) = 35 \text{ л/с.}$$

Розрахункову витрату води для об'єднаного водопроводу, обслуговуючого населений пункт та промислове підприємство, належить визначати як суму потрібної великої витрати (на підприємстві або у населеному пункті) додати 60% потрібної меншої витрати (на підприємстві або у населеному пункті). Тоді розрахункова витрата води для гасіння пожежі буде

$$Q_{пож} = 135 + 35 \times 0,5 = 152,5 \text{ л/с.}$$

Приклад 13. Визначити H_g та п'езометричну відмітку у вузлових точках тупикової мережі. Поверховість - 5 поверхів. $h_{1-2}=0,8$ м, $h_{2-3}=1,2$ м, $h_{3-4}=1,1$ м, $h_{4-5}=0,9$ м, $h_{5-6}=0,7$ м. Відмітки поверхні землі у вузлових точках: $Z_1=94$ м, $Z_2=96,2$ м, $Z_3=95,8$ м, $Z_4=98,4$ м, $Z_5=99,2$ м, $Z_6=101$ м.



Вирішення: 1. Знаходимо вільний напір у точці 6.

$$H^6_{\text{в}} = 10 + 4 \cdot (5-1) = 26 \text{ м.}$$

2. Знаходимо п'єзометричну відмітку у точці 6.

$$P^6 = 26 + 101 = 127 \text{ м.}$$

3. Знаходимо п'єзометричну відмітку у точці 5.

$$P^5 = 127 + 0,7 = 127,7 \text{ м.}$$

4. Знаходимо вільний напір у точці 5.

$$H^5_{\text{в}} = 127,7 - 99,2 = 28,5 \text{ м.}$$

5. Знаходимо п'єзометричну відмітку у точці 4.

$$P^4 = 127,7 + 0,9 = 128,6 \text{ м.}$$

6. Знаходимо вільний напір у точці 4.

$$H^4_{\text{в}} = 128,6 - 98,4 = 30,2 \text{ м.}$$

7. Знаходимо п'єзометричну відмітку у точці 3.

$$P^3 = 128,6 + 1,1 = 129,7 \text{ м.}$$

8. Знаходимо вільний напір у точці 3.

$$H^3_{\text{в}} = 129,7 - 95,8 = 33,9 \text{ м.}$$

9. Знаходимо п'єзометричну відмітку у точці 2.

$$P^2 = 129,7 + 1,2 = 130,9 \text{ м.}$$

10. Знаходимо вільний напір у точці 2.

$$H^2_{\text{в}} = 130,9 - 96,2 = 34,7 \text{ м.}$$

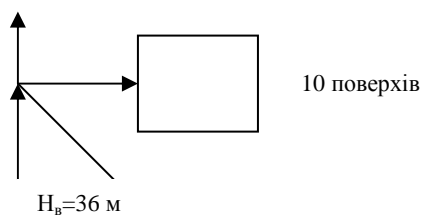
11. Знаходимо п'єзометричну відмітку у точці 1.

$$P^1 = 130,9 + 0,8 = 131,7 \text{ м.}$$

12. Знаходимо вільний напір у точці 1.

$$H^1_{\text{в}} = 131,7 - 94 = 37,7 \text{ м.}$$

Приклад 14. Можливе підключення будинку до водопровідної мережі?

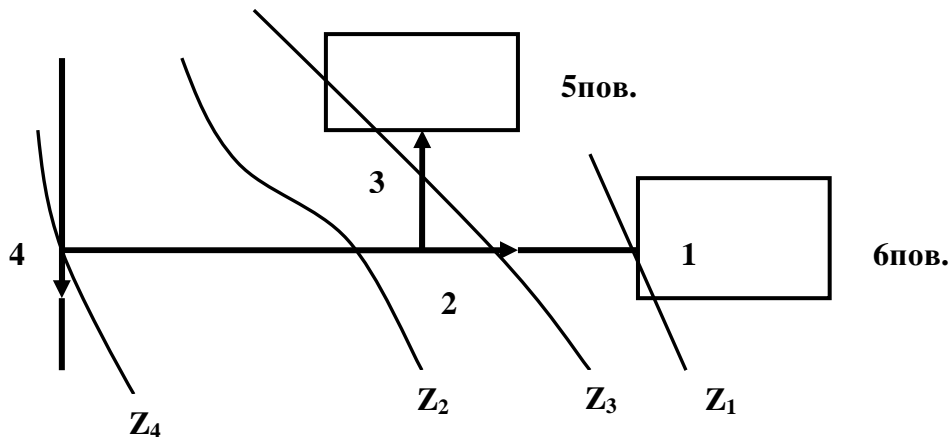


Вирішення: 1. Знаходимо вільний напір у точці 1.

$$H^1_{\text{в}} = 10 + 4 \cdot (10-1) = 46 \text{ м.}$$

Підключення будинку до водопровідної мережі не можливе, бо напір при вході в будинок 46 м, а потрібний – 36 м. Треба ставити насосну станцію підкачки.

Приклад 15. Визначити H_e та п'єзометричні відмітки у вузлових точках 1,2,3,4. $h_{1-2}=1,1$ м; $h_{2-3}=0,6$ м; $h_{2-4}=0,8$ м. Відмітки поверхні землі у вузлових точках дорівнюють: $Z_1=90$ м, $Z_2=80$ м, $Z_3=85$ м, $Z_4=75$ м.



Вирішення: 1. Знаходимо вільний напір у точці 1.

$$H_e^1 = 10 + 4 \cdot (6-1) = 30 \text{ м.}$$

2. Знаходимо вільний напір у точці 3.

$$H_e^3 = 10 + 4 \cdot (5-1) = 26 \text{ м.}$$

3. Знаходимо п'єзометричну відмітку у точці 3.

$$P^3 = 26 + 85 = 111 \text{ м.}$$

4. Знаходимо п'єзометричну відмітку у точці 1.

$$P^1 = 30 + 90 = 120 \text{ м.}$$

5. Знаходимо п'єзометричну відмітку у точці 2.

$$P^2 = 120 + 1,1 = 121,1 \text{ м.}$$

6. Знаходимо вільний напір у точці 2.

$$H_e^2 = 121,1 - 80 = 41,1 \text{ м.}$$

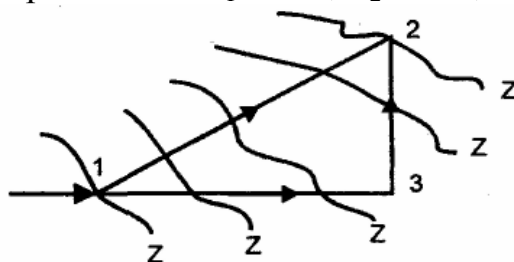
7. Знаходимо п'єзометричну відмітку у точці 4.

$$P^4 = 121,1 + 0,8 = 121,9 \text{ м.}$$

8. Находим вільний напір у точці 4.

$$H_e^4 = 121,9 - 75 = 46,9 \text{ м.}$$

Приклад 16. Визначити H_e та п'єзометричні відмітки у вузлових точках. Поверховість - 5 поверхів. $h_{1-2}=0,8$ м, $h_{2-3}=0,6$ м, $h_{3-1}=1,4$ м. Відмітки поверхні землі у вузлових точках дорівнюють: $Z_1=41$ м, $Z_2=45$ м, $Z_3=43,4$ м.



Вирішення: 1. Знаходимо вільний напір у самій віддаленій точці 2.

$$H^2_e = 10 + 4 \cdot (5-1) = 26 \text{ м.}$$

2. Знаходимо п'єзометричну відмітку у точці 2.

$$P^2 = 45 + 26 = 71 \text{ м.}$$

3. Знаходимо п'єзометричну відмітку у точці 3.

$$P^3 = 71 + 0,6 = 71,6 \text{ м.}$$

4. Знаходимо вільний напір у точці 3.

$$H^3_e = 71,6 - 43,4 = 28,2 \text{ м.}$$

5. Знаходимо п'єзометричну відмітку у точці 1.

$$P^1 = 71,6 + 0,8 = 72,4 \text{ м.}$$

6. Знаходимо вільний напір у точці 1.

$$H^1_e = 72,4 - 41 = 31,4 \text{ м.}$$

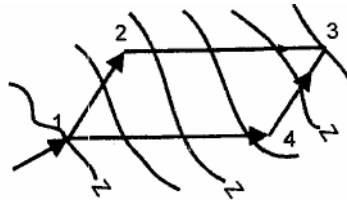
7. Знаходимо п'єзометричну відмітку у точці 1.

$$P^1 = 71 + 1,4 = 72,4 \text{ м.}$$

8. . Знаходимо вільний напір у точці 1.

$$H^1_e = 72,4 - 41 = 31,4 \text{ м.}$$

Приклад 17. Визначити H_e та п'єзометричні відмітки в вузлових точках. Поверховість - 6 поверхів. $h_{1-2}=1,8$ м; $h_{2-3}=1,4$ м; $h_{3-4}=0,5$ м; $h_{4-1}=3,6$ м. Відмітки поверхні землі у вузлових точках дорівнюють: $Z_1=194$ м, $Z_2=195,5$ м, $Z_3=199$ м, $Z_4=197,2$ м.



Вирішення: 1. Знаходимо вільний напір у точці 3.

$$H^3_e = 10 + 4 \times (6-1) = 30 \text{ м.}$$

2. Знаходимо п'єзометричну відмітку у точці 3.

$$P^3 = 30 + 199 = 229 \text{ м.}$$

3. Знаходимо п'єзометричну відмітку у точці 2.

$$P^2 = 229 + 2,3 = 231,3 \text{ м.}$$

5. Знаходимо вільний напір у точці 2.

$$H^2_e = 231,3 - 195,5 = 35,8 \text{ м.}$$

6. Знаходимо п'єзометричну відмітку у точці 1.

$$P^1 = 231,3 + 1,8 = 233,1 \text{ м.}$$

7. Знаходимо вільний напір у точці 1.

$$H^1_e = 233,1 - 194 = 39,1 \text{ м.}$$

8. Знаходимо п'єзометричну відмітку у точці 4.

$$P^4 = 229 + 0,5 = 229,5 \text{ м.}$$

9. Знаходимо вільний напір у точці 4.

$$H^4_e = 229,5 - 197,2 = 32,3 \text{ м.}$$

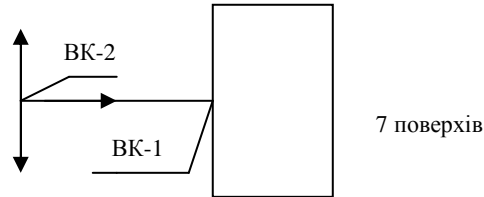
10. Находим п'єзометричну відмітку у точці 1.

$$\Pi^1 = 229,5 + 3,6 = 233,1 \text{ м.}$$

11. Находим вільний напір у точці 1.

$$H^1_e = 233,1 - 194 = 39,1 \text{ м.}$$

Приклад 18. Визначити H_e та п'єзометричні відмітки у вузлових точках ВК-1, ВК-2 і вільні напори, якщо $Z_1=85,0$ м, $Z_2=84,5$ м, $h_{1-2}=1,9$ м.



Рішення: 1. Знаходимо вільний напір у точці ВК-1.

$$H^{BK-1}_e = 10 + 4 \times (7-1) = 34 \text{ м.}$$

2. Знаходимо п'єзометричну відмітку у точці ВК-1.

$$\Pi^{BK-1} = 34 + 85 = 119 \text{ м.}$$

3. Знаходимо п'єзометричну відмітку у точці ВК-2.

$$H^{BK-2}_e = 119 + 1,9 = 120,9 \text{ м.}$$

4. Знаходимо вільний напір у точці ВК-2.

$$\Pi^{BK-2} = 120,9 - 84,5 = 36,4 \text{ м.}$$

ВАРІАНТИ ЗАДАЧ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ

Задача 1. Визначити максимальну добову витрату води (середня за рік) для житлового мікрорайону міста, а також у добу найбільшого та найменшого водоспоживання.

При складанні задачі допущена умовність - ступень благоустрою будинків не пов'язана із заданою поверховістю будинків. Вихідні дані для вирішення задачі наведені в табл. 1, 2.

Таблиця 1

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Площа житлової забудови мікрорайону F , га	180	160	130	200	150
Ступень благоустрою житлових будинків (за табл. 2)	5	1	4	3	2
Щільність населення P , чол/га	400	330	380	450	440
Число поверхів житлової забудови	8	5	8	12	12

Таблиця 2

№	Ступень благоустрою житлових будинків
1	Житлові будинки квартирного типу з водопроводом, каналізацією та газопостачанням (160 л/чол. на добу)
2	Те ж, з ваннами та газовими водонагрівачами (200 л/чол. на добу)
3	Те ж, із швидкодіючими газовими водонагрівачами з багатокрапковим водорозбіром (230 л/чол. на добу)
4	Те ж, з централізованим гарячим водопостачанням, обладнані умивальниками, мийками, душами (350 л/чол. на добу)
5	Те ж, з сидячими ваннами, обладнаними душами (240 л/чол. на добу)

Задача 2. Визначити витрату води на комунальні потреби міста. Вихідні дані для вирішення задачі наведені в табл. 3

Таблиця 3

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Площа вулиць та майданів, F_n , m^2	1500	3500	6000	5320	7485
Площа зелених насаджень F_3 , m^2	5000	10500	20000	50500	95000
Норма витрати води для поливання q_n л/ m^2 на $1m^2$	1,2	1,5	0,3	0,35	0,4
Норма витрати води для поливання q_3 л/ m^2 на $1m^2$	3,5	3	4	5	6
Число поливок (мийок) на добу, n	2	1	2	1	2

Задача 3. Вихідні дані для вирішення задачі наведені в табл. 4

Таблиця 4

	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Визначити кількість і добову витрату	місць	ліжок	місць	ліжок	білизни
Вихідні дані					
Число мешканців, чол.	100000	300000	140000	200000	50000
Норма водоспоживання на 1 одиницю, л.	250	115	360	200	40
Тривалість роботи підприємства 1 зміни, год.	16	-	-	-	8
Коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання	1	1	1	1	1

Задача 4. Визначити витрату води на господарсько-питні потреби робітників на промисловому підприємстві. Вихідні дані для вирішення задачі наведені в табл. 5

Таблиця 5

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Кількість робітників на підприємстві, чол.	1000	6000	2000	5340	7800
У гарячих цехах працюють, з них:	600	1500	1280	3500	4900
У I зміні, чол.	480	500	640	2400	2690
У II зміні, чол.	120	500	360	800	1310
У III зміні, чол.	-	500	280	300	900
У холодних цехах працюють, з них:	400	4500	720	1840	2900
У I зміні, чол.	300	2800	450	1000	1680
У II зміні, чол.	100	1000	150	600	880
У III зміні, чол.	-	700	120	240	340

Задача 5. Визначити витрату води на потреби душових. Вихідні дані для вирішення задачі наведені в табл. 6

Таблиця 6

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Кількість робочих на підприємстві, чол.	2000	5000	1500	7200	5580
У гарячих цехах працюють, %	15	40	80	60	70
У холодних цехах працюють, %	10	25	20	40	20
Група виробничих процесів та санітарні характеристики виробничих процесів (див. Додаток 1,табл. 3)	I, а	I, б	II, г	II, в	I, а

Задача 6. Визначити максимальну секундну витрату води для виробничої мети. Вихідні дані для вирішення задачі наведені в табл. 7

Таблиця 7

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Підприємства	Взуттєва фабрика	Автозавод	Молокозавод	Ковбасне підприємство	Пивоварний завод
Продукція	взуття	машина	молоко	ковбаса	пиво
Добова продукція підприємства	5000 пар	240 шт.	30 т.	8 т.	25 т.
Середня питома витрата на виробництво одиниці продукції, $q_{\text{вд}}, \text{М}^3$	30	45	20	15	15

Задача 7. Визначити розрахункову витрату води для гасіння пожежі у населеному пункті та на промисловому підприємстві, які мають загальний проти пожежний водопровід, при наступних вихідних даних:

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Чисельність населення міста, тис. чол.	110	230	560	470	24
Поверховість будинків	5	9	12	5	3
Площа території промислового підприємства, га	70	100	200	250	160
Об'єм найбільшого будинку (цеху підприємства), тис.м ³	70	100	200	250	60
Категорія виробництва за пожежною безпекою	Б	А	В	Г	В
Ступінь вогнестійкості будинків	І	ІІ	І	ІІ	ІІ

Задача 8. Визначити H_6 та п'єзометричні відмітки у вузлових точках тупикової мережі. Вихідні дані для рішення задачі наведені у таблиці. Рисунок див. приклад 13.

Вихідні дані	Номери варіантів					
	1	2	3	4	5	
Поверховість будинків	12	14	16	9	12	
Втрати напору на дільницях, м:	h_{1-2}	0,7	1,0	1,3	0,5	1,1
	h_{2-3}	1,0	1,4	1,7	0,7	1,5
	h_{3-4}	1,3	1,3	1,5	0,9	1,4
	h_{4-5}	0,6	1,1	1,4	1,0	1,2
	h_{5-6}	1,1	0,9	1,2	0,6	0,9

Відмітки поверхні землі у вузлових точках, м:					
Z_1	75	52	100	224	137
Z_2	77,5	54,5	102,6	226,4	139,4
Z_3	76,7	53,9	101,8	225,6	138,9
Z_4	79,8	56,8	104,9	228,8	141,8
Z_5	80,2	57,1	105,3	229,1	142,0
Z_6	84	59	107	231	144

Задача 9. Можливе підключення будинку до водопровідної мережі?
Рисунок до задачі див. приклад 14.

Вихідний дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Поверховість будинків	12	14	16	9	12
Вільний напір у точці підключення.	38	46	34	27	34

Задача 10. Визначити H_e та п'езометричні відмітки у вузлових точках 1,2,3, 4. Вихідні дані для рішення задачі наведені у таблиці. Рисунок до задачі див. приклад 15.

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Поверховість будинків у т. 3.	7	6	8	9	12
Поверховість будинків у т. 1.	9	10	11	14	15
Втрати напору на ділянках, м:					
h_{1-2}	1,5	0,8	1,3	0,9	1,6
h_{2-3}	1,0	0,3	0,8	1,7	1,2
h_{3-4}	1,2	0,5	1,4	1,9	1,3
Відмітки поверхні землі у вузлових точках, м:					
Z_1	70	40	45	20	100
Z_2	75	41	50	25	105
Z_3	80	42	55	30	110
Z_4	85	43	60	35	115

Задача 11. Визначити H_e та п'езометричні відмітки у вузлових точках. Вихідні дані для рішення задачі наведені у таблиці. Рисунок до задачі див. приклад 16.

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Поверховість будинків	16	12	14	10	8
h_{1-2}	0,7	1,0	1,2	0,5	1,1
h_{2-3}	0,5	0,8	1,0	0,3	0,9
h_{3-1}	0,6	0,9	1,1	0,4	1,0
Відмітки поверхні землі у вузлових точках, м:					
Z_1	78	60	95	214	147
Z_2	82	64	115	225,6	151
Z_3	80,3	62,2	105,4	218	149,5

Задача 12. Визначити H_e й п'езометричні відмітки у вузлових точках. Вихідні дані для вирішення задачі наведені у таблиці. Рисунок до задачі див. приклад 17.

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Поверховість будинків	5	12	15	16	10
Втрати напору на ділянках, м:					
h_{1-2}	2,0	2,2	1,5	1,1	2,8
h_{2-3}	1,6	1,8	1,1	0,7	2,4
h_{3-4}	2,7	2,9	2,2	1,8	4,5
h_{4-1}	1,8	2,0	1,3	0,9	3,6
Відмітки поверхні землі у вузлових точках, м:					
Z_1	145	805	29	63	120
Z_2	146,5	85,6	30,7	64,4	125,5
Z_3	148,1	95,2	32,3	66,1	135,2
Z_4	150	105	34	68	145

Задача 13. Визначити п'езометричні відмітки у вузлових точках ВК-1, ВК-2 та вільні напори. Вихідні дані для вирішення задачі наведені у таблиці. Рисунок до задачі див. приклад 18.

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Поверховість будинків	6	10	9	8	11
Втрати напору на ділянках, м:					
h_{1-2}	2,0	2,1	2,5	1,4	2,3
Відмітки поверхні землі у вузлових точках, м:					
Z_{BK-1}	154	80	19	63	124
Z_{BK-2}	156	85	19,7	65,4	125,5

ЗАНЯТТЯ 2. Водозабірні споруди для прийому води з поверхневих і підземних джерел

Для забору води з поверхневих джерел в залежності від рельєфу місцевості, природних умов забору води приймають берегові або руслові водозабори.

На річках великої глибини з крутими берегами влаштовують береговий водозабір, який складається із залізобетонного берегового колодязя з наземним павільйоном. Вода в колодязь надходить через вхідні вікна, які захищають решітками від потрапляння сміття, плаваючих предметів, риби тощо. Береговий колодязь прямокутної або округлої форми в плані поділений поперечною перегородкою на дві камери — водоприймальну і всмоктувальну, між якими є вікна, що перекриваються сітками для механічного проціджування води. Із всмоктувальної камери воду забирають насосною станцією 1-го підняття.

Розміри берегового колодязя визначають частково за гідравлічними розрахунками, частково за конструктивними рішеннями, виходячи із умов зручності в експлуатації. Конструкція та розміри колодязя повинні бути достатніми для забезпечення: забирання води відповідної якості; безперебійності роботи; враховувати відкладення наносів у колодязі та затримання сміття, водоростей і бруду, які проникли крізь ґрати водоприймальних вікон; створення нормальних умов для монтажу і експлуатації обладнання. При значному коливанні рівнів води в річці водоприймальні вікна влаштовують у два яруси. Верхній ярус розміщують вище нижнього на 3...5 м. В повінь воду забирають через вікна верхнього ярусу, а в межень — нижнього. Необхідну мінімальну глибину води H , м біля водоприймальних вікон берегових водозаборів і затоплених оголовок приймають:

$$H = h + D + a + 0,3 + 0,9\delta, \quad (2.1)$$

де: $h = (0,5...1)$ м — величина порогу; D — висота водозабірної отвору, м; $(a+0,3)$ — глибина води над вікнами, м (0,3 — віддаль від нижнього краю льоду до верхнього краю вікна чи оголовка, м); $0,9\delta$ — глибина зануреної частини льоду при товщині δ , м.

Площу водоприймальних вікон берегового колодязя (брутто), m^2 , визначають за формулою:

$$F = 1,25 \cdot K \frac{Q_p}{V}, \quad (2.2),$$

де: 1,25 — коефіцієнт, який враховує засмічення отворів; $K = \frac{(a+d)}{a}$ — коефіцієнт стиснення площі вікна стержнями ґрат, a — відстань між стержнями, мм; d — діаметр або товщина стержнів, мм; V — швидкість руху води у приймальній вікні, яка для берегових водозаборів приймається 0,2...0,6 м/с.

Площу вікон у перегородці між водоприймальною та всмоктувальною камерами берегових та руслових водозаборів визначають за формулою 2.2,

приймавши швидкість руху води у створах сітки $V < 0,4$ м/с, а коефіцієнт стиснення площі вікна сіткою вираховують за формулою:

$$K = \left[\frac{(a + d)}{a} \right]^2, \quad (2.3)$$

де: $a = 2 \dots 10$ мм — відстань між дротами сітки, мм; $d = 1 \dots 2$ — діаметр дроту, мм.

На кожне вікно влаштовують дві сітки, які працюють поперемінно. Допустимі втрати напору в сітках $0,1 \dots 0,2$ м.

Розміри всмоктувальної камери визначають за розташуванням всмоктувальних труб. При цьому глибина занурення вхідного отвору розтрубу в камері не повинна бути менше $2D_p$, (D_p — діаметр вхідного отвору розтрубу, $D_p = (1,3 \dots 2) d_{вс}$, $d_{вс}$ — діаметр всмоктувальної труби). Від дна колодязя вхідний отвір приймають на висоті $0,80 D_p$, але не менше за $0,5$ м.

Вертикальні розміри колодязя залежать від амплітуди коливання рівнів води у водойми. Висоту підлоги службового павільйону приймають на $0,5$ м вище гребня хвилі або на $0,6 \dots 1$ м вище рівня води в повінь (РВВ).

На річках невеликої глибини з похилими берегами влаштовують руслові водозабори, які складаються з водоприймача (оголовок), самопливних або сифонних трубопроводів та берегового колодязя. Водоприймальні отвори в оголовках розташовують на висоті $0,5 \dots 1,5$ м від дна і захищають решітками від потрапляння сміття, плаваючих предметів, риби тощо. Самопливні лінії, як з'єднують оголовок і береговий колодязь, проектують для надійності у вигляді двох, незалежних одна від одної, труб. Сифонні труби застосовують за несприятливих гідрогеологічних умов і необхідності великого заглиблення самопливних труб. Повітря із сифонних водоводів відкачують вакуум-насосами. Щоб запобігти пошкодженню самопливних і сифонних водоводів у межах русла їх заглиблюють під дно на $0,5 \dots 1$ м.

Береговий колодязь руслового водозбору розташовують на незатоплюваному під час повені березі, але при цьому не слід віддалятися далеко від оголовка, оскільки це приведе до збільшення втрат напору в самопливних лініях. Там, де це можливо, береговий колодязь поєднують з насосною станцією 1-го підняття. Береговий колодязь обладнують приймальними сітками з розмірами чарунок від 2×2 до 5×5 мм. Проціджування води через решітки і сітки забезпечує її попереднє грубе очищення і запобігає пошкодженню насосів та іншого обладнання.

Діаметр самопливних труб та сифонних водоводів залежить від витрати води і швидкості її руху в трубах, яку приймають: $0,7 \dots 1,5$ м/с — для самопливних; $0,6 \dots 0,75$ м/с — для сифонних.

Площу водоприймальних вікон оголовка руслового водозбору визначають як і площу водоприймальних вікон берегових, тобто за формулою 2.2. Але швидкість руху води в цьому випадку приймають в межах $0,1 \dots 0,3$ м/с.

Для забезпечення безперебійності роботи водозбору береговий колодязь поділяють перегородками на секції за кількістю робочих насосів на станції 1-го підняття. Береговий колодязь слід перевірити на можливість його спливання

при високому рівні води у річці і відсутності води у колодязі, на перекидання колодязя під тиском ґрунту при низькому рівні води у річці, а також на міцність його під навантаженням.

Водозабірні споруди з підземних джерел. Найчастіше для забору підземних вод, що залягають на глибині більше за 10 м, застосовують свердловини (трубчасті колодязі), які складаються з трьох основних елементів: оголовка, ствола і водоприймальної частини. Оголовок призначений для закріплення гирла свердловини, захисту від потрапляння в неї забруднених поверхневих вод, а також розміщення арматури і обладнання. Висота оголовка повинна бути не менше 2,5 м.

Ствол свердловини кріпиться обсадними трубами для захисту стінок від обвалу в сипучих породах. Водоприймальну частину свердловини обладнують фільтром, який не повинен пропускати частинок водоносної породи. Фільтри можуть бути: трубчасті з круглими і щілинними отворами; сіткові, в яких фільтрова сітка обмотується на каркас; гравійні, в яких крупнозернистий пісок або гравій розташовується між водоносним ґрунтом і опорним каркасом.

При проектуванні водозабірних свердловин вирішують такі основні питання:

- вибір майданчика для розміщення свердловин;
- вибір водоносного пласта для постійної експлуатації;
- вибір способу буріння;
- визначення можливого дебіту однієї свердловини;
- визначення потрібної кількості свердловин (робочих та резервних) і відстані між ними на місцевості;
- розрахунок взаємодії свердловин і сумісної роботи всіх водопровідних споруд;
- вибір типу фільтра свердловини і визначення його основних розмірів;
- розробка конструкції свердловини і її оголовка;
- вибір типу водопідйомника для постійної експлуатації;
- складання вказівок щодо буріння свердловин та відкачування води для будівельних потреб;
- складання технологічного регламенту на експлуатацію свердловини;
- організація режимного нагляду за зміною припливу і якості води при експлуатації.

Спосіб буріння водозабірних свердловин вибирають залежно від глибини і діаметра свердловини, видів порід, які проходять при бурінні, гідрогеологічних умов, характеристики водоносного пласта та інших факторів. Детальніше з цими питаннями можна ознайомитись в спеціальній літературі [5, 6].

Дебіт свердловини залежить від виду водоносного горизонту і його характеристики (напірні чи безнапірні води), типу свердловини (досконала чи недосконала), кількості свердловин і характеру їх взаємодії.

Підземні води, які насичують водоносний пласт на всю його товщину мають деякий п'єзометричний напір, більший за атмосферний тиск, називають напірними, а підземні води, які мають вільну поверхню (дзеркало ґрунтових вод), тобто насичують водоносний пласт не на всю його товщину, називають безнапірними.

Свердловину, яка проходить повністю всю товщину водоносного пласта і стінки якої не обладнані фільтром, називають досконалою. Дебіт досконалої свердловини, яка живиться напірними водами, визначають за формулою:

$$Q = \frac{2,73 \cdot K_{\phi} \cdot m \cdot S}{\lg \frac{R}{r}} = q_{num} \cdot S, \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (2.4)$$

де: m і K_{ϕ} — відповідно потужність, м, і коефіцієнт фільтрації, м/доб, водоносного пласта; R — радіус впливу свердловини, м, тобто радіус депресійної воронці, яка створюється навколо свердловини при відкачуванні з неї води; r — радіус свердловини, м; $S = Z_{ст} - Z_{дин}$ — зниження статичного рівня води при відкачуванні з неї витрати Q ; $Z_{ст}$ і $Z_{дин}$ — відмітки відповідно статичного і динамічного рівнів води у свердловині, м; q_{num} - питомий дебіт свердловини, м³/(Дон м), тобто витрата води при зниженні статичного рівня на 1 м.

Дебіт досконалої свердловини, яка живиться безнапірними водами, визначають за формулою:

$$Q = \frac{1,36 \cdot K_{\phi} \cdot (2H - S) \cdot S}{\lg \frac{R}{r}}, \text{ м}^3/\text{доб}. \quad (2.5)$$

Величини m , R і K_{ϕ} — визначають на основі гідрогеологічних досліджень.

Зменшення дебіту недосконалої свердловини (свердловина проходить ні весь водоносний пласт) порівняно із досконалою враховується коефіцієнтом K , який характеризує додатковий фільтраційний опір водоносного пласта і фільтра.

Необхідна кількість робочих свердловин:

$$n_{роб} = \frac{Q_{розр}}{Q_1}, \text{ шт.} \quad (2.6)$$

де: $Q_{розр}$ — розрахункова витрата води, що подається споживачам;

Q_1 — дебіт однієї свердловини.

Кількість робочих свердловин визначають залежно від числа робочих свердловин і категорії водозабору Для водозаборів першої категорії при одній робочій свердловині приймають ще одну резервну; від 2 до 10 свердловин - 2 резервні, а при більшій кількості — 20% від робочих. Для водозаборів другої категорії при кількості робочих свердловин до 10 приймають 1 резервну свердловину і при більшій кількості 10% від робочих. Для водозаборів третьої категорії резервну свердловину не проектують, проте на складі передбачають резервні насоси у кількості 10% від робочих але не менше одного.

При відносно невеликій глибині залягання безнапірних водоносних плас-

тів (10...30 м) влаштовують шахтні колодязі. Дебіт такого колодязя що забирає воду з пласта через дно, м³/доб:

$$Q = \frac{\pi \cdot K_{\phi} \cdot (2H - S) \cdot S}{Lg\left(1,65 \frac{R}{r}\right) + \zeta}, \text{ м}^3/\text{доб.} \quad (2.7)$$

де: K_{ϕ} - коефіцієнт фільтрації, м³/доб; H - потужність водоносного пласта, м; S - зниження рівня води при відкачуванні, м; R - радіус впливу колодязя, м; $r = \frac{D}{2}$ - внутрішній радіус колодязя, м; ζ - додатковий опір, який враховує недосконалість колодязя (приймають за довідковою літературою).

Якщо вода в колодязь надходить тільки через стінки, то його розраховують як і свердловину. Дебіт шахтних колодязів квадратної форми із стороною a визначають як і для круглої, приймаючи $r = 0,6a$.

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ З ІІ ЗАНЯТТЯ

Приклад 2.1. Визначити потрібну кількість свердловин відстань між ними та підібрати насос для забору води із свердловини якщо необхідно подати споживачам витрату води $Q_{розр} = 140$ м³/годю Водозабір другої категорії Водоносний пласт із середньозернистих пісків має потужність $m = 12$ м і питомий дебіт $q_{нит} = 5,1$ м³/(год · м). Глибина стовпа води у свердловині $H_{\epsilon} = 60$ м. Геометрична висота підйому води, що вимірюється між статичним рівнем води у свердловині і рівнем води у резервуарі, $H_{\epsilon} = 58$ м. Втрати напору в напірних водах при подачі розрахункових витрат $h_{вод} = 16,2$ м.

Вирішення: Приймаємо, що допустиме зниження статичного рівня води у свердловині: $S = Z_{ст} - Z_{дин} = 0,25H_{\epsilon}$, тобто $S = 0,25 \cdot 60 = 15$ м. Дебіт однієї свердловини: $Q_1 = Q_{нит} \cdot S = 5,1 \cdot 15 = 76,5$ м³/год. Розрахункова кількість свердловин: $n_{роб} = \frac{Q_{розр}}{Q_1} = \frac{140}{76,5} = 1,8$. Приймаємо 2 робочих свердловини, дебіт кожної з

них: $Q_1 = \frac{140}{2} = 70$ м³/год. Для водозабору 2 категорії при двох робочих свердловинах передбачаємо одну резервну, тобто загальна кількість свердловин – 3. Відстань між свердловинами приймаємо 120 м.

Розрахункове зниження статичного рівня води у свердловині:

$$S_{розр} = \frac{70}{5,1} = 13,7 \text{ м.}$$

Визначаємо потрібний напір насоса:

$$H_{нотр} = H_z + S_{розр} + h_{вод} + h_{св} + h_f, \text{ м,}$$

де: $h_{вод}$ — втрати напору в напірних водоводах; $h_{св}$ — втрати напору у свердловині (у фільтрі, у щілині між електродвигуном і обсадною колоною, у водоприймальних трубах, у фасонних частинах і арматурі), які розраховуються за формулами гідравліки ($h_{св} = 5$ м — прийнято для даної задачі без розрахунку); $h_f = 1 - 2$ м — втрати напору на вилив води із трубопроводів у резервуар.

$$H_{нотр} = 58 + 13,7 + 16,2 + 5 + 2 = 94,9 \text{ м.}$$

За витратами води $Q_1 = 70$ м³/год і напором $H_{нотр} = 94,9$ м приймаємо за каталогом насосного обладнання, наприклад, фірми DAB PUMPS (Італія) насоси марки S4D-21.

Приклад 2.2. Запроектувати річковий водозабір при розрахунковій витраті води $Q = 900$ м³/год. Берег річки із скельних ґрунтів. Гідрологічний режим річки: РВВ — 92 м, РНВ — 86 м; відмітка горизонту льодоставу — 87 м, а льодоходу — 89,8 м; мінімальна глибина води поблизу берега $H_{\min} = 3$ м; відмітка дна ріки біля берега — 83 м, товщина льоду — 0,8 м; мінімальні витрати води в річці $q_{\min,р} = 4$ м³/с; швидкість руху води в повінь — 1,4 м/с, а в межень — 0,6 м/с.

Вирішення: Приймаємо для проектування береговий водозабір суміщеного типу, бо маємо достатньо великі глибини води біля берега і скельні ґрунти в основі під споруди. При амплітуді коливань рівнів води в річці РВВ-РНВ=92—86=6 м водоприймальні вікна розташовуємо в два яруси. В повінь воду забирають через вікна верхнього ярусу, а в межень — нижнього. Береговий колодезь проектуємо прямокутної форми із залізобетону.

Площу водоприймальних вікон берегового колодезя, м², визначаємо за формулою 2.2:

$$F = 1,25 \cdot K \frac{Q_p}{V} = 1,25 \cdot 1,12 \cdot \frac{0,25}{0,3} = 1,17 \text{ м}^2,$$

де: $K = \frac{(a+d)}{a} = \frac{(50+6)}{50} = 1,12$ — коефіцієнт стиснення площі вікна стержнями ґрат при відстані між ними $a=50$ мм і діаметрі стержнів $d=6$ мм; $V=0,3$ м/с — швидкість руху води у приймальному вікні; $Q_p = \frac{Q}{3600} = \frac{900}{3600} = 0,25$ м³/с - розрахункові витрати води.

Проектуємо два вікна, що постійно працюють. Тоді площа одного вхідного водоприймального вікна $0,64 \text{ м}^2$ із розмірами $0,8 \times 0,8$ м. Втрати напору в ґратах приймаємо $0,1$ м.

Площу вікон у перегородці між водоприймальною та всмоктувальною камерами визначаємо за формулою 2.2, прийнявши швидкість руху води у отворах сітки $V=0,26$ м/с, а коефіцієнт стиснення площі вікна сіткою при $a=3,5$ мм і $d=1$ мм: $K = \left[\frac{(a+d)}{a} \right]^2 = \left[\frac{(3,5+1)}{3,5} \right]^2 = 1,65$:

$$F = 1,25 \cdot K \frac{Q_p}{V} = 1,25 \cdot 1,65 \cdot \frac{0,25}{0,26} = 2 \text{ м}^2.$$

Проектуємо два вікна розмірами 1×1 м і на кожне вікно дві сітки, які будуть працювати поперемінно. Втрати напору в сітках приймаємо $0,1$ м.

Необхідну мінімальну глибину води H , м, біля водоприймальних вікон берегових водозаборів і затоплених оголовків визначаємо за формулою 2.1: $H = 1 + 0,8 + 0,3 + 0,9 \cdot 0,8 = 2,82$ м, де: $h = 1$ м — величина порогу; $D = 0,8$ м — висота водозабірної отвори, м; $(a+0,3)$ — глибина води над вікнами, м ($0,3$ — віддаль від нижнього краю льоду до верхнього краю вікна, м); $0,9\delta = 0,9 \cdot 0,8 = 0,72$ м — глибина зануреної частини льоду при товщині льоду $\delta = 0,8$ м.

Розміри водоприймальної і всмоктувальної камер колодязя визначаємо за умов можливості розміщення в них шиберів, драбини, сіток, обладнання. Ширину водоприймальної камери приймаємо $1,6$ м, а всмоктувальної — $2,4$ м, довжину камер — $3,6$ м.

Проектуємо відмітки:

- дна берегового колодязя - 83 м (нижче рівня РНВ на 3 м);
- відмітку підлоги службового павільйону - 93 м (вище рівня РВВ на 1 м);
- відмітку низу вікна нижнього ярусу — $84,1$ м;
- відмітку низу вікна верхнього ярусу — 88 м.

ВАРІАНТИ ЗАДАЧ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ

Задача 1. Визначити необхідну кількість n , шт. досконалих трубчастих колодязів (свердловин) для отримання Q м³/сут води при потужності водоносного пласта m м, коефіцієнт фільтрації k м/доб, діаметр фільтру D_f мм. Напір води над підшвою водоупору, який підстилає водоносний пласт H м.

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Продуктивність водозабору Q тис. м ³ /сут	48	16	13	20	15
Потужності водоносного пласта m , м	25	20	10	30	15
Коефіцієнт фільтрації k , м/доб	25	20	10	30	15
Діаметр фільтру D_f , мм	200	250	200	200	250
Напір води над підшвою водоупору H , м	40	25	20	30	35
Втрати напору у насосі	2,0	1,0	2,0	1,5	1,0
Втрати напору у фільтрі	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Категорія надійності подачі води	1	2	1	2	1

Задача 2.

Виконати технологічний розрахунок берегового водозабору (площу грубих ґрат, рівні води в відділеннях) при наступних вихідних даних:

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Продуктивність водозабору Q тис. м ³ /сут	480	160	230	200	150
Діаметр стержнів ґрат, мм	12	8	12	6	10
Відстань між стержнями ґрат, мм	100	60	70	50	100
Швидкість руху води у приймальному вікні, м/с	0,8	0,4	0,6	0,5	1
Самий низький рівень води, м	95	90	80	114	85
Втрати напору в ґратах, м	0,08	0,07	0,06	0,05	0,1
Втрати напору у сітці, м	0,1	0,12	0,14	0,13	0,15

ЗАНЯТТЯ 3. Основи розрахунку та схеми трасування зовнішніх водопровідних мереж

Для визначення діаметрів труб і втрат напору на всіх ділянках мережі при пропуску розрахункових витрат води виконують гідравлічні розрахунки водоводів і водопровідної мережі. Втрати напору потрібні для визначення висоти водонапірної башти і напору насосів. Гідравлічний розрахунок виконують лише для магістральних ліній і водоводів. Залежно від схеми живлення мережу розраховують на такі характерні випадки: максимальне водоспоживання; максимальне водоспоживання і пропуск додаткових протипожежних витрат; транзит у напірний бак. Розрахунок на перші два випадки потрібний для всіх схем мережі, а на третій - для схеми з контр резервуаром.

Підготовка мережі до розрахунку полягає у складанні умовної розрахункової схеми. При гідравлічному розрахунку мережі неможливо врахувати всі реальні точки відбору води споживачами, тому реальна схема замінюється умовною з вузловими точками відбору води, що розташовані, як правило, на перетинах магістральних ліній. Вузлові точки поділяють мережу на розрахункові ділянки. Порядок визначення витрат води на ділянках такий:

1. За графіком водоспоживання для призначеного режиму визначають розрахункові витрати q_{\max} , л/с.

2. Визначають питомі витрати $q_{\text{пит}}$ в л/с на 1 м мережі, виключаючи при цьому зосереджених водоспоживачів:

$$q_{\text{пит}} = \frac{q_{\max} - \sum q_{\text{зос}}}{\sum L}, \quad (3.1)$$

де $\sum q_{\text{зос}}$ - сума витрат зосередженими водоспоживачами, л/с; $\sum L$ - сумарна довжина ділянок мережі, які віддають воду, м (до неї не включаються ділянки, що призначені лише для транспортування води).

При різному характері забудови (багатоповерхова, малоповерхова, індивідуальна) питомі витрати визначають для кожного району окремо.

3. Вважаючи, що відбір води з мереж рівномірний, визначають шляхові витрати на кожній ділянці:

$$q_{\text{шляхи}} = q_{\text{пит}} \cdot l_i. \quad (3.2)$$

4. Для спрощення розрахунків замінюють шляхові витрати вузловими (умовно зосередженими у вузлах) і визначають їх як півсуму шляхових витрат ділянок, що приєднуються до даного вузла:

$$q_{\text{вуз}} = 0,5 \sum q_{\text{шлях}}. \quad (3.3)$$

Якщо є зосереджена витрата у вузлі, то

$$q_{\text{вуз}} = 0,5 \sum q_{\text{шлях}} + q_{\text{зос}}. \quad (3.4)$$

Сума витрат, що притікають до вузла, повинна бути рівною сумі витрат, що витікають з нього.

5. Враховуючи, що окрім шляхових витрат, розрахунковою ділянкою проходить також транзитна $q_{тран}$ для живлення наступних ділянок мережі, визначають розрахункові витрати на кожній ділянці:

$$q_i = q_{тран} + 0,5 \cdot q_{шлях} \quad (3.5)$$

де: 0,5 - коефіцієнт, який враховує, що на початку ділянки $q_i = q_{тран} + 0,5 \cdot q_{шлях}$, а в кінці - $q_i = q_{тран}$.

Знаючи розрахункові витрати на ділянках мережі і прийнявши матеріал труб, визначають діаметри магістральних трубопроводів

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot V}}, \quad (3.6)$$

де: Q - розрахункові витрати ділянки, м³/с; V - швидкість руху води в трубі, м/с.

Визначаючи величину швидкості руху, слід враховувати, що малі швидкості руху води ведуть до збільшення діаметра, а великі - до його зменшення. Перше призводить до збільшення будівельної вартості, а друге - до збільшення втрат напору в трубах, і тим самим - до витрат електроенергії на їх подолання, тобто збільшення експлуатаційних витрат. Економічна вигідна швидкість складає: для труб малого діаметра 0,6-0,9 м/с; для труб великого діаметра - 0,9-1,5 м/с.

За формулами гідравліки при відомих діаметрах і витратах ділянок мережі визначають втрати напору. Для спрощення розрахунків за цими формулами складені таблиці, користуючись якими, загальні втрати напору визначають, як:

$$h_l = i \cdot l, \text{ м} \quad (3.7)$$

де i – ухил трубопроводу; l - довжина трубопроводу, м.

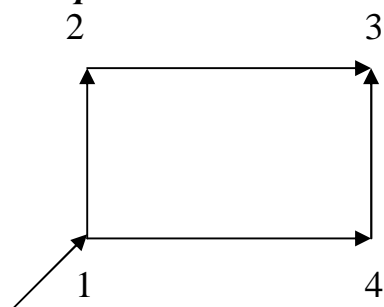
При розрахунку магістральних ліній втрати напору на місцеві опори не враховують як порівняно незначні.

При розрахунку складніших кільцевих мереж може бути багато різних вирішень розподілу води ділянками. В цих випадках проводять “ув’язку” мережі, щоб сума втрат напору на ділянках кільця з рухом води за годинниковою стрілкою дорівнювала сумі втрат напору на ділянках з рухом води проти годинникової стрілки ($\sum h = 0$).

Оскільки витрати на ділянках мережі беруться орієнтовно, а діаметри підбираються, виходячи з економічних міркувань, то сума втрат напору не дорівнює нулю, а становить певну додатну або від’ємну величину $\sum h$, яка називається нев’язкою. Щоб ув’язати мережу, треба частину взятої на початку розрахункової витрати перекинути з більш навантаженого півкільця на менш навантажене. Після виправлення витрат повторно визначають втрати напору. Розрахунок продовжують доти, поки величина нев’язки не стане допустимою ($\Delta h = 0,3 - 0,5$ м).

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ З ІІІ ЗАНЯТТЯ

Приклад 3.1. Визначити питомі, шляхові та вузлові витрати.



Довжина ділянок: $l_{1-2} = l_{3-4} = 500$ м, $l_{3-2} = l_{1-4} = 800$ м

$Q = 500$ л/с

Вирішення: Визначаємо питому витрату води за формулою 3.1.

$$q_{\text{пит}} = \frac{500}{2600} = 0,1923, \text{ л/с.}$$

Для кожної ділянки магістральної мережі визначаємо шляхові витрати за формулою 3.2

Відповідно до рисунку:

$$l_{1-2} = 500 \text{ м} \quad q_{\text{шлях}}^{1-2} = 0,1923 \cdot 500 = 96,15 \text{ л/с;}$$

$$l_{2-3} = 800 \text{ м} \quad q_{\text{шлях}}^{3-2} = 0,1923 \cdot 800 = 153,85 \text{ л/с;}$$

$$l_{3-4} = 500 \text{ м} \quad q_{\text{шлях}}^{3-4} = 0,1923 \cdot 500 = 96,15 \text{ л/с;}$$

$$l_{4-1} = 800 \text{ м} \quad q_{\text{шлях}}^{4-1} = 0,1923 \cdot 800 = 153,85 \text{ л/с;}$$

$$\sum q_{\text{шлях}} = 500 \text{ л/с, що дорівнює } Q = 500 \text{ л/с}$$

Заманюємо шляхові витрати вузловими (умовно зосередженими у вузлах) і визначаємо їх як півсуму шляхових витрат ділянок, що приєднуються до даного вузла за формулою 3.3.

$$q_{\text{вуз}}^2 = \frac{96,15 + 153,85}{2} = 125 \text{ л/с;}$$

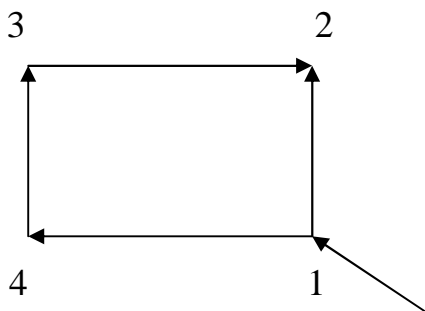
$$q_{\text{вуз}}^3 = \frac{96,15 + 153,85}{2} = 125 \text{ л/с;}$$

$$q_{\text{вуз}}^4 = \frac{96,15 + 153,85}{2} = 125 \text{ л/с;}$$

$$q_{\text{вуз}}^1 = \frac{96,15 + 153,85}{2} = 125 \text{ л/с.}$$

$$\sum q_{\text{вуз}} = 500 \text{ л/с.}$$

Приклад 3.2. Визначить, які лінії перевантажені, які недовантажені і чому? При таких умовах в одному випадку $\Delta h > 0$, а у другому - $\Delta h < 0$. Роздивимося два випадки.



Вирішення: В першому випадку (рис. 1) знак втрат напору «+», слід співпадає з шляхом годинної стрілки, таким чином поправочна витрата буде зі знаком «-» і співпадає з ділянкою 1-2, а це говорить, що ця ділянка недовантажена.

В другому випадку (рис. 2) знак втрат напору «-», слід це проти шляху годинної стрілки, таким чином поправочна витрата буде зі знаком «+» і співпадає з ділянками 1-4, 4-3, 3-2, а це говорить, що ці ділянка перевантажена.

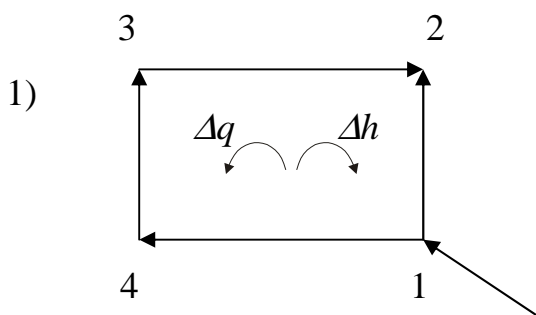


Рис. 1

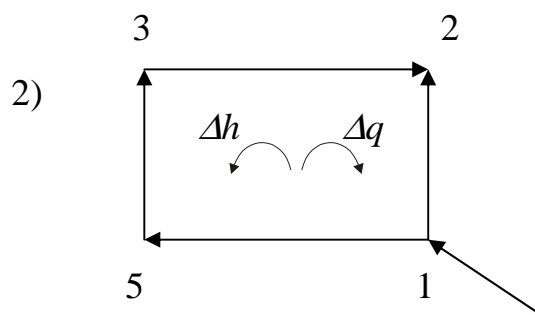


Рис. 2

ВАРІАНТИ ЗАДАЧ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ

Задача 1. Визначити питомі, шляхові та вузлові витрати, дивись рисунок до прикладу 3.1.

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Витрата води, що надходить в мережу, л/с	400	500	600	800	1000
Довжина ділянок: l_{1-2} , м	2000	1500	1000	2500	1000
l_{2-3} , м	1700	1200	1800	1000	700
l_{3-4} , м	600	500	900	800	800
l_{4-1} , м	800	400	450	600	1100

Задача 2. Визначить, які лінії перевантажені, які недовантажені і чому? При вирішенні задачі обов'язково показувати напрям руху витрат води і втрат напору.

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Втрати напору	$\Delta h > 0$	$\Delta h < 0$	$\Delta h > 0$	$\Delta h < 0$	$\Delta h > 0$
Рисунок для вирішення задачі	рис. 1	рис. 2	рис. 3	рис. 4	рис. 2

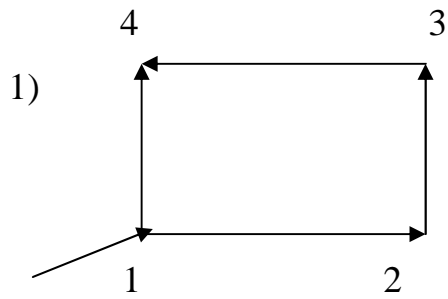


Рис. 1

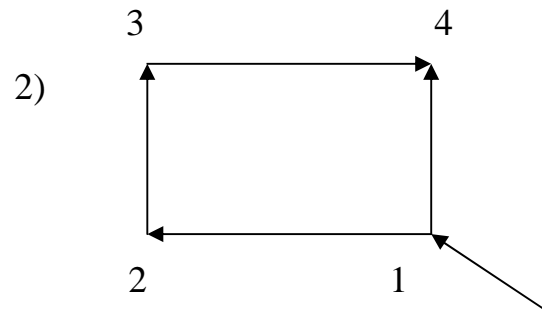


Рис. 2

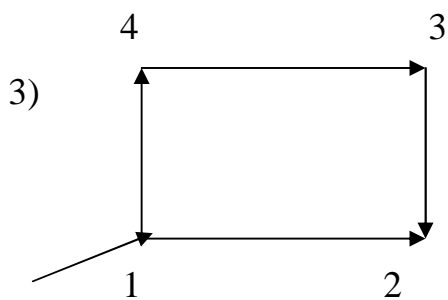


Рис. 3

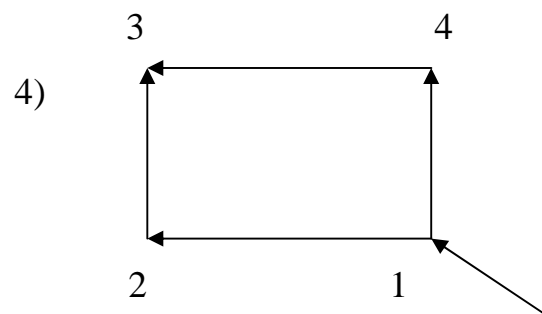


Рис. 4

ЗАНЯТТЯ 4. Розрахункові витрати стічних вод та основи розрахунку зовнішніх мереж водовідведення

Вихідними даними для розробки проекту каналізування населеного пункту або промислового підприємства є генеральний план населеного пункту або підприємства, який враховує перспективу їх розвитку. Каналізація проектується на повний розрахунковий період часу, протягом якого мережі повинні мати певну пропускну здатність і відповідати своєму призначенню без реконструкції та розширення.

У мережі господарсько – побутового водовідведення надходять стічні води від житлової забудови, громадських та комунальних будов, а також від промислових підприємств.

4.1. Визначення розрахункових витрат від житлової забудови

Перш за все слід визначити норму водовідведення для районів об'єкта в залежності від ступеню благоустрою та кліматичних умов.

Далі необхідно знайти площу всіх кварталів населеного пункту (площа промислових підприємств не враховується).

Загальну кількість населення, що проживає на території населеного пункту, розраховують за формулою

$$N = \sum_{i=1}^n P_i \cdot F_i, \quad (4.1)$$

де P_i – заселеність для даного кварталу, чол./га;

F_i – площа кварталу, га.

Якщо заселеність в районах неоднакова, слід розрахувати кількість населення по районах.

Середні витрати стічних вод, що надходять від житлової забудови, визначають за формулами

$$Q_{доб} = \frac{n \cdot N}{1000}; \quad Q_{год} = \frac{Q_{доб}}{24}; \quad q = \frac{Q_{год}}{3,6}, \quad (4.2)$$

де $Q_{доб}$ – середня витрата за добу, м³/доб;

$Q_{год}$ – середня витрата за годину, м³/год;

q – середня секундна витрата, л/с;

n – норма водовідведення, л/(доба · чол..)

Дані про середні витрати стічних вод від житлової забудови вносять у таблицю за формою таблиці 4.1.

Максимальна секундна витрата, л/с

$$q = q \times K, \quad (4.3)$$

де K – загальний коефіцієнт нерівномірності (7, табл. 2).

При проміжних значеннях середньої витрати стічних вод, загальний коефіцієнт нерівномірності слід визначати інтерполяцією.

Таблиця 4.1 - Розрахунок чисельності населення і середньої витрати стічних вод

№ кварталу	Площа, F, га	Щільність населення P, чол./га	Норма питомого водовідведення, л/(чол.доб)	Модуль стоку, q ₀ , л/с на 1га	Середня витрата			Чисельність населення N, чол.
					добова, м ³ /доб	годинна, м ³ /год	секундна, л/с	

4.2. Визначення розрахункових витрат стічних вод промислових підприємств

У витрати стічних вод промислових підприємств входять господарсько-побутові, від прийому душу та виробничі витрати.

а) Розрахунок кількості господарсько - побутових стічних вод промислових підприємств проводять у відповідності до (9; 8, п. 2.4) за формулами:

$$Q_{доб} = \frac{45 \cdot N_1 + 25 \cdot N_2}{1000}, \quad (4.4)$$

$$Q_{зм} = \frac{45 \cdot N_3 + 25 \cdot N_4}{1000}, \quad (4.5)$$

$$Q_{год} = \frac{45 \cdot N_3 + 25 \cdot N_4}{1000 \cdot T}, \quad (4.6)$$

де $Q_{доб}$, $Q_{зм}$, $Q_{год}$ – середні витрати відповідно за добу (м³/доб), зміну (м³/зм), годину (м³/год);

N_1 , N_2 – кількість робітників відповідно у цехах з тепловиділенням більшим за 84кДж (20 ккал) на 1м³ за годину (гарячі цехи) і в інших цехах, за добу;

N_3 , N_4 – теж саме, але у зміну;

45, 25 – норма водовідведення відповідно у гарячих та інших цехах; літрів на людину у зміну;

T – тривалість зміни, годин.

Розрахункові витрати визначають за формулами

$$Q_{год} = \frac{45 \cdot N_3 \cdot 2.5 + 25 \cdot N_4 \cdot 3}{1000 \cdot T}, \text{ м}^3/\text{ГОД}, \quad (4.7)$$

$$q = \frac{Q_{год}}{3,6}, \quad (4.8)$$

де 2,5 і 3 - коефіцієнти нерівномірності відповідно у гарячих та інших цехах.

б) Розрахунки кількості стічних вод від прийому душів проводяться у відповідності до рекомендацій (9).

Витрата душових стічних вод у зміну з максимальним водовідведенням

$$q = \frac{500 \cdot m}{3600}, \quad (4.9)$$

$$Q = \frac{500 \cdot m \cdot 45}{1000 \cdot 60}. \quad (4.10)$$

Витрата душових стічних вод у розрахункову зміну

$$Q = \frac{500 \cdot m \cdot 45}{1000 \cdot 60} \cdot \frac{N_{зм}}{N_{зм.макс}}, \quad (4.11)$$

де 500 – витрата води однією душовою сіткою, л/год;

45 – тривалість користування душем, хвилин;

$N_{зм}$, $N_{зм.макс}$ – кількість робітників, що користуються душем відповідно у розрахункову зміну і у зміну максимальним водовідведенням;

m – кількість душових сіток

$$m = \frac{N_3}{n_{гор}} + \frac{N_4}{n_{хол}}, \quad (4.12)$$

де $n_{гор}$, $n_{хол}$ – кількість робітників на одну душову сітку відповідно у гарячих та холодних цехах. Приймають в залежності від санітарної групи виробничих процесів (додаток 1, табл. 3).

в) Розрахункова витрата виробничих стічних вод

Середньодобова витрата стічних вод від технологічних процесів, м³/добу

$$Q_{mid} = M \cdot q_{вир}, \quad (4.13)$$

Розрахункова витрата виробничих стічних вод, л/с

$$Q_{max.s} = \frac{M_1 \cdot q_{вир}}{T \cdot 3,6} \cdot K_1. \quad (4.14)$$

Витрати виробничих стічних вод та коефіцієнти нерівномірності даються у завданні. Розрахункову витрату, л/с, визначають за формулою

$$q_{вр} = \frac{Q_{вр} \cdot K}{T \cdot 3,6}, \quad (4.15)$$

де $Q_{вр}$ – витрати виробничих стічних вод у зміну, м³;

K – коефіцієнт нерівномірності;

T – тривалість зміни, годин.

Гідравлічний розрахунок мереж складається із визначення діаметрів труб, їх ухилів, наповнення та швидкості течії по них стічних вод в залежності від розрахункової витрати, а також позначок лотка труби і заглиблення.

Гідравлічний розрахунок проводять на базі діючих норм проектування; мінімальні діаметри труб приймають по (7, п. 2.34); мінімальні ухили – по (7, п. 2.41); граничне наповнення – по (7, п. 2.34) , мінімальні швидкості - по(7, п. 2.34); максимальні швидкості (7, п. 2.36).

Гідравлічний розрахунок рекомендують виконувати у формі таблиці 3.2.

Вибір диктуючої точки: суттєво важливим і відповідальним етапом розрахунку являється уточнення положення диктуючої точки. За диктуючу (тобто таку, з якої слід починати розрахунок) точку приймають найвіддаленішу від гирла колектора і найнижчу відносно до нього точку.

Розрахунок починають з накреслення профілю землі за трасою мереж, що проектується. Профілі будують за позначками розрахункових точок і горизонталей, що перетинаються трасою. Відстань між розрахунковими точками приймають за генеральним планом і вносять у графу 2. В графі 10, 11 проставляють натурні позначки поверхні землі в метрах із точністю до сантиметрів.

Як допоміжний матеріал розраховують ухили місцевості за трасою колектора

$$i = \frac{Z_n - Z_k}{l}, \quad (4.14)$$

де Z_n, Z_k – позначки поверхні землі відповідно на початку і в кінці розрахункової ділянки, м;

l – довжина розрахункової ділянки, м;

i – ухил поверхні землі.

В графу 3 із "Відомості розрахункових витрат" переносять значення розрахункових витрат по ділянках мережі. За відомою витратою приймають діаметр труби і записують у графу 4. Орієнтовно діаметр можна приймати по табл. 40 [10].

Початкове заглиблення вуличної мережі визначають в залежності від заглиблення дворової мережі, глибини промерзання ґрунту, довжини з'єднувальної ділянки за формулами

$$H = h_n + i \cdot (L + l) + \Delta - (Z_\delta - Z_1) \quad (4.15)$$

$$h_n \geq h_{np} - (0,3...0,5) \geq (0,7 + d) \quad (4.16)$$

де h_n – початкове заглиблення дворової мережі, м;

i – ухил дворової мережі;

L, l – довжина відповідно дворової мережі та ділянки від контрольного колодязя до розрахункової точки, м;

Δ - різниця діаметрів труб дворової та вуличної мереж, м;

Z_δ, Z_1 - позначки поверхні землі відповідно на початку дворової мережі і в розрахунковій точці, м;

h_{np} – глибина промерзання ґрунту, м.

Отримане за формулою (4.15) початкове заглиблення вносять у графу 16.

У всіх випадках для зменшення об'єму земельних робіт слід прагнути до укладання трубопроводів за ухилом, що забезпечує мінімальне заглиблення. При пласкому рельєфі, або при негативних ухилах місцевості, труби слід укласти з мінімальним ухилом, який приблизно розраховують за формулою

$$i = \frac{l}{d}, \quad (4.17)$$

де d – діаметр трубопроводу, мм.

По таблицях для гідравлічних розрахунків (10) визначають швидкість і заповнення. При цьому перевіряють, щоб отримана швидкість була не меншою за швидкість самоочищення і не більшою за критичну, а заповнення – не більшим за нормативне. В разі невідповідності наведеним вимогам змінюють ухил або діаметр трубопроводу. Отримані данні заносять у графи 4-8.

При крутому рельєфі, у випадку необхідності зменшення розрахункової швидкості, ухил трубопроводу призначають меншим, ніж ухил місцевості, а поєднання розрахункових ділянок проводять у перепадних колодязях.

Визначають позначку лотка труби на початку розрахункової ділянки, віднімаючи із позначки поверхні землі на початку ділянки початкове заглиблення; отримане значення вносять у графу 12.

Позначку лотка труби в кінці ділянки знаходять, віднімаючи із позначки лотка труби на початку ділянки падіння тиску; результати вносять у графу 13. Позначки шелиги на початку і в кінці ділянки отримують додаючи до позначок лотка труби її діаметр (графи 14, 15).

Заглиблення у кінці ділянки дорівнює різниці позначок поверхні землі та лотка на кінці ділянки (графа 17). На цьому розрахунок першої ділянки закінчений.

Перед тим, як почати гідравлічний розрахунок мережі, потрібно визначити розрахункові витрати за всіма ділянками мережі (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Відомість розрахункових витрат

Ділянка мережі	Номер кварталу		Площа стоку, га		Модуль стоку, л/с на га	Середня витрата з кварталів л/с			
	По шляху	Бокового	По шляху	Бокового		По шляху	Бічна	Транзитна	Загальна
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Продовження табл. 4.3

Ділянка мережі	Коефіцієнт нерівномірності	Витрати, л/с			
		Від житлових кварталів	Зосереджені		Розрахункова
			місцеві	транзитні	
1	11	12	13	14	15

Таблиця 4.4 – Відомість гідравлічного розрахунку господарсько-побутової мережі

Номер ділянки	Довжина l, м	Розрахункова витрата, л/с	Діаметр d, мм	Ухил, і	Швидкість, V, м/с	Наповнювання		Утрата тиску Δh, м
						h /d	h, мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Продовження табл. 4.4

Номер ділянки	Позначки поверхні, м						Заглиблення, м	
	Землі		Лотка		Шелиги		Початок	Кінець
	Початок	Кінець	Початок	Кінець	Початок	Кінець		
1	10	11	12	13	14	15	16	17

При розрахунках другої та наступних ділянок мережі діаметри, ухили, заповнення та швидкості визначають аналогічно. Труби в розрахункових точках (колодязях) поєднують в основному по шелигах труб, іноді по розрахункових рівнях води. Поєднання по рівнях води дозволяє дещо зменшити заглиблення мереж порівняно із поєднанням по шелигах, і застосовується у особливо несприятливих умовах (наприклад, у разі плаского рельєфу).

В обох випадках позначка шелиги труби (або рівня води) в кінці попередньої ділянки переноситься відповідно на початок наступної ділянки.

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ З ІV ЗАНЯТТЯ

Приклад 1. Визначити кількість стічних вод (Q_{mid} , $q_{mid.s}$, $q_{розр.}$) від населення кварталу площею 6 га зі щільністю населення 300 чол./га та питомим водовідведенням 270 л/доб на одного жителя.

Вирішення: Середньодобова витрата стічних вод дорівнює

$$Q_{mid} = \frac{N \cdot q_{\sigma}}{1000}, \text{ м}^3/\text{доб},$$

$$Q_{mid} = \frac{6 \cdot 300 \cdot 270}{1000} = 486 \text{ м}^3/\text{доб}.$$

Середньо секундна витрата стічних вод складає

$$q_{mid.s} = \frac{N \cdot q_{\sigma}}{24 \cdot 3600}, \text{ л/с},$$

$$q_{mid.s} = \frac{6 \cdot 300 \cdot 270}{24 \cdot 3600} = 5,625 \text{ л/с}$$

Розрахункова витрата

$$q_{max.s} = q_{mid.s} \cdot K_{gen.max}, \text{ л/с},$$

$$q_{max.s} = 5,625 \cdot 2,5 = 14,06 \text{ л/с}.$$

Приклад 2. Визначити загальну кількість стічних вод від міста з населенням 130000 чоловік при питомому водовідведенні 240 л/доб. На одного жителя і промислового підприємства з кількістю працюючих 2000 чол, користуються душем 60% від загальної кількості працюючих. Об'єм продукції, що випускається, 1500 од/доб., а питома витрата на одиницю продукції 0,3 м³.

Вирішення: Середньодобова витрата стічних вод дорівнює

$$Q_{mid} = \frac{N \cdot q_{\bar{o}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{доб},$$

$$Q_{mid} = \frac{130000 \cdot 240}{1000} = 31200 \text{ м}^3/\text{доб}.$$

Середньо секундна витрата стічних вод складає

$$q_{mid.s} = \frac{N \cdot q_{\bar{o}}}{24 \cdot 3600}, \text{ л/с},$$

$$q_{mid.s} = \frac{13000 \cdot 240}{24 \cdot 3600} = 361,1 \text{ л/с}.$$

У витрати стічних вод промислових підприємств входять господарсько-побутові, від прийому душу та виробничі витрати.

Розрахунок кількості господарсько-побутових стічних вод промислових підприємств проводиться за формулою

$$Q_{год} = \frac{45 \cdot 1400 \cdot 2.5 + 25 \cdot 600 \cdot 3}{1000 \cdot 8} = 25,31 \text{ м}^3/\text{год},$$

де 1400 чол. – працює в холодних цехах у зміну;

600 чол. – працює у гарячих цехах у зміну.

$$q = \frac{Q_{год}}{3,6}, \text{ л/с},$$

$$q = \frac{25,31}{3,6} = 7,03 \text{ л/с}.$$

Витрата душових стічних вод у розрахункову зміну

$$Q = \frac{500 \cdot m \cdot 45}{1000 \cdot 60} \cdot \frac{N_{зм}}{N_{зм.макс}}, \text{ м}^3/\text{ГОД},$$

$$Q = \frac{500 \cdot 80 \cdot 45}{1000 \cdot 60} \cdot 1 = 300 \text{ м}^3/\text{ГОД}.$$

$$Q = \frac{500 \cdot m}{3600} \cdot \frac{N_{зм}}{N_{зм.макс}}, \text{ л/с},$$

$$Q = \frac{500 \cdot 80}{3600} \cdot 1 = 11 \text{ л/с}.$$

Кількість душових сіток

$$m = \frac{N_3}{n_{гор}} + \frac{N_4}{n_{хол}}, \text{ шт.},$$

$$m = \frac{1200}{15} = 80 \text{ шт}.$$

Середньодобова витрата стічних вод від технологічних процесів

$$Q_{mid} = M \cdot q_{вир}, \text{ м}^3/\text{доб},$$

$$Q_{mid} = 1500 \cdot 0,3 = 450 \text{ м}^3/\text{доб}.$$

Розрахункова витрата виробничих стічних вод

$$Q_{max.s} = \frac{M_1 \cdot q_{вир}}{T \cdot 3,6} \cdot K_1, \text{ л/с},$$

$$Q_{max.s} = \frac{1500 \cdot 0,3}{8 \cdot 3,6} \cdot 2 = 31,25 \text{ л/с}.$$

Розрахункова витрата стічних вод від промислового підприємства

$$q_{сум} = 7,03 + 11,0 + 31,25 + 49,28 \text{ л/с}.$$

Сумарна розрахункова витрата стічних вод від міста та промислового підприємства складе

$$Q = 361,1 + 49,28 = 410,38 \text{ л/с}.$$

Приклад 3. Визначити модуль стоку і витрату стічних вод від кварталу площею 11 га з щільністю населення 280 чел./га та питомим водовідведенням 250 л/доб. Від одного жителя.

Вирішення: Модуль стоку складає

$$q_0 = \frac{P \cdot q_6}{24 \cdot 3600}, \text{ л/с} \cdot \text{га},$$

$$q_0 = \frac{280 \cdot 250}{24 \cdot 3600} = 0,667 \text{ л/с} \cdot \text{га}.$$

Середньо секундна витрата стічних вод

$$Q_{mid.s} = q_0 \cdot F, \text{ л/с},$$

$$Q_{mid.s} = 0,667 \cdot 11 = 7,337 \text{ л/с}.$$

Вихідні дані по підприємствам наведені в таблиці.

Підприємства	Витрата стічних вод, м ³ /добу
1	3500
2	1750
3	2000

Загальна кількість стічних вод

$$Q_{mid} = 3500 + 1750 + 2000 = 7250 \text{ м}^3/\text{доб}.$$

Середньо секундна витрата стічних вод складає

$$q_{mid.s} = \frac{Q_{mid}}{24 \cdot 3,6}, \text{ м}^3/\text{доб},$$

$$q_{mid.s} = \frac{7250}{24 \cdot 3,6} = 83,9 \text{ л/с}.$$

Розрахункова витрата

$$q_{\max.s} = q_{\text{mid.s}} \cdot K_{\text{gen.max}}, \text{ л/с,}$$
$$q_{\max.s} = 83,91 \cdot 1,64 = 137,61 \text{ л/с.}$$

Приклад 4. Середньодобова витрата стічних вод від населення $Q_{\text{mid}}=90000 \text{ м}^3/\text{доб}$, похил місцевості $i=0,002$. Необхідно визначити діаметр колектору, швидкість у колекторі та його наповнення при мінімальному та максимальному похилі.

Вирішення: Розрахункова витрата стічних вод складає

$$q_{\max.s} = \frac{q_{\text{mid.s}} \cdot K_{\text{gen.max}}}{24 \cdot 3,6}, \text{ л/с,}$$
$$q_{\max.s} = \frac{90000 \cdot 1,4}{24 \cdot 3,6} = 1531,25 \text{ л/с.}$$

При мінімальному похилі (0,002) діаметр колектора складе 1200 мм, швидкість 1,64 м/с, наповнення 0,77.

При максимальному похилі (0,009) діаметр колектора складе 1000 мм, швидкість 2,95 (≤ 3 м/с), наповнення 0,63.

Приклад 5. Витрата 39 л/с, похил місцевості за трасою колектора $i=0,005$. Визначити, чи можна прокласти колектор паралельно рельєфу місцевості.

Вирішення: Так як заданий ухил місцевості $i_m \geq i_{\text{мін}}$ забезпечує швидкість самоочищення, то приймаємо $i_0=i_m=0,005$ і діаметр колектору 300 мм, при цьому $h/d=0,55$ і швидкість 0,98 м/с. У відповідності до СНіП при $d=300$ мм, $h/d \leq 0,6$, $V = 0,8$ м/с. Отримане рішення є прийнятним.

Приклад 6. Визначити похил колектору і швидкість течії стічних вод в ньому при витраті 200 л/с, діаметрі 500 мм і при заданому наповненні 0,75.

Вирішення: За таблицями М.Ф.Федорова знаходимо, що при $h/d = 0,75$ та $i=0,003$ витрата дорівнює 184,81 л/с, а швидкість 1,17 м/с; при $i=0,004$ витрата дорівнює 213,25 л/с, а швидкість 1,35 л/с.

Визначаємо ухил за формулою

$$i_0 = 0,003 + \frac{200 - 184,81}{213,25 - 184,81} (0,004 - 0,003) = 0,0035.$$

Визначаємо швидкість за формулою

$$V = 1,17 + \frac{200 - 184,81}{213,25 - 184,81} (1,35 - 1,17) = 1,27 \text{ м/с.}$$

ВАРІАНТИ ЗАДАЧ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ

Задача 1. Визначити модуль стоку і витрату стічних вод від території за наступними даними (таблиця).

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Площа житлової забудови мікрорайону F, га	180	160	130	200	150
Питоме водовідведення, л/доб від одного мешканця	250	180	190	240	170
Щільність населення P, чол./га	320	300	240	176	145

Задача 2. На підприємстві працює чол. в одну зміну. Душами користується % працюючих. Об'єм продукції од./доб, питома витрата води на одиницю продукції м³, коефіцієнт нерівномірності. Визначити витрату стічних вод від підприємства.

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Кількість працюючих на підприємстві	4000	2000	2800	1650	400
Користується душами (в % від загальної кількості працюючих)	60	55	40	35	50
Об'єм продукції, од./доб	35	65	15	10	44
Питома витрата води на одиницю продукції, м ³	0,5	0,25	1,3	1,4	0,75
Коефіцієнт годинної нерівномірності	1,8	1,85	2,1	1,75	1,81

Задача 3. Визначити кількість стічних вод Q_{mid} ; $q_{mid.s}$; q_{max} від району з населенням чоловік і питомим водовідведенням л/доб на одного жителя.

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Кількість населення, тис. чол.	35	64	120	540	12
Питоме водовідведення, л/доб на одного жителя	240	150	350	330	200

Задача 4. Визначити кількість стічних вод Q_{mid} ; $q_{mid.s}$; q_{max} від населення кварталу площею га зі щільністю чол./га і питомим водовідведенням л/доб на одного жителя

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Площа кварталу, га	6	25	3	4,5	2,8
Щільність населення, чол./га	300	250	325	180	380
Питоме водовідведення, л/доб. на 1жителя	270	180	280	250	190

Задача 5. Середньо добова витрата стічних вод від населення Q_{mid} , м³/доб; ухил місцевості i_m . Необхідно визначити за таблицями діаметр колектора, швидкість у колекторі та його наповнення при мінімальному та максимальному ухилі.

Вихідні данні	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Середньодобова витрата стічних вод, м ³ /доб	90000	18000	25000	18540	36000
Ухил місцевості	0,002	0,007	0,002	0,004	0,01

Задача 6. Визначити діаметр колектора, його наповнення, швидкість та ухил, якщо середньо секундна витрата стічних вод $q_{mid.s}$ л/с, а ухил місцевості i_m .

Вихідні данні	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Середньосекундна витрата стічних вод $q_{mid.s}$, л/с	300	245	185	15	160
Ухил місцевості	0,002	0,007	0,002	0,004	0,01

Задача 7. При пласкому рельєфі місцевості $i_m=0$ и витраті стічних вод $q_{mid.s}$ л/с визначити діаметр колектора при мінімальному та максимальному ухилі при h/d .

Вихідні данні	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Середньосекундна витрата стічних вод $q_{mid.s}$, л/с	540	680	450	390	240
Ухил місцевості	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Наповнення h/d	0,7	0,6	0,75	0,55	0,6

ЗАНЯТТЯ 5. Склад стічних вод та умови скидання їх у водні об'єкти

Ступінь забруднення стічних вод характеризується кількістю мінеральних, органічних та бактеріальних домішок, що містяться в розчиненому або нерозчиненому стані.

Концентрація забруднень побутових стічних вод в міліграмах на літр за кількістю завислих речовин, БПК, кількістю амонійного азоту, фосфатів (P_2O_5) хлоридів, поверхнево-активних речовин (ПАР) визначається за формулою:

$$C = \frac{a \cdot 1000}{q_n}, \quad (5.1)$$

де: a - кількість забруднень, що надходить за добу від однієї людини, г; q_n - норма водовідведення, л на одну людину за добу.

Нормативна кількість забруднень за добу від однієї людини для побутових стічних вод приведена в нормативних документах і складає в г/добу

Завислі речовини	65
БПК _{повне} непроявленої рідини	75
БПК _{повне} проявленої рідини	40
Азот амонійних солей (N)	8
Фосфати (P_2O_5)	3,3
Хлориди (Cl)	9
Поверхнево-активні речовини (ПАР)	2,5

Побутові стічні води надходять на очисні споруди разом з виробничими. Знаючи кількість побутових та виробничих стічних вод і концентрацію забруднень в них, визначають концентрацію забруднень в суміші стоків

$$C_{mid} = \frac{C_n \cdot Q_n + \sum C_p \cdot Q_p}{Q_n + \sum Q_p}, \quad (5.2)$$

де: C_n , C_p - концентрація забруднень побутових та виробничих стічних вод; Q_n , Q_p - середньодобові витрати побутових та виробничих стічних вод.

При визначенні концентрації забруднень у виробничих стічних водах користуються результатами аналізів або даними, що наведені в довідковій літературі.

Умови скидання стічних вод у водні об'єкти регламентуються нормативними актами та правилами, а саме Законом України "Про охорону навколишнього природного середовища", "Правилами санітарної охорони прибережних районів морів". Якість очищення стічних вод повинна бути такою, щоб якість води у водоймі після скидання в неї стічних вод була не нижче, ніж якість для води, що обумовлена нормативними документами.

При визначенні необхідного ступеня очищення стічних вод враховують витрати стічних вод, ступень змішування стоків з водойми, склад стічних вод і

якість води водойми, здатність води самоочищуватись, граничнодопустимі концентрації забруднень, лімітуючі ознаки шкідливості речовин, санітарні вимоги, відстань до найближчого пункту водокористування тощо.

Для проточної водойми умова скидання стічних вод за нормативним показником вмісту шкідливих домішок визначається нерівністю:

$$C_3 q + C_{з.в.} \cdot a \cdot Q \leq (a \cdot Q + q) \cdot C_{ГДК}, \quad (5.3)$$

де C_3 - концентрація забруднювача в січних водах, якої потрібно досягти в результаті очищення; $C_{з.в.}$ - концентрація того самого виду забруднювача у воді водойми до скидання стічних вод; $C_{ГДК}$ - ГДК забруднювача; a - коефіцієнт змішування, що показує, яка частина води у водоймі змішується зі стічними водами в розрахунковому створі водойми; Q - витрата води у водоймі; q - витрати стічних вод, що надходять у водойм.

Умови скидання стічних вод до непроточної водойми визначають за співвідношенням:

$$C_3 \leq C_{з.в.} + n_p \cdot (C_{ГДК} - C_{з.в.}), \quad (5.4)$$

де n_p - кратність найменшого розбавлення.

Необхідну ступінь очищення стічних вод від певного забруднення, $E_{нотр}$, (наприклад, від завислих речовин або за величиною БПК_{повне}) у відсотках визначають за виразом:

$$E_{нотр} = \frac{C - C_3}{C} \cdot 100, \quad (5.5)$$

Детальніше методики розрахунку необхідного ступеня очищення стічних вод наведені в [10].

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ З V ЗАНЯТТЯ

Приклад 5.1. Визначити концентрації забруднень у господарсько-побутових стічних водах від населеного пункту, а якому проживають 46,5 тис. жителів. Норма водовідведення 230 л/(чол.·доб).

Вирішення: Визначаємо концентрації забруднень у стічних водах:

$$C_{zn}^{3P} = \frac{a^{3P} \cdot 1000}{q_w} = \frac{65 \cdot 1000}{230} = 283 \text{ мг/л,}$$

$$C_{zn}^{БПК} = \frac{a^{БПК} \cdot 1000}{q_w} = \frac{45 \cdot 46500}{230} = 174 \text{ мг/л,}$$

$$C_{zn}^{ПАВ} = \frac{a^{ПАВ} \cdot 1000}{q_w} = \frac{2,5 \cdot 1000}{230} = 10,9 \text{ мг/л,}$$

де: a^{3P} , $a^{БПК}$, $a^{ПАВ}$ - норма забруднюючих речовин з розрахунку на одного жителя, відповідно: за завислими речовинами - $a^{3P} = 65$ мг/л; за БПК_{повн} проясненої води - $a^{БПК} = 40$ мг/л; за поверхнево-активними речовинами - $a^{ПАВ} = 2,5$ мг/л; N_k - кількість жителів, що проживають у каналізованих районах, чел.; q_w - добова норма водовідведення л/(чол.·доб).

Приклад 5.2. Визначити концентрації забруднень у суміші господарсько-побутових та виробничих стічних вод від населеного пункту, в якому розташовані два промислових підприємства: консервний завод і хлібокомбінат. Кількість жителів і питома норма водовідведення від населення, як і в прикладі 5.1. Характеристика промислових стічних вод від плодоовочевого консервного заводу - завислі речовини 330 мг/л, БПК_{повн} - 450 мг/л, ПАР — 13 мг/л; від хлібокомбінату – БПК_{повн}=390 мг/л, ПАР —9 мг/л; завислі речовини — 490 мг/л. Витрати виробничих стічних вод: від плодоовочевого консервного заводу - 840 м³/доб; від хлібокомбінату - 180 м³/доб. Стічні води від промислових підприємств за своїм складом відповідають вимогам СНіП 2.04.03 — 85 для прийому їх в каналізаційну мережу міста.

Вирішення: Визначаємо добові витрати стічних вод від населення:

$$Q_{доб}^{zn} = \frac{q_w \cdot N}{1000} = \frac{230 \cdot 46500}{1000} = 10700 \text{ м}^3.$$

Знаючи кількість побутових та виробничих стічних вод концентрацію забруднень в них, визначаємо за формулою 5.2 концентрацію забруднень в суміші господарсько-побутових та виробничих стічних вод:

$$C^{3P} = \frac{C_{zn}^{3P} \cdot Q_{доб}^{zn} + \sum C_{вир}^{3P} \cdot Q_{доб}^{вир}}{Q_{доб}^{zn} + \sum Q_{доб}^{вир}} = \frac{283 \cdot 10700 + 330 \cdot 840 + 490 \cdot 180}{10700 + 840 + 180} = 290 \text{ мг/л,}$$

$$C^{БПК} = \frac{C_{zn}^{БПК} \cdot Q_{доб}^{zn} + \sum C_{вир}^{БПК} \cdot Q_{доб}^{вир}}{Q_{доб}^{zn} + \sum Q_{доб}^{вир}} = \frac{174 \cdot 10700 + 450 \cdot 840 + 390 \cdot 180}{10700 + 840 + 180} = 197 \text{ мг/л,}$$

$$C^{ПАР} = \frac{C_{zn}^{ПАР} \cdot Q_{доб}^{zn} + \sum C_{вир}^{ПАР} \cdot Q_{доб}^{вир}}{Q_{доб}^{zn} + \sum Q_{доб}^{вир}} = \frac{10,9 \cdot 10700 + 13 \cdot 840 + 9 \cdot 180}{10700 + 840 + 180} = 11 \text{ мг/л,}$$

де C_{zn} - концентрації забруднень в господарсько-побутових стічних водах мг/л, $C_{вир}$ - концентрації забруднень у виробничих стічних водах мг/л; $Q_{доб}^{zn}$, $Q_{доб}^{вир}$ - витрати побутових і виробничих стічних вод, м³/доб.

ВАРІАНТИ ЗАДАЧ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ

Задача 1. Визначити концентрації забруднень у господарсько-побутових стічних водах від населеного пункту, дані наведені в таблиці

Вихідні данні	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Кількість жителів, тис. чол	50,2	86,5	48,5	90	74,6
Норма водовідведення, л/(чол.·доб)	200	250	300	220	230

Задача 2. Визначити концентрації забруднень у суміші господарсько-побутових та виробничих стічних вод від населеного пункту, в якому розташовані два промислових підприємства, дані наведені в таблиці.

Вихідні данні	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
Кількість жителів, тис. чол	47	50	60	80	60
Норма водовідведення, л/(чол.·доб)	255	320	325	290	395
Перше підприємство	цегловий	молокозавод	автозавод	БК*	ПО**
завислі речовини, мг/л	450	350	400	800	350
БПК _{повн} , мг/л	150	3200	120	140	550
ПАР, мг/л	2,5	19	20	5,4	15
Друге підприємство	пивоварний	м'ясокомбінат	тракторний	хлібозавод	цегловий
завислі речовини, мг/л	150	400	420	500	500
БПК _{повн} , мг/л	2000	2500	110	420	130
ПАР, мг/л	3	15	17	10	3,2

* - будівельних конструкцій; ** - плодоовочевий завод

ЗМ.1.2. ВОДОПОСТАЧАННЯ І КАНАЛІЗАЦІЯ БУДИНКІВ ТА ОКРЕМИХ СПОРУД

ЗАНЯТТЯ 6. Проектування та розрахунок внутрішніх систем водопостачання

Внутрішній водопровід - це трубопроводи та інженерне обладнання, які призначені для забезпечення подачі води від зовнішніх мереж водопроводу до всіх внутрішніх водорозбірних приладів, технологічного обладнання і пожежних кранів. Системи водопостачання будинків повинні забезпечувати споживачів водою заданої якості, в потрібній кількості і під необхідним напором. Як правило, внутрішній водопровід влаштовують лише в тих будинках та спорудах, які підключені до централізованої або місцевої каналізації.

Системи внутрішнього водопроводу поділяють за: призначенням (господарсько-питні, протипожежні, виробничі); сферою обслуговування (роздільні та об'єднані); температурою води, що транспортується (холодні та гарячі); забезпеченням напором з урахуванням встановленого обладнання; способом використання води (прямоточні, зворотні та з повторним використанням води).

При проектуванні внутрішніх водопроводів будують аксонометричну схему системи водопостачання, яка дає повне уявлення про систему і є основою для гідравлічного розрахунку. Крім того, необхідно знати кількість води, яка має бути подана водопроводом, види і кількість водоспоживачів, розрахункові норми споживання води кожним видом споживача та режим споживання води протягом доби. Тиск (напір води) в системі водопостачання будинку повинен забезпечувати безперебійне подавання води всім водоспоживачам. При проектуванні внутрішніх систем водопостачання використовують секундні, годинні та добові витрати води. Для забезпечення безперебійної роботи водопровідної мережі необхідно проводити розрахунок на найнесприятливіший режим її роботи, а саме на подачу системою максимальних розрахункових витрат води. Після визначення цих розрахункових витрат води проектують внутрішні мережі та обладнання і проводять гідравлічний розрахунок системи з метою визначення діаметрів труб та необхідного для водопостачання будинку напору води.

При проектуванні внутрішніх мереж водопроводу спочатку виконують трасування мережі на планах підвалу і поверхах. При цьому на плані поверху позначають місця прокладання стояків і підведень до приладів. Запроектвані стояки переносять на план підвалу (технічних поверхів чи підпільних каналів) і проектують там місця розташування водомірного вузла, магістральних труб і при необхідності поливальних кранів.

Після трасування водопровідної мережі викреслюють її аксонометричну схему яка враховує що:

- горизонтально розміщені на планах лінії трубопроводів викреслюються також горизонтально;
- вертикально розміщені на планах лінії трубопроводів викреслюються з кутом нахилу 45° зліва направо без спотворень;
- стояки і вертикальні ділянки підводок до водорозбірної арматури, пока-

зані на планах точками, викреслюються вертикальними лініями.

АксонOMETричну схему внутрішнього водопроводу креслять в масштабі планів поверху з позначенням усіх трубопроводів, приладів, запірної та регулювальної арматури, водорозбірних кранів. Ці елементи показують прийнятими умовними позначеннями.

Для подальших розрахунків на виконаній аксонOMETричній схемі вибирають головний розрахунковий напрямок (від вводу до найвіддаленішого і найвище розташованого водорозбірного пристрою - диктуючого) і розбивають його на розрахункові ділянки - відрізки мережі між двома вузловими точками. На схемі проставляють номери вузлових точок (1, 2, 3...) і довжини розрахункових ділянок. Ділянки нумерують за вузловими точками (1-2, 2-3, ...). Нумерацію точок починають від диктуючого пристрою, йдучи проти руху води до водомірного вузла. Діаметри труб на ділянках проставляють після розрахунку. На схемі відповідними умовними позначками проставляють відмітки підлоги підвалу, вводу, чистої підлоги поверхів, поверхні землі біля будинку, диктуючого водорозбірного пристрою (якщо у водопроводі є насоси, то позначками показують їхні осі).

Розрахунок внутрішнього водопроводу залежить від прийнятої системи. Господарсько-питну мережу розраховують на господарську витрату; об'єднану - господарсько-протипожежну систему визначають крім того на випадок господарського водоспоживання з витратою на гасіння пожежі. Порядок розрахунку внутрішнього водопроводу наступний:

- будують аксонOMETричну схему внутрішнього водопроводу однієї (диктуючої) будівлі системи;
- будують розрахункову (без масштабну) схему усієї водопровідної системи групи будівель (у випадку живлення від єдиного вводу);
- виявляють розрахункове направлення подачі води;
- розбивають водопровідну мережу на розрахункові ділянки;
- визначають розрахункову витрату води на ділянках;
- вичислюють суму втрат за довжиною та місцеві опорами на вводі водопроводу;
- підбирають водолічильник і визначають втрати напору у ньому;
- вичислюють геометричну висоту подачі води;
- вичислюють суму втрат за довжиною та місцеві опори у трубопроводах за розрахунковими напрямками подачі;
- вичислюють величину необхідного напору у точці урізання у місцеву водопровідну мережу за формулою

$$H = H_{BB} + h + H_{geom} + \sum H_l^{tot} + H_f, \quad (6.1)$$

де H_{BB} - втрати напору на вводі, м; h - втрати напору у водолічильнику, м;

H_{geom} - геометрична висота подачі води від осі насосу до розрахункового санітарно-технічного прибору, м; $\sum H_l^{tot}$ - сума втрат напору до нього же, м; H_f - нормований вільний напор розрахункового санітарно-технічного прибору, м. і порівнюють з величиною гарантійного напору;

- вибирають спосіб та устрій для підвищення напору у системі.

При цьому слід мати на увазі, що в практиці проектування розрахункові води визначають по числу встановлених санітарних приладів і з урахуванням імовірності їхньої дії. Гідравлічний розрахунок проведено по максимальним секундним витратам, л/с

$$q = 5 \times q_0 \times \alpha, \quad (6.2)$$

де q_0 – секундні витрати води одним приладом, л/с (додаток 2 [2]);

α – коефіцієнт, який визначається за [2] (додаток 8) залежно від загальної кількості приладів N , які обслуговує розрахункова ділянка мережі і ймовірності їх одночасної дії P .

При установці на розрахункових ділянках мережі приладів різних типів - значення варто приймати по приладу, видаток якого найбільший. Розрахунок видатків води варто починати з визначення ймовірності дії приладів.

1. Для систем, що обслуговують один ряд споживачів U імовірність дії визначають по формулі

$$P = \frac{q_{hr.u} \times U}{q_0 \times N \times 3600}, \quad (6.3)$$

де $q_{hr.u}$ - норма видатку води одним споживачем у час найбільшого водоспоживання, л/г (додаток 3.);

q_0 – витрати води одним приладом, л/с;

N – загальна кількість приладів, що обслуговують U споживачів.

2. Для систем, що обслуговують різних споживачів імовірність дії визначають по формулі

$$P_{\sum i} = \frac{\sum_i N_i \times P_i}{\sum_i N_i}, \quad (6.4)$$

Після визначення значення P визначаємо α , що залежить від NP . Діаметри труб підбирають по розрахункових видатках виходячи з $\sum H_{Tot}$, економічних швидкостей, які для сталевих труб магістралей і стояків повинні перебувати в межах 0,9 - 2,0 м/с (додаток 5 [2]).

Втрати напору на розрахункових ділянках визначають як добуток питомої втрати на довжину ділянки (у м.). Крім втрат напору в трубах по довжині, необхідно враховувати втрати на місцеві опори у фасонних частинах і арматурах, які приймаються у відсотках від величини втрати напору по довжині в мережі господарсько-питного водопроводу (30 - у мережі об'єднаного господарсько-питного й протипожежного - 20 (додаток 6 [2])).

Лічильники води треба підбирати за пропуском максимальної розрахункової секундної витрати води в будинок (при об'єднаній мережі господарсько-питної до протипожежного - з урахуванням протипожежної витрати). Розрахункову секундну витрату порівнюємо з секундною витратою, що допускає (додаток 7 [2]). Після того, як лічильник буде обраний, варто обчислити втрати напору в ньому за формулою

$$h = s \times q^2, \text{ м}, \quad (6.5)$$

де s - опір лічильника по додатку 7 [2];

q - розрахункова витрата, м³/год.

Припустимі втрати напору становлять для крильчастих лічильників до 2,5 м., для турбінних - до 1 м при пропуску розрахункової витрати на господарсько-питні й виробничі споживи, при пожежі, відповідно, - 5, і 2,5 м.

Визначаємо необхідний напір, що забезпечує безперебійне водопостачання будинку, м

$$H_{mp} = H_{geom} + \sum H_{Ltot} + H_f + h_{год}, \quad (6.6)$$

де H_{geom} - геометрична висота підйому води від поверхні землі в місці приєднання уведення до вуличної магістралі до найбільш високого розташування водорозбірного крана, м.

H_f - нормований вільний напір розрахункового сантехнічним приладом (додаток 2 [2]).

Величину одержуваного необхідного напору H_{mp} порівнюють із гарантійним напором у міській мережі H_g . Якщо $H_{mp} > H_g$, ті проектують підвищувальну установку.

Гідростатичний напір у системі господарсько-питного водопроводу не винний перевищувати 60 м. В окремій мережі протипожежного водопроводу максимальний напір не винний перевищувати 90 м.

У випадку короткочасної або постійної недостатності напору в кращі приєднання уведення до міської мережі, необхідно передбачити можливість підвищення напору за допомогою насосних установок і водонапірних баків, установлюваних і будинку за водоміром. Як правило, застосовують відцентрові насоси із приводом від електродвигуна. Основні характеристики для підбора насоса (продуктивність і напір, що винний створювати насос). Продуктивність насосних установок без регулюючої ємності визначають по розрахунковій секундній витраті води, а установок з ємністю - по максимальній годинній витраті води, м³/год.

$$q_{hr} = 0,005 \cdot q_{o,hr} \cdot \alpha_{hr}, \quad (6.7)$$

де α_{hr} - коефіцієнт (додаток 4 [2]).

З урахуванням найменшого розташовуваного напору зовнішньої мережі водопроводу визначають напір насоса, м

$$H_n = H_{mp} - H_g, \quad (6.8)$$

де H_{mp} - розрахунковий (необхідний) напір.

H_g - гарантійний напір у вуличній мережі.

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ З VI ЗАНЯТТЯ

Приклад 6.1. У житловому 16-кварирному будинку з водопостачанням каналізацією, швидкодіючими газовими водонагрівачами проживає 80 чоловік. У кожній квартирі є 4 санітарно-технічні прилади: мийка, умивальник, ванна, унітаз. Необхідно визначити розрахункові витрати води для всього будинку.

Вирішення: Секундні витрати води одним приладом приймаємо $q_o^{tot}=0,3$ л/с (додаток 2 [2]). Ймовірність одночасної дії приладів визначаємо за форму-

лою (5.2), прийнявши (додаток 2 [2]) норму витрат води в годину максимального споживання $q_{hr,u}=13$ л/год

$$P = \frac{13 \cdot 80}{(0,3 \cdot 64 \cdot 3600)} = 0,015$$

де $U=80$ чел.; $N = n_{пр.кв} \cdot n_{кв} = 4 \cdot 16 = 64$ шт.

Добуток $P \cdot N = 0,015 \cdot 64 = 0,96$; коефіцієнт $\alpha = 0,948$ (додаток 4 [2]).

Максимальні секундні витрати води на вводі

$$q = 5 \cdot 0,3 \cdot 0,948 = 1,42 \text{ л/с.}$$

Максимальної годинні витрати води в будинку визначаємо за формулою (5.1). Годинні витрати води приладом приймаємо: $q_{o,hr}=300$ л/год [2]. Ймовірність використання санітарно-технічних приладів

$$P_{hr} = \frac{3600 \cdot 0,015 \cdot 0,3}{300} = 0,054$$

Добуток $P_{hr} \cdot N = 0,054 \cdot 64 = 3,456$, тоді $\alpha = 2,012$;

$$q_{hr} = 0,005 \cdot 300 \cdot 2,012 = 3,018 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Середньогодинні витрати води в будинку при добовій нормі водопостачання $q_{hr,u}=250$ л/(добу·чол) будуть

$$q_{hr} = \frac{(250 \cdot 80)}{(1000 \cdot 24)} = 0,83 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Добові витрати води у будинку за добу з найбільшим водоспоживанням складають:

- на господарсько-питні потреби: $Q_{г-п} = \frac{250 \cdot 80}{1000} = 20 \text{ м}^3/\text{доб};$

- на поливання прилеглої території: $Q_{п} = \frac{50 \cdot 80}{1000} = 4 \text{ м}^3/\text{доб};$

- загальні: $Q_{доб} = 20 + 4 = 24 \text{ м}^3/\text{добу.}$

На окрему квартиру витрати води будуть:

- максимальні секундні: $q = 5 \cdot 0,3 \cdot 0,291 = 0,44 \text{ л/с,}$

де $P \cdot N = 0,015 \cdot 4 = 0,06$, коефіцієнт $\alpha = 0,291$ (додаток 4 [2]);

- максимальні годинні: $q_{hr} = 0,005 \cdot 300 \cdot 0,469 = 0,7 \text{ м}^3/\text{год,}$

де $P_{hr} \cdot N = 0,054 \cdot 4 = 0,216$, тоді $\alpha = 0,469$;

- середні: $q_{hr,m} = \frac{250 \cdot 5}{1000 \cdot 24} = 0,05 \text{ м}^3/\text{год,}$

де 5 – кількість жителів в одній квартирі.

Приклад 6.2. Визначити діаметр на вводі і потрібний тиск у водопровідній мережі будинку при наступних даних: житловий 60 квартирний будинок обладнано вмивальниками, ванними, мийками і унітазами ($N_{ванн}=60$ шт.; $N_{умив.}=60$ шт.; $N_{унит.}=60$ шт.; $N_{мийбок}=60$ шт); $q=1,37$ л/сек; гаряче водопостачання – централізоване, загальна довжина водопровідної мережі 48 м, геометрична висота підйому води 20 м.

Вирішення: По розрахунковим витратам ми можемо підібрати діаметр трубопроводу

$$q = 1,37 \text{ л/с} = 4,9 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Виходячи з допустимої швидкості (0,9 – 1,7 м/с) і розрахункових витрат, визначаємо діаметр труб і втрати тиску (на тертя по довжині та місцеві) /Шевелев Ф.А. Таблиці для гідравлічного розрахунку водопровідних труб:

$$d = 32 \text{ мм}; V = 1,43 \text{ м/с}; 1000i = 172,5$$

$$H_{totL} = i \cdot L \cdot (1 + k_L) = 0,173 \cdot 48 \cdot (1 + 0,3) = 10,8 \text{ м.}$$

Враховані втрати тиску на тертя і 30% на місцеві опори від втрат на тертя згідно п. 7.7 [2].

Втрати тиску у лічильнику, визначається за формулою (6.5)

$$h_{вод.} = 0,1 \times 4,9^2 = 2,4 \text{ м,}$$

де S – гідравлічний опір у лічильнику ([2] стор. 14).

Потрібний тиск у водопровідній мережі будинку визначається за формулою (6.6)

$$H_{потр} = 20 + 3 + 10,8 + 2,4 = 36,2 \text{ м.}$$

де $H_{геом}$ – геометрична висота підйому води, м

H_f – вільний напір диктуючого санітарно-технічного приладу, (додаток 2 [2]), м

Приклад 6.3. Визначити діаметр на ввіді і втрати тиску, а також потрібний тиск у водопровідній мережі будинку при наступних даних: житловий 36 квартирний будинок обладнано вмивальниками, ванними, мийками і унітазами; ($N_{ванн} = 36$ шт.; $N_{умив.} = 36$ шт.; $N_{унит.} = 36$ шт.; $N_{мийвок} = 36$ шт.) гаряче водопостачання – централізоване, загальна довжина водопровідної мережі 43 м, геометрична висота підйому води 24,7 м.

Вирішення: Для підбора діаметра необхідно визначити розрахункові витрати в мережі q (л/с) визначається за формулою (6.2)

$$q = 5 \cdot q_0 \cdot \alpha, \text{ л/с}$$

де α - коефіцієнт, залежний від загальної кількості пристроїв N на розрахункових ділянках мережі та ймовірність їх дії P , (додаток 4 [2])

q_0 – витрати води одним приладом, л/с.

Для розрахунку приймають витрати найбільш завантаженого приладу з [2], додаток 2

$$q_0 \text{ вмив.} = 0,09 \text{ л/с;}$$

$$q_0 \text{ ванн} = 0,18 \text{ л/с;}$$

$$q_0 \text{ мийки} = 0,09 \text{ л/с;}$$

$$q_0 \text{ унит.} = 0,1 \text{ л/с.}$$

До розрахунку приймають $q_0 \text{ ванн} = 0,18$ л/с.

Ймовірність дії приладів P визначають за формулою (6.3)

$$P = \frac{q_{hr.u}^c \cdot U}{q_0 \cdot N \cdot 3600}$$

де $q_{hr.u}^c$ - норма витрат води одним споживачем в годину найбільшого водоспоживання (додаток 3 [2]).

$$q_{hr.u}^c = 15,6 - 10 = 5,6 \text{ л/чол.год.}$$

U – кількість споживачів (3 чол/кв x 36 кв = 108 чол.)

N – кількість сантехнічних приладів

$$P = \frac{5,6 \cdot 108}{0,18 \cdot 144 \cdot 3600} = \frac{604,8}{93312} = 0,006.$$

$$P \cdot N = 144 \cdot 0,006 = 0,93;$$

$\alpha = 0,932$ (додаток 4 [2]).

$$q = 5 \cdot 0,18 \cdot 0,932 = 0,84 \text{ л/с} = 3,0 \text{ м}^3/\text{год.}$$

З пропускної швидкості (0,9 – 1,7 м/с) і розрахункових витрат, визначаємо діаметр труб і втрати тиску (на тертя з довжини та місцеві) [9]:

$$d = 25 \text{ мм}, V = 1,58 \text{ м/с}, 1000i = 309$$

$$H_{tot,l} = \frac{309}{1000} \cdot 43 \cdot (1 + 0,3) = 17,3 \text{ м.}$$

Враховані втрати тиску на тертя і 30% на місцеві опори від втрат на тертя згідно п.7.7 [2].

Потрібний тиск у водопровідній мережі будинку визначається за формулою

$$H_{номп} = H_{geom} + H_f + H_{tot,l} + h_{вод}, \text{ м,}$$

де H_{geom} – геометрична висота підйому води, м;

$H_{tot,l}$ - втрати напору на ділянках трубопроводів, м;

H_f - вільний напір диктуючого санітарно-технічного приладу (додаток 2 [2]),

$$H_f = 3 \text{ м;}$$

$h_{вод}$. – втрати тиску у лічильнику, визначається за формулою

$$h_{вод} = S \cdot q^2, \text{ м}$$

де S – гідравлічний опір у лічильнику ([2], табл. 4).

$$h_{вод} = 0,204 \cdot 3^2 = 1,8 \text{ м.}$$

$$H_{номп} = 24,7 + 3 + 17,3 + 1,8 = 46,8 \text{ м.}$$

ВАРІАНТИ ЗАДАЧ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ

Задача 1. Визначити діаметр і потрібний тиск у водопровідній мережі будинку при наступних даних:

№ варіантів	Тип будинку	Розрахункові витрати, л/сек	Обладнання санітарними приладами	Система гарячого водопостачання	Загальна довжина водопровідної мережі, м	Геом. висота підйому води, м
1	2	3	4	5	6	7
1	Житловий будинок	1,32	Умивальник, унітаз, ванна (довжиною 1500-1700 мм), мийки	Централізована	43	24,7
2	Житловий будинок	1,72	Теж з сидячими ваннами	Централізована	36	18,5

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6	7
3	Житловий будинок	1,58	З водопроводом, каналізацією, без ванн	Немає	54	14,8
4	Житловий будинок	1,44	З водопроводом каналізацією і ваннами	Від нагрівачів на твердому паливі	41,6	18,0
5	Житловий будинок	0,93	З водопроводом каналізацією і ваннами	Від нагрівачів на газоподібному паливі	40,4	21,5
6	Гуртожиток з загальними душовими	0,62	12-душ.сіток, 24-унітаза, 26-вми-вальників, мийок	Централізована	46,9	24,0
7	Санаторій, об'ємом 8000 м ³	1,37	У кожному номері ванна, умивальник, унітаз	Централізована	34,6	17,4
8	Готель, 7 поверхів	0,98	3 загальними душовими на 42 сітки, 56 унітазів, 42 умивальника, 28 мийок	Централізована	62,1	14,0
9	Готель, 5 поверхів	1,13	3 ваннами у всіх номерах, умивальниками і унітазами	Централізована	57,1	30,4

ЗАНЯТТЯ 7. Характеристика внутрішньої каналізації, основи проектування та розрахунку

Проектування мереж внутрішньої каналізації здійснюють в тій же послідовності, що і проектування внутрішнього водопроводу. Спочатку виконують трасування мережі на планах підвалу і поверхах. При цьому на плані поверху позначають місця прокладання стояків і відвідних трубопроводів. Запроектовані стояки переносять на план підвалу і проектують там місця розташування збірних трубопроводів і випусків. Після трасування каналізаційної мережі викреслюють її аксонометричну схему із дотриманням всіх правил побудови аксонометрії (як і для водопроводу) і вказують на цій схемі санітарні прилади, фасонні частини, гідравлічні затвори, ревізії і прочистки відповідними умовними позначеннями.

Перед побудовою аксонометричної схеми каналізації слід графоаналітичним методом розрахувати відмітки, на яких розташовані окремі елементи каналізації: верх витяжної труби, ревізії, фасонні частини для приєднання труб до стояка, положення випуску і дворового колодязя. Для чіткості читання аксонометрії каналізації відвідні труби дозволяється показувати лише на верхньому поверсі, а на проміжних поверхах - тільки фасонні частини для підключення відвідних труб до стояків. На аксонометрії каналізації на відвідних трубах обов'язково показують віддаль між приладами, діаметр і ухил, а також відмітку лотка відвідної труби.

Розрахунок мереж внутрішньої каналізації зводиться до визначення діаметрів та ухилів труб і перевірки пропускної здатності стояків, збірних ділянок

та випусків.

Відвідні поверхові труби, які з'єднують санітарні прилади із стояками, прокладають по стінах над підлогою на висоті 0-150 мм, а інколи і під стелею у вигляді підвісних трубопроводів у нежитловому приміщенні, що розташоване нижче. При підвищених вимогах до внутрішнього оздоблення приміщень прокладання поверхових відвідних труб здійснюється приховано в борознах, нішах стін, панелях, монтажних коридорах, підвісних стелях. Труби прокладають з ухилом в бік стояка. Санітарні прилади, які розташовані в різних квартирах на одному поверсі, під'єднувати до одного відвідного трубопроводу не допускається.

На відвідних лініях побутової та виробничої каналізації для ліквідації за-смічень трубопроводів передбачають встановлення прочисток або ревізій. В квартирах довжина поверхових відвідних труб, як правило, не перевищує 6 м і тому на цих ділянках не встановлюють окремі прочистки або ревізії, а чищення труб здійснюють через сифони-ревізії.

Ревізії на стояках в житлових будинках встановлюють на першому та останньому поверхах і, якщо будинок висотою 5 чи більше поверхів, то не рідше, ніж через три поверхи. Не дозволяється встановлювати ревізії: на стояках побутової каналізації, яка проходить через приміщення громадського харчування; на мережі, яка проходить через виробничі та складські приміщення для прийняття, зберігання та підготовки товарів до продажу; в підсобних приміщеннях магазинів.

Максимальні секундні витрати стічних вод q^s , л/с, на ділянках каналізаційних мереж в будинках і спорудах слід визначати:

при загальних витратах холодної та гарячої води на відповідній ділянці водопровідної мережі $q^{tot} \leq 8$ л/с за формулою

$$q^s = q^{tot} + q_0^s, \quad (7.1)$$

в інших випадках, тобто при $q^{tot} > 8$ л/с:

$$q^s = q^{tot}, \quad (7.2)$$

де q_0^s - найбільші секундні витрати стічних вод від санітарних приладів ([2], додаток 2). Для санітарних приладів, що зустрічаються найчастіше, значення величини q_0^s такі: для умивальників - 0,15 л/с, для мийок - 0,6 л/с, для ванн - 0,8-1,1 л/с, для унітазів зі зливним бачком (краном) - 1,6 (1,1) л/с.

Пропускна здатність горизонтальних ділянок каналізаційних трубопроводів рекомендується визначати за таблицями для гідравлічного розрахунку каналізаційних мереж. Швидкість руху стічних вод в трубопроводі діаметром 150 мм приймають не менше 0,7 м/с. Наповнення h/d для трубопроводів 50-100 мм рекомендується приймати 0,3...0,7. Ухили трубопроводів приймають такими, щоб забезпечити швидкість руху води і наповнення труб у вказаних межах. При цьому ухил труб не може бути меншим, ніж $1/d$ і більшим 0,15 (за виключенням коротких - до 1,5 м - труб). При дуже малих ухилах зростає небезпека засмічення труб, а при великих - механічне руйнування труб за рахунок стирання внутрішньої поверхні. При розрахунку каналізаційних мереж повинна виконуватись

умова незамулюваності труб:

$$V \cdot \sqrt{\frac{h}{d}} \geq K, \quad (7.3)$$

де $K=0,5$ - для трубопроводів із пластмаси та скла 0,6 м - для трубопроводів з інших матеріалів.

В тих випадках, коли виконати умову (7.3) неможливо через недостатню величину витрат стічних вод, ділянки мережі рахуються без розрахунковими їх слід прокладати з ухилом 0,03 при діаметрах труб 40-50 мм і 0,02 - при діаметрі труб 85-100 мм.

В житлових будинках, де використовують стандартні приймачі стічних вод, поверхові відвідні трубопроводи приймають без розрахунку. Відвідні лінії від унітазів приймають діаметром 85 або 100 мм, а від решти санітарних приладів 40 або 50 мм. Ухили приймають такими як і для без розрахункових ділянок, коли не виконується умова (7.3).

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ З VII ЗАНЯТТЯ

Приклад 7.1. Визначити діаметр каналізаційного випуску та перевірити пропускну можливість при наступних даних: готель з загальними душовими на 300 мешканців обладнаний сантехнічними приладами: 40 умивальників, 40 унітазів, 20 душових сіток. Система гарячого водопостачання – централізована.

Вирішення: Для підбора діаметра необхідно визначити розрахункові витрати в мережі q (л/с) визначається за формулою

$$q = 5 \cdot q_0 \cdot \alpha, \text{ л/с,}$$

де α - коефіцієнт, залежний від загальної кількості пристроїв N на розрахункових ділянках мережі та ймовірність їх дії P , (додаток 4 [2])

q_0 – витрати води одним приладом, л/с.

Для розрахунку приймають витрати найбільш завантаженого приладу за [2] додаток 2

$$q_{0 \text{ умив.}} = 0,12 \text{ л/с;}$$

$$q_{0 \text{ душ}} = 0,2 \text{ л/с;}$$

$$q_{0 \text{ унит.}} = 0,1 \text{ л/с.}$$

До розрахунку приймають $q_{0 \text{ ванн}} = 0,2 \text{ л/с}$

Імовірність дії приладів P визначають за формулою

$$P = \frac{q_{hr,u}^c \cdot U}{q_0 \cdot N \cdot 3600},$$

де $q_{hr,u}$ - норма витрат води одним споживачем в годину найбільшого водоспоживання (додаток 3 [2]), $q_{hr,u} = 12,5$ л/год;

U – кількість споживачів;

N – кількість сантехнічних приладів.

$$P = \frac{12,5 \cdot 300}{0,2 \cdot 100 \cdot 3600} = \frac{3750}{72000} = 0,05.$$

$$P \times N = 100 \times 0,05 = 5;$$

$$\alpha = 2,558 \text{ (додаток 4 [2])}$$

Визначаємо загальні витрати води

$$q = 5 \cdot 0,2 \cdot 2,558 = 2,6 \text{ л/с.}$$

Визначаємо витрати стічних вод за формулою $q^s = q + q_o^s$,

де $q < 8$ л/сек

q_o^s - витрати стоків від приладу, л/с ([2] додаток 2).

$$q^s = 2,6 + 1,6 = 4,2 \text{ л/сек.}$$

За допомогою таблиць Лукіних [10] визначаємо ухил, діаметр, швидкість, наповнення:

$$d = 100 \text{ мм, } V = 0,89 \text{ м/с, } i = 0,018, \text{ } h/d = 0,6$$

Робимо перевірку пропускну можливості труби

$$V \sqrt{h/d} \geq k$$

$$k = 0,6$$

$$0,89 \sqrt{0,6} = 0,69 > 0,6, \text{ вимоги витримали.}$$

Приклад 7.2. Визначити діаметр каналізаційного випуску та перевірити пропускну можливість при наступних даних: житловий будинок на 90 квартир обладнаний сантехнічними приладами: умивальниками, унітазами, сидячими ваннами, мийками. Система гарячого водопостачання – централізована.

Вирішення: Для підбору діаметра необхідно знайти розрахункові витрати в мережі q (л/с) визначається за формулою [2]

$$q = 5 \cdot q_0 \cdot \alpha, \text{ л/с,}$$

де α - коефіцієнт, залежний від загальної кількості пристроїв N на розрахункових ділянках мережі та імовірності їх дії P (додаток 4 [2])

q_0 – витрати води одним приладом (л/с)

Для розрахунку приймають витрати найбільш завантаженого приладу за [2], додаток 2

$$q_{o \text{ умив.}} = 0,12 \text{ л/с;}$$

$$q_{o \text{ сид. ванн}} = 0,25 \text{ л/с;}$$

$$q_{o \text{ мийки}} = 0,12 \text{ л/с;}$$

$$q_{o \text{ уніт.}} = 0,1 \text{ л/с.}$$

До розрахунку приймають $q_{o \text{ ванн}} = 0,25 \text{ л/с.}$

Імовірність дії приладів P визначають за формулою:

$$P = \frac{q_{hr,u}^c \cdot U}{q_0 \cdot N \cdot 3600},$$

де $q_{hr,u}^c$ - норма витрат води одним споживачем в годину найбільшого водоспоживання (додаток 3, [2]); $q_{hr,u}^c = 14,3$ л/год;

U – кількість споживачів

N – кількість сантехнічних приладів

$$P = \frac{14,3 \cdot 270}{0,25 \cdot 360 \cdot 3600} = \frac{3861}{324000} = 0,012.$$

$$P \times N = 360 \times 0,012 = 4,32;$$

$$\alpha = 2,32 \text{ (додаток 4 [2])}$$

Визначаємо загальні витрати води:

$$q = 5 \times 0,25 \times 2,32 = 2,9 \text{ л/с}$$

Визначаємо витрати стічних вод за формулою $q^s = q + q_o^s$, т.ч. $q < 8 \text{ л/сек.}$ і де q_o^s - витрати стоків від приладу, л/с ([2], дод.2)

$$q^s = 2,9 + 1,6 = 4,5 \text{ л/сек.}$$

За допомогою таблиць Лукіних [10] визначаємо ухил, діаметр, швидкість, наповнення:

$$d=100 \text{ мм, } V=0,93 \text{ м/с, } i=0,02, \text{ } h/d=0,6$$

Робимо перевірку пропускної можливості труби

$$V\sqrt{h/d} \geq k$$

$$k = 0,6$$

$$0,93\sqrt{0,6} = 0,72 > 0,6$$

Вимоги витримано.

ВАРІАНТИ ЗАДАЧ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ

Задача 1. Визначити діаметр каналізаційного випуску та перевірити пропускну можливість при наступних даних:

№ варіанта	Тип будинку	Кількість квартир, чоловік	Санітарні прилади	Система гарячого водопостачання
1	2	3	4	5
1	Житловий будинок	72 квартири	Водопровід, каналізація, ванни	Від нагрівачів на твердому паливі
2	Житловий будинок	160 квартир	Умивальники, унітази, ванни, мийки	Централізована
3	Житловий будинок	36 квартир	3 водопроводом, каналізацією без ванн	Централізована
4	Житловий будинок	200 квартир	3 водопроводом, каналізацією і ваннами	Від газових нагрівачів
5	Житловий будинок	90 квартир	Умивальники, сидячі ванни, унітази, мийки	Централізована
6	Гуртожиток без душових	на 200 мешканців	20 умивальників, 16 унітазів, 8 мийок	Централізована
7	16-ті поверхневий житловий будинок	400 квартир	Умивальники, унітази, мийки	Централізована
8	Пансіонат з загальними душовими	250 міст	25 душових сіток, 20 умивальників, 25 унітазів	Централізована
9	Готель з загальними душовими	300 мешканців	20 душових сіток, 40 унітазів, 40 умивальників	Централізована
10	Готель з ваннами у окремих номерах (до 25% від загальної кількості)	90 номерів (по 2 чоловіка у номері)	Ванни, умивальники, унітази.	Централізована

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Тугай А.М., Терновцев В.О., Тугай Я.А. Розрахунок і проектування споруд систем водопостачання. – К., 2001. - 303 с.
2. СНиП 2.04.01-85. Внутренний водопровод и канализация зданий. – М.: Стройиздат, 1986. – 56 с.
3. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. - М.: Стройиздат, 1986. – 136 с.
4. Найманов А.Я., Никиша С.Б., Насонкина Н.Г. и др. Водоснабжение. – Донецк, 2004. – 650 с.
5. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація. – К.: Кондор, 2003.– 288 с.
6. СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения. - М.: Стройиздат, 1986. – 72 с.
7. Яковлев С.В., Ласков Ю.М. Канализация. – М.: Стройиздат, 1987. - 319 с.
8. Калищун В.И. Водоотводящие схемы и сооружения. - М.: Стройиздат, 1987. – 96 с.
9. А.А. Лукиних, Н.А. Лукиных. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле Н.Н.Павловского. – М.: Стройиздат, 1974. – 156 с.
10. Справочник проектировщика. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. – М.: СИ, 1981. – 639 с.
11. Николадзе Г.И. Коммунальное водоснабжение и канализация. М.: Стройиздат, 1983. – 421с.
12. Воронов Ю.В., Алексеев Е.В., Саламеев В.П., Пугачев Е.А. Водоотведение. /Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 415 с.
14. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.
15. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбестоцементных, пластмассовых и стеклянных водопроводных труб. – М.: Стройиздат, 1973. – 112 с.

Таблиця 1 - Норми водоспоживання для міст та селищ

Характер обладнання санітарно-технічними пристроями		Водоспоживання на одного мешканця, л/добу										
		середньодобова (за рік)										
Внутрішній водопровід, каналізація та централізоване гаряче водопостачання		230 - 350										
Внутрішній водопровід, каналізація та ванни з газовими колонками		160 - 230										
Внутрішній водопровід і каналізація без ванн		125 - 160										
Значення коефіцієнтів годинної нерівномірності												
Кількість мешканців, тис. чол.	1	1,5	2,5	4	6	10	20	50	100	300	1000 і більш	
$\beta_{\text{макс}}$	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1	
$\beta_{\text{мін}}$	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,85	1	

Таблиця 2 – Витрата води на полив

Призначення води	Вимірювач	Витрати води на полив, л/м ²
Механізована мийка удосконаленого покриття проїздів та площ	1 мийка	1,2-1,5
Механізований полив удосконаленого покриття проїздів та площ	1 поливка	0,3-0,4
Полив вручну (із шлангів) удосконаленого покриття тротуарів і проїздів	Теж	0,4 - 0,5
Поливання міських зелених насаджень	«	3-4
Поливання газонів та квітників	»	4-6

Таблиця 3- Розрахункова кількість людей на одну душову сітку

Група виробничих процесів	Санітарні характеристики виробничих процесів	Кількість людей, які мийються на одну душову сітку
I	а) Які не викликають забруднення одягу та рук	15
	б) Які викликають забруднення одягу та рук	7
II	в) З виділенням великої кількості пилу або особливо забруднених речовин	3
	г) З додатковою потребою води	5

Таблиця 4 – Витрата води на зовнішнє пожежогасіння та розрахункова кількість одночасних пожеж

Кількість мешканців у населеному пункті, тис. чол.	Розрахункова кількість одночасних пожеж	Витрата води на зовнішнє пожежогасіння у населених пунктах, л/с	
		Забудова будинками висотою до 2-х поверхів незалежно від їх ступені вогнестійкості	Забудова будинками висотою 3-и поверхи та вище незалежно від їх ступені вогнестійкості
5	1	10	10
10	1	10	15
25	2	10	15
50	2	20	25
100	2	25	35
200	3	-	40
300	3	-	55
400	3	-	70
500	3	-	80
600	3	-	85
700	3	-	90
800	3	-	95
1000	3	-	100
2000	4	-	100

Таблиця 5 – Загальний коефіцієнт нерівномірності притоку побутових стічних вод

Середня витрата стічних вод, л/с	5	10	20	50	100	300	500	1000	5000 та більше
Загальний максимальний коефіцієнт нерівномірності притоку стічних вод, K	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47	1,44

Примітка: 1. При проміжних значеннях середньої витрати стічних вод, загальний коефіцієнт нерівномірності слід визначати інтерполяцією.

ДОДАТОК 2

Завдання для контрольної роботи передбачає розв'язання задач за варіантами, номери яких вказані у таблиці

Номери задач	НОМЕРИ ВАРІАНТІВ																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>Заняття I</i>																									
1	5	4	3	2	1	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5
2	1	2	3	4	5	1	3	5	2	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3	5	1	2	3	4	2	4	1	3	5	3	4	1	2	3	4	5	3	1	2	5	1	5	4	5
4	4	5	1	2	3	3	5	2	4	1	2	3	2	3	5	5	1	4	4	4	1	2	3	5	1
5	3	4	5	1	2	4	1	3	5	2	5	1	3	4	1	1	2	2	5	5	2	3	4	3	4
6	2	3	4	5	1	5	2	4	1	3	1	5	5	1	2	4	2	1	2	3	3	4	3	4	5
7	1	2	3	4	5	1	3	5	2	4	2	3	4	5	4	3	4	5	3	1	4	5	1	1	3
8	5	1	2	3	4	2	4	1	3	5	1	4	5	4	3	4	5	3	1	5	3	2	4	2	2
9	5	3	1	4	2	5	3	1	2	3	5	3	1	4	2	5	3	1	4	2	4	5	1	4	2
10	5	5	5	1	5	3	1	3	3	4	4	2	5	4	1	2	3	4	2	4	5	1	2	3	1
11	1	3	1	4	1	5	2	2	4	5	3	1	4	5	2	4	4	5	3	3	1	2	3	2	5
12	4	4	2	5	2	1	3	5	5	1	2	5	3	3	3	5	2	1	4	1	2	3	4	1	4
13	5	3	3	2	2	2	5	1	1	2	1	4	2	4	4	3	1	4	1	5	3	4	5	5	3
14	3	1	4	3	4	4	4	2	2	3	5	3	1	1	5	1	5	3	5	3	4	5	1	4	2
15	2	4	3	1	5	3	5	1	3	4	4	2	5	2	2	5	3	4	4	4	5	1	2	3	1
16	1	2	3	4	5	1	3	5	2	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
17	5	1	2	3	4	2	4	1	3	5	3	4	1	2	3	4	5	3	1	2	5	1	5	4	5
18	4	5	1	2	3	3	5	2	4	1	2	3	2	3	5	5	1	4	4	4	1	2	3	5	1
<i>Заняття II</i>																									
1	1	2	3	4	5	1	3	5	2	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2	5	1	2	3	4	2	4	1	3	5	3	4	1	2	3	4	5	3	1	2	5	1	5	4	5
<i>Заняття III</i>																									
1	3	4	5	1	2	4	1	3	5	2	5	1	3	4	1	1	2	2	5	5	2	3	4	3	4
2	2	3	4	5	1	5	2	4	1	3	1	5	5	1	2	4	2	1	2	3	3	4	3	4	5
<i>Заняття IV</i>																									
1	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1
3	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2
4	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3
5	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
6	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
7	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6
<i>Заняття V</i>																									
1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
2	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3
<i>Заняття VI</i>																									
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	2	8	7	6	5	4	3	2	1	5	3	7	6	4	8	9
<i>Заняття VII</i>																									
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	5	10	3	7	10	6	4	5	10	2	3	7	8	9	2

Навчальне видання

Методичні вказівки до самостійного вивчення, практичних занять та виконання контрольної роботи з дисципліни «Водопостачання та водовідведення» (для студентів 3-4 курсів усіх форм навчання напрямів 0921 (6.060101) «Будівництво», спеціальностей «Промислове і цивільне будівництво», «Міське будівництво та господарство» та слухачів другої вищої освіти).

Укладачі: **Гуцал Ірина Олексіївна,**
Благодарна Галина Іванівна

Редактор: *М. З. Аляб'єв*

Комп'ютерне верстання: *Ю. П. Степась*

План 2009, поз. 142 М

Підп. до друку 04.12.2009 р.

Формат 60x84 1/16

Друк на ризографі

Ум. друк.арк. 4,9

Тираж 50 пр.

Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 731 від 19.12.2001