**Водопровідні споруди**

***7.1. Акведуки, селепроводи та лотоки***

**Акведуки** – це водоводи у вигляді моста для пропуску води через дороги, балки, яри, ріки та інші низинні ділянки місцевості, які зустрічаються на трасі каналу. Влаштовуються акведуки у тих випадках, коли відмітка перешкоди (дороги, рівня води в річці, дна балки) значно нижчі, ніж рівень води в трасованому каналі та відмітки прогінної будови акведука. По суті це мости, прогінною будовою яких є лотік, розміщений на балочній, рамній чи арковій мостовій конструкції, вода по якому рухається з рівномірним режимом (рис. 7.1).

За характером роботи лотока розрізняються акведуки двох типів: 1) лотік з водою є навантаженням на прогінну будову моста; 2) стінки та дно лотока служать несучими прогінними конструкціями, що в багатьох випадках робить їх економічнішими. Форма прогінної будови вибирається в залежності від топографічних та техніко-економічних умов.



Рис. 7.1. Залізобетонний акведук

Акведук балочної конструкції зводиться через перешкоди, що мають невелику ширину та глибину і скельні та напівскельні схили. Такі конструкції, як правило, використовуються для пропуску незначних витрат за допомогою дерев'яних акведуків. При перетині каналом широких долин, заплав, річок, доріг, а також каналів у неглибоких виїмках застосовуються акведуки рамної конструкції, які знайшли найбільше поширення в іригації. Акведук з арковою прогінною будовою застосовується при перетині вузьких та глибоких ущелин з скельними грунтами, які спроможні сприйняти навантаження від п'ят арок.

Конструктивні особливості акведуків. Вхідна та вихідна ділянки акведуків (рис. 7.1) повинні забезпечити плавне спряження споруди з каналом як в плані, так і у вертикальній площині. Вхід та вихід, як правило, проектують у вигляді ділянок, що звужуються та розширюються в плані відповідно. Дно відвідного каналу та лотока спрягають за допомогою похилої перехідної ділянки з метою недопущення можливого підпору води в акведуці та верховому каналі, а також зниження підвищених швидкостей води в акведуці до швидкостей в земляному каналі.

Глибина закладання фундаментів опор акведука визначається з врахуванням глибини промерзання грунту та глибини максимально можливого розмиву русла в створі розміщення акведука.

Лотоки акведуків бувають різного поперечного перерізу: прямокутні, параболічні, круглі. Для пропуску невеликих витрат (до 2 м3/с) іноді замість лотоків використовуються азбестоцементні труби, які укладаються на опорах. Лотоки бувають повністю або частково закритими. В закритих лотоках верхня плита часто використовується як службовий місток, а на відкритих – службові містки розміщуються на консолях з двох сторін лотока. Лотоки параболічного та напівкруглого поперечного перерізів найчастіше застосовуються у збірних конструкціях на пропуск витрат до 10 м3/с. Споруджуються акведуки з дерева, металу, але найчастіше з бетону та залізобетону. Деформаційні шви лотоків акведуків влаштовуються через 10...25м по довжині. Розміщення швів залежить від прийнятої схеми розрізки прогінної будови та відстані між опорами. Водонепроникність швів забезпечується використанням неіржавіючих металевих листів, гуми та асфальтобітумних матеріалів.

Гідравлічний розрахунок акведука включає розрахунок вхідної та вихідної ділянок (входу та виходу) і лотока (рис. 7.1). Вихідними даними для рахунку є геометричні розміри каналу, витрата *Qр,* швидкість води в каналі *Vк*і глибина води в каналі перед спорудою *Н.* Попередньо задаються швидкістю води в акведуці в межах *Vа* = 1...2 м/с. Але з метою недопущення осідання наносів в акведуці швидкість в лотоці *Vа* приймається більшою за швидкість в підвідному каналі *Vк* на 10-20 %. Перепад рівнів води навході в акведук приймається *z* = 5...15 см і визначається глибина води в лотоці акведука

 . (7.1)

Ширина лотока акведука визначається за залежністю

 . (7.2)

Уклон дна лотока для умови рівномірного режиму визначається за залежністю (6.11) по фактичній швидкості. Перепад *Δh* між дном акведука та дном відвідного каналу наближено приймається рівним перепаду рівнів води на вході *z,* а для точних розрахунків визначається з рівняння Бернуллі.

**Селепроводи** за конструкцією схожі на акведуки – це лотоки на опорах для пропуску через канали, ріки,дороги селевих (грязекам'яних) потоків. Основні відмінності їх від акведуків, обумовлені особливостями пропуску селевих потоків, полягають в наступному: вхідна частина виконується у вигляді розтрубу з укріпленими дном та дамбами, чим забезпечується плавний підхід селевого потоку до споруди і попереджається його прорив в обхід споруди в канал; вихідна ділянка також укріплюється та огороджується дамбами; з верхової та низової сторін лотока русло селевого потоку перетинається поперечними стінками глибиною по 4 м, які попереджують підмив лотока; лотік облицьовується матеріалом з великим опором проти стирання; уклон споруди приймають більшим, ніж уклон селевого русла з метою недопущення накопичення продуктів виносу перед спорудою. Вісь споруди проектується прямолінійною.

**Лотоки** – це штучні русла з дерева, бетону, залізобетону чи металу, які розміщені безпосередньо на поверхні землі або на опорах. Їх влаштовують замість каналів на ділянках траси зі складним рельєфом (круті схили,гірські умови), з несприятливими геологічними (нестійкі грунти, вихід скелі), гідрогеологічними (високий рівень ґрунтових вод) умовами, а також в тих випадках, коли спорудженняканалу обходиться дорожче, ніж лотока (значні насипи чи виїмки) (рис. 7.2). Значного поширення набули лотоки на зрошувальних системах, де вони влаштовуються з метою зменшення втрат води на фільтрацію та забезпечення командування рінями води над зрошувальним масивом. Бетонні та залізобетонні лотоки виконуються прямокутного, трапецієвидного, напівциркульного, параболічного чи складного поперечного перерізів і розміщуються на спланованій поверхні чи опорах. Вони можуть бути монолітними і збірними, розрізними, коли стінки відрізані від дна швом і працюють самостійно, та нерозрізними, коли весь лотік є в поперечному перерізі суцільну конструкцію.

Лотоки на естакадах, як і акведуки, розрізняються двох типів: 1) лотік з водою лежить на естакаді і є навантаженням для прогінної конструкції (поздовжніх балок, що спираються на опори); 2) стінки та дно лотока сприймають все навантаження між опорами.

На меліоративних системах знайшли поширення збірні тонкостінні (до 6 см) залізобетонні лотоки для малих витрат (0,5...5,0 м3/с), які встановлюються на опорах з прогоном 3...6 м.

Рис. 7.2. Лотоки на косогорі: а – складного профілю;

б – монолітний; в – з облицюванням; г – збірно-блочний

Стики секцій дуже прості, водонепроникність їх забезпечується прокладкою двох просмолених канатів чи гумових джутів.

Допустимі швидкості в лотоках більші, ніж в земляних каналах, а тому площа поперечного перерізу лотока менша, ніж в підвідному та відвідному каналах. Гідравлічний розрахунок лотока виконується аналогічно гідравлічному розрахунку акведука.

***7.2. Дюкери та труби-зливопроводи***

**Дюкери** – це напірні трубопроводи, які влаштовуються для подолання перешкод, що зустрічаються на трасі каналу чи водоводу, у вигляді балок, долин, рік, доріг тощо. Вони споруджуються, коли будівництво акведуків технічно неможливе (відмітки каналу і перешкоди дуже близькі і немає можливості подати воду над перешкодою) або недоцільне (вартість численних високих опор акведука дуже велика).

За матеріалом розрізняються дерев'яні, бетонні, залізобетонні, металеві та комбіновані дюкери. Дерев'яні дюкери витримують напори до 20 м, але через їх недовговічність останнім часом використовуються дуже рідко. При напорах 30...50 м влаштовуються бетонні дюкери, а залізобетонні дюкери з попередньо напруженою арматурою витримують напори до 100 м. Металеві (стальні) дюкери можуть споруджуватися практично при будь-яких напорах, але через їх велику вартість потребують спеціального обґрунтування.



Рис. 7.3. Дюкер колодязного типу: 1 – вхідний колодязь; 2 – грязьовий; 3 – горизонтальна труба; 4 – вихідний колодязь; 5 – решітка

За числом ниток трубопроводів дюкери бувають одноочкові та багатоочкові. За умовами експлуатації та виконання робіт розрізняються заглиблені в грунт (рис. 7.3) та у кладені на поверхні (рис. 7.4), варіант вибирається на основі техніко-економічного порівняння. При подоланні широких долин річок чи суходільних балок дюкери частіше прокладаються на їх поверхні, вони економічніші, ніж акведуки.



Рис. 7.4. Схема довгого незаглибленого дюкера: 1 – анкерні опори; 2 – проміжні опори

За конструктивними особливостями дюкери поділяються на шахтні або колодязні (7.3) - для пропуску малих витрат при невеликих напорах, та складної конструкції - для великих витрат і напорів. До дюкерів ставляться такі основні вимоги: можливість систематичного огляду, ремонту та очищення в процесі експлуатації; водонепроникність швів, незамулюваність при пропуску малих витрат; відвід фільтраційної води за межі споруди.

Складові частини та конструктивні особливості дюкерів. Основними частинами невеликого дюкера (рис. 7.3) є вхідний і вихідний вертикальні колодязі та напірна горизонтальна труба, а у дюкера складної конструкції (рис. 7.4) вхідний та вихідний оголовки, анкерні та проміжні опори. Для всіх типів дюкерів обов'язковим елементом є спрягаючі ділянки з каналом. Допоміжні частини – це решітки на оголовку, затвори, службові містки, водовипускні пристрої для спорожнення дюкера.

Поперечні перерізи труб дюкерів найчастіше бувають круглі та прямокутні. Круглий поперечний переріз зручний у виконанні та в гідравлічному відношенні і добре сприймає внутрішній тиск. При невеликому внутрішньому і великому зовнішньому навантаженні (заглиблені дюкери) поперечному перерізу труб дюкерів іноді надаєтьсяформа короба. Трубопроводи дюкерів виконуються з окремих ланок труб заводського виготовлення. Вхідний та вихідний оголовки, незалежно від матеріалу труб, виконуються з бетону чи залізобетону. Верхній край труби дюкера повинен бути занурений під мінімальний рівень води в каналі на *Δh,* (рис. 7.3), що визначається гідравлічним розрахунком,

 , (7.3)

де *Vд* – швидкість води в дюкері; *Vк* – швидкість в підвідному каналі.

Гідравлічні та статичні розрахунки дюкерів. пропускна спроможність дюкера визначається за залежністю (6.20). при цьому середня швидкість в трубі приймається в межах 1,5...4,0 м/с, але не менше, ніж швидкість в каналі.

Особливість роботи відносно довгих дюкерів полягає в тому, що при пропуску мінімальних витрат рівень води перед дюкером іноді знижується і утворюється крива спаду з виникненням гідравлічного стрибка в трубі. Тобто, фактична різниця рівнів води на дюкері *zmin. дійсн.*, яка визначає пропускну спроможність дюкера, виявляється меншою, ніж різниця рівнів води в каналах *zmin. факт.*. Гідравлічний стрибок, що виникає при цьому, призводить до значних пульсацій тиску в трубі та розладу швів. Для недопущення цього явища верхній край труби заглиблюється під рівень води на *Δh* (рис. 7.3, залежність 7.3), підпирається рівень води на вихідному оголовку з допомогою спиць та решіток, чи понижується дно каналу при вході в дюкер. Якщо дюкери працюють в зимових умовах, то виконуються термічні розрахунки на обмерзання та перевірка пропускної спроможності для цих умов.

Статичні розрахунки дюкерів виконуються як для труб, чи замкнутих рам. При цьому для дюкерів першого типу (труб) розглядається два випадки: на трубу діє навантаження від засипки (зовні) при відсутності води в ній; на трубу діє навантаження від тиску води (зсередини) при відсутності засипки. Дюкери другого типу (рами) розраховуються лише за другим випадком. За обчисленими поперечними силами та згинаючими моментами підбирається арматура (залізобетонний дюкер) чи товщина стінки (металевий дюкер).

На меліоративних каналах з витратами до 10 м3/с використовуються типові конструкції дюкерів із збірного залізобетону.

**Труби-зливопроводи** (зливоспуски) служать для пропуску невеликих водотоків (струмків, зливових і талих вод тощо) під каналами, залізничними та автомобільними шляхами, які збудовані в насипу. Витрати води, що протікають по трубах, різні, а певні періоди вони взагалі можуть бути сухими.

За матеріалом труби можуть бути бетонними, залізобетонними, кам'яними, цегляними та металевими. Поперечний переріз труб переважно буває круглим та прямокутним. За числом ниток зливоспуски бувають одноочкові – при невеликих витратах, та багатоочкові – при пропуску великих витрат.

Для забезпечення плавного входу та виходу потоку вхідні та вихідні ділянки зливоспусків оснащуються оголовками. Найчастіше застосовуються портальні та розтрубні оголовки. Дно русла перед трубою і особливо за трубою закріплюється кам'яним накидом чи бетонними плитами, щоб недопустити підмиву конструкції.

Трубчасті мостові переходи, які влаштовуються на меліоративній мережі в місцях перетину каналів і господарських доріг для переїзду сільськогосподарської техніки, за конструкцією схожі на зливоспуски, хоча їх часто виділяють в окрему групу. Такі переїзди являють собою труби, які укладені горизонтально по дну каналу і засипані зверху шаром грунту. Найчастіше застосовуються бетонні, залізобетонні чи азбестоцементні труби круглого поперечного перерізу заводського виготовлення. На виході влаштовують оголовки аналогічно зливоспускам.