

ЗМІСТ

Вступ	4
РОЗДІЛ 1. Підземні канали і тунелі	5
1.1 Конструкції підземних каналів і тунелів	5
1.2 Особливості розрахунку каналів і тунелів	10
РОЗДІЛ 2. Залізобетонні підпірні стіни	15
2.1 Конструкції залізобетонних підпірних стін	15
2.2 Особливості розрахунку підпірних стін	18
РОЗДІЛ 3. Мости та мостові переходи	19
3.1 Основні поняття та класифікація мостів	22
3.2 Вибір місця розташування мостового переходу в місті	22
3.3 Розташування міських мостів в профілі	28
3.4 Призначення кроку та ширини міських мостів	34

ВСТУП

У другій частині навчального посібника надані загальні відомості про підземні канали і тунелі, підпірні стіни, мости та мостові переходи, розглядаються особливості проектування основних несучих елементів конструкцій цих споруд. Також приведені контрольні питання з розглянутих тем, перелік використаної літератури і джерел, які рекомендуються для самостійного та більш глибокого засвоєння студентами матеріалу дисципліни, а також приклад розрахунку конструкцій підземного тунелю.

У першому розділі розглядаються підземні канали і тунелі, що застосовуються в багатьох містах, особливості їх конструкції та роботи під навантаженням, а також методика розрахунку елементів їх конструкцій.

У другому розділі розглядаються принципи розрахунку і особливості конструювання елементів конструкцій залізобетонних підпірних стін. Підпірні стіни широко застосовуються в міському будівництві при вертикальному плануванні та інженерній підготовці міських територій.

Третій розділ присвячений мостам і мостовим переходам – найбільш складним з інженерної точки зору та відповідальним спорудам не стільки за розрахунком, але й з планувально-містобудівних міркувань. Особлива увага приділяється вибору місця розташування мостового переходу в плані та профілі, а також призначенню кроку та ширини міських мостів.

У додатку наведено приклад розрахунку монолітного залізобетонного транспортного тунелю, результати якого використовуються для підбору робочої арматури і конструювання елементів конструкції тунелю.

Навчально-методичний посібник призначений для студентів спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія денної та заочної форм, що навчаються за освітньою програмою «Міське будівництво та господарство», а також для фахівців, які займаються питаннями проектування міських інженерних споруд і окремих конструкцій широкого призначення.

РОЗДІЛ 1

ПІДЗЕМНІ КАНАЛИ І ТУНЕЛІ

1.1 Конструкції підземних каналів і тунелів

Підземні канали і тунелі на територіях промислових і цивільних об'єктів виконують переважно неглибокого закладення. Вони призначені для прокладки магістральних тепло-, газо-, паро-, нафто-, маслопроводів, а також для міських інженерних мереж водопостачання та каналізації, електрокабелів, промислових мереж стисненого повітря, інших газоподібних і рідких речовин тощо.

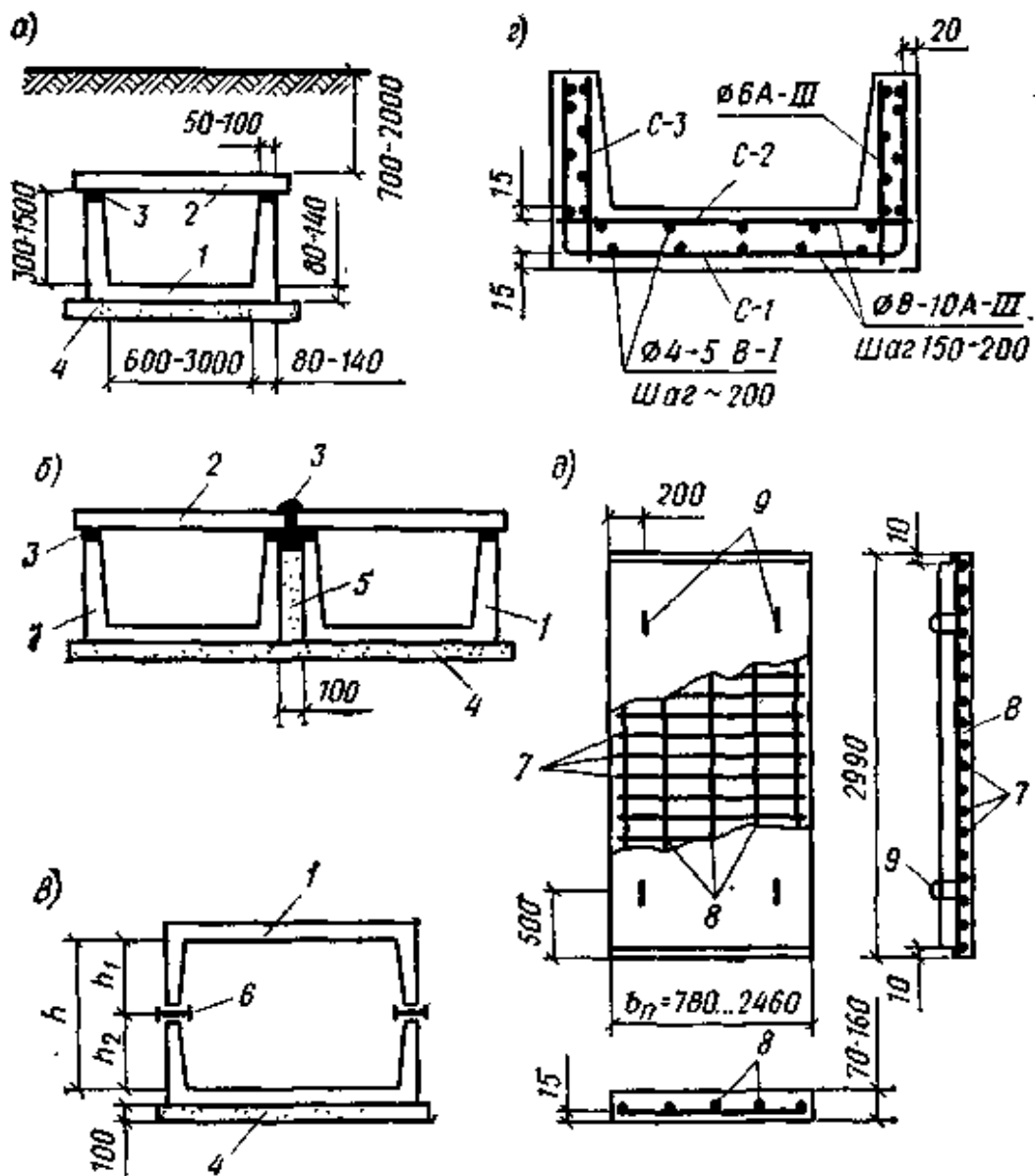
Канали роблять непрохідними або напівпрохідними з внутрішньою висотою «у світлі» не більше 1,5 м. Тунелі влаштовують прохідними з внутрішньої висотою не менше 1,8 м. Їх нерідко використовують для переходу людей і транспортування вантажів.

Тунелі укладають з поздовжнім ухилом для стоку випадкових вод, обладнують освітленням, вентиляцією, сигналізацією, протипожежними та іншими пристроями.

Покриття підземних каналів і тунелів розташовують нижче поверхні землі не менше ніж на 0,7 м (а до низу дорожнього покриття – не менше 0,5 м). По довжині каналів і тунелів влаштовують деформаційні шви в місцях примикання їх до камер і компенсаційних ніш, на межах різкої зміни ґрунтових умов, а на прямих ділянках – не більше ніж через 50 м.

Найменші витрати коштів і матеріалів виходять при будівництві залізобетонних каналів і тунелів (порівняно з цегляними або бетонними), а найменші трудові витрати й терміни зведення – при будівництві їх в збірному залізобетоні.

Типові конструкції каналів із застосуванням збірних залізобетонних лотків і плит (за серією 3.006-2) показані на рис. 1.1.



- а) розташування та конструкція односекційного каналу;
- б) конструкція двосекційного каналу;
- в) конструкція каналу із застосуванням лише лотків;
- г) схема армування поперечного перерізу лотка;
- д) схема армування плити.

Рисунок 1.1 – Типові конструкції збірних залізобетонних каналів:
 1 – лоток; 2 – плита; 3 – замонолічування закладних деталей; 4 – бетонна підготовка; 5 – бетонне заповнення між секціями; 6 – закладні деталі; 7 – поперечна арматура плити; 8 – поздовжня арматура плити; 9 – монтажні петлі

Для скорочення числа типорозмірів лотків їх передбачають тільки певних розмірів:

- ширина «в світлі» – від 0,3 до 2,4 м з кроком 300 мм, а також 3 м;
- висота «в світлі» – 300, 450, 600, 900, 1200 і 1500 мм;
- довжина (номінальна, тобто з урахуванням товщини монтажних швів) – 3 м та 6 м.

Плоскі плити покриття і днища призначають відповідної ширини з номінальною довжиною 3 м. Крім елементів з основним розміром передбачено добірні елементи довжиною 720 мм.

З лотків і плит компонують односекційні канали з розміщенням лотків днищем униз (див. рис. 1.1, а) або днищем угору, а також двосекційні канали (див. рис. 1.1, б). Використовуючи тільки лотки (без плит), можна компонувати канали й тунелі за схемою, що показана на рис. 1.1, в (односекційні). Також їх можна робити двосекційними, об'єднуючи односекційні подібно компонуванню за схемою, що показана на рис. 1.1, б.

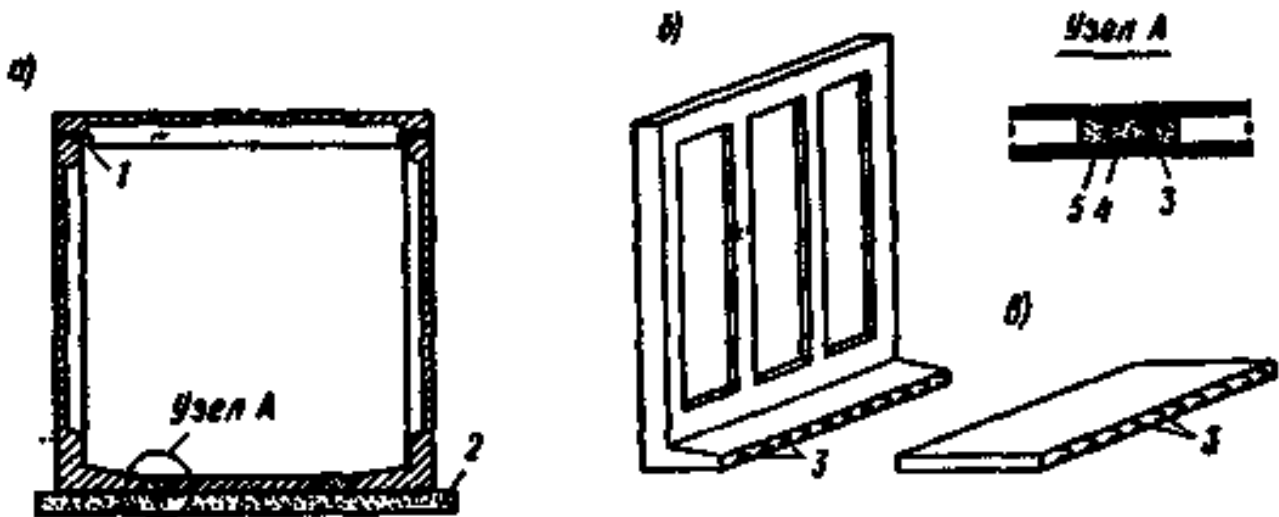
Верхні та нижні лотки поєднують в єдину конструкцію зварюванням на монтажні закладних коротишів із швелеру, що розташовуються у товщі поздовжніх швів. Лотки в каналах у поздовжньому напрямку вкладають без перев'язки торцевих швів лотків, а в тунелях – із перев'язкою.

У тунелях і напівпрохідних каналах передбачаються входи для людей і монтажні прорізи за розміром встановленого обладнання.

Уніфіковані збірні конструкції, що використовуються тільки для тунелів, розроблено для трьох конструктивних рішень (за серією 3.006-3):

- для односекційних тунелів із застосуванням куткових стінових елементів у поєднанні з плитами покриття та днища (рис. 1.2);
- для двосекційних тунелів з додатковим рядом проміжних колон і поздовжніми прогонами по них (рис. 1.3, а);
- для односекційних тунелів із об'ємних блоків (рис. 1.3, б).

Для тунелів з кутковими стіновими елементами передбачені габаритні



- а) конструкція збірного односекційного тунелю;
- б) кутковий ребристий стіновий елемент;
- в) плита днища.

Рисунок 1.2 – Типова конструкція тунелю з кутковими стіновими елементами:
 1 – замонолічування закладних деталей; 2 – бетонна підготовка; 3 – петльові випуски арматури; 4 – поздовжні стержні стику; 5 – замонолічування стику

розміри тунелів:

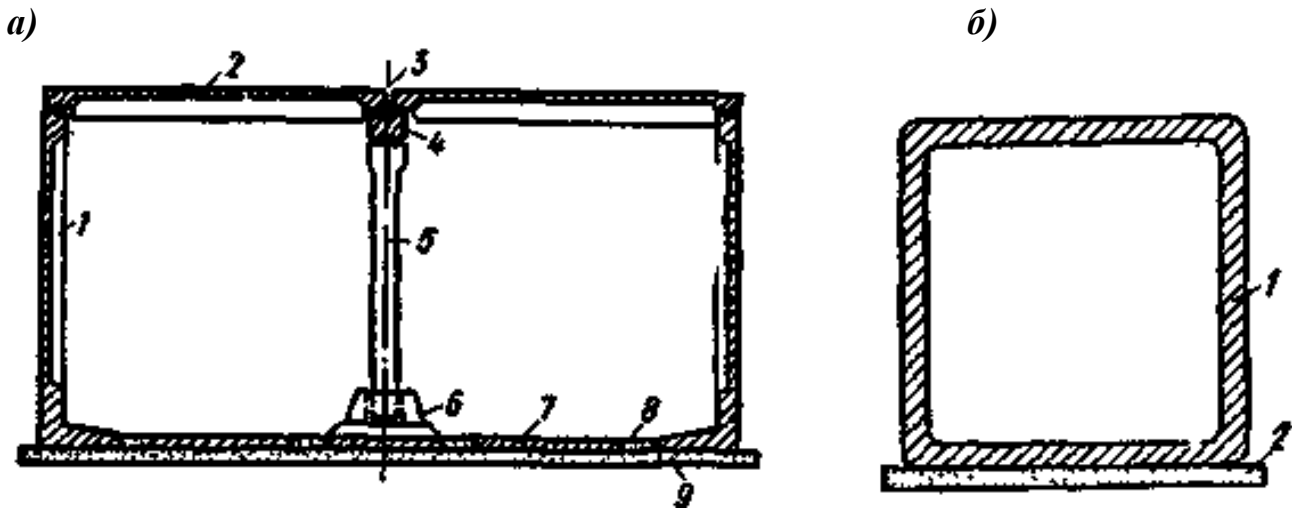
- висота – 2100, 2400, 3000 і 3600 мм;
- ширина – 1,5, 1,8 і 2,1 м для односекційних, а також 2,4, 3, 3,6 і 4,2 м як для одно-, так і для двосекційних.

Для тунелів з об'ємних блоків прийняті розміри:

- висота – 2100, 2400, 3000 мм;
- ширина – 1,5...3 м.

Існують розроблені конструкції тунелів для випадків їх розміщення:

- під автодорогами – на глибині до верху тунелю 0,5...6 м;
- під залізничними коліями – на глибині від низу шпал до верху тунелю 1...4 м;
- всередині виробничих будівель – на глибині до 6 м.



- а) конструкція збірної двосекційного тунелю;
 б) односекційний тунель із об'ємних блоків.

Рисунок 1.3 – Типові конструкції збірних залізобетонних тунелів:

1 – кутковий стіновий елемент; 2 – плита покриття; 3 – замонолічування стику;
 4 – поздовжній прогін; 5 – додаткова колона; 6 – опорна частина колони; 7 –
 плита днища; 8 – стик; 9, 2' – бетонна підготовка; 1' – об'ємний блок

Односекційні збірні залізобетонні тунелі (див. рис. 1.2) монтують з двох куткових елементів, стінова частина яких приймається ребристою, ребристих плит покриття і суцільних плит днища. Збірні стінові елементи та плити днища з'єднують в єдину конструкцію жорстким стиком по всій їх довжині, для чого передбачають у збірних елементах зустрічні петльові випуски робочої арматури (стик Передерія), всередині яких розміщують на монтажі арматурні стержні та замонолічують бетоном класу не нижче С20/25 . Плити покриття виготовляють з ребрами, що мають на опорах підрізи для сприйняття бічного тиску стін.

У двосекційних тунелях (див. рис. 1.3, а) проміжна опора утворюється з прогону, колон і опорних фундаментних блоків. Двосекційний тунель також може бути виконаний з двох односекційних тунелів, розміщених поруч.

Номінальна довжина основних стінових елементів (уздовж тунелю)

прийнята 3 м.

Тунелі (див. рис. 1.3, б), що виконані з об'ємних блоків, мають номінальну довжину 1,5, 2,4 і 3 м. З'єднання блоків за довжиною виконується «у чверть» по стінах і днищу та зі шпонками по покриттю.

У ґрунтах природної вологості тунелі зверху покривають обклеювальною гідроізоляцією з двох шарів ізолю на бітумі. Зверху її захищають шаром цементного розчину товщиною 30 мм. Стіни обмазують гарячим бітумом.

При наявності ґрунтових вод необхідно влаштовувати обклеювальну гідроізоляцію днища та стін на висоту 0,5 м вище розрахункового рівня ґрунтових вод. Під днищем каналів і тунелів ґрунт трамбується та по ньому влаштовують для каналів – піщану підсипку, а для тунелів – бетонну підготовку. Всі монтажні шви збірних елементів каналів і тунелів заповнюють цементно-піщаним розчином.

1.2 Особливості розрахунку каналів і тунелів

Збірні елементи каналів і тунелів виконують з бетону класу не нижче С20/25, армують зварними сітками з арматури класу А400С та звичайної дроту класу Вр1.

Канали і тунелі неглибокого закладення зводять відкритим способом. У цьому випадку розрахункове навантаження від ґрунту на покриття та стіни – вертикальне p_1 і горизонтальне p_2 – визначають за формулами:

$$p_1 = p_{k1}\gamma_f = \gamma_f \rho h; \quad p_2 = p_{k2}\gamma_f = p_1 \operatorname{tg}^2(45^\circ - 0,5\varphi),$$

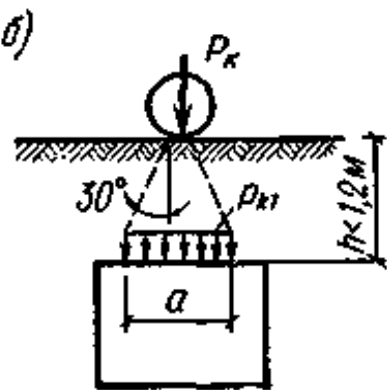
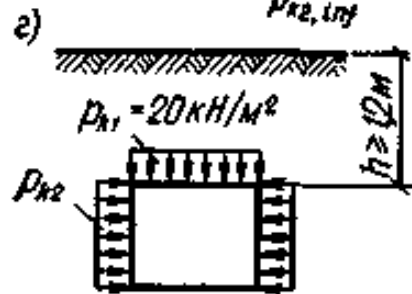
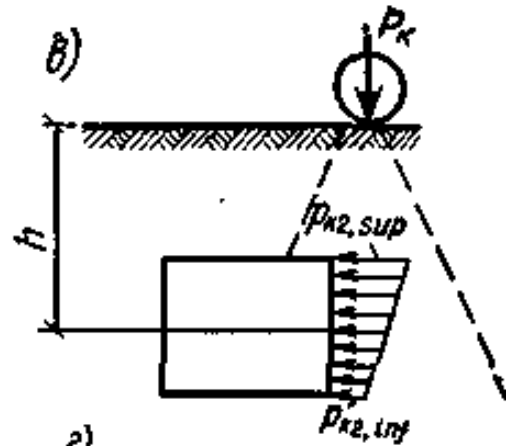
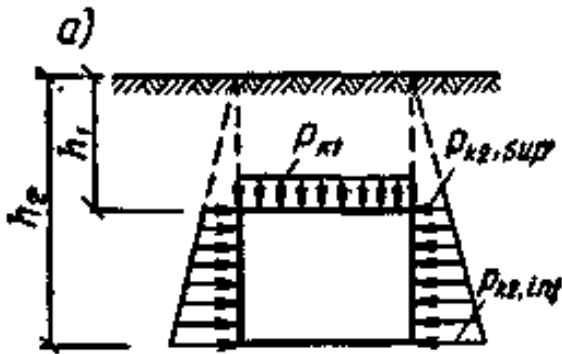
де h – відстань від поверхні ґрунту, м;

ρ – навантаження від одиниці об'єму ґрунту, що в залежності від виду ґрунту та його вологості дорівнює 16...20 кН/м³;

γ_f – коефіцієнт надійності за навантаженням, що усереднено приймається рівним 1,2;

φ – нормативний кут внутрішнього тертя ґрунту, що в залежності від його виду приймається в межах 25...45°.

Можливі випадки розподілу навантажень, що застосовуються для будь-яких їх видів, на елементи конструкції каналів і тунелів показано на рис. 1.4.

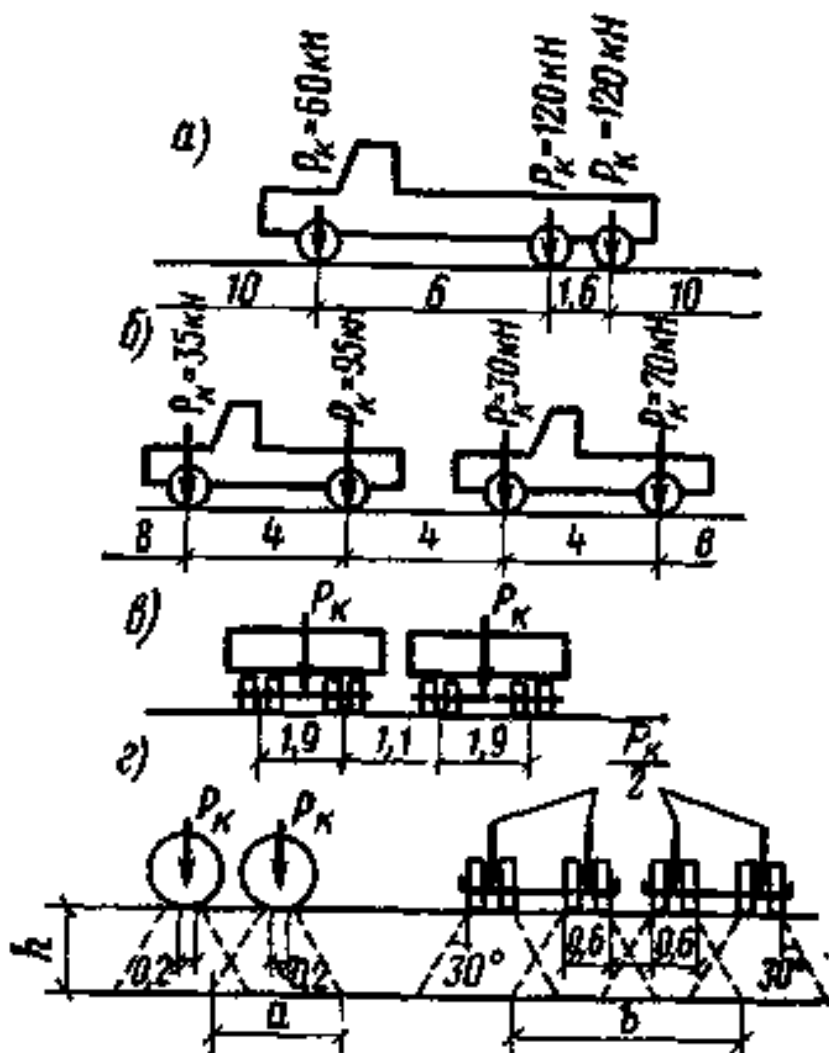


- а) загальний випадок розподілу навантажень;
- б) навантаження, що діє у межах покриття;
- в) навантаження, що приходить лише на стійку;
- г) розподіл при відстані від поверхні 1,2 м та більше.

Рисунок 1.4 – Розподіл навантажень в елементах конструкцій каналів і тунелів

У розрахунках конструкцій каналів і тунелів обов'язково враховується тимчасове навантаження на поверхню землі від автомобільного транспорту.

Для тунелів під автомобільними дорогами приймають навантаження від двох колон тривісних автомобілів – з максимальним тиском на вісь $P_k = 120$ кН (рис. 1.5, а), в інших випадках враховують навантаження від однієї колони двовісних автомобілів – з максимальним тиском на вісь $P_k = 95$ кН (рис. 1.5, б). При цьому враховують коефіцієнт надійності за навантаженням $\gamma_f = 1,4$. Таким чином, розрахункове навантаження від коліс складає $P = 1,4 \cdot P_k$.



- а) схема навантаження від тривісного автомобіля;
- б) схема навантаження від двовісних автомобілів;
- в) схема навантаження від двох колон автомобілів;
- г) передача навантажень від коліс на покриття каналу або тунелю.

Рисунок 1.5 – Навантаження на поверхню землі від автомобільного транспорту

Відстань між колесами автомобілів у поперечному напрямку приймають за схемою, що наведено на рис. 1.5, б. Опорну площадку одного колеса приймають рівною 0,2 м в поздовжньому та 0,6 м в поперечному напрямку (див. рис. 1.5, г).

Тиск зосередженого навантаження, прикладеного до поверхні землі, розподіляється в ґрунті під кутом 30° до вертикалі (див. рис. 1.5, г), а в межах товщі дорожнього покриття – під кутом 45° .

Вертикальний тиск на глибині від поверхні землі $h < 1,2$ м визначають за формулою:

$$p_1 = P / a \cdot b ,$$

де a і b – розміри площі тиску на глибині h (див. рис. 1.4, б, рис. 1.5, г).

При $h > 1,2$ м тиск від автомобілів приймають у вигляді вертикального навантаження нормативного значення $p_{kl} = 20 \text{ кН/м}^2$ з коефіцієнтом надійності за навантаженням $\gamma_f = 1,4$.

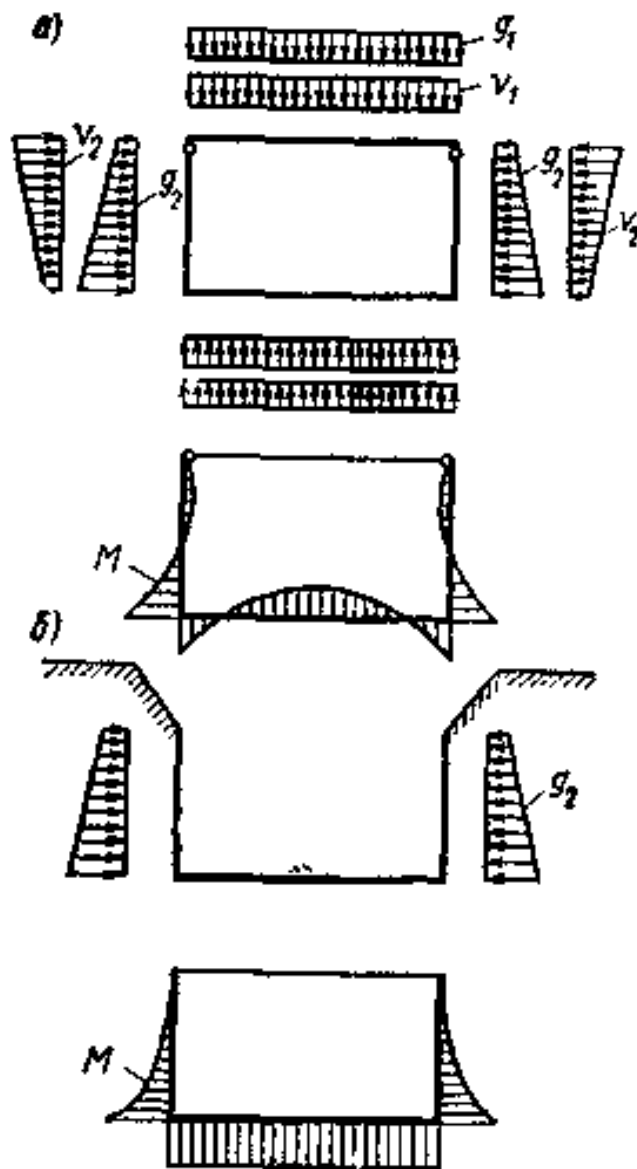
Горизонтальний тиск ґрунту при навантаженнях на поверхні в обох випадках визначають за другою формулою для p_2 з розподілом, зображеним на рис. 1.4, в залежності від місця розташування навантажень.

У підземних спорудах все вертикальне навантаження від перекриття та стін врівноважується реактивним тиском ґрунту, який вважають рівномірно розподіленим під подошвою днища.

Плити покриття каналів і тунелів розраховують за однопрогоною балочною схемою з шарнірними опорами. Стіни, жорстко з'єднані з днищем в

односекційних каналах і тунелях за схемами, зображеними на рис. 1.6, розраховують як П-подібну перевернуту раму з розпіркою (рис. 1.6, а) . При знятому перекритті (наприклад, у періоді монтажу або ремонту) раму розраховують без верхньої розпірки (рис. 1.6, б).

Конструкцію тунелю з об'ємних блоків (див. рис. 1.3, б) розраховують за схемою замкнутої рами на вказані вище дії постійних g_i і тимчасових навантажень v_i .



а) на стадіях проектування та експлуатації;

б) на стадіях монтажу, ремонту або реконструкції.

Рисунок 1.6 – Розрахункові схеми каналу або тунелю:

g_i – постійні навантаження; v_i – тимчасові навантаження;

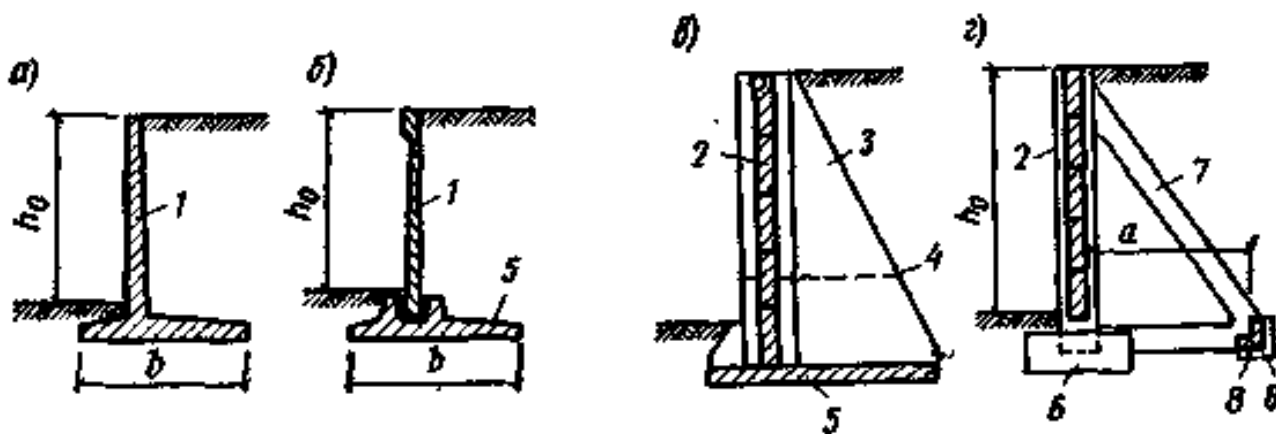
M – епюри згинальних моментів

РОЗДІЛ 2

ЗАЛІЗОБЕТОННІ ПІДПІРНІ СТІНИ

2.1 Конструкції залізобетонних підпірних стін

Залізобетонні підпірні стіни у порівнянні з кам'яними та бетонними є більш економічними. Їх застосовують переважно збірними. Розрізняють підпірні стіни куткові, з контрфорсами, анкерні (рис. 2.1).



- а) куткова з єдиних блоків;
- б) куткова зі збірних елементів;
- в) стінка з контрфорсами;
- г) анкерна підпірна стіна.

Рисунок 2.1 – Конструкції залізобетонних підпірних стін:

1 – стінова панель; 2 – панель-вкладиш; 3 – контрфорс; 4 – горизонтальні поздовжні ребра; 5 – опорна плита; 6 – фундамент; 7 – рама; 8 – анкерна балка

Куткові стіни застосовують, якщо повна висота підпірної стіни не перевищує 4,5 м. При більшій висоті більш економічними є анкерні стіни або стіни з контрфорсами.

Куткові підпірні стіни можуть виготовлятися у вигляді єдиних блоків довжиною 2...3 м (рис. 2.1, а).

Існують розроблені типові конструкції збірних куткових підпірних стін, що складаються з двох елементів: стінової (лицевої) панелі та фундаментної плити (рис. 2.1, б). Передбачено висоти підпору ґрунту h_0 , що дорівнюють 1,2...3,6 м з кроком 0,6 м. Номінальна довжина стінових панелей приймається 3 м, фундаментних плит – 3,0 і 1,5 м; ширина підшви b прийнята рівною 2,2; 2,5; 3,1 і 3,7 м. Враховано можливість встановлення фундаментної плити з нахилом підшви до 7° у бік масиву, що підпирається, для підвищення стійкості підпірної стіни проти зсуву.

В інших типах підпірних стін (рис. 2.1, в, г) огороження утворюється зі збірних стінових панелей, закладених у пази контрфорсів або рам. Контрфорси конструюють складеними з 2...3 частин. Їх встановлюють з кроком 2...3 м на збірні елементи опорної плити, з якою з'єднують зваренням металевих закладних деталей.

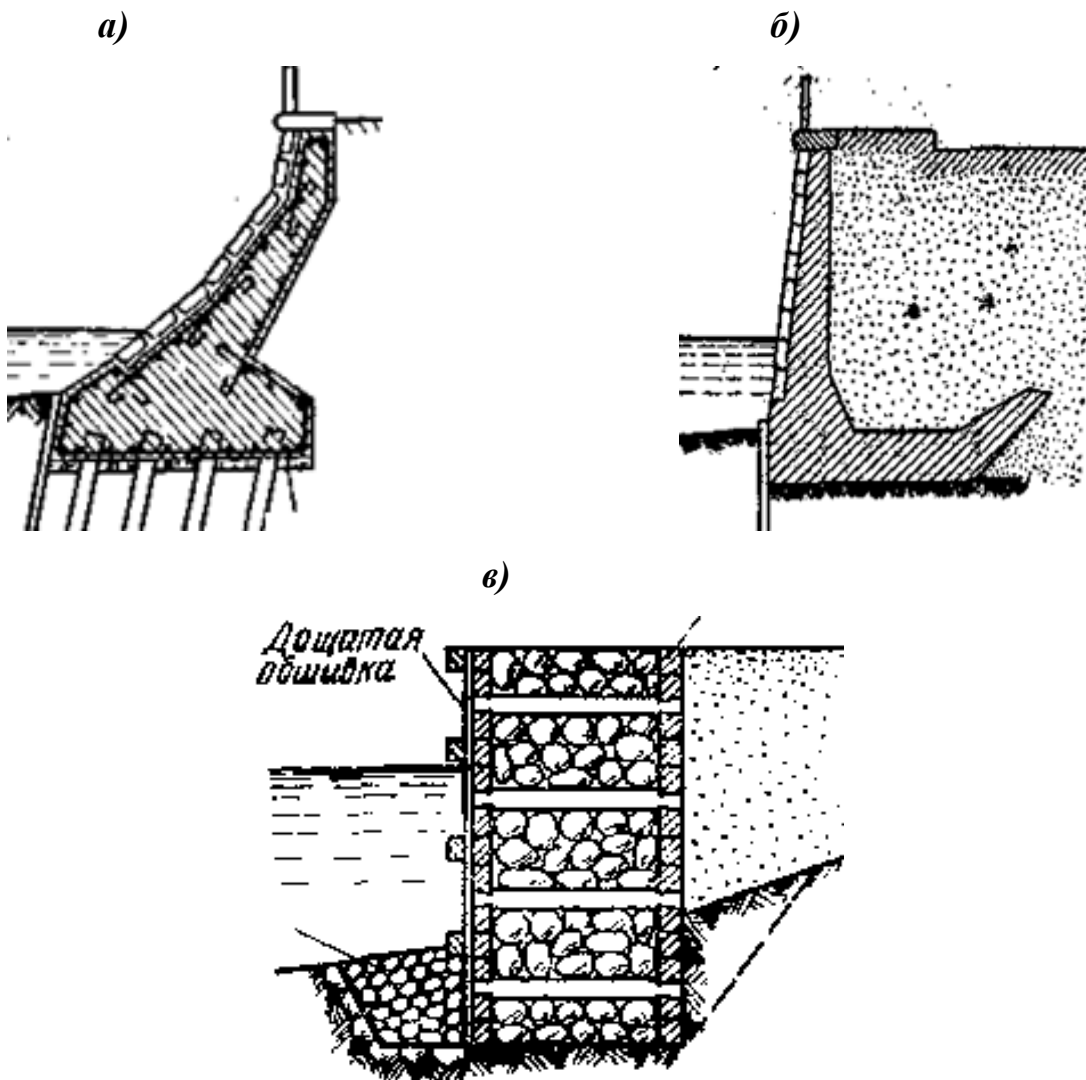
Рами анкерних підпірних стін розміщують через 4...5 м одна від іншої, спираючи їх на окремі фундаменти. Анкерна балка призначена для утримування всієї конструкції проти зсуву під впливом горизонтального тиску ґрунту. Відстань a (див. рис. 2.1, г) приймається рівною 0,3...0,6 висоти підпору h_0 , якщо ґрунт має кут природного відкосу в межах $30...45^\circ$.

Також зустрічаються інші конструктивні рішення підпірних стін:

– зі зворотним ухилом стінової панелі, що підвищує стійкість стіни проти зсуву в горизонтальному напрямку (рис. 2.2, а);

- з анкерним зубом нижче підшви опорної плити (рис. 2.2, б);
- з розвантажувальними майданчиками, що влаштовуються на проміжних рівнях висоти стінової панелі з її задньої сторони з метою зменшення ширини опорної плити;
- з ребристими стінами замість гладких для зменшення витрат бетону;
- ряжеві підпірні стіни, що збираються з дрібних балкових залізобетонних збірних елементів в клітини (подібно до дерев'яних ряжів), які заповнюються кам'яною накидкою (рис. 2.2, в) та інші.

За витратами матеріалу ряжеві стіни більш економічні за інші підпірні стіни, але дорожчі за монтажем.



- а) зі зворотним ухилом стінової панелі;
- б) з анкерним зубом нижче підшви опорної плити;
- в) ряжева підпірна стіни.

Рисунок 2.2 – Інші конструктивні рішення підпірних стін

2.2 Особливості розрахунку підпірних стін

Тиск ґрунту на елементи конструкцій підпірних стін, згідно до формул опору матеріалів, залежить від щільності ґрунту γ , кута природного відкосу ґрунту φ , кута нахилу задньої грані підпірної стіни, кута нахилу відкосу засипки вище підпірної стіни. У простому випадку, коли задня грань стіни вертикальна, а поверхня ґрунту над стіною горизонтальна, нормативне значення рівнодіючої горизонтальної тиску ґрунту на 1 м довжини стіни (рис. 2.3) визначається за формулою:

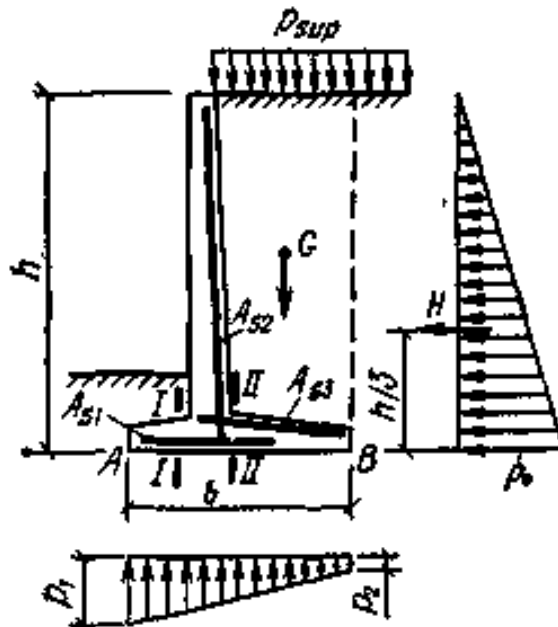


Рисунок 2.3 – Схема навантаження та армування підпірної стіни

$$H = 0,5\gamma h^2 \operatorname{tg}^2(45^\circ - 0,5\varphi).$$

Розподіл тиску ґрунту за висотою стіни приймається прямолінійним (трикутним), тому його рівнодіюча вважається прикладеною на відстані $h/3$ від підшви, а значення інтенсивності в нижній точці дорівнює:

$$p_0 = 2H / h.$$

У звичайних умовах щільність ґрунту γ коливається в межах $1,6 \dots 1,9$ т/м³, кут природного відкосу ґрунту φ – $30 \dots 45^\circ$. Коефіцієнт надійності за горизонтальним тиском на стіну приймається рівним $\gamma_f = 1,2$.

Рівномірно розподілене навантаження p_{sup} , що діє на верхньому рівні ґрунту та приймається з коефіцієнтом надійності $\gamma_f = 1,3$, приводиться до ваги шару ґрунту заввишки $h_{sup} = p_{sup} / \gamma$ та враховується при визначенні рівнодіючої тиску на стіну за формулою:

$$H = 0,5\gamma h^2 \text{tg}^2(45^\circ - 0,5\varphi).$$

Попередньо ширину опорної плити b та її передню консоль приймають такими, щоб найбільше значення крайнього тиску на ґрунт під підшвою

$$\left. \begin{array}{l} P_A \\ P_B \end{array} \right\} = \frac{\sum G}{A} \pm \frac{\sum M}{W}$$

не перевищувало $1,2 \cdot R_0$ при дотриманні умови, щоб середній тиск $p_m = F / N \leq R_0$ та щоб наближено гарантувалася стійкість стіни проти перекидання та ковзання згідно співвідношенням:

$$M_h / M_v \geq 1,5; \quad \sum G\mu / H \geq 1,2.$$

У цих формулах:

M – момент від усіх розрахункових зусиль, діючих на стіну відносно центра ваги підшви;

A, W – відповідно площа та момент опору підшви;

R_0 – умовний розрахунковий тиск на ґрунт;

M_v – перекидаючий момент від тиску ґрунту відносно переднього краю підшви (точка А на рис. 2.3);

M_h – утримуючий момент, який гарантується вертикальними навантаженнями (вагою стіни та ґрунту на її виступах), обчислений відносно тієї ж точки;

ΣG – сума вертикальних навантажень;

μ – коефіцієнт тертя бетону по ґрунту, що приймається в межах 0,3...0,6 залежно від виду та стану ґрунту.

Доцільно, щоб при цьому на краю внутрішнього виступу (точка В на рис. 2.3) тиск на ґрунт мав приблизно нульове значення.

Остаточно розміри підшви і консолі опорної плити підпірної стіни приймають згідно до результатів розрахунку основи за несучою здатністю та деформаціям відповідно до вимог нормативних документів щодо розрахунку основ будинків і споруд [35].

Зовнішній та внутрішній виступи опорної плити розраховують на згинання як консолі, жорстко закріплені відповідно в перетинах I-I і II-II. Зовнішня консоль завантажена тиском ґрунту знизу, а внутрішня – ще й ґрунтом, розташованим вище неї. Розрахункова кількість арматури A_{S1} і A_{S2} розміщується відповідно понизу та поверху опорної плити (див. рис. 2.3).

Від тиску H конструкцію стінової панелі розраховують так само, як консоль, що згинається, яка жорстко закріплена в опорній плиті. Розрахункова кількість арматури A_{S3} розташовується збоку внутрішньої поверхні стінової панелі.

На рис. 2.4 наведено приклад армування підпірної стіни куткового типу.

Робочі стержні об'єднуються в сітки за допомогою монтажної арматури. Для економії арматури частина стержнів розміщується тільки в зонах дії найбільших згинальних моментів. Арматурна сітка С4 встановлюється за конструктивними міркуваннями.

Збірні стінові панелі розраховуються на дію горизонтального тиску ґрунту як плити, що працюють за балковою схемою з прольотом від одного контрфорсу або рами до іншого контрфорсу або рами. Контрфорс розраховується як консоль, жорстко закріплена в опорній плиті. З'єднання збірних елементів розраховуються на сприйняття моментів і зусиль, що передаються через них.

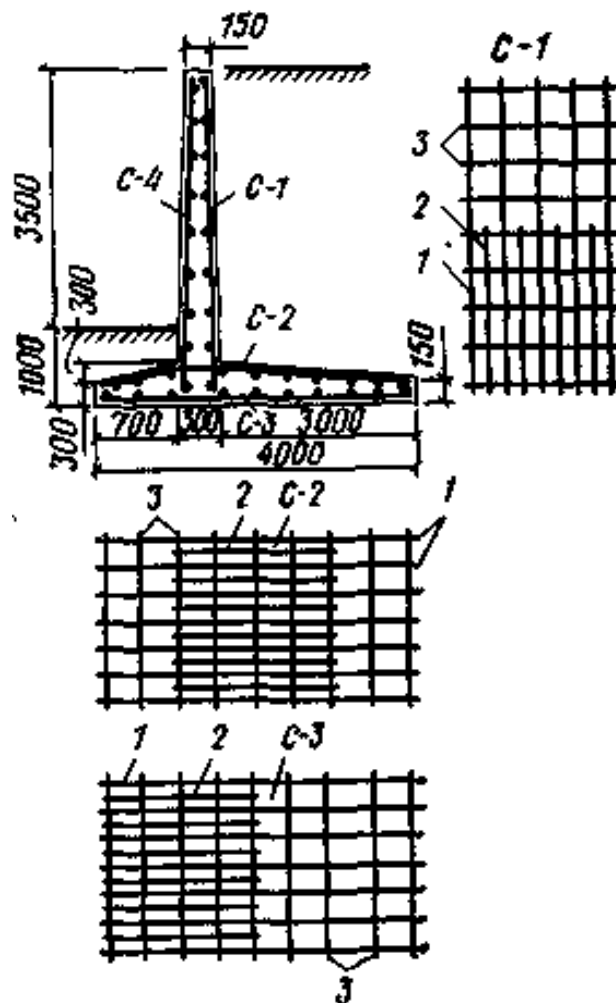


Рисунок 2.4 – Приклад армування куткової підпірної стіни:

1 – робочі стержні на всю довжину елемента; 2 – робочі стержні,

що обриваються; 3 – розподільчі арматурні стержні

РОЗДІЛ 3 МОСТИ ТА МОСТОВІ ПЕРЕХОДИ

3.1 Основні поняття та класифікація мостів

Міст – це споруда, що складається з прольотних конструкцій, які підтримують їздове полотно, та опор, що передають опорний тиск прольотних конструкцій на ґрунт.

Якщо у моста тільки дві опори, його називають однопрольотним, за наявності ж проміжних опор – багатопрольотним (рис. 3.1).

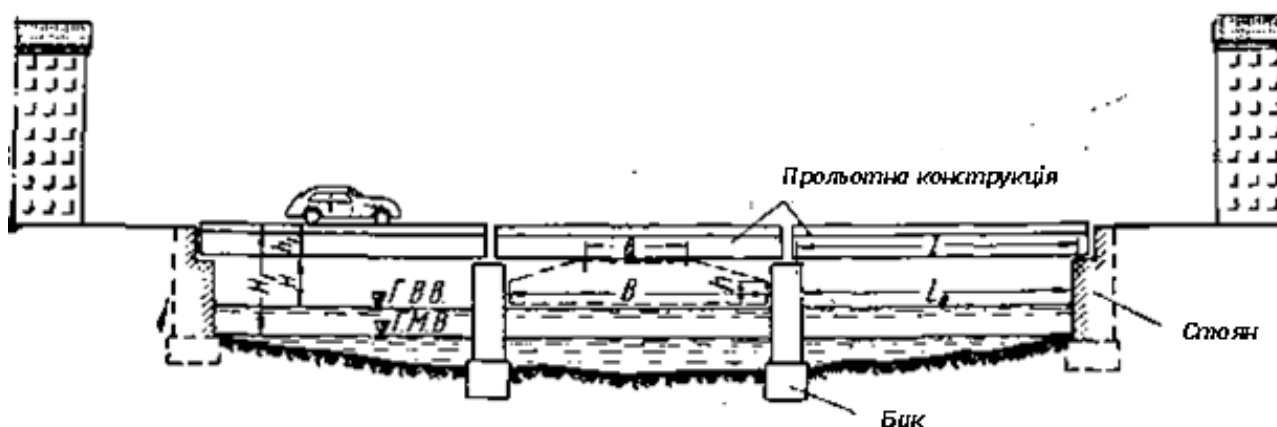


Рисунок 3.1 – Схема багатопрольотного мосту

Крайні опори, розташовані в місцях сполучення моста з берегами, називають стоянами; проміжні опори – биками.

Відстань між центрами опорних точок прольотних конструкцій називають

розрахунковим прольотом.

Рівень води в річках коливається. У більшості річок України, окрім гірських районів, в літній час вода тримається на низькому рівні, який називається горизонт меженних вод (ГМВ). У зимовий час вода стоїть приблизно на тому ж рівні. Найвищий горизонт води, можливий на даній річці при паводках, називається горизонтом високих вод (ГВВ).

Вільна ширина дзеркала води під мостом за ГВВ називається отвором мосту. Для багатопрольотного мосту отвір визначається сумою відстаней у світлі між окремими опорами. Отвір вимірюється за ГВВ.

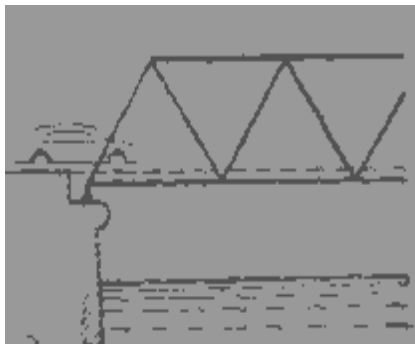
Відстань від поверхні проїзду по мосту до ГМВ називається висотою мосту H_1 . Відстань H від низу прольотної конструкції до ГВВ або до найвищого судноплавного горизонту називається вільною висотою під мостом.

Відстань h_1 від поверхні проїзду по мосту до найнижчих частин прольотної конструкції називається будівельною висотою моста.

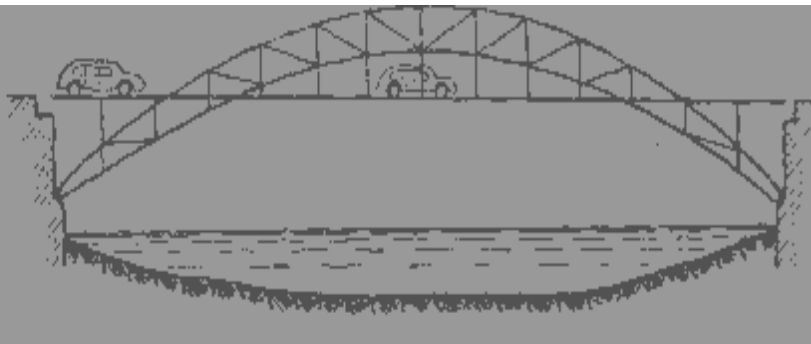
Залежно від розташування рівня проїзду по мосту розрізняються:

- 1) мости з їздою поверху, якщо проїзна частина розташована на верхньому рівні прольотних конструкцій (рис. 3.1);
- 2) мости з їздою понизу, в яких проїзна частина розташована на нижньому рівні прольотних конструкцій (рис. 3.2, а);
- 3) мости із заниженою їздою або їздою посередині, якщо проїзна частина знаходиться в межах висоти прольотних конструкцій (рис. 3.2, б).

а)



б)



- а) з їздою понизу;
- б) з їздою посередині.

Рисунок 3.2 – Види мостів за рівнем проїзду

За матеріалом прольотних споруд мости можуть бути дерев'яні, кам'яні, бетонні, залізобетонні, металеві.

Залежно від виду навантаження розрізняються мости:

- 1) міські, призначені під автомобільний, трамвайний та пішохідний рух у міських умовах;
- 2) автодорожні – під всі види руху, що допускаються по автомобільних дорогах;
- 3) пішохідні – для пропуску тільки пішохідного руху;
- 4) залізничні – для пропуску тільки залізничного руху;
- 5) поєднані – для одночасного пропуску як автодороги, так і залізниці;
- 6) спеціального призначення – для трубопроводів, кабелів тощо.

Залежно від конструктивних особливостей та умов експлуатації мости поділяються на наступні основні види (рис. 3.3, а...в):

- звичайні (високого рівня, рис. 3.1...3.2);
- розвідні (рис. 3.3, а);
- трансбордери або мостові пороми (рис. 3.3, б);
- наплавні (рис. 3.3, в).

Крім мостів, у містах зустрічаються інші види інженерних споруд, конструкції яких аналогічні конструкціям мостів. До них відносяться шляхопроводи (рис. 3.3, г), естакади (рис. 3.3, д) і віадуки (рис. 3.3, е).

Звичайними або мостами високого рівня називають мости, розташовані на такій висоті над водою, при якій вони не перешкоджають пропуску високих вод, а також судноплавству або сплаву. У цих мостах величина H (див. рис. 3.1) має бути більше за величину судноплавного габариту для даної ріки. В разі відсутності на річці судноплавства або сплаву лісу величина H визначається

безпекою пропуску під мостом високих вод.

Для тимчасового транспортного зв'язку на невеликій висоті над ГМВ інколи будують низьководні мости, які не здатні пропускати високі води та при паводках затоплюються або розбираються (демонтуються).

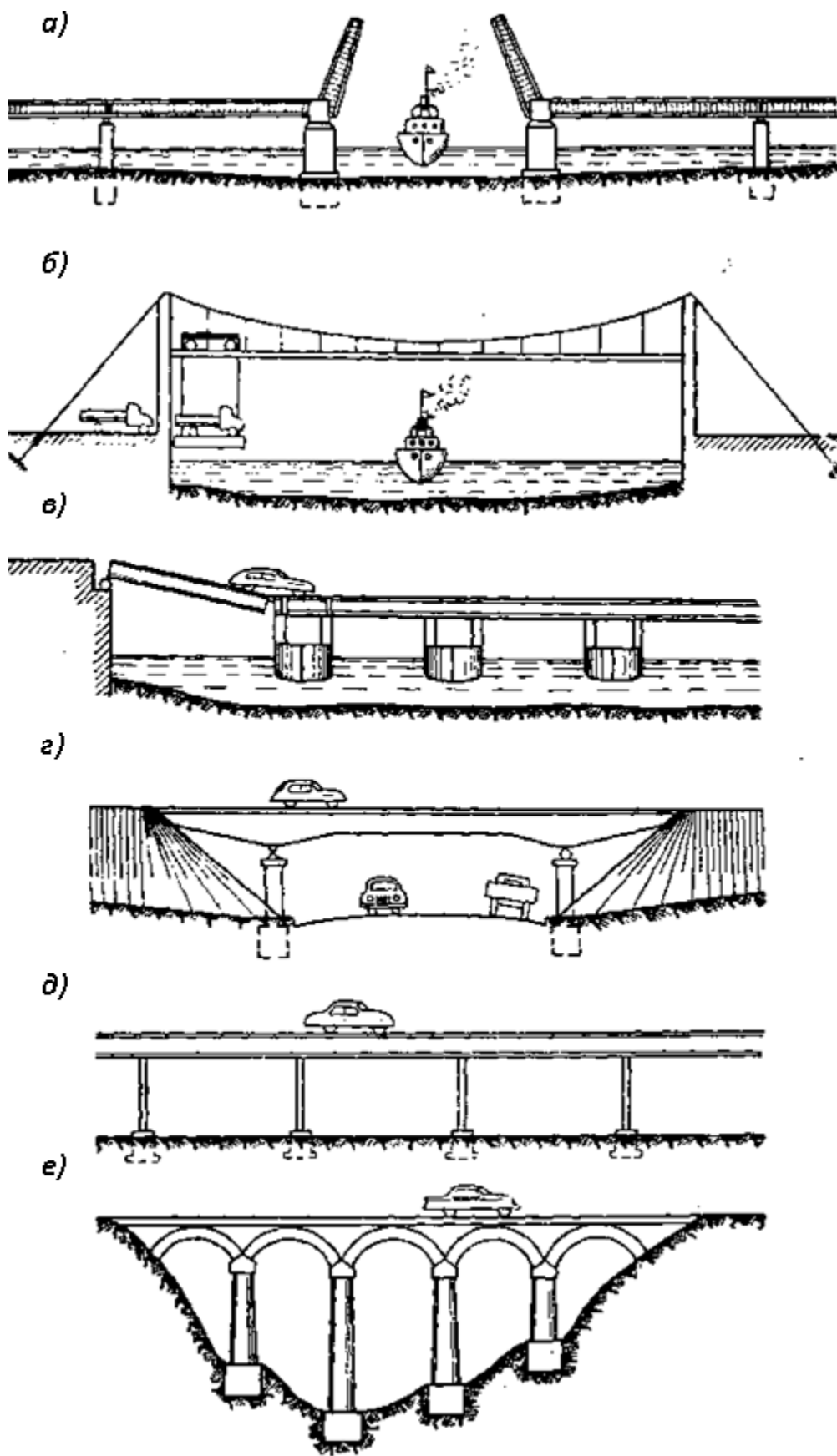


Рисунок 3.3 – Види мостів за конструктивними особливостями

Розвідними називають мости на постійних опорах, що мають рухливі прольотні конструкції, які піднімаються для пропуску суден (див. рис. 3.3, а). Розвідні прольоти влаштовують, якщо висота мосту недостатня для пропуску суден. Основний їх недолік полягає в неминучості перерв руху по мосту при розведеному прольоті та по річці при закритті розвідного прольоту.

Трансбордери або мостові пороми (див. рис. 3.3, б), влаштовуються для перетину широкого водного простору при слабкому русі. Трансбордер – це легка конструкція, що перекидає водну перешкоду та підтримує направляючі, по яких рухається візок з підвішеною платформою для перевезення.

Наплавними називаються мости на плавучих опорах (див. рис. 3.3, в). Вони застосовуються при перетині широких і/або багатоводних річок у випадках, коли будівництво моста на постійних опорах дороге, складне і не виправдовується передбачуваною інтенсивністю руху по мосту. Примітивним способом зв'язку між берегами багатоводних річок є паромна переправа.

Шляхопроводами називаються мостові споруди, призначені для перетину доріг у різних рівнях (див. рис. 3.3, г). Будівництво шляхопроводів в містах пов'язано з необхідністю незалежного пропуску транспорту при взаємному перетині двох вулиць з інтенсивним рухом, автомагістралі з міськими вулицями або при перетині вулиць із залізничними коліями.

Естакадою називається мостова споруда для пропуску руху над поверхнею землі (див. рис. 3.3, д) для того, щоб простір на поверхні землі міг бути використаним для інших цілей. У містах естакади часто влаштовуються для пропуску швидкісного автомобільного руху, метрополітену або залізниці.

Віадуки влаштовуються замість насипів при перетині дорогою глибоких улоговин, ярів або суходолів (див. рис. 3.3, е). При глибині перешкоди 15 м і більше будівництво віадуку виходить значно більш економічним за високий насип.

Мости та аналогічні їм інженерні споруди за конструктивною схемою поділяються на балочні, арочні, рамні та висячі.

Будь-який міст є відповідальною інженерною спорудою та повинен задовольняти низці архітектурно-планувальних, виробничих, експлуатаційних, розрахунково-конструктивних і економічних вимог.

Архітектурно-планувальні вимоги полягають у тому, що розташування моста в плані та профілі має прив'язуватися до генерального плану міста або детальних планів прилеглих районів. Положення мосту має бути зручним для транспортного сполучення між районами, що знаходяться на протилежних берегах, і забезпечувати найменший пробіг транспорту. Крім того, міські мости, як і всі інженерні споруди, повинні мати красивий зовнішній вигляд, що гармонує з архітектурним ансамблем навколишньої забудови. Це досягається чіткістю конструктивної схеми і архітектурного силуету моста. При цьому архітектурні вимоги необхідно пов'язати з конструктивними.

Виробничі та експлуатаційні вимоги полягають у зручному та безпечному русі по мосту. Міст слід розташовувати так, щоб всі види міського транспорту могли їздити по ньому зручно та безперешкодно. Ширина їздового полотна має відповідати розрахунковій пропускній спроможності з урахуванням перспективи зростання руху. Полотно проїзної частини виготовляють з міцного та зручного для руху матеріалу. Має бути передбачене відведення дощової води з поверхні полотна. Схема мосту, величини прольотів і висота прольотної конструкції над горизонтом води в річці мають задовольняти вимогам судноплавства. Конструкція мосту має забезпечувати встановлений термін експлуатації й можливість зручного огляду, технічного обстеження та ремонту її елементів; в той же час зручною для виготовлення й монтажу, такою, що дозволяє максимально механізувати будівельні роботи. Міські мости, як правило, влаштовуються з їздою зверху. Вони краще відповідають виробничим, експлуатаційним, а також архітектурним вимогам, простіші за конструкцією та умовами монтажу. Проїзна частина таких мостів захищає прольотні конструкції від атмосферних опадів. У міських умовах міст з їздою поверху не порушує загального виду навколишньої забудови. У зв'язку з цим в міських мостах їзда

понижу допускається тільки у виняткових випадках, якщо будівництво моста з їздою поверху дороге або неможливе за умовами вертикального планування.

Розрахунково-конструктивні вимоги визначаються тим, що споруда в цілому, а також окремі її елементи мають бути міцними, жорсткими й стійкими. Умова міцності полягає в тому, щоб напруження у всіх елементах і з'єднаннях не перевищували допустимих значень. Стійкість споруди визначається її здібністю зберігати первинну форму та положення при дії будь-яких зовнішніх навантажень. Вимоги до жорсткості споруди полягають в тому, що її деформації при дії навантажень не мають перевищувати допустимих величин. Якщо міст або окремі його елементи недостатньо жорсткі, то при русі можуть виникати значні вібрації, що ослаблюють з'єднання елементів, що може привести до руйнування конструкції. Великі прогини прольотної споруди приводять до шкідливих для конструкції провисань.

Економічні вимоги полягають в необхідності вибору такого проектного рішення, що вимагає найменшої витрати коштів і матеріалів для спорудження мосту при якомога меншому обсязі трудомістких робіт. Проте оцінка економічності споруди тільки за будівельною вартістю недостатня: також необхідний облік експлуатаційних витрат на ремонт і відновлення конструкцій.

3.2 Вибір місця розташування мостового переходу в місті

Вибір місця переходу через річку в місті або на підходах до нього та розташування моста по відношенню до річки залежать насамперед від тієї ролі, яку має міст як елемент вуличної мережі, від характеру планування прилеглих районів, а також від передбачуваної інтенсивності руху міського транспорту.

При виборі місця переходу велике значення мають розміри річки, вимоги судноплавства, а також топографічні та гідрогеологічні умови місцевості.

У містах, розташованих на великих річках, необхідність в будівництві

мосту виникає, якщо місто розташовується на обох берегах або знаходиться на одному березі, але вимагає зв'язку з районами, передмістями, населеними пунктами або промисловими майданчиками, що знаходяться на іншому березі.

При виборі місця переходу через велику річку необхідно враховувати її гідравлічний режим, рельєф місцевості та геологічні умови, які мають настільки велике значення, що розташування мосту доводиться підпорядковувати саме їм. Тому мости, призначені для зв'язку міста з об'єктами, що знаходяться на іншому березі (заріччі), розташовуються на найбільш придатних ділянках річки, навіть у шкоду зручності руху або планувальним міркуванням (рис. 3.4).

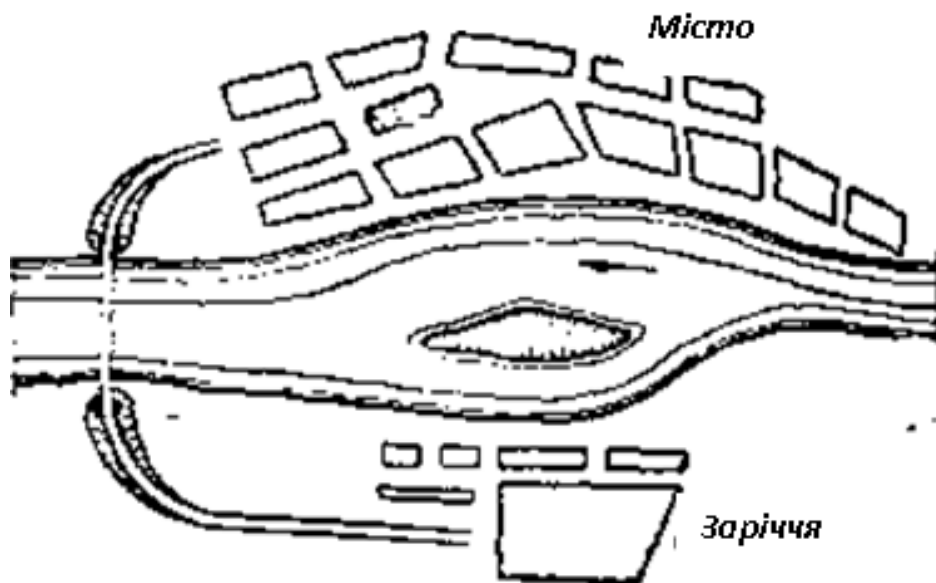


Рисунок 3.4 – Розташування моста на місцевості

Якщо місто розташоване на обох берегах великої річки, планувальні вимоги мають значно більше значення, але гідрогеологічні й топографічні умови все ж залишаються основними. Аналогічно вирішується задача вибору місця переходу річки в невеликих містах і населених пунктах.

Якщо в місці, де передбачається будівництво мосту, міська забудова ще не підійшла до річки або підлягає реконструкції, розташування мостового переходу вибирається таким чином, щоб воно було найбільш сприятливим за

топографічними, геологічними та гідрологічними умовами. Далі планування забудови прилеглих до мосту районів ув'язується з розташуванням мосту.

З точки зору гідравлічного режиму річки, умов безпеки та зручності судноплавства, місце мостового переходу має також задовольняти наступному.

1. Ділянка зі стійким розробленим руслом, без островів, із заплавами найменшої ширини.

2. Напрямок течії під час проходження високих вод має якнайменше відхилятися від напрямку течії вод при меженному горизонті. Цій вимозі більшою мірою задовольняє перетин річок на ділянках плесо (рис. 3.5).

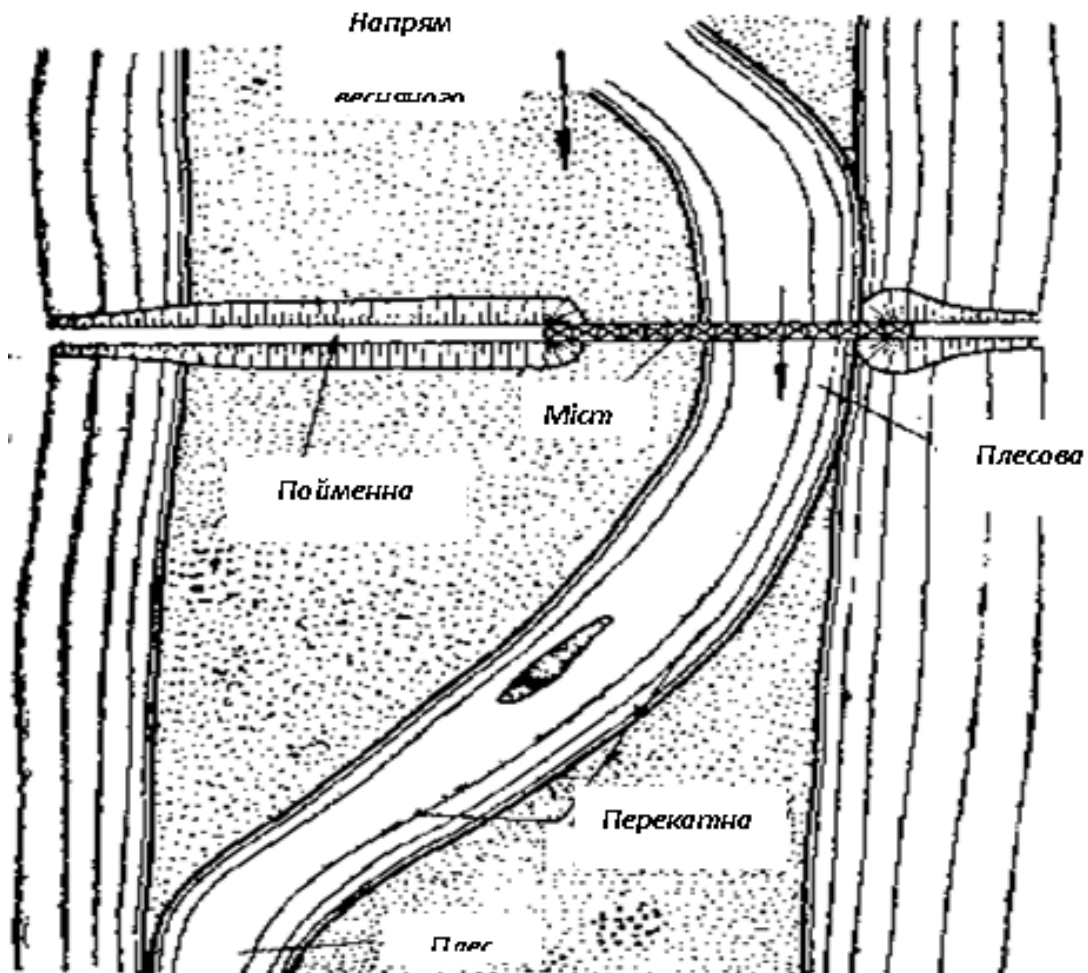


Рисунок 3.5 – Перетин ріки на ділянці плесо

Мостовий перехід прагнуть розташовувати перпендикулярно як головному

руслу, так і долині річки, по якій рухається річковий потік при високому паводку. Для зручності судноплавства бажано, щоб головне русло в місці переходу було прямою ділянкою, довжина якої вище за течією була б не менше подвійної довжини суднового каравану, а нижче за течією – не менше довжини каравану.

3. Міст має бути віддалений від ділянок перекатів річки не менш як на двотрикратну довжину суднового каравану. Його не слід розташовувати на ділянках річки, де судновий хід направлений від одного берега до іншого. При будівництві мостового переходу на ділянці, де напрям головного русла не збігається з напрямом руху високих вод, вісь мосту на судноплавних річках декілька відхилюють від нормалі до основного русла річки у бік зближення з нормаллю до напрямку паводкового потоку. На несудохідних річках вісь моста орієнтують по нормалі до напрямку розливу з деяким відхиленням у бік зближення з нормаллю до головного русла. Це також враховується при проектуванні опор, постійних споруд і підходів до мосту.

4. У великих містах з інтенсивним рухом транспорту, в яких забудова здійснюється по затвердженому плану, розташування мостів повністю підлаштовується під планування міста та вимоги зручності руху. Міст в цих випадках є елементом вуличної мережі та разом з тим – складовою частиною архітектурного ансамблю навколишньої забудови.

5. Мости через широкі багатоводні річки у великих містах розташовують на трасах вулиць, що прямують до річки. Вісь мосту бажано направляти перпендикулярно до річки. Якщо вулиця перетинає річку під гострим кутом, то й міст проектується косим (рис. 3.6). У багатопрольотних косих мостах бики слід розташовувати за напрямом течії.

6. Мости через малі річки у великих містах на користь планування вулиць і організації руху транспорту часто розташовують абсолютно не зважаючи на напрям течії річки, застосовуючи як косі перетини, так і криволінійні.

7. При виборі місця для міського мосту велике значення має зручність

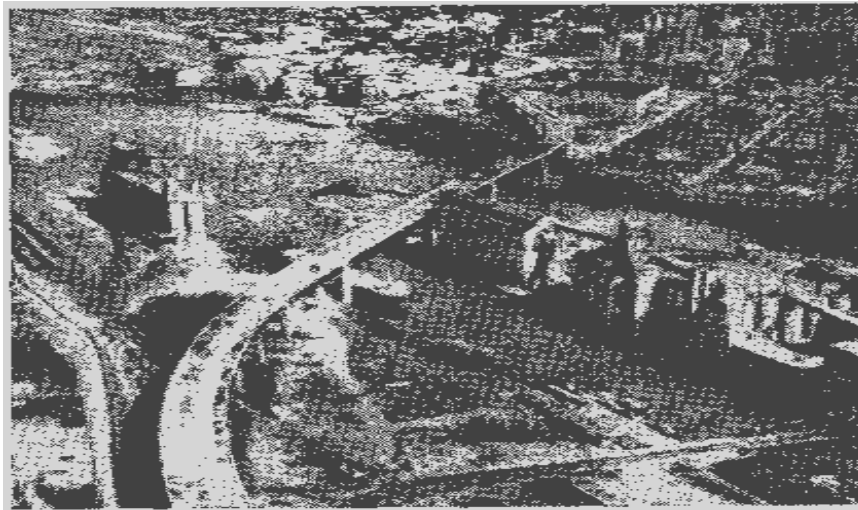


Рисунок 3.6 – Перетин ріки на ділянці плесо

руху по ньому транспорту. Міст бажано розташовувати так, щоб транспортні витрати потоків руху, що проходять через нього, були найменшими.

Задача визначення такого розташування моста може бути вирішена приблизно наступним чином. Якщо відома інтенсивність потоків руху на окремих напрямках в районі розташування мосту, то можна позначити їх через W_1 , W_2 , W_3 , враховуючи для кожного потоку рух в обох напрямках (рис. 3.7). Щоб досягти мосту, транспорт повинен проходити по вуличній мережі відповідну відстань до берега річки, а також відстань вздовж річки до мосту.

Шлях, який проходить транспорт за нормаллю до річки, є змінним і залежить від місця розташування мосту. Натомість шлях, який проходить транспорт паралельно річці, залежить від положення мосту. Робота транспорту при русі через міст і транспортні витрати найменші, якщо сума добутків інтенсивності окремих потоків на відстані, які вони проходять вздовж річки до місця розташування моста, буде мінімальною. Для цього треба вибрати на річці довільну точку й позначити відстані від неї до пунктів, що визначають довжину шляху уздовж річки, що проходить кожний заданий потік руху, через a_1 , a_2 , a_3 . Відстань від крапки O до місця розташування моста позначимо через x .

Роботу транспорту на шляху, який він проходить вздовж річки до місця

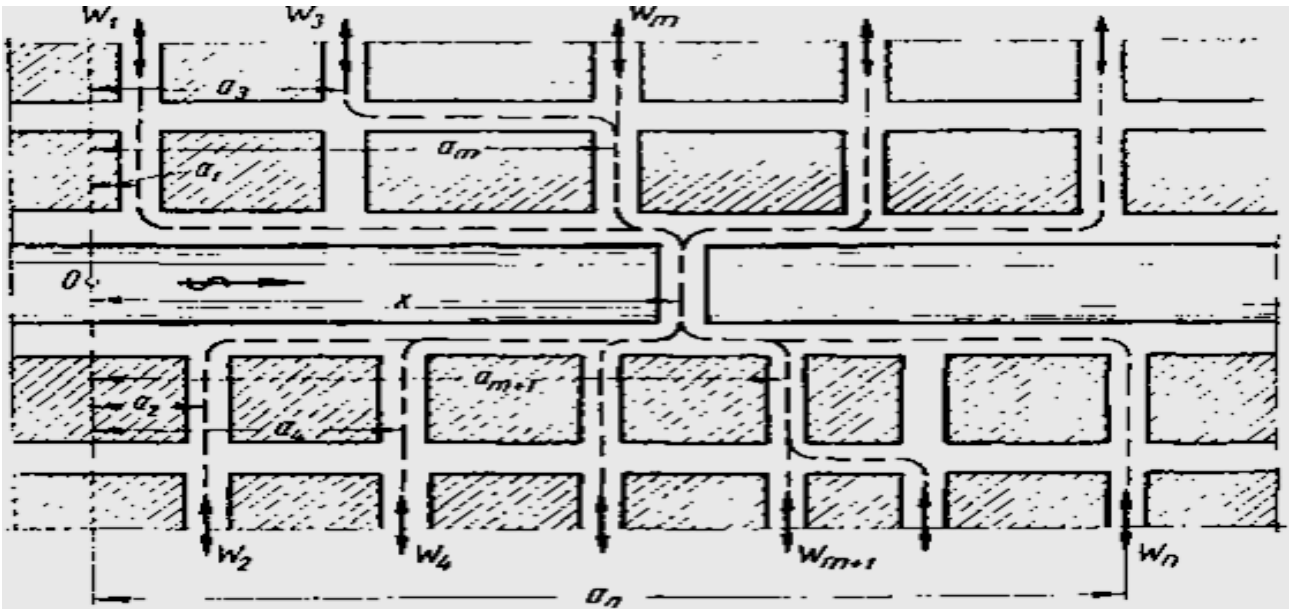


Рисунок 3.7 – Схема потоків міського транспорту в районі розміщення мосту

розташування мосту, можна виразити так – для потоків, що примикають до річки вище за течією:

$$\sum_1^m W_i(x - a_i) ;$$

для потоків, що примикають до річки нижче мосту за течією:

$$\sum_{m+1}^n W_i(a_i - x)$$

Умова мінімуму сумарної роботи транспорту наступна:

$$\frac{d}{dx} \sum_1^m W_i(x - a_i) + \frac{d}{dx} \sum_{m+1}^n W_i(a_i - x) = 0 ,$$

звідки одержується:

$$\sum_1^m W_i = \sum_{m+1}^n W_i .$$

Найвигідніше місце розташування мосту, що забезпечує мінімум транспортних витрат, має задовольняти умові, при якій суми інтенсивності потоків руху з верхової та низової сторін рівні між собою. Міст доцільно орієнтувати за віссю вулиці, найближчої до місця найвигіднішого його розміщення. Наведений вище теоретичний метод не може повною мірою обґрунтувати найбільш доцільне розміщення міського моста на річці.

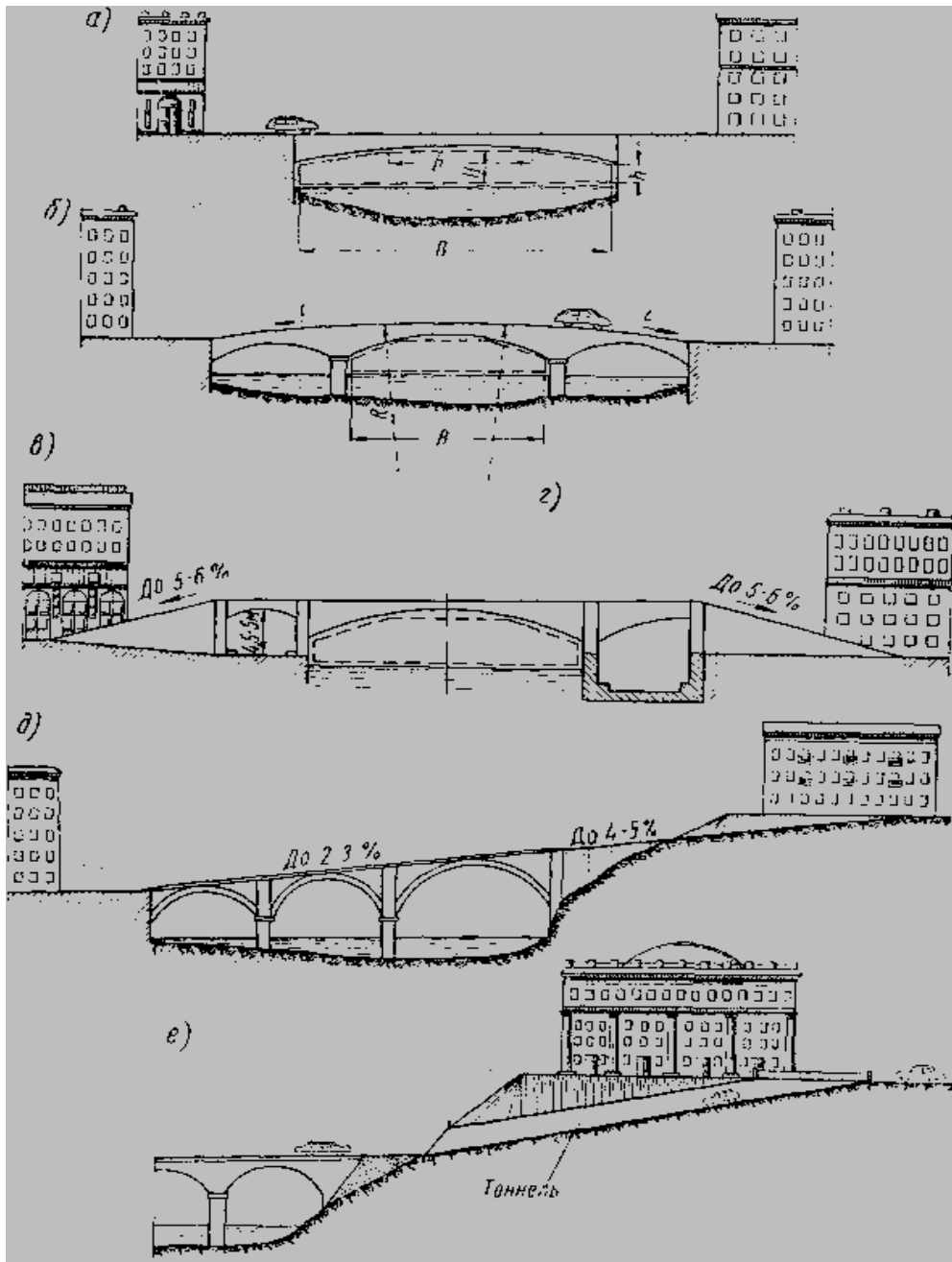
8. У реальних умовах вибір місця мостового переходу в місті залежить від планувальних, архітектурних, транспортних, топографічних, геологічних, гідрологічних та інших чинників. Проте наведене вище теоретичне рішення все ж надає деякі передумови економічного характеру, корисні для вибору раціонального місця мостового переходу в місті.

3.3 Розташування міських мостів в профілі

Розташування міських мостів в профілі, або їх вертикальне планування залежить від низки факторів – рельєфу берегів в місці переходу, розрахункових горизонтів води в річці, що перетинається, вимог судноплавства, умов міського руху і т.д. Залежно від сукупності умов проектування вертикальне планування міського мосту може здійснюватися різними способами.

У випадках, якщо різниця відміток між рівнем набережних і верхом судноплавного габариту достатня для розміщення в цих межах мосту прольотних конструкції, а також якщо рух вздовж набережної невеликий і може бути розв'язаним в одному рівні, міст розташовується в одному рівні з набережними (рис. 3.8, а). З погляду зручності руху транспорту, а також в архітектурному відношенні таке рішення є якнайкращим.

Якщо судноплавний габарит не розміщується під мостом, розташованим в одному рівні з набережними, то міст влаштовується з двобічним схилом (рис. 3.8, б). Поздовжні уклони мосту не мають перевищувати 2...3 %; зустрічні



- а) в одному рівні з вулицями;
- б) з двобічним схилом;
- в) з рампами;
- г) шляхопровід нижче рівня води;
- д) з одnobічним схилом;
- е) з під'їздом у вигляді тунелю.

Рисунок 3.8 – Вертикальне планування міських мостів

уклони мають сполучатися з вертикальною кривою радіусом не менше 400 м.

Якщо вимоги судноплавства примушують підняти міст настільки високо, що розташувати його кінці в одному рівні з набережними неможливо, то доводиться влаштовувати підходи до мосту у вигляді спеціальних похилих в'їздів – рамп (рис. 3.8, в). Їх уклін не має перевищувати 4...4,5 % і лише у виняткових випадках може скласти 5...6 %. Похилі в'їзди на досить велику довжину входять в прилеглі вулиці або передмостові площі. Рух вздовж набережної в цьому випадку пропускають через спеціальні шляхопроводи, при недостатній їх висоті може здійснюватися опускання рівня проїзду по набережній навіть нижче за рівень води у річці (рис. 3.8, г).

Місцеві топографічні умови інколи примушують вдаватися до особливих рішень при вертикальному плануванні мосту. Наприклад, якщо один берег значно вищий за інший, доцільно будівництво мосту з однобічним схилом (рис. 3.8, д). Величина схилу мосту не має бути більше 2...3 %. При високому крутому березу під'їзд може влаштовуватися у вигляді тунелю (рис. 3.8, е) або спрямований вздовж схилу високого берегу та пов'язаний з мостом кривою. У всіх випадках найбільший уклін під'їздів не має перевищувати 4...5 %.

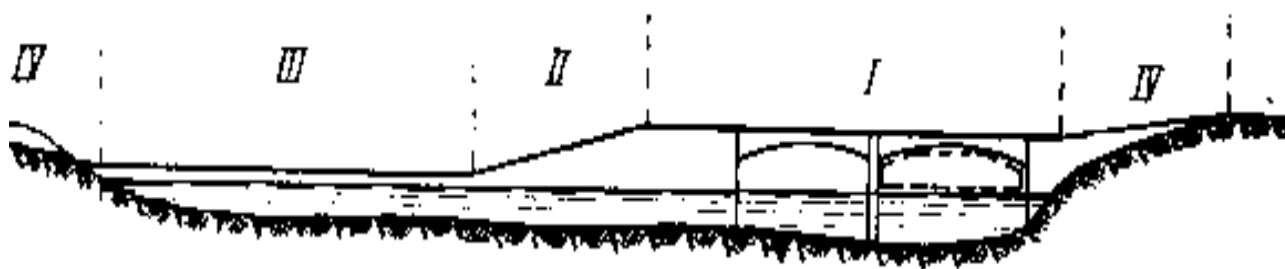


Рисунок 3.9 – Характерні ділянки мостового переходу через широку річку

У випадку будівництва мосту на широкій багатководній річці, коли вибір місця переходу в основному визначається режимом річки, топографічними та геологічними умовами, траса мостового переходу зазвичай має наступні характерні ділянки (рис. 3.9): I – міст; II – спуск з мосту на заправну насип; III –

заплавна насип; IV – спуски з берегів річкової долини на заплавну насип і міст. Відмітка проїзду по мосту залежить від розмірів підмостового габариту та будівельної висоти прольотних конструкцій. Відмітка бровки заплавного насипу повинна підноситися не менше ніж на 0,5 м над розрахунковим високим рівнем води у верхового скосу насипу. Розрахунковий рівень визначається з урахуванням висоти хвилі з набігом, а також наростання горизонту води вздовж насипу від основи моста до границі розливу.

Якщо річкою необхідно пропускати великі судна, а підйом рівня мосту на велику висоту неможливе з планувальних міркувань, то влаштовується розвідний міст. В цьому випадку розвідний проліт розміщують в найбільш зручному для судноплавства місці та призначають йому розміри, що відповідають судноплавним вимогам; відмітку ж проїзду мостом призначають однаковою з відміткою набережних або близькою до неї.

У поздовжньому профілі мостового переходу треба уникати переломів профілю та будівництва увігнутих вертикальних кривих в місцях сполучення мосту з під'їздами. Кінець вертикальної кривої має розташовуватися не ближче 10 м від початку мосту.

Міські мости, особливо короткі, часто розташовують на горизонтальних площадках. Проте для поліпшення водовідводу з проїзної частини моста, що здійснюється на горизонтальній площі тільки за рахунок поперечного схилу, на довгих мостах слід робити одно- або двобічний схил з уклоном не менше 1 %.

У випадках, якщо сполучення мосту з вулицями, що примикають до нього, здійснюється за допомогою передмостових площ, їх поздовжні схили не мають бути більше 2 %, а поперечні – 1...1,5 %.

При вертикальному плануванні з'їздів, які служать для зв'язку мосту з набережними, має приділятися особлива увага вертикальному плануванню. Окремі ділянки з'їздів, на яких відбуваються круті повороти автотранспорту, треба влаштовувати з пологими схилами. На кривих крутих радіусах, за якими проводяться праві повороти з рамп мосту на з'їзди до набережних і при виїзді з

цих з'їздів на рампи мосту, а також на сполученнях з'їздів і набережних, уклони схилів слід приймати у межах 2...2,5 %.

Вертикальне планування міських мостів має не лише забезпечувати зручність руху транспорту та відповідати архітектурно-планувальним вимогам, але й вирішувати питання водовідводу з проїзної частини, тротуарів і під'їздів.

3.4 Призначення кроку та ширини міських мостів

У випадках, якщо у місті проектується єдиний міст, що зв'язує райони, розташовані на різних берегах, а також при будівництві мосту на виходах з міста, ширину його призначають, виходячи з пропускної спроможності вулиці або дороги, на якій передбачається міст.

У випадках, якщо місто розташовується на обох берегах річки, займаючи значну її довжину та якщо потрібний пропуск великих пасажирських і вантажних потоків, виникає необхідність будівництва декількох мостів.

Ширину міського мосту призначають залежно від розрахункового потоку руху з урахуванням перспективи його зростання, при цьому ширину пов'язують з плануванням і шириною вулиць, що примикають до мосту.

Якщо міст перетинає невелику річку та вздовж неї немає набережних, ширину мосту, як правило, приймають рівною ширині вулиці.

Якщо річка широка та міст через неї має значну довжину, ширина мосту може прийматися менше ширини вулиць, що підходять до нього.

Звуження проїзної частини мосту допустимо, тому що забороняється зупинка автотранспорту, й ширина їздового полотна може бути зменшена за цих умов на ширину двох смуг руху. Звуження проїзної частини можливе, якщо ширина її на мосту достатня для пропуску розрахункового потоку руху.

Якщо вулиця, що йде через міст, розташовується в одному рівні з проїздами вповодж набережних, то на передмостових площах має

організовуватися розв'язка взаємно пересічних потоків руху.

При інтенсивному русі по мосту та набережних, а також при примиканні до мосту декількох вулиць, можна влаштувати передмостову площу з нерегульованим безперервним кільцевим рухом.

Виїзди та в'їзди на міст мають розглядатися в кожному конкретному випадку з урахуванням інтенсивності руху, застосовуючи при цьому рампи.

У складних випадках сполучення мосту з прилеглими вулицями розв'язки транспортного вузла можуть бути різноманітними. За всіх умов треба прагнути до такого рішення, щоб пропускна спроможність передмостової площі та виїздів на міст не була менше пропускної спроможності самого мосту.

Ширину проїзду на мосту визначають залежно від виду транспорту, що рухається через нього. Смугу трамвайному руху та ширину тротуарів призначають відповідно до розмірів вулиці, яка примикає до мосту, але при обов'язковому дотриманні встановлених стандартних габаритів.

Залежно від виду руху встановлено наступні габарити міських мостів.

Найменша ширина тротуарів в міських мостах – 1,5 м. При інтенсивному пішохідному русі вона може бути збільшена на величину, кратну 0,75 м. На мостах, де пішохідний рух не передбачений, тротуари можуть бути замінені службовим проходом шириною 0,75 м.

За наявності трамвайного руху під його полотно відводять смугу шириною 6,6...6,8 м (для двох колій) залежно від місця розташування доріг в поперечному перерізі мосту (рис. 3.10, г, д). Повна ширина проїзної частини мосту між бордюрами призначається 13,6; 19,6; 24,6 м – при розташуванні трамвайних колій по вісі мосту, та 13,3; 18,8 або 24,8 м при однобічному.

У мостах, призначених для пропуску тільки трамвайного руху, розміри габариту приймають відповідно до схем, наведених на рис. 3.10, е, ж.

Найменша висота підвіски контактного дроту в мостах з їздою зверху приймається не менше 5,25 м (рис. 3.10, г, ж); в мостах з їздою низом, посередині та під шляхопроводами – не менше 4,2 м.

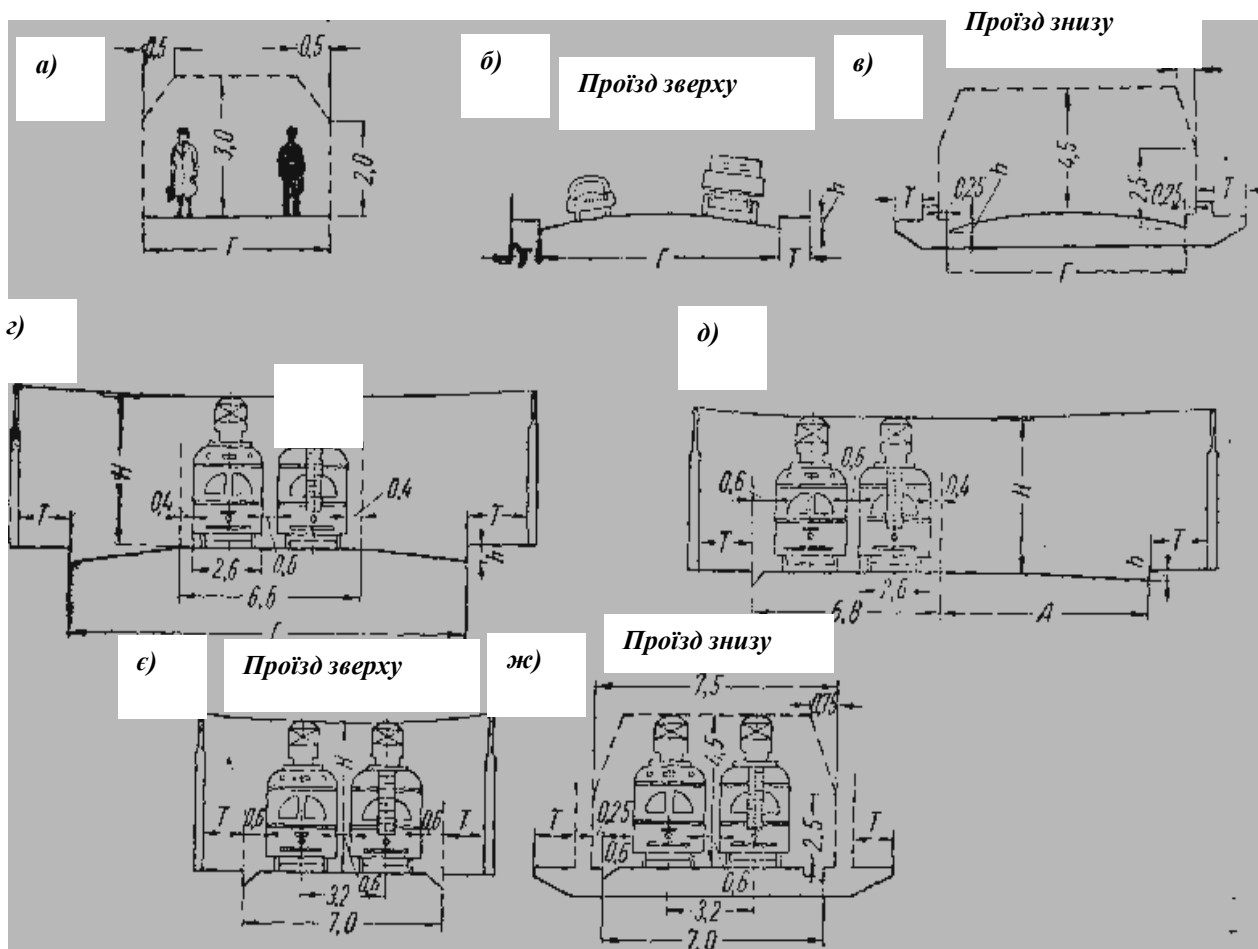


Рисунок 3.10 – Габарити міських мостів

Висота бордюрів з боків їздового полотна за нормами має прийматися рівною 0,20...0,18 м. Проте досвід експлуатації мостів показує, що ця висота (особливо в зимовий час) недостатня для забезпечення безпеки автомобільного руху. Тому на міських штучних спорудах висоту бортів, що захищають їздове полотно, слід приймати більшою – наприклад, на мостах 30 см, на шляхопроводах – 40 см.

Наведені вище габарити мостів з їздою низом можуть бути використані при призначенні основних розмірів міських тунелів.