

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля

КАФЕДРА БУДІВНИЦТВА, УРБАНІСТИКИ ТА ПРОСТОРОВОГО ПЛАНУВАННЯ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

«Мережі та споруди водопостачання та водовідведення населених міст»

Частина 1

*(для здобувачів вищої освіти спеціальності 192
Будівництво та цивільна інженерія)*

(Електронне видання)

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні кафедри будівництва,
урбаністики та просторового
планування

Протокол № 5 від 17.12.2021 р.

Сєвєродонецьк 2021

УДК 628 (075.8)

Конспект лекцій з дисципліни «Мережі та споруди водопостачання та водовідведення населених міст». Частина 1 (для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія) (Електронне видання) /Уклад.: Н.І. Білошицька. – Сєверодонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2021. – 138 с.

Конспект лекцій спрямований на засвоєння студентами теоретичного матеріалу з дисципліни «Мережі та споруди водопостачання та водовідведення населених міст».

Конспект лекцій містить інформацію про вимоги, що висувуються до мереж та споруд водопостачання та водовідведення населених міст, рекомендації з підготовки та етапів проєктування.

Конспект лекцій охоплює широкий спектр тем, вивчення яких є обов'язковим для здобувачів освіти зі спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»: основні положення та вимоги державних стандартів до систем водопостачання і водовідведення; класифікації та основні характеристики систем і схем зовнішнього водопостачання і водовідведення населених пунктів, житлових і промислових об'єктів; принципи вибору системи й схеми водопостачання і водовідведення об'єкта; визначення розрахункових параметрів систем забору, подачі та приготування води різної якості для потреб водопостачання; визначення розрахункових параметрів систем відведення і очищення стічних вод від різних споживачів; основні принципи влаштування санітарно-технічного обладнання будинків та споруд.

Укладач: Н.І. Білошицька – к.т.н., доцент кафедри БУПП

Рецензент: П.Є. Уваров – к.т.н., доцент

ЗМІСТ

Вступ	5
Змістовий модуль 1. Джерела, системи і схеми водопостачання. Споруди і мережі водопостачання	6
1. Предмет і завдання курсу. Джерела водопостачання	6
1.1. Предмет і завдання курсу	6
1.2. Коротка характеристика водних ресурсів у якості джерел водопостачання	8
1.3. Зони санітарної охорони джерел водопостачання та їх призначення	18
1.4. Основні водоохоронні заходи на території ЗСО	25
1.5. Вибір джерел водопостачання	28
1.6. Історія виникнення мереж та споруд водопостачання та водовідведення	29
Питання для самоконтролю	33
2. Водоспоживачі	34
2.1. Водогосподарський баланс, складання водогосподарського балансу	34
2.2. Основні категорії водоспоживачів в населених пунктах	40
2.3. Норми водоспоживання	41
2.4. Режими водоспоживання	46
Питання для самоконтролю	58
3. Системи та схеми водопостачання	59
3.1. Призначення окремих водопровідних споруд	59
3.2. Класифікація систем водопостачання	63
3.3. Схеми водопостачання	66
3.4. Необхідні напори в мережі	73
Питання для самоконтролю	74

4. Системи подачі і розподілу води. Напірно-регулюючі споруди	75
4.1. Трасування водопровідних мереж	75
4.2. Схеми трасування водопровідних мереж	78
4.3. Напірно-регулюючі та запасні споруди	80
4.4. Транспортування води. Основні типи транспортуючих споруд	97
4.5. Безнапірні водопровідні канали	102
4.6. Напірні гравітаційні водоводи	107
Питання для самоконтролю	109
5. Водозабірні споруди підземних та поверхневих вод	109
5.1. Водозабірні споруди	109
5.2. Водозабори із поверхневих джерел	112
5.3. Водозабірні споруди із підземних джерел	125
5.4. Насосні станції та установки	131
Питання для самоконтролю	134
Література	136

ВСТУП

Наведені в конспекті матеріали спрямовані на формування у здобувачів вищої освіти знань і навичок при підготовці спеціалістів, які проєктують та обслуговують інженерні комунікації – системи водопостачання та водовідведення. Зміни, що відбуваються, призводять до виникнення нового будівельного мислення, яке повинно базуватись на аналізі позитивних і негативних проявів попередніх періодів, а також на результатах минулих досліджень. Цьому повинен сприяти навчальний процес, курс лекцій про джерела, системи і схеми водопостачання; споруди і мережі водопостачання та водовідведення, який є частиною підготовки магістрів за спеціальністю «Будівництво та цивільна інженерія».

Знання і навички, набуті при вивченні дисципліни, спрямовані на використання майбутніми фахівцями у професійній діяльності технологій, методів доведення і освоєння технологічних процесів будівельного виробництва, експлуатації, обслуговування будівель, споруд, інженерних систем, виробництва будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, машин та устаткування.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ДЖЕРЕЛА, СИСТЕМИ І СХЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ. СПОРУДИ І МЕРЕЖІ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Тема 1. Предмет і завдання курсу. Джерела водопостачання

План:

1.1. Предмет і завдання курсу

1.2. Коротка характеристика водних ресурсів у якості джерел водопостачання

1.3. Зони санітарної охорони джерел водопостачання та їх призначення

1.4. Основні водоохоронні заходи на території ЗСО

1.5. Вибір джерел водопостачання

1.6. Історія виникнення мереж та споруд водопостачання та водовідведення

1.1. Предмет і завдання курсу

Метою вивчення дисципліни є підготовка майбутніх магістрів обирати джерела водопостачання, раціонально їх використовувати й охороняти від забруднень, обґрунтовувати і проєктувати системи забору, мереж і споруд постачання води для господарсько-питних та інших цілей життєдіяльності населення; мереж і споруд водовідведення. Дисципліна «Мережі та споруди водопостачання та водовідведення населених міст» є необхідною при підготовці фахівців до самостійного вирішення професійних задач у галузі проєктування, будівництва та експлуатації об'єктів і систем водопостачання, водоочищення та водовідведення.

При підготовці фахівців, які повинні вміти самостійно переробляти інформацію, постійно оновлювати свої знання, приймати самостійне рішення як при проєктуванні будівель та споруд і на будівельних майданчиках, так і у сфері цивільної інженерії вивчаються напрямки:

- джерела водопостачання;
- водоспоживання та водоспоживачі;
- системи та схеми водопостачання;

- споруди та мережі водопостачання;
- системи подачі і розподілу води;
- споруди для підготовки води для питних та технологічних потреб;
- методи і способи підготовки води для питних та технологічних потреб;
- системи і схеми водовідведення;
- споруди та мережі водовідведення;
- зовнішні системи водовідведення;
- очищення стічних вод.

Предметом дисципліни «Мережі та споруди водопостачання та водовідведення населених міст» є:

- системи та схеми водопостачання і водовідведення населених міст і промислових підприємств;
- методи і споруди поліпшення якості, подачі й розподілу питної води;
- методи і споруди для транспортування та очищення стічних вод і осадів;
- основи проектування та експлуатації внутрішніх і зовнішніх систем водопостачання і водовідведення.

Завданням курсу є теоретична і практична підготовка здобувачів освіти з таких питань:

- основні положення та вимоги державних стандартів до систем водопостачання і водовідведення;
- класифікації та основні характеристики систем і схем зовнішнього водопостачання і водовідведення населених пунктів, житлових і промислових об'єктів;
- принципи вибору системи та схеми водопостачання і водовідведення об'єкта;
- визначення розрахункових параметрів систем забору, подачі та приготування води різної якості для потреб водопостачання;
- визначення розрахункових параметрів систем відведення і очищення стічних вод від різних споживачів;

– основні принципи влаштування санітарно-технічного обладнання будинків та споруд.

Водопостачання – це комплекс заходів, за допомогою яких забезпечуються всі потреби споживачів у воді. До цих засобів належать: добування води; підняття води насосним устаткуванням і транспортування її до місць споживання; розподіл її між споживачами з поліпшенням умов для більш зручного і доцільного постачання. Водопостачання є однією з найважливіших галузей техніки, спрямованої на підвищення рівня життя людей, благоустрій населених місць і розвиток промисловості. Забезпечення населення чистою, доброякісною водою в достатній кількості має важливе санітарно-гігієнічне значення, охороняє людей від можливих епідемічних захворювань, які розповсюджуються через воду.

Каналізація або водовідведення – це комплекс інженерних заходів щодо організації збирання, транспортування, очищення і знезараження стічних вод, що використовувалися для певних потреб і тому набули додаткового забруднення.

1.2. Коротка характеристика водних ресурсів у якості джерел водопостачання

Вода у житті людини має велике значення. Для фізіологічних потреб на добу потрібно 2,5 л, але ресурси прісної води на земній кулі далеко неоднакові і більш як 500 млн. мешканців страждають від захворювань, спричинених дефіцитом або низькою якістю питної води. Водночас в цілому на земній кулі на одного мешканця на рік припадає більш як 1000 м³ прісної води.

Джерело водопостачання повинне забезпечувати потрібну кількість води з урахуванням зростання водоспоживання на перспективу, безперервне постачання води, давати воду, що потребує мінімальних витрат на її очищення та подачу споживачу. Крім того, потужність джерела мусить бути такою, при якій відбір води на потреби об'єкта не порушує складну екологічну систему.

Розрізняють **поверхневі** (моря або їх окремі частини (затоки, протоки), водотоки (річки, струмки, канали), водойми (озера, ставки, водосховища, обводнені кар'єри), болота, природні виходи підземних вод (гейзери, джерела), льодовики тощо) та **підземні джерела водопостачання** (басейни підземних вод, водоносні горизонти). Поверхневі джерела водопостачання характеризуються значними змінами якості води в окремі сезони року. Якість води річок, озер, водосховищ значною мірою залежить від інтенсивності атмосферних опадів, розтавання снігу, сільськогосподарської та виробничої діяльності людини в зоні водозабору.

Річкова вода має значну каламутність, особливо в період весняних повеней і злив, багата органічними домішками і містить велику кількість мікроорганізмів. Поряд з цим вміст солей і жорсткість води, зазвичай, незначні. Води озер і водосховищ характеризуються меншою каламутністю, але можуть мати значну забарвленість внаслідок розвитку водоростей і планктону. Якість і кількість води поверхневих джерел залежать від кількості та інтенсивності атмосферних опадів, танення снігів, забруднення поверхні. Гірські річки, внаслідок великих швидкостей течії, тягнуть багата наносів. При цьому транспортуються не тільки маленькі часточки ґрунту, а й окреме каміння. Коливання рівнів води в поверхневих джерелах може бути значним.

Якість води поверхневих джерел, зазвичай, не відповідає вимогам держстандартів, тому її потрібно очищати та знезаражувати. При використанні поверхневих вод слід також враховувати вимоги санітарно-епідеміологічної служби, органів рибоохорони, водного транспорту та інспекції з охорони водних ресурсів.

Джерелами прісної води можуть бути поверхневі і підземні води, атмосферні води, води льодовиків. Запаси їх неоднакові і використовуються вони також не в однаковій кількості.

Підземні води містяться в порах порід земної кори, до них належать води джерел. Атмосферні води перебувають в атмосфері у вигляді пари. Вода

льодовиків знаходиться на поверхні земної суші, в морях і океанах в твердому стані.

Підземні води за умовами залягання розділяють на ґрунтові безнапірні й напірні міжпластові (артезіанські) (рис. 1.1). Природні виходи на поверхню землі ґрунтових вод утворюють так звані джерельні води. До підземних вод також відносять інфільтраційні води, які є поверхневими водами, що фільтруються через дно і береги річок чи водоймищ і дренуються з пласта водоприймальною спорудою.

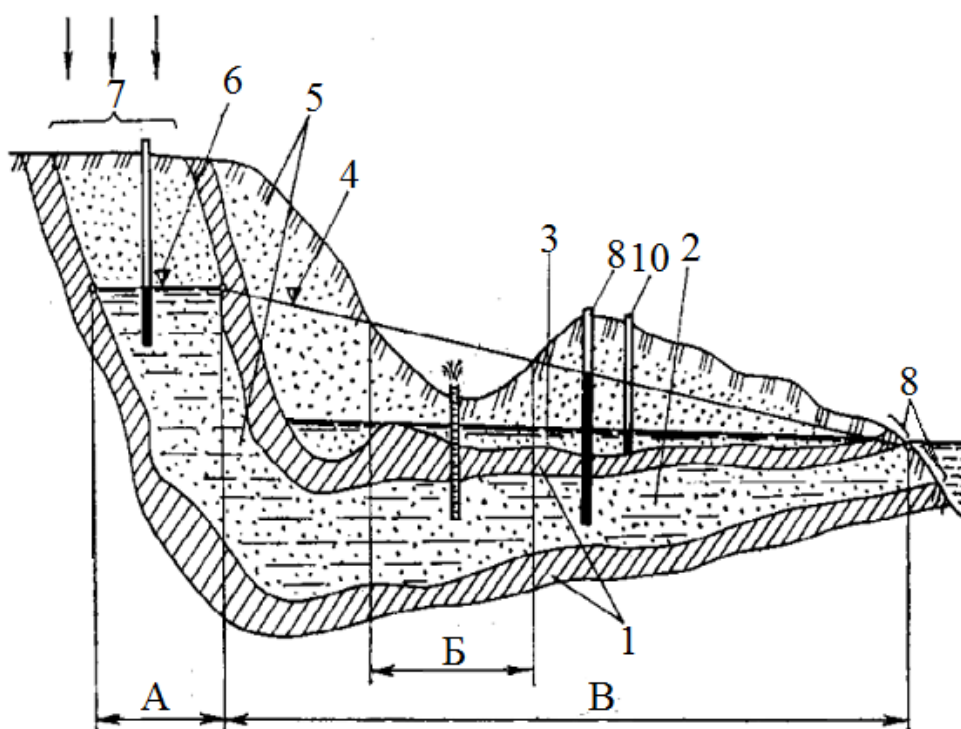


Рис. 1.1. Схема залягання підземних вод: А – зона безнапірних вод; Б – зона фонтануючих (напірних) вод; В – зона напірних вод: 1 – водонепроникні пласти (водоупори); 2 – міжпластова артезіанська вода; 3 – ґрунтова вода; 4 – п'єзометричний рівень напірних вод; 5 – фільтруючі породи; 6 – рівень вільної поверхні напірних вод; 7 – басейн водоживлення; 8 – зона джерел; 9, 10 – колодязі в напірних і безнапірних водах

Підземні води (ґрунтові, артезіанські, джерельні) в основному не містять нерозчинних домішок, не мають кольору, відрізняються високою прозорістю, їх часто можна використовувати без очищення для господарсько-питних потреб.

Підземні води майже не мають завислих частинок, забарвлення, але часто мають підвищену жорсткість, відрізняються значним вмістом солей заліза та інших елементів. Інколи дуже мінералізовані, можуть мати розчинені гази. Більшість підземних вод надійно захищені від попадання в них забруднених поверхневих стоків. Їх кількість і якість меншою мірою, ніж поверхневих вод, залежить від атмосферних опадів. Джерела або ключі – це підземні води, що вільно виливаються на поверхню землі. За температурою підземні води діляться на надзвичайно холодні $< 0^{\circ}\text{C}$, дуже холодні $0...4^{\circ}\text{C}$, холодні $4...20^{\circ}\text{C}$, теплі $20...37^{\circ}\text{C}$, гарячі $37...42^{\circ}\text{C}$, дуже гарячі $42...100^{\circ}\text{C}$, надзвичайно гарячі $>100^{\circ}\text{C}$. Підземні води характеризуються природними та експлуатаційними запасами. Природні запаси знаходяться у водоносних пластах у природному стані в порах і тріщинах водоносних порід. Експлуатаційні запаси можна отримати із водоносного пласта раціональними, в техніко-економічному відношенні, водозабірними спорудами за заданим режимом експлуатації і якості води.

За походженням виділяється декілька типів підземних вод:

– інфільтраційні води утворюються завдяки просочуванню з поверхні землі дощових, талих і річкових вод. За складом вони переважно гідрокарбонатно-кальцієві і магнієві. При вилуговуванні гіпсоносних порід формуються сульфатно-кальцієві, а при розчиненні соленосних – хлоридно-натрієві води;

– конденсаційні води утворюються в результаті конденсації водяної парів в порах або тріщинах порід;

– седиментаційних води формуються у процесі геологічного осадкоутворення і зазвичай являють змінені захоронення води морського походження – хлоридно-натрієві, хлоридно-кальцієво-натрієві та ін.

Залежно від характеру пустот водовмісних порід підземні води діляться на:

- порові – в пісках, галечниках та інших уламкових породах;
- тріщинні (жильні) – в скельних породах (гранітах, пісковиках);
- карстові (тріщинно-карстові) – в розчинних породах (вапняках, доломітах, гіпсах та ін.).

Вода, що знаходиться від поверхні землі на різній глибині, зветься по-різному. Вона зветься верховодкою, якщо глибина залягання води становить до 4 м; ґрунтовою водою – при глибині до 40 м; артезіанською – при глибині більше 40 м.

Залежно від будови гірських порід, крізь які тече вода (рис. 1.2), буде залежати швидкість її руху. Всі гірські породи відносно води діляться на водотривкі і водонепроникні породи:

– водонепроникні: гравій, пісок, супісок, галечник, вапняк, тріщинувата крейда;

– водотривкі: граніт, вапняк, глина, щільний піщаник.



Рис. 1.2. Схема геологічного розрізу

Верховодкою називається деяке скупчення води на поверхні слабкопроникних або водотривких порід, які включені в товщу водопроникного шару. Так само як і ґрунтова вода, перебуваючи поблизу від поверхні, верховодка може забруднюватися і стати непридатною для питного водопостачання.

Ґрунтові (безнапірні) води знаходяться на першому водотривкому пласті (якщо рахувати від поверхні). У колодязі вони знаходяться на рівні з підземними водами. Ґрунтова вода рухається по напрямку ухилу водотривкого підстилаючого шару. Найчастіше така вода придатна для питного водопостачання і в природних умовах не забруднена. Але забруднення ґрунтових вод може відбутися від ґрунту: чим ближче до поверхні залягає вода, тим більша ймовірність її забруднення з розташованих над нею господарських об'єктів і населених пунктів.

Дуже важливі підземні джерела водопостачання – **міжпластові** безнапірні, а також напірні води. Відмінністю міжпластових вод від інших видів є дуже глибоке залягання, яке перешкоджає живленню цих вод поверхневими водами.

Артезіанська вода (міжпластова напірна) залягає під кількома водотривкими шарами і виливається на поверхню під час виникнення надлишкового гідростатичного тиску. Артезіанські водоносні шари (ще їх називають горизонтами або пластами) з глибини свого залягання виливаються на поверхню, де живляться опадами з атмосфери. Якщо вода з вищележачого горизонту (ґрунтових вод) потрапить в артезіанські води, то якість артезіанської води погіршиться. Забруднення так само може статися від промोїни в ложі русла, крізь занедбані криниці і свердловини, при розробці кар'єрів тощо.

Також серед підземних вод можна виділити джерела і інфільтраційні води:

– **джерелом** називається природний вихід підземної води на поверхню. Це джерело утворюється після падіння рельєфу місцевості, в той час, коли водоносний шар розрізається якимось ярмом. Таке джерело називається низхідним. Висхідне джерело виникає в результаті прориву напірної води крізь породи, що його перекривали. Вода з джерел завжди прохолодна і має постійний склад мінеральних речовин. Крім того, джерельна вода відрізняється своєю бактеріологічною чистотою.

– інфільтраційні води утворюються в результаті процесу фільтрації відкритих водойм крізь підземний шар прилеглої території. Якщо берег водойми

має проникні фільтруючі породи, то можна побудувати водозабірні колодязі. Якщо інфільтраційна вода змішається з водою з відкритих водойм, то її якість погіршиться.

Вибір джерела водопостачання є одним із найважливіших завдань при проектуванні систем водопостачання для найрізноманітніших об'єктів і споживачів. Від джерела водопостачання значною мірою залежить тип усієї системи, спосіб водопідготовки, наявність тих чи інших споруд і, в результаті, вартість її спорудження та експлуатації. Надійність роботи систем водопостачання також значною мірою залежить від джерела водопостачання, забезпеченості його витрат, рівнів, якості води, часу та швидкості зміни цих показників. У системах водопостачання допускається використання одночасно декількох джерел із різними характеристиками. Джерела господарсько-питного водопостачання слід вибирати згідно ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні і екологічні вимоги щодо якості води та правила вибирання», який передбачає максимальне використання підземних вод, які задовольняють санітарно-гігієнічним вимогам.

Для технічного водопостачання промислових підприємств можливе використання доочищених стічних вод, а також зливових вод.

У системі водопостачання допускається використання декількох джерел з різними характеристиками.

При виборі джерела враховуються такі умови:

- повинен забезпечуватись забір води в необхідній кількості із врахуванням зростання водоспоживання на перспективу розвитку об'єкта (на 15...20 років);
- вода має подаватись споживачам безперервно;
- якість води повинна бути максимально наближена до вимог споживачів або можливо досягти необхідної якості шляхом простого і дешевого її очищення;
- затрати на подачу води повинні бути найменшими;
- відбір води не повинен порушувати екологічний стан місцевості.

За існуючим законодавством підземні води високої якості не бажано використовувати на інші, крім господарсько-питних, потреби. В більшості випадків теплові електростанції забирають воду із потужних поверхневих джерел. Техніко-економічне обґрунтування вибору джерела слід проводити з урахуванням всіх витрат на спорудження і експлуатацію системи водопостачання в цілому.

Водні ресурси України включають практично всі можливі види водних ресурсів. Однак, в кількісному вираженні, в перерахунку на одного жителя країни, запаси прісної води приблизно в 8 разів менше середньосвітових і складають 1140 м³ на особу. Україна займає 56 місце (з 174) за обсягами поновлюваних водних ресурсів. Їх сумарний обсяг визначено у 139500 км³.

Поверхневі води України – це природні водойми і водотоки: озера (загальна кількість близько 20 тис.), річки (загальна кількість приблизно 77 тис.), струмки і штучно створені водойми – водосховища.

Поверхневі води покривають 4% всієї території країни. Основним джерелом питної води в Україні є річка Дніпро. Це визначається не тільки його розмірами, а й місцем розташування.

Ріки України:

– Дніпро – головна ріка України, її довжина – 2201 км; в межах України – 981 км; річний стік складає 54 км³;

– Дністер – довжина ріки – 1362; в межах України – 705 км; річний стік складає 8,7 км³;

– Південний Буг – довжина ріки – 806 км; річний стік складає – 3,4 км³;

– Сіверський Донець – довжина річки – 1053 км; в межах України – 672 км; річний стік складає 5 км³;

– Дунай – на території України розташована значна її частина довжиною в 174 км; річний стік приблизно – 123 км³ – в більшій частині транзитний.

Основним завданням каналів в Україні є компенсація нерівномірного розподілу поверхневих вод і перерозподіл їх на користь більш посушливих районів.

Найбільші канали України:

- Дніпро-Донбас, довжина – 263 км;
- Дніпро-Кривий Ріг, довжина – 35 км;
- Північно-Кримський канал, довжина – 402 км;
- Сіверський Донець-Донбас, довжина – 132 км;
- Каховський канал, довжина – 130 км.

На території України розташовано понад 20 тис. великих і малих озер, 43 з них мають площу понад 10 км², найбільше за площею озеро Ялпуг, загальною площею 149 км², найглибше озеро – Світязь, максимальна глибина – 58,4 м.

На території України функціонує більше тисячі водосховищ. Найбільші водосховища (Київське, Канівське, Кременчуцьке, Дніпродзержинське, Дніпровське, Каховське) створені на Дніпрі у 30- 70-х роках минулого століття. Розташовані водосховища територією України нерівномірно. Найбільша кількість водосховищ зосереджена в центральних і південно-східних областях: Донецькій (130 водосховищ), Дніпропетровській (101), Кіровоградській (84). Найменшу кількість водосховищ на своїй території мають Івано-Франківська та Чернівецька області – по три.

За розрахунками запаси підземних вод України становлять орієнтовно 7000000000 м³ / рік. Найбільша їх концентрація спостерігається в Західних і Північних районах країни. Як і поверхневі води, вони розподілені нерівномірно, що істотно ускладнює забезпечення прісною водою народне господарство і населення країни.

Карта підземних вод України наведена на рис. 1.3.

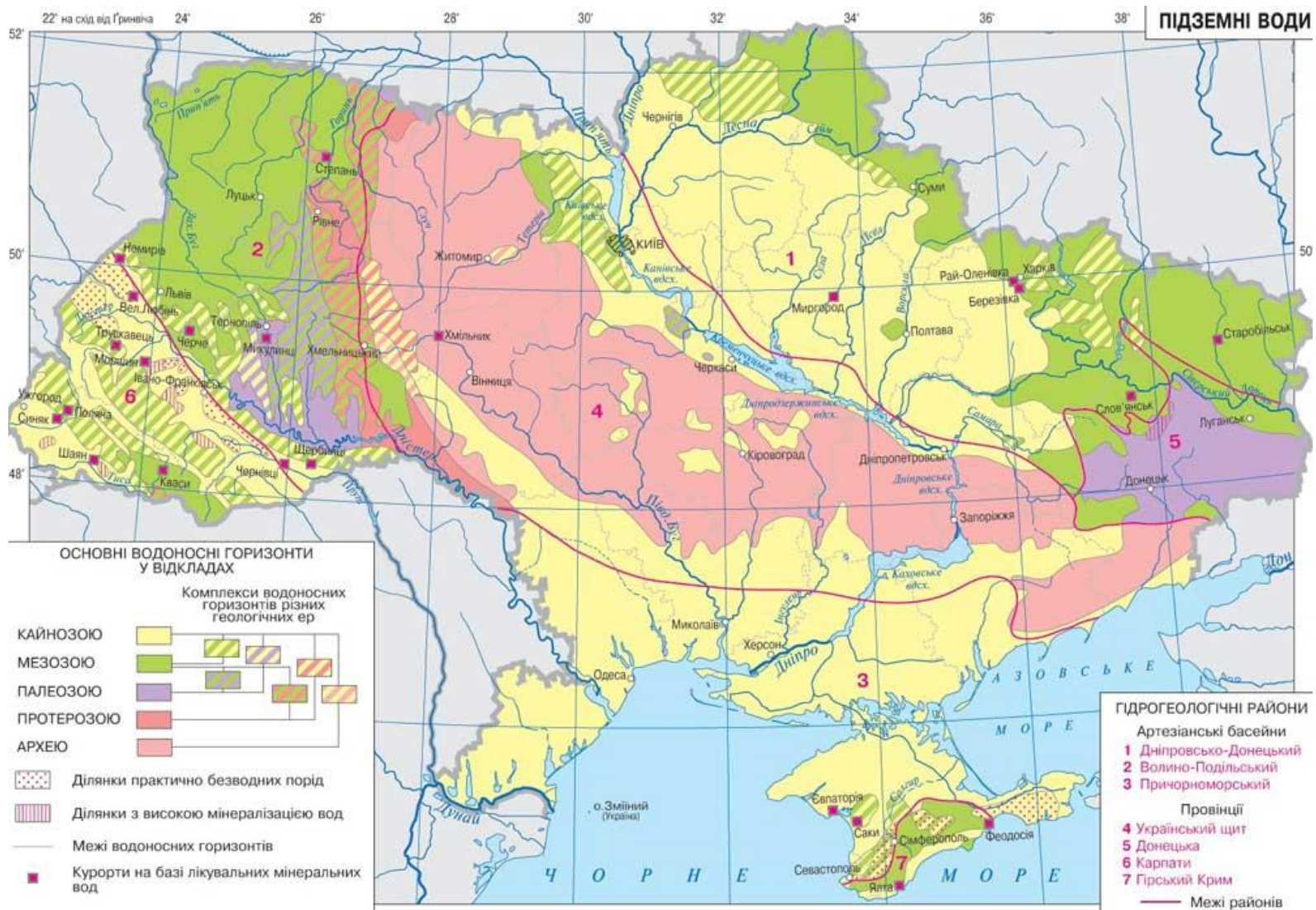


Рис. 1.3. Карта підземних вод України

1.3. Зони санітарної охорони джерел водопостачання та їх призначення

Вирішення проблем захисту водних ресурсів полягає, в основному, у запобіганні забруднення їх стічними водами, бо для деяких комунальних та промислових підприємств водойми і дотепер є місцем для скиду стоків. Природні води, забруднені такими стічними водами, непридатні для водопостачання, тому що дуже часто в них містяться речовини, які негативно впливають на здоров'я людей, тварин, рослин і можуть спричиняти виникнення різного роду захворювань.

Надзвичайно шкідливий вплив на санітарний стан водойм мають забруднені води промислових підприємств, які скидаються без належної очистки. Стічні води багатьох промислових об'єктів, крім забруднень загально-санітарного характеру, вміщують специфічні домішки, іноді токсичні. Потрапляючи у природні водоймища такі стоки змінюють якість води, ускладнюють або зовсім виключають можливість використання водоймищ для питних або виробничо-технічних потреб, потреб рибного та сільського господарства, а також для культурно-спортивних та санітарно-оздоровчих потреб.

Тому охорона джерел водопостачання є цілою системою технічних, організаційних, правових та економічних заходів, спрямованих на попередження, обмеження та усунення наслідків забруднення, засмічування та виснаження водних об'єктів у цілях задоволення попиту населення та народного господарства у воді, яка відповідала би нормативній якості для сьогодення та наступних поколінь.

Система заходів з охорони вод складається з профілактичних заходів, спрямованих на недопущення появи або обмеження нових джерел забруднення, засмічення та виснаження вод, та заходів з усунення несприятливого впливу господарської діяльності на стан водних об'єктів. Згідно з чинними нормами всі водопроводи господарсько-питного призначення повинні мати зони санітарної охорони, які охоплюють у першу чергу водозабірні споруди та джерела

водопостачання в місці забору води і повинні забезпечувати санітарно-епідеміологічну надійність.

Підземні водні горизонти забруднюються внаслідок інфільтрації до них водних розчинів хімічних сполук із територій промислових підприємств, із накопичувачів – відстійників, шлаконакопичувачів, із земельних ділянок, що обробляються ядохімікатами та добривами, внаслідок витікання нафти та нафтопродуктів зі сховищ, нафтопроводів, закачування пластової води у поглинаючі горизонти при нафтодобуванні тощо.

При охороні підземних джерел водопостачання слід звертати увагу на комплекс заходів та процесів, які перешкоджають проникненню шкідливих, і таких, що можна встановити тільки через значний проміжок часу, речовин у горизонт підземних вод, та їх подальшому поширенню горизонтом. До профілактичних заходів належать:

- обґрунтування розміщення об'єктів, які проектуються, з метою запобігання їх негативного впливу на підземні води;
- планування водоохоронних заходів;
- виявлення та облік фактичних та потенційних джерел забруднення підземних вод;
- складання прогнозів можливого забруднення;
- систематичний контроль за рівнем забруднення підземних вод;
- влаштування спеціалізованої мережі спостережних свердловин.

Зона санітарної охорони (ЗСО) – територія, що включає джерело водопостачання та (або) водопровід, що складається з трьох поясів, на яких встановлюються особливі режими господарської діяльності, санітарного нагляду, контролю якості води в джерелі, а також охорони об'єкта. Пояси являють собою окружності, центр яких знаходиться в джерелі водопостачання. Якщо таких джерел кілька (кілька свердловин), то слід виділяти кілька кіл з центром в кожній зі свердловин.

Основною метою ЗСО є охорона від забруднення джерел водопостачання, а також водопровідних споруд та навколишньої території. Санітарна охорона водоводів забезпечується санітарно-захисною смугою.

Зони водопроводу повинні включати зону джерела водопостачання у місці забору води (включаючи водозабірні споруди), зону і санітарно-захисну смугу водопровідних споруд (насосних станцій, станцій підготовки води, ємностей) і санітарно-захисну смугу водоводів.

У кожному з трьох поясів, а також в межах санітарно-захисної смуги, відповідно до їх призначення, встановлюється спеціальний режим і визначається комплекс заходів, що виключають можливість погіршення якості води.

Організації ЗСО повинна передувати розробка її проекту, в який включається визначення меж зони і складових її поясів, і розробка плану заходів щодо поліпшення санітарного стану ЗСО.

Визначення меж ЗСО та розробка комплексу необхідних санітарних заходів знаходяться в залежності від виду джерел водопостачання, що проектується або використовуваних для господарсько-питного водопостачання, від ступеня їх природної захищеності і можливості мікробного або хімічного забруднення, від особливостей санітарних, гідрогеологічних та гідрологічних умов, а також від характеру забруднюючих речовин.

Встановлені межі ЗСО і складових її поясів можуть бути переглянуті в разі виникнення або майбутніх змін умов експлуатації джерел водопостачання.

Зона джерела водопостачання у місці забору води повинна включати 3 пояси: першого – суворого режиму, другого і третього – режимів обмеження. Зона водопровідних споруд має включати перший пояс та смуги (при розташуванні водопровідних споруд за межами другого поясу зони джерела водопостачання).

Проектом зон санітарної охорони водопроводу повинні бути визначеними: межі поясів зони джерела водопостачання, зони і смуги водопровідних споруд та смуги водоводів, перелік інженерних заходів з організації зон (об'єкти

будівництва, знесення будівель, благоустрій тощо) та опис санітарного режиму у зонах та смугах. Склад та зміст проекту ЗСО об'єктів централізованого питного водопостачання наведено у ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання зовнішні мережі та споруди основні положення проектування» (додаток Е).

Призначення поясів зони санітарної охорони. Перший пояс ЗСО підземних і поверхневих джерел водопостачання і водопровідних споруд встановлюється з метою усунення можливості випадкового або навмисного забруднення води джерела в місці знаходження водозабірних і водопровідних споруд.

Другий і третій пояси ЗСО створюють з метою запобігання несприятливого впливу на якість і кількість води використовуваних або передбачуваних до використання підземних і поверхневих джерел централізованого господарсько-питного водопостачання шляхом здійснення комплексу заходів, виходячи з місцевих санітарних умов, гідрогеологічних або гідрологічних особливостей джерел водопостачання і характеру можливого їх забруднення, якщо забруднення води джерел вже має місце, воно не повинно перевищувати регламентованих меж.

При обґрунтуванні кордонів другого і третього поясів ЗСО підземних джерел водопостачання слід враховувати, що приплив підземних вод з

водоносного горизонту до водозабору відбувається тільки з області живлення водозабору, форма і розмір якої в плані залежать від типу водозабору і величини водовідбору (витрати води).

Поверхневі джерела. Межі **першого поясу** зони поверхневого джерела водопостачання, у тому числі водопідвідного каналу, повинні бути встановленими на відстані від водозабору:

- а) для водотоків (річки, канали):
 - вверх за течією – не менше 200 м;
 - вниз за течією – не менше 100 м;

– за прилеглим до водозабору берегом – не менше 100 м від урізу води при літньо-осінній межині;

– у напрямку до протилежного берега: при ширині водотоку менше 100 м – уся акваторія та протилежний берег шириною 50 м від урізу води при літньо-осінній межині та при ширині водотоку більше 100 м – полоса акваторії шириною не менше 100 м;

– на водозаборах ковшового типу у межі першого поясу включають всю акваторію ківша і територія навколо нього смугою не менше 100 м;

б) для водойм (водосховище, озеро):

– за акваторією за всіма напрямками – не менше 100 м;

– за прилеглим до водозабору берегом – не менше 100 м від урізу води при нормальному підпірному рівні у водосховищі та літньо-осінній межині у озері.

Межі **другого поясу** зони водотоку належить встановлювати:

– верх за течією, включаючи притоки – виходячи з середньої за шириною та довжиною водотоку або на окремих його ділянках швидкості течії води, та часу протікання води від поясу до водозабору при середньомісячній витраті води літньо-осінньої межини 95% забезпеченості не менше 5 діб для ІА, Б, В, Г і ІІА кліматичних районів і не менше 3 діб для інших кліматичних районів;

– вниз за течією – не менше 250 м;

– бокові межі – на відстані від урізу води при літньо-осінній межині – при рівнинному рельєфі – 500 м, при гористому рельєфі місцевості – до вершини першого схилу, що звернутий у бік водотоку, але не більше 750 м при пологому схилі і 1000 м при крутому схилі.

При наявності у річці підпору або зворотної течії відстань нижньої межі другого поясу від водозабору повинна бути встановлена залежно від гідрологічних і метеорологічних умов, за узгодженням з органами санітарно-епідеміологічної служби.

На судноплавних річках і каналах в межі другого поясу зони слід включати акваторію, яка прилягає до водозабору в межах фарватеру.

Межі другого поясу зони водойми, включаючи притоки, належить встановлювати від водозабору:

– за акваторією у всіх напрямках на відстані 3 км при кількості вітрів до 10% у бік водозабору та 5 км при кількості вітрів більше 10%;

– бокові межі – від урізу води при нормальному підпірному рівні у водосховищі та літньо-осінній межени у озері на відстані при рівнинному рельєфі – 500 м, при гористому рельєфі місцевості – до вершини першого схилу, що звернутий у бік водотоку, але не більше 750 м при пологому схилі і 1000 м при крутому схилі.

Межі **третього поясу** зони поверхневого джерела водопостачання повинні бути верх і вниз за течією водотоку або у всі боки за акваторією водойми такими ж, як для другого поясу; бокові межі – за водорозділом, але не більше 3...5 км від водотоку або водойми.

Підземні джерела. Межі **першого поясу** зони підземного джерела водопостачання мають встановлюватися від одиночного водозабору (свердловина, шахтний колодязь, каптаж) або від крайніх водозабірних споруд групового водозабору на відстанях:

– 30 м при використанні захищених підземних вод;

– 50 м при використанні недостатньо захищених підземних вод.

В межі першого поясу зони інфільтраційних водозаборів слід включати берегову територію між водозабором та поверхневим джерелом водопостачання, якщо відстань між ними менше 150 м.

Для підруслових водозаборів та ділянки поверхневого джерела, яке живить інфільтраційний водозабір або використовується для штучного поповнення запасів підземних вод, межі першого поясу зони слід передбачати як для поверхневих джерел водопостачання.

Межі **другого поясу** зони підземного джерела водопостачання встановлюються розрахунком, що враховує час просування мікробного

забруднення води до водозабору, який приймається в залежності від кліматичних районів і захищеності підземних вод від 100 до 400 діб.

Межа **третього поясу** зони підземного джерела водопостачання визначається розрахунком, який враховує час просування хімічного забруднення води до водозабору, який має бути більше ніж прийнята тривалість експлуатації водозабору, але не менше 25 років.

Водопровідні очисні споруди. Межа **першого поясу** зони водопровідних споруд має співпадати з огорожею майданчика споруд та передбачатися на відстані:

– від стінок резервуарів фільтрованої (питної) води, фільтрів (крім напірних), контактних прояснювачів з відкритою поверхнею води – не менше 30 м;

– від стін інших споруд та стовбурів водонапірних башт – не менше 15 м.

Санітарно-захисна смуга навколо першого поясу зони водопровідних споруд, розташованих за межами **другого поясу** зони джерела водопостачання, повинна мати ширину не менше 100 м.

Санітарно-захисну зону від промислових та сільськогосподарських підприємств до споруд станції підготовки питної води належить приймати як для населених пунктів в залежності від класу шкідливості виробництва.

Водоводи. Ширину санітарно-захисної смуги водоводів, які проходять по незабудованій території, належить приймати від крайніх водоводів:

– при прокладці в сухих ґрунтах – не менше 10 м при діаметрі до 1000 мм і не менше 20 м при великих діаметрах;

– при прокладці в мокрих ґрунтах – не менше 50 м незалежно від діаметру.

При прокладці водоводів по забудованій території ширину смуги за узгодженням з органами санітарно-епідеміологічної служби допускається зменшувати.

1.4. Основні водоохоронні заходи на території ЗСО

Проект ЗСО має передбачати основні санітарні заходи стосовно призначення кожного поясу ЗСО з метою усунення та попередження можливості забруднення води джерел водопостачання і водопровідних споруд.

По першому поясу ЗСО підземних і поверхневих джерел водопостачання і майданчиків водопровідних споруд:

– забороняються всі види будівництва, які не мають безпосереднього відношення до експлуатації, реконструкції та розширення водопровідних споруд, в тому числі прокладання трубопроводів різного призначення, розміщення житлових і господарсько-побутових будівель, проживання людей, в тому числі які працюють на водопроводі, а також застосування отрутохімікатів і добрив;

– будівлі повинні бути каналізовані з відведенням стічних вод у найближчу систему побутової чи виробничої каналізації або на місцеві очисні споруди, розташовані за межами першого поясу ЗСО з урахуванням санітарного режиму на території другого поясу ЗСО; у виняткових випадках, при відсутності каналізації повинні влаштовуватися водонепроникні приймачі для нечистот і побутових відходів, розташовані в місцях, що виключають забруднення території першого поясу ЗСО при їх вивезенні, а потім дезінфекції;

– при підземних джерелах водопостачання повинно бути передбачено суворе виконання санітарно-технічних вимог до конструкції свердловин;

– при поверхневому водному джерелі забороняється спуск будь-яких стічних вод, а також купання, прання білизни, водопій худоби та інші види водокористування, що впливають на якість води;

– акваторія першого поясу повинна бути захищена буями та іншими попереджувальними знаками, на судноплавних водоймах над водоприймачем водозаборів повинні встановлюватися бакени з освітленням;

– територія першого поясу ЗСО повинна бути спланована для відводу поверхневого стоку за її межі, озеленена, огорожена і забезпечена постійною охороною;

– всі водозабори повинні бути обладнані апаратурою для систематичного контролю відповідності фактичного дебіту при експлуатації водопроводу проектної продуктивності, передбаченої при його проектуванні і обґрунтуванні меж ЗСО.

По другому і третьому поясах ЗСО підземних джерел водопостачання:

– виявлення, тампонування (або відновлення) всіх старих, недіючих, дефектних або неправильно експлуатованих свердловин, які становлять небезпеку в частині можливості забруднення водоносного горизонту;

– регулювання буріння нових свердловин і будь-якого нового будівництва при обов'язковому узгодженні з місцевими органами санітарно-епідеміологічної служби в суворій відповідності до чинного санітарним законодавством;

– заборона закачування відпрацьованих вод в підземні горизонти, підземного складування твердих відходів і розробки надр землі, яка може привести до забруднення водоносного горизонту;

– заборона розміщення складів паливно-мастильних матеріалів, а також складів отрутохімікатів і мінеральних добрив, накопичувачів промстоків, шламосховищ та інших об'єктів, які обумовлюють небезпеку хімічного забруднення підземних вод;

– своєчасне виконання необхідних заходів з санітарної охорони поверхневих водойм, що мають безпосередній гідравлічний зв'язок з використовуваним водоносним горизонтом.

По другому і третьому поясах ЗСО поверхневих джерел водопостачання:

– регулювання, а в разі потреби і обмеження, відведення території для населених пунктів, лікувально-профілактичних та оздоровчих установ, промислових і сільськогосподарських об'єктів, а також регулювання можливих

змін технології промислових підприємств, пов'язаних з підвищенням ступеня небезпеки забруднення стічними водами поверхневих джерел водопостачання;

- виявлення об'єктів, що забруднюють водойми, і складання планів здійснення конкретних водоохоронних заходів в терміни, узгоджені з місцевими органами санітарно-епідеміологічної служби;

- заборона відведення в джерела водопостачання стічних вод, які не відповідають вимогам "Правил охорони поверхневих водойм від забруднення стічними водами".

По санітарно-захисній смузі водоводів:

- в межах санітарно-захисної смуги водоводів повинні бути відсутніми джерела забруднення ґрунту та ґрунтових вод;

- забороняється прокладка водоводи по території звалищ, полів асенізації, полів фільтрації, полів зрошення, кладовищ, скотомогильників, а також прокладання магістральних водоводів по території промислових і сільськогосподарських підприємств;

- характер і обсяг необхідних заходів на території першого, другого і третього поясів ЗСО залежно від особливостей місцевих природних і санітарних умов можуть бути змінені і доповнені в процесі розгляду проектів ЗСО, а також в період подальшої експлуатації водопроводів, і затверджені в установленому порядку;

- для території другого поясу ЗСО джерел водопостачання, а також для санітарної охорони водоводів і водопідвідних каналів, повинна передбачатися патрульна служба;

- санітарні заходи повинні виконуватися:

- а) в межах першого поясу ЗСО – органами комунального господарства або іншими власниками водопроводів за рахунок коштів, передбачених на їх будівництво та експлуатацію;

б) в межах другого та третього поясів ЗСО – власниками об'єктів, які надають (або можуть надати) негативний вплив на якість води джерел водопостачання.

Державний санітарний нагляд за виконанням водоохоронних заходів в межах першого, другого і третього поясів ЗСО здійснюється місцевими органами санітарно-епідеміологічної служби.

Невиконання передбачених заходів у встановлені терміни є порушенням санітарних норм і правил.

1.5. Вибір джерел водопостачання

Вибір джерела централізованого господарсько-питного водопостачання ґрунтується на двох положеннях:

– забезпечення споживача достатньою кількістю доброякісної питної води (якість води у водоймі повинна бути такою, щоб сучасні методи водопідготовки дозволили перетворити її на доброякісну питну воду, яка за усіма показниками відповідала б діючому держстандарту – ГОСТ 2874-82 «Вода питна. Гігієнічні вимоги і контроль за якістю» (у частині гігієнічних вимог заміненій на ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»), ДСанПіН 383 «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання»);

– забезпечення найвищої санітарної надійності джерела (в основу вибору джерела покладено оцінку і прогноз ймовірності його забруднення).

Вибір джерела для централізованого господарсько-питного водопостачання здійснюється у такому порядку:

- 1) міжпластові напірні (артезіанські);
- 2) міжпластові ненапірні;
- 3) ґрунтові води, що штучно поповнюються;
- 4) поверхневі води (річки, водосховища, озера, канали).

При виборі джерела враховують достатність запасів води для задоволення усіх потреб населеного пункту, визначають місця водозабору та оцінюють можливість організації зон санітарної охорони.

Гігієнічні принципи, покладені в основу вибору джерела водопостачання, вимоги до якості води у підземних та поверхневих джерелах, порядок здійснення вибору відображені у ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання».

Якість питної води при централізованому водопостачанні в Україні регламентється ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» і ДСанПіН 383 «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання». Обидва документи визначають якість питної води за показниками епідеміологічної безпеки (мікробіологічними показниками), безпеки хімічного складу (токсикологічними показниками) та органолептичними показниками.

Гігієнічні вимоги, що пред'являються до питної води:

- вода повинна мати бездоганні органолептичні та фізичні якості;
- вода повинна мати оптимальний хімічний склад;
- вода не повинна погіршувати біологічну цінність їжі;
- вода не повинна бути жорсткою;
- вода повинна вміщувати не більше ГДР та ГДК радіоактивних та токсичних хімічних речовин;
- вода не повинна вміщувати патогенні мікроорганізми.

1.6. Історія виникнення мереж та споруд водопостачання та водовідведення

Перші відомості про штучні споруди для добування води припадають на 3 тисячоліття до н.е., коли в Стародавньому Єгипті використовували механізми для підняття води з колодязів. В Єгипті і Вавилоні воду з резервуарів розподіляли

за допомогою гончарних, дерев'яних, мідних, свинцевих труб. Удосконалюючи глиняні труби, єгиптяни змогли осушити найнижчі райони долини Нілу, що дозволило їм перетворити всю країну в квітучий сад.

В Єгипті також була винайдена і введена в широке застосування водовідливна машина – норія (рис. 1.4). вона являла собою ланцюг, на який підвішені ківші або черпаки для захоплення рідин і сипучих матеріалів, що пересувалися по колу за допомогою колеса.

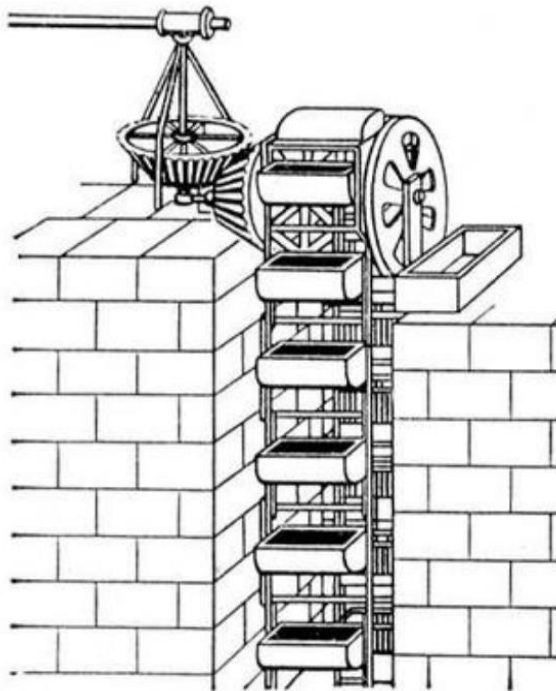


Рис. 1.4. Схема норії

Велике значення інженерним спорудам надавали будівельники й архітектори Стародавнього Риму. Найпотужніша система виробництва води для питних і побутових цілей була створена саме в античному Римі. Будівництво водопроводів в Римі здійснювалося на громадських засадах, а також на кошти, отримані в результаті переможних воєн. Так, водопровід Апіо був побудований в 272 р. до н.е. е. на кошти, отримані в результаті розгрому Пірра, Марція водопровід – в 144 р. до н.е. на кошти, отримані після взяття Коринфа. Кошти на експлуатацію водопроводів формувалися за рахунок декількох податків, що належать до сфери водокористування (податки на лазні і канали). Перший

водопровід в Римі (Aqua Appia) був побудований в 312 р. до н.е. Аппієм Клавдієм. Цей водопровід мав протяжність близько півтора миль під землею і близько кілометра в самому Римі (по арках). Інший, розпочатий в 273 р. до н.е. також Аппієм Клавдієм, здебільшого йшов під землею. Третій (Aqua Marcia), споруджений в 146 р. до н.е., мав протяжність близько 7 миль, з них близько 1,5 миль були споруджені на арках. Четвертий (Aqua Tepula) був заснований в 127 р. до н.е. і в 35 р. до н. е. був з'єднаний з Юліївим водопроводом Агріппою. Шостий (Aqua Virgo) побудував той же Агріппа для постачання своїх терм. Водопроводи будували також Август, Калігула і Клавдій. Дев'ять водопроводів постачали воду Рим в кінці I ст. до н. е., забезпечуючи щодня подачу 5,5 млн. відер чистої води. До II ст. в Римі діяло 11 водопроводів, які давали в день 1,5 млн. м³ води, а до кінця III в. число водопроводів досягло тринадцяти.

У I ст. до н.е. в Середній Азії (розкопки біля Термеза) використовували відстійники, розподільні труби. У Криму в розкопках знайдено залишки централізованих систем водопостачання, які включали каптаж джерельних вод із накопичувачем, розподільну мережу з каналів, споруджуваних з каменю або керамічних труб, водоприймальні баки у будівлях. Інтенсивне будівництво водопроводів почалося з XII ст.; наприкінці його побудовано перший самопливний водопровід у Парижі, а в XIII ст. – у Лондоні. В XI-XII ст. у Криму та Середній Азії використовували цистерни для збирання атмосферних вод. Використовували й дерев'яні труби з двох вирубаних дерев'яних пластин, щільно з'єднаних і обмотаних берестом. Більшість фортець було обладнано водопроводом у XII-XIV ст. (Московський Кремль – у XV); Кам'янець-Подільська фортеця – у XVII ст. мала в скелі колодязь 60 м завглибшки, а вода до нього потрапляла з річки прихованим каналом. У Києві самопливний водопровід забирав джерельну воду з Андріївської та Киселівської гір і доводив дерев'яними свердленими трубами до Домініканського монастиря, до резервуара, розташованого на 30 м вище Подолу, до фонтана на Торгівельному майдані. Найбільш інтенсивне будівництво водопроводів починається в XIX ст.

У 20-і роки в Одесі роблять підземні резервуари, які збирають дощову воду, на початку 40-х років там вже було 152 цистерни, місткість яких досягала 500 м³. У 1843-1850 рр. у Севастополі також було побудовано великі цистерни. Напірний водовід від Великого фонтана було побудовано в Одесі в 1843-1850 рр. Воду забирали з водозабірної галереї двома паровими машинами з поршневыми насосами і подавали у чавунний водопровід 12 км завдовжки. На початку ХІХ ст. побудовано самопливні водопроводи у Феодосії, Керчі, Старому Криму, Бахчисараї. У 1850 р. у Севастополі введено в дію технічний водопровід доків.

Забирання підземних вод здійснюють інколи свердловинами, для чого в землю забивають обсадні дерев'яні (сосна, дуб) труби, які мають зовнішній діаметр 325 мм, внутрішній – 175 мм. Такі свердловини до 200 м завглибшки є в Одесі, Сімферополі, Керчі, Луганську. Централізовані водопроводи мали Одеса (з 1853 р. – з Великого фонтану, з 1873 р. – з Дністра), Київ (1870-1872 рр. з Дніпра), Катеринослав (1873р.), Харків (1879 р.), Севастополь (1880р.), Ялта (1889р.). Київ спочатку отримував воду з Дніпра, причому її попередньо очищали на повільних фільтрах. Оскільки вода була кольоровою, очищувалася вона погано, тому з 1895 р. на Подолі почали бурити свердловини. У 1908 р. у Київ вже подавали повністю артезіанську воду (30000 м³/добу). До 1914 р. побудовано водопроводи у 215 містах тодішньої Росії.

Розвитку систем водопостачання та їх раціональному використанню в різні роки було приділено багато уваги, прийнято різні постанови, виділено кошти. Основні обов'язки водоспоживачів відповідно до «Основ водного законодавства» такі: раціонально використовувати водні об'єкти; дбати про економне використання; відновлення і збереження водних джерел; вживати заходи щодо запобігання забрудненню водних джерел, скиданню стічних вод, які містять токсичні речовини; не порушувати права інших споживачів, не завдавати шкоди природним водним об'єктам; тримати у робочому стані водогосподарські споруди, які впливають на якість води, здійснювати облік водоспоживання; не використовувати високоякісні підземні води для інших, крім питних, потреб. За

постановою Кабінету Міністрів України №1269 від 17 листопада 1997 року «Про програму розвитку водопровідно-каналізаційного господарства» на 1 січня 1997 року централізованим питним водопостачанням забезпечено селищ міського типу тільки 91%, а сіл – лише 19,5%, понад 1200 сіл користуються привізною водою.

Питання для самоконтролю:

1. Наведіть загальні відомості про джерела водопостачання.
2. Дайте характеристику поверхневого джерела водопостачання.
3. Опишіть основні ознаки підземних джерел водопостачання.
4. Як здійснюється вибір джерела водопостачання?
5. Які типи джерел водопостачання ви знаєте?
6. Назвіть основні вимоги, що пред'являються до джерел водопостачання.
7. Поверхневі джерела водопостачання, їх характеристика.
8. Підземні джерела водопостачання, їх характеристика.
9. Які чинники є основними забруднювачами природних водойм та підземних джерел?
10. Що таке зона санітарної охорони (ЗСО), її призначення.
11. Опишіть зони санітарного захисту поверхневих джерел водопостачання.
12. Наведіть зони санітарного захисту підземних джерел водопостачання.
13. Охарактеризуйте зони санітарного захисту водопровідних очисних споруд та водоводів.
14. Наведіть основні водоохоронні заходи на території зони санітарного захисту.

Тема 2. Водоспоживачі

План:

- 2.1. Водогосподарський баланс, складання водогосподарського балансу
- 2.2. Основні категорії водоспоживачів в населених пунктах
- 2.3. Норми водоспоживання
- 2.4. Режими водоспоживання

2.1. Водогосподарський баланс, складання водогосподарського балансу

Водогосподарський баланс (ВГБ) – кількісне співвідношення між водними ресурсами і потребами води в межах будь-якого економічного району або фізико-географічного регіону за певний період з урахуванням господарств, діяльності людини. Водогосподарський баланс зазвичай складають для умов середнього по водності і маловодного (забезпеченістю до 95%) року.

У сучасному господарстві головними споживачами води є промисловість, сільське господарство і комунально-побутові служби. Вони забирають з природних і штучних водойм для своїх потреб певні об'єми води, які складають водозабір.

Неодноразове використання одного і того ж об'єму води скорочує водозабір, але змушує ввести в водогосподарський баланс (ВХБ) ще одну категорію – водоспоживання – загальний об'єм води, який використовують даною галуззю господарства за певний відрізок часу.

У сфері комунального господарства водоспоживання і водозабір рівні між собою, тому що оборотне водопостачання в даній галузі на сучасному рівні практично не здійснюється. У промисловості водозабір виявляється набагато нижче водоспоживання за рахунок застосування замкнених циклів водопостачання, коли з джерел вода забирається лише для компенсації безповоротних втрат.

У сільському господарстві водоспоживання теж може кількісно перевищувати водозабір із джерел, оскільки для зрошення часто використовуються органічні стоки міських комунальних систем або частково очищені відпрацьовані води деяких промислових підприємств.

В таких умовах доволі відчутно проявляється дефіцит водозапасів, особливо в країнах з сезонним стоком; щоб знизити його гостроту застосовуються різноманітні водозберігаючі технології і багаторазове водокористування. В результаті об'єм водозабору на потреби енергетичних і промислових об'єктів становить менше 50% загального промислового водокористування.

Водозабір кількісно змінює об'єми стоку і трансформує його режим. Несприятливі природні властивості стоку – нерівномірність за часом, значні витрати на випаровування або інфільтрацію – долаються гідротехнічними методами. Для регулювання паводкових або талих вод, що проходять по річкових руслах, створюються водосховища сезонного або багаторічного регулювання стоку, в яких накопичуються значні об'єми вод, відчутно збільшуючи водозапаси місцевості.

У загальному вигляді стан балансу по поверхневим і підземним водам має вид:

$$Q_1 + Q_2 \pm Q_3 - Q_4 + Q_5 + Q_6 - Q_7 - Q_8 - T + G \geq 0 \quad (2.1)$$

де Q_1 – обсяг поверхневих вод, що надходять в джерело;

Q_2 – обсяг поверхневих вод, що формуються на ділянці водозабору;

$\pm Q_3$ – спрацьовування (+) або наповнення (–) ставків і водосховищ;

Q_4 – відбір поверхневих вод на ділянці водозабору;

Q_5 – надходження води на ділянку ззовні штучними каналами або трубопроводами;

Q_6 – витрата зворотних, стічних і ін. вод;

Q_7 – втрати в водосховищах і ставках в результаті випаровування (5-8% від витрати Q_3);

Q_8 – перекидання води за межі ділянки водозабору;

T – транзитний стік в кінці ділянки водозабору;

G – експлуатаційні запаси підземних вод на ділянці водозабору.

Якщо ВГБ в результаті розрахунку вийшов більше 0, тобто позитивний баланс, це говорить про те, що наявні водні ресурси в більш менш задовольняють потребам водоспоживачів. В разі негативного водного балансу необхідно передбачити заходи щодо скорочення споживання води або по збільшенню запасів даного джерела (наприклад, за рахунок використання підземних вод, перекидання стоків, скорочення водоспоживання за рахунок оборотного водопостачання та інших заходів).

Для складання водних балансів і планів експлуатації поверхневих джерел – річок і водосховищ, а також оперативного регулювання їх режиму складають довгострокові і короткострокові прогнози.

Для джерел, що використовуються з метою водопостачання, роблять наступні експлуатаційні прогнози:

- стоку і рівнів води;
- терміну, величини і інтенсивності весняного паводку;
- термінів льодоставу і розкриття річок;
- якості води в річці або водосховищі;
- цвітіння води.

Експлуатаційні прогнози повинні містити такі можливі, а також гарантійні величини: гідрологічні елементи і дати явищ в умовах планованого водогосподарського плану використання річки або водосховища; середній ймовірний, а також найбільший і найменший можливі об'єми паводку і витрат річки (кількість води, що протікає в одиницю часу); за якісними показниками – загальний сольовий склад (щільний залишок) і жорсткість води.

Прогнози природного припливу води і її якості складають на кожен місяць.

Прогноз стоку за методом аналогії і зв'язку засновують на оцінці ходу попереднього режиму річки за характерними факторами, що створює цей режим:

опадями, температурою повітря, при якій відбувається випаровування, витрат і рівнями води та ін.

$$W_{сер} = \frac{MF \cdot 31536000}{100}, \text{ м}^3 \quad (2.2)$$

де $W_{сер}$ – середній річний стік;

M – модуль стоку з 1 км² водозбірній площі, л / с;

F – площа водозбору річки, км².

Прогнози терміну, величини і інтенсивності весняного стоку (повені) зазвичай складають співробітники гідрометеорологічної служби.

Користуючись прогнозом гідрометеорологічної служби за величиною стоку x , мм, стовпа води, визначають передбачуваний сумарний об'єм стоку або приплив води у водосховищі за період весняного водопілля:

$$W_{всс} = xF \cdot 1000, \text{ м}^3 \quad (2.3)$$

де F – площа водозбору водосховища, км².

Прогноз очікуваних термінів появи шуги, осіннього льодоходу на річках і льодоставу, так само як і терміни розкриття рік, складається гідрометеорологічною службою.

Кількісний баланс водосховища можна виразити наступною формулою:

$$W_{пр} + W_{ст} + W_{п} = V + W_{вит} + W_{ф} + W_{вип} + W_{ск}, \quad (2.4)$$

де V – об'єм води у водосховищі в будь-який час;

$W_{пр}$ – передбачуваний природний приплив води;

$W_{ст}$ – стічні води, що надходять від підприємств і міст;

$W_{п}$ – попуски води з розташованих вище водосховищ;

$W_{вит}$ – витрата (паркан) води на потреби водопостачання; 1 1

$W_{ф}$ – втрати води з водосховища фільтрацією;

$W_{\text{вип}}$ – втрати води з водосховища випаровуванням;

$W_{\text{ск}}$ – скидання води в разі її надлишку або для поповнення розташованого нижче водосховища.

Так як у формулі (2.4) $V = \text{const}$, то формулу можна записати у вигляді:

$$\Sigma W_{\text{пр}} = V + \Sigma W_{\text{вит}} \quad (2.5)$$

де $\Sigma W_{\text{пр}}$ – прихід води;

$\Sigma W_{\text{вит}}$ – витрата води;

Користуючись лабораторними аналізами складу вод, що притікають в водосховище і відбувають з нього, можна визначити якість води в водосховище (сольовий склад) виходячи з балансу:

$$W_{\text{пр}}C_{\text{пр}} + W_{\text{ст}}C_{\text{ст}} + W_{\text{п}}C_{\text{п}} = (V + W_{\text{вит}} + W_{\text{ф}} + W_{\text{вип}} + W_{\text{ск}}) C \quad (2.6)$$

де $C_{\text{пр}}$ – сухий залишок (загальний сольовий склад) води, що притікає;

$C_{\text{ст}}$ – то ж, стічної води, що надходить від підприємств;

$C_{\text{п}}$ – то ж, води що надходить з вищерозташованих водосховищ;

C – загальний сухий залишок у воді водосховища.

Цей баланс показує, що кількість солей, які притікають з водою в водосховище, витрачається разом з водою, солі ж води, що випарувалася залишаються в водосховищі і все більше підвищують сухий залишок (сольовий склад) води водосховища.

Якість води у водосховищі визначають з рівняння:

$$VC = \Sigma W_{\text{пр}}C_{\text{пр}} - \Sigma W_{\text{вип}}C_{\text{вип}}, \quad (2.7)$$

де V – об'єм води, м^3 ;

C – сухий залишок (загальний сольовий склад), $\text{г} / \text{м}^3$, або кількість солей, т

$$g = g_{\text{пр}} - g_{\text{виб}} \quad (2.8)$$

Знаючи кількість солей g , що містяться в даному об'ємі води V , можна обчислити

$$C = \frac{g}{V}, \text{ г / м}^3 \text{ (мг / дм}^3\text{)} \quad (2.9)$$

Сухий залишок у свою чергу можна розкласти з відомим наближенням на ряд складових: жорсткість води загальну $J_{\text{заг}} = m_1 C$ і лужність загальну $L_{\text{заг}} = m_2 C$, хлориди $\text{Cl}^- = m^3 C$, сульфати $\text{SO}_3^{2-} = m_4 C$ та ін.

Перекладний коефіцієнт m – величина для кожного водосховища майже постійна, що встановлюється на підставі лабораторних аналізів води.

$$C_{\text{водосх}} = f(K, C_{\text{пр}}) \quad (2.10)$$

де $C_{\text{водосх}}$ – шукана концентрація солей у воді водосховища, г / см^3 ;

$C_{\text{пр}}$ – середньорічна концентрація солей у воді припливу за гідрологічний рік – від початку підйому рівня води у водосховищі, від початку паводка до кінця спаду в наступну межень (з урахуванням залишку солей в водосховище перед паводком);

K - коефіцієнт відносної ємності водосховища,

$$K = \frac{V_1}{V_2},$$

де V_1 – об'єм води у водосховищі на день визначення концентрації солей в ньому;

V_2 – максимальний об'єм води у водосховищі за розрахунковий гідрологічний рік.

Очевидно, внутрішньоводоймищні гідрохімічні процеси більш складні, ніж зазначені вище. Однак для практичних цілей розрахунків кількісного і якісного балансу водосховища на один гідрологічний рік є достатнім за наведеною вище методикою без особливого врахування внутрішньоводоймищних процесів.

2.2. Основні категорії водоспоживачів в населених пунктах

Проектування систем водопостачання будь-якого об'єкта починається з визначення необхідної кількості води для різних водоспоживачів. Всі види споживання води зводяться до кількох основних категорій.

До **першої категорії** належить господарсько-питне споживання води. Воно пов'язане з життєдіяльністю людей під час їхнього перебування в житлових будинках і громадських будівлях.

До **другої категорії** входять промислові підприємства, що використовують воду в технологічних процесах і для санітарно-гігієнічних, питних і господарських потреб.

До **третьої категорії** належить споживання води житлово-комунальними підприємствами для мийки вулиць, площ, на поливання зелених насаджень та ін.

Четверта категорія передбачає використання води на потреби пожежогасіння, яке носить епізодичний характер і вимагає забезпеченості запасу води. Крім того, необхідно враховувати споживання води і менших об'ємів порівняно із зазначеними, наприклад, на власні потреби водопровідної системи.

Облік всіх видів споживання неможливий без урахування вимог до якості використовуваної води для різних потреб і ступеня централізації системи водопостачання. Якщо для господарсько-питних потреб потрібна вода, що відповідає вимогам стандартів на питну воду, то для інших споживачів ці вимоги можуть носити специфічний характер. Вимоги до води для господарсько-побутових потреб, зазвичай, відповідають вимогам до якості питної води. У теперішній час для поливу територій та зелених насаджень в більшості міст

використовується вода питної якості, хоча для цього доцільніше використовувати воду іншої якості.

Різноманіття умов використання води у виробництві зумовлює і різноманіття вимог до її якості. У будь-якому випадку вода, яка використовується в технологічних процесах, не повинна погіршувати якості продукції, що випускається, і порушувати технологічний режим експлуатації обладнання.

Вода для пожежогасіння не повинна містити механічні домішки, що забруднюють елементи протипожежної системи, і хімічні речовини, що негативно впливають на ефект використання води. Вода питної якості відповідає цим вимогам, але це не означає, що вода іншої якості не може бути використана для тих же цілей.

2.3. Норми водоспоживання

Питну воду як продукцію промислового виробництва можна розглядати як товарну продукцію галузі комунального водопостачання, яка регламентується ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» і ДСанПіН 383 «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання».

При виробництві й використанні будь-якого виду продукції неминучі певні втрати як сировини, так і самої продукції. У зв'язку з цим виробництво і транспортування питної води, її споживання у житлових будинках і на промислових підприємствах також супроводжується втратами як вихідної води, так і готової продукції – питної води.

Втрати води можна класифікувати на такі дві основні групи: споживчі, тобто втрати реалізованої товарної продукції, і технологічні, тобто втрати питної води (або сировини) у процесах її видобутку, виробництва і транспортування до споживачів. Крім того, до втрат товарної продукції повинні бути віднесені невраховані витрати води.

Особливо слід зупинитися на проблемі неврахованих витрат товарної продукції. До цієї групи слід віднести:

- приховані витоки із зовнішніх трубопроводів і мережної арматури (невеликі течії, що не виходять на поверхню землі);
- втрати води при аваріях на трубопроводах;
- витрати води абонентів, що не враховуються вимірювальними приладами через недостатню чутливість водолічильників у зоні невеликих витрат;
- витрати на пожежогасіння і пожежонавчання;
- розкрадання води.

З наведеного переліку видно, що в розряд неврахованих віднесені як витрати, що є прямими втратами товарної продукції (через аварії і недостатню герметичність трубопроводів і розкрадання води), так і технологічні витрати, пов'язані безпосередньо із забезпеченням нормальної технічної експлуатації і налагодженням роботи систем подачі й розподілу води, а також з пожежонавчаннями. Разом з тим, сюди віднесені витрати, які не враховані водолічильниками абонентів, що в певних умовах можуть і не бути прямими втратами води, тому що вода в кінцевому рахунку використана споживачами.

Але при всій різноманітності вказаних видів невраховуваних витрат води їх об'єднують в одну групу дві супутні обставини. По-перше, всі вони є неоплаченим підприємству водопостачанням товарної продукції й, отже, мають бути віднесені до витрат виробництва. По-друге, кількісно вони можуть бути зареєстровані вимірювальними приладами тільки сукупно, в сумі, як різниця між кількістю поданої і реалізованої води.

Для кожного з вказаних видів неврахованих витрат окремо можуть бути проаналізовані тільки причини їх появи. Наближена кількісна оцінка може бути зроблена тільки для деяких видів втрат води, наприклад, на промивання при аваріях трубопроводів. Це зумовлено тим, що до неврахованої належить продукція, яка витрачається на ділянці між двома основними пунктами контролю за витратою води – між витратомірами біля водоживильників, що реєструють

загальну подачу води, і водолічильниками, що реєструють споживання води кожним абонентом. Через складність організації більш детального проміжного обліку віднесення перерахованих видів витрат води до однієї групи на сучасному етапі здається правомірним, хоча і змушеним.

Більш правильно було б називати ці витрати води неоплаченою товарною продукцією, а термін «невраховані» поширити тільки на ті види витрат, що дійсно не враховуються і не можуть бути враховані з різних причин за допомогою вимірювальних приладів. Всі інші витрати цієї групи, крім власне невраховуваних приладами, хоча і сукупно, але все-таки піддаються об'єктивній оцінці (хоча б за різницею показань витратомірів і водолічильників) і тому не є неврахованими. Але термін «невраховані» як затверджений у застосуванні до вказаних видів витрат води при нинішньому стані й технічній оснащеності приладами обліку підприємств комунального водопостачання, напевно, може бути збережений.

Характеристика видів витрат з погляду сформованих способів їх обліку, оплати, оцінки величини і можливості усунення у різних елементах системи водопостачання (від місця видобутку до реалізації абонентам) наведена у табл. 2.1.

Норми водоспоживання повинні чітко регламентувати три складові споживання води: корисна витрата, нераціональна витрата і витоки води. Це забезпечить можливість контролю та аналізу причин підвищених витрат у порівнянні з установленими нормативами, цілеспрямовано домагатися зниження водоспоживання за рахунок зменшення частки нераціонального використання і витоків води.

Скорочення технологічних витрат і усунення витрат до водяного лічильника абонента є прямою функцією персоналу підприємства комунального водопостачання. Скорочення витрат і нераціонального використання води в абонентів безпосередньо залежить від споживачів і є їхнім прямим обов'язком.

Класифікація і характеристика втрат води в системах комунального водопостачання

Основні елементи системи водопостачання	Водозабірні споруди	Очисні споруди	Система подачі й розподілу води	Абоненти (житлові будинки, комунально-побутові, промислові та інші підприємства)
Види втрат води	Технологічні втрати сировини (води джерела)	Технологічні втрати товарної продукції (питної води)	Технологічні втрати товарної продукції (питної води): витоки, втрати при аваріях, промивання, розкрадання, пожежогасіння	Витоки і нерациональне використання води
Спосіб обліку втрат води	Не оцінюються	Враховуються за допомогою приладів	Оцінюються в сумі неврахованих витрат	Не оцінюються, враховуються в загальному обсязі витраченої води
Спосіб оплати	Не оплачуються	Не оплачуються		Оплачуються в загальному обсязі витраченої води
Можливість оцінки, усунення втрат води	Можуть бути враховані повністю і скорочені	Можуть бути скорочені	Можуть бути оцінені орієнтовно і скорочені	Можуть бути оцінені орієнтовно, витоки повністю усунуті, нерациональне використання скорочене

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

Витрата, що припадає на одну особу / добу, носить назву **питомого господарсько-питного водоспоживання**.

Питоме водоспоживання враховує кількість води, яка споживається однією людиною на господарсько-питні потреби не тільки в житлових будинках, але і в

громадських будівлях (їдальнях, лазнях, пральнях, кінотеатрах та ін.). Воно залежить від ступеня благоустрою районів житлової забудови – при більш комфортабельних умовах питоме споживання води вище. Значною мірою на його величину впливають кліматичні умови: в районах з жарким кліматом води споживається більше, ніж в холодних районах. На його величину впливають місцеві умови, якість води. При проектуванні систем водопостачання населених пунктів питоме середньодобове (за рік) водоспоживання на одного жителя визначається за ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування»(табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Питома середньодобова (за рік) норма споживання питної води

Ступінь благоустрою житлової забудови	Питома середньодобова (за рік) норма питного водоспоживання, л/добу на одного жителя
Житлова забудова, обладнана внутрішнім водопроводом і каналізацією: без ванн	100-135
з ваннами і місцевими водонагрівачами	150-230
з централізованим гарячим водопостачанням	230-285

Для районів забудови будинками з водокористуванням із водорозбірних колонок середньодобова норма питного водоспоживання на одного жителя приймається від 25 л/добу до 60 л/добу.

Невраховані витрати приймаються у відсотках від загального водоспоживання:

– на першу чергу будівництва: у малих і середніх містах - 5 %, у великих і значних - 7 %, у найзначніших - 10 %;

- на розрахунковий строк дії генерального плану: у малих і середніх містах - 10%, у великих і значних - 15%, у найзначніших - 20%.

Слід зазначити, що останнім часом намітилися тенденції зниження питомої водоспоживання за рахунок економії води, підвищення якості водорозбірних і санітарно-технічних приладів та дії економічних важелів оплати за воду.

При цьому для населених пунктів необхідно враховувати потреби місцевої промисловості, яка обслуговує населення, і потреби неврахованих споживачів. Ці потреби допускається враховувати додатково в розмірі 10-20% сумарної витрати господарсько-питного водоспоживання населення.

2.4. Режими водоспоживання

Споживання води населенням протягом року нерівномірне. Також нерівномірне водоспоживання протягом доби та тижня.

Режим водопостачання повинен відповідати фактичним витратам води споживачами. Тому прогнозування режиму водоспоживання є важливим моментом проектування водопровідних мереж.

При проектуванні водопроводів промислових підприємств режим витрат води на промислові та господарчі потреби залежить від технології виробництва та його структури.

Режим водоспоживання населених пунктів визначається у залежності від різноманітних факторів, пов'язаних із умовами життя та праці мешканців.

Ця проблема вирішується шляхом аналізу статистичних даних щодо фактичних режимів водоспоживання у населеному пункті, виявленні основних факторів, що впливають на характер режиму водоспоживання (кількість населення, кліматичні умови, рівень індустріалізації населеного пункту та інше).

Розглянемо **стандартний графік водоспоживання** (рис. 2.1).

Протягом доби вода споживається нерівномірно: вдень витрати більше, ніж уночі. Коливання споживання води за годинами залежить від кількості населення. Чим менше населений пункт, тим значніше ця нерівномірність.

Споживання води також змінюється протягом години. Однак при розрахунках дозволяється приймати споживання води протягом години постійним.

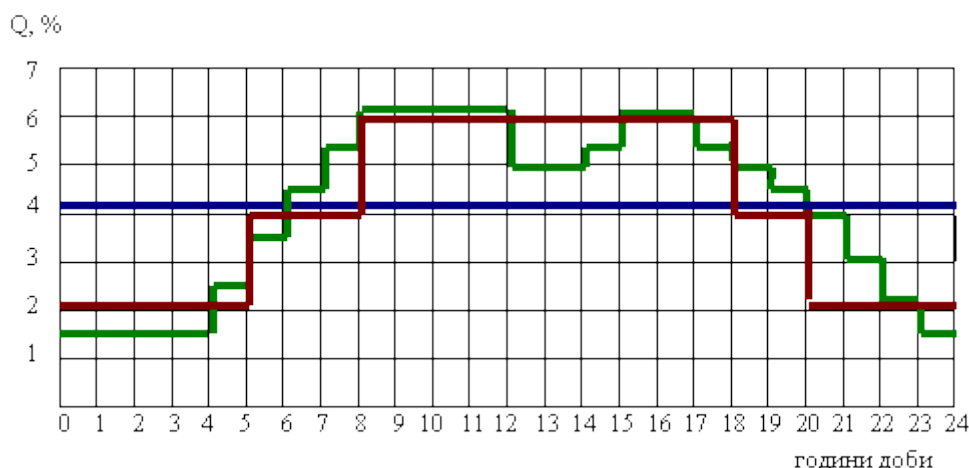


Рис. 2.1. Графік водоспоживання: синя лінія – режим роботи НС-I; зелена лінія – режим водоспоживання; червона лінія – режим роботи НС-II

Споруди водопроводів слід розраховувати на найневигодніший для них випадок, тобто на пропускання добових витрат води у добу найбільшого водоспоживання $Q_{д.мах}$. Добова витрата всього об'єкта визначається сумою доданків по окремих категоріях споживачів.

Розрахункові (середні за рік) добові витрати води, м³/доб, на господарсько-питні потреби населення

$$Q_{д.т}^н = q_{пит}^{ж} \cdot N_{ж} / 1000, \quad (2.11)$$

де $q_{пит}^{ж}$ - питомі витрати води, л/доб на 1 жителя;

$N_{ж}$ – розрахункова кількість жителів, осіб.

Розрахункові витрати води на добу найбільшого водоспоживання

$$Q_{д.мах}^н = K_{д.мах} \cdot Q_{д.т}^н, \quad (2.12)$$

де $K_{д.мах}$ – коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання і приймається $K_{д.мах} = 1,1-1,3$ (для I та II категорії за ступенем забезпеченості подачі води рекомендується приймати $K_{доб.мах} = 1.3$, для III категорії - $K_{доб.мах} = 1.2$).

Розрахункові добові витрати води, м³/доб, відповідно, на поливання та на промислові потреби

$$\begin{aligned} Q_{\text{д.м}}^{\text{пол}} &= 10 \cdot q_{\text{нит}}^{\text{пол}} \cdot F, \\ Q_{\text{д.м}}^{\text{пр}} &= q_{\text{нит}}^{\text{пр}} \cdot N, \end{aligned} \quad (2.13)$$

де $q_{\text{нит}}^{\text{пол}}$ – питомі витрати води на поливання, л/м²;

F – поливна площа, га;

$q_{\text{нит}}^{\text{пр}}$ – питомі витрати води на одиницю продукції, м³/доб;

N – кількість продукції, що випускається.

Результати визначення добових витрат води зводяться в таблицю з підрахуванням витрат води для кожного типу споживачів окремо і підсумовуванням їх для всього населеного пункту за літній та зимовий періоди.

Річні витрати води, м³/рік

$$Q_{\text{річ}} = Q_{\text{д.м}}^{\text{л}} \cdot T_{\text{л}} + Q_{\text{д.м}}^{\text{з}} \cdot T_{\text{з}}, \quad (2.14)$$

де $Q_{\text{д.м}}^{\text{л}}$, $Q_{\text{д.м}}^{\text{з}}$ - розрахункові добові витрати води для населеного пункту, відповідно, за літній та зимовий періоди, м³/доб;

$T_{\text{л}}$, $T_{\text{з}}$ – тривалість, відповідно, літнього та зимового періодів, днів.

Відсотковий розподіл розрахункових погодинних витрат води в добу найбільшого водоспоживання встановлюють для комунального сектора залежно від коефіцієнта годинної нерівномірності водоспоживання

$$K_{\text{г.мак}} = \alpha_{\text{мак}} \cdot \beta_{\text{мак}}, \quad (2.15)$$

де $\alpha_{\text{мак}} = 1,4$ (для II категорії); $\alpha_{\text{мак}} = 1,3$ (для III категорії) - коефіцієнти, які враховують ступінь благоустрою будинків, режим роботи підприємств та інші місцеві умови;

$\beta_{\text{мак}}$ - коефіцієнт, який враховує кількість мешканців у будинку

(приймається від 3 до 1,2).

Відношення витрат води у годину максимального водоспоживання $Q_{г.макс.}$ до середніх витрат води за годину $Q_{г.сеп.}$ є **коефіцієнтом максимальної годинної нерівномірності** водоспоживання:

$$K_{г.макс.} = \frac{Q_{г.макс.}}{Q_{г.сеп.}}$$

Аналіз режиму водоспоживання населених пунктів різного типу дозволяє побудувати графіки характерних коливань витрат води протягом доби (рис. 2.1). Годинні витрати води визначені у відсотках від добових витрат. Відношення найбільшої ординати до середньої (4,17%) дає коефіцієнт максимальної годинної нерівномірності $K_{г.макс.}$. Погодинні графіки водоспоживання за добу можливо дати у вигляді таблиці. У табл. 2.3 показано витрати води в окремі часи доби (у відсотках від добових витрат) при наступних значеннях коефіцієнта максимальної годинної нерівномірності:

- $K_{г.макс.} = 1,25$ – для великих населених пунктів,
- $K_{г.макс.} = 1,35$ – для середніх населених пунктів,
- $K_{г.макс.} = 1,5$ – для невеликих населених пунктів.

Година, на яку припадає найбільше значення погодинної витрати води всього населеного пункту, є годиною найбільшого водоспоживання, а витрати води кожного споживача за цю годину приймаються як розрахункові.

Використання графіка водоспоживання дозволяє визначити найбільш економічний режим роботи насосних станцій, розрахувати об'єм запасних, регулюючих та напірних ємностей (резервуарів чистої води, водонапірних башт).

У якості прикладу візьмемо **невеликий населений пункт із водоспоживанням $2000 \text{ м}^3/\text{доб}$ при $K_{г.макс.} = 1,5$.**

Таблиця 2.3

Водоспоживання у населених пунктах протягом доби

Години доби	витрати води, % від добових при $K_{г.макс.}$		
	<i>1,5</i>	<i>1,35</i>	<i>1,25</i>
0-1	1,5	3	3,35
1-2	1,5	3,2	3,25
2-3	1,5	2,5	3,3
3-4	1,5	2,6	3,2
4-5	2,5	3,5	3,25
5-6	3,5	4,1	3,4
6-7	4,5	4,5	3,85
7-8	5,5	4,9	4,45
8-9	6,25	4,9	5,2
9-10	6,25	5,6	5,05
10-11	6,25	4,9	4,85
11-12	6,25	4,7	4,6
12-13	5	4,4	4,6
13-14	5	4,1	4,55
14-15	5,5	4,1	4,75
15-16	6	4,4	4,7
16-17	6	4,3	4,65
17-18	5,5	4,1	4,35
18-19	5	4,5	4,4
19-20	4,5	4,5	4,3
20-21	4	4,5	4,3
21-22	3	4,8	4,2
22-23	2	4,6	3,75
23-24	1,5	3,3	3,7
Усього	100	100	100

Розрахункові дані представимо у вигляді табл. 2.4, де у графі 1 вказані години доби, графа 2 – водоспоживання у відсотках за годинами доби. До графи 3 заносять розрахункові дані годинних витрат води, наприклад, максимальні годинні витрати з 8 до 9 години дорівнюють:

$$Q = \frac{2000 * 6.25}{100} = 125 \text{ м}^3$$

У графі 4 вказана подача води (у відсотках) НС-I, яка працює в рівномірному режимі, тому що подає воду до очисних споруд, які працюють рівномірно. Таким чином, подача води за одну годину складає $100/24 = 4,17\%$ добового водоспоживання.

У графі 5 наведена подача води НС-II (у відсотках), режим роботи якої планується з максимальним приближенням до режиму водоспоживання (рис. 6.4). У НС-II розміщено три групи робочих насосів з постачанням 2% на годину. Перша група працює цілодобово і забезпечує подачу $24 \times 2 = 48\%$ всієї кількості води, друга з 5 до 21 години – $16 \times 2 = 32\%$, і третя з 8 по 18 годину – $10 \times 2 = 20\%$ (у сумі 100%). Таким чином, при включенні другої групи насосів подача складає 4% на годину, а при вмиканні третьої групи насосів – 6%.

Графи 6 та 7 заповнюють з урахуванням режимів роботи НС-I та НС-II (графи 4, 5), нерівномірність роботи яких компенсується влаштуванням запасного резервуара. Величина регулюючого запасу води у резервуарі, який складає $367,6 \text{ м}^3$ (18,38% від $Q_{\text{доб}}$), визначена за допомогою граф 8 та 9.

Графи 10 та 11 складені з урахуванням режиму роботи НС-II та водоспоживання (графи 2 та 6). Ємність регулюючого об'єму бака водонапірної башти дорівнює 60 м^3 (3% від $Q_{\text{доб}}$). Слід зазначити, що резервуар та водонапірна башта зберігають недоторканий запас води на пожежогасіння.

Графік водоспоживання від міського водопроводу на виробничі потреби залежить від способу її витрачання, тривалості роботи підприємства протягом доби, особливостей технологічного процесу. Багато підприємств мають власні регулюючі ємності, тому для них постачання від міського водопроводу може бути рівномірним.

При проектуванні водопроводу графік сумарного водоспоживання на господарчо-питні, виробничі, протипожежні та інші потреби надає можливість визначитися зі складом споруд, необхідних для забезпечення надійної подачі води всім водоспоживачам в необхідній кількості та з необхідним тиском.

Таблиця 2.4

Водоспоживання міста і режим роботи водопровідних споруд

Години доби	Водоспоживання за годинами		Режим роботи насосів, %		Подача до резервуара, %	Забір із резервуара, %	Залишок резервуарі, у		Притік до башти, %	Витрати з башти, %	Залишок у башті,	
	%	м ³	НС-I	НС-II			%	м ³			%	м ³
0-1	1,5	30	4,17	2	2,17	-	9,19	183,8	0,5	-	1,5	30
1-2	1,5	30	4,17	2	2,17	-	11,36	227,2	0,5	-	2	40
2-3	1,5	30	4,17	2	2,17	-	13,53	270,6	0,5	-	2,5	50
3-4	1,5	30	4,17	2	2,17	-	15,7	314	0,5	-	3	60
4-5	2,5	50	4,17	2	2,17	-	17,87	357,4	-	0,5	2,5	50
5-6	3,5	70	4,17	4	0,17	-	18,04	360,8	0,5	-	3	60
6-7	4,5	90	4,17	4	0,17	-	18,21	364,2	-	0,5	2,5	50
7-8	5,5	110	4,17	4	0,17	-	18,38	367,6	-	1,5	1	20
8-9	6,25	125	4,17	6	-	1,83	16,55	331	-	0,25	0,75	15
9-10	6,25	125	4,17	6	-	1,83	14,72	294,4	-	0,25	0,5	10
10-11	6,25	125	4,17	6	-	1,83	12,89	257,8	-	0,25	0,25	5
11-12	6,25	125	4,17	6	-	1,83	11,06	221,2	-	0,25	0	0

Години доби	Водоспоживання за годинами		Режим роботи насосів, %		Подача до резервуара, %	Забір із резервуара, %	Залишок резервуарі, у		Притік до башти, %	Витрати з башти, %	Залишок у башті,	
	%	м³	НС-I	НС-II			%	м³			%	м³
12-13	5	100	4,17	6	-	1,83	9,23	184,6	1	-	1	20
13-14	5	100	4,17	6	-	1,83	7,4	148	1	-	2	40
14-15	5,5	110	4,17	6	-	1,83	5,53	111,4	0,5	-	2,5	50
15-16	6	120	4,17	6	-	1,83	3,74	74,8	-	1	2,5	50
16-17	6	120	4,17	6	-	1,83	1,91	38,2	-	0,5	2,5	50
17-18	5,5	110	4,17	6	-	1,83	0	0	0,5	-	3,0	60
18-19	5	100	4,17	4	0,17	-	0,17	3,4	-	1	2	40
19-20	4,5	90	4,17	4	0,17	-	0,34	6,8	-	0,5	1,5	30
20-21	4	80	4,17	4	0,17	-	0,51	10,2	-	-	1,5	30
21-22	3	60	4,17	2	2,17	-	2,68	53,6	-	1	0,5	10
22-23	2	40	4,17	2	2,17	-	4,85	97	-	-	0,5	10
23-24	1,5	30	4,17	2	2,17	-	7,02	140,4	0,5	-	1	20

Поливання територій поділяється на механізоване миття, механізоване або ручне поливання майданів і проїздів із поліпшеним покриттям, поливання газонів, квітників, міських зелених насаджень, присадибних ділянок тощо.

У населених пунктах для благоустрою територій (поливання або зрошування зелених насаджень, робота фонтанів, а також поливання або миття удосконалених покриттів вулиць та доріг) рекомендується, за умов відповідності їх якості та згідно з вимогами чинного законодавства, передбачати облаштування окремих (спеціальних) поливальних водопроводів з використанням місцевих джерел – водойм або ґрунтових вод. Для зрошування міських зелених насаджень можливе використання доочищених міських та поверхневих стічних вод після необхідної водопідготовки, а також відповідно до вимог чинного законодавства. Зараз у деяких населених пунктах передбачається спеціальний водопровід для поливу, який живиться неочищеною водою поверхневих джерел.

При цьому, проектування поливальних водопроводів слід здійснювати за нормативами зрошувальних систем, визначаючи потребу у воді та розрахункові витрати в залежності від якості води, норм поливу, кліматичних умов, властивостей ґрунтів тощо.

Відповідно до кліматичних умов здійснюють 1 - 2 поливання на добу. Звичайно, його проводять ввечері або вранці по кілька годин (3...5 год). Нерівномірність відбирання води для поливів існує, але при проектуванні його беруть рівномірним упродовж усіх годин здійснення. Поливання проводять звичайно, в літній період. Тривалість поливального періоду залежить від місцевих умов: на півдні звичайно, він триваліший. Години, в які проводять поливання, не повинні збігатися з годинами максимального споживання води на інші потреби. Витрати води на поливання дуже значні. Поки що при проектуванні передбачається поливання тільки 0,05 га при коефіцієнті нерівномірності водоспоживання 0,4.

У разі неможливості або економічної недоцільності влаштування окремих поливальних водопроводів слід передбачати покриття потреб у воді з мереж централізованого питного або виробничого водопостачання.

Для попередніх розрахунків питомі витрати води на благоустрій територій (поливання або зрошування зелених насаджень, робота фонтанів, а також поливання або миття удосконалених покриттів вулиць та доріг) у населених пунктах, на підприємствах виробничого, аграрно-промислового комплексу та складського призначення за наявності даних щодо розподілу площ, слід визначати за табл. 2.5, а за відсутності – за табл. 2.6.

Таблиця 2.5

Розрахункові (питомі середні за рік) добові витрати води на поливання

Призначення води	Одиниця виміру	Розрахункові (питомі середні за рік) добові витрати води, л/добу, м ²	Підвищувальний коефіцієнт для III архітектурно-будівельного кліматичного району
Поливання:			
- покриття із трави	1 м ²	3	1,2
- футбольного поля	1 м ²	0,5	1,2
- решти спортивних споруд	1 м ²	1,5	1,2
- удосконалених покриттів, тротуарів, майданів, заводських проїздів	1 м ²	0,5	1,2
- зелених насаджень, газонів і квітників	1 м ²	3-6	1,2

Підприємства є практично в кожному населеному пункті. Вони можуть працювати в одну, дві чи три зміни. Воду найчастіше витрачають упродовж робочої зміни, іноді ще півгодини - годину після зміни. Потреби підприємств у воді складаються з технологічних і господарсько-питних. Режим споживання води на технологічні потреби залежить від устаткування, технології виробництва та інших факторів і встановлюється технологами. Розподіл води за годинами доби на господарсько-питні потреби залежить від належності цехів до гарячих або холодних, тривалості зміни. Крім того, після зміни передбачається приймання працівниками душу. До спеціальних споживачів належать станції

технічного обслуговування, механічні майстерні тощо. Вода, звичайно, витрачається за графіками, які залежать від специфіки споживача.

Таблиця 2.6

Витрати води на поливання-миття міських територій у розрахунку на одного жителя

Міста	Витрати води на поливання-миття міських територій на одного жителя							
	Архітектурно-будівельний кліматичний район, підрайон							
	I (Полісся), ША; ШБ; V		I (Лісостеп)		II (Східний степ)		II (Південний степ), I	
	л/добу	м ³ /рік	л/добу	м ³ /рік	л/добу	м ³ /рік	л/добу	м ³ /рік
Найзначніші	65	5,5	75	6,4	95	10,1	105	12,4
Значні	60	5,3	70	6,1	85	9,9	100	11,4
Великі	55	5,1	65	5,8	80	9,4	90	10,9
Середні	45	4,7	50	5,1	60	7,2	65	8,4
Малі	40	4,3	45	4,6	50	6,4	55	7,4

Витрати води в системах водопостачання визначають на основі питомих витрат. Питомими витратами називають середньодобові за рік витрати води одним споживачем. На господарсько-питні потреби населення питомі витрати, л/доб·люди залежать від ступеня благоустрою будинків.

На підприємствах виробничого, аграрно-промислового комплексу та складського призначення питомі витрати води слід приймати для:

- виробничих потреб – за технологічними регламентами, галузевими будівельними нормами технологічного проектування або згідно з затвердженими об'єктами-аналогами;

- забезпечення фізіологічних, санітарно-гігієнічних та побутових потреб працівників - згідно з ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво» та ДБН В.2.2-28:2010

«Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення» (з урахуванням, за необхідності, підвищувальних коефіцієнтів);

- пожежогашіння будівель та споруд.

Для підприємств аграрно-промислового комплексу витрати води на виробничі потреби (переробку продукції, санітарного стану підприємств тощо) слід приймати за галузевими будівельними нормами технологічного проектування.

Коефіцієнт годинної нерівномірності споживання питної води на підприємствах виробничого, аграрно-промислового комплексу та складського призначення слід приймати 2,5 для виробництв з тепловиділенням більше ніж 85 кДж на 1 м³/год та 3 - для інших виробництв.

Розподіл витрат води за годинами доби в населених пунктах, на підприємствах виробничого, аграрно-промислового комплексу та складського призначення слід приймати на підставі розрахункових графіків водоспоживання.

При складанні розрахункових графіків водоспоживання необхідно враховувати, що:

- на промислових підприємствах повинні бути застосовані технічні рішення, які б дозволяли розвести в часі максимальне годинне споживання води на будь-які потреби, що здійснюється з системи централізованого водопостачання (влаштування регулюючих ємностей, обмеження її подачі з забезпеченням встановленого вільного напору тощо);

- поливання-миття удосконалених покриттів вулиць та доріг, а також поливання або зрошування зелених насаджень повинно здійснюватися в години мінімального або середньогодинного водоспоживання;

- відбір води, який здійснюється безконтрольно, слід вважати таким, що збігається за часом із графіками питного водоспоживання.

У розрахункове водоспоживання населеного пункту або суб'єкта водокористування (залежно від наявності окремих складових) слід включати витрати води у житловій забудові та будівлях громадського призначення,

виробничих та комунальних підприємствах (з урахуванням благоустрою територій) для пожежогасіння, а також витрати, пов'язані з технологічним процесом водопідготовки та унормовані втрати у спорудах і мережах.

Норми витрати води на гасіння пожежі наведені в нормативних документах (ДБН В.2.5-74:2013 п. 6.2). Вони складені на підставі обробки статистичних даних про фактичні витрати води з урахуванням створення необхідних умов гасіння пожеж на різних об'єктах. Витрати води для зовнішнього пожежогасіння в населених місцях залежить від чисельності населення і характеру забудови.

Питання для самоконтролю:

1. Що таке водогосподарський баланс, для чого його складають?
2. Як складається баланс поверхневих і підземних вод?
3. Назвіть основні категорії споживачів води.
4. Наведіть характеристику та класифікацію водоспоживачів населених пунктів.
5. Які вимоги ставлять різні категорії споживачів до використовуваної води?
6. Дайте характеристику питомого господарсько-питного водоспоживання.
7. Від яких параметрів залежить норма господарсько-питного водоспоживання?
8. Як (за яким документом) визначити норму господарсько-питного водоспоживання?
9. Назвіть фактори, що впливають на величину норми на поливання вулиць і зелених насаджень.
10. Яким чином враховуються витрати на потреби місцевої промисловості?
11. Наведіть режими водоспоживання.
12. Розкажіть про добовий графік та інтегральну криву водоспоживання.
13. Що таке питомі витрати?

14. Як визначаються добові розрахункові витрати, годинні, секундні, річні?
15. Що таке коефіцієнти нерівномірності і як вони визначаються?
16. Як визначають норму технологічного водоспоживання?
17. Як визначають норму водоспоживання для протипожежних цілей?
18. Який режим водоспоживання води населеним пунктом протягом доби?

Тема 3. Системи та схеми водопостачання

План:

- 3.1. Призначення окремих водопровідних споруд
- 3.2. Класифікація систем водопостачання
- 3.3. Схеми водопостачання
- 3.4. Необхідні напори в мережі

3.1. Призначення окремих водопровідних споруд

Водопостачання – це забезпечення водою різних водоспоживачів (населені пункти, виробничі підприємства та інші об'єкти) для задоволення господарсько-питних, технологічних і протипожежних потреб. Комплекс інженерних споруд, що виконують завдання водопостачання, називають **системою водопостачання** або **водопроводом**.

Централізована система водопостачання населеного пункту або промислового підприємства повинна забезпечувати прийом води з джерела в необхідній кількості, її очищення, якщо це необхідно (тобто доведення її якості до потрібного рівня показників), передачу до обслуговуваного об'єкта і подачу споживачу під необхідним напором (тиском). З цією метою у систему водопостачання включені елементи (рис 3.1):

– водоприймальні споруди (водозабірні споруди, водозабори), призначені для прийому води з вибраних для даного об'єкта природних вододжерел;

– насосні станції (водопідйомні споруди), що створюють тиск для передачі води на очисні споруди, до акумулюючих ємкостей або до споживачів; насосні станції (НС) 1 підйому, призначені для передачі води від водозабору (джерела) на очисні споруди; НС 2 підйому, призначені для передачі очищеної води з резервуару чистої води (РЧВ) у магістральні водоводи і далі в розподільну мережу; наступні НС влаштовують при необхідності для створення необхідного тиску у трубопроводах;

– споруди для очищення води, призначені для поліпшення властивостей води і доведення її якісних показників до вимог споживачів;

– резервуари і водонапірні башти, які є запасними і регулюючими ємкостями;

– водоводи і водорозподільні мережі, призначені для передачі води до місць її розподілу і споживання; магістральні водоводи транспортують основну кількість води від очисних споруд до об'єкта водопостачання; водорозподільні мережі подають воду безпосередньо споживачам на території обслуговуваного об'єкта.

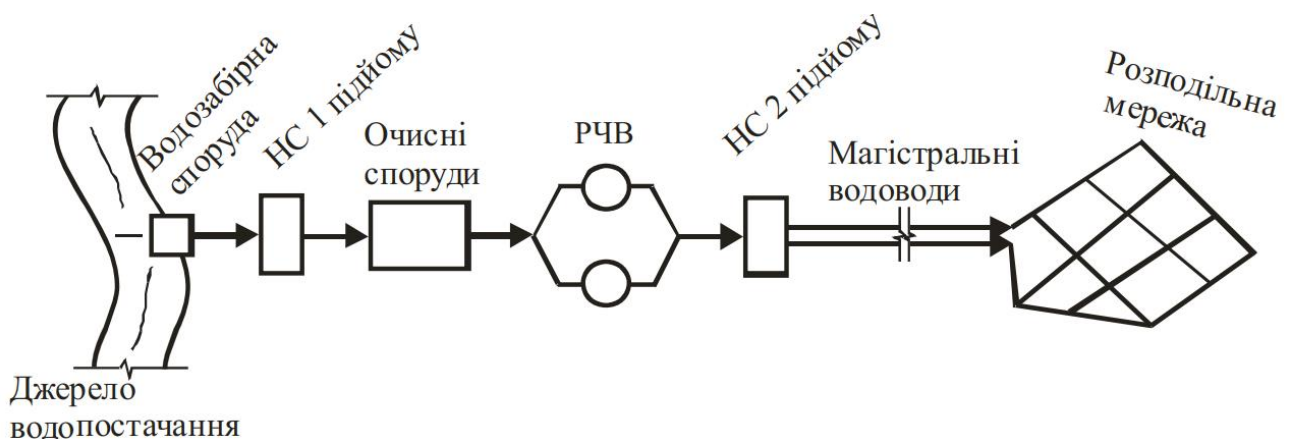


Рис. 3.1. Принципова схема водопостачання

Взаємне розташування споруд системи водопостачання та їх склад можуть бути різними залежно від призначення, місцевих природних умов, вимог водоспоживання або виходячи з економічних міркувань. Так, НС 1 підйому може бути поєднана з водоприймальною спорудою або об'єднана в одній будівлі з НС

2 підйому, але частіше вони розташовуються окремо. НС 2 підйому може бути з'єднана в одному блоці з водоочисними спорудами і РЧВ або розміщена в окремій будівлі. Комплекс водоочисних споруд, РЧВ і НС 2 підйому можуть бути розташовані в безпосередній близькості від вододжерела або, навпаки, віддалені від нього і наближені до споживача. Щоб правильно вибрати схему і джерело водопостачання, треба мати в своєму розпорядженні дані про водоспоживання, знати вимоги, що пред'являються до якості води, мати відомості про тиск, під яким вона повинна подаватися споживачу, про наявні природні вододжерела у районі проєктування. Значний вплив на схему водопостачання має вибране вододжерело; його вид (поверхневий – відкриті водоймища, тобто річки, водосховища, озера, моря, або підземний – ґрунтові й артезіанські води, джерела), потужність, якість води, відстань, на яку воно віддалене від водоспоживача, та ін.

У ряді випадків при використанні підземних (артезіанських) вод потреба в поліпшенні їх якості відпадає, що спрощує систему водопостачання, оскільки стає можливим відмовитися не тільки від очисних споруд, але і від РЧВ і НС 2 підйому. У загальному випадку необхідність очищення води і визначення його технологічної схеми встановлюють шляхом порівняння даних якості води вибраного джерела з вимогами споживачів. На рис. 3.2 показані можливі схеми водопостачання з різних джерел.

Рельєф місцевості впливає на схему водопостачання. У гористих районах джерела водопостачання (озера, водосховища, джерела) можуть перебувати на позначках, які значно перевищують позначки об'єкта, який забезпечується. У цьому випадку воду можна подавати самопливом і влаштування насосної станції не потрібно.

Важливе практичне значення мають групові та районні водопроводи, при яких одна система водопостачання охоплює кілька об'єктів, іноді різного призначення (населені пункти, промислові підприємства, залізничні станції, сільське господарство та ін.). Обслуговування ряду об'єктів однією системою

водопостачання дає значні економічні переваги, тому що капітальні витрати й експлуатаційні витрати такого водопроводу нижче, ніж аналогічні витрати окремих систем для кожного об'єкта. При цьому підвищується ступінь надійності водопостачання.

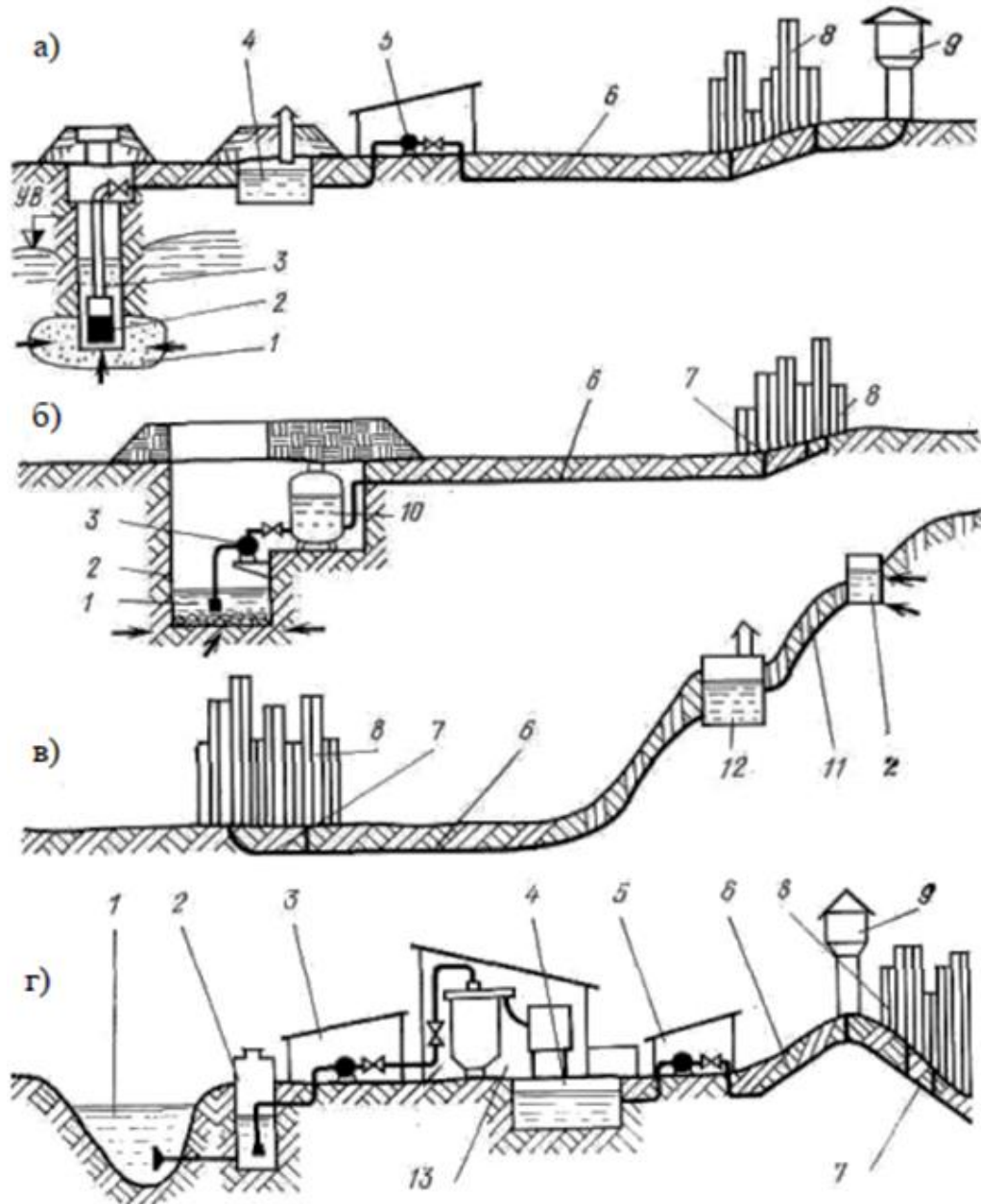


Рис. 3.2. Схеми водопостачання з підземного (а, б, в) і поверхневого (г) джерел:
 а – схема з контррезервуаром; б – безбаштова схема; в – схема самотічного водопроводу з використанням каптажу; г – схема з прийманням води з річки;
 1 – вододжерело; 2 – водозабірна споруда; 3 – НС 1 підйому; 4 – РЧВ; 5 – НС 2 підйому; 6 – напірні водоводи; 7 – розподільна мережа; 8 – водоспоживач;
 9 – водонапірна башта; 10 - водоповітряний котел; 11 – самотічний водовід;
 12 – напірний резервуар; 13 – водоочисні споруди

3.2. Класифікація систем водопостачання

Все різноманіття систем водопостачання, що спостерігаються на практиці, можна класифікувати за такими основними ознаками (відповідно до ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування»):

За ступенем централізації на:

- централізовані, що здійснюють постачання питної води у населеному пункті або для більшості його споживачів;
- групові, що здійснюють постачання води для декількох населених пунктів і (або) окремих суб'єктів господарювання, розташованих на значних відстанях один від одного;
- нецентралізовані (локальні чи місцеві), що здійснюють постачання води в окремі райони житлової забудови населених пунктів і (або) окремим суб'єктам господарювання;
- індивідуальні, що забезпечують питною водою окремих споживачів або будинки.

За призначенням

- комунальні;
- виробничі (зазвичай будуються тільки для забезпечення водою різних виробничих об'єктів: як крупних, так і дрібних споживачів – автомийки, невеликі котельні, цехи з виробництва будівельних матеріалів та ін.);
- протипожежні (забезпечують водою системи протипожежної безпеки, які входять до складу інженерних мереж на підприємствах);
- поливальні;
- сільськогосподарські.

За ступенем охоплення потреб споживачів на:

- об'єднані, що забезпечують водою два та більше видів споживачів (населення, підприємства, для благоустрою, пожежогасіння тощо) та різних варіантів їх поєднання;

– роздільні, що забезпечують питні та господарсько-побутові потреби окремо від виробничих потреб, при цьому потреби на пожежогасіння можуть забезпечуватися самостійно або спільно з зазначеними системами.

За способами подачі і розподілу води:

- самопливні (гравітаційні) водопроводи;
- водопроводи з механічною подачею води (за допомогою перекачування води насосами);
- комбіновані

За ступенем надійності (категорії залежно від допустимої тривалості перерви і зниження подачі води):

– 1 категорія – зниження подачі води <30% та обмеження <3 діб (допускається на час виключення пошкоджених та включення резервних елементів системи < 3 діб 10 хв) – підприємства металургійної, нафтопереробної, нафтохімічної та хімічної промисловості, електростанції, господарсько-питні водопроводи населених пунктів з кількістю жителів понад 50000;

– 2 категорія зниження подачі води <30% та обмеження <10 діб (допускається на час виключення пошкоджених та включення резервних елементів системи та проведенні ремонту < 3 діб 6 год) – підприємства вугільної, рудної, нафтопереробної, машинобудівної та інших видів промисловості, господарсько-питні водопроводи населених пунктів з кількістю осіб до 50000 і групові сільськогосподарські водопроводи;

– 3 категорія зниження подачі води <30% та обмеження <15 діб (допускається на час виключення пошкоджених та включення резервних елементів системи та проведенні ремонту < 3 діб 24 год) – дрібні промислові підприємства, системи зрошення сільськогосподарських угідь, господарсько-питні водопроводи в населених пунктах з кількістю жителів до 5000 осіб.

Об'єднані системи централізованого питного, протипожежного та виробничого водопостачання в населених пунктах при кількості жителів, що в них постійно проживають, слід відносити:

- більше ніж 50 тис. – до I категорії;
- від 5 тис. до 50 тис. включно – до II категорії;
- менше ніж 5 тис. жителів – до III категорії.

Існують також класифікації за іншими ознаками.

За територіальним охопленням споживачів:

- локальні (місцеві);
- централізовані;
- групові або районні;

За видом використання природних джерел:

- водопроводи, які отримують воду з поверхневих джерел (річкові, озерні та ін.);
- водопроводи, що базуються на підземних водах (артезіанські, джерельні та ін.);
- змішаного живлення (при використанні різних видів джерел).

За якістю води:

- господарсько-питні;
- технічні;
- протипожежні;
- спеціальні;
- об'єднані;

Залежно від якості вихідної води і вимог водоспоживачів:

- з улаштуванням споруд з поліпшення якості води і без них;

За тривалістю роботи:

- що постійно діють;
- тимчасово діють;
- сезонно діють.

3.3. Схеми водопостачання

Під **схемою водопостачання** розуміють генеральний план об'єкта водопостачання із зазначеними на ньому всіма водопровідними спорудами. Проектування схем водопостачання здійснюється на основі генеральних планів міст (перша черга на термін 3-7 років і перспектива на термін 15-20 років) відповідно до ДБН Б.1.1-15:2012 «Склад та зміст генерального плану населеного пункту» і промислових підприємств. Схема водопостачання залежить від багатьох факторів, у тому числі головними є наступні: розташування, потужність і якість води джерела водопостачання, рельєф місцевості і кратність використання води на промислових підприємствах.

Схема водопостачання міста складається з наступних основних елементів: 1) водоприймальних споруд; 2) водопідйомних споруд, тобто насосних станцій, що подають воду до очисних споруд (насосна станція I підйому) або споживачам (насосна станція II підйому); 3) очисних споруд; 4) веж і резервуарів, що накопичують запаси води або регулюючих напори і витрати; 5) водоводів і мережі трубопроводів, призначених для транспортування води від споруди до споруди або до споживачів.

На рис. 3.3 показана схема водопостачання міста з поверхневим джерелом. З джерела вода забирається водоприймальних спорудою і подається насосами насосної станції I підйому на очисні споруди. Після очищення і знезараження вода збирається в резервуарах чистої води. Потім насосами насосної станції II підйому вода подається по водоводах 6 в мережу трубопроводів 8, що розводить воду споживачам.

Споживання води в містах і на промислових підприємствах протягом доби нерівномірне. У містах в нічний час вода споживається значно менше, ніж вдень. На промислових підприємствах на початку і наприкінці змін води для виробничих цілей витрачається менше, ніж в середині змін.

Для скорочення розмірів і забезпечення стабільної роботи, водоприймальних і очисних споруд, а також насосних станцій I підйому їх

проектують на рівномірну продуктивність. Насосні станції II підйому проектують з урахуванням необхідності зміни їх продуктивності. Об'єм води, що подається ними в окремі години доби, повинен бути близький до споживаної витрати.

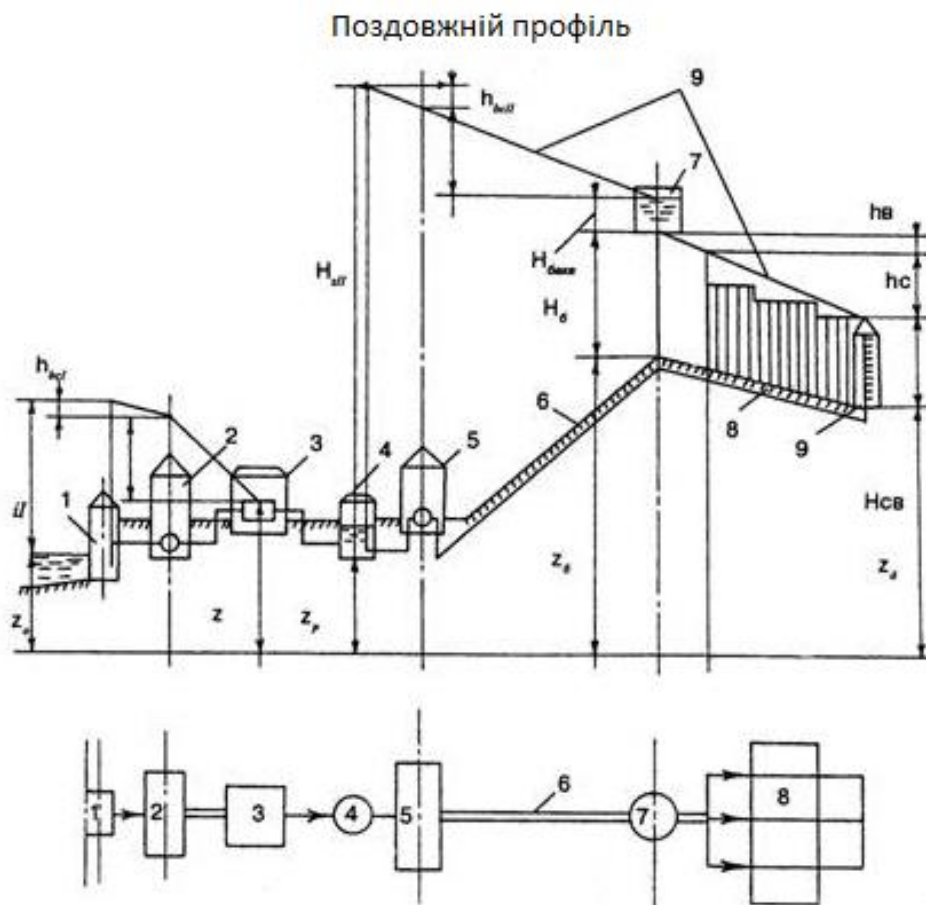


Рис. 3.3. Схема водопостачання з поверхневим джерелом: 1 – водоприймальна споруда; 2 – насосна станція I підйому; 3 – очисні споруди; 4 – резервуар чистої води (РЧВ); 5 – насосна станція II підйому; 6 – водоводи; 7 – водонапірна башта; 8 – магістральна водопровідна мережа; 9 – п'езометричні лінії в період максимального водоспоживання

Продуктивність водоприймальних і очисних споруд і насосних станцій I підйому більше мінімальної і менше максимальної продуктивності насосних станцій II підйому. У години мінімальної продуктивності насосних станцій II підйому (в години мінімального водоспоживання) надлишок води, що надходить від очисних споруд, накопичується в резервуарах чистої води; в години максимальної продуктивності насосних станцій II підйому (в години максимального водоспоживання) надлишок води, що накопичився, витрачається

споживачами. Таким чином, резервуари чистої води є регулюючими ємностями. Крім того, в резервуарах чистої води зберігають запас води для пожежогасіння і власних потреб очисних станцій.

Для регулювання витрат води, що подається насосними станціями II підйому і витрачається споживачами, слугують водонапірні башти. Водонапірні башти представляють собою утеплені резервуари, підняті над землею на спеціальних конструкціях, які називаються стволами. Висота водонапірних веж визначається виходячи з умов забезпечення подачі споживачам води з необхідними напорами.

Склад споруд системи водопостачання залежить від виду джерела водопостачання і якості води в ньому, вимог, що пред'являються до якості води споживачами, і ряду інших чинників. При певних умовах необхідність в деяких спорудах може відпасти, а деякі споруди можуть бути суміщені.

На рис. 3.4 представлена схема водопостачання міста з підземним джерелом. Для забору підземних вод слугують трубчасті колодязі з розміщеними в них насосами. У цій схемі насосна станція I підйому поєднана з водоприймальних спорудами, а очисні споруди взагалі відсутні. Можливість останнього рішення пояснюється високою якістю підземних вод.

Для забезпечення необхідної надійності роботи системи водопостачання в ній проектують по дві і більше однотипних споруди, а також створюють резерв насосного та механічного обладнання.

На представлених схемах показані лише основні споруди. Система водопостачання, зазвичай, має багато додаткових споруд, що забезпечують безперебійну подачу води споживачам. Між основними спорудами розташовують камери перемикання або розподільні пристрої, що забезпечують відключення або включення окремих споруд, насосів або обладнання. На водопровідній мережі влаштовують оглядові колодязі, в яких розташовують засувки для відключення окремих ділянок мережі, гідранти, що слугують для пожежогасіння, водорозбірні колонки та інше обладнання.

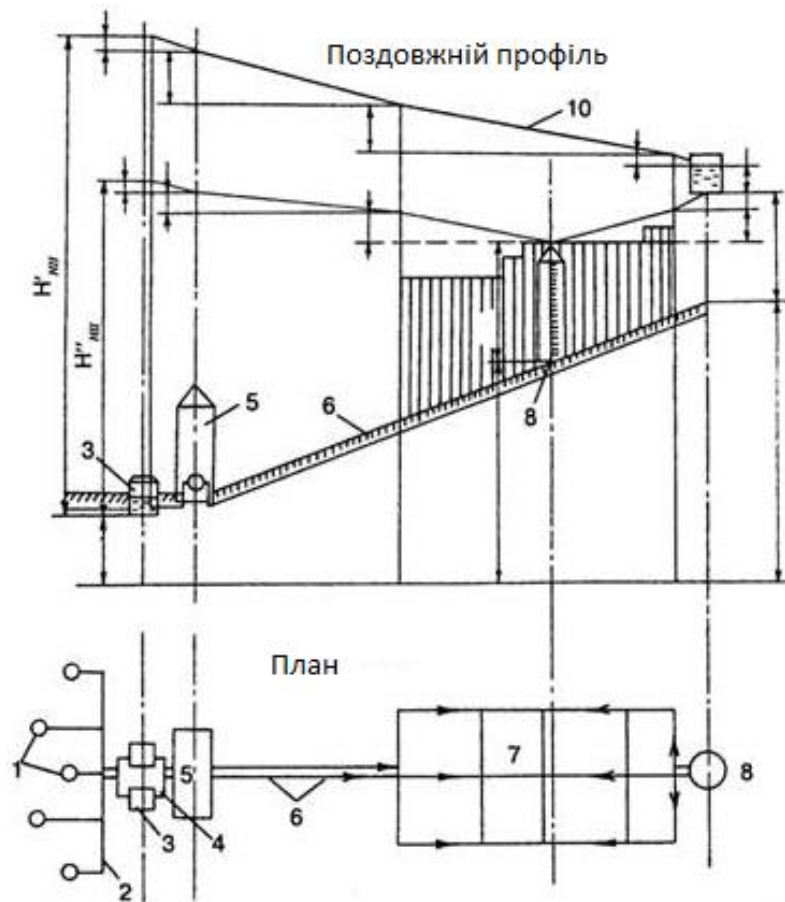


Рис. 3.4. Схема водопостачання з підземним джерелом: 1 – трубчасті колодязі, суміщені з насосною станцією I підйому; 2 і 6 – водоводи; 3 – РЧВ; 4 – всмоктувальні трубопроводи; 5 – насосна станція II підйому; 7 – магістральна водопровідна мережа; 8 – водонапірна башта (контррезервуар); 9 – п’езометричні лінії в період максимального водоспоживання; 10 – п’езометричні лінії в період мінімального водоспоживання (період транспортування води в водонапірну башту)

Перетин водопровідної мережі з річками і ярами, залізничними або автомобільними дорогами виконують шляхом прокладки труб по мостам, в тунелях або дюкерами, що представляють собою дві нитки труб, укладених дном річки в траншеї.

Джерелом водопостачання можуть слугувати поверхневі водойми (ріки, озера, моря) і підземні води. Місце забору води і місце розташування водоприймальної споруди і станції I підйому визначаються санітарними міркуваннями – прагненням отримати з джерела найбільш чисту воду. При заборі води з річок ця мета досягається розташуванням водоприймальної

споруди вище за течією річки щодо об'єкта водопостачання та інших населених пунктів і промислових підприємств, тобто вище місць можливого забруднення води водойми; при заборі води з озер і морів – віддаленням водоприймальної споруди від об'єкта водопостачання та інших населених місць і промислових підприємств. При заборі підземних вод ця задача може бути вирішена віддаленням водоприймальної споруди від населених пунктів і промислових підприємств або отриманням води з глибоких водоносних шарів. В останньому випадку водоприймальні споруди можуть розташовуватися навіть в межах об'єкта водопостачання.

Очисні споруди можна розміщувати як поблизу водоприймачів, так і поблизу об'єктів водопостачання. У першому випадку виявляється доцільним поєднання насосних станцій I і II підйому (розташування їх в одній будівлі).

Воду необхідно подавати споживачам не тільки в необхідній кількості, але і під певним напором, який називається вільним напором $H_{\text{віль}}$. Цей тиск повинні забезпечувати насосна станція II підйому і водонапірна башта, так як в години максимального водоспоживання вода подається в мережу і з водонапірних веж. З метою скорочення висоти водонапірних веж їх розташовують на найбільш високих точках місцевості. У зв'язку з цим вони можуть виявитися розташованими на початку мережі (див. рис. 3.3), в середині її і в кінці (див. рис. 3.4). В останньому випадку башта називається контррезервуаром.

На рис. 3.3 і 3.4 показані поздовжні профілі-розгортки схем водопостачання з нанесеними на них п'єзометричними лініями. Вони ілюструють взаємозв'язок між напорами в окремих елементах системи і висловлене вище положення про мінімальну висоту веж.

Якщо водонапірна башта розташована на початку мережі, то постачання об'єкта водою, як в період максимального водоспоживання, так і в період мінімального водоспоживання відбувається за одним напрямком – від башти. При будь-яких умовах роботи системи водопостачання споживана вода проходить в мережу, минаючи вежу. У бак башти надходять лише надлишки

води, яка подається насосною станцією II підйому в години мінімального водоспоживання. У години максимального водоспоживання ці надлишки витрачають для додаткового постачання об'єкта водою.

Найбільш несприятливими місцями щодо забезпечення напору є найбільш віддалені від веж і найбільш високо розташовані точки мережі. Такі точки називають диктуючими. У розглянутій схемі водопостачання (див. рис. 3.3) диктуючою буде точка д. Зі схеми на рис. 3.3 випливає, що

$$H_B + z_B = z_D + H_{\text{віль}} + \sum h_c + h''_B, \text{ м.}$$

Звідси може бути визначена висота башти, тобто висота розташування дна бака над поверхнею землі:

$$H_B = H_{\text{віль}} + \sum h_c + h''_B - (z_B - z_D), \text{ м.}$$

де $H_{\text{віль}}$ – вільний напір в мережі, необхідний для забезпечення подачі води до всіх водорозбірних точок в будівлях, в м;

$\sum h_c$ – втрати напору у водопровідній мережі в м;

h''_B – втрати напору в водогоні від башти до мережі в м;

z_B та z_D – позначки поверхні землі відповідно в точці, де встановлена башта і в диктуючій точці, м.

З цієї формули видно, що, розташувавши вежу на найвищій позначці z_B , отримаємо (за інших рівних умов) найменшу висоту її.

Якщо водонапірна башта розташована в кінці мережі, то постачання об'єкта водою в періоди максимального і мінімального водоспоживання відбувається по-різному. У період мінімального водоспоживання весь об'єкт забезпечується водою від насосної станції II підйому, а надлишок води, що подається нею, (понад споживаної) транспортується транзитом через всю мережу в вежу. У період максимального водоспоживання об'єкт забезпечується водою з двох

сторін: частина об'єкта від насосної станції II підйому, а інша частина об'єкта від башти. Необхідний напір $H_{\text{ввл}}$ в диктуючій точці d , розташований в середині мережі (див. рис. 3.4), забезпечується при певній висоті башти. Зі схеми на рис. 3.4 ясно, що найменша висота башти в даному випадку виходить при розташуванні її в кінці мережі в найвищій точці місцевості.

Істотним недоліком роботи мережі з контррезервуаром є надмірно велика величина напору в трубах на початку мережі порівняно з необхідною в період мінімального водоспоживання. Іноді величина напору перевищує допустиму для труб, що випускаються промисловістю (чавунних, азбестоцементних та ін.).

Зменшення напору в мережі може бути досягнуто зонуванням системи водопостачання. Зонування може здійснюватися за послідовною або паралельною схемами.

У першому випадку окремі висотні зони з'єднуються послідовно (рис. 3.5), а в другому випадку вони включаються паралельно (рис. 3.6).

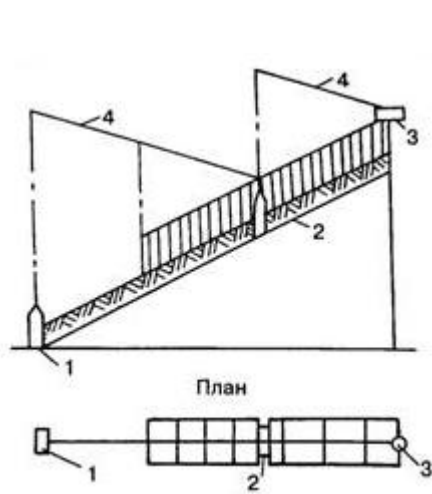


Рис. 3.5. Схема послідовного зонування:
1 – насосна станція нижньої зони;
2 – насосна станція верхньої зони;
3 – водонапірна башта; 4 – п'єзометричні лінії

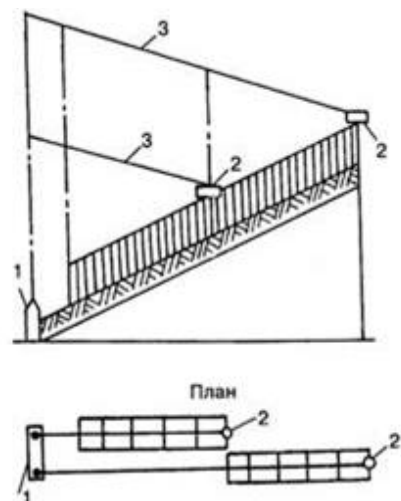


Рис. 3.6. Схема паралельного зонування:
1 – поєднана насосна станція верхньої і нижньої зони; 2 – водонапірні башти;
3 – п'єзометричні лінії

При послідовному зонуванні кожна насосна станція подає кількість води, яка споживається усіма встановленими вище зонами. Насосні станції верхніх зон можуть забирати воду або безпосередньо з мережі нижніх зон, або з проміжного

резервуара. Такий резервуар може слугувати одночасно джерелом живлення насосної станції верхньої зони і контррезервуаром для нижньої зони. При паралельному зонуванні кожна насосна станція подає кількість води, яка споживається тільки однією зоною.

При зонуванні системи водопостачання кількість насосних станцій збільшується, але розмір їх зменшується. Зонування дозволяє зменшувати загальні витрати енергії на транспортування води в мережу, а також знижувати собівартість водопостачання.

Розглянуті схеми водопостачання є загальними для міських і промислових водопроводів. Однак в схемах водопостачання промислових підприємств є ряд особливостей, властивих тільки для виробничих водопроводів, ці особливості пов'язані з багаторазовим використанням або оборотом води в промисловості.

Вибір схеми водопостачання - найважливіший етап проектування, який має вирішуватися з урахуванням технічних і санітарних вимог та економічних міркувань. Оптимальною є така схема водопостачання, при якій споживач забезпечується водою необхідної якості і в необхідній кількості при мінімальній вартості.

3.4. Необхідні напори в мережі

Водопровідна мережа повинна забезпечувати подачу води до всіх точок її споживання не тільки в заданій кількості, але і з необхідним вільним напором, вимірюваним висотою стовпа води над поверхнею землі. Величину необхідного напору можна обчислити за формулою

$$H_{\text{вільн}} = H_{\text{геом}} = \sum h + h_{\text{вил}},$$

де $H_{\text{геом}}$ - геометрична висота розташування найвищого (розрахункового) водорозбірного приладу над поверхнею землі біля точки підключення будинкового введення, м;

$\sum h$ - сума втрат напору на шляху руху води від точки підключення будинкового введення до розрахункового водорозбірного приладу, м;

$h_{\text{вил}}$ - напір, необхідний для виливання розрахункової витрати води, м; приймають залежно від типу санітарного приладу.

У практиці водопостачання при проектуванні зовнішніх водопровідних мереж для спрощення розрахунків величину потрібного вільного напору $H_{\text{вільн}}$ визначають залежно від поверховості будівель: при одноповерховій забудові $H_{\text{вільн}}$ складає не менше 10 м, а при більшій поверховості на кожен поверх додають по 4 м. Таким чином, мінімально необхідний напір у системі водопостачання визначається для найбільш високої точки водорозбору як сума напорів, вільного при максимальному споживанні і мінімального надлишкового напору сантехнічного приладу, встановленого в цьому місці. Отже

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

де n – кількість поверхів.

Гідростатичний напір у мережі господарсько-питного водопроводу біля споживача повинен бути не більше 60 м. Якщо ця вимога для окремих будівель або районів не виконується, то можна встановлювати регулювальники тиску або застосовувати зонування системи водопроводу.

Питання для самоконтролю:

1. Дайте визначення терміну «система водопостачання».
2. З яких елементів складається система водопостачання?
3. Які завдання повинна виконувати система водопостачання?
4. Як класифікують системи водопостачання?
5. Яке призначення водозабірних споруд?
6. Яке призначення водопідіймальних споруд?
7. Яке призначення насосних станцій 1-го і 2-го підйому?
8. Яке призначення очисних комплексів систем водопостачання?
9. Яке призначення магістральних водоводів?

10. Яке призначення розподільних мереж?
11. Поясніть загальну схему водопостачання населеного пункту.
12. Як класифікують споживачів води?
13. Які вимоги ставлять різні категорії споживачів до використовуваної води?
14. Від яких параметрів залежить необхідний напір у мережі?
15. Як розрахувати вільний напір для житлової будівлі?
16. Який максимальний гідростатичний напір в мережі господарсько-питного водопроводу біля споживача?

Тема 4. Системи подачі і розподілу води. Напірно-регулюючі споруди

План:

- 4.1. Трасування водопровідних мереж
- 4.2. Схеми трасування водопровідних мереж
- 4.3. Напірно-регулюючі та запасні споруди
- 4.4. Транспортування води. Основні типи транспортуючих споруд
- 4.5. Безнапірні водопровідні канали
- 4.6. Напірні гравітаційні водоводи

4.1. Трасування водопровідних мереж

Для транспортування води від джерел до об'єктів водопостачання служать водоводи. Їх виконують з двох або більшої кількості ниток трубопроводів, що укладаються паралельно один одному. Для подачі води безпосередньо до місць її споживання (житлових будинків, цехів промислових підприємств) слугує водопровідна мережа.

Проектування і гідравлічний розрахунок водопровідної мережі ведуть в такій послідовності:

- трасують мережу та встановлюють схему її живлення;

- намічають вузлові точки та визначають величини відборів води з них при заданих умовах роботи мережі;
- роблять попередній розподіл потоку води по лініях кільцевої мережі;
- визначають діаметр труб розрахункових ділянок мережі та втрати напору на них;
- ув'язують кільцеву мережу за втратами напору, в результаті чого встановлюють фактичні витрати й втрати напору на кожній лінії;
- будують п'єзометричні лінії по ділянках мережі для розрахункових випадків її роботи;
- визначають необхідну висоту водонапірної башти і підбирають насоси для живлення водопровідної мережі з необхідною продуктивністю та напором.

Першочерговим завданням при проектуванні та розрахунку водоводів і водопровідних мереж є обґрунтування вибору трас ліній у плані. Трасування мереж роблять виходячи з умови забезпечення необхідної надійності їх роботи і найменшої будівельної вартості.

Перед прокладанням будь-якого трубопроводу проводиться розбивка його осі на місцевості. Розбивку траси виконують за затвердженим проектом, в якому положення осі залежно від умов робіт може бути задано відстанню від постійних орієнтирів (в межах міста – від житлових будинків, капітальних споруд, тощо, а де вони відсутні – аналітичним шляхом). Для розбивки траси трубопроводу його вісь наносять та закріплюють на місцевості металевими кілками, на асфальтобетонному покритті – кнопками. Кілки та кнопки встановлюють на всіх кутах повороту траси, а на прямих ділянках – в межах видимих позначок.

Розміщення ліній водоводів та мереж залежить від наступних умов:

- місця розташування джерел водопостачання, характеру планування населеного пункту або промислового підприємства, розміщення крупних споживачів води, форми і розмірів житлових кварталів, цехів, зелених насаджень, розташування проїздів та ін.;

– наявності природних або штучних перешкод для прокладки труб (річки, яри, канали, залізниці і шосейні дороги та ін.);

– рельєфу місцевості;

– наявності інших комунікацій (газопроводи, каналізаційні колектори та ін.).

При трасуванні потрібно враховувати наступне:

– магістралі повинні розташовуватися уздовж основного напрямку руху води у місті;

– до кожного споживача вода повинна йти найкоротшим шляхом;

– мережа повинна як можна повніше охоплювати сельбищну зону;

– необхідно враховувати перспективу розвитку населеного пункту;

– варто перетинати мінімальне число природних перешкод;

– траси водопроводів бажано прокладати поблизу автодоріг і проїздів паралельно лініям забудови, поза асфальтобетонними та бетонними покриттями;

– перетинання проїздів та інших комунікацій необхідно виконувати під прямим кутом;

– траси трубопроводів повинні мати мінімальне число штучних споруд і бути легкодоступними для експлуатації й виробництва ремонтних робіт.

Бажано, щоб трубопроводи більших діаметрів були прокладені на височині.

Розрахунок водопровідної мережі полягає у визначенні економічно вигідних діаметрів труб всіх її ділянок і втрат напору на них.

Виконавши трасування мережі, задають режим подачі води в неї й визначають витрати води, які надходять у мережу, а також об'єми регулюючих ємностей. Подальша методика розрахунку і проектування мережі полягає в наступному: намічають розрахункову схему відбору води з мережі; задають початковий розподіл потоків води по окремих лініях мережі й знаходять розрахункові витрати води по ділянках; керуючись тиском води, геологічними й іншими місцевими умовами вибирають матеріал труб; визначають діаметри труб, втрати напору на ділянках; здійснюють гідравлічне ув'язування мережі,

підбор насосів, уточнюють прийняті спочатку витрати води, які подаються в мережу.

4.2. Схеми трасування водопровідних мереж

Водопровідні мережі призначені для транспортування води від джерела водопостачання до споживачів. Вони складаються з водоводів, магістральних мереж і розподільних трубопроводів. Водоводами вода подається від насосних станцій до населеного пункту, на території якого розташована мережа магістральних і розподільних трубопроводів.

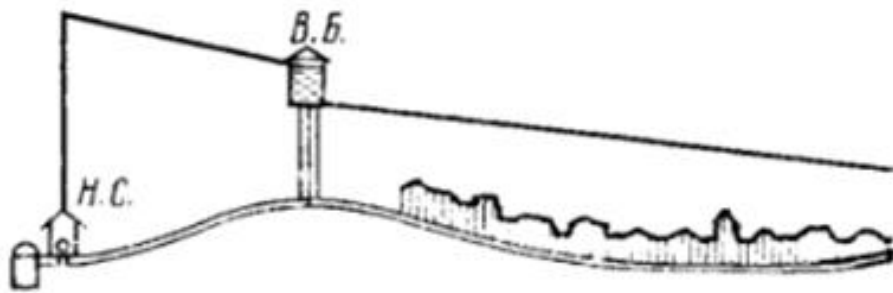
Водоводи прокладають не менше ніж у дві лінії, з'єднані перемичка-ми, що забезпечує безперебійність подачі води. Відстань між окремими лініями повинна бути не менше 5 м при діаметрі труб до 300 мм і 10 м - при трубах більшого діаметра.

Магістральні трубопроводи призначені для транспортування основних транзитних мас води. Розподільними трубопроводами подають воду від магістралей до місць споживання.

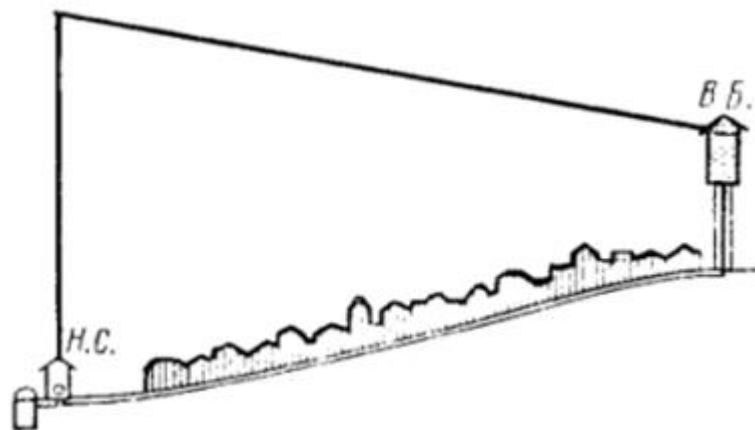
Всі водопровідні мережі проєктують на основі плану забудови населеного пункту. При цьому беруть до уваги конфігурацію населеного пункту; взаємне розташування джерела водопостачання і споживачів; розташування вулиць, кварталів і зосереджених водоспоживачів (заводи, фабрики та ін.); рельєф місцевості. Мережі прокладають проїздами або узбіччями доріг паралельно до лінії забудови. В повздовжньому профілі трубопроводи повторюють рельєф місцевості на певній постійній глибині. При цьому трубам надається певний ухил не менше 0,001 в напрямку до випуску, що забезпечує спорожнення мережі та випуск з неї повітря. З цією метою в підвищених місцях мережі влаштовують вантузи, а в понижених – випуски. Заглиблення водопровідних труб залежить від глибини промерзання ґрунту, температури води в трубах та режиму її подачі. Трубопровід повинен знаходитись на 0,5 м нижче розрахункової глибини промерзання, але не вище ніж 0,7 м до верху труби.

За характером взаємного розташування насосних станцій, водопровідних мереж і напірно-регулюючих споруд розрізняють наступні схеми живлення водопровідної мережі: з одностороннім живленням або з прохідною баштою; з двостороннім живленням або з контррезервуаром; комбіновані (рис. 4.1).

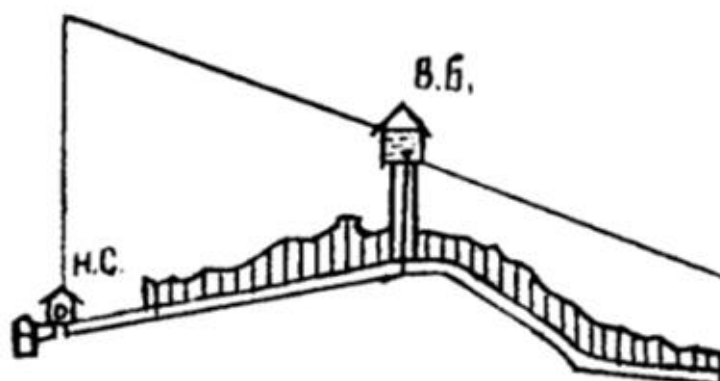
За розташуванням в плані магістральних ліній розрізняють: тупикові (розгалужені) (4.2, а), кільцеві (4.2, б) і комбіновані (4.2, в) мережі.



а



б



в

Рис. 4.1. Водопроводи: а – з прохідним резервуаром; б – з контррезервуаром; в – комбіновані; Н.С. – насосні станція; В.Б. – водонапірна башта

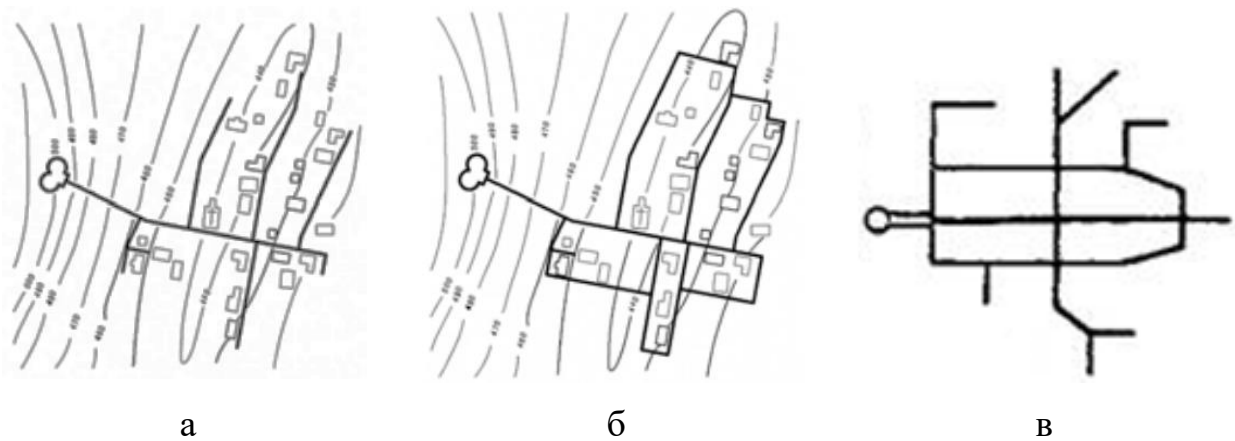


Рис. 4.2. Схеми водопровідних мереж: а – тупікова; б – кільцева; в – комбінована

Водопровід, який виконано за розгалуженою схемою, дешевший, але він застосовується лише в тих випадках, коли допускається перерва у водопостачанні на період усунення можливої аварії. Більш надійним є кільцеві водопроводи, що забезпечують безперервну подачу води споживачам. У населених пунктах найчастіше використовують комбіновані схеми. Кільце охоплює райони найбільшого водоспоживання, а до окремих водоспоживачів прокладають від кільця тупики. В подальшому ці тупики при розширенні населеного пункту можуть бути закільцьовані. Слід зазначити, що протипожежні мережі виконують за кільцевою схемою. Дозволяються тупики лише для коротких ліній, а при довжині 200 м і більше в кінці водопровідних ліній повинні бути протипожежні водойми.

Трасу господарсько-питного водопроводу заборонено прокладати на території звалищ, цвинтарів та місць поховання худоби.

4.3. Напірно-регулюючі та запасні споруди

Регулюючі та запасні споруди в системі водопостачання – це напірні або безнапірні резервуари з певним об'ємом води, який потрібний для регулювання роботи системи і для утворення недоторканного запасу на випадок пожежі або аварій. Регулювання полягає в узгодженні різних режимів подачі та споживання

води за допомогою акумулюючих ємностей. При подачі води зверх споживання вона накопичується в ємностях, а при недостатчі – забирається з них.

Регулювання забезпечує відносно рівномірну роботу водозаборів, очисних споруд і насосних станцій.

Регулюючі й запасні ємності рекомендується об'єднувати в одній споруді. Це не тільки вигідно економічно, але й дозволить уникнути зниження якості води при тривалому зберіганні.

Ємності, що використовуються в системах водопостачання класифікуються:

1. За функціональною ознакою (за їх призначенням):

- регулюючі;

- запасні;

- запасно-регулюючі (які об'єднують в одній споруді функції акумулювання і зберігання води).

2. За способом подачі води з них в мережу:

- напірні, які забезпечують напір, необхідний для безпосередньої подачі води у водопровідну мережу;

- безнапірні, з яких воду необхідно забирати насосами.

Напірні ємності залежно від конструкції поділяються на типи:

- водонапірні башти (напір забезпечується встановленням резервуару на підтримуючій конструкції потрібної висоти);

- напірні резервуари (напір забезпечується встановленням резервуару на природному підвищенні з потрібними відмітками);

- водонапірні колони (займають проміжне місце між наземними резервуарами і баштами);

- пневматичні водонапірні установки (напір створюється тиском стиснутого повітря на поверхню води в герметично закритих резервуарах).

Регулюючі ємності дозволяють забезпечити рівномірну роботу насосних станцій, тому що відпадає необхідність у подачі ними пікових витрат води, а також зменшити діаметр, а отже, і вартість водоводів та транзитних магістралей

водопровідної мережі. Правильне призначення розмірів регулюючих ємностей, їх числа і місць розташування в системі водопостачання має велике економічне значення.

Запасні ємності підвищують надійність систем водопостачання. У них зберігається запас води на потреби очисних споруд, пожежогасіння, виробничі і господарсько-питні. Запасні ємності сприяють підвищенню надійності систем водопостачання, тобто забезпечують виконання однієї з основних вимог, які висуваються до цих систем.

Запасні резервуари найчастіше влаштовують підземними або напівпідземними. Вибір розмірів ємностей повинен проводитися на основі техніко-економічного аналізу системи водопостачання і наміченого режиму її роботи.

У цілому доцільність влаштування регулюючих і запасних ємностей, вибір місця їх розташування і типу слід визначати на основі розрахунку сумісної роботи мережі, водопроводів і насосних станцій з урахуванням місцевих умов і технологічних вимог.

Розділення повного розрахункового об'єму регулюючої ємності між декількома баштами та резервуарами та їх правильне розміщення на місцевості можуть у значній мірі знизити нерівномірність навантаження мережі в окремі моменти її роботи у результаті зміни водоспоживання.

Водонапірні башти

Водонапірні башти призначені для регулювання нерівномірності водоспоживання, зберігання недоторканного запасу води і створення необхідного напору у водопровідній мережі.

Виходячи з призначення водонапірної башти, місткість бака повинна дорівнювати:

$$W_6 = W_{\text{рег}} + W_{\text{н.з.}},$$

де $W_{\text{рег}}$ - регулююча ємкість бака;

$W_{\text{н.з.}}$ - протипожежний об'єм води, розрахований на 10-хвилинну тривалість гасіння пожежі на промислових підприємствах з внутрішніми пожежними кранами, а також спрінклерними або дренчерними установками при найбільшій витраті води на інші потреби або на 10-хвилинну тривалість гасіння однієї внутрішньої і однієї зовнішньої пожежі при одночасній найбільшій витраті води на інші потреби.

Існує два варіанти розташування водонапірної башти у системі водопостачання:

- водонапірна башта на початку мережі (рис. 4.3);
- водопровідна мережа з контррезервуаром (рис. 4.4).

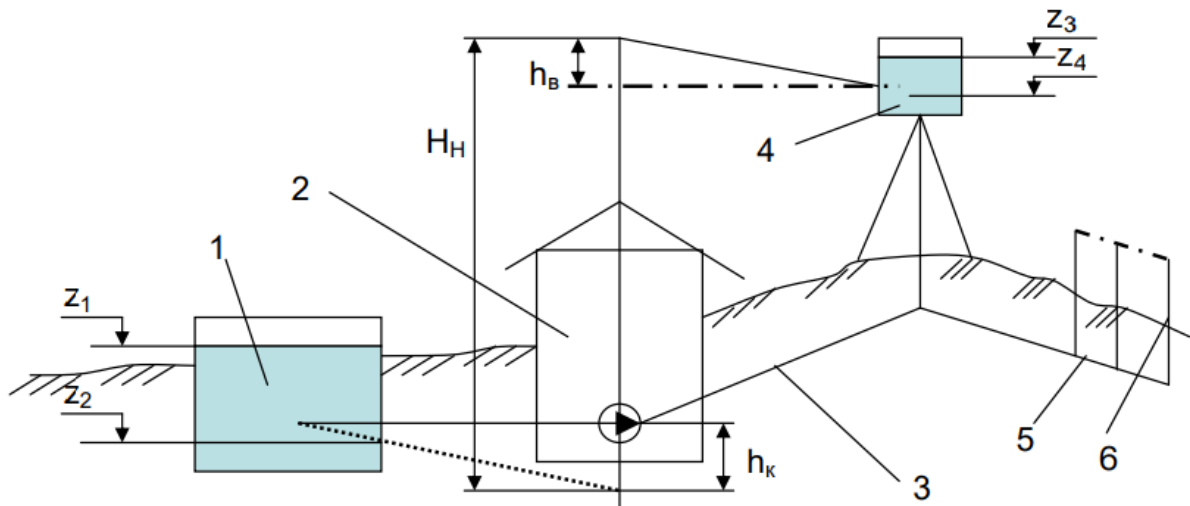


Рис. 4.3. Схема розташування водонапірної башти на початку мережі:
1 – резервуар чистої води; 2 – насосна станція 2-го підйому; 3 – водовід;
4 – водонапірна башта; 5 – мережа; 6 – вільні напори

Для визначення напору НС 2-го підйому при розташуванні водонапірної башти на початку мережі (рис. 3.7) використовують наступну формулу:

$$H_{\text{н}} = 0,5 (z_3 + z_4) - 0,5 (z_1 + z_2) + h_{\text{к}} + h_{\text{в}} \quad (14.2)$$

де z_1 та z_2 – відмітки максимальних рівнів регулюючого та протипожежного запасів резервуарів чистої води, м;

z_3 та z_4 – відмітки максимальних рівнів регулюючого та протипожежного запасів у баку водонапірної башти, м;

h_k - втрати напору в комунікаціях насосної станції, м;

h_b - втрати напору у водоводі, м.

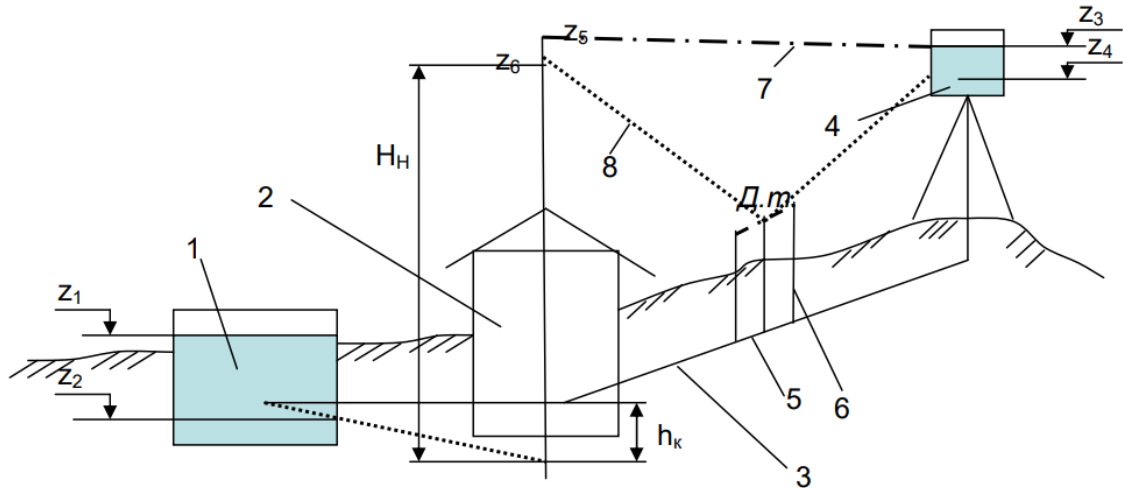


Рис. 4.4. Схема розташування водонапірної башти у системі з контррезервуаром:

1 – резервуар чистої води; 2 – насосна станція 2-го підйому; 3 – водовід;
4 – водонапірна башта; 5 – мережа; 6 – вільні напори у мережі; 7 – п'єзометрична лінія на випадок максимального транзиту у башту; 8 – п'єзометрична лінія на випадок максимального водоспоживання

Для визначення напору НС 2-го підйому у системі з контррезервуаром (рис. 3.8) використовують наступну формулу:

$$H_H = z_{зем} + H_B^{TP} - z_{д.т.} + h'_K + h'_B + h'_M,$$

де $z_{зем}$ – відмітка землі в точці пожежі (диктуючій), м;

H_B^{TP} – потрібний напір в пожежному водопроводі, м;

$z_{д.т.}$ – відмітка дна резервуара, м;

h'_K, h'_B, h'_M - втрати напору при пропуску пожежних витрат у комунікаціях насосної станції, у водоводі, в мережі до диктуючої точки від точки підключення водоводу до мережі, м.

Матеріалом ствола башти може бути цегла, залізобетон, сталь тощо.

Всередині ствола розміщують необхідне обладнання - труби, арматуру, прилади (рис. 4.5). Баки в баштах можуть бути металевими або залізобетонними.

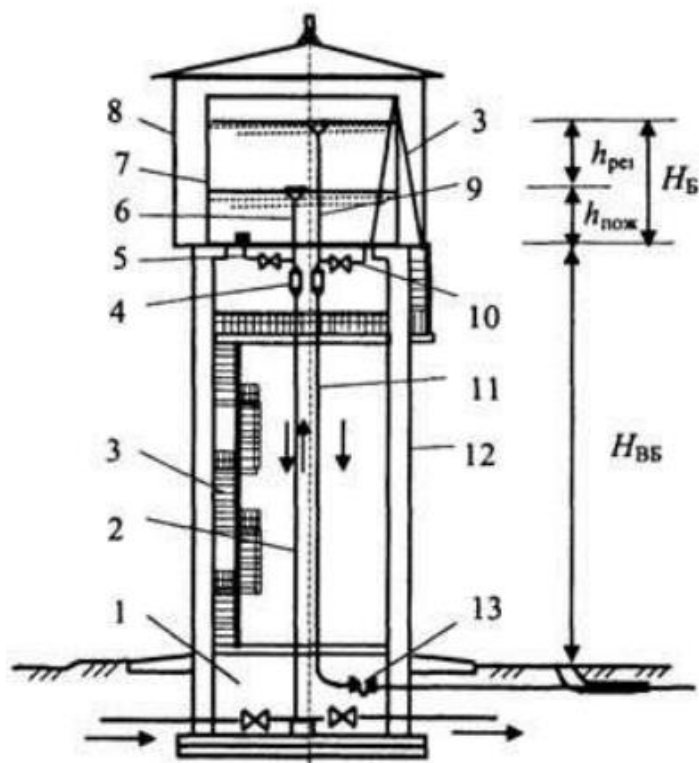


Рис. 4.5. Схема водонапірної башти: 1 - фундамент та підвальне приміщення; 2 – труба, що подає та відводить воду; 3 - сходи; 4 - сальникові компенсатори; 5 - труба на протипожежні потреби; 6 - труба для забору води з баку на господарсько-питні потреби; 7 - бак; 8 - шатро; 9 - переливна труба; 10 - грязьова труба; 11 - скидна труба; 12 - опорна конструкція (ствол); 13 - гідравлічний затвор.

Водонапірні башти залежно від кліматичних умов, температури води, розмірів баку і режиму роботи (тривалості обміну води в баку) можуть бути з шатром для запобігання промерзання чи перегріву води або без нього. Порівняно з шатровими безшатрові водонапірні башти дешевші на 15-20%.

Розроблено типові рішення водонапірних башт з об'ємом бака 15-800 м³ і висотою ствола 6-42 м.

Водонапірні башти бувають залізобетонні, металеві, цегляні і дерев'яні.

Проте найбільш розповсюджені залізобетонні (рис. 4.6). Металеві, водонапірні башти споруджують значно рідше (з міркувань економії металу). Водонапірні башти з цегли споруджують відносно невеликої висоти, найчастіше

на залізничному транспорті і в населених пунктах, якщо можливо використовувати для їх улаштування цеглу місцевого виробництва.

За типовими проектами споруджують башти заввишки до 40 м (до дна бака) з баками місткістю до 800 м³.

На одній і тій же водонапірній башті можуть бути встановлені на різній висоті два і навіть три баки, що обслуговують системи водопроводів з різними напорами.



Рис. 4.6. Різні види водонапірних башт

При влаштуванні підтримуючої конструкції у вигляді суцільних несучих залізобетонних або цегляних стінок, а також при влаштуванні стінок між несучими колонами утворюється закрите приміщення значного об'єму. При вирішенні питання про раціональне використання цього приміщення слід перш за все мати на увазі необхідність захисту води, що зберігається у баку, від будь-яких забруднень або зараження. За санітарними вимогами доступ до баку сторонніх осіб повинен бути категорично заборонений. Простір, розташований нижче підбакової камери, може бути використаний для службових приміщень водопровідного господарства, складів та ін. У закордонній практиці є приклади розташування в приміщеннях башти, передбачених при її проектуванні, ресторанів, готелів та ін.

Влаштування подаючих та відвідних труб водонапірної башти можливий за однією зі схем, наведених на рис. 4.7.

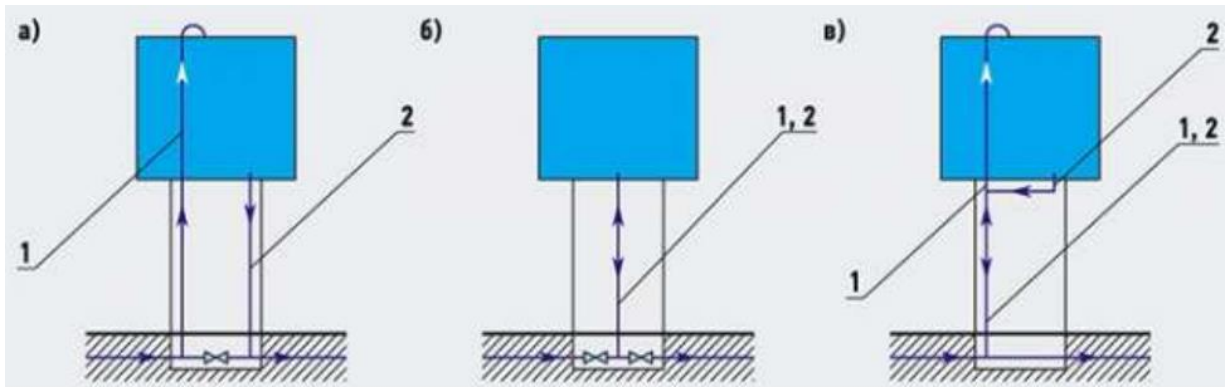


Рис. 4.7. Схеми з'єднання баку і труб для подачі та відведення води: а – роздільні труби подачі та відведення води; б – об'єднана підвідна – відвідна труба; в – об'єднана підвідна – відвідна труба, розділена біля дна баку на подачу та відведення; 1 – труба, що подає воду; 2 – труба, що відводить воду

Водонапірні башти обладнуються системою труб: підвідною, відвідною, переливною, ревізійною для зливу води. З'єднання баку і труб для подачі і відводу води можливо за однією зі схем, наведених на рис. 4.7. За найпростішою схемою (рис. 4.7, а) резервуар обладнується двома трубами: одна – що подає, та друга – що відводить воду. При цьому вся вода, що подається насосами, проходить через ємність і це забезпечує добре перемішування води, але потребує потужного насоса з напором, що дорівнює найвищому положенню рівня води у баку.

На рис. 4.7,б наведений варіант із загальною підвідною-відвідною трубою, яка розрахована на подачу (в бак або з баку) води у кількості, що дорівнює різниці об'єму, який подається насосами та витрачається споживачами. При цьому напір насоса, що подає, завжди буде мінімальним, як і витрата матеріалу на труби, але вода у баку погано перемішується, що при значній різниці між регулюючим та загальним об'ємом резервуару може привести до утворення застійних зон. Рис. 4.7,в у даному випадку демонструє компромісний варіант, що передбачає єдину підвідну/відвідну трубу з розділенням її біля дна баку. В

баштах також бажана установка системи автоматичного стеження за рівнем води, яка включає та відключає насоси.

Різновидом водонапірної башти є **гідроколона**, яка призначена, головним чином, для зберігання аварійного запасу води, наприклад в системах водопостачання металургійних комбінатів. Вона є залізобетонною або сталевую циліндричною вертикальною ємністю, висота якої дорівнює висоті водонапірної башти.

Водонапірні колони призначені для тих же цілей, що й водонапірні башти. Вони широко розповсюджені на невеликих об'єктах водопостачання та у системах промислового водопостачання. Вони дешевші за водонапірні башти, простіші у виготовленні та експлуатації, можуть використовуватися як засіб боротьби з гідравлічними ударами у трубопроводах та виконувати роль проміжного резервуару між послідовно працюючими насосними станціями.

Недоліком колон є можливість застою води в них, що може приводити до погіршення якості води.

На відміну від водонапірної башти стовбур гідроколони повністю заповнений водою. Проте корисним об'ємом її є практично тільки верхня частина, яка розташована на висоті, що відповідає потрібним вільним напорам у водопровідній мережі. Ця частина гідроколони використовується зазвичай як регулююча ємність, а в нижній частині її може зберігатися недоторканий протипожежний запас води, що подається до місця пожежі стаціонарними або пересувними насосами.

Башти-колони можна застосовувати і на порівняно великих водопроводах при суміщенні їх з насосними станціями підкачування за схемою, представленою на рис. 4.8.

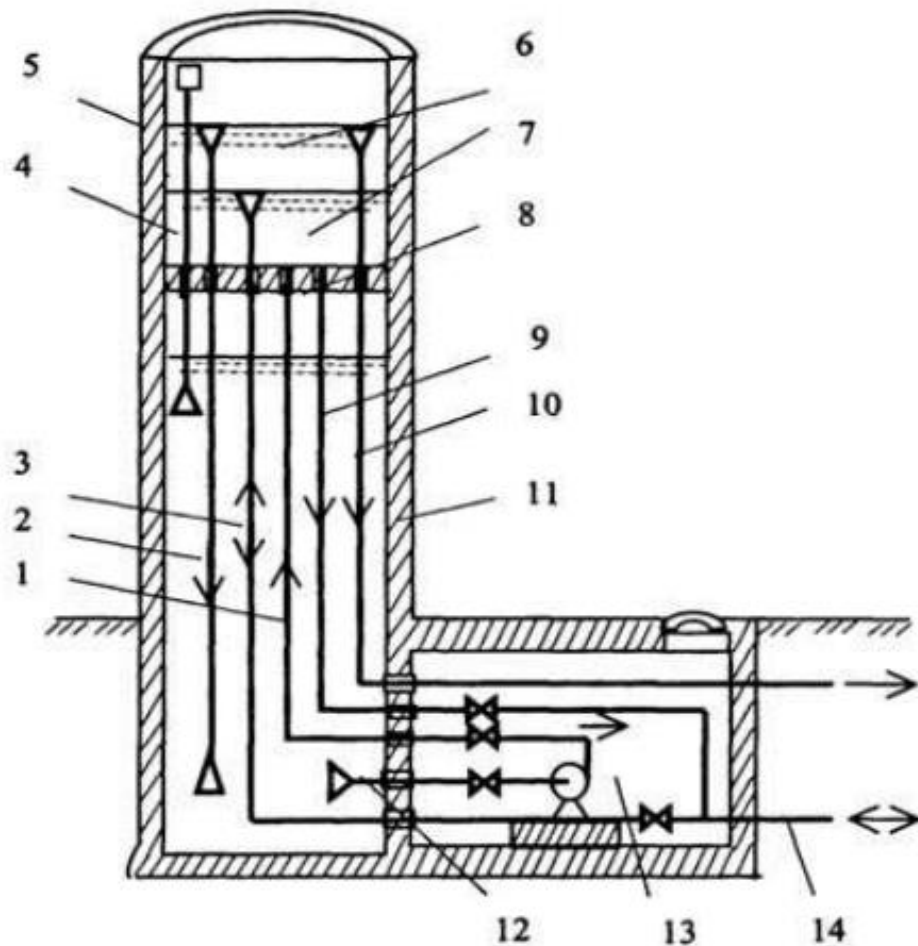


Рис. 4.8. Схема обладнання водонапірної башти-колони: 1 – напірна труба для подачі води з колони у бак; 2 – робоча переливна труба; 3 – труба, що подає / відводить; 4 – повітряна труба; 5 – бак; 6 – регулюючий об’єм; 7 – недоторканий протипожежний об’єм; 8 – днище баку; 9 – труба для подачі води в мережу при гасінні пожежі; 10 – запобіжна переливна труба; 11 – колона; 12 – всмоктувальна труба насосів; 13 – насосна станція підкачування; 14 – труба до водопровідної мережі

В такій споруді основний регулюючий об’єм вміщується у колоні (стволі).

В години, коли насосна станція другого підйому подає води більше, ніж її споживається у мережі, надлишок трубою, що подає / відводить, надходить в напірний бак, відокремлений від колони днищем. Після заповнення регулюючого об’єму в баку вода переливається в колону переливною трубою.

Ємність колони визначають таким же чином, як і ємність водонапірної башти.

В години, коли споживання з мережі перевищує подачу насосної станції другого підйому, кількість води, якої не достає, надходить у мережу з башти

подавальною / відвідною трубою. При цьому регулюючий об'єм води у баку починає спрацьовувати. До моменту повного спрацьовування автоматично включається насос підкачування, і вода з колони напірною трубою надходить до баку. Насос підкачування працює до повного заповнення регулюючого об'єму бака, після чого автоматично відключається і знаходиться у відключеному стані до наступного спрацьовування регулюючого об'єму води. При гасінні пожеж недоторканий протипожежний запас води надходить у мережу відповідною трубою. Для запобігання переповнення баку встановлюють запобіжну переливну трубу, а для надходження і виходу повітря з колони – повітряну трубку.

Резервуари

Типи резервуарів:

– резервуари, що розташовані на достатньо високих відмітках місцевості, можуть слугувати напірними (активними) ємностями, аналогічними за своїм призначенням водонапірним баштам. Напірні ємності слід облаштовувати у вигляді «нагорних» резервуарів всюди, де це дозволяє рельєф місцевості;

– безнапірні резервуари (пасивні), з яких вода може надходити у систему лише шляхом перекачування її насосами. Такі резервуари використовують часто як регулюючі ємності при очисних спорудах міських водопроводів (резервуари чистої води), а також в якості запасних ємностей (пожежних та аварійних).

Резервуари чистої води слугують для регулювання нерівномірності роботи насосних станцій I і II підйомів і збереження води на протипожежні, господарсько-питні і виробничі потреби на час гасіння пожежі.

Отже, ємність резервуарів чистої води відповідно до їх призначення може бути визначена за формулою

$$W_{p.ч.в.} = W_{рег} + W_{н.з.}$$

де $W_{p.ч.в.}$ – ємність резервуару чистої води;

$W_{\text{рег}}$ – регулююча ємність, яка призначається для регулювання нерівномірності роботи насосних станцій;

$W_{\text{н.з.}}$ – недоторканий протипожежний запас води.

Крім того, в резервуарах іноді зберігається аварійний запас $W_{\text{а.в.}}$ на час ліквідації аварії у разі прокладки одного водовода і запас для промивки фільтрів $W_{\text{ф}}$. З урахуванням цього попередня формула прийме вигляд

$$W_{\text{р.ч.в.}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{н.з.}} + W_{\text{а.в.}} + W_{\text{ф}}$$

Регулюючий об'єм води може бути визначений графоаналітичним і табличним способом на основі аналізу роботи насосних станцій I і II підйомів, оскільки насосна I підйому подає воду в резервуари, а насосна II підйому відкачує її з них.

Недоторканий пожежний запас води може бути порахований як сума об'ємів на пожежогасіння і господарсько-виробничі потреби:

$$W_{\text{н.з.}} = W_{\text{пож}} + W_{\text{госп.}}$$

де $W_{\text{пож}}$ – запас води, необхідний для гасіння пожежі протягом 3 годин;

$W_{\text{госп.}}$ – запас води на господарсько-виробничі потреби, необхідний на час гасіння пожежі, тобто на 3 год.

Регулюючий об'єм РЧВ визначається найбільшою з окремих площ a або b , що утворюються лінією 1 режиму роботи НС 1-го підйому та східчастою лінією 2 режиму роботи НС 2-го підйому (рис. 4.9).

Визначивши загальний об'єм резервуарів, приймається їх кількість та визначається об'єм кожного резервуару.

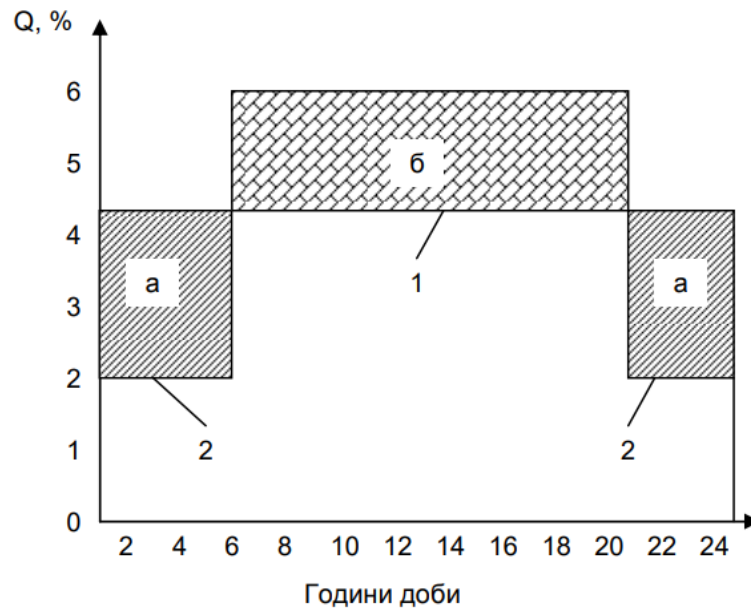


Рис. 4.9. Графоаналітичний спосіб визначення регулюючої ємності РЧВ

За визначеним об'ємом підбирається, зазвичай, типовий резервуар і виконується його прив'язка до розрахункових умов, тобто визначаються відмітки розташування всіх функціональних трубопроводів: переливного, протипожежного, для подачі води на господарсько-питні потреби та ін. У випадку проектування резервуару індивідуального виготовлення його розміри визначають виходячи з умови, що відношення загальної глибини води у резервуарі H до його діаметру (або характерного лінійного розміру) D повинно бути в межах $H/D = 0,5 \dots 1$.

Верхній рівень води у резервуарі чистої води зазвичай приймається на 0,5 м вище відмітки поверхні землі у місці встановлення резервуару.

Знаючи площу дна типового резервуару (або визначивши її діленням загального об'єму $W_{рез}$ на будівельну висоту H , попередньо задаючись співвідношенням H/D), визначають висоту протипожежного $h_{пож}$ і регулюючого $h_{рег}$ шару води, а також відмітки відповідних трубопроводів.

Висота протипожежного шару

$$h_{пож} = W_{пож} : F_{дна}, \text{ м.}$$

Висота регулюючого шару води з врахуванням води на промивку фільтрів

$$h_{\text{рег}} = (W_{\text{рег}} + W_{\text{пром}}) : F_{\text{дна}}, \text{ м.}$$

Загальна глибина резервуару

$$H = h_{\text{пож}} + h_{\text{рег}} + 0,5, \text{ м. (14.9)}$$

Товщина шару утеплення: для утеплення резервуарів їх зазвичай засипають ґрунтом товщиною шару 1; 0,7; 0,5; 0,25 м. В деяких випадках застосовують також створення підвищеного сніжного покриву, використовують штучні утеплювачі та обігрів. Товщина шару утеплення $\delta_{\text{гр}}$ і його конструкція в основному залежать від коефіцієнту теплопередачі K_1 (від води через перекриття резервуару до зовнішнього повітря) та від теплопровідності матеріалів перекриття і ґрунтів засипки X .

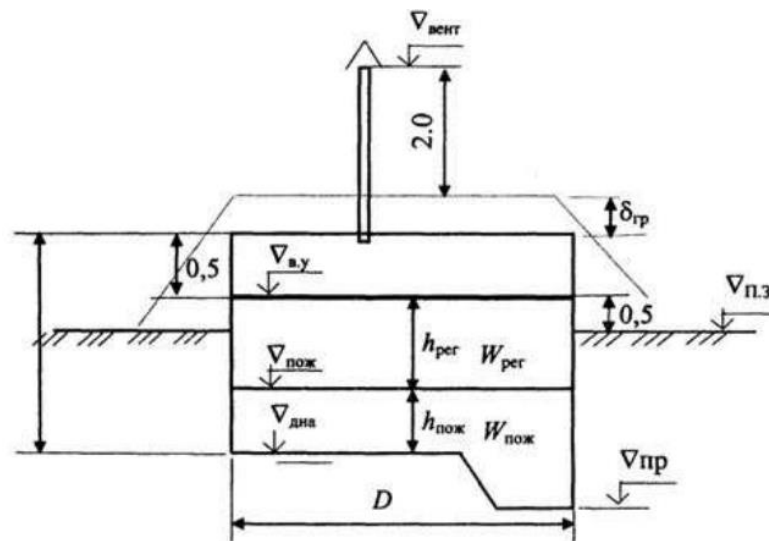


Рис. 4.10. Розрахункова схема резервуару чистої води

Тому краще всього використовувати ґрунти з невеликою теплопровідністю та невеликою щільністю. З метою захисту перекриття від пошкодження і для вирощування на ньому трави мінімальне значення $\delta_{\text{гр}}$ рекомендується 0,25 м. В умовах жаркого клімату слід розраховувати товщину шару засипки, виходячи з

умови захисту води від перегріву. Зазвичай достатній шар ґрунту товщиною 0,5 м.

Відмітки рівнів води і конструктивних елементів:

– верхнього рівня води у резервуарі, воронки переливного трубопроводу

$$Z_{\text{в.р.}} = Z_{\text{п.з}} + 0,5, \text{ м,}$$

де $Z_{\text{п.з}}$ – відмітка поверхні землі в місці установки резервуару, м;

– протипожежного рівня води і приймальної воронки (або розташування отворів у сифоні) трубопроводу, який подає воду на господарсько-питні потреби

$$Z_{\text{пож}} = Z_{\text{в.р.}} - h_{\text{рег}}, \text{ м;}$$

– дна і приймальної воронки, трубопроводу, що подає воду на гасіння пожежі

$$Z_{\text{дна}} = Z_{\text{пож}} - h_{\text{пож}}, \text{ м;}$$

– дна грязьового приямку

$$Z_{\text{пр}} = Z_{\text{дна}} - (1,0 \dots 1,5), \text{ м;}$$

– грязьового трубопроводу

$$Z_{\text{гр}} = Z_{\text{пр}} + (0,1 \dots 0,2), \text{ м.}$$

Схема комунікацій РЧВ наведена на рис. 4.11.

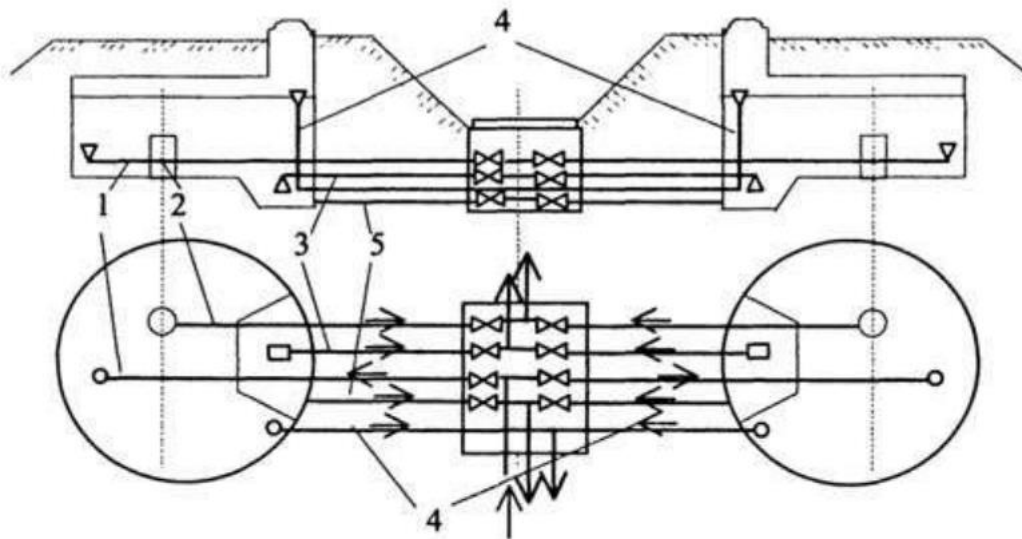


Рис. 4.11. Схема комунікацій резервуару чистої води: 1 – подача води у резервуар; 2 – відведення господарсько-питної води і на промивку фільтрів; 3 – відведення пожежної витрати води; 4 – перелив; 5 – скид осаду

Діаметри технологічних трубопроводів:

- діаметр переливного трубопроводу (і воронки на ньому) визначають з умови пропуску різниці витрат води, що надходить та забирається з ємкості;
- діаметри подавального та відвідного трубопроводів (з воронками на них) визначаються з умови пропуску найбільших витрат. Для забезпечення циркуляції ці трубопроводи повинні розташовуватися на різній висоті;
- діаметр спускного (грязьового) трубопроводу залежить від об'єму резервуару, часу спустошення, різниці відміток рівня води і випуску, зазвичай приймається без розрахунку 100-200 мм.

Пневматичні водонапірні установки

До напірно-регулюючих споруд належать: водонапірні башти, високо розташовані надземні напірні резервуари, а також повітряно-водяні (гідропневматичні) баки. Їх розміщують в найвищих точках місцевості біля або безпосередньо на мережі населеного пункту. Крім регулювання, водонапірні башти й резервуари вирівнюють напір в мережі, при цьому зміни подачі насосів не передаються в мережу.

Безнапірні регулюючі та запасні споруди (надземні й підземні резервуари) влаштовують, зазвичай, біля насосних станцій. Вони слугують для регулювання роботи водозаборів, очисних і насосних станцій, зберігання аварійних, протипожежних та інших запасів води.

В окремих випадках замість водонапірних башт влаштовують гідропневматичні баки. Необхідний напір в таких установках створюється стисненим повітрям. Недоліками таких систем є потреба у високих напорах насосних станцій, що зумовлює додаткові витрати електроенергії і потребу в компресорах.

Перевагою гідропневматичних установок є те, що їх можна розташувати у будь-якому місці водонапірної мережі, а також у спеціальних приміщеннях під землею. Для забезпечення надійності безперебійної роботи системи водопостачання влаштовують не менше двох резервуарів. Між ними розташовують спеціальні перемикаючі камери.

Пневматичні установки призначені для регулювання нерівномірності водоспоживання і створення необхідного напору у водопровідній мережі.

У пневматичних установках необхідний напір створюється тиском стислого повітря на поверхню води в герметично закритих сталевих резервуарах. Існують дві системи пневматичних установок: змінного і постійного тиску. Більшого поширення набули установки змінного тиску (рис. 4.12).

Пневматична установка змінного тиску (рис. 4.12) складається з двох герметичних резервуарів – повітря 1 і водяного 6, з'єднаних між собою перепускним трубопроводом 3 з вентилем 4. Для наповнення резервуару 1 повітрям встановлений компресор 2. Вода насосом подається в резервуар 6 по трубопроводу, який у водяному резервуарі закінчується поплавковим клапаном 7, який не допускає його повного спустошення і потрапляння повітря в мережу внутрішнього водопроводу. Перепускний трубопровід 3 закінчується зворотним клапаном 5, який запобігає потраплянню води в повітряний резервуар.

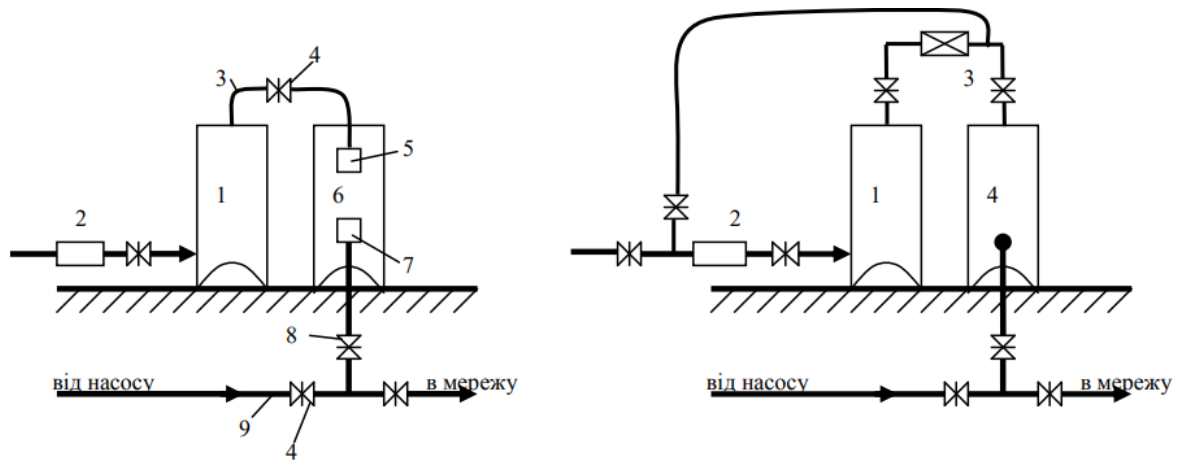


Рис. 4.12. Схема пневматичної установки змінного тиску: 1 – повітряний резервуар; 2 – компресор; 3 – перепускний трубопровід; 4 – вентиль; 5 – зворотний клапан; 6 – водяний резервуар; 8 – поплавковий клапан; 8 – засувка; 9 – трубопровід

У пневматичних установках постійного тиску стисле повітря забезпечує постійний тиск в системі незалежно від коливання рівня води в резервуарі, що досягається установкою редукційного клапана на перепускному трубопроводі або на трубопроводі, що подає воду.

При виникненні пожежі включаються пожежні насоси, що подають воду безпосередньо у водопровідну мережу. Господарсько-питні насоси і пневматична установка при цьому автоматично (зворотним клапаном) відключаються від водопровідної мережі.

4.4. Транспортування води. Основні типи транспортуючих споруд

Вибір методу транспортування води і відповідно типів транспортуючих споруд залежить від характеру природного джерела, ступеня його віддаленості від об'єкту, місцевих топографічних умов і кількості транспортованої води.

Всі типи транспортуючих воду споруд, що використовуються, можуть бути розділені на дві основні групи:

- а) нагнітальні водоводи;
- б) гравітаційні (або самопливні) водоводи і канали.

В спорудах першої групи подача води здійснюється насосами. В спорудах другої групи рух води відбувається під дією сили тяжіння.

В деяких випадках взаємне розміщення джерела та об'єкту водопостачання, а також характер рельєфу місцевості викликають необхідність використання того чи іншого принципу подачі води на окремих ділянках траси водоводу.

За характером руху води (за характером гідравлічної роботи) всі транспортуючі воду споруди можуть бути розділені на напірні водоводи (працюють повним перерізом) і безнапірні водоводи (мають вільну поверхню води) (рис. 4.13).

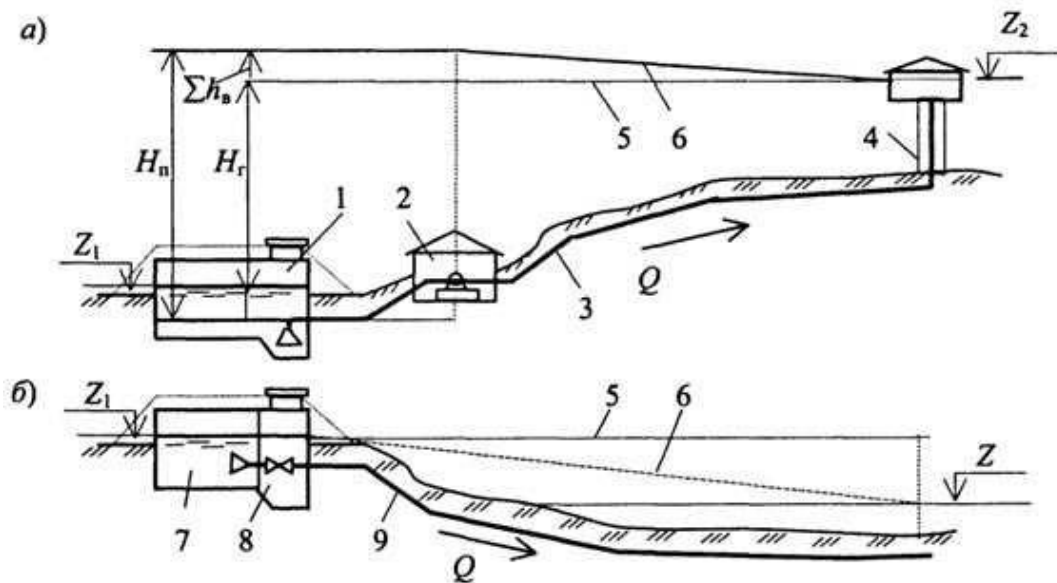


Рис. 4.13. Розрахункові схеми водоводів: а – напірного; б – самопливно-напірного: 1 – резервуар, що постачає насос; 2 – насосна станція; 3 – напірний водовод; 4 – водонапірна башта; 5 – лінія гідростатичного напору; 6 – лінія гідродинамічного напору; 7 – підземний напірний резервуар; 8 – камера переключення; 9 – самопливно-напірний водовод

Безнапірні водоводи можуть бути виконані у вигляді відкритих каналів, які вириті в землі, або у вигляді закритих каналів (різних конструкцій та з різних матеріалів), що працюють неповним перерізом.

Використання гравітаційного методу подачі води дає великі економічні переваги, тому що дозволяє значно знизити витрати на експлуатацію системи водопостачання. Очевидно, що застосовувати цей метод транспортування води для водоводу в цілому можна лише за умови, якщо відмітка рівня води водойми, що використовується, перевищує відмітку точки, в яку повинна бути подана вода. Однак і при дотриманні цієї умови наявність значних підвищень трасою

водоводу може потребувати підйому води насосами для перекидання її через ці підвищення.

Для схеми, де відмітка рівня використовуваної водою значно перевищує відмітку землі біля об'єкту, гравітаційна подача води потребувала б влаштування дуже довгих тунелів, що сильно здорожує будівництво. Підняття води насосами до резервуару, встановленого на найвищій точці підвищення, що перетинається, дозволить уникнути влаштування тунелів. При такому рішенні на ділянці до підвищення будуть напірні водоводи, а після підвищення до об'єкту – гравітаційні водоводи.

У ряді випадків вдається використовувати гравітаційний метод подачі води на всій протяжності траси водоводу. При цьому застосування безнапірних каналів можливо лише при відносно рівномірному та незначному ухилі місцевості упродовж траси водоводу. В цих умовах можна забезпечити потрібний постійний ухил безнапірного каналу без устрою дороговартісних глибоких виїмок та споруд для переходу знижених місць (рис. 4.13).



Рис. 4.13. Відкритий канал для транспортування води

Вибір типу та конструкції безнапірного каналу визначається економічними міркуваннями та місцевими умовами, а також вимогами до якості води.

Відкриті канали представляють собою відносно дешеві (на одиницю довжини) споруди для транспортування великих кількостей води.

Для подачі питної води (чистої природної або очищеної) відкриті канали не повинні застосовуватися.

Закриті безнапірні канали (рис. 4.14) є більш вартісними спорудами, але втрати води в них значно менші, вони захищають воду від забруднення і розвитку рослинності та забезпечують майже постійну температуру води на всьому шляху її подачі від джерела до об'єкту.



Рис. 4.14. Закритий канал з цегли

При наявності достатньої для забезпечення руху води різниці відміток у початковій та кінцевій точках водоводу, але в умовах відносно пересіченого рельєфу місцевості часто виявляється більш рентабельним використання напірних гравітаційних водоводів, тобто водоводів, що працюють повним перерізом. За умовами своєї гідравлічної роботи ці водоводи аналогічні нагнітальним водоводам, їх конструкція повинна забезпечувати опір розривальним зусиллям від внутрішнього тиску води.

Так як напірні водоводи допускають практично будь-яку зміну ухилу за довжиною траси, використання їх часто дозволяє значно скоротити загальну довжину водоводу.

В сучасній практиці водопостачання місцеві природні джерела води часто виявляються недостатніми для задоволення потреб крупних міст та промислових підприємств (особливо у відносно маловодних місцевостях) і доводиться

використовувати вельми віддалені джерела, що розташовані за десятки, а іноді і сотні кілометрів від об'єктів. В цих умовах значення транспортуючих воду споруд та питома вага затрат на їх будівництво в загальній вартості системи водопостачання значно зростають. Вибір найбільш економічного варіанту подачі води набуває особливо важливого значення. Цей вибір виконується, зазвичай, на основі ретельного вивчення місцевих умов (топографії та геології за можливими трасами водоводу) і техніко-економічного порівняння різних варіантів.

При всіх умовах транспортуюча воду споруда повинна забезпечувати надійність та безперебійність постачання об'єкту водою. Для цього необхідно, щоб її конструкція зводила до мінімуму небезпеку виникнення аварій. Довгі водоводи, зазвичай, прокладають в одну лінію. Тому в кінці водоводу повинні бути влаштовані запасні ємності такого об'єму, який може забезпечити живлення об'єкту водою під час ліквідації аварії або проведення ремонту.

При відносно малій довжині водоводу потрібна надійність водозабезпечення споживачів може бути досягнута з меншими затратами шляхом будівництва його з двох паралельно працюючих ліній (замість пристрою запасних ємностей). У ряді випадків наявність двох або декількох паралельно працюючих ліній водоводу є наслідком поступового розвитку системи водопостачання у відповідності з ростом водоспоживання об'єкту.

Практика транспортування води дає приклади широкого використання всіх названих типів споруд.

Для забезпечення водою промисловості і населених пунктів центрального району Донбасу побудований відкритий водопровідний канал, що забирає воду з р. Сіверський Донець. Канал має довжину 132 км та розрахований на подачу витрати 25 м³/с. Рельєф місцевості викликав необхідність влаштування на каналі чотирьох насосних станцій, які піднімають воду на загальну висоту біля 250 м.

Вода, що забирається з каналу для міських водопроводів, підлягає відповідній очистці.

У 1961 р. був побудований інший крупний відкритий водопровідний канал, який подає воду з р. Дніпро (від Каховського водосховища) для потреб промисловості і населення Криворіжжя. Канал довжиною 57 км розрахований на подачу витрати до 41 м³/с.

Прикладом дуже великого безнапірного закритого каналу може слугувати Баку-Шоларський водовід, який був пущений в експлуатацію в 1917 р. Водовід використовує води Шоларських джерел. Загальна його протяжність від джерела до міських резервуарів 185 км. З них перші 147 км виконані у вигляді закритого безнапірного бетонного каналу овоїдального перерізу (1,2×1,7 м). Далі вода подається насосами по нагнітаючому водоводу довжиною 18 км у розподільну камеру і по самопливним бетонним водоводам (довжиною 20 км) підводиться до міських резервуарів.

В якості прикладу широкого використання безнапірних закритих каналів для міського водопостачання у закордонній практиці може слугувати система самопливних водоводів Парижу (протяжність кожного 100-130 км), які подають підземні води з різних районів.

Розвиток технології виробництва напірних труб зумовив все більш широке застосування напірних гравітаційних водоводів. Подібні водоводи значної протяжності використані при будівництві більшості систем водопостачання населених пунктів в нашій країні та закордоном.

4.5. Безнапірні водопровідні канали

Відкриті водопровідні канали за своїм пристроєм та методами розрахунку дуже близькі до каналів зрошувальних систем.

Трасу каналу обирають на основі даних топографічних та геологічних досліджень. Канал повинен мати за можливості рівномірний ухил за всією довжиною. Величина ухилу, яка безпосередньо пов'язана зі швидкістю руху води в каналі, лімітується цілим рядом умов. Дуже малі ухили і, відповідно, малі швидкості призводять (при заданій витраті) до збільшення площі поперечного

перерізу каналу і тим самим до збільшення його будівельної вартості. Крім того, при малих швидкостях може відбуватися замулювання і заростання каналу. Занадто великі ухили можуть викликати зростання швидкостей до меж, небезпечних у відношенні розмиву каналу.

Верхні межі розрахункової швидкості руху води у каналі залежать від характеру ґрунтів, в яких проходить канал, наявності та характеру кріплень або «одягу» стінок і дна каналу. В каналах без облицювання розрахункова швидкість зазвичай близька до 0,6...0,7 м/с. В облицьованих каналах швидкість значно вище і складає 1,5...2 м/с і більше.

Поперечний переріз каналу найчастіше має трапецієподібну форму; лише іноді (в скальних ґрунтах) йому надають форму прямокутника. Коефіцієнт відкосів (відношення закладання до висоти) каналу трапецієподібного перерізу залежить від характеру ґрунту, а також від наявності та способу кріплення відкосів. Зазвичай коефіцієнт відкосів приймають в межах від 1,5 до 3.

Для того, щоб витримати заданий повздовжній ухил каналу, його доводиться прокладати на окремих ділянках залежно від рельєфу місцевості у виїмці, на нульових відмітках (з частковим обвалуванням) або навіть у насипу.

Будувати канал без облицювання його стінок і дна можна тільки в щільних слабкопроникних ґрунтах, де втрати води на фільтрацію відносно невеликі.

Облицювання каналів влаштовується з метою зниження фільтраційних втрат, попередження їх від розмивання і сповзання відкосів, зниження шорсткості поверхні їх стінок, а також попередження заростання каналу водною рослинністю. В окремих випадках облицювання може слугувати для захисту каналу від надходження в нього забруднених ґрунтових вод.

У водопровідних каналах застосовують наступні види облицювання: гравійні відсипки; мощення; бітумне покриття; глинисті екрани; бетонні та залізобетонні покриття.

Два перших типи «одягу» слугують в основному для захисту відкосів каналів від розмиву та обрушення, інші – для боротьби з фільтрацією.

На рис. 4.15 показаний канал Сіверський Донець – Донбас на ділянці з облицюванням залізобетонними плитами.



Рис. 4.15. Канал Сіверський Донець – Донбас на ділянці з облицюванням залізобетонними плитами

Для зниження вартості будівництва водопровідних відкритих каналів їх зазвичай влаштовують в одну лінію.

При будівництві каналу і для забезпечення його нормальної експлуатації на ньому потрібно влаштувати ряд споруд.

Перетин каналом понижених місць траси, ярів, річок, а також доріг здійснюється за допомогою дюкерів, які являють собою напірні гравітаційні водоводи з залізобетонних або металевих труб. Їх вкладають у дві паралельні лінії (це збільшує надійність роботи). Відносно характеру роботи і методів гідравлічного розрахунку – ці дюкери аналогічні дюкерам, що широко застосовуються в системах каналізації. В оголовках дюкерів встановлюють пристрої для виключення окремих ліній дюкерів при ремонті і прочистці, а в верхній камері встановлюють затримуючі сміття решітки.

В окремих випадках перехід каналу через річки та яри здійснюється у вигляді мостів – акведуків (рис. 4.16-4.17).



Рис. 4.16 Суднохідний міст-акведук у Нідерландах – акведук Veluwemeer



Рис. 4.17. Магдебурзький водний міст – etotam

На каналі через деякі відстані встановлюють споруди, що перегороджують канал та дозволяють не тільки виключати окремі ділянки його на ремонт (і навіть

повністю закривати канал), але й регулювати рівень води в ньому в міру необхідності (наприклад, забезпечувати підпір в умовах зимового режиму).

Вище кожної перегороджуючої споруди повинен бути влаштований автоматично діючий водоскид для попередження вище розташованих ділянок каналу від переповнення.

В місцях різкої зміни відміток місцевості за трасою каналу влаштовують перепади або швидкотоки.

Дуже часто (наприклад, при перетині каналом водорозділу) рельєф місцевості викликає необхідність влаштування каналу в декілька рівнів з місцевими підйомами води насосами. Такий характер має, наприклад, поздовжній профіль каналу Сіверський Донець – Донбас.

Насосні станції на каналах значно відрізняються від звичайних водопровідних насосних станцій. В ряді випадків ці станції повинні піднімати дуже велику кількість води на відносно малу висоту («перевальні» станції). В них широко застосовуються осьові відцентрові насоси.

Водопровідні канали, особливо довгі, прокладають, зазвичай, в одну лінію з метою зниження їх будівельної вартості. В цих умовах безперебійне постачання водою об'єкту може бути забезпечено лише при наявності у кінці каналу резервних ємностей об'ємом, достатнім для задоволення потреб об'єкту на час, необхідний для ремонту або ліквідації аварії на каналі. В якості такої ємності все частіше використовуються водосховища, що утворюються греблями на річках та струмках, які перетинаються каналом. В багатьох каналах значна частина їх загальної довжини приходить на водосховища. Влаштування водосховищ на каналі дозволяє у ряді випадків набагато зменшити об'єм робіт з будівництва самого каналу. Водосховища використовуються не тільки як резервні ємності, але одночасно і як відстійні басейни, які затримують завислі речовини, що містяться у воді, що подається.

Закриті безнапірні канали використовують для подачі чистої природної або вже очищеної води.

За конструктивним оформленням та умовами гідравлічної роботи водопровідні закриті канали близькі до колекторів каналізації.

Раніше закриті канали майже завжди будували з цегли; у теперішній час їх виконують в основному з бетону або залізобетону. Залізобетонні канали бетонуються на місці або монтуються зі збірних елементів.

Форма поперечного перерізу закритих безнапірних каналів різна: найчастіше застосовуються канали овоїдальної, лоткової та круглої форми. В закордонній практиці дуже розповсюджена підковоподібна форма поперечного перерізу закритих каналів. Форма перерізу повинна забезпечувати гарні гідравлічні характеристики каналу і високий його опір тиску ґрунту на ділянках, де він проходить під землею.

Розрахунковий рівень наповнення каналів (відношення глибини потоку води до висоти каналу) приймається в межах від 0,75 до 0,9. Так як канали безнапірного типу не розраховуються на напірний режим роботи (тобто на розриваючі зусилля від внутрішнього тиску води), то встановлений рівень заповнення повинен гарантувати неможливість утворення в каналі підпору.

На безнапірних закритих каналах (так же як і на відкритих) для переходу ярів, річок та долин влаштовують дюкери (ділянки напірних самопливних ліній) і в окремих випадках мости-акведуки. Крім того, ці канали також обладнуються спорудами, що перегороджують потік води, і спорудами для скиду води з метою захисту каналу від переповнення. При перетині безнапірними закритими каналами підвищень широко застосовуються тунелі.

4.6. Напірні гравітаційні водоводи

При сильно пересіченому рельєфі місцевості за трасою самопливного водоводу використання безнапірних каналів (як відкритих, так і закритих) стає недоцільним. Забезпечення належного постійного ухилу каналу (відповідного ухилу вільної поверхні води в каналі) потребує в цьому випадку виконання значного об'єму земляних робіт; кількість споруд в місцях перетину каналом

долин, ярів та підвищень (тобто дюкерів, мостів, тунелів) дуже велика. Все це веде до збільшення будівельної вартості каналу.

В таких умовах (і при наявності достатнього загального падіння відміток місцевості за довжиною каналу) економічно більш вигідно влаштовувати напірні гравітаційні водоводи, які, працюючи повним перерізом, не потребують визначеного однозначного ухилу за довжиною каналу.

Напірні гравітаційні водоводи, подібно нагнітальним, вкладають на визначеній глибині від поверхні землі, наслідуючи зміни рельєфу місцевості. Ці водоводи дозволяють зменшити не тільки об'єм земляних робіт, але часто і загальну довжину траси. Однак умови їх роботи під напором потребують застосування для них напірних труб.

У більшості випадків в сучасних системах водопостачання напірні гравітаційні водоводи великих діаметрів виконують із залізобетонних труб, зокрема із попередньо напружених. Ці труби дозволяють забезпечити опір водоводу значним внутрішнім тискам і одночасно його герметичність.

Щоб уникнути великих робочих тисків у гравітаційних водоводах і тим самим зменшити товщину стінки та вартість труб, що використовуються, напірні гравітаційні водоводи часто розбивають на окремі ділянки, встановлюючи у підвищених точках траси спеціальні (розвантажні) резервуари.

Крім того, резервуари, що розташовуються за довжиною водоводу, можуть слугувати запасними ємностями, які використовуються під час ліквідації аварій або ремонту вище розташованих ділянок водоводу. На водоводах великої протяжності ці резервуари дозволяють організувати автоматичне регулювання подачі води водоводом у відповідності з графіком витрати води споживачами.

При значних падіннях відміток місцевості на окремих ділянках напірних гравітаційних водоводів з успіхом використовують надлишкову гідравлічну енергію шляхом влаштування гідроелектростанцій, які досягають на деяких крупних водоводах великої потужності.

Питання для самоконтролю:

1. Дайте визначення регулюючих та запасних споруд? Які споруди в системі водопостачання належать до них?
2. Наведіть класифікацію ємностей систем водопостачання.
3. Наведіть схему та принцип роботи водонапірної башти.
4. Наведіть схему розташування водонапірної башти на початку водопровідної мережі, особливості її роботи.
5. Наведіть схему водопровідної системи з котррезервуаром, наведіть формулу визначення напору насосної станції 2-го підйому в даному випадку.
6. Наведіть схеми поєднання баку водонапірної башти і труб для подачі та відведення води, дайте пояснення до них.
7. Приведіть схему та принцип роботи водонапірної башти-колони.
8. Наведіть алгоритм розрахунку об'єму резервуару чистої води.
9. Наведіть схему та принцип дії пневматичних водонапірних установок.
10. Назвіть основні типи транспортуючих воду споруд, дайте їх коротку характеристику.
11. Дайте визначення та назвіть галузь застосування безнапірних каналів.
12. Наведіть основні умови використання гравітаційних водоводів

Тема 5. Водозабірні споруди підземних та поверхневих вод

План:

- 5.1. Водозабірні споруди
- 5.2. Водозабори із поверхневих джерел
- 5.3. Водозабірні споруди із підземних джерел
- 5.4. Насосні станції та установки

5.1. Водозабірні споруди

Водозабірні споруди – це споруди, що забезпечують приймання води з природного джерела, грубу її очистку та подачу до водопровідної мережі або на очисні станції чи установки.

Водозабірні споруди призначені для забору води з джерел водопостачання та бувають двох видів:

- водозабірні споруди поверхневих джерел;
- водозабірні споруди підземних джерел.

Залежно від природних умов джерел водопостачання, вимог водоспоживання, експлуатації систем водопостачання водозабірні споруди поділяють за:

- типом джерела водопостачання: поверхневі (річкові, озерні, водосховищні, морські та каналні); підземні (вертикальні, горизонтальні, каптажі); атмосферні (сніжники, ставки-резервуари, льодовики);

- призначенням: господарсько-питні, технічні (виробничі), сільськогосподарські, меліоративні;

- продуктивністю: мала (до 1 м³/с), середня (від 1 до 6 м³/с) і велика (понад 6 м³/с);

- ступенем надійності відбору води з джерела: 1-го ступеня – споруди, що забезпечують безперебійний відбір розрахункової кількості води; 2-го – відбір розрахункової кількості води з можливою перервою протягом 5 годин, або зниження її відбору на період до одного місяця; 3-го – з можливою перервою на період до трьох діб;

- категорією надійності подачі води споживачам: 1-ша категорія – можливе зменшення подачі води до 30% розрахункової витрати на період до 3 діб; 2-га категорія – те саме, на період до 1 місяця, або перерва у подачі води до 5 годин; 3-я категорія – те саме, на період до 1 місяця, або перерва у постачанні води до однієї доби.

Водозабірні споруди можуть класифікуватись також і за іншими, менш загальними, ознаками.

Водозабірні споруди повинні забезпечувати подачу води на очисні споруди або до водопровідної мережі гарантовано за найнегативніших умов природних джерел водопостачання. Вони мають бути розраховані на експлуатацію не тільки

у звичайних, а й особливих умовах: при коливанні витрат та рівнів води відкритих джерел у межах, які відповідають забезпеченості; утворенні донного льоду і шуги, заторів та зажорів; можливих переформувань русла та змін якості води; розвитку планктону, водоростей та інших водних біологічних організмів, які перешкоджають забору води; змінах гідрологічних характеристик джерела, які пов'язані із зарегулюванням річок, їх використанням для енергетичних та меліоративних потреб; частковому або повному виснаженні чи зміні якості води, а також можливих змінах санітарного стану території тощо.

Для забезпечення потрібної категорії надійності подачі води за дуже складних природних умов водоприймальні споруди необхідно передбачати у декількох створах, які розташовані на відстані, що виключає можливість одночасної перерви подачі води, або влаштуванням резервних колодязів та водопідйомного обладнання.

Водоприймальні споруди рекомендується встановлювати:

- на найкоротшій відстані до споживача та гарантії безперебійного отримання води найкращої якості та необхідної кількості;
- на стійкій ділянці берега та дна водойми; поза осередками утворення крижаних заторів та донних наносів; поза зоною роботи ГЕС та гідровузлів; поза зоною інтенсивного руху суден;
- вище за течією від населених місць, промпідприємств та місць можливого скидання стічних вод у водойму; з врахуванням організації зон санітарної охорони.

Слід також врахувати, що при дотриманні всіх перерахованих умов місце розташування водоприймача має забезпечувати можливість застосування найдешевшого та найпростішого способу забору води з джерела.

Найбільш сприятливі для розташування водоприймачів увігнуті береги річки, де відкладення наносів не відбувається, проте при цьому потрібне проведення додаткових робіт із зміцнення берега. Дуже суттєвий при виборі

місця розташування водозабірної споруди облік можливості зсувних та сейсмічних явищ.

Крім зазначених вимог щодо забезпечення надійної роботи водозабірних споруд мають бути виконані умови щодо стійкості, міцності і довговічності цих споруд поєднанні з простотою їх виконання.

При проєктуванні нових та розширенні існуючих водозаборів повинні враховуватися умови взаємодії їх з існуючими та проєктованими водозаборами на сусідніх ділянках, а також їх вплив на навколишнє природне середовище (поверхневий стік, рослинність та ін.).

Обираючи джерело централізованого господарського-питного водопроводу, потрібно спиратися на висновки територіальних геологічних управлінь, органів, що регулюють використання і відповідають за охорону вод, санітарно-епідеміологічної служби, органів охорони навколишнього середовища та органів Держрибнагляду (для поверхневих водозаборів), беручи до уваги ділянки водоймища, важливі з погляду рибного господарства.

Зазвичай перевагу віддають підземним водам – артезіанським, джерельним, підрусловим.

5.2. Водозабори із поверхневих джерел

Поверхневими джерелами водопостачання для господарсько-питного водокористування та виробничих цілей слугують річки, водосховища, озера та моря. Вид джерела визначає тип водозабірної споруди, мета використання води – його призначення.

Водозабірні споруди поверхневих джерел класифікуються:

- залежно від місця розташування: на руслові, що розміщуються в руслі річки, та берегові, що розміщуються безпосередньо на березі річки;
- залежно від виду джерела водопостачання водозабірні споруди бувають річкові, озерні, морські;

- за конструктивними ознаками: суміщені з насосною станцією першого підйому; роздільні з насосною станцією першого підйому;
- за матеріалом виготовлення колодязя: цегляні; бетонні та залізобетонні;
- за продуктивністю: малі, продуктивністю $Q < 1 \text{ м}^3/\text{с}$; середні, продуктивністю Q до $6 \text{ м}^3/\text{с}$ та великі, продуктивністю $Q > 6 \text{ м}^3/\text{с}$.

При виборі джерела водопостачання враховують вимоги до складу та властивостей води поверхневих джерел, що використовуються для цілей господарсько-питного водопостачання (табл. 5.1), відповідність якості води вимогам споживачів, умови забору води, а також техніко-економічні показники, що визначають ефективність прийнятого рішення.

Якість води в річці оцінюють у створі, віддаленому від наміченого водозабірної вузла на відстань не менше 1 км вище за течією, а на непроточних водоймах та водосховищах – на відстань 1 км у обидві боки від водозабору.

На тип водозабору впливають природні умови джерела водопостачання: кількість завислих речовин, інженерно-геологічні характеристики берега та дна водойми, наявність циркуляційних течій води, форма русла у поперечному перерізі та крутість берега, наявність шуги та льоду в потоці, а також наявність лісосплаву та судноплавства (табл. 5.2).

Водозабірні споруди повинні:

- забезпечувати забір розрахункової витрати води і подачу її на об'єкти споживання або водопідготовки;
- захищати системи водопостачання від потрапляння в них гідробіонтів, бентосу, водоростей, мінеральних наносів, сміття, шуги, льоду тощо, а також від біологічного обростання (двостулковими моллюсками, дрейсною, моховатками та губками);
- на водоймах рибогосподарського значення відповідати вимогам регуляторних актів з охорони рибного господарства та бути обладнаними рибозахисними пристроями згідно з вимогами СНиП 2.06.07-87 «Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения», або інших нормативно-технічних документів.

Таблиця 5.1

Вимоги до складу та властивостей води поверхневих джерел, що використовуються для цілей господарсько-питного водопостачання

Показник складу та властивостей води	Централізоване та нецентралізоване господарсько-питне водопостачання населених пунктів та підприємств
Вміст завислих речовин за рахунок забруднення стічними водами	Допускається збільшення лише на 0,25 г/м ³ . Для водойм, що містять у межі понад 30 г/м ³ природних мінеральних речовин, – у межах 5 % цих величин
Швидкість випадання завислих речовин	Не допускається більше 0,4 мм/с для проточних водойм та більше 0,2 мм/с для водосховищ
Плаваючі домішки (речовини)	Не допускаються на поверхні водойм плаваючі плівки, плями мінеральних мастил, скупчення інших домішок
Запах та присмак	Не допускається інтенсивність більше 2 балів при безпосередньому використанні або при подальшому хлоруванні
Забарвлення	Не повинно виявлятися у стовпчику води 20 см
Температура води влітку після спуску стічних вод	Не повинна підвищуватись більш ніж на 3°C порівняно з максимальною температурою води влітку
Водневий показник	Не повинен виходити за межі 6,5...8,5 рН
Мінеральний склад	Не повинен перевищувати за щільним залишком 1000 г/м ³ , у тому числі кількості хлоридів 350 г/м ³ , сульфатів 500 г/м ³
Вміст розчиненого кисню	Не повинно бути менше 4 г/м ³ у будь-який період року у пробі, відібраної до 12 год.. дня
Біохімічна потреба в кисні (БПК)	БПК _{повн} при 20°C не повинна перевищувати 3 г/м ³
Збудники захворювань	Не повинні міститися. Стічні води, що містять збудників захворювань, повинні піддаватися знезараженню перед спуском у водойму. Методи знезараження та попереднього очищення повинні погоджуватися з органами санітарного нагляду у кожному окремому випадку
Отруйні речовини	Не повинні міститися в концентраціях, які можуть надати прямо чи опосередковано шкідливий вплив на організм і здоров'я людини

Умови забору води з поверхневих джерел водопостачання

Характеристика умов забору води	Умови забору води		
	каламутність (середня за паводок), наявність меандрування	шуга і лід	інші чинники
Легкі	Каламутність ≤ 862 НОК (≤ 500 мг/дм ³), стійке ложе водойми і водотоку	Відсутність внутрішньоводного льодоутворення. Льодостав помірної ($\leq 0,8$ м) потужності, стійкий	Відсутність у джерелі водопостачання водоростей, баянуса, біологічного обростання двостулковими молюсками, дрейсною, мідіями, моховатками та губками, мала кількість забруднень і сміття
Середні	Каламутність ≤ 2586 НОК (≤ 1500 мг/дм ³). Береги та русло мають сезонне меандрування $\pm 0,3$ м. Вздовжберегове переміщення наносів не впливає на стійкість підводного схилу постійної крутості	Наявність внутрішньоводного льодоутворення, що припиняється із установленням льодоставу звичайно без шугозаповнення русла і утворення шугозаторів. Льодостав стійкий потужністю $< 1,2$ м, що формується з ополонками	Наявність сміття, планктонних водоростей, баянуса, біологічного обростання двостулковими молюсками, дрейсною, мідіями, моховатками та губками, у кількостях, що викликають перешкоди в роботі водозабірних споруд. Суднопластво
Важкі	Каламутність ≤ 8621 НОК (≤ 5000 мг/дм ³). Меандрування берегів і русла викликає зміну	Льодовий покрив, що неодноразово формується, з шугоходами та шугозаповненням	Те саме, але в кількостях, що ускладнюють роботу водозабірних споруд

Характеристика умов забору води	Умови забору води		
	каламутність (середня за паводок), наявність меандрування	шуга і лід	інші чинники
	відміток дна від 1 м до 2 м. Наявність переробки берега із вздовжбереговим переміщенням наносів по схилу змінної крутості	русла при льодоставі до 60-70 % перетину водотоку. В окремі роки – з утворенням шугозаторів у передльодоставний період і льодових заторів навесні. Ділянки нижнього б'єфу ГЕС у зоні нестійкого льодового покриву. Нагін шугольоду на берег з утворенням навалів на береги, торосів і шугозаповненням прибережної зони	і споруд водопроводу
Дуже важкі	Каламутність > 8621 НОК (> 5000 мг/дм ³). Меандрування русла з систематичною та випадковою зміною форми. Інтенсивна та значна переробка берегів. Наявність або вірогідність зсувних явищ	Формування льодового покриву тільки при шугозаторах, що викликають підпір; транзит шуги під льодовим покривом протягом більшої частини зими. Можливість утворення п'ятр і перемерзання русла. Льодохід із заторами і з великими навалами льоду на береги. Важкі шугольодові умови за наявності припливів	

Дебіт поверхневого джерела при природному його стоку або регулюванні повинен забезпечувати потребу у воді з урахуванням перспективного зростання водоспоживання. Поверхневі джерела використовуються для господарсько-питного водопостачання тільки при недостатньому дебіті підземних джерел.

Відносний водовідбір із річки визначається за формулою

$$\alpha = \frac{Q_B}{Q_{min}^p} \cdot 100\%,$$

де Q_B – продуктивність водозабірних споруд, м³/с;

Q_{min}^p – мінімальна витрата води з річки, м³/с;

α – відносний водовідбір із річки.

Вважається, що при водовідборах з річок рівнинного типу, що не перевищують 25% мінімальної розрахункової витрати води в джерелі, можна застосовувати звичайні берегові або руслові водозабори затопленим або незатопленим водоприймачем. При водовідборах, досягають 25...75% мінімальної розрахункової витрати води в джерело, використання таких водозабірних споруд можливе тільки на незашугованих відкритих ділянках джерела з особливо сприятливими формою та станом русла.

Частіше буває необхідне будівництво русловиправних та руслорегулюючих споруд. Значення відносного водовідбору залежить від типу водоприймача, глибини води при Q_{min}^p та її зменшення після відбору води, особливостей русла та шуголедових умов.

При продуктивності водозабору, що перевищує граничний відносний водовідбір, або за недостатньої глибини води в річці до складу споруд включають водопідйомну дамбу або окремих випадках водоприймальний ківш.

Розрахункова забезпеченість максимальних та мінімальних рівнів води в поверхневому джерелі залежить від категорії надійності подачі води. Необхідно враховувати, що кількість води, що відбирається, повинна призначатися з урахуванням мінімальних розрахункових витрат води у річці.

За характером водоспоживання та необхідної забезпеченості подачі води водозабірні споруди поділяють на три категорії (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Категорії водозабірних споруд

Категорія	Характеристика забезпеченості подачі води	Забезпеченість, %		
		розрахункової витрати води у вододжерелі	розрахункового рівня води у вододжерелі	
			максимального	мінімального
I	Допускається зниження подачі води на господарсько-питні потреби не більше 30% розрахункової витрати води та на виробничі потреби до межі, яка встановлюється аварійним графіком роботи підприємств; тривалість зниження подачі має перевищувати 3 добу. Перерва у подачі води або подача нижче вказаного межі допускається не більше ніж на 10 хв	95	1	97
II	Зниження подачі води, що допускається, те саме, що і при I категорії; тривалість зниження подачі не більше 10 діб. Перерва в подачі води або подача нижче вказаної межі – до 6 год.	90	3	95
III	Зниження подачі води, що допускається, те саме, що і при I категорії; тривалість зниження подачі води не має перевищувати 15 діб. Перерва в подачі води або подача нижче вказаної межі – до 24 год	85	5	90

Категорія деяких типів водозабірних споруд може бути підвищена або знижена у зв'язку зі зміною умов забору води, застосуванням спеціальних пристроїв, що підвищують надійність роботи водозабірних споруд.

На вибір джерела водопостачання, конструкцію водозабірних споруд впливає і характеристика водотоку в зимовий період року.

Льодоутворення у вододжерелі має місце при швидкостях течії $V < 0,4 \dots 0,5$ м/с при температурі від 0°C до -10°C . Нестійкий стан буває при $0,5 < V < 0,7$ м/с при T від -10°C до -20°C ; при $V > 0,7 \dots 0,8$ м/с утворення льоду практично неможливе. У непроточному водоймищі крижаний покрив утворюється при охолодженні всієї маси води до температури $T = 4^\circ\text{C}$, за якої щільність води максимальна $\rho = 1000$ кг/м³ (питома вага води $\gamma = 9806,65$ Н/м³).

У водотоках з відкритою водною поверхнею при швидкостях течії $V < 0,5 \dots 0,7$ м/с відбувається переохолодження води до температури, близької до 0°C , і створюються сприятливі умови для утворення шуги та донного льоду. Рухаючись усередині потоку, шуга забиває отвори вхідних решіток водоприймачів, ускладнює доступ до них води та спричиняє додаткові втрати напору.

При проектуванні водоприймачів водозабірних споруд розробляються заходи щодо захисту від льоду споруд, схильних до дії поверхневого, глибинного або того й іншого льоду.

Гідробіологічні процеси, що перебігають у джерелах, можуть впливати на роботу водозабірних споруд. До гідробіологічних процесів належить наявність у водоймищах:

– планктонних організмів рослинного (фітопланктон) та тваринного (зоопланктон) походження, наявність губок, молюсків дрейсени тощо;

– напівзавантажених та занурених рослин, водоростей та іншої водної рослинності (хвощ болотний, очерет, рдест блискучий, синьо-зелені водорості тощо);

– хвороботворних (патогенних) бактерій.

Відповідно до правил вибору та оцінки джерел водопостачання, кількість кишкових паличок в 1 л води (колі-індекс) не повинна перевищувати: 1000 – для джерел, намічених для використання тільки з хлоруванням води, та 10000 – для джерел з повним очищенням та з хлоруванням води.

З урахуванням зростання водоспоживання вибір джерела водопостачання, його раціональне використання, захист від забруднення та виснаження тісно пов'язані з місцем розташування водозабірних споруд, яке слід вибирати якомога ближче до споживача з урахуванням санітарних вимог, можливості розширення меж об'єкта водопостачання та організації зон санітарної охорони.

Кількість та якість води у джерелі повинні відповідати вимогам споживачів.

Топографічні, гідрологічні, геологічні та гідрогіологічні умови повинні відповідати вимогам будівництва та експлуатації споруд.

Водозабір слід розташовувати на досить стійкій ділянці річки. Прийом води доцільно проводити біля увігнутого берега вище випусків стічних вод, населених пунктів, стоянок суден, баз та складів.

У системах господарсько-питного водопостачання, а також у системах виробничого водопостачання для підприємств харчової галузі водоприймальні споруди будують вище об'єкта за течією річки (рис. 5.1, а).

У багатьох випадках для технологічних потреб промислових підприємств допускається неосвітлена вода, що надходить у водоприймальні споруди, розташовані на території об'єкту (рис. 5.1, б).

Водозабір розташовують у межах третьої чверті повороту річки, на досить стійкій ділянці річки, що характеризується сприятливими гідравлічними та шугольодовими режимами річкового потоку. Найбільш сприятливий режим річкового потоку зазвичай спостерігається біля увігнутого берега плесових ділянок.

Небажано розташовувати водозабір у плесі нижче незамерзаючого взимку перекочування. Не допускається розміщувати водоприймачі у зоні руху суден і плотів, у місцях зимівлі та нересту риби, скупчення плавника та водоростей,

виникнення загорів та заторів у зоні відкладення та рухи донних наносів. Не рекомендується розташовувати водоприймачі на ділянках нижніх б'єфів ГЕС, прилеглих до гідровузлу, у верхів'ях водосховищ.

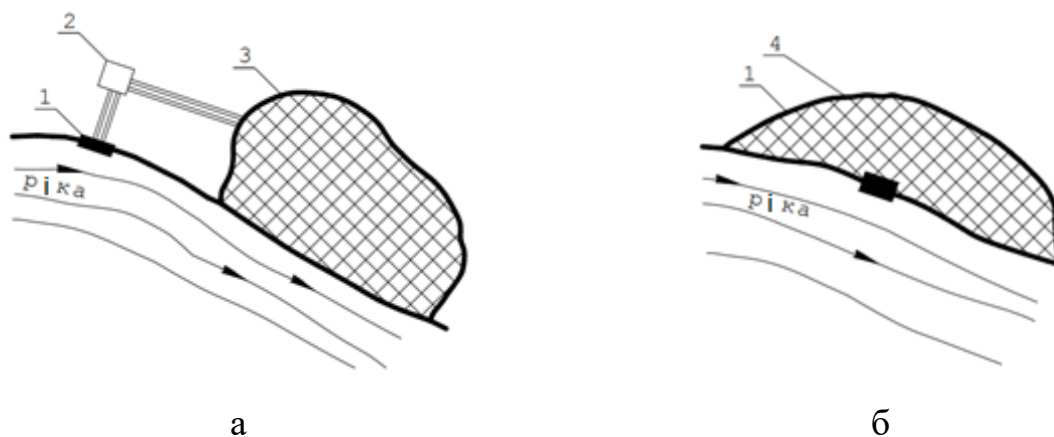


Рис. 5.1. Місця розташування водозабірних споруд: а – для систем господарсько-питного водопостачання; б – для систем виробничого водопостачання із використанням неочищеної річкової води; 1 – водозабірна споруда; 2 – очисні споруди та СР II; 3 – населений пункт; 4 – промислове підприємство

Водозабірні споруди не слід будувати поблизу та нижче порогів, полину та інших вогнищ утворення глибинного льоду; поблизу ярів та місць впадання в річку притоків, де може бути відкладення наносів з утворенням мілини; на зсувних ділянках.

При виборі місця розташування та типу водозабірних споруд враховують можливість зміни режиму стоку та рівнів води в річці у зв'язку з будівництвом гребель та іншими заходами відповідно до схеми комплексного використання річки.

Місце розташування, тип і схему водозабірної споруди судноплавної або лісосплавної річки погоджують з організацією, що відповідає за роботу транспорту.

Розміщення водозаборів біля підніжжя пагорбів і крутих косогорів у сейсмічних районах забороняється.

У водосховищах і озерах водозабори розташовують у місцях, прихованих від хвиль, і поза зоною замулення води при утворенні хвиль.

Відбір води з річок рекомендується здійснювати на глибинах, не менших потрібної висоти хвилі. Відлік глибини проводиться від розрахункового мінімального горизонту води у джерелі.

На морях і великих озерах водозабори розміщують у бухтах, захищених акваторіями, або за межами зони прибою.

У північних районах водозабори розташовують на ділянках річок постійним поверхневим або підрусловим стоком та зі стійкою зоною талих ґрунтів.

За дуже важких природних умов водозабори розміщують у двох окремих створах джерела на такому віддаленні один від одного, при якому виключається одночасна перерва подачі води.

Водозабір берегового типу. Водозабірні споруди берегового типу влаштовують за наявності таких умов у місці забору води: крутий берег; значна (більше 10 м) глибина водойми; стійкі щільні ґрунти на основі берега; амплітуди коливання рівнів води у водоймі понад 6 м; сприятливі льодові умови; незначні утворення донних наносів.

Принципову схему роботи берегового водозабору роздільного типу наведено на рис. 5.2.

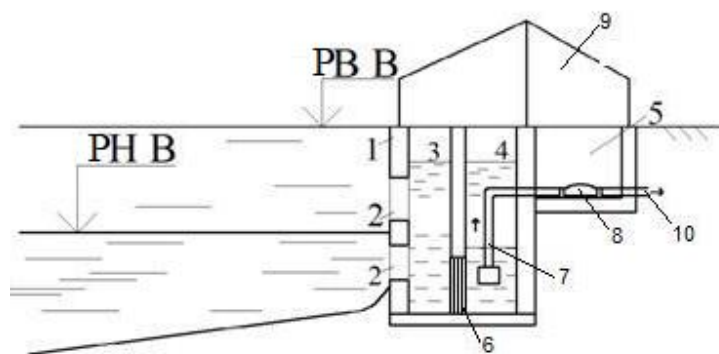


Рис. 5.2. Водоприймач берегового типу: 1 – водоприймальний колодезь; 2 – входні вікна; 3 – приймальна камера; 4 – всмоктувальна камера; 5 – машинний зал; 6 – знімна сітка; 7 – всмоктувальний патрубок відцентрового насоса; 8 – відцентровий насос; 9 – службовий павільйон; 10 – напірні водоводи

Це колодязь 1, виконаний, зазвичай, із залізобетону і розташований на схилі берега. Вода надходить у береговий водозабір через вхідні вікна 2, обладнані із зовнішнього боку знімними решітками для грубої механічної очистки річкової води. Колодязь розділений перегородкою 3 на дві камери – приймальну 4 і всмоктувальну 5. У прорізі перегородки між камерами встановлюють сітку 6. Із всмоктувальної камери вода забирається всмоктувальними патрубками 7 відцентрових насосів 8, розташованими в насосній станції першого підйому 5. Всмоктувальні труби відцентрових насосів для захисту від пошкоджень і для полегшення їх огляду та ремонту іноді розташовують у спеціальній галереї. Над водоприймальним колодязем влаштовують службовий павільйон 9, з якого здійснюється управління арматурою та механізмами очищення сіток, а також інші операції, пов'язані з експлуатацією водозабору. Ґрати приймальних вікон виконуються із сталевих стрижнів із зазором між ними 40...100 мм. Приймальні вікна розташовуються у два яруси при значному коливанні рівнів води у річці. Відстань від низу можливого крижаного покриву до верху верхнього водоприймального вікна водозабору має становити не менше 0,2...0,3 м. Відстань між дном річки та низом нижнього водоприймального вікна становить не менше 0,5 м для виключення попадання у водозабір донних наносів. Середня швидкість руху води через ґрати водоприймальних вікон – 0,2 – 0,6 м/с. Сітка, вмонтована в перегородку між приймальною та всмоктувальною камерами, оберігає її від попадання крупних зважених часточок. На крупних водозабірних спорудах встановлюють сітки, що обертаються, з безперервним промиванням водою.

Для водозаборів середньої продуктивності при малій висоті всмоктування насосів та наявності нещільних ґрунтів на основі берега влаштовують берегові колодязі суміщеного типу. При цьому днище водоприймального колодязя та насосної станції першого підйому виконують загальним. Водоприймачі берегового типу мають у плані кругу, еліпсоподібну або прямокутну форми.

Водозабір руслового типу. Водозабірні споруди руслового типу влаштовують у місці забору води за таких умов: пологий берег; мала (до 10 м)

глибина водойми; амплітуда коливання рівнів води у водоймі менше 6 м; сприятливі льодові умови; незначні утворення донних наносів.

На рис. 5.3 представлена схема влаштування руслового водоприймача.

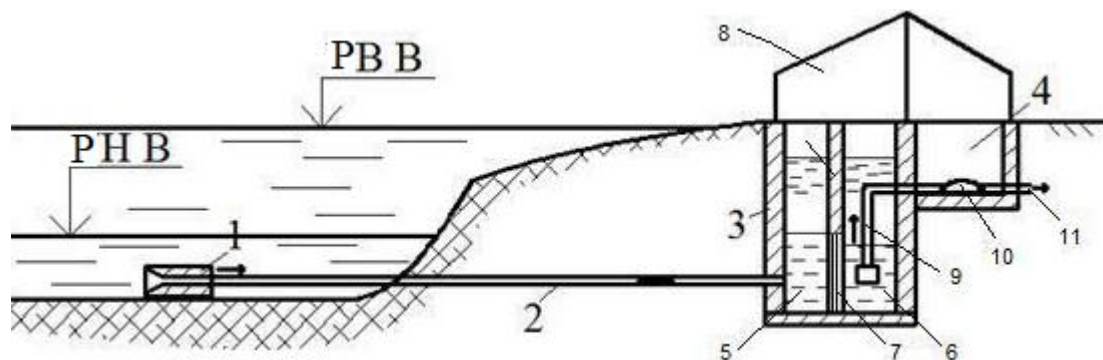


Рис. 5.3. Схема влаштування руслового водоприймача: 1 – оголовок із ґратами; 2 – самопливні лінії; 3 – водоприймальний колодязь; 4 – насосна станція першого підйому; 5 – приймальна камера; 6 – всмоктувальна камера; 7 – знімна сітка; 8 – службовий павільйон; 9 – всмоктувальний патрубок відцентрового насоса; 10 – відцентровий насос; 11 – напірні водоводи

Оголовок є відповідальною частиною водозабірної споруди і слугує для прийому води з джерела водопостачання. Для зменшення кількості втягнутих в оголовок крупних наносів та молоді риб вхідні отвори перекривають ґратами.

Самопливні лінії слугують для подачі води від оголовка до колодязя, перебувають під водою і недоступні для огляду. Їх влаштовують у дві нитки для забезпечення надійної експлуатації водозабору. У деяких випадках для зменшення глибини укладання самопливних ліній їх замінюють на сифонні. Швидкість руху води в самопливних лініях становить 0,7...0,9 м/с, щоб уникнути їх засмічення. Для промивання самопливних труб водозабірні споруди повинні мати відповідне обладнання.

Оголовки руслових водозаборів бувають: постійно затоплені, які затоплюються високими водами і не затоплювані. Постійно затоплені оголовки знайшли ширше застосування, так як значно дешевші за не затоплювані. Вони не піддаються впливу льодових навантажень, але їх обслуговування пов'язане з певними труднощами та незручностями. Оголовки бувають: дерев'яними (пальовими та ряжовими); бетонними та залізобетонними.

5.3. Водозабірні споруди із підземних джерел

До підземних джерел водопостачання належать різні типи підземних вод та джерела. Поширені підземні води головним чином у гірських породах, що складають літосферу, на глибині, зазвичай, яка не перевищує 2 км. У земній корі підземні води трапляються в різному стані: у вигляді пари, що знаходиться в повітрі, що заповнює пори, пустоти та тріщини в породі; у фізично пов'язаному стані у вигляді гігроскопічної та плівкової води, тобто у вигляді поглинених гірськими породами водяної пари та конденсату на поверхні частинок породи; у вільному стані, у вигляді інфільтраційної та пластової води, що рухається у водопроникних пластах та утворює водоносні горизонти; у твердому стані у вигляді кристалів, лінз, прошарків і навіть пластів льоду в товщі мерзлих гірських порід; у хімічно зв'язаному стані вода входить до складу кристалічних ґрат солей мінералів. З усього цього різноманіття джерелами водопостачання може служити лише вода у вільному стані, накопичена в надрах землі шляхом інфільтрації та частково шляхом конденсації.

За характером залягання та гідравлічними ознаками підземні води поділяються на чотири основні типи (води зони аерації, ґрунтові, міжпластові, артезіанські), а за температурою – на сім видів (виключно холодні, дуже холодні, холодні, теплі, гарячі, дуже гарячі, виключно гарячі). Ступінь мінералізації підземних вод (п'ять видів) визначають за сумарним вмістом сухого залишку присутніх у воді речовин, г/л (прісні, слабо мінералізовані, середньої мінералізації, мінералізовані, розсоли).

Підземні води класифікують і за іншими ознаками: хімічним складом, способом утворення та ін.

Води зони аерації, а також ґрунтові води, які залягають поблизу поверхні землі, що не можуть служити надійним джерелом водопостачання, так як запаси їх зазвичай незначні, залежать від кількості та часу випадання опадів, вони легко забруднюються стічними водами із поверхні землі.

Запаси ґрунтових вод, що залягають на значній відстані від денної поверхні землі, та міжпластових безнапірних вод, що залягають у середніх шарах землі, мало залежать від поверхневих опадів. Ці води мають протягом року майже постійну температуру, надійно захищені від потрапляння в них забруднень з поверхні землі, тому вони є дуже надійними джерелами водопостачання.

Артезіанські води мають окрему область живлення, надійно захищені від поверхневих стоків водонепроникними породами, що характеризуються значними та стійкими запасами води постійної температури, багаті на мінеральні домішки без будь-яких ознак забруднення, внаслідок чого є найкращими джерелами господарсько-питного водопостачання.

Джерельні, або ключові води за своєю якістю відповідають воді того водоносного пласта, з якого вони виливаються. За ознакою руху води, що надходить, джерела поділяються на низхідні, що живляться за рахунок безнапірних вод, і висхідні, що живляться з допомогою напірних вод. За величиною витрати джерела поділяються на мінімальні з витратою менше 1 л/с; середні – з витратою 1...10 л/с та великі – з витратою понад 10 л/с. Найбільший інтерес представляють джерела із значною витратою. Вони зазвичай приурочені до тріщин у скельних породах, до зон дроблення. Сюди не слід відносити карстові джерела, що мають іноді вигляд підземної річки, а також гейзери. У більшості випадків води середніх і великих джерел характеризуються високими питними властивостями і є добрими джерелами водопостачання. Однак, використовуючи джерело для постійного водопостачання будь-якого об'єкта, треба бути впевненим, що діяльність його на найближчу перспективу гарантована, а мінімальні витрати достатні для покриття всіх потреб об'єкта водопостачання.

Вибір типу споруд та схеми їх розміщення залежить від глибини залягання водоносного пласта, його потужності та кількості води, умов залягання, геологічних та гідрологічних умов.

Для забору підземних вод влаштовують променеві водозабори, шахтні колодязі, артезіанські свердловини та ін.

Променевий водозабір. Застосовують для забору ґрунтових вод, що залягають на глибині не більше 15...20 м. Променевий водозабір є різновидом шахтного колодязя, обладнаного водоприймальними фільтрами з дренами. Дрени розташовуються у водоносному шарі радіально відносно до колодязя. Їх виконують із перфорованих сталевих труб. Променеві водозабори дозволяють максимально використовувати водоносні шари. На рис. 5.4 представлено схему пристрою променевого водозабору.

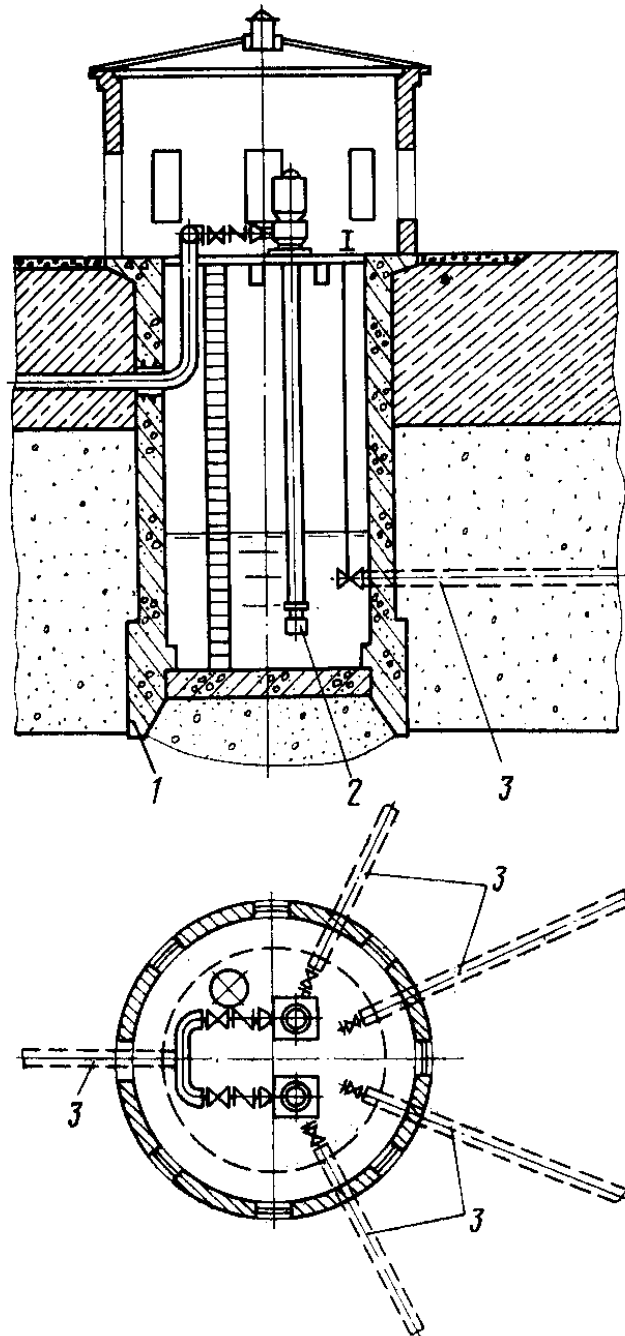


Рис. 5.4. Схема пристрою променевого водозабору: 1 – колодязь (водоприймальна камера); 2 – насос; 3 – дренажні труби (горизонтальні свердловини)

Горизонтальні водозабори влаштовують у межах водоносного пласта на глибині 6...8 м за незначної його потужності. Водозбір розташовують перпендикулярно напрямку руху ґрунтового потоку з ухилом у бік збірного колодязя, звідки вода забирається насосами. У якості горизонтальних свердловин використовують сталеві фільтрові труби діаметром 150...200 мм з щільною перфорацією. Оптимальне число дренажних труб приймається від 2 до 6, щоб уникнути їх взаємного впливу. Довжина дренажних труб не повинна перевищувати 80 м. При більшій довжині труб зростають гідравлічні втрати та знижується їх пропускна здатність. На рис. 5.5 представлено схему пристрою горизонтального водозбору.

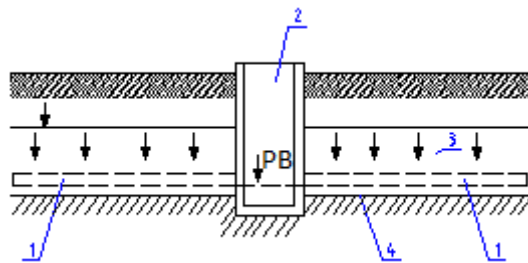


Рис. 5.5. Горизонтальний водозбір: 1 – горизонтальні водозбори; 2 – збірний колодязь; 3 – водоносний пласт; 4 – водоупор

Шахтний колодязь. Призначений для забору води із водоносних пластів, що залягають на глибині до 30 м від поверхні землі. У великих централізованих системах водопостачання шахтні колодязі використовуються відносно рідко. Їх використовують при індивідуальному водопостачанні, у сільській місцевості, у часових водопроводах.

Шахтна криниця складається зі стовбура, виконаного з цегли, бетону або залізобетонних кілець, в більшості випадків має круглу у плані форму. Для захисту колодязя від попадання поверхневих вод та забруднення навколо нього роблять кам'яне або асфальтове вимощення. Крім того, навколо колодязя влаштовують глиняний замок, який захищає колодязь від просочування забруднених поверхневих вод.

Вода в шахтний колодезь надходить через бічні отвори, що влаштовуються в стінках, і дно, засипане крупнозернистим матеріалом (зворотний гравійний фільтр). При надходженні води через дно колодезя в ньому влаштовують зворотний фільтр, виконаний з крупного піску, гравію та щебню різних фракцій.

Відбір води із шахтного колодезя проводиться насосом або за допомогою сифона. Стінки колодезя піднімають на 0,8 м над поверхнею землі. Зверху колодезь закривається кришкою.

Схема влаштування шахтного колодезя представлена на рис. 5.6.

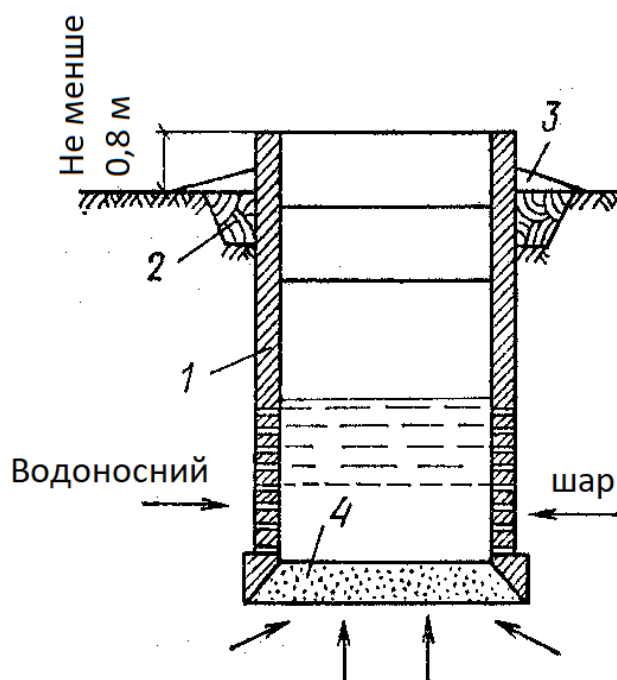


Рис. 5.6. Схема влаштування шахтного колодезя: 1 – стовбур шахти; 2 – глиняний замок; 3 – вимощення; 4 – зворотний фільтр

Артезіанська свердловина призначена для забору підземних вод із глибини понад 30 м. Це найпоширеніший тип водозабірних споруд підземних вод. Свердловини розташовані перпендикулярно напрямку потоку підземних вод.

Свердловина складається з гирла, ствола, водоприймальної частини (фільтра) та відстійника.

Стінки свердловини після буріння закріплюють сталевією трубою обсадною 1, яку опускають приблизно до верхньої межі залягання водоносних порід. В обсадну трубу 1 опускають трубу 2 меншого діаметра, яку доводять до нижньої

межі залягання водоносних порід, трохи заглиблюючи у водоупор. Потім в трубу 2 опускають фільтр 3, призначений для захисту колодязя від занесення в нього разом з водою частинок ґрунту. Фільтр 3 опускають за допомогою штанг і замків 4 у верхній частині. Потім трубу 2 видаляють зі свердловини, а кільцеве місце між стінками фільтрової і обсадної труб ущільнюють шляхом установки сальника 5. Над свердловиною влаштовують спеціальний павільйон. Фільтр є відповідальною частиною свердловини і від його надійності залежить якість роботи свердловини.

На рис. 5.7 показано схему пристрою свердловини.

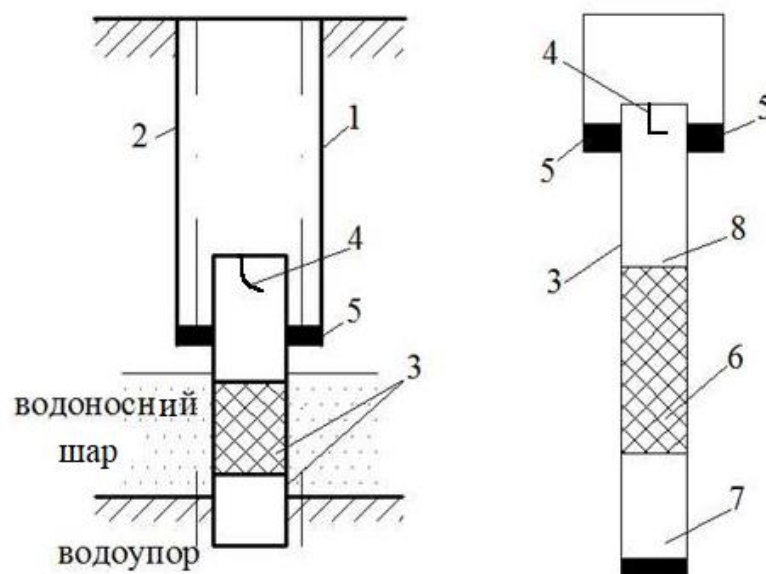


Рис. 5.7. Схема пристрою свердловини: 1 – сталева обсадна труба; 2 – труба меншого діаметра, в яку встановлюється фільтр; 3 – фільтр; 4 – замок для встановлення фільтра; 5 – сальникове ущільнення; 6 – робоча приймальна частина фільтра; 7 – нижня глуха відстійна частина; 8 – надфільтрова глуха частина

Типи та конструкції застосовуваних фільтрів в основному залежать від гранулометричного складу водоносних порід. У практиці застосовуються фільтри: трубчасті, дротяні, сітчасті, каркасно-стрижневі, гравійні.

Каптажні споруди використовуються для забору джерельної води і є камерами типу шахтних колодязів. Каптажні споруди влаштовують у місці виходу води. Забір низхідних потоків джерел води здійснюється через бічні стінки колодязів, у яких влаштовують приймальні отвори. Ці отвори із

зовнішнього боку обладнані фільтром з каменів, гравію та піску, що перешкоджає попаданню в камеру наносів. З колодязів вода трубами відводиться в запасний резервуар.

5.4. Насосні станції та установки

Насосні станції та установки за надійністю дії або за ступенем забезпеченості подачі води підрозділяються на три категорії (табл. 5.3), які потрібно встановлювати залежно від їх функціонального призначення у загальній системі водопостачання.

Категорія надійності за безперебійністю електропостачання повинна відповідати встановленій категорії насосних станцій та установок за надійністю дії або за ступенем забезпеченості подачі води.

Вибір типу насосів і кількість робочих агрегатів слід визначати на основі розрахункових режимів (середньогодинної витрати в добу максимального водоспоживання з урахуванням витрат для поповнення протипожежного запасу води).

При виборі типу насосних агрегатів слід забезпечувати мінімальну величину надлишкових напорів та витрат при всіх відповідних режимах і умовах роботи протягом розрахункового терміну за рахунок використання регулюючих ємкостей, автоматизованого регулювання кутової швидкості (обертів приводу насосів), зміни кількості та типів насосів, обрізки або заміни робочих коліс.

У машинних залах допускається встановлення груп насосів різного призначення.

У насосних станціях, які подають воду на питне водопостачання, встановлення насосів, що перекачують рідини з неприємним запахом, токсичні, легкозаймисті та горючі рідини, забороняється, за винятком насосів, які подають розчин піноутворювача в систему пожежогасіння.

Для заглиблених насосних станцій із можливим затопленням машинного залу при їх аваріях рекомендується встановлення герметичних моноблочних насосів (типу занурених).

Для насосних станцій I категорії за надійністю дії, за неможливості забезпечення електроживлення від двох джерел, допускається додатково встановлювати резервні насосні агрегати з двигунами внутрішнього згоряння із запасом палива мінімум на 3 доби, а також автономні джерела електроенергії (дизельні електростанції або вітроенергетичні, геліоенергетичні установки тощо).

Потужність цих джерел повинна забезпечувати, як мінімум, роботу найбільш потужного агрегату.

Кількість резервних насосних агрегатів для групи насосів однакового призначення, що подають воду в ту саму мережу або водоводи, потрібно приймати відповідно до табл. 5.4 та з урахуванням категорії системи водопостачання для цієї групи за надійністю дії або за ступенем забезпеченості подачі води.

Таблиця 5.4

Кількість резервних насосних агрегатів у групі в залежності від категорії системи водопостачання

Кількість робочих агрегатів у групі	Категорія та кількість резервних насосних агрегатів у групі		
	I	II	III
До 6 включ.	2	1	1
Від 6 до 9 включ.	2	1	–
Понад 9	2	2	–

Для збільшення продуктивності заглиблених насосних станцій на 20...30% потрібно передбачати можливість заміни насосів на більшу продуктивність або резервні фундаменти для встановлення додаткових насосів.

У насосних станціях і установках I категорії насоси слід встановлювати під заливом.

При заборі води із резервуара відмітку осі насосів слід визначати за умов:

- від верхнього рівня (визначеного від дна) недоторканого пожежного запасу води – гасіння однієї пожежі;
- від середнього рівня – гасіння двох і більше пожеж;
- від рівня води аварійного об'єму – за відсутності пожежного об'єму;
- від середнього рівня води – за відсутності пожежного та аварійного об'ємів.

При заборі води зі свердловини відмітку встановлення насосів слід приймати від динамічного рівня підземних вод при максимальній витраті.

При заборі води безпосередньо з водойми відмітку встановлення насосів слід приймати від мінімального рівня води згідно з табл. 10 ДБН В.2.5-74:2013 з урахуванням категорії водозабірних споруд.

При визначенні відмітки осі насосів потрібно враховувати допустиму вакуумметричну висоту всмоктування (від розрахункового мінімального рівня води) або необхідний підпір з боку всмоктування, який призначається фірмою-виробником, а також втрати напору у всмоктувальному трубопроводі, температуру води та барометричний тиск.

У насосних станціях II та III категорій допускається встановлення насосів не під заливом, при цьому потрібно передбачати вакуум-насоси та вакуум-котел.

У насосних станціях III категорії з діаметром всмоктувальних трубопроводів до 200 мм допускається встановлення водоприймальних клапанів.

Кількість всмоктувальних ліній до насосної станції незалежно від кількості та груп установлених насосів, включаючи пожежні, повинна бути не менше двох.

При вимкненні однієї лінії інші слід розраховувати на пропуск повної розрахункової витрати для насосних станцій I та II категорій і 70% розрахункової витрати для насосних станцій III категорії.

Улаштування однієї всмоктувальної лінії допускається для насосних станцій III категорії.

Кількість напірних ліній від насосних станцій і установок I та II категорій повинна бути не менше двох. Для насосних станцій і установок III категорії допускається влаштування однієї напірної лінії.

Трубопровідна обв'язка насосних агрегатів та розміщення запірної арматури на всмоктувальних і напірних трубопроводах повинні забезпечувати:

- забір води будь-яким із встановлених у групі насосних агрегатів;
- можливість заміни або ремонту будь-якого з насосів, зворотних клапанів та основної запірної арматури, а також перевірки характеристики насосів без порушення вимог відповідно до категорій централізованої системи питного водопостачання за надійністю дії або за ступенем забезпеченості подачі води (табл. 9 ДБН В.2.5-74:2013);

- подачу води в кожен із напірних водоводів будь-яким насосним агрегатом із встановлених у групі при відключенні будь-якого насосного агрегату з цієї групи.

Питання для самоконтролю:

1. Перерахуйте основні показники складу та властивостей води з поверхневих джерел для господарсько-питного водопостачання.

2. Охарактеризуйте легкі умови забору води із поверхневих джерел.

3. Охарактеризуйте середні умови забору води з поверхневих джерел.

4. Охарактеризуйте важкі умови забору води із поверхневих джерел.

5. Характеристика дуже важких умов забору води із поверхневих джерел.

6. При яких водовідборах із річок рівнинного типу можна застосовувати звичайні берегові чи руслові водозабори?

7. Назвіть та охарактеризуйте основні категорії надійності водозабірних споруд.

8. Від чого залежить вибір розташування водозабірних споруд?

9. Як слід розташовувати водозабірні споруди у системах господарсько-питного водопостачання?

10. Основні технологічні схеми водозабірних споруд.

11. Навести схеми водозабірних споруд, за допомогою яких беруть воду з поверхневих і підземних джерел.

12. Наведіть класичні схеми систем водопостачання з забором води з поверхневого та підземного джерела.

13. Наведіть схеми систем водопостачання з підземних джерел з безпосередньою подачею води в мережу.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 115 с.
2. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 96 с.
3. ДСанПіН 2.2.4-400-10. «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання». – К.,2010. – 8 с.
4. ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». – К.,2010. – 13 с.
5. Системи подачі та розподілення води населених пунктів: Навчальний посібник./ Ткачук О.А., Косінов В.П., Новицька О.С.– Рівне: НУВГП, 2011. – 273 с.
6. Системи водовідведення: Навчальний посібник/ Гіроль М., Охримюк Б., Собчук Г., Лагуд Г.. – Рівне: НУВГП, 2011. – 444 с.
7. Водопостачання і водовідведення./Кравченко В.С., Гіроль М.М., Мацнева Т.С.. - Р.:НУВГП, 2007 - 432 с.
8. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод. – Рівне: ВАТ "Рівненська друкарня", 2002. – 622 с.
9. Кравченко В.С., Саблій Л.А., Зінич П.Л. Санітарно-технічне обладнання будинків: Підручник. – Рівне: УДУВГП, 2003. - 442 с.
10. Душкин С. С. Конспект лекцій по курсу «Водопроводные системы и сооружения» для студентов 2 и 3 курсов дневной и заочной форм обучения направления подготовки 6.060103 – Гидротехника (водные ресурсы) / С.С. Душкин ; Харьков. нац. ун-т гор. хоз-ва им. А. Н. Бекетова. – Харьков: ХНУХГ им. А. Н. Бекетова, 2017. – 115 с.
11. Зайцева И. С. История развития водоснабжения и водоотведения: учеб. пособие / И. С. Зайцева, Н. А. Зайцева; ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева». – Кемерово, 2011. – 91 с.

12. Орлов В.О. Водопостачання і водовідведення. Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення / В.О. Орлов, А.М. Зошук. – Рівне: НУВГП, 2008. – 114 с.

13. Душкін С.С. Конспект лекцій з дисципліни «Водопровідні системи і споруди» («Споруди і обладнання водопостачання». Модуль 2) (для студентів 3 курсу денної і заочної форм навчання напрямів підготовки 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)», 6.060101 «Будівництво» та слухачів другої вищої освіти за спеціальністю 7.06010108, 8.06010108 «Водопостачання та водовідведення») / С. С. Душкін, Т. О. Шевченко; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х.: ХНУМГ, 2013. – 121 с.

14. Водопостачання та водовідведення: Конспект лекцій для студентів 1 курсу денної і заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)» спеціальності «Водопостачання та водовідведення»/ Автор: Сорокіна К.Б.. - Харків: ХНАМГ, 2009. – 80 с.

15. Водопостачання та водовідведення. Навчально-методичний посібник для студентів спеціальностей «Промислове та цивільне будівництво», «Міське будівництво і господарство» / Уклад. В.І. Сокольник, О.Г. Добровольська – Запоріжжя: ЗДІА – 2009р. - 80 с.

Навчальне видання

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни «Мережі та споруди водопостачання та водовідведення
населених міст»

Частина 1

*(для студентів усіх форм навчання
спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія»)
(Електронне видання)*

Укладач: БІЛОШИЦЬКА Наталія Іванівна

Оригінал - макет Н.І. Білошицька

Підписано до друку _____

Формат 60×84¹/₁₆. Папір типограф. Гарнітура Times.

Друк офсетний. Умов. друк. арк. ____ . Обл.-вид.арк. ____ .

Тираж ____ прим. Вид. № ____ . Замовл. № ____ . Ціна договірна.

Видавництво Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Адреса видавництва: м. Северодонецьк, просп. Центральний, 59-а, Телефон:
+38(050) 218 04 78, факс (064 52) 4 03 42

E-mail: vidavnictvosnu@gmail.com