

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра екології

С. С. Душкін

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять і самостійної роботи студентів

з навчальної дисципліни

«ВОДОПОСТАЧАННЯ, ВОДОВІДВЕДЕННЯ І ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ»

для студентів напряму підготовки
101 «Екологія»

Харків ХНАДУ 2025

УДК 628.1-3

ББК

Методичні вказівки з дисципліни «Водопостачання, водовідведення і покращення якості води» / укладач Душкін Станіслав Сергійович: Методичні вказівки. Харків: ХНАДУ – 67 с.

Методичні вказівки розроблено відповідно вимог освітньо-професійної програми «Екологія та охорона навколишнього середовища» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 101 Екологія під навчальне аудиторне навантаження 24 години (12 практичних занять).

Зміст практичних занять відповідає робочій програмі навчальної дисципліни ОК 34 «Водопостачання, водовідведення і покращення якості води» 2021 р.

Мова навчання – державна

Душкін С.С., 2025

ХНАДУ, 2025

ЗМІСТ

Пз1. Оцінка якості природної води.....	4
Пз2. Моніторинг поверхневих вод.....	15
Пз3. Трасування міських інженерних мереж.....	18
Пз4. Визначення розрахункових витрат води окремими категоріями споживачів.....	24
Пз5. Розрахунок води на комунальні потреби міста.....	26
Пз6. Розрахунок витрат води промпідприємствами.....	27
Пз7. Розрахунок водопровідної мережі.....	29
Пз8. Гідравлічний розрахунок кільцевої водопровідної мережі.....	32
Пз9. Розрахунок п'єзометричних напорів водопровідної мережі.....	40
Пз10. Побудова лінії п'єзометричного тиску.....	48
Пз11. Деталювання основних вузлів водопровідної мережі.....	50
Пз12. Розрахунок зон санітарної охорони водозабору питних вод.....	64

Практичне заняття №1

Тема заняття «Оцінка якості природної води»

План

- 1 Порівняння основних вимог щодо якості води, що рекомендуються ВООЗ, з регламентованими на території України, ЄС та США
- 2 Вивчення фізичних показників якості води
- 3 Дослідження хімічного складу води
- 4 Основні бактеріологічні показники забруднення води
- 5 Оцінка якості води з погляду екологічної безпеки

1 Порівняння основних вимог щодо якості води, що рекомендуються ВООЗ, з регламентованими на території України, ЄС та США

Коротка інформація:

Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ). Всесвітня Організація Охорони здоров'я ([World Health Organization](http://www.who.int)) – це спеціалізована установа Організації Об'єднаних Націй, основна функція якої полягає у вирішенні міжнародних проблем охорони здоров'я та охорони здоров'я населення. «Керівництво з контролю якості питної води», випущене цією організацією у 1984 році (переглянуте та доповнене у 1992 році) є основним стандартом, на підставі якого розробляються нормативи інших держав. Рекомендації ВООЗ з'явилися результатом багаторічних фундаментальних досліджень і засновані на понятті *добового споживання, що Переноситься (ПДС)*.

ПДС – це кількість речовини в їжі або воді в перерахунку на масу тіла (мг/кг або мкг/кг), яка може споживатись щодня протягом усього життя без помітного ризику для здоров'я.

Агентство з охорони навколишнього середовища США (USEPA) . Агентство з охорони навколишнього середовища США (US Environment Protection Agency) – урядова установа США, завданням якої є захист здоров'я населення та охорона навколишнього середовища. Цим агентством було розроблено федеральний стандарт якості питної води США. Даний стандарт включає два розділи: [National Primary Drinking Water Regulations](#) – це обов'язковий для дотримання стандарт, що об'єднує на сьогоднішній день 79 параметрів (органічні та неорганічні домішки, радіонукліди, мікроорганізми), потенційно небезпечних для здоров'я людини; [National Secondary Drinking Water Regulations](#) – стандарт, що має рекомендаційний характер і включає перелік із 15 параметрів, перевищення нормативів за якими може погіршити споживчі якості води. Цікавою особливістю американського стандарту є те, що в ньому з 1986 року за кожним параметром встановлено два нормативи Maximum Contaminant Level Goal (MCLG) та Maximum Contaminant Level (MCL). Перший із них – MCLG – є той максимальний рівень, у якому дана речовина гарантовано не надає шкідливого впливу організм людини. Суворе дотримання цього рівня є обов'язковим. Це ніби мета, якої слід прагнути. MCL – це обов'язкова дотримання величина, що є гранично допустимий рівень за

кожним параметром якості води.

Директива Європейського Співтовариства (European Community, EC), що стосується «якості води, призначеної для споживання населенням» (80/778/EC), була прийнята Європейською Радою 15 липня 1980 року. Найбільш відомий під назвою «Директива з питної води» ([Drinking Water Directive](#)), цей документ ліг в основу водного законодавства країн Євросоюзу. У Директиві нормуються 66 параметрів якості питної води, розбиті на кілька груп (органолептичні показники; фізико-хімічні параметри; речовини, присутність яких у воді у великих кількостях небажана; токсичні речовини, мікробіологічні показники та параметри пом'якшеної води, призначеної для споживання). ЄС встановлює для більшості параметрів два рівні гранично допустимої концентрації:

- Рівень G – це довгострокова мета, яку країнам ЄС бажано досягти у перспективі.
- Рівень I – це обов'язковий до виконання всіма країнами порядок величин, визначальних якості води.

У Директиві ці норми закріплені як величин МАС (Maximum Admissible Concentration) для кожного параметра. Законодавство країн ЄС має встановлювати норми якості води не гірше за величину МАС.

2 Вивчення фізичних показників якості води

Визначення температури

Температура води має велике фізіологічне та гігієнічне значення. Найбільш сприятливою для питної води є температура від +7 °С до +12 °С. Також температура розглядається як показник санітарного стану водойми. Висока температура води в колодязі влітку і низька взимку говорить про поверхнєве розташування ґрунтової води, а отже, велику можливість її забруднення ззовні. Підвищена температура води сприяє розмноженню сапрофітів. Температура питної води повинна бути постійною, оскільки сталість температури води у водоймі вказує на відсутність припливу до неї поверхневих, забруднених вод.

Визначення запаху

Характер та інтенсивність запаху визначають органолептично. Характер запаху визначають за відчуттям запаху, що сприймається. Розрізняють дві групи запахів: запахи природного та штучного походження. Запахи природного походження обумовлені організмами, що живуть і відмирають у воді, впливом берегів, дна, ґрунтів, ґрунтів. Так, присутність у воді рослинних залишків надає їй землястий, мулистий або болотяний запах. Якщо вода цвіте, і у ній містяться продукти життєдіяльності актиноміцетів, вона має ароматичний запах. Наявність сірководню надає воді запаху тухлих яєць.

При гнитті органічних речовин у воді чи забрудненні її нечистотами виникає гнильний, сірководневий чи фекальний запах. Зазвичай характер запаху води описується наступними термінами: ароматичний (огірковий, квітковий); болотяний (кислий, тинистий); гнильний (фекальний, стічний); деревний, землястий, пліснявий, рибний, сірководневий, трав'янистий,

невизначений.

Запахи штучного походження виникають при забрудненні води промисловими та сільськогосподарськими стічними водами. Їх характер визначають за назвою речовин, запах яких вони представляють: фенольний, камфорний, аптечний, хлорний, металевий.

Смак та присмак води

Питна вода має бути приємною, мати освіжаючий смак без будь-якого стороннього присмаку. Смак води залежить від мінерального складу води, її температури та розчинених газів.

Органолептичним методом визначають характер та інтенсивність смаку та присмаку. Розрізняють чотири основні смакові відчуття: солоне, кисле, солодке, гірке. Всі інші види смакових відчуттів називаються присмаками (лужний, металевий, хлорний, терпкий і т.д.).

Визначення смаку води виробляють тільки в незараженій або чистій воді при температурі $+ 20^{\circ}\text{C}$. У сумнівних випадках воду піддають кип'ятінню протягом 5 хвилин з подальшим охолодженням. Досліджувану воду набирають у рот малими порціями, не ковтаючи, затримують 3-5 секунд.

Інтенсивність смаку та присмаку оцінюють за 5-бальною системою: 0 балів – немає смаку; 1 бал – дуже слабкий; 2 бали – слабкий; 3 бали – помітний; 4 бали – чіткий; 5 балів – дуже сильний.

Інтенсивність смаку та присмаку має бути не більше 2 балів, а при хлоруванні – не перевищувати 1 бал.

Гігієнічне значення визначення запахів та присмаків полягає в тому, що при їх інтенсивності понад 2 бали обмежується водоспоживання, інтенсивність природних запахів та присмаків понад 2 бали свідчить про наявність у воді біологічно активних речовин, штучні запахи та присмаки можуть бути показниками забруднення води стічними водами.

Визначення прозорості

Прозорість води є важливою ознакою її доброякісності. Прозорість залежить від вмісту у воді механічних завислих речовин (каламутність), хімічних домішок, солей заліза. Цвітіння водойм веде також до зниження прозорості води. Питна вода має бути прозорою. Мутна, непрозора вода є неестетичною і завжди підозріла в епідеміологічному відношенні, тому що в каламутній воді створюються оптимальні умови для розмноження мікроорганізмів.

Хід визначення. Визначення прозорості здійснюється на місці відбору проб води. Досліджувану воду після збовтування наливають у циліндр Снеллена, відградуваний по висоті в сантиметрах, з прозорим плоским дном і тубус для випуску води, що має у своїй основі, на який одягнена гумова трубка з затискачем. Циліндр ставлять з відривом 4 див від дна до друкованого шрифту Снеллена, дивляться зверху вниз через товщу води. Якщо шрифт не видно, випускають через нижню трубку воду доти, доки не визначиться чітко шрифт. Висота цієї товщі води у сантиметрах визначає ступінь прозорості води.

Мінімально допустима прозорість питної води – не менше 30 см за

шрифтом Снеллена. Вода з прозорістю від 20 до 30 см – слабо каламутна, від 10 до 20 см – каламутна, до 10 см дуже каламутна.

Визначення каламутності

Визначення каламутності виробляють пізніше 24 годин після відбору проби води. Мутність води пов'язана з присутністю в ній твердих частинок, що знаходяться у різному ступені дисперсності у вигляді завислих речовин і не повинна перевищувати 1,5 мг/дм³. Мутність води визначають фотометричним шляхом порівняння проб води, що досліджується, зі стандартними суспензіями.

Визначення кольоровості

Питна вода має бути безбарвною. Кольоровість природної води обумовлена наявністю в ній гумінових речовин, що утворюються в результаті розкладання рослинних решток, що надає воді жовтуватий відтінок. Забарвлення воді можуть надавати сполуки заліза (жовто-зелене фарбування), квітучі водорості, завислі речовини. Вода може набувати невластивих їй відтінків у результаті забруднення стічними водами різних промислових підприємств та інших. У разі забарвлення води позначають не як “кольоровість” води, бо як “колір” і визначення кольоровості не виробляють.

Принцип методу. Кольоровість визначають фотометрично в градусах шляхом порівняння проб досліджуваної рідини зі стандартами, що імітують колір природної води і повинна бути не більше 20⁰.

Визначення сухого залишку

Величина сухого залишку характеризує загальний вміст розчинених у воді нелетких мінеральних та частково органічних речовин, що впливають на органолептичні показники води.

Загальна кількість солей повинна бути не вищою за 1000 мг/дм³, в окремих випадках допускається використання води із сухим залишком до 1500 мг/дм³. Воду із сухим залишком до 1000 мг/дм³ називають прісною, понад 1000 мг/дм³ – мінералізованою.

Гігієнічне значення цього показника полягає в тому, що води, що містять підвищені кількості мінеральних солей, не придатні для пиття, оскільки мають солоний або гіркий смак, а їх вживання призводить до несприятливих фізіологічних відхилень в організмі. Слабомінералізована вода (нижче 50-100 мг/дм³) неприємна на смак, містить мало мікроелементів і може призвести до несприятливих фізіологічних зрушень в організмі.

3 Дослідження хімічного складу води

Вода різних джерел відрізняється відомою сталістю. Поява у воді вододжерела нових сполук або підвищення концентрації солей, що містяться в ній, вказує на можливе забруднення його за рахунок спуску промислових, сільськогосподарських або побутових стічних вод. Вода господарсько-питного призначення відповідає гігієнічним вимогам, якщо вона має постійний хімічний склад, концентрації мінеральних та органічних речовин не перевищують гранично допустимих, немає непрямих показників її забруднення, відсутні отруйні речовини.

Визначення рН води

Реакція води обумовлена концентрацією водневих іонів та позначається символом рН (водневий показник). З метою отримання орієнтовного ставлення до хімічному складі води у ній попередньо визначають реакцію, чи її кислотність і лужність. Природна вода зазвичай має слаболужну реакцію. Збільшення лужності свідчить про забруднення її чи цвітіння водойми. Кисла реакція води відзначається за наявності гумінових речовин або проникнення промислових стічних вод. Активна реакція (рН) питної води має бути 6,0-9,0. Для визначення рН води користуються спеціальним приладом-іонометром, шкала якого проградуєвана одиницях рН.

Визначення жорсткості води

Жорсткість води визначається кількістю розчинених у ній солей вугільної, сірчаної, хлороводневої, форфорної, азотної кислот, головним чином кальцію та магнію. У деяких випадках жорсткість води обумовлена присутністю солей калію, натрію, заліза (II), марганцю (II), алюмінію.

Практично розрізняють три види жорсткості: загальну, усуну та постійну. Загальна жорсткість – це жорсткість сирової води, обумовлена всіма сполуками кальцію та магнію (іноді заліза та марганцю), незалежно від того, з якими аніонами вони пов'язані. Постійна жорсткість - жорсткість води після кип'ятіння. Вона обумовлена присутністю сульфатів та хлоридів кальцію, заліза, магнію, калію, натрію, тобто. солей, що не дають осаду під час кип'ятіння. Усувна жорсткість обумовлена наявністю у воді гідрокарбонатів кальцію $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ менше магнію $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, які усуваються при кип'ятінні, осідають на стінках судин у вигляді накипу (CaCO_3 , MgCO_3). Таким чином, усунна жорсткість є частиною загальної жорсткості, яку можна обчислити по різниці між загальною та постійною жорсткістю. Карбонатна жорсткість обумовлена присутністю у воді карбонатів та гідрокарбонатів кальцію та магнію (іноді калію, натрію, алюмінію, марганцю, заліза). При кип'ятінні гідрокарбонати кальцію та магнію розкладаються. Карбонати кальцію і магнію, що утворюються, випадають в осад, і тому вода втрачає частину жорсткості. Лужність природних вод обумовлюється вмістом у ній гідрокарбонатів та карбонатів лужноземельних металів (Ca, Mg, K, Na) та інших солей слабких кислот. Практично - це усунна жорсткість. Лужність води має значення для процесу коагуляції води під час її очищення.

Жорсткість води залежить також від хімічного складу ґрунту, якою проходить вода, вмісту у ній оксиду вуглецю, ступеня забруднення її органічними речовинами. Жорсткість води вимірюється або в мг-екв/дм³ або в градусах. За рівнем жорсткості вода буває: м'яка, якщо загальна жорсткість до 10⁰ або до 3 мг-екв/дм³; середньої жорсткості, якщо загальна жорсткість до 20⁰ або до 7 мг-екв/дм³ жорстка, якщо загальна жорсткість до 40⁰ або до 14 мг-екв/дм³; дуже жорстка, якщо загальна жорсткість її вище 400 або вище 14 мг-екв/дм³.

Для переведення градусів жорсткості мг-екв/дм³ необхідно кількість градусів розділити на коефіцієнт - 2,8; для переведення мг-екв/дм³ градуси жорсткості необхідно мг-екв/дм³ помножити на коефіцієнт - 2,8

Визначення окислюваності води

Окислюваність води – це кількість кисню в міліграмах, що витрачається на хімічне окислення органічних та неорганічних (солі заліза, сірководень, амонійні солі, нітрати та ін) речовин, що містяться в 1 л води. Підвищена окисність може вказувати на забруднення води. Найменшу окислюваність - (1-2 мг/дм O₂) мають глибокі підземні води. У ґрунтових водах окислюваність становить 2–4 мг/дм³, причому вона тим більша, чим вища кольоровість води. У воді відкритих водойм окислюваність вище 5–6 мг/дм³ O₂ у річках і 5–8 мг/дм³ O₂ у водосховищах.

Визначення хлоридів

Гігієнічне значення хлоридів визначається їх походженням. Великий вміст хлоридів можливий при проходженні водоносного горизонту через солончакові ґрунти, забруднення води стічними водами. Відповідно до нормативів вміст хлоридів у воді не повинен перевищувати 350 мг/дм³. Вміст хлоридів у воді понад 350 мг/дм³ надає воді солоного смаку. Значний вміст хлоридів, аміаку, висока окислюваність у поєднанні з несприятливими бактеріологічними показниками вказують на санітарне неблагополуччя вододжерела.

Визначення сульфатів

Сульфати в кількостях, що перевищують 500 мг/дм³ надають воді гіркувато-солонуватий смак, при концентрації 1000-1500 мг/дм³ несприятливо впливають на шлункову секрецію, можуть викликати диспепсичні явища. У водопровідній воді вміст сульфатів має перевищувати 500 мг/дм³.

Визначення заліза

У воді можуть бути сполуки заліза (II) і заліза (III). Великі кількості розчиненого у воді заліза не шкідливо впливають на здоров'я людей, але така вода непридатна для господарсько-побутових цілей. Підвищений вміст заліза викликає фарбування, помутніння, надає воді запаху сірководню, неприємного чорнильного присмаку, а в поєднанні з гуміновими сполуками – болотного присмаку. Колонії залізобактерій можуть закупорити просвіт трубопроводів. Вода з підвищеним вмістом заліза не придатна для використання у ряді галузей промисловості. Санітарними нормами встановлено для води водопроводів ГДК заліза, що дорівнює 0,3 мг/дм³.

Аміак, нітрити та нітрати у воді

Оцінюючи якість води враховуються значення хімічних показників забруднення води органічними речовинами, якими є вміст аміаку, нітритів і нітратів.

Аміак є початковим продуктом розкладання органічних азотовмісних речовин. Тому при централізованому водопостачанні його вміст у воді категорично неприпустимий. Наявність аміаку у воді в кількостях, що перевищують 0,1 мг/дм³ при місцевому водопостачанні, у багатьох випадках розцінюється як показник небезпечного епідеміологічному відношенні свіжого забруднення води органічними речовинами тваринного походження. Іноді, особливо у глибоких підземних водах, можлива присутність аміаку, що утворився за рахунок відновлення нітратів за відсутності кисню. У цьому

випадку аміак не вказує на недоброякісність води. Не є показником органічного забруднення підвищений вміст аміаку в болотистих та торф'яних водах (аміак рослинного походження).

Показником давнішого забруднення є солі азотистої кислоти – нітрити, які є продукти окислення аміаку під впливом мікроорганізмів у процесі нітрифікації. Під час централізованого водопостачання нітрити не допускаються у воді. При місцевому водопостачанні наявність нітритів у кількостях, що перевищують $0,002 \text{ мг/дм}^3$ свідчить про можливе забруднення води органічними азотовмісними речовинами біологічного походження.

Солі азотної кислоти – нітрати – кінцеві продукти мінералізації органічних азотовмісних речовин. Наявність у воді нітратів без аміаку та солей азотистої кислоти вказує на завершення процесу мінералізації і при високому їх вмісті у воді свідчать про давнє забруднення її. Одночасний вміст у воді всіх трьох компонентів – аміаку, нітритів та нітратів – свідчить про незавершеність процесу мінералізації та небезпечне в епідеміологічному відношенні забруднення води. Підвищений вміст нітратів у воді може бути мінерального походження за рахунок розчинення ґрунтових солей, наприклад, селітри. Допустимий вміст нітратів у воді при централізованому водопостачанні – 10 мг/дм^3 при місцевому – 20 мг/дм^3 .

Показником органічного забруднення води також є біохімічне споживання кисню – БСК. БСК_{повн.} – кількість кисню, витрачається повне біохімічне (з участю мікроорганізмів) окислення органічних речовин у 1 л води за нормальної температури $+ 20^{\circ} \text{C}$.

Фториди у воді. Гігієнічне значення фтору у питній воді

Особливе місце в дослідженні хімічного складу води займає вміст фторидів у воді. Фтор належить до мікроелементів, що мають виражену біологічну дію. За його участю здійснюються процеси мінералізації у тканинах зубів та кісток. Особливо виражений вплив він впливає на клітини, що у формуванні емалі. Тому при споживанні води з малим вмістом фтору порушуються процеси нормальної мінералізації зубів і, як наслідок, серед населення відзначається підвищена захворюваність на карієс зубів. При споживанні води з високим вмістом фтору значно посилені процеси мінералізації зубів та кісток, і виникає інша специфічна патологія – флюороз зубів та кісток.

Вміст фтору в природних джерелах води

Атмосферні води здебільшого містять малі концентрації фтору – $0,05\text{--}0,1 \text{ мг/дм}^3$. Ці води рідко використовуються для питного водопостачання. Однак вони відіграють важливу роль у формуванні поверхневих (відкритих) вододжерел.

Поверхневі (відкриті) води, що є основними джерелами водопостачання великих водопроводів, містять фтор у більших кількостях, ніж атмосферні води. Однак у більшості поверхневих вод вміст фтору також нерідко невеликий, не перевищує, як правило, $0,5 \text{ мг/дм}^3$.

Підземні води містять фтору значно більші кількості, ніж попередні вододжерела. У ґрунтових водах вміст фтору досягає $1\text{--}1,5 \text{ мг/дм}^3$ хоча у

більшості становить до 0,5 мг/дм³.

Гігієнічні нормативи фтору у питній воді. ГДК фтору в питній воді встановлено на рівні 1,5 мг/дм³. З огляду на те, що водоспоживання залежить від клімато-географічних умов місцевості, при організації фторування води вибір дози фтору здійснюється залежно від кліматичних районів. Відповідно до нормативів при фторуванні води постійною дозою вміст у ній фтору має бути в I та II кліматичних районах 1,5 мг/дм³, у III кліматичному районі – 1,2 мг/дм³ та IV кліматичному районі – 0,7 мг/дм³.

Фторування води здійснюють при концентрації фтору у джерелі господарсько-питного водопостачання менше 0,6-0,5 мг/дм³ та ураженості карієсом зубів понад 25-30% населення.

Для фторування питної води застосовують фторид натрію NaF, кремнефтористий натрій Na₂SiF₆ або кремнефтористий амоній (NH₄)₂SiF₆, які мають високу протикаріозну дію. Фторвмісні реагенти додають у воду у вигляді сухої речовини або розчину.

Оптимальною концентрацією фтор-іону (до якої доводять при штучному фторуванні води) вважають 70-80% ГДК, тобто. для I-го району – 1,1 мг/дм³, II-го району – 1,0 мг/дм³, III-го – 0,9 мг/дм³, IV-го – 0,6 мг/дм³.

Принцип методу визначення фтору у питній воді та оцінка результатів визначення. Принцип методу визначення фтору у воді ґрунтується на здатності фторид-іонів утворювати з цирконієм безбарвний комплекс (ZrF₆). Азаринсульфонова кислота, що звільняється, сприяє появі жовтого кольору. При цьому червоне забарвлення, властиве азарін-цирконієвому лаку, у міру утворення безбарвного комплексу з фтором, що міститься у воді, переходить у жовті тони. Визначення може проводитись фотометрично та візуально. Вміст фтору 0,5 мг/дм³ і нижче оцінюється як низький, 1,5 мг/дм³ – гранично допустиме, більш високий вміст фтору у воді є підставою для недопущення вживання води для питних цілей за умови тривалого водокористування без попереднього обесфторивання води.

4 Основні бактеріологічні показники забруднення води

З епідеміологічної точки зору при оцінці води мають значення переважно патогенні мікроорганізми. Однак на сучасному етапі дослідження води на присутність у ній патогенних мікроорганізмів, а тим більше вірусів є трудомістким процесом. У оцінці якості води практично широко використовуються непрямі показники забруднення води. При цьому вважається, що чим менша вода забруднена сапрофітами, тим менш небезпечна вона в епідеміологічному відношенні.

До бактеріологічних показників забруднення води відносяться: коли-титр, коли-індекс та мікробне число (або рахунок колоній).

Коли - титр - то найменша кількість води, в якому виявляється одна кишкова паличка. Чим нижче коли-титр, тим значніше фекальнатемпе забруднення. У нормі при централізованому водопостачанні коли-титр – 330, при місцевому – 100.

Коли-індекс – кількість кишкових паличок в одному літрі води. У нормі

за централізованого водопостачання колі-індекс – 3, при місцевому водопостачання –10.

Мікробне число (або рахунок колоній) - це кількість колоній, що виростають при сівбі 1 мл досліджуваної води на м'ясо-пептонний агар після 24 годин вирощування при температурі +37 °С.

Мікробне число характеризує загальну бактеріальну обсімененість води. У нормі за централізованого водопостачання мікробне число (або рахунок колоній) – 100, при місцевому – 300–400.

Експериментальні дослідження показали, що кишкова паличка більш стійка до дезінфікуючих агентів, ніж збудники кишкових інфекцій, туляремії, лептоспірозу та бруцельозу, і тому може служити не лише показником забруднення води, а й індикатором надійності її знезараження, наприклад, на водопроводі.

5 Оцінка якості води з погляду екологічної безпеки

Водні об'єкти вважаються придатними для господарсько-питного водопостачання:

- не порушуються загальні вимоги до складу та властивостей води для питного водопостачання;
- виконуються умови $C \leq \text{ПДК}$,
де C – вміст домішок у водному об'єкті, г/м³

$$\sum \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1 \quad (1.1)$$

де C_i і ПДК_i - відповідна концентрація домішок, що лімітуються.

Гігієнічні вимоги, які визначають придатність води для питних цілей, включають:

- безпека в епідеміологічному відношенні;
- нешкідливість хімічного складу;
- сприятливі органолептичні властивості;
- радіаційну безпеку.

Концентрація домішок води, що лімітують, визначається на підставі даних лабораторного аналізу, а ПДК згідно з нормативними документами, для України це ДержСанПіН.

Приклади розв'язання задач

Завдання 1. При аналізі проби води, взятої з водоносного горизонту, отримані наступні результати: запах 1 бал, каламутність 1,2 мг/дм³ кольорова 8 град., Активна реакція (рН) 7,6, жорсткість загальна 3,4 мг -екв/дм³ вміст кальцію 36,8 мг/дм³ міді 19,8 мг/дм³; залізо загальне 0,22 мг/дм³, хлор 7 мг/дм³, сульфати 30 мг/дм³ сухий залишок 140 мг/дм³. Чи можна використовувати цю воду для водопостачання, і чи достатньо обсягу виконаного аналізу для такої оцінки?

Відповідь: За всіма наведеними показниками якість води джерела задовольняє вимогам СанПіН України, однак на підставі цих даних висновок

про придатність води для питних цілей зробити не можна, тому що не виконані бактеріологічні аналізи; не визначено концентрацію фтору, наявність якого у воді обов'язкова і строго нормована; немає санітарно-токсикологічного аналізу.

Завдання 2. Визначити, чи придатна вода для питних цілей, якщо вона задовольняє вимогам СанПіНу за органолептичними та бактеріологічними показниками, а в речовинах, нормованих за санітарно-токсикологічними показниками шкідливості, виявлені іони свинцю $[Pb^{2+}]$ 0,0085 мг/дм³ $[Sr^{2+}]$ 0,9 мг/дм³ молібдену $[Mo^{+}]$ 0,01 мг/дм³ ?

Відповідь: Концентрація свинцю, стронцію та молібдену не перевищує норм, встановлених СанПіНом України, однак для обліку кумулятивної (загальної) дії сполук перелічених елементів потрібно провести розрахунок за формулою (1.1).

$$\sum \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1 \quad , \quad \frac{0,0085}{0,01} + \frac{0,9}{7} + \frac{0,01}{0,07} = 1,252 > 1$$

Сума відношення концентру цій кожної з речовин, до відповідної ГДК, більше одиниці, отже така вода непридатна для питних цілей.

Завдання для вирішення

Завдання 1. Складіть таблицю порівняльних характеристик *відмінних* показників епідеміологічної безпеки питної води, що нормуються в Україні згідно з ГОСТ 2874-82, ДСТУ 7525:2014 та СанПіН 2.2.4-171-10.

Завдання 2. Складіть таблицю порівняльних характеристик *відмінних* показників санітарно-хімічної безпеки питної води, що нормуються в Україні згідно з ГОСТ 2874-82, ДСТУ 7525:2014 та СанПіН 2.2.4-171-10.

Завдання 3. Складіть таблицю порівняльних характеристик *відмінних* показників радіаційної безпеки питної води, що нормуються в Україні згідно з ГОСТ 2874-82 та СанПіН 2.2.4-171-10.

Завдання 4. Складіть таблицю порівняльних характеристик *відмінних* показників фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води, що нормуються в Україні згідно з ГОСТ 2874-82 та СанПіН 2.2.4-171-10.

Завдання 5. При аналізі проби води, взятої з водоносного горизонту, отримані такі результати: запах 2 бали, каламутність 2,2 мг/дм³ кольорова 5 град., рН 7,2, загальна жорсткість 4,4 мг-екв/дм³ вміст кальцію 30,8 мг/дм³ міді 15,8 мг/дм³; залізо загальне 0,25 мг/дм³, хлор 7 мг/дм³, сульфати 20 мг/дм³ сухий залишок 100 мг/дм³. Чи можна використовувати цю воду для водопостачання, і чи достатній обсяг виконаного аналізу для такої оцінки стану поверхневих

Завдання 6. Визначити, чи придатна вода для питних цілей, якщо вона задовольняє вимогам СанПіНу за органолептичними та бактеріологічними показниками, а в речовинах, нормованих за санітарно-токсикологічними показниками шкідливості, виявлені іони свинцю $[Pb^{2+}]$ 0,009 мг/дм³, $[Sr^{2+}]$ 0,8 мг/дм³, молібдену $[Mo^{2+}]$ 0,015 мг/дм³ ?

Контрольні питання:

1. Якими документами нормуються вимоги щодо якості питної води в Україні?
2. За якими критеріями оцінюється якість води з погляду екологічної безпеки?
3. Назвіть заходи, що покращують екологічний стан поверхневих джерел водопостачання.
4. Що таке і чим відрізняються поняття ГДК та ПДК?
5. Що таке кратність розведення та на що вона впливає?
6. У чому полягає контроль за станом води в поверхневих та підземних джерелах водопостачання?
7. За якими показниками нормують якість води?
8. З яких показників визначають придатність тієї чи іншої джерела для водопостачання?
9. Назвіть закордонні вимоги щодо якості питної води (рекомендації ВООЗ (ООН), вимоги Агентства з охорони навколишнього середовища (США), Директиви ЄС (Євросоюз)).

Практичне заняття №2

Тема заняття «Моніторинг поверхневих вод»

План

1. Ознайомлення з системами глобального моніторингу
 - 1.1 Ініціатива ООН з комплексного моніторингу водних ресурсів
<https://www.unwater.org/our-work/integrated-monitoring-initiative-sdg-6>
 - 1.2 Глобальна база даних якості прісної води GEMStat <https://gemstat.org/>
 - 1.3 Дії з управління водними ресурсами
<https://unepdhi.org/action-areas/water-management-action/>
 - 1.4 Глобальний моніторинг озер (водосховищ): стан водних об'єктів світу
<https://cascade.dhigroup.com/>
 - 1.5 Портал про повені та посухи
<https://www.flooddroughtmonitor.com/home>
 - 1.6 Глобальна база даних озер та водно-болотних угідь
<https://www.worldwildlife.org/pages/global-lakes-and-wetlands-database>
2. Державний моніторинг вод України
 - 2.1 Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод
 - 2.2 Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України
 - 2.3 МЕТОДИКА віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод, а також віднесення штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод

Моніторинг поверхневих вод

Державний моніторинг вод здійснюється з метою забезпечення збирання, обробки, збереження, узагальнення та аналізу інформації про стан водних об'єктів, прогнозування його змін та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень у галузі використання, охорони вод та відтворення водних ресурсів.

З 2019 року в Україні введено європейські підходи щодо здійснення моніторингу вод відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви.

[Постановою Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758 затверджено новий Порядок здійснення державного моніторингу вод.](#)

Порядком визначено чіткий розподіл обов'язків між суб'єктами моніторингу без дублювання повноважень, введено нові показники моніторингу, які в Україні досі не вимірювалися – пріоритетні, гідроморфологічні та біологічні.

Залежно від цілей та завдань державного моніторингу вод встановлюються такі процедури:

- процедура діагностичного моніторингу масивів поверхневих та підземних вод;
- процедура операційного моніторингу масивів поверхневих та підземних вод;
- процедура дослідницького моніторингу масивів поверхневих вод;
- процедура моніторингу морських вод.

Діагностичний, операційний та дослідницький моніторинг здійснюється за басейновим принципом.

[Нова система моніторингу вод передбачає шестирічний цикл моніторингу та класифікацію стану вод за 5 класами екологічного стану і 2 класами хімічного стану.](#)

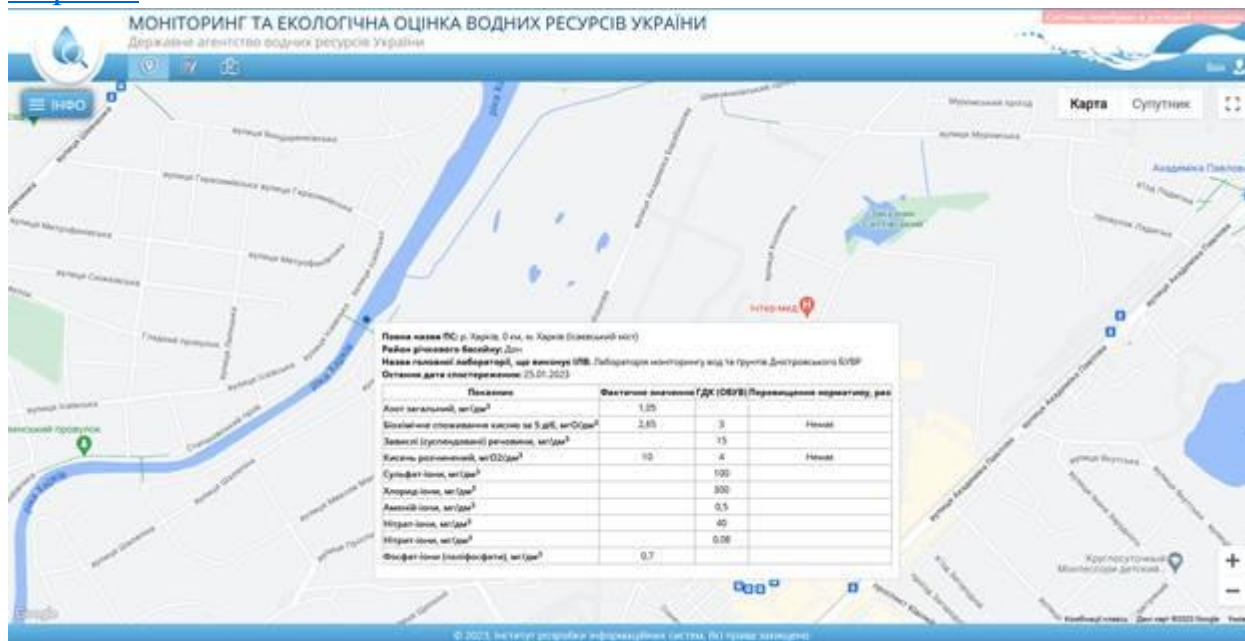
Для здійснення державного моніторингу вод готуються відповідні програми державного моніторингу вод.

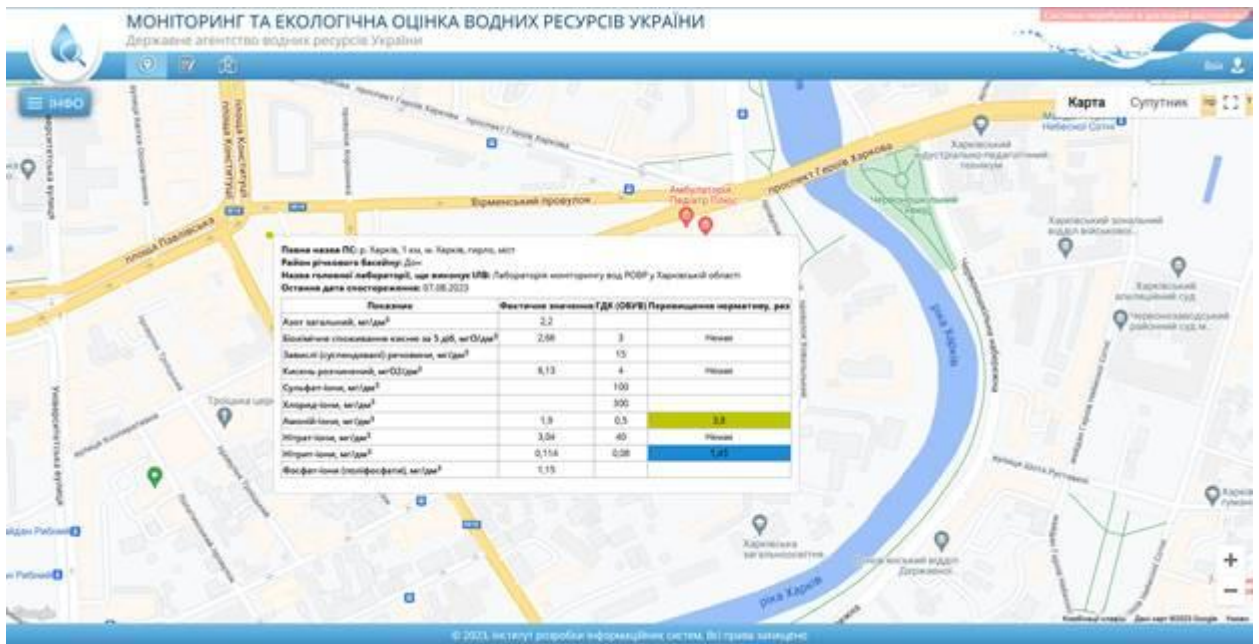
Підготовлено програми діагностичного моніторингу для басейнів Дністра, Дунаю, Вісли, Дону, Приазов'я, Причорномор'я, Південного Бугу, Дніпра суббасейну середнього Дніпра, Дніпра суббасейну нижнього Дніпра, Дніпра верхнього Дніпра та р. Десна.

Відповідно до нових вимог Держводагентством здійснюється трансформація існуючої системи моніторингу з розподілом функцій між існуючими лабораторіями та уникнення їх дублювання.

Для забезпечення виконання вимірювань пріоритетних забруднюючих речовин здійснюється облаштування 4 базових лабораторій – Західного (м. Івано-Франківськ), Східного (м. Слов'янськ), Північного (м. Вишгород) та Південного (м. Одеса) регіонів.

Результати проведених досліджень якості поверхневих вод можна переглянути на веб-ресурсі [«Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України»](#).





Завдання

1. Зробити стислий звіт про ознайомлення з глобальною системою моніторингу.
2. Знайти найближчий пост спостереження на річці за важим місцем проживання. Дати кратку характеристику.
3. За алгоритмом [Методики](#) визначте стан масиву поверхневих вод (річки завдання 2)

Практичне заняття №3

Тема заняття «Трасування міських інженерних мереж»

План

1. Трасування міських інженерних мереж
2. Способи прокладки підземних інженерних мереж

1 Трасування міських інженерних мереж

Підземні мережі за їх використанням можна розділити на магістральні (вуличні) і розподільні (мікрорайонні). До першої групи відносяться трубопроводи великих діаметрів магістральних і розводящих вуличних ліній. Друга група включає внутрішньомікрорайонні розводящі мережі, введення в будівлі і випуски.

При трасуванні підземних мереж необхідно прагнути до максимального скорочення протяжності мереж. Інженерні вузли потрібно по можливості розташовувати в центрі навантажень.

До мікрорайонних підземних мереж (розподільним комунікаціям), які слід передбачити в курсовій проекті, відносяться:

- водопровідні мережі і введення в будівлі для подачі води споживачам;
- каналізаційні мережі, обслуговуючі мікрорайон, включаючи випуски в міські колектори;
- мережі тепlopостачання від центрального теплового пункту до будівель;
- газопроводи низького тиску від газорегуляторного пункту до будівель.

На плані мікрорайону в загальноприйнятих умовних позначеннях наноситься схема мікрорайонних мереж і споруджень систем інженерного устаткування, прив'язана до магістральних мереж, розташованих на прилеглих до мікрорайону вулицях. Трасування інженерних мереж має бути вирішене найекономічніше - найкоротшим шляхом з використанням технічних підвалин будівель, з врахуванням рельєфу місцевості.

При проектуванні підземних інженерних мереж враховуються норми взаємного розташування трубопроводів і кабелів, глибина їх закладання і мінімальні допустимі відстані від мереж до будівель і споруд.

При прокладанні водопровідних труб в землі відстань до будівлі має бути не менше 5 м. Для забезпечення безперебійної подачі води в будівлі водопровідні мережі слід проектувати в мікрорайоні за кільцевою схемою, з установкою на мережі пожежних гідрантів. Передбачається не менше двох введень в мікрорайон, як правило, від різних магістральних комунікацій. Тупикова прокладка мереж допускається протяжністю до 200 м, тому що мікрорайонні мережі призначені як для господарських, так і для протипожежних потреб.

Пожежні гідранти на території мікрорайону розташовуються упродовж внутрішньомікрорайонних або внутрішньоквартальних проїздів або на відстані 2,5 м від краю проїжджої частини в смузї зелених насаджень, але не ближче 5 м від стін будівель. Відстань між пожежними гідрантами визначається відповідно до [В.2.5-74:2013](#) «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування». При неможливості розташувати водопровід на цій відстані від бортового каменя необхідно в смузї дороги передбачити пристрій

асфальтованих майданчиків, що забезпечують проїзд автомашин до колодязів з пожежними гідрантами.

Спорудження у мікрорайоні висотних будинків (понад 9 поверхів) потребує влаштування підвищувальної насосної установки (ПНУ). Ця установка забезпечує підвищення напору води для висотних будинків. Устаткування ПНУ, як правило, розміщують у будівлі ЦТП. У мікрорайоні допускається двозонне водопостачання. П'яти- і дев'ятиповерхові будинки забезпечуються водою з міської мережі (1 зона), а будинки, що мають більше 9 поверхів, отримують воду з більшим напором від ПНУ з мікрорайонної мережі (2 зона). На вводі водопроводу в технічні підвали будинків влаштовують водомірний вузол. При прокладці розвідних водопровідних ліній, по технічних підпіллях та прохідних «зчепленнях», водоміри встановлюють на кожному стояку. Можливе встановлення водомірів у кожній квартирі. Стояки водопроводу прокладають у нішах або відкрито у санітарних вузлах або ванних кімнатах.

Мережі каналізації проектується самопливними з врахуванням рельєфу місцевості. Каналізаційні випуски від будівель або від окремих секцій приєднуються через оглядові колодязі до внутрішньомікрорайонної мережі. Оглядові збірні залізобетонні колодязі діаметром 1м влаштовують на всіх випусках на відстані 3м від будинку. Можуть бути передбачені декілька з'єднань внутрішньомікрорайонних мереж каналізації з міською вуличною мережею. Найменший діаметр каналізаційних труб для внутрішньо-мікрорайонних мереж 150 мм.

Оглядові колодязі передбачаються в місцях приєднання, місцях зміни напрямку, ухилів і діаметрів трубопроводів; на прямих ділянках - на відстані залежно від діаметру труб: 150 мм - 35 м, 200-450 мм - 50 м.

Кожна секція житлового будинку має по одному випуску в дворову мережу господарсько-побутової каналізації, від комунальних будинків стоки відводяться по 2 випусках.

Згідно ДБН [В.2.5-75:2013](#) «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування» дворову мережу проектують паралельно будівлі. Відстань від стінки будівлі приймається не менше за 3 м для того, щоб під час проведення ремонтних робіт не пошкодити основу будівлі. Бокові приєднання і повороти траси необхідно здійснювати під кутом не менше 90°.

Дворову каналізацію слід прокладати з безнапірних керамічних труб за [ДСТУ Б В.2.5-57:2011](#) або азбестоцементних безнапірних труб за ДСТУ Б EN 588-1:2009. Дворова каналізація до міського колектору приєднується шелига у шелигу. Якщо вуличний каналізаційний колектор проходить на глибині більшій ніж нижня ділянка дворової мережі, то перепад вистою до 6м на трубопроводах діаметром до 500 мм включно, влаштовують в колодязях у вигляді вертикальних стояків з водобійним приямком, розташованих у робочій камері оглядового колодязя. Діаметр стояка повинен бути не меншим за діаметр підвідного трубопроводу. Глибина закладання трубопроводу від поверхні землі до низу труби у верхній диктуючій точці визначається за формулою:

$$h = h_{ном} - 0,3 + d, \text{ м} \quad (1)$$

де $h_{пром}$ - глибина промерзання землі, м

d – зовнішній діаметр труби.

Відстань між внутрішньоквартальними мережами систем водопостачання (в траншеях) і водовідведення приймається не менше за 1,5 м, а систем водопостачання (в каналах) і водовідведення - не менше за 1 м.

При пересіченні водопровідних труб з трубами водовідведення водопровідні мережі необхідно укладати вище за труби водовідведення не менш ніж на 0,4 м. Цієї умови можна не дотримуватися, якщо в місті пересічення труб водопровідна лінія укладена у металевий кожух на відстань 5–10 м в кожену сторону від пересічення.

Для приймання дощових і талих вод в місцях приєднання внутрішньо мікрорайонних проїздів і по всій довжині основної транспортної магістралі, у лотках проїзної частини дороги встановлюють дощеприймальні колодязі. Від них дощові води потрапляють до головного колектора зливової каналізації, що проходить під віссю дороги на зниженій території мікрорайону. Частота розміщення дощових колодязів залежить від ухилу дороги, на якій вони встановлюються, приймається за табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Частота розміщення дощових колодязів

Ухил вулиці	до 0,004	0,004-0,006	0,006-0,01	0,01-0,03
Відстань між дощовими колодязями, м	50	60	70	80

Джерелом тепла в мікрорайоні є центральний тепловий пункт (ЦТП), що отримує воду з температурою $t_n = 130-150^\circ\text{C}$ від ТЕЦ або районної котельні. ЦТП розміщується в окремій самостійній будівлі. Від джерела тепла до ЦТП перед- бачається двохтрубна теплова мережа, а від ЦТП до будинків – чотирьохтрубна.

Розміри ЦТП визначають залежно від теплової потужності. Розподільчі мережі, що забезпечують подачу теплоносія до ЦТП, і мережі, що розводять теплоносій від ЦТП до ІТП будинків мікрорайону, можуть прокладатися безканально, у непрохідних каналах, колекторах, технічних підпіллях будинків та «зчіпках».

Розподільчі мережі, що забезпечують подачу теплоносія до ЦТП, і мережі, що розводять теплоносій від ЦТП до ІТП будинків мікрорайону, можуть прокладатися безканально, у непрохідних каналах, колекторах, технічних підпіллях будинків та «зчепленнях».

Газові мережі мікрорайону слід проектувати низького тиску із улаштуванням одного газорегулюючого пункту (ГРП) поблизу ЦТП, але на відстані не менше 10 м. До ГРП підводиться розподільний газопровід середнього тиску. У ГРП забезпечується очистка газу від механічних домішок і зниження тиску газу до необхідної величини. Від ГРП по розвідних газопроводах низького тиску природний газ надходить у внутрішні системи газопостачання будинків.

Газопроводи проектуються за кільцевою схемою з врахуванням забезпечення надійності газопостачання.

Газопроводи можуть бути прокладені у землі або по стінах будинків вище

вікон першого поверху. При прокладці газопроводів низького тиску в землі введення до будинків роблять крізь сходові клітки, а при надземній прокладці – безпосередньо в кухні або в сходові клітки.

Газопроводи середнього й низького тиску не прокладають у колекторах, технічних підпіллях і «зчепленнях».

Розміри інженерних споруд у плані Центральний тепловий пункт (ЦТП) – 12×12 м Газорозподільний пункт (ГРП) – 6×3 м Трансформаторна підстанція (ТП) – 6×6 м.

При вирішенні питання про розташування різних інженерних комунікацій в поперечному перетині вулиць необхідно розглянути варіанти спільної прокладки їх в одній траншеї, а за відповідних умов – і в спеціальних тунелях.

Мережі різного призначенні бажано укладати за зростаючою глибиною, що спрощує прокладку введень і влаштування перетинів.

У поперечному профілі вулиці для кожного трубопроводу призначається зона прокладки шириною залежно від його розміру і глибини закладання. Укладання всіх мереж повинне вестися паралельно осі вуличного проїзду або червоної лінії забудови.

При розміщенні підземних інженерних мереж дотримуються наступних основних принципів: під тротуарами (або розділовими смугами) укладають теплові мережі, канали або тунелі; на розділових смугах водопровід, газопровід, господарсько-побутову і дощову каналізацію. На смузї між червоною лінією і лінією забудови розміщують мережі газопостачання низького тиску і кабельні мережі (силові кабелі, кабелі зв'язку, сигналізації, диспетчеризації). Розміщення водопровідних мереж у поперечному профілі вулиць повинно забезпечувати під'їзд пожежних машин до гідрантів з боку проїзної частини.

На рис. 3.1 наведена принципова схема розміщення інженерних мереж при роздільному способі прокладки трубопроводів. Трубопроводи прокладаються в поперечному профілі вулиці або на внутрішньо кварталній території.

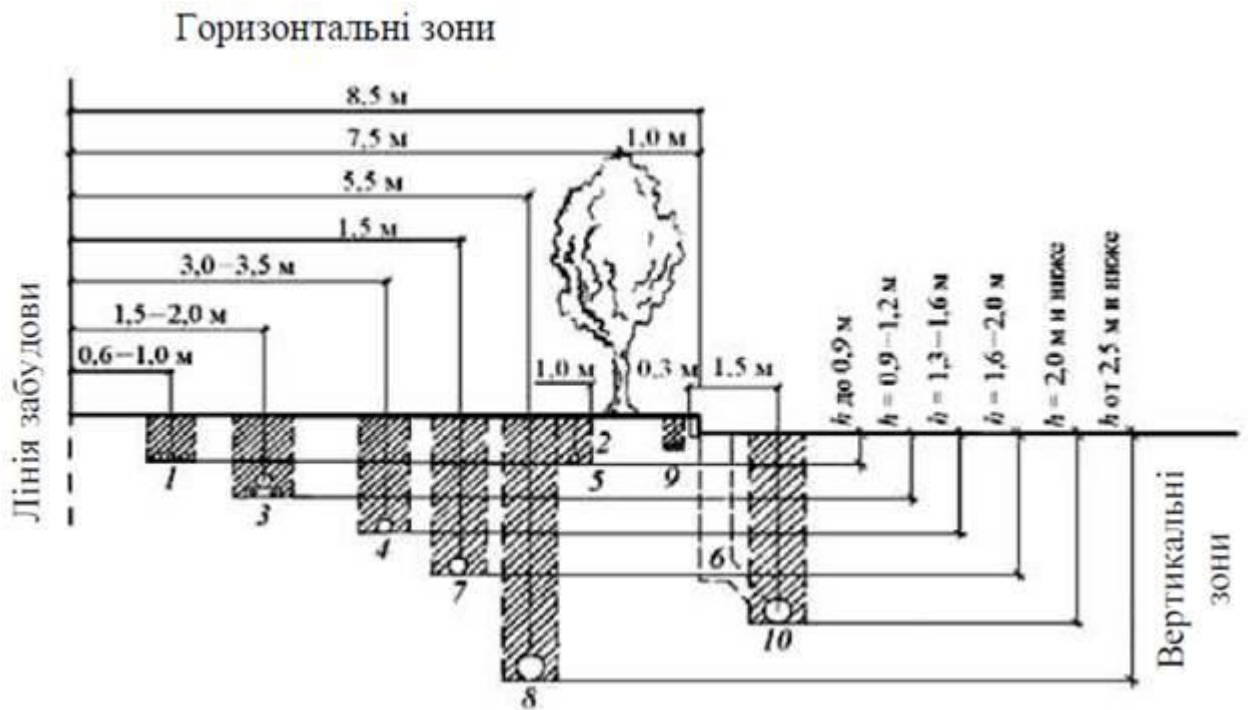


Рисунок 3.1 – Принципова схема розміщення в плані і заглиблення підземних мереж (за роздільного їх прокладання):

- 1 – електрокабелі; 2 – кабелі зовнішнього освітлення; 3 – телефонні кабелі;
 4 – газопровід; 5 – кабелі трамваю; 6 – дощоприймачі; 7 – водопровід;
 8 – каналізація господарчо-побутова; 9 – поливальний водопровід;
 10 – каналізація дощова

2 Способи прокладки підземних інженерних мереж

У вітчизняній практиці будівництва підземних комунікацій застосовують три способи прокладки трубопроводів: роздільну прокладку, сумісну (в одній траншеї), спільну прокладку в міських й внутрішньоквартальних колекторах й технічних підвалинах будівель.

Спосіб роздільної прокладки є основним при будівництві підземних комунікацій. При роздільному способі прокладання кожний трубопровід і кабель прокладають в окремій траншеї. Кожну мережу розміщують, враховуючи її технічні й експлуатаційні особливості. До недоліків даного методу слід віднести великі розосереджені об'єми земляних робіт, розкопка великої площі будівельного майданчика.

Теплопроводи на території міст при роздільному підземному способі прокладання розміщують безканально і в непрохідних каналах.

Спосіб сумісної прокладки передбачає розташування декількох підземних комунікацій в загальній траншеї. Такий метод широко застосовують у практиці будівництва і реконструкції магістральних та внутрішньо-квартальних інженерних комунікацій. При цьому відстані між трубопроводами скорочуються в порівнянні із закладеними в нормах для роздільних прокладок. Перевагами даного способу є зменшення об'єму земляних робіт на 20-40%, зниження кошторисної вартості будівництва.

Загальним недоліком роздільного й сумісного способів є прокладання

трубопроводів безпосередньо в ґрунтовому середовищі, що призводить до розривів, корозії труб і т.п. Крім того, при великій кількості трубопроводів і кабелів не завжди вдається їх компактне розміщення навіть при сумісному способі прокладки.

Спільне прокладання інженерних комунікацій у вуличних і внутрішньоквартальних прохідних збірних залізобетонних каналах (колекторах) є більш прогресивним методом і набуває широкого застосування при забудові великих міст.

Порівняно з роздільним і спільним способами прокладання комунікацій безпосередньо в ґрунті прокладання у каналах має багато переваг.

До основних переваг прокладки інженерних мереж у загальних комунікаційних тунелях (каналах) відносяться:

- компактне розміщення великої кількості трубопроводів й кабелів як в плані, так й в поперечному профілі вулиць і територій;
- забезпечення за рахунок міцності конструкції сприятливих умов експлуатації мереж, що дозволяє збільшити термін їх служби, поліпшити їх захист від механічних пошкоджень і корозії;
- ремонт, прокладка й експлуатація без розкопки території.

Прокладання трубопроводів технічними підвалинами будівель дає змогу зменшити кількість теплових камер, знизити вартість будівництва та експлуатаційні витрати, зменшити кількість аварій, збільшити термін служби комунікацій.

При роздільній прокладці розподільні колодязі водопровідної мережі прокладають у розділовій смузі вулиці на відстані 2.5 м від проїзної частини. Таке розташування водопровідної мережі робить можливим підключення пожежних машин до гідрантів. При неможливості прокладки водопровідної мережі на відстані, вказаній вище, влаштовують спеціальні пожежні колодязі, до яких підводиться вода від основної мережі. Відстань між двома сусідніми пожежними гідрантами не повинна перевищувати 150 м. Якщо гідранти розміщують в колекторах або «зчепленнях», то забезпечують під'їзд машин до них.

У загальноміському колекторі дозволяється розміщати водопровідні лінії діаметром до 500 мм, а в мікрорайонних колекторах, технічних підвалинах і «зчепленнях» – до 250 мм.

Всі мережі в мікрорайонах можна прокладати роздільно у траншеях або, як варіант, мережі водопроводу, каналізації і поливального водопроводу укладають у траншеї, а мережі теплопостачання і гарячого водопостачання – у непрохідних каналах та ін.

У проєкті інженерних мереж мікрорайону прийнято:

- магістральні мережі водо-, теплопостачання прокладаються в прохідному одноярусному каналі, який передбачається з двох боків мікрорайону;
- магістральний газопровід середнього тиску трасується за одним з боків вулиць мікрорайону;
- вуличні каналізаційні колектори прокладаються по вулиці з врахуванням;
- рельєфу місцевості;

- теплопостачання будинків мікрорайону здійснюється від центрального теплового пункту, мережі теплопостачання прокладаються у непрохідних каналах;
- газопостачання будинків передбачається від газорегуляторного пункту, розташованого у мікрорайоні.

Задачі

Задача 1. Розрахувати мінімальні глибину закладання каналізаційного трубопроводу в точці з найменшою глибиною при заданій глибині промерзання $h_{\text{пром}}$ і зовнішньому діаметрі труби d .

1. $h_{\text{пром}} = 0.8$ м, $d = 0.25$ м.	6. $h_{\text{пром}} = 0.6$ м, $d = 0.15$ м.	11. $h_{\text{пром}} = 0.8$ м, $d = 0.15$ м.
2. $h_{\text{пром}} = 0.9$ м, $d = 0.15$ м.	7. $h_{\text{пром}} = 0.8$ м, $d = 0.25$ м.	12. $h_{\text{пром}} = 0.6$ м, $d = 0.25$ м.
3. $h_{\text{пром}} = 0.7$ м, $d = 0.20$ м.	8. $h_{\text{пром}} = 1.3$ м, $d = 0.10$ м.	13. $h_{\text{пром}} = 1.4$ м, $d = 0.25$ м.
4. $h_{\text{пром}} = 1.1$ м, $d = 0.25$ м.	9. $h_{\text{пром}} = 0.8$ м, $d = 0.15$ м.	14. $h_{\text{пром}} = 1.0$ м, $d = 0.35$ м.
5. $h_{\text{пром}} = 1.2$ м, $d = 0.35$ м.	10. $h_{\text{пром}} = 0.8$ м, $d = 0.25$ м.	15. $h_{\text{пром}} = 1.1$ м, $d = 0.15$ м.

Задача 2. Визначити відстань між оглядовими колодязями для каналізаційної мережі, якщо діаметр трубопроводу D .

1. $D = 100$ мм	2. $D = 150$ мм	3. $D = 200$ мм	4. $D = 250$ мм	5. $D = 300$ мм
6. $D = 400$ мм	7. $D = 500$ мм	8. $D = 600$ мм	9. $D = 350$ мм	10. $D = 450$ мм

Задача 3. Визначити максимальну відстань між пожежними гідрантами залежно від типу забудови і ширини вулиці.

1. Житлова забудова, ширина вулиці до 15 м.
2. Житлова забудова, ширина вулиці 16–20 м.
3. Житлова забудова, ширина вулиці більше 20 м.
4. Промислова забудова, ширина вулиці до 15 м.
5. Промислова забудова, ширина вулиці 16–20 м.
6. Промислова забудова, ширина вулиці більше 20 м.
7. Торгові центри, ширина вулиці до 15 м.
8. Торгові центри, ширина вулиці 16–20 м.
9. Торгові центри, ширина вулиці більше 20 м.
10. Змішана забудова, ширина вулиці до 20 м.

Практичне заняття №4

Тема заняття «Визначення розрахункових витрат води окремими категоріями споживачів»

Витрати холодної води на господарсько-побутові потреби $Q_{г/п}$ (м³/год) визначають за формулою

$$Q_{г/п} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, \quad (4.1)$$

де Q_1 – витрати води на господарсько-питні потреби, м³/год;

Q_2 – витрати води на полив вулиць та внутрішньо мікрорайонних проїздів, м/год;

Q_3 – витрати води на полив зелених насаджень, м³/год;

Q_4 – витрати води на пожежогасіння, м³/год;

Q_5 – невраховані витрати, м³/год.

Розрахункову (середню за рік) добову витрату води на госп.-питні потреби населення визначають залежно від розрахункового числа жителів і норм водоспоживання:

$$Q_{с.доб.} = \frac{\sum N_i \cdot q_i}{1000}, \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (4.3)$$

де, q_i – норма водоспоживання, л/доб·ос; N_i – розрахункова кількість жителів i -го району міста, яку визначають як добуток площі житлової зони району F_i на щільність населення району P_i .

Витрата на госп.-питні потреби не є постійною протягом року, тому необхідно визначати розрахункові витрати води на добу найбільшого і найменшого водоспоживання:

$$Q_{максдоб.} = K_{максдоб.} \cdot Q_{с.доб.}, \quad (4.4)$$

$$Q_{мін.доб.} = K_{мін.доб.} \cdot Q_{с.доб.} \quad (4.5)$$

Коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання - $K_{доб}$, що враховує уклад життя населення, режим роботи підприємств, ступінь благоустрою будівель, зміну водоспоживання за сезонами року і днями тижня, необхідно приймати рівним:

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

Одночасно обчислюють коеф. годинної нерівномірності:

$$K_{максг.} = \alpha_{макс} \cdot \beta_{макс}, \quad (4.6)$$

$$K_{мін.г.} = \alpha_{мін.} \cdot \beta_{мін.}, \quad (4.7)$$

де, α – коефіцієнт, що враховує ступінь благоустрою ($\alpha_{макс} = 1,2-1,4$; $\alpha_{мін} = (0,4-0,6)$); β – коефіцієнт, що враховує кількість жителів у населеному пункті (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 - Значення коеф. β

Кількість жителів, тис. осіб.	1	1,5	2,5	4	6	10	20	50	100	300	1000 и более
β макс.	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1
β мін.	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,65	1

Приклад знаходження β_{\max} для населеного пункту з розрахунковим числом мешканців 35500: рахується вручну (табл. 4.2) або онлайн (рис. 4.1), наприклад,

Таблиця 4.2 - Розрахунок коеф.

Населення міста	β_{\max}
A(20000)	X(1,2)
N(35500)	β_{\max}
B(50000)	Y(1,15)
$\beta_{\max} = X + \frac{N - A}{B - A} \cdot (Y - X) = 1.2 + \frac{35500 - 20000}{50000 - 20000} \cdot (1.15 - 1.2) = 1.1742$	

X1: 20000	f(X1): 1,2	$X = f(X1) - (f(X1) - f(X3)) \cdot (X - X1) / (X2 - X1) = 1.2 - (1.2 - 1.15) \cdot (35500 - 20000) / (50000 - 20000) = 1.1742$
X: 35500	f(X): 1.1742	
X2: 50000	f(X2): 1,15	

Рисунок 4.1 – Інтерполяція онлайн

На завершальному етапі обчислюють годинні та секундні витрати води в години максимального і мінімального водоспоживання:

$$Q_{\text{макс.г.}} = K_{\text{макс.г.}} \cdot \frac{Q_{\text{макс.доб.}}}{24}, \quad (4.8)$$

$$Q_{\text{мін.ч.}} = K_{\text{мін.ч.}} \cdot \frac{Q_{\text{мін.доб.}}}{24}, \quad (4.9)$$

$$Q_{\text{макс.с.}} = \frac{Q_{\text{макс.г.}}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (4.10)$$

$$Q_{\text{мін.с.}} = \frac{Q_{\text{мін.г.}}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (4.11)$$

Усі ці та подальші обчислення зручно проводити у формі таблиць.

Завдання

Відповідно до свого варіанту розрахувати максимальне водоспоживання міста.

Практичне заняття №5

Тема заняття «Розрахунок води на комунальні потреби міста»

План

1 Витрати води на полив вулиць та майданів

2 Витрата води на полив зелених насаджень

1 Витрати води на полив вулиць та майданів

Максимальна добова витрата

$$Q_{\text{макс.доб.}} = \frac{F \cdot q \cdot n}{1000}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (5.1)$$

де F – площа вулиць та майданів, що будуть поливатися, м^2 ;

q – норма витрати води на полив, приймається в залежності від типу покриття та способу поливання (табл. 5.1);

n – число поливань, приймається в залежності від режиму поливання.

Середня годинна витрата

$$Q_{\text{ср.год.}} = \frac{Q_{\text{макс.доб.}}}{24}, \text{ м}^3/\text{ГОД} \quad (5.2)$$

Максимальна годинна витрата

$$Q_{\text{макс.год.}} = \frac{0,0417 \cdot F \cdot K_{\text{год}} \cdot q \cdot n}{1000}, \text{ м}^3/\text{ГОД}, \quad (5.3)$$

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 витрата води

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6}, \text{ л/с}. \quad (5.4)$$

2 Витрата води на полив зелених насаджень

Максимальна добова витрата

$$Q_{\text{макс.доб.}} = \frac{F_3 \cdot q_3 \cdot n}{1000}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (5.5)$$

де F_3 – площа зелених насаджень, м^2 ;

q_3 – норма витрати води на поливання;

n – число поливань.

Середню годинну, максимальну годинну і максимальну секундну витрати визначають за формулами (5.2), (5.3), (5.4), наведеними вище.

Завдання на самостійну роботу

Розрахунки виконуються згідно свого варіанту.

1. Площу території міста під зелені насадження приймаємо 8 % від загальної площі.

2. Площу вулиць і площ приймаємо 15 % від загальної площі. Для розрахунків $q_3 = 3$ л.

Практичне заняття №6

Тема заняття «Розрахунок витрат води пром підприємствами»

План

- 1 Витрата води на господарсько-питні потреби підприємства
- 2 Витрата води на виробничі потреби підприємства
- 3 Витрата води на душ на підприємстві

Витрати води для промислових підприємств складаються з витрат води на господарсько-питні та комунальні потреби, витрат води на душ і витрат води на виробничі потреби.

1 Витрата води на господарсько-питні потреби підприємства

На машинобудівельному заводі працює A робітників, у тому числі в максимальну зміну B робітників.

Завод працює в три зміни з наступним розподілом працюючих по змінах: 1 зміна максимальна – B роб. – 52% від усієї кількості працюючих, тоді в 2 і 3 зміну працює по 24% від усієї кількості працюючих, тобто по B робітників.

У холодних цехах працює 30% від загальної кількості працюючих, а в гарячих цехах 70% що становить:

- холодного цеху 30% – $0,3A$ роб.;
- гарячого цеху 70% – $0,7A$ роб.

У максимальну зміну, з кількістю працюючих B роб.:

- холодного цеху 30% – $0,3B$ роб.;
- гарячого цеху 70% – $0,7B$ роб.

Середня годинна витрата:

$$Q_{\text{ср.год}} = \frac{0,045 \cdot N_{\Gamma} + 0,025 \cdot N_{\text{Х}}}{24}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (6.1)$$

де $0,045$ і $0,025$ – відповідно норми водоспоживання на 1 робітника в гарячих і холодних цехах;

N_{Γ} і $N_{\text{Х}}$ – відповідно кількість працюючих на підприємстві в гарячих і холодних цехах.

Розрахункові максимальна годинна і секундна витрати в розрізі доби повинні прийматися за зміною, у якій працює найбільша кількість робітників, тобто в 1 зміну.

$$Q_{\text{макс.год}} = \frac{0,045 \cdot n_{\Gamma} \cdot K_{\Gamma} + 0,025 \cdot n_{\text{Х}} \cdot K_{\text{Х}}}{t_{\text{ЗМ}}}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (6.2)$$

де n_{Γ} і $n_{\text{Х}}$ – відповідно кількість працюючих на підприємстві в гарячих і холодних цехах у максимальну зміну;

K_{Γ} і $K_{\text{Х}}$ – коефіцієнти годинної нерівномірності відповідно в гарячих і холодних цехах $K_{\Gamma} = 2,5$, $K_{\text{Х}} = 3$;

$T_{\text{ЗМ}}$ – тривалість робочої зміни в годинах, 8 годин.

Максимальна витрата води

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (6.3)$$

2 Витрата води на виробничі потреби підприємства

Витрата води на виробничі потреби промпідприємств визначається за кількістю випущеної продукції і питомою витратою на одиницю продукції.

Максимальна добова витрата води підприємств на виробничі потреби

$$Q_{\text{макс.доб.}} = P \cdot q_{\text{нит}}, \text{ м}^3/\text{доб.}, \quad (6.4)$$

де P – добова продукція підприємства;

$q_{\text{нит}}$ – середня питома витрата на виробництво одиниці продукції, м^3 .

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

Максимальна годинна витрата при цьому дорівнює

$$Q_{\text{макс.год.}} = \frac{Q_{\text{макс.доб.}}}{t}, \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (6.5)$$

де t – тривалість роботи підприємства протягом доби, год.

Максимальна секундна витрата води на виробничі потреби

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (6.6)$$

3 Витрата води на душ на підприємстві

Кількість працюючих, що користуються душами, встановлюється для кожного підприємства з дотриманням санітарних норм проектування промислових підприємств.

За нормами користування душем користуються протягом 45 хв. після закінчення кожної зміни, а тому максимальна годинна витрата води на душі становить:

$$Q_{\text{макс.год.}} = \frac{Q_{\text{зм}}}{0,75}, \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (6.7)$$

$$\text{де } Q_{\text{зм}} = (0,06 \cdot n_{\text{г}} + 0,04 \cdot n_{\text{х}}), \text{ м}^3 \quad (6.8)$$

0,06 і 0,04 – відповідно норми витрати на один душ у гарячих і холодних цехах.

Максимальна секундна витрата води складає

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

Завдання на самостійну роботу

Розрахунки виконуються згідно свого варіанту.

Практичне заняття №7

Тема заняття «Розрахунок водопровідної мережі»

План

- 1 Складання розрахункової схеми водопровідної мережі
- 2 Попередній розрахунок водопровідної мережі

На генеральному плані виконують трасування водопровідної мережі. При проектуванні (трасуванні) мережі необхідно керуватися наступними положеннями:

- для забезпечення надійності та безперервності постачання споживачів мережа повинна бути кільцевою;
- кожна водопровідна мережа складається з магістральних і розподільчих ліній;
- магістралі проектують у напрямку руху основних мас води;
- основні транзитні магістральні лінії з'єднують перемичками також магістрального значення, у результаті утворюється кільцева мережа;
- довжина розрахункових ділянок кілець магістральної мережі перебуває в межах від 400 до 1000 м;
- магістральні лінії не рекомендується трасувати по периметру забудови, вони будуть недостатньо завантажені.

Вузлові точки мережі нумеруються, проставляються довжини кожної ділянки між вузловими точками, а також визначається місце зосередженої витрати води – підприємство. На схемі вказують витрати води, напрямок потоку по кільцях (рис. 2).

При розрахунку передбачається, що водоразбір з мережі на господарсько-питні потреби відбувається рівномірно за довжиною трубопроводу, виключенням є лише зосереджені витрати (підприємство).

Визначаємо питому витрату води за формулою:

$$q_{num} = \frac{Q - q_{zoserp}}{\Sigma l}, \text{ л/с} \quad (7.1)$$

де Q – загальна секундна витрата, л/с;

q_{zoserp} – витрата води на підприємстві, л/с;

Σl – сумарна довжина ділянок магістральної мережі, м.

Для кожної ділянки магістральної мережі визначаємо шляхові витрати за формулою:

$$Q_{шл} = q_{num} \cdot l, \text{ л/с} \quad (2.2)$$

де q_{num} – питома витрата води, л/с;

l – розрахункова довжина ділянки мережі, м.

Сума шляхових витрат всіх розрахункових ділянок мережі повинна дорівнювати повній секундній витраті води для населення міста $\Sigma Q_{шл} = Q$, що являється перевіркою правильності розрахованих шляхових витрат.

Згідно зі схемою знаходимо загальну довжину трубопроводу, та шляхові витрати.

Таким чином, сума шляхових витрат всіх розрахункових ділянок

мережі повинна дорівнювати повній секундній витраті води для населення міста.

На підставі значень шляхових витрат визначають вузлові витрати в розрахункових точках мережі. Отже, вузлова зосереджена витрата в кожному вузлі мережі дорівнюється напівсумі шляхових витрат всіх ділянок мережі, що примикають до даного вузла.

Розраховані шляхові витрати води окремих ділянок замінюємо вузловими витратами за формулою:

$$Q_{\text{вузл}} = 0,5 \cdot \Sigma Q_{\text{шл}}, \text{ л/с} \quad (2.3)$$

тобто вузлова зосереджена витрата в кожному вузлі мережі дорівнює напівсумі шляхових витрат всіх ділянок мережі, що примикають до даного вузла. Правильність розрахованих вузлових витрат перевіряють за формулою:

$$\Sigma q_{\text{вузл}} = \Sigma Q_{\text{шл}} = Q, \text{ л/с.} \quad (2.4)$$

Розраховані шляхові та вузлові витрати виписують на розрахункову схему. На розрахунковій схемі вказують діаметри ділянок мережі, а також показують стрілками напрям руху води з метою подачі її найкоротшим шляхом до найбільш віддалених точок мережі, а потім попередньо намічають кількість води, яку повинна пропустити кожна розрахункова ділянка магістральної мережі. При цьому підрахунок слід починати від кінця мережі до її початку, дотримуючи в кожному вузлі баланс витрат води, що надходять до вузла і відходять від нього, тобто $\Sigma Q = 0$.

При перевірці мережі на пропуск води для гасіння пожеж необхідно виконати ув'язку витрат у вузлах мережі, а потім за розрахунковими витратами перевірити діаметри ділянок мережі, які вже являються заданими, тому що були визначені раніше при складанні розрахункової схеми на випадок максимального господарсько-питного водоспоживання.

Через збільшення витрат швидкості руху води на окремих ділянках будуть більше «економічних», що при гасінні пожеж допускається. Якщо ж швидкості перевищують 2–2,5 м/с, необхідно збільшити діаметри труб на цих ділянках та знову провести розрахунок мережі на нормальну роботу.

Завдання

Відповідно до свого варіанта, зробити розрахункові схеми як на прикладах (рис. 7.1 та рис 7.2).

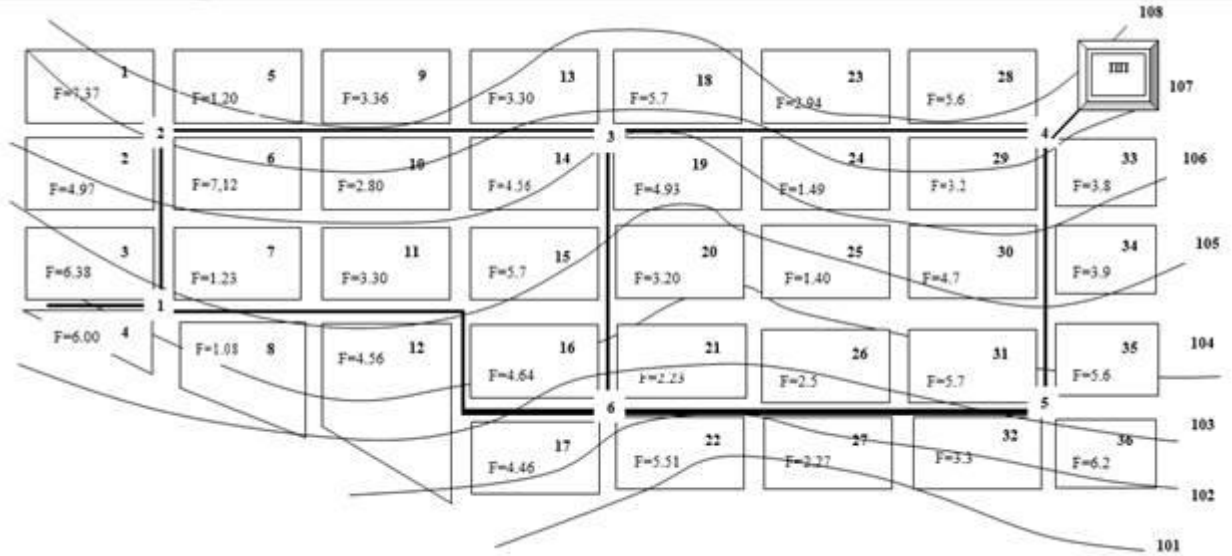


Рисунок 7.1 – План міста з горизонтальними з нанесенням магістральних водогінних мереж

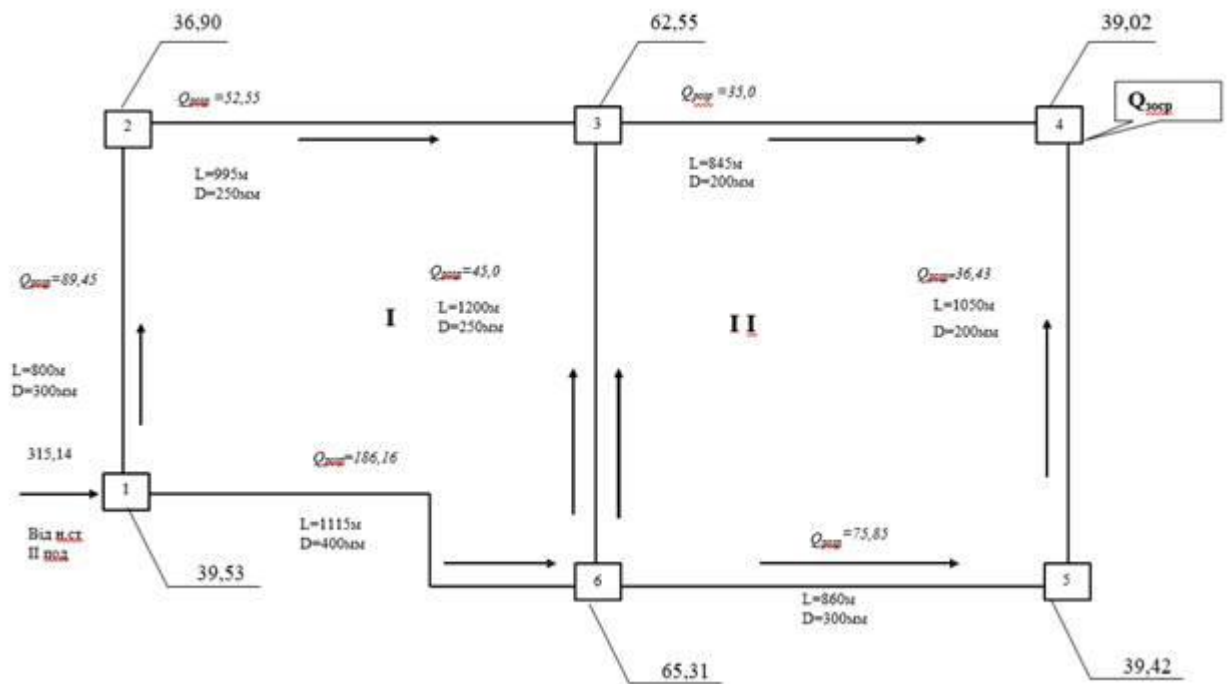


Рисунок 7.2 – Схема розрахунку водогінної мережі

Практичне заняття №8

Тема заняття «Гідравлічний розрахунок кільцевої водопровідної мережі»

Для визначення діаметрів труб і втрат напору на всіх ділянках мережі під час пропуску розрахункових витрат води виконують гідравлічні розрахунки водогонів і водопровідної мережі. Втрати напору потрібні для визначення висоти водонапірної вежі та напору насосів. Гідравлічний розрахунок виконують тільки 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 потрібен для всіх схем мережі, а на третій - для схеми з контррезервуаром.

Підготовка мережі для розрахунку полягає в складанні умовної розрахункової схеми. Під час гідравлічного розрахунку мережі неможливо врахувати всі реальні точки відбору води споживачами, тому реальну схему замінюють на умовну з вузловими точками відбору води, що розміщені, 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 в л/с на 1 м мережі, виключаючи при цьому зосереджених водоспоживачів:

$$q_{\text{уд}} = \frac{q_{\max} - \sum q_{\text{зоср}}}{\sum L}, \quad (8.1)$$

де, $\sum q_{\text{зоср}}$ – сума витрат зосередженими водоспоживачами, л/с;

$\sum L$ – сумарна довжина ділянок мережі, які віддають воду, м (до неї не включають ділянки, призначені тільки для транспортування води).

За різного характеру забудови (багатоповерхова, малоповерхова, індивідуальна) питомі витрати визначають для кожного району окремо.

3. Вважаючи, що відбір води з мереж рівномірний, визначають шляхові витрати для кожної ділянки:

$$Q_{\text{шл}} = q_{\text{пит}} \cdot l. \quad (8.2)$$

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

$$q_{\text{вузл}} = 0,5 \sum q_{\text{шл}} \cdot \quad (8.3)$$

Якщо є зосереджена витрата у вузлі, то

$$q_{\text{вузл}} = 0,5 \sum q_{\text{шл}} + q_{\text{зоср}} \cdot \quad (8.4)$$

Сума витрат, що приходять до вузла, має дорівнювати сумі витрат, що випливають із нього.

5. Враховуючи, що крім шляхових витрат проходить також транзитна витрата для живлення наступних ділянок мережі, визначають розрахункові витрати для кожної ділянки:

$$q_i = q_{\text{тран}} + 0,5 \cdot q_{\text{шл}} \quad (8.5)$$

де, 0,5 - коефіцієнт, що враховує, що на початку ділянки $q_i = q_{\text{тран}} + 0,5 \cdot q_{\text{шл}}$, а наприкінці – $q_i = q_{\text{тран}}$.

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

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot V}} \quad (8.6)$$

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 витрат напору в трубах, і тим самим - до витрат електроенергії на їх подолання, тобто збільшення експлуатаційних витрат. Економічно вигідна швидкість становить: для труб малого діаметра 0,6-0,9 м/с; для труб великого діаметра – 0,9 – 1,5 м/с (табл. 8.1).

Таблиця 8.1 - Таблиця граничних витрат (складена М. М. Абрамовим на підставі формул Л. Ф. Мошніна)

Д, мм	Граничні економічні витрати, л/с		Граничні економічні швидкості, м/с	
	найменший	найбільший	наименьшая	наибольшая
100	–	5,4	–	0,71
125	5,4	9,0	0,45	0,73
150	9,0	15,0	0,51	0,85
200	15,0	28,5	0,48	0,91
250	28,5	45,0	0,53	0,92
300	45,0	68,0	0,64	0,96
350	68,0	96,0	0,71	1,00
400	96,0	130,0	0,76	1,04
450	130,0	168,0	0,82	1,06
500	168,0	237,0	0,86	1,21
600	237,0	355,0	0,84	1,26
700	355,0	490,0	0,93	1,27

800	490,0	685,0	0,98	1,36
900	685,0	882,0	1,07	1,38
1000	882,0	1120,0	0,12	1,46
1100	1120,0	1390,0	1,22	–
1200	1390,0	–	1,22	–

За формулами гідравліки за відомих діаметрів і витрат ділянок мережі визначають втрати напору. Для спрощення розрахунків за цими формулами складено таблиці, користуючись якими, загальні втрати напору визначають, як:

$$h_l = i \cdot l, \text{ м} \quad (8.7)$$

де, i – ухил трубопроводу; l – Довжина трубопроводу, м.

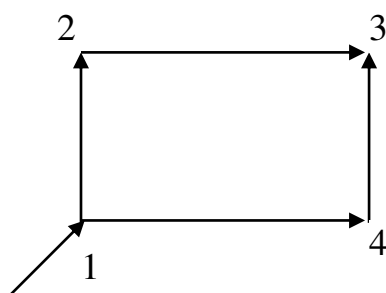
Під час розрахунку магістральних ліній втрати напору на місцеві опори не враховують як порівняно незначні.

Під час розрахунку складних кільцевих мереж може бути багато різних рішень розподілу води ділянками. У 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 беруть орієнтовно, а діаметри підбирають, зважаючи на економічні міркування, то сума втрат напору не дорівнює нулю, а становить певну позитивну чи від'ємну величину, 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, доки величина нев'язки не стане допустимою ($\Delta h = 0,3 - 0,5$ м).

Приклади розв'язання задач за темою

Приклад 1. Визначити питомі, шляхові та вузлові витрати.



Довжина ділянок:

$$l_{1-2} = l_{3-4} = 500 \text{ м}, \quad l_{3-2} = l_{1-4} = 800 \text{ м}$$

$$Q = 500 \text{ л/с}$$

Розв'язання. Визначаємо питому витрату води за формулою 8.1.

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

Для кожної ділянки магістральної мережі визначаємо шляхові витрати за формулою 8.2.

Відповідно до малюнка:

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

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

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

$$l_{4-1} = 800 \text{ м} \quad q_{\text{шл}}^{3-2} = 0,1923 \cdot 800 = 153,85 \text{ л/с;}$$

$$\sum q_{\text{нум}} = 500 \text{ л/с, что дорівнює } Q = 500 \text{ л/с}$$

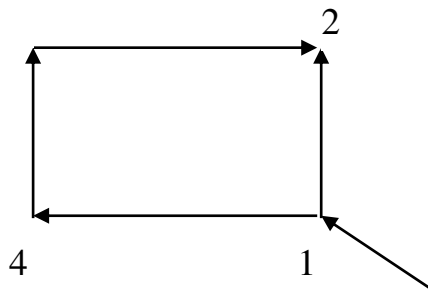
Замінюємо колійні витрати вузловими (умовно зосередженими у вузлах) і визначаємо їх як півсуму колійних витрат ділянок, що приєднуються до даного вузла за формулою 8.3

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

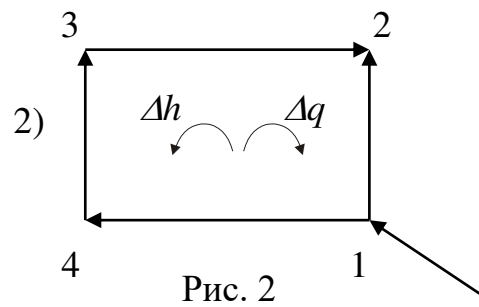
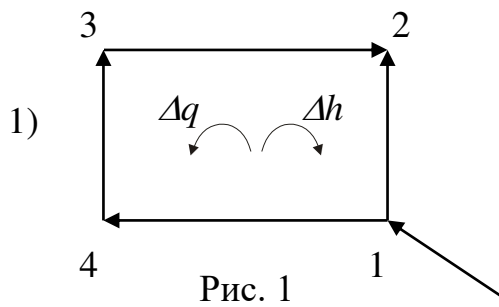
$$q_{\text{вузл}}^4 = \frac{96,15 + 153,85}{2} = 125 \text{ л/с;} \quad q_{\text{вузл}}^1 = \frac{96,15 + 153,85}{2} = 125 \text{ л/с.}$$

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

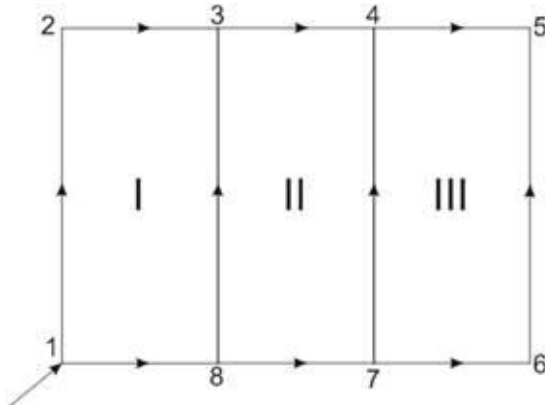
Приклад 2. Визначте, які лінії перевантажені, а які недовантажені, чому? За таких умов в одному випадку $\Delta h > 0$, а в іншому - $\Delta h < 0$. Розглянути обидва випадки.



Розв'язання. У першому випадку (рис. 1) знак втрат напору «+», збігається з шляхом годинникової стрілки, отже, поправочна витрата буде зі знаком «-» і збігається з ділянкою 1-2, а це свідчить про те, що ця ділянка недовантажена. У другому випадку (рис. 2) знак втрат напору «-», спрямований проти шляху годинникової стрілки, отже, поправочна витрата буде зі знаком «+» і збігається з ділянками 1-4, 4-3, 3-2, а це означає, що ця ділянка перевантажена.



Приклад 3. Визначити уточнену витрату на ділянці 3-8 і 4-7, якщо:

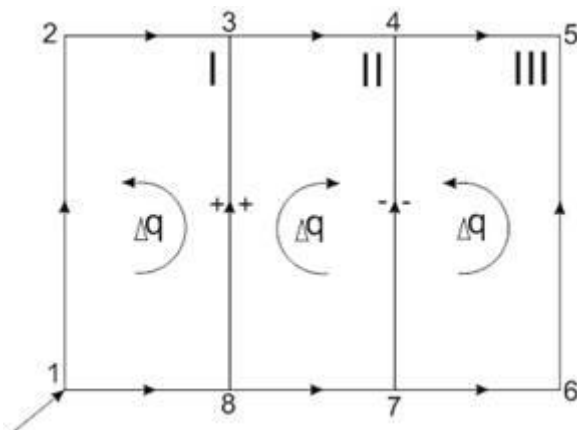


$$\Delta h_I > 0, \Delta q_I = 5,5 \text{ л/с};$$

$$\Delta h_{II} < 0, \Delta q_{II} = 2,5 \text{ л/с};$$

$$\Delta h_{III} > 0, \Delta q_{III} = -3 \text{ л/с};$$

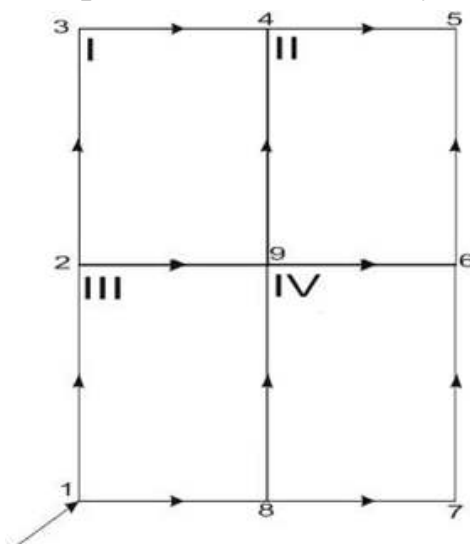
Розв'язання.



$$\Delta q_{3-8} = \Delta q_I + \Delta q_{II} = 5,5 + 2,5 = 8 \text{ л/с};$$

$$\Delta q_{4-7} = -\Delta q_{II} - \Delta q_{III} = -2,5 - (-3) = 0,5 \text{ л/с};$$

Приклад 4. Визначити уточнену витрату на ділянці 4-9 і 9-8, якщо:



$$\Delta h_I > 0, \Delta q_I = 1,5 \text{ л/с};$$

$$\Delta h_{II} < 0, \Delta q_{II} = -2,5 \text{ л/с};$$

$$\Delta h_{III} > 0, \Delta q_{III} = 3,5 \text{ л/с};$$

$$\Delta h_{IV} > 0, \Delta q_{IV} = -2 \text{ л/с};$$

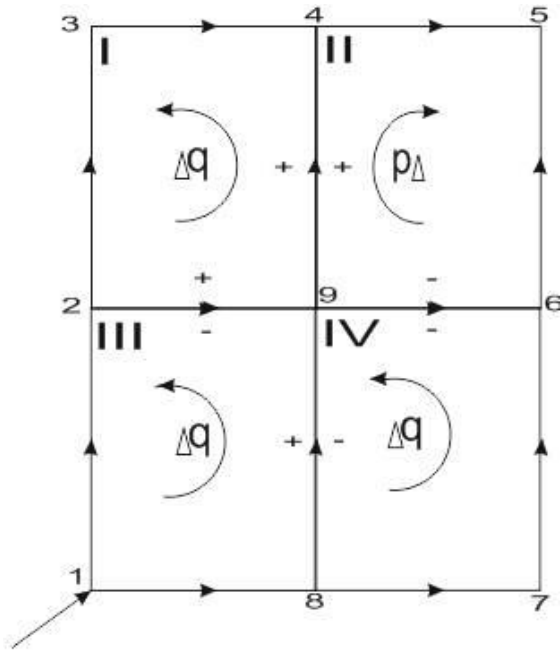
$$\Delta q_{2-9} = 40 \text{ л/с};$$

$$\Delta q_{4-9} = 50 \text{ л/с};$$

$$\Delta q_{6-9} = 45 \text{ л/с};$$

$$\Delta q_{8-9} = 55 \text{ л/с};$$

Розв'язання.



$$q'_{4-9} = q_{4-9} + \Delta q_I + \Delta q_{II} = 50 + 1,5 + (-2,5) = 49 \text{ л/с};$$

$$q'_{9-8} = q_{8-9} + \Delta q_{III} - \Delta q_{IV} = 55 + 3,5 - (-2) = 60,5 \text{ л/с};$$

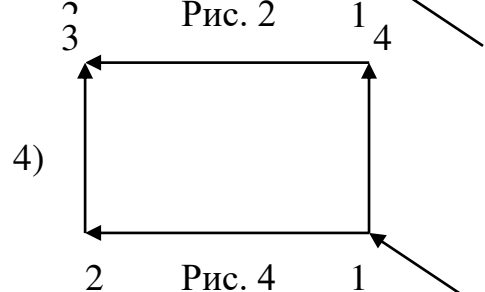
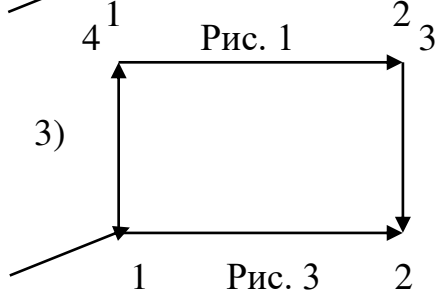
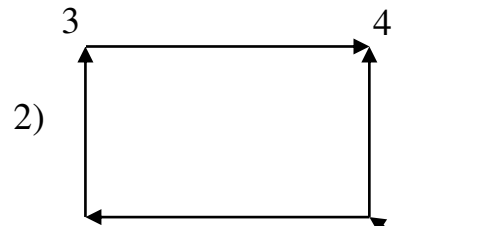
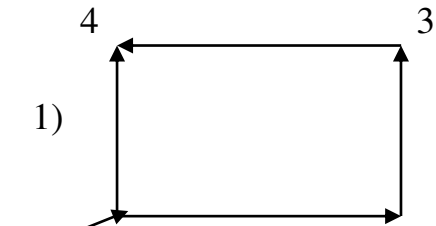
Задачи

Задача 1. Визначити питомі, шляхові та вузлові витрати, див. рис. до прикладу 1.

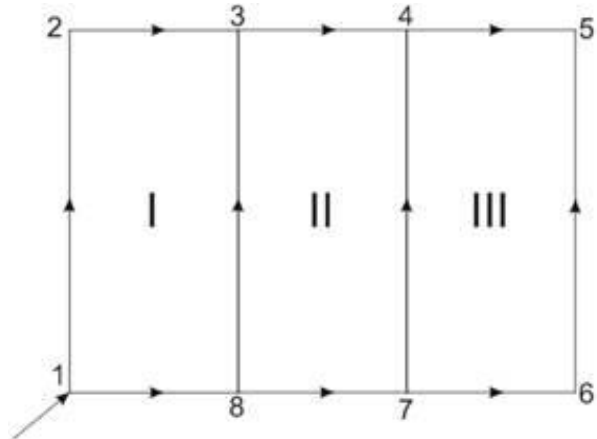
Вихідні дані		Номери варіантів				
		1	2	3	4	5
Витрата води, що надходить у мережу, л/с		400	500	600	800	1000
Довжина ділянок:						
	l_{1-2} , м	2000	1500	1000	2500	1000
	l_{2-3} , м	1700	1200	1800	1000	700
	l_{3-4} , м	600	500	900	800	800
	l_{4-1} , м	800	400	450	600	1100

Задача 2. Визначте, які лінії перевантажені, а які недовантажені, чому? Під час розв'язування задачі обов'язково показувати напрямок руху витрати 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 розв'язання задачі		рис. 1	рис. 2	рис. 3	рис. 4	рис. 2

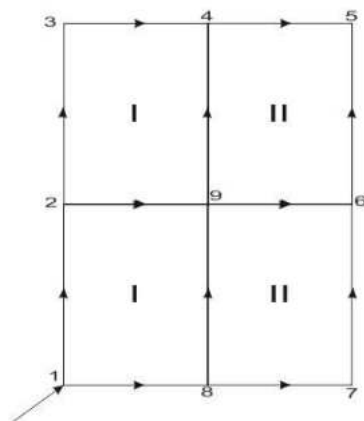


Задача 3. Визначити уточнену витрату на ділянці 3-8 і 4-7, якщо:



Варіант 1		Варіант 2		Варіант 3		Варіант 4	
$\Delta h_I < 0$	$\Delta q_I = 1,5 \text{ л/с};$	$\Delta h_I < 0$	$\Delta q_I = 2,5 \text{ л/с};$	$\Delta h_I < 0$	$\Delta q_I = 4,5 \text{ л/с};$	$\Delta h_I > 0$	$\Delta q_I = -5 \text{ л/с};$
	$\Delta q_{II} = 2,5 \text{ л/с};$		$\Delta q_{II} = -5 \text{ л/с};$		$\Delta q_{II} = 2,5 \text{ л/с};$		$\Delta q_{II} = 2,5 \text{ л/с};$
$\Delta h_{II} > 0$		$\Delta h_{II} < 0$	$\Delta q_{III} = 3 \text{ л/с};$	$\Delta h_{II} > 0$	$\Delta q_{III} = -3 \text{ л/с};$	$\Delta h_{II} > 0$	$\Delta q_{III} = -2 \text{ л/с};$
	$\Delta q_{III} = -2 \text{ л/с};$						
$\Delta h_{III} < 0$		$\Delta h_{III} < 0$		$\Delta h_{III} > 0$		$\Delta h_{III} > 0$	

Задача 4. Определить уточненный расход на участке:



Варіант 1) 4-9 и 9-8;

Варіант 2) 2-9 и 9-6;

Варіант 3) 4-9 и 9-6;

Варіант 4) 9-6 и 9-8;

якщо:

Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4
$\Delta h_I > 0;$ $\Delta q_I = 2,5 \text{ л/с};$ $\Delta h_{II} < 0;$ $\Delta q_{II} = -2,5 \text{ л/с};$ $\Delta h_{III} > 0;$ $\Delta q_{III} = 3,5 \text{ л/с};$ $\Delta h_{IV} > 0;$ $\Delta q_{IV} = -2 \text{ л/с};$ $\Delta q_{2-9} = 45 \text{ л/с};$ $\Delta q_{4-9} = 50 \text{ л/с};$ $\Delta q_{6-9} = 65 \text{ л/с};$ $\Delta q_{8-9} = 55 \text{ л/с};$	$\Delta h_I > 0;$ $\Delta q_I = 1,5 \text{ л/с};$ $\Delta h_{II} > 0;$ $\Delta q_{II} = -3,5 \text{ л/с};$ $\Delta h_{III} > 0;$ $\Delta q_{III} = 2,5 \text{ л/с};$ $\Delta h_{IV} > 0;$ $\Delta q_{IV} = -3 \text{ л/с};$ $\Delta q_{2-9} = 40 \text{ л/с};$ $\Delta q_{4-9} = 50 \text{ л/с};$ $\Delta q_{6-9} = 45 \text{ л/с};$ $\Delta q_{8-9} = 55 \text{ л/с};$	$\Delta h_I > 0;$ $\Delta q_I = 2,5 \text{ л/с};$ $\Delta h_{II} < 0;$ $\Delta q_{II} = -1,5 \text{ л/с};$ $\Delta h_{III} > 0;$ $\Delta q_{III} = 2,5 \text{ л/с};$ $\Delta h_{IV} > 0;$ $\Delta q_{IV} = 2,5 \text{ л/с};$ $\Delta q_{2-9} = 42 \text{ л/с};$ $\Delta q_{4-9} = 53 \text{ л/с};$ $\Delta q_{6-9} = 41 \text{ л/с};$ $\Delta q_{8-9} = 58 \text{ л/с};$	$\Delta h_I < 0;$ $\Delta q_I = 2,5 \text{ л/с};$ $\Delta h_{II} < 0;$ $\Delta q_{II} = -1,5 \text{ л/с};$ $\Delta h_{III} < 0;$ $\Delta q_{III} = -2,5 \text{ л/с};$ $\Delta h_{IV} < 0;$ $\Delta q_{IV} = -1,2 \text{ л/с};$ $\Delta q_{2-9} = 45 \text{ л/с};$ $\Delta q_{4-9} = 55 \text{ л/с};$ $\Delta q_{6-9} = 50 \text{ л/с};$ $\Delta q_{8-9} = 40 \text{ л/с};$

Практичне заняття №9

Тема заняття «Розрахунок п'єзометричних напорів водопровідної мережі»

У будь-якій точці зовнішньої водопровідної мережі напір має бути достатнім для того, щоб вода під його дією могла надходити із зовнішньої водопровідної мережі по внутрішній до верхнього і найвіддаленішого водозабірною пристрою.

Необхідний мінімальний вільний напір (H_C) у водопровідній мережі в точці приєднання вводу в будівлю визначається як сума геометричної висоти підйому води (H_T), запасу напору для нормальної роботи водорозбірних приладів (H_{i3}) і втрат напору за довжиною трубопроводу від введення до найвіддаленішого водорозбірного приладу ($h_{дл}$):

$$H_B = H_T + H_{i3} + h_{дл}, \quad (9.1)$$

За одноповерхової забудови необхідний мінімальний вільний напір становить не менше 10 метрів. У разі багатоповерхової - на перший поверх приймають 10 метрів, а на кожен наступний у годину максимального водоспоживання - по 4 метри, в інші години - по 3,5 метра.

$$H_B = 10 + h_1 \cdot (n - 1), \quad (9.2)$$

де, h_1 – приймається напір на один поверх, м;

n – кількість поверхів у будівлі.

Під п'єзометричною відміткою вузла водопровідної мережі мається на увазі сума відмітки землі та вільного напору в цьому вузлі.

$$P_i = H_B^i + Z_i, \quad (9.3)$$

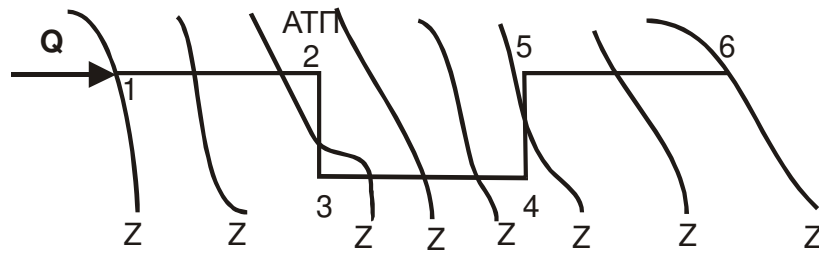
де, P_i – п'єзометрична відмітка, м;

H_B^i – вільний напір у i -й точці, м;

Z_i – відмітка землі в i -й точці, м.

Приклади розв'язання задач за темою

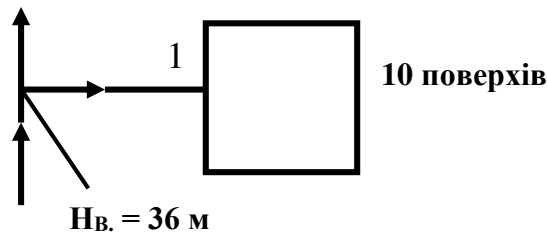
Приклад 1. Визначити H_B і п'єзометричні відмітки вузлових точок тупикової мережі. Поверховість - 5 поверхів.. $h_{1-2} = 0,8$ м, $h_{2-3} = 1,2$ м, $h_{3-4} = 1,1$ м, $h_{4-5} = 0,9$ м, $h_{5-6} = 0,7$ м. Відмітки поверхні землі у вузлових точках дорівнюють: $Z_1 = 94$ м, $Z_2 = 96,2$ м, $Z_3 = 95,8$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



Розв'язання

1. Визначаємо вільний напір у точці 6. $H_B^6 = 10 + 4 \cdot (5 - 1) = 26$ м.
2. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 6. $\Pi^6 = 26 + 101 = 127$ м.
3. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 5. $\Pi^5 = 127 + 0,7 = 127,7$ м.
4. Визначаємо вільний напір у точці 5. $H_B^5 = 127,7 - 99,2 = 28,5$ м.
5. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 4. $\Pi^4 = 127,7 + 0,9 = 128,6$ м.
6. Визначаємо вільний напір у точці 4. $H_B^4 = 128,6 - 98,4 = 30,2$ м.
7. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 3. $\Pi^3 = 128,6 + 1,1 = 129,7$ м.
8. Визначаємо вільний напір у точці 3. $H_B^3 = 129,7 - 95,8 = 33,9$ м.
9. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 2. $\Pi^2 = 129,7 + 1,2 = 130,9$ м.
10. Визначаємо вільний напір у точці 2. $H_B^2 = 130,9 - 96,2 = 34,7$ м.
11. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 1. $\Pi^1 = 130,9 + 0,8 = 131,7$ м.
12. Визначаємо вільний напір у точці 1. $H_B^1 = 131,7 - 94 = 37,7$ м.

Приклад 2. Чи можливе підключення будівлі до водопровідної мережі?

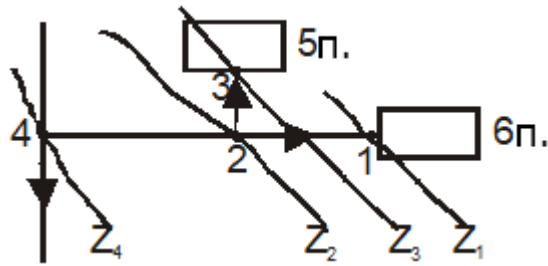


Розв'язання. Визначаємо вільний напір в т. 1.

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

Підключення будівлі до водопровідної мережі неможливе, оскільки необхідний напір на вході в будівлю 46 м, а вільний напір у мережі - 36 м.

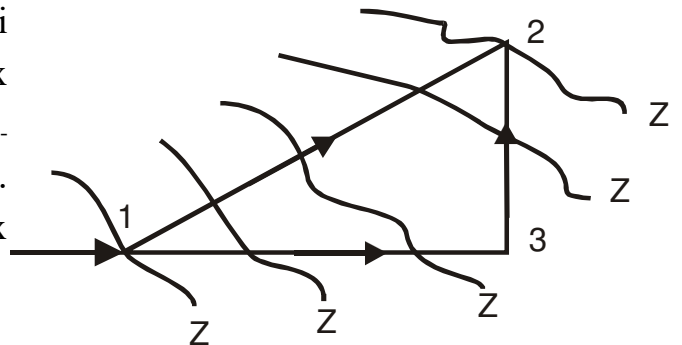
Приклад 3. Визначити H_B і п'єзометричні відмітки вузлових точок 1, 2, 3, 4. $h_{1-2}=1,1$ м; $h_{2-3}=0,6$ м; $h_{2-4}=0,8$ м. Відмітки поверхні землі у вузлових точках: $Z_1=90$ м, $Z_2=80$ м, $Z_3=85$ м, $Z_4=75$ м.



Розв'язання.

1. Визначаємо вільний напір у точці 1. $H_B^1 = 10 + 4 \cdot (6 - 1) = 30$ м.
2. Визначаємо вільний напір у точці 3. $H_B^3 = 10 + 4 \cdot (5 - 1) = 26$ м.
3. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 3. $\Pi^3 = 26 + 85 = 111$ м.
4. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 1. $\Pi^1 = 30 + 90 = 120$ м.
5. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 2. $\Pi^2 = 120 + 1,1 = 121,1$ м.
6. Визначаємо вільний напір у точці 2. $H_B^2 = 121,1 - 80 = 41,1$ м.
7. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 4. $\Pi^4 = 121,1 + 0,8 = 121,9$ м.
8. Визначаємо вільний напір у точці 4. $H_B^4 = 121,9 - 75 = 46,9$ м.

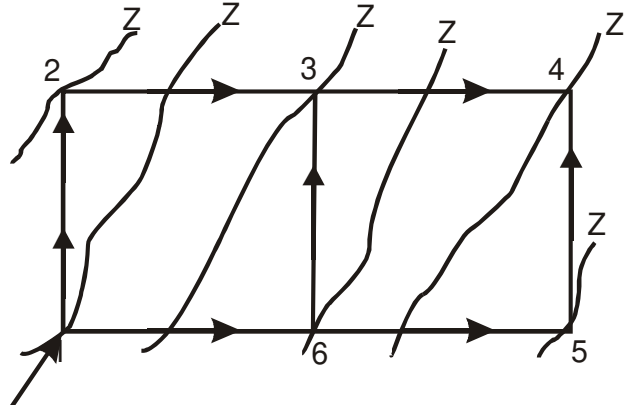
Приклад 4. Визначити H_B і п'єзометричні відмітки вузлових точок. Поверховість – 5 поверхів. $h_{1-2}=0,8$ м, $h_{2-3}=0,6$ м, $h_{3-1}=1,4$ м. Відмітки поверхні землі у вузлових точках: $Z_1=41$ м, $Z_2=45$ м, $Z_3=43,4$ м.



Розв'язання.

1. Визначаємо вільний напір у точці 2. $H_{CB}^2 = 10 + 4 \cdot (5 - 1) = 26$ м.
2. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 2. $\Pi^2 = 45 + 26 = 71$ м.
3. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 3. $\Pi^3 = 71 + 0,6 = 71,6$ м.
4. Визначаємо вільний напір у точці 3. $H_{CB}^3 = 71,6 - 43,4 = 28,2$ м.
5. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 1. $\Pi^1 = 71,6 + 0,8 = 72,4$ м.
6. Визначаємо вільний напір у точці 1. $H_{CB}^1 = 72,4 - 41 = 31,4$ м.
7. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 1. $\Pi^1 = 71 + 1,4 = 72,4$ м.
8. Визначаємо вільний напір у точці 1. $H_{CB}^1 = 72,4 - 41 = 31,4$ м.

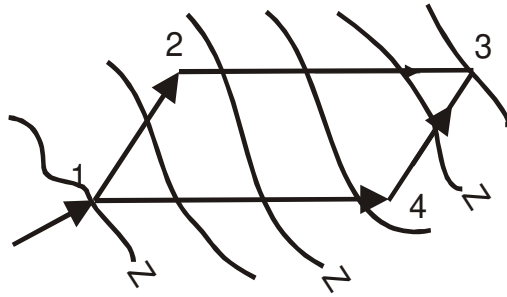
Приклад 5. Визначити H_B і п'єзометричні відмітки вузлових точок. Поверховість – 8 поверхів. $h_{1-2}=1,5$ м, $h_{2-3}=0,5$ м, $h_{3-4}=1,2$ м, $h_{4-5}=1,3$ м, $h_{5-6}=2,0$ м, $h_{6-1}=0,6$ м. Відмітки поверхні землі у вузлових точках: $Z_1=144,6$ м, $Z_2=144$ м, $Z_3=146$ м, $Z_4=148$ м, $Z_5=149$ м, $Z_6=147$ м.



Розв'язання.

1. Визначаємо вільний напір у точці 4. $H_{CB.}^4 = 10 + 4 \cdot (8 - 1) = 38$ м.
2. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 4. $\Pi^4 = 38 + 148 = 186$ м.
3. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 3. $\Pi^3 = 186 + 1,2 = 187,2$ м.
4. Визначаємо вільний напір у точці 3. $H_{CB.}^3 = 187,2 - 146 = 41,2$ м.
5. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 2. $\Pi^2 = 187,2 + 0,5 = 187,7$ м.
6. Визначаємо вільний напір у точці 2. $H_{CB.}^2 = 187,7 - 144 = 43,7$ м.
7. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 1. $\Pi^1 = 187,7 + 1,5 = 189,2$ м.
8. Визначаємо вільний напір у точці 1. $H_{CB.}^1 = 189,2 - 144,6 = 44,6$ м.
9. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 5. $\Pi^5 = 186 + 2,0 = 188$ м.
10. Визначаємо вільний напір у точці 5. $H_{CB.}^5 = 188 - 149 = 39$ м.
11. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 6. $\Pi^6 = 188 + 0,6 = 188,6$ м.
12. Визначаємо вільний напір у точці 6. $H_{CB.}^6 = 188,6 - 147 = 41,6$ м.
13. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 1. $\Pi^1 = 188,6 + 0,6 = 189,2$ м.
14. Визначаємо вільний напір у точці 1. $H_{CB.}^1 = 189,2 - 144,6 = 44,6$ м.

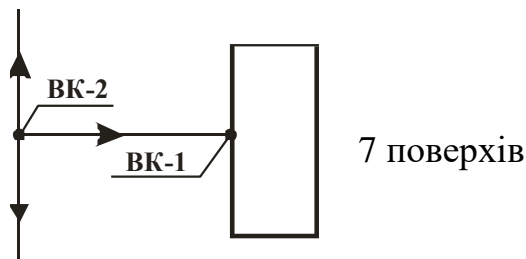
Приклад 6. Визначити H_B і п'єзометричні відмітки вузлових точок. Поверховість – 6 поверхів. $h_{1-2}=1,8$ м; $h_{2-3}=1,4$ м; $h_{3-4}=0,5$ м; $h_{4-1}=3,6$ м. Відмітки поверхні землі у вузлових точках: $Z_1=194$ м, $Z_2=195,5$ м, $Z_3=199$ м, $Z_4=197,2$ м.



Розв'язання.

1. Визначаємо вільний напір у точці 3. $H_B^3 = 10 + 4 \cdot (6 - 1) = 30$ м.
2. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 3. $\Pi^3 = 30 + 199 = 229$ м.
3. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 2. $\Pi^2 = 229 + 2,3 = 231,3$ м.
5. Визначаємо вільний напір у точці 2. $H_B^2 = 231,3 - 195,5 = 35,8$ м.
6. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 1. $\Pi^1 = 231,3 + 1,8 = 233,1$ м.
7. Визначаємо вільний напір у точці 1. $H_B^1 = 233,1 - 194 = 39,1$ м.
8. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 4. $\Pi^4 = 229 + 0,5 = 229,5$ м.
9. Визначаємо вільний напір у точці 4. $H_B^4 = 229,5 - 197,2 = 32,1$ м.
10. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці 1. $\Pi^1 = 229,5 + 3,6 = 233,1$ м.
11. Визначаємо вільний напір у точці 1. $H_B^1 = 233,1 - 194 = 39,1$ м.

Приклад 7. Визначити п'єзометричні відмітки вузлових точок ВК-1, ВК-2 і вільні напори, якщо $Z_1=85,0$ м, $Z_2=84,5$ м, $h_{1-2} = 1,9$ м.



Розв'язання.

1. Визначаємо вільний напір у точці ВК-1. $H_B^{BK-1} = 10 + 4 \cdot (7 - 1) = 34$ м.
2. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці ВК-1.
 $\Pi^{BK-1} = 34 + 85 = 119$ м.
3. Визначаємо п'єзометричну позначку в точці ВК-2.
 $\Pi^{BK-2} = 119 + 1,9 = 120,9$ м.
4. Визначаємо вільний напір у точці ВК-2. $H_B^{BK-2} = 120,9 - 84,5 = 36,4$ м.

Задачі за темою

Задача 1. Визначити H_B і п'єзометричні відмітки вузлових точок тупикової мережі. Вихідні дані для розв'язання задачі наведено в таблиці. Рисунок до задачі (див. приклад 1).

Вихідні дані		Номери варіантів				
		1	2	3	4	5
Поверховість забудови		12	14	16	9	12
Втрати напору на ділянках, 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 2. Чи можливе підключення будівлі до водопровідної мережі? Рисунок до задачі (див. приклад 2).

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

Задача 3. Визначити H_B і п'єзометричні відмітки вузлових точок 1, 2, 3, 4. Вихідні дані для розв'язання задачі наведено в таблиці. Рисунок до задачі (див. приклад 3).

Вихідні дані		Номери варіантів				
		1	2	3	4	5
Поверховість забудови в т. 3.		7	6	8	9	12
Поверховість забудови в 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 4. Визначити H_B і п'єзометричні відмітки вузлових точок. Вихідні дані для розв'язання задачі наведено в таблиці. Рисунок до задачі (див. приклад 4).

Вихідні дані		Номери варіантів				
		1	2	3	4	5
Поверховість забудови		16	12	14	10	8
Втрати напору на ділянках, м:	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	151
	Z_3	80,3	62,2	105	218	149

Задача 5. Визначити H_B і п'єзометричні відмітки вузлових точок. Вихідні дані для розв'язання задачі наведено в таблиці. Рисунок до задачі (див. приклад 5).

Вихідні дані		Номери варіантів				
		1	2	3	4	5
Поверховість забудови		9	10	12	13	15
Втрати напору на ділянках, м:	h_{1-2}	1,7	1,9	1,3	1,1	1,8
	h_{2-3}	0,7	0,9	0,2	0,1	0,8
	h_{3-4}	1,4	1,6	1,0	0,8	1,5
	h_{4-5}	1,5	1,7	1,1	0,9	1,6
	h_{5-6}	2,2	2,4	1,8	1,6	2,3
	h_{6-1}	0,8	1,0	0,4	0,2	0,9
Відмітки поверхні землі у вузлових точках, м:	Z_1	42	105	69	53	20
	Z_2	41	100	68	52	15
	Z_3	43	110	70	54	25
	Z_4	45	120	72	56	35
	Z_5	46	125	73	57	40
	Z_6	44	115	71	55	30

Задача 6. Визначити H_B і п'єзометричні відмітки вузлових точок. Вихідні дані для розв'язання задачі наведено в таблиці. Рисунок до задачі (див. приклад 6).

Вихідні дані		Номери варіантів				
		1	2	3	4	5
Поверховість забудови		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 7. Визначити H_B і п'єзометричні відмітки вузлових точок. ВК-1, ВК-2 і вільні напори. Вихідні дані для розв'язання задачі наведено в таблиці. Рисунок до задачі (див. приклад 7).

Вихідні дані		Номери варіантів				
		1	2	3	4	5
Поверховість забудови		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

Практичне заняття №10

Тема заняття «Побудова лінії п'єзометричного тиску»

У будь-якій точці зовнішньої водогінної мережі напір повинен бути достатнім для того, щоб вода під його дією могла надходити до найбільш віддаленого водорозбірного приладу.

П'єзометричну лінію будують виходячи з величини напору в характерних вузлових точках, тому п'єзометрична лінія являє собою максимальну лінію. При побудові п'єзометричної лінії виходять із умови, що в диктуючій точці найбільш віддаленій від джерел, напір повинен бути не нижче нормативного.

Величину необхідного вільного напору в мережі водопроводу населених місць обчислюють виходячи з наступних умов: 10 м приймається на перший поверх і по 4 м на кожний наступний:

$$H_{\text{вільн}} = 10 + 4(n - 1), \quad (10.1)$$

де n – кількість поверхів.

Побудову п'єзометричної лінії починаємо з вибору на генплані диктуючої точки, вільний напір якої дорівнює прийнятому залежно від поверховості забудови.

Таким чином, тиск на початку мережі, приймаючи поверховість – 6 поверхів, знаходимо:

$$H_{\text{вільн}} = 10 + 4(6 - 1) = 30 \text{ м.}$$

П'єзометричну позначку для першої точки (т.4) знаходять сумуючи відповідну позначку землі та вільного напору в даній точці:

$$П = z + H_{\text{вільн}}. \quad (10.2)$$

П'єзометрична позначка кожної наступної точки дорівнює п'єзометричній позначці попередньої точки плюс втрати напору на ділянці між цими вузловими точками:

$$П = П_{n-1} + h \quad (10.3)$$

Далі наведені розрахунки (нижче приклад), пов'язані з побудовою лінії п'єзометричного тиску, які в підсумку зводимо до таблиці 10.1.

$$П_4 = 107,5 + 30 = 137,5 \text{ м}$$

$$П_3 = 137,5 + 11,09 = 148,59 \text{ м}$$

$$H_3 = 148,59 - 106,0 = 42,59 \text{ м}$$

$$П_2 = 148,59 + 7,29 = 155,88 \text{ м}$$

$$H_2 = 155,88 - 107,0 = 48,88 \text{ м}$$

$$П_1 = 155,88 + 6,10 = 161,98 \text{ м}$$

$$H_1 = 161,98 - 104,5 = 57,48 \text{ м}$$

На підставі розрахунків будуємо лінії п'єзометричного тиску (рис. 10.1.).

Таблиця 10.1 – Розрахункові дані для побудови лінії п'єзометричного тиску

№ вузла	№ Ділянки	Довжина ділянки, м.	Втрати напору, м	Вільний напір, м	Позначка поверхні землі, м	П'єзометричні позначки, м
4	–	–	–	30	107,5	137,5
3	3-4	845	11,09	42,59	106,0	148,59
2	2-3	995	7,29	48,88	107,0	155,88
1	1-2	800	6,10	57,48	104,5	161,98

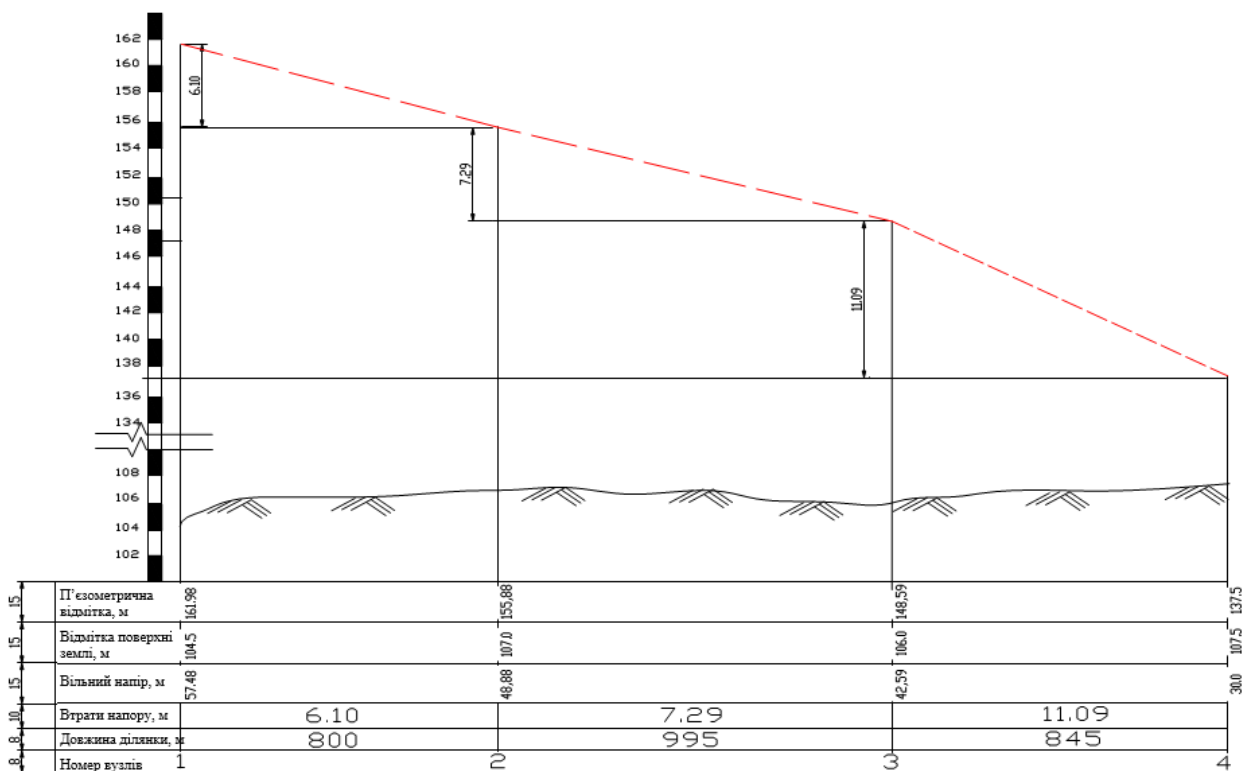


Рисунок 10.1 – Побудова лінії п'єзометричного тиску

Завдання виконується відповідно до варіанту

Практичне заняття №11

Тема заняття «Деталювання основних вузлів водопровідної мережі»

Після розрахунку магістральних ліній водопровідної мережі робимо деталювання основних її вузлів, тобто складаємо монтажну схему мережі. Влаштування розрахованої магістральної водопровідної мережі проектуємо з чавунних водопровідних розтрубних труб (табл. 11.1 – 11.8).

Деталізації підлягають 3-5 колодязів водопровідної мережі.

Під час деталювання мережі показуємо із застосуванням умовних позначень труби, фасонні частини, водорозбірну, запобіжну регульовальну та запірну арматуру. При цьому засувки слід розміщувати таким чином, щоб можна було вимикати окремі ділянки мережі без порушення подачі води споживачам.

Для з'єднання фланцевих засувок та іншої фланцевої арматури з розтрубними трубами слід застосовувати з'єднання патрубков-фланець-розтруб і патрубков-фланець-гладкий кінець.

На основі деталювання мережі складаємо специфікацію труб, фасонних частин і арматури різного призначення, що необхідно для складання кошторису, замовлення на труби та ін. деталі мережі.

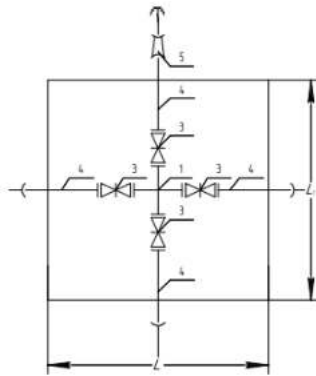
Під час визначення розмірів колодязів у плані слід врахувати розміри арматури, що встановлюється в колодязі, та мінімально допустиму відстань між стінками труб і стінками колодязів тощо: так відстань до внутрішньої стінки колодязя від стінки труби має бути для $d < 400$ мм - 0,3 м, для $d = 450-800$ мм - 0,5 м, $d > 800$ мм - 0,7 м; відстань від стінок та покриття до вентиля засувки має бути не меншою, ніж 0,25-0,5 м.

Розрізняють колодязі круглі та прямокутні. Під час вибору розмірів колодязів доцільно користуватися типовими проектами збірних залізобетонних водопровідних колодязів. До типових рішень відносяться круглі колодязі з внутрішніми розмірами 700, 1000, 1250, 1500 і 2000 мм; прямокутні колодязі розроблені зі збірних залізобетонних елементів з розмірами в плані 1500×2000, 1500×2500, 2000×2000, 2000×2500, 2500×2500 мм.

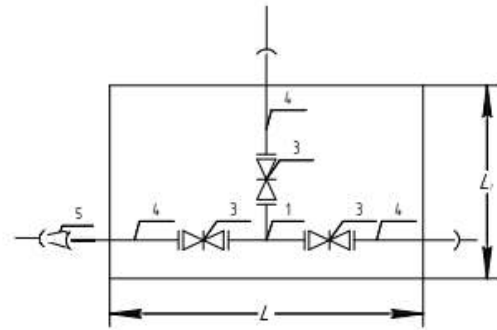
Якщо розрахункові розміри колодязів більші за розміри типових колодязів, то їх можна приймати з цегли: при цьому розміри колодязів мають бути кратними $\frac{1}{2}$ цегли.

Приклад схематичного деталювання колодязя

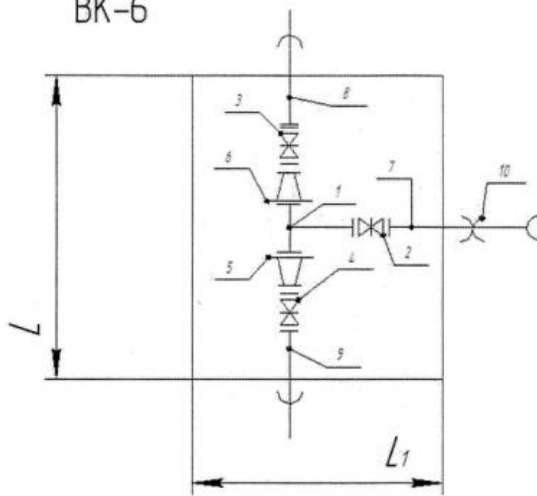
ВК – 1



ВК – 2



ВК-6



СПЕЦИФІКАЦІЯ

- 1) ТФ 150 X 150; L = 250, L₁ = 200;
- 2) Засувка паралельна з висувним шпинделем
P_{раб} = 10 кг/см², D_y = 150; L = 280;
- 3) Засувка паралельна з висувним шпинделем
P_{раб} = 10 кг/см², D_y = 100; L = 230;
- 4) Засувка паралельна з висувним шпинделем
P_{раб} = 10 кг/см², D_y = 125; L = 255;
- 5) ХФ 150X125; L = 200;
- 6) ХФ 150X120; L = 250;
- 7) ПФГ 150; L = 1200;
- 8) ПФГ 100; L = 1200;
- 9) ПФГ 125; L = 1200;
- 10) ДР 150; L = 190; L₁ = 20;

РОЗРАХУНОК РОЗМІРІВ СВЕРДЛОВИНИ



Вважайте, що товщина прокладки L дорівнює 10 мм







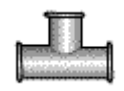

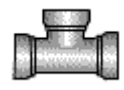

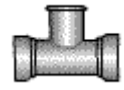

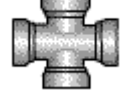



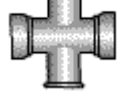











$$L=300+30+230+250 \times 2+200+255+30+300=2095 \text{ мм}$$

$$L_1=500+200+20+280+300=1300 \text{ мм}$$

Приймаємо типовий прямокутний з/б колодязь зі збірних елементів із розмірами в плані 1500x2000 мм.

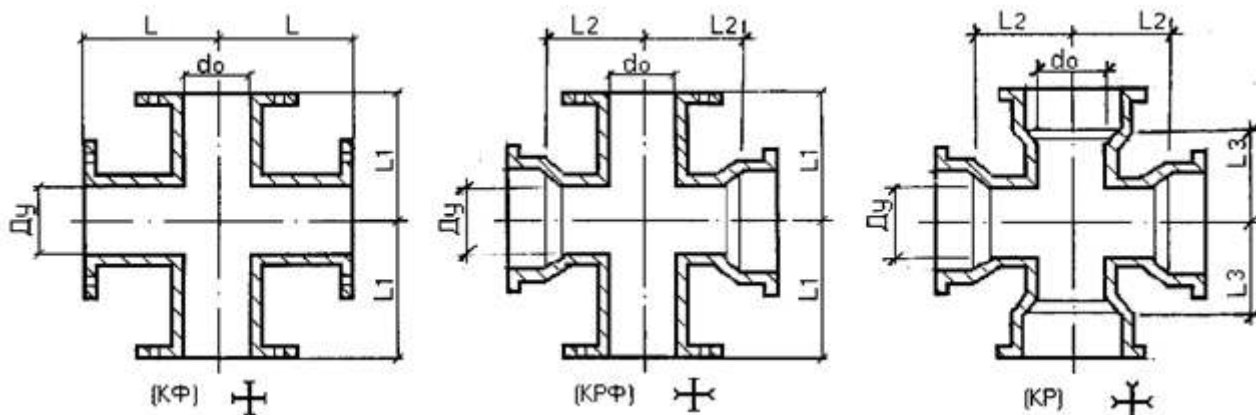
Таблиця 11.1 – Основні деталі мережі та їх позначення

Найменування	Позначення	Ескіз	Схема
1	2	3	4
Труба розтрубна (чавунна)	ТР		

Подвійний розтруб	ДР		
Патрубок фланець-розтруб	ПФР		
Патрубок фланець-гладкий кінець	ПФГ		
Трійник фланцевий	ТФ		
Трійник розтрубний	ТР		
Трійник розтруб-фланець	ТРФ		
Хрест розтрубний	КР		
Хрест фланцевий	КФ		
Хрест розтруб-фланець	КРФ		
Перехід фланцевий	ХФ		
Перехід розтрубний	ХР		
Перехід розтруб-фланець	ХРФ		
Перехід розтруб-гладкий кінець	ХРГ		
Засувка			

Таблиця 11.2 – Розміри та маса розтрубних чавунних труб

Умовний прохід, Ду, мм	Товщина стінок труб, S, мм			Маса 1 метра труб, кг			Маса розтруба, кг	Довжина труби, L, м
	ЛА	А	Б	ЛА	А	Б		
65	6,7	7,4	8	11,3	12,4	13,3	4,1	2,3,4,5
80	7,2	7,9	8,6	14,9	16,2	17,5	4,9	2,3,4,5
100	7,5	8,3	9	18,9	20,8	22,6	6,3	3,4,5,6
125	7,9	8,7	9,5	24,5	26,8	29,1	7,8	3,4,5,6
150	8,3	9,2	10	30,5	33,7	36,4	10,2	3,4,5,6
200	9,2	10,1	11	44,6	48,8	52,9	14,6	4,5,6
250	10	11	12	60,1	65,9	71,6	20	4,5,6
300	10,8	11,9	13	77,6	85,2	92,7	26	4,5,6
350	11,7	12,8	14	97,6	103,5	116,1	31,9	4,5,6
400	12,5	13,8	15	118,5	130,5	141,4	40,9	4,5,6,7,8,9,10
450	13,5	14,7	16	130,5	157,5	169,2	49,9	4,5,6,7,8,9,10
500	14,2	15,6	17	167,5	183,5	199,4	59,6	4,5,6,7,8,9,10
600	15,8	17,4	19	22,9	244,8	266,4	79,5	4,5,6,7,8,9,10
700	17,5	19,3	21	287,2	316	342,9	102	4,5,6
800	19,2	21,1	23	359,8	394,6	429	136	4,5,6
900	20,8	22,9	25	437,8	480,9	523,9	174	4,5,6
1000	22,5	21,8	27	525,6	578	627,9	222	4,5,6



Таблиця 11.3 – Розміри, маса чавунних хрестів

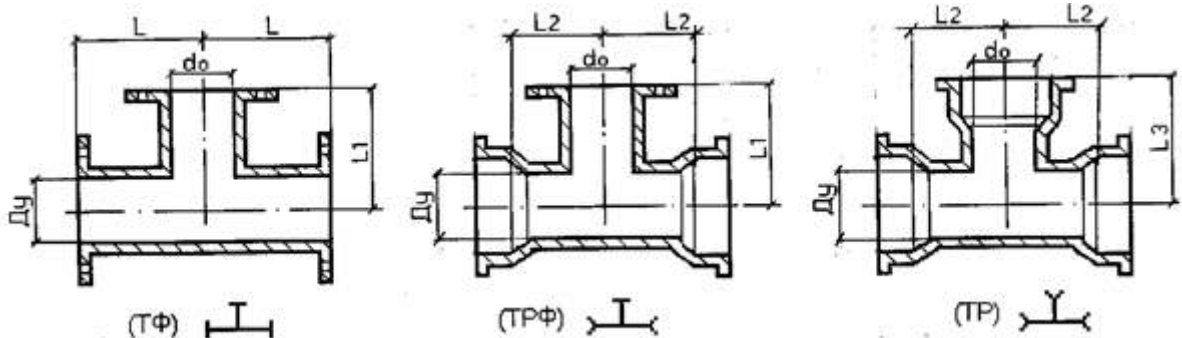
Діаметр умовного прохода, мм		КФ	КРФ	КР	L	L ₁	L ₂	L ₃
Ствола Ду	Отвода do	Маса, кг			Довжина, мм			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	50	15,1	18	19	125	125	100	100
75	50	21,5	23,6	25,6	150	150	125	100
	75	25,1	27,3	30,1	150	150	125	125
100	50	26	28,7	31,3	200	150	125	125
	75	31	34,6	35	200	175	125	125

	100	33,3	37,7	38,2	200	200	150	150
125	50	34,4	34,5	36	225	175	125	125
	75	36,6	40,2	42,5	225	175	150	150
	100	39,9	41,6	49	225	175	150	150
	125	47,4	52,3	55,5	225	225	200	200
150	50	42,1	43,4	45,6	250	200	125	150
	75	46,7	47,8	50,1	250	200	150	150
	100	48,2	49,8	54,9	250	200	150	150
	125	52,2	57,5	62,8	250	200	200	200
	150	59,9	64,9	69	250	200	200	200
200	50	64,5	55,4	58	300	225	125	200
	75	69,7	63,1	65	300	225	150	200
	100	71,7	70,4	75,4	300	225	200	200
	125	75,2	74,5	79,4	300	225	200	200
	200	78,5	77,8	84,5	300	225	200	200
	250	96,3	101	106	300	300	250	250
250	75	88,2	80	81,3	300	250	150	200
	100	89,5	89,6	93,8	300	250	200	200
	125	93,6	93,7	100	300	250	200	250
	150	95,3	98,8	106	300	250	200	250
	200	100	116	125	300	275	250	250
	250	121	124	137	300	300	250	250
300	75	106	101	104	300	275	150	250
	100	107	114	119	300	275	200	250
	125	111	118	122	300	275	200	250
	150	114	121	126	300	275	200	250
	200	126	142	148	300	300	250	250
	250	131	150	158	300	300	250	250
	300	139	167	194	300	300	300	300
350	100	132	142	146	300	300	200	250
	125	136	146	152	300	300	200	300
	150	138	149	158	300	300	200	300
	200	150	173	181	300	300	250	300
	250	158	181	193	300	305	250	300
	300	177	199	221	350	305	300	300
	350	217	217	250	350	350	300	300
400	100	159	168	173	300	325	200	300
	125	163	172	177	300	325	200	300
	150	166	191	198	300	325	250	300
	200	177	202	207	300	350	250	300
	250	184	207	220	300	350	250	300
	300	219	230	250	400	350	300	300

	350	237	218	277	400	375	300	300
	400	259	284	309	400	400	300	350
450	100	181	201	205	300	350	200	300
	125	185	205	211	300	350	200	350
	150	188	226	245	300	350	250	350
	200	199	237	245	300	375	250	350
	250	205	244	247	300	375	250	350
	300	257	273	280	400	400	300	350
	350	266	295	307	400	400	300	350
	400	278	334	359	400	400	400	350
	450	320	358	397	450	450	400	400
	500	100	212	235	239	300	375	200
125		216	238	242	300	375	200	350
150		219	263	269	300	375	250	350
200		228	272	278	300	400	250	350
250		279	280	289	400	400	250	350
300		289	311	320	400	425	300	350
350		300	322	351	400	425	300	400
400		312	378	411	400	425	400	400
450		370	392	430	500	450	400	400
500		405	422	448	500	500	400	400
600	150	293	359	363	300	450	250	400
	200	299	366	370	300	450	250	400
	250	365	401	409	400	450	300	400
	300	374	410	421	400	475	300	400
	350	384	481	502	400	475	400	450
	400	395	492	525	400	475	400	450
	450	467	504	542	500	500	400	450
	500	478	515	559	500	500	400	450
	600	564	600	636	550	550	450	450
700	150	464	475	479	400	500	250	450
	200	471	481	486	400	500	250	450
	250	475	527	534	400	500	300	450
	300	482	533	544	400	525	300	450
	350	489	622	638	400	525	400	500
	400	579	630	663	500	525	400	500
	450	590	642	680	500	550	400	500
	500	599	650	694	500	550	400	500
	600	700	752	819	600	550	500	500
	700	767	859	910	600	600	550	550
800	200	598	669	672	400	550	300	500
	250	600	671	675	400	550	300	500

	300	603	675	686	400	575	300	550
	350	721	786	801	500	575	400	550
	400	723	788	806	500	575	400	550
	450	726	791	812	500	600	400	550
	500	729	903	927	600	600	550	550
	600	961	912	947	700	625	550	550
	700	976	981	1081	700	625	600	550
	800	1039	1104	1142	700	700	600	600
900	200	732	846	847	400	600	300	550
	250	737	851	850	400	625	300	550
	300	738	851	862	400	625	300	600
	350	875	988	942	500	625	400	600
	400	881	996	1006	500	650	400	600
	450	880	994	1012	500	650	400	600
	500	881	1129	1151	500	650	500	600
	600	1160	1138	1164	700	675	500	600
	700	1182	1296	1321	700	675	600	600
	800	1206	1320	1352	700	700	600	600
	900	1317	1431	1487	750	750	650	650
1000	250	1083	1241	1246	500	675	400	600
	300	1083	1241	1250	500	675	400	650
	350	1085	1242	1256	500	675	400	650
	400	1092	1250	1260	500	700	400	650
	450	1089	1247	1264	500	700	400	650
	500	1423	1413	1434	700	700	500	650
	600	1430	1470	1446	700	725	500	650
	700	1448	1611	1692	700	750	600	650
	800	1663	1658	1682	700	800	600	700
	900	1675	1833	1891	800	800	700	700
	1000	1704	1862	1935	800	800	700	700

Таблиця 11.4 – Розміри, маса чавунних трійників

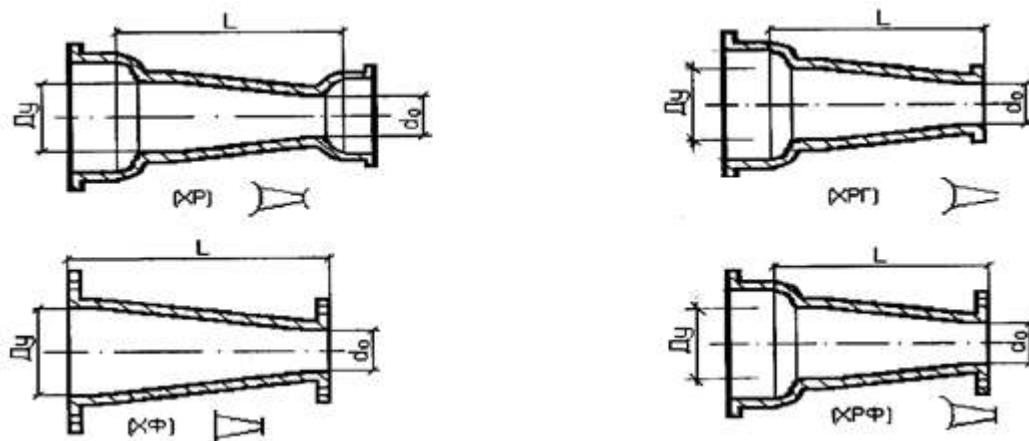


Діаметр умовного прохода, мм		ТФ	ТРФ	ТР	Л	Л ₁	Л ₂	Л ₃
Ствола Ду	Отвода d _o	Маса, кг			Довжина, мм			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	50	11,8	14,4	14,6	125	125	100	100
75	50	17,7	19,9	20,9	150	150	125	100
	75	19,2	21,7	23,1	150	150	125	125
100	50	22,4	25,1	26,4	200	150	125	125
	75	25	27,7	28,3	200	175	125	125
	100	26,5	30,2	32,8	200	200	150	150
125	50	30,7	30,8	31,5	225	175	125	125
	75	32,7	31,4	35,3	225	175	150	150
	100	33,5	35,1	37,4	225	175	150	150
	125	37,2	42,1	44,4	225	225	200	200
150	50	38,5	37,6	38,5	250	200	125	150
	75	40,7	41,7	42,4	250	200	150	150
	100	41,4	42,6	44,4	250	200	150	150
	125	43,6	48,6	51	250	200	200	200
	150	47,3	52,3	53,8	250	200	200	200
200	50	61,6	51	52,9	300	225	125	200
	75	63,7	57,1	57,9	300	225	150	200
	100	64,4	63,7	66,2	300	225	200	200
	125	66,5	65,8	68,2	300	225	200	200
	200	68,1	67,4	70,9	300	225	200	200
	250	72	82,1	84,1	300	300	250	250
250	75	82,3	74,1	74,7	300	250	150	200
	100	82,9	83	85	300	250	200	200
	125	85	85,1	88,4	300	250	200	250
	150	88,6	86,6	91,4	300	250	200	250
	200	93,2	101,1	105	300	275	250	250
	250	98,5	104	111	300	300	250	250
300	75	100	95	97,7	300	275	150	250
	100	101	117	100	300	275	200	250
	125	109	118	112	300	275	200	250
	150	104	119	114	300	275	200	250
	200	110	127	120	300	300	250	250
	250	114	131	135	300	300	250	250
	300	117	144	158	300	300	300	300
350	100	126	136	137	300	300	200	250
	125	126	137	141	300	300	200	300
	150	139	139	153	300	300	200	300

	200	135	158	162	300	300	250	300
	250	139	161	163	300	305	250	300
	300	135	177	188	350	305	300	300
	350	164	186	194	350	350	300	300
400	100	153	162	165	300	325	200	300
	125	155	161	166	300	325	200	300
	150	156	181	185	300	325	250	300
	200	162	187	189	300	350	250	300
	250	166	170	195	300	350	250	300
	300	198	200	217	400	350	300	300
	350	207	218	237	400	375	300	300
450	400	218	214	266	400	400	300	350
	100	175	115	117	300	350	200	300
	125	177	117	200	300	350	200	350
	150	178	217	221	300	350	250	350
	200	184	222	226	300	375	250	350
	250	186	226	237	300	375	250	350
	300	232	250	258	400	400	300	350
	350	237	256	267	400	400	300	350
	400	243	299	312	400	400	400	350
500	450	273	311	331	450	450	400	400
	100	206	228	230	300	375	200	350
	125	207	229	232	300	375	200	350
	150	209	253	256	300	375	250	350
	200	213	256	260	300	400	250	350
	250	261	261	265	400	400	250	350
	300	266	238	297	400	425	300	350
	350	272	294	308	400	425	300	400
	400	278	344	360	400	425	400	400
	450	329	351	370	500	450	400	400
600	500	346	363	373	500	500	400	400
	150	281	348	350	300	450	250	400
	200	284	351	354	300	450	250	400
	250	348	384	388	400	450	300	400
	300	353	389	394	400	475	300	400
	350	358	455	470	400	475	400	450
	400	363	461	477	400	475	400	450
	450	430	466	486	500	500	400	450
	500	435	472	494	500	500	400	450
700	600	494	530	548	550	550	450	450
	150	453	464	465	400	500	250	450
	200	450	467	469	400	500	250	450

	250	458	510	514	400	500	300	450
	300	462	513	579	400	525	300	450
	350	465	598	606	400	525	400	500
	400	551	602	619	500	525	400	500
	450	557	608	627	500	550	400	500
	500	591	612	634	500	550	400	500
	600	652	704	737	600	550	500	500
	700	886	778	801	600	600	550	550
800	200	613	384	689	400	550	300	500
	250	617	688	696	400	550	300	500
	300	623	695	718	400	575	300	550
	350	744	809	840	500	575	400	550
	400	748	813	849	500	575	400	550
	450	755	820	862	500	600	400	550
	500	761	934	883	600	600	550	550
	600	1009	959	1023	700	625	550	550
	700	1037	1043	1182	700	625	600	550
	800	1163	1223	1304	700	700	600	600
900	200	747	861	863	400	600	300	550
	250	757	870	870	400	625	300	550
	300	758	892	892	400	625	300	600
	350	898	979	979	500	625	400	600
	400	911	1047	1047	500	650	400	600
	450	908	1021	1058	500	650	400	600
	500	910	1158	1202	500	650	500	600
	600	1198	1178	1229	700	675	500	600
	700	1243	1357	1408	700	675	600	600
	800	1291	1405	1470	700	700	600	600
1000	250	1102	1260	1258	500	675	400	600
	300	1102	1261	1279	500	675	400	650
	350	1107	1263	1291	500	675	400	650
	400	1120	1278	1299	500	700	400	650
	450	1115	1278	1307	500	700	400	650
	500	1447	1437	1479	700	700	500	650
	600	1460	1660	1503	700	725	500	650
	700	1496	1659	1707	700	750	600	650
	800	1758	1753	1809	700	800	600	700
	900	1783	1941	2056	800	800	700	700
1000	1841	1999	2145	800	800	700	700	

Таблиця 11.5 – Розміри, маса чавунних переходів



Діаметр умовного прохода, мм		Перехід розтрубний ХР		Перехід розтруб гладкий кінець ХРГ		Перехід фланцевий ХФ		Перехід розтруб - фланець ХРФ	
Ствола Ду	Отвода d0	Довжина L, мм	Маса, кг	Довжина L, мм	Маса, кг	Довжина L, мм	Маса, кг	Довжина L, мм	Маса, кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
75	50	200	12	250	9,86	200	8,11	200	9,66
100	50	250	15,1	300	11,7	250	10,13	250	13,1
	70	200	17,3	250	14,1	200	11,3	200	14,5
125	50	300	17,3	350	16,4	300	12,5	300	15,8
	75	250	20	300	15,7	250	13,7	250	17,2
	100	200	21	250	13,6	200	15,6	200	18,4
150	75	300	24	350	20,7	300	16,6	300	21,6
	100	250	26	300	19,6	250	17,5	250	22,2
	125	200	27	250	18,7	200	18,6	200	23,1
200	75	400	33	450	36,4	400	24,6	400	30,4
	100	350	35	400	34,7	350	25,5	350	31,3
	125	300	36	350	32,6	300	26,5	300	32,3
	150	250	38	300	30,4	250	27,7	250	33,4
250	100	450	46	500	42,1	450	35	450	43,3
	125	400	48,6	450	41,1	400	36,1	400	44,4
	150	350	50,2	400	40	350	37,2	350	45,5
	200	250	55,2	300	38,8	250	38,3	250	46,6
300	125	500	63,6	550	55,1	500	48,3	500	62
	150	450	65	500	54,7	450	49,1	450	62,8
	200	350	69	400	53	350	50,6	350	64,3
	250	250	69,4	300	51,3	250	50,5	250	64,4
350	150	550	83	600	75,5	550	74	550	82
	200	450	89,3	500	73,3	450	73	450	83,8
	250	350	91,8	400	71,5	350	71,5	350	83,6
	300	250	93,7	300	70	250	65,6	250	83,2

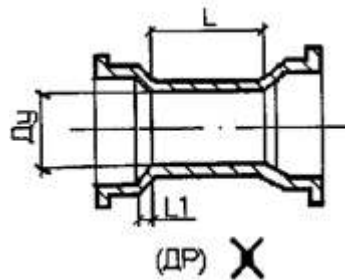
400	200	550	109	600	95,9	550	84,9	550	104,5
	250	450	112	500	97,5	450	83,8	450	104
	300	350	115	400	87,2	350	83	350	103,5
	350	250	117	300	82,9	250	82,5	250	103
450	200	700	137	750	118	650	117	650	146
	250	600	142	650	117	550	115	550	144
	300	500	146	550	109	450	114	450	143
	350	400	150	450	104	350	113	350	142
	400	300	159	350	96	250	108	250	137
500	250	700	168	750	143	650	142	650	175
	300	600	178	650	138	550	141	550	174
	350	500	188	550	132	450	140	450	173
	400	400	199	450	125	350	135	350	168
	450	300	210	350	112	250	130	250	163
600	300	800	239	850	210	750	210	750	261
	350	700	246	750	204	650	205	650	259
	400	600	249	650	196	550	198	550	253
	450	500	251	550	182	450	192	450	248
	500	400	289	450	168	350	180	350	239
700	350	900	329	950	300	850	301	850	368
	400	800	335	850	292	750	296	750	363
	450	700	349	750	282	650	284	650	361
	500	600	359	650	263	550	279	550	346
	600	400	370	450	225	350	267	350	324
800	400	1000	436	1050	423	950	419	950	506
	450	900	446	950	406	850	410	850	497
	500	800	459	850	382	750	401	750	488
	600	600	471	650	362	550	377	550	464
	700	400	483	450	342	350	344	350	431
900	500	1000	574	1050	535	950	520	950	669
	600	800	597	850	494	750	515	750	644
	700	600	622	650	444	550	489	550	611
	800	400	665	450	381	350	445	350	560
1000	400	400	756	1450	685	950	706	950	869
	700	700	774	850	658	750	676	750	839
	800	800	785	650	570	550	620	550	702
	900	900	796	450	460	350	562	350	700

Таблиця 11.6 – Розміри, маса чавунних патрубків

Діаметр умовного прохода, мм	ПФР		Маса не більше, кг	ПФГ			
	Довжина L, мм	Довжина L, мм		Довжина L, мм	Довжина L, мм	Довжина L, мм	Довжина L, мм

50	100	75	8,03	300	6,1	1200	16,4
75	100	75	11,8	300	9,8	1200	26,4
100	100	80	14,7	350	13,1	1200	42,4
125	100	80	18,7	350	17,6	1200	57,3
150	100	85	23,3	350	21,3	1200	68,8
200	100	85	32,8	350	33	1200	107
250	150	90	47,5	350	42,3	1200	138
300	150	95	60,4	400	57,8	1200	142
350	150	100	78,4	400	72,8	1200	178
400	150	110	95,4	400	89,2	1200	216
450	150	105	112	450	113	1200	255
500	150	105	132	450	133	1200	299
600	250	115	211	500	197	1200	412
700	250	120	283	500	261	1200	547
800	250	130	379	600	403	1200	724
900	300	135	506	600	493	1200	896
1000	300	145	639	600	616	1200	1115

Таблиця 11.7 – Розміри, маса подвійних розтрубів



Умовний проход, мм	Довжина, мм		Маса, кг	Умовний проход, мм	Довжина, мм		Маса, кг
	L	L ₁			L	L ₁	
50	170	20	8,26	400	229	20	82,7
75	170	20	11	450	230	20	101
100	180	20	14,8	500	240	30	123
125	180	20	17,8	600	260	30	167
150	190	20	22,7	700	270	30	227
200	190	20	30,4	800	290	30	298
250	200	20	41,2	900	310	40	393
300	210	20	54	1000	330	40	500
350	220	20	69,4				

Таблиця 11.8 – Розміри та маса засувок

Засувка 30ч9066р паралельна з висувним шпинделем на $P_p=10 \text{ кг/см}^2$				Засувка 30ч925 клинова з нерухомим шпинделем на $P_p=16-64 \text{ кг/см}^2$			
Ду, мм	L, мм	H, мм	M, кг	Ду, мм	L, мм	H, мм	M, кг
100	230	445	42	100	350	650	140
125	255	510	58	125	450	710	254
150	280	575	73	200	550	800	330
200	330	730	135	250	650	930	562
250	450	875	190	300	750	1035	750
300	500	1010	278	500	850	1800	1300
350	550	1150	370	600	950	2055	1770
400	600	1310	525	800	1000	2300	2080
				1000	1200	2500	2500

Практичне заняття №12

Тема заняття «Розрахунок зон санітарної охорони водозабору питних вод»

Визначення розмірів зон санітарної охорони (ЗСО) має велике практичне та господарське значення, оскільки поряд з іншими заходами є методом екологічного захисту підземних вод, що використовуються для водопостачання.

Розраховуючи ЗСО, необхідно послуговуватися нормативним документом «Рекомендації з гідрогеологічних розрахунків визначення меж зон санітарної охорони підземних джерел господарсько-питного водопостачання», постановою Кабінету Міністрів України № 2024 від 18.12.1998 р. і будівельними нормами.

Відповідно до цих документів ЗСО має три пояси, в межах яких здійснюють спеціальні заходи, що унеможливають потрапляння забруднюючих речовин у водоносний горизонт в пункті водозабору. Перший пояс є зоною *суворого* режиму. Другий і третій пояси є зонами *обмежень*.

Контур другого поясу ЗСО визначають, вдаючись до гідродинамічних розрахунків, маючи на увазі, що забруднення, яке потрапляє у водоносний горизонт за контурами ЗСО через зону аерації (збагачення на кисень) або безпосередньо, не досягне водозабору.

Геометричні параметри СЗЗ (Санітарно-захисної зони – місцевості певної площі, в межах якої не допускається ведення господарських робіт, здатних погіршити якість води у підземному джерелі) залежать від гідродинамічних характеристик у водоносному горизонті за встановленого режиму водозабору, геологічних і гідрогеологічних умов території та ін.

Ширину області захоплення водозабірної споруди визначають величиною $2d$.

$$d = \frac{2TQ}{m_b n(R+r)} \quad (12.1)$$

де d - півширина області захоплення, м; Q - добова продуктивність водозабірних споруд, м³/добу; n - активна ґрунту, що складає водоносний шар; m_b - потужність водоносного пласта; T - розрахунковий час просування осередку забруднення до водозабірної споруди, діб; R - величина основного захоплення (в напрямку руху води), м; r - протяжність ЗСО вниз по потоку; q - одинична витрата потоку; N - водороздільна точка; L - довжина СЗЗ (рис. 12.1).

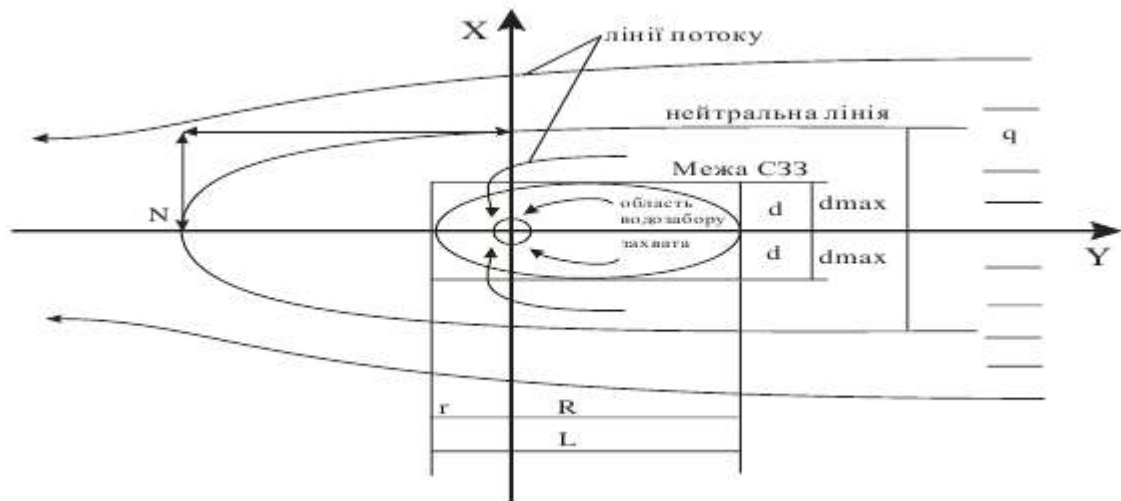


Рисунок 12.1 – Основні параметри розрахунку ЗСО
(лініями на рисунку показано основні маршрути надходження води при водозаборі)

Одиничну витрату на 1 м ширини потоку підземних вод у місці розташування водозабору в природних умовах визначають за формулою:

$$q = K_{\phi} \cdot m_b \cdot i, \quad (12.2)$$

де i - величина нахилу водної поверхні; K_{ϕ} - коефіцієнт фільтрації.

Віддаль від водозабору до вододільної точки становить:

$$X_p = \frac{Q}{2\pi q} \dots \quad (12.3)$$

Величину основного захоплення емпірично описують рівнянням:

$$R = \frac{qT}{m_b \cdot n} + 3X_p \quad (12.4)$$

Величина другорядного захоплення дорівнює:

$$r \approx X_p \quad (12.5)$$

Загальна протяжність СЗЗ в довжину становить:

$$L = R + r. \quad (12.6)$$

Виконання практичної роботи дасть змогу переконатися у тому, що обчислені параметри СЗЗ забезпечать довготривале використання підземних вод для питного водопостачання без проникнення вірогідного забруднювача.

Варіанти завдань для виконання практичної роботи наведені в таблиці 12.1.

Таблиця 12.1 – Варіанти завдань для виконання практичної роботи

Варіанти	Вихідні параметри					
	Q	K_ϕ	m_b	n	i	T_l
1	860	5,2	36	0,21	0,002	200
2	790	4,1	29	0,19	0,001	200
3	770	3,0	25	0,20	0,001	200
4	500	4,5	20	0,14	0,003	200
5	810	5,7	33	0,17	0,002	200
6	690	3,6	30	0,18	0,004	200
7	720	4,2	37	0,16	0,001	200
8	770	4,9	40	0,20	0,001	200
9	800	5,4	42	0,22	0,001	200
10	840	5,9	38	0,16	0,002	200
11	880	4,7	35	0,19	0,002	200
12	910	4,2	33	0,17	0,002	200
13	920	4,4	30	0,20	0,003	200
14	890	5,1	40	0,21	0,003	200
15	860	3,8	48	0,19	0,003	200
16	830	4,1	46	0,18	0,001	200
17	810	4,3	42	0,16	0,002	200
18	770	4,7	44	0,17	0,003	200
19	805	5,0	25	0,20	0,002	200
20	820	5,2	26	0,20	0,001	200
21	850	4,9	29	0,21	0,003	200
22	880	4,4	33	0,19	0,001	200
23	905	4,6	35	0,18	0,001	200
24	930	5,0	40	0,20	0,001	200
25	950	4,9	22	0,22	0,002	200

Приклад виконання контрольної задачі

Розрахувати СЗЗ для проектного водозабору, продуктивність якого дорівнюватиме 1,0 тис. м³/добу. Потужність водоносного горизонту - 37 м, коефіцієнт фільтрації 9,5 м/добу, активна пористість порід - 0,2, нахил водного дзеркала - 0,002; час міграції вірогідних забруднень - 200 діб. Розрахунковий період експлуатації водозабору - 25 років.

Розв'язання

1. За формулою 12.2 одинична витрата становить:

$$q = 40 - 28 \cdot 0,002 = 2,24 \text{ м}^3/\text{добу}$$

2. За формулою 12.3 віддаль від водозабору до вододільної точки:

$$X_p = 1175 (2 \cdot 3,14 \cdot 2,24) = 83,51 \text{ м}$$

2. За формулою 12.2 віддаль від водозабору до вододільної точки:

$$R = (2,24 \cdot 200) / (28 \cdot 0,14) + 3 \cdot 83,51 = 364,82 \text{ м}$$

3. За формулою 12.4 віддаль від водозабору до вододільної точки:

$$r \approx 83,51 \text{ м}$$

4. За формулою 12.5 віддаль від водозабору до вододільної точки:

$$L = 364,82 + 83,51 = 448,33 \text{ м}$$

5. За формулою 12.1 віддаль від водозабору до вододільної точки:

$$2d = (4 \cdot 200 \cdot 1175) / (28 \cdot 0,19 \cdot 448,33 \text{ м})$$

Відповідь: для належного захисту водозабору необхідно спроектувати СЗЗ шириною 394,13 м і загальною довжиною 448,33 м (364,82 м проти і 83,51 м в напрямку потоку).