

**Міністерство освіти і науки України**

**Одеська державна академія будівництва і архітектури**

**Шкрабик Й.В.**

# **Міські інженерні споруди**

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**

**Одеса-2014**

**Міністерство освіти і науки України**

**Одеська державна академія будівництва і архітектури**

**Й.В.Шкрабик**

# **МІСЬКІ ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ**

**Навчальний посібник**

**Одеса 2014**

**Автори:**

**Шкрабик Йосип Володимирович**, кандидат технічних наук, доцент кафедри міського будівництва і господарства Одеського будівельно-технологічного інституту Одеської державної академії будівництва і архітектури

**Шкрабик Й.В.** Міські інженерні споруди: навчальний посібник для студентів всіх форм навчання за напрямком підготовки 0921 (6.060101) – «Будівництво»/ Й.В.Шкрабик, Одеська державна академія будівництва та архітектури – Одеса: ОДАБА, 2014. – с. 106

У навчальному посібнику викладені теоретичні основи пов'язані з упорядкуванням і укріпленням міських набережних. Приводяться різновиди міських підпірних стінок, їх особливості, способи будівництва, а також захист від амосферних і ґрунтових вод.

Важливими міськими конструкціями в містах є мостові споруди і переходи. Розглянуті різновиди міських залізобетонних, металевих, пішохідних, паркових і інших мостів, їх призначення, конструкції, будівництво.

Основна мета – сприяти формуванню у студента свідомості, розуміння необхідності комплексного підходу до рішення завдань застосування міських інженерних споруд в міському будівництві та господарстві.

**Рецензенти:**

**Семко Олександр Володимирович**, зав. кафедрою архітектури і міського будівництва Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка, д.т.н., професор, лауреат премії України, академік Академії будівництва

**Банах Віктор Аркадійович**, завідувач кафедрою «Міське будівництво та господарство» Запорізької державної інженерної академії, д.т.н., професор

**Швец Віталій Вікторович**, доцент кафедри Міського будівництва та господарство Вінницького національного технічного університету, доцент, к.т.н.

**Рекомендовано до видання**

Вченою Радою Одеської державної академії будівництва і архітектури, протокол № від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014

*Гриф надано Міністерством освіти і науки України  
лист № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_*

## ЗМІСТ

<b>Вступ</b>	4
<b>Розділ I. Упорядкування берегової смуги міських територій</b>	6
1. Міські набережні. Конструкції підпірних стінок набережних	6
1.1. Міські набережні. Загальні відомості.	6
1.2. Конструкції підпірних стінок набережних.	10
1.2.1. Дерев'яні огорожі набережних	10
1.2.2. Масивні стінки	11
1.2.3. Залізобетонні стінки	13
1.2.4. Пальові і шпунтові стінки	16
1.2.5. Одягаючі стінки	17
2. Гідроізоляція і відвід води	18
3. Схід з набережних	20
4. Будівництво стінок набережних.	22
<b>Питання для самопідготовки</b>	25
<b>Розділ II. Мостові споруди і переходи</b>	26
1. Основні поняття	26
2. Класифікація мостів	27
3. Основні вимоги до міських мостів	31
4. Вибір місця мостового переходу в місті	32
5. Призначення кроку і ширини міських мостів.	39
6. Розташування міських мостів в профілі	41
7. Розрахункові навантаження мостів	45
8. Рухливе вертикальне навантаження.	47
9. Горизонтальне навантаження.	49
<b>Питання для самопідготовки.</b>	52
<b>Розділ III. Залізобетонні мости.</b>	53
1. Загальні відомості про залізобетонні мости.	53
2. Балочні і плитні мости.	55

3. Мости з ребристими прольотними спорудами . . . . .	56
4. Арочні залізобетонні мости . . . . .	59
5. Будівництво залізобетонних мостів . . . . .	63
5.1. Будівництво монолітних мостів . . . . .	63
5.2. Будівництво збірних мостів . . . . .	69
<b>Питання для самопідготовки . . . . .</b>	<b>73</b>
<b>Розділ IV. Металеві мости . . . . .</b>	<b>74</b>
1. Загальні відомості про металеві мости . . . . .	74
2. Основні системи металевих мостів . . . . .	76
3. Проїзна частина міських металевих мостів . . . . .	77
4. Тротуари і поручні . . . . .	78
<b>Питання для самопідготовки . . . . .</b>	<b>78</b>
<b>Розділ V. Пішохідні мости і переходи в містах . . . . .</b>	<b>78</b>
1. Пішохідні мостові переходи через вулиці . . . . .	78
2. Пішохідні переходи через залізничні колії . . . . .	82
3. Пішохідні мости через річки . . . . .	83
<b>Розділ VI. Паркові мости . . . . .</b>	<b>85</b>
1. Конструкція паркових пішохідних мостів . . . . .	85
2. Залізобетонні пішохідні мости . . . . .	86
3. Металеві пішохідні мости . . . . .	91
<b>Питання для самопідготовки . . . . .</b>	<b>95</b>
<b>Розділ VII. Інші різновиди міських мостів . . . . .</b>	<b>96</b>
7.1. Мости з суцільними головними балками . . . . .	96
7.2. Балочні мости з крізними фермами . . . . .	97
7.3. Мости з пролітними спорудами комбінованих систем . . . . .	98
7.4. Арочні мости . . . . .	100
7.5. Висячі мости . . . . .	101
<b>Питання для самопідготовки . . . . .</b>	<b>103</b>
<b>Рекомендована література . . . . .</b>	<b>103</b>

## Вступ

Навчально-професійна дисципліна «Міські інженерні споруди та мережі» є варіативною дисципліною при підготовці бакалаврів із напрямку «Будівництво» за спеціальністю «Міське будівництво та господарство». Мета дисципліни – придбання теоретичних і практичних знань, загальних принципів і особливостей дисципліни «Міські інженерні споруди та мережі».

У інженерно-будівельній практиці інженерними спорудами називають всі будови, що зводяться для виконання інженерно-технічних функцій, наприклад: міст, естакада, галерея, труби, башти, споруди, які призначені для укріплення міських територій, різні гідротехнічні споруди і т. п.

Інженерні споруди широко поширені в промисловості, сільському, комунальному господарстві, на транспорті і в інших галузях народного господарства. На промислових підприємствах інженерні споруди призначаються залежно від характеру виробництва. Вони можуть розташовуватися як усередині, так і поза промисловими будівлями, а також незалежно від будівель, маючи самостійне призначення.

Не дивлячись на велику різноманітність типів інженерних споруд, їх можна підрозділити на групи. По міжгалузевій уніфікації, проведеною ЦНППромзданій, вони підрозділяються за функціональною ознакою на наступні групи:

група I – споруди для спирання і розміщення устаткування: постаменти під вертикальну і горизонтальну апаратуру, етажерки;

група II – комунікації: тунелі, канали, опори для ліній електропередач і стойки для світильників, окремо стоячі опори для трубопроводів, естакади для трубопроводів, димарі;

група III – споруди транспорту: розвантажувальні естакади, відкриті естакади кранів, конвеєрні галереї, підпірні стінки;

група IV – ємкості і споруди водопроводу і каналізації: бункери, силоси, градирні, споруди водопостачання і каналізації.

За іншими ознаками, наприклад по місткості, пропускній спроможності, довговічності і експлуатаційним якостям, класифікація інженерних споруд не проводилася.

Результатом зростання і ускладнення об'єктів містобудівної і господарської діяльності під впливом демографічних і екологічних процесів, ускладнення і погіршення екологічного і технічного стану міського середовища є відповідне зростання ступенів складності процесів управління міським господарством.

В посібнику наведені найбільш поширені міські споруди, з якими постійно зустрічаються в містах.

Збереження міських набережних і, відповідно, їх будівництво і укріплення за допомогою різноманітних підпірних стінок, відведення атмосферних, ґрунтових і підземних вод, будівництво дренажних систем, сходів з набережних є невід'ємною часткою турботи спеціалістів із міського будівництва. Приводяться переваги підпірних стінок в залежності від їх призначення.

За останнє десятиліття різко зріс потік міського транспорту. Це потребує будівництва, обслуговування і ремонту різноманітних мостів. Часто мости є візитною карткою міста. Вони не тільки з'єднують території, які знаходяться по різні сторони берегів річки, ровів, служать розв'язкою на дорогах, але в той же час прикрашають місто. В посібнику приводяться різні види мостів, їх призначення, переваги одних конструкцій мостів перед іншими, призначена увага пішохідним і парковим мостам.

Цей посібник створено для вивчення дисципліни «Міські інженерні споруди і мережі» і підготовки майбутніх фахівців з міського господарства.

Окремі матеріали з публікацій (у тому числі схеми, таблиці та рисунки) використані в цьому навчальному посібнику з відповідними посиланнями на літературу, яка наведена в кінці посібника.

## **Розділ І. Упорядкування берегової смуги міських територій**

### **1. Міські набережні. Конструкції підпірних стінок набережних**

#### **1.1. Міські набережні. Загальні відомості**

У містах і населених пунктах, розташованих на берегах річок, каналів, озер або морів, необхідно укріплювати береги, а в деяких випадках і архітектурно оформляти берегову лінію.

Зміцнення берегів потрібне для захисту їх від підмиву річкою або морськими хвилями, від розмиву атмосферними і ґрунтовими водами, від пошкодження кригою, а також для оберігання ґрунту від сповзання під впливом важкого транспорту, що рухається вздовж набережних. На берегах водойм розбудовуються багатоповерхові комплекси.

Планування і забудова прибережних районів міста вимагають не лише стійкості ґрунту берегової смуги, але і надання лінії берега певного контуру в плані і профілі, а також архітектурного оформлення набережної.

Вздовж берегів водних просторів часто влаштовують магістральні вулиці, розбивають бульвари і парки. В цьому випадку до архітектурного оформлення берегової лінії пред'являють особливо високі вимоги.

Набережні можна використовувати і для причалування суден, посадки і висадки пасажирів, а інколи і для навантажувально-розвантажувальних робіт. У цих випадках їм надають необхідний контур в плані і в профілі, а також влаштовують пристані, сходи і з'їзди.

В деяких випадках прибережну смугу використовують для будівництва міських пляжів і спортивних водних станцій, які також вимагають спеціального устаткування.

Проектний контур в плані берегової лінії, який відповідає нормальному (меженному) горизонту води в річці або водоймищі, називають *лінією регулювання набережної*. Лінії регулювання визначають проектну ширину річок або каналів і контур берегів озер, морів і інших водних просторів. Вони мають бути зв'язані з червоними лініями забудови і планами для проїздів, площ, зелених насаджень, розташованих на берегах.

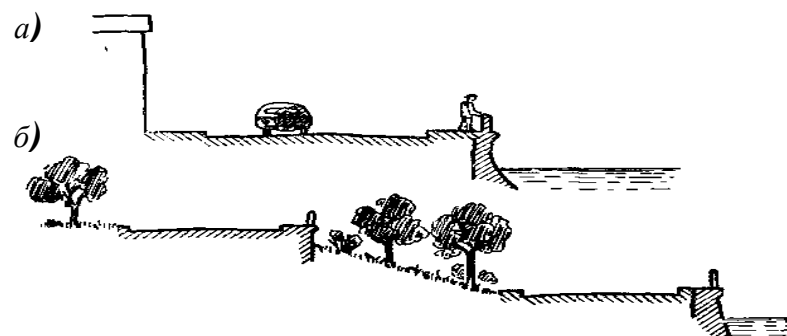


Для невеликих річок і каналів лінії регулювання бажано робити паралельними, щоб ширина дзеркала річки була приблизно однаковою. Для цього доводиться вдаватися до перепланування берегової смуги, зрізати і підсипати береги, а інколи і виправляти русла.

При проектуванні набережних і, зокрема, стінок, що захищають їх, необхідно враховувати існуючі і перспективні підземні інженерні мережі, а також спеціальні споруди, наприклад мости, дамби, шлюзи і ін.

Простими способами зміцнення берегів є: створення рослинного покриву, обкладання фашинами, ящиками, заповненими каменем і покриття берегів бетонними плитками і ін. Проте ці способи укріплення можуть бути використані в містах лише в тих випадках, коли прилегла до річки територія не використовується для міської забудови, влаштування проїздів і тому подібне. В міських умовах доцільно застосовувати досконаліші способи укріплення берегів. В таких випадках будують набережні у вигляді бетонних і залізобетонних підпірних або одягаючих стінок.

Залежно від рельєфу берегів набережні можуть бути одноярусними або багатоярусними. Одноярусні набережні (рис.1, а) влаштовують при висоті стінки над нормальним рівнем води до 5...6 м. При більшій висоті стінки набережних мають неприємний вигляд і краще замінювати їх двома ярусами стінок або поєднанням підпірних стінок з укосом (рис. 1, б). На таких набережних нижній ярус часто використовується для влаштування пішохідного (прогулочного) тротуару; на верхньому ж ярусі розташовують проїзд для міського транспорту.

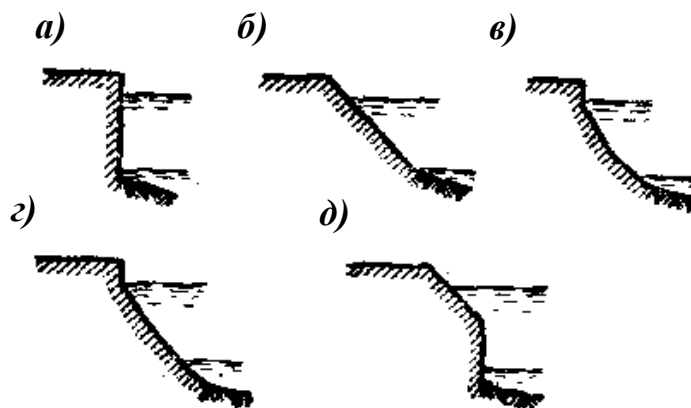


**Рис.1. Схеми набережних**  
а) одноярусних, б) двоярусних

Багатоярусне оздоблення берега часто застосовують при влаштуванні паркових набережних.

Вид і конструкція огорожі набережних визначаються рельєфом берега і прийнятим плануванням забудови або проїздів на берегах.

Підпірна стінка – це споруда, що призначена для утримання земляної маси від обвалення. Зазвичай підпірні споруди влаштовують поблизу будинків, доріг, водоймищ і інших споруд, коли необхідно забезпечити різкий перепад відмітки планування.



**Рис.2. Види контуру поверхонь підпірних стінок набережних**

По контуру поверхонь, що обмежують беріг, який омивається водою, розрізняють наступні види набережних стінок:

- 1) вертикальні стінки (рис. 2, *a*);
- 2) пологі стінки прямолінійного (рис. 2, *б*), ломаного (рис. 2, *в*) або криволінійного (рис. 2, *г*) контуру;
- 3) стінки напівскісного типу (рис.2, *д*).

Контур поверхні підпірних стінок набережних вибирають залежно від архітектурно-планувальних умов, а також у зв'язку з геологічною будовою і характером ґрунтів на берегах річки.

При обладнанні берегової смуги слід враховувати особливі можливості поверхні підпірних стінок. Похилий контур поверхні підпірних стінок створює враження ширшої річки і насправді збільшує ширину дзеркала води в періоди паводків. Похилий контур поверхні стінок декілька покращує

також видимість з річки будівель побудованих на набережних. Основний недолік похилого контуру полягає в тому, що такі стінки займають в плані досить широку смугу. Це можна зробити тільки за рахунок жвавого перетину річки або за рахунок ширини проїздів вздовж набережних.

Стінки набережних зверху оздоблюють карнизом і обгороджують металевими перилами або кам'яним парапетом.

Архітектурним профілем набережної називають контур її лицьової поверхні від лінії регулювання до верху (рис.3). У тих випадках, коли стінка проектується вертикальною, її фактично роблять з деяким нахилом, оскільки вертикальна поверхня має неприємний зовнішній вигляд. Нахил роблять не менше  $1/15-1/20$  (рис.3, а). Часто застосовують менш круті стінки з ухилом  $1/5-1/10$  (рис.3, б). Ще пологіший контур мають стінки ламаного або криволінійного профілю (рис. 3, в).

Зовнішню поверхню стінок облицьовують природним каменем (рис. 3, б і в). Це надає стінкам гарний зовнішній вигляд, оберігає їх від атмосферних опадів, захищає від пошкодження ударами крижин і інших предметів, що пливуть по воді. Стінки набережних, що не вимагають багатого архітектурного оформлення, можуть бути залишені з природною бетонною поверхнею або покриті цементною штукатуркою. На бетонній або штукатурній поверхні можна влаштовувати декоративні «русти», що імітують розрізання кам'яної кладки.

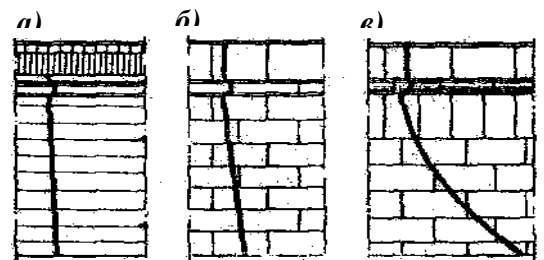


Рис.3. Архітектурні профілі стінок набережних

Карнизи і парапети можуть бути виготовлені із природного каменя у вигляді плит певного архітектурного профілю.

По конструкції підпірні стінки набережних можуть бути розділені на:

- 1) дерев'яні огорожі;
- 2) масивні стінки (кам'яні або бетонні);
- 3) залізобетонні стінки (монолітні або збірні);

- 4) пальові і шпунтові стінки;
- 5) одягаючі стінки (бетонні або залізобетонні).

Крім перерахованих основних видів підпірних стінок набережних, зустрічаються також і інші конструкції, застосування яких визначається умовами їх проектування і споруди.

## 1.2. Конструкції підпірних стінок набережних

### 1.2.1. Дерев'яні огорожі набережних

Дерев'яні конструкції набережних є найбільш примітивним видом огорож. У містах застосовуються дерев'яні набережні-естакади і підпірні стінки з дерев'яних зрубів (рис.4).

Естакади (рис.4, а) влаштовують для оформлення берегової лінії, а також для причалювання суден. Вони складаються із низки палей, зв'язаних насадками, що підтримують прогони і настил. Палі вище за горизонт меженних вод зв'язують між собою горизонтальними і похилими насадками.

Набережна-естакада безпосередньо примикає до природного ґрунту берега (рис. 4, а) або до додатково влаштованої підпірної стінки.

Підпірні стінки із зрубів утворюють за допомогою установки вздовж кромки берега лави дерев'яних зрубів. Зруби влаштовують з колод і брусів у вигляді ящиків прямокутного перетину. Стінки зрубу зв'язують між собою поперечними насадками або перегородками (рис.4, б).

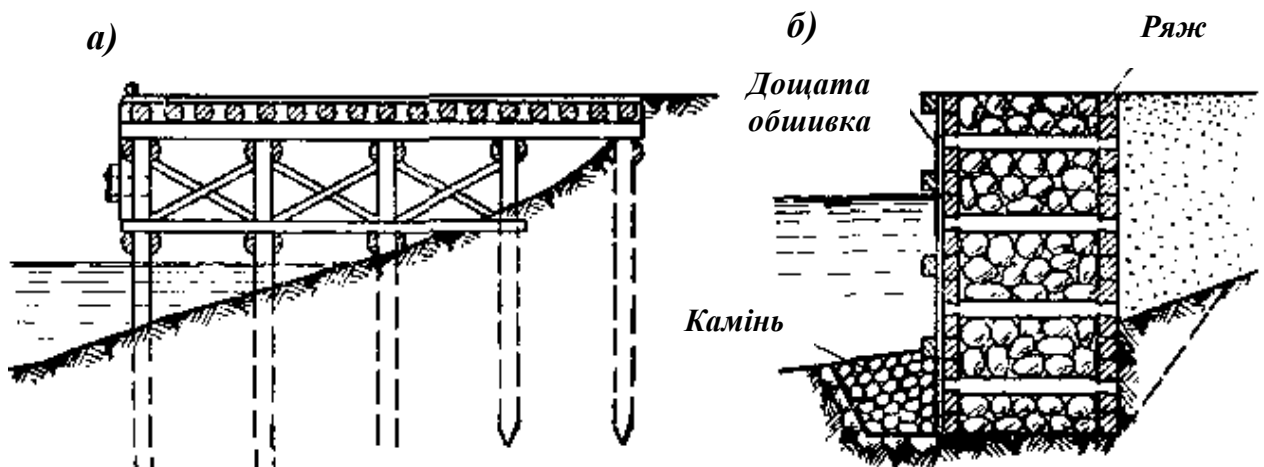


Рис.4. Дерев'яні огорожі

а) естакада, б) дерев'яний ряж

Зовнішні стінки зрубу обшивають дошками або пластинами. Крім того, поверх обшивки прикріплюють горизонтальні бруси, що оберігають її від пошкодження під час льодоходу і в місцях причалу суден. Зруби встановлюють на спеціально вирівняний майданчик і завантажують каменем. Щоб уникнути підмиву перед зрубом влаштовують траншею, дно якої викладають крупним каменем, потім заповнюють каменем або щебенем.

Огорожа набережних дерев'яними естакадними конструкціями або зрубамі може бути виконана з місцевих будівельних матеріалів (дерево, камінь) і робітниками не високої кваліфікації.

Основні недоліки дерев'яних естакадних набережних і зрубів підпірних стінок наступні: грубий зовнішній вигляд і недовгий термін служби в порівнянні з кам'яними, бетонними і залізобетонними стінками. Тому дерев'яні огорожі набережних влаштовують лише в невеликих містах, на замських незабудованих ділянках, в індустріальних районах міст, якщо до набережних не пред'являються спеціальні архітектурні вимоги.

### **1.2.2. Масивні стінки**

Масивні стінки можуть бути кам'яними, бетонними і рідше залізобетонними. Застосування масивних стінок вигідно при порівняно невеликій їх висоті - до 5...6 м, оскільки в цьому випадку простота їх зведення виправдовує декілька велику витрату матеріалів в порівнянні з іншими, полегшеними видами стінок. При більшій висоті застосування масивних підпірних стінок стає економічно не вигідним.

Масивні підпірні стінки можуть мати різний поперечний перетин. Підпірна стінка простого контуру має вертикальну лицьову поверхню і похилу поверхню з боку ґрунту (рис.5, а). Ширину стінки низом визначають розрахунком. Вона зростає із збільшенням висоти стінки; орієнтування  $B = (0,35...0,40)H$ . Для економії кладки підпірним стінкам доцільно в поперечному перетині додавати контур, відповідний напрямку кривій тиску. Так, наприклад, додаючи як передній, так і задній поверхням стінки невеликий нахил (рис.5, б), можна отримати контур, що забезпечує кращий

розподіл напруги в стінці і декілька менші її розміри.

Ще більшим нахилом стінки (рис.5, в) можна досягти більшої економії у витраті матеріалів. Проте при сильному нахилі стінки убік набережної з'являються ускладнення під час будівництва, оскільки стінка не має самостійної стійкості і повинна зводитися одночасно із засипкою її ґрунтом. Підпірні стінки із значним нахилом убік набережної доводиться армувати (рис.5, г).

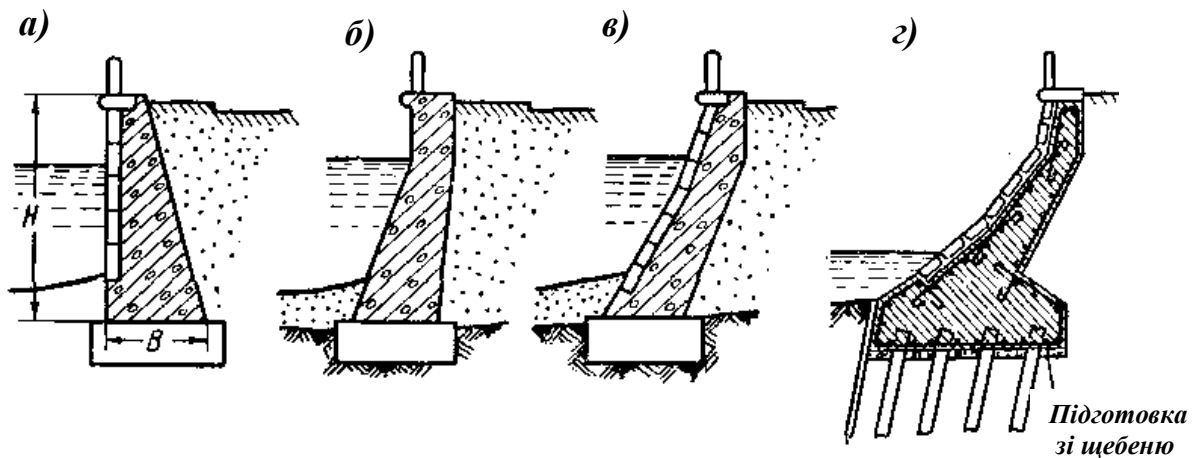


Рис.5. Основні види стінок кутового профілю

Лицьову поверхню підпірних стінок набережних в більшості випадків облицьовують.

Для оберігання підпірних стінок набережних від появи тріщин при деформаціях, викликаних змінами температури, стінки розділяють по довжині на секції спеціальними швами, які називають температурними або деформаційними. Температурні шви знаходяться на відстані від 10...15 м до 30...40 м один від одного. Менші відстані застосовують для кам'яних і бетонних стінок, а більші - для залізобетонних. Частіше розташування швів необхідне також при будівництві стінок на ґрунтах, що можуть дати значні осідання. Шви необхідні також в місцях, де різко міняється характер ґрунтів в основі або якість вживаної засипки.

У тому місці, де стінка має шов, необхідно влаштування такого шва і в облицьованні. Шов в облицьованні роблять вертикальним або по штрабі. Вертикальний шов кращий, оскільки в швах по штрабі часто виникають

відколки виступаючих частин каменів, що спричиняються різкими коливаннями температури або різними осіданнями сусідніх секцій стінки.

Шов заповнюють бітумним матом, що складається з декількох шарів мішковини, просоченої бітумом, просто бітумною мастикою або дощатим щитом, загорнутим толем, руберойдом або просмоленою мішковиною. У швах, влаштованих по штрабі, між бетонною стінкою і виступаючими кінцями каменів облицювання прокладають руберойд або інший матеріал, що забезпечує вільне взаємне переміщення в шві частин стінки, що сполучаються.

### 1.2.3. Залізобетонні стінки

Залізобетонні стінки набережних влаштовують із різних конструкцій, залежно від їх висоти, гідрологічних умов і прийнятого способу зведення.

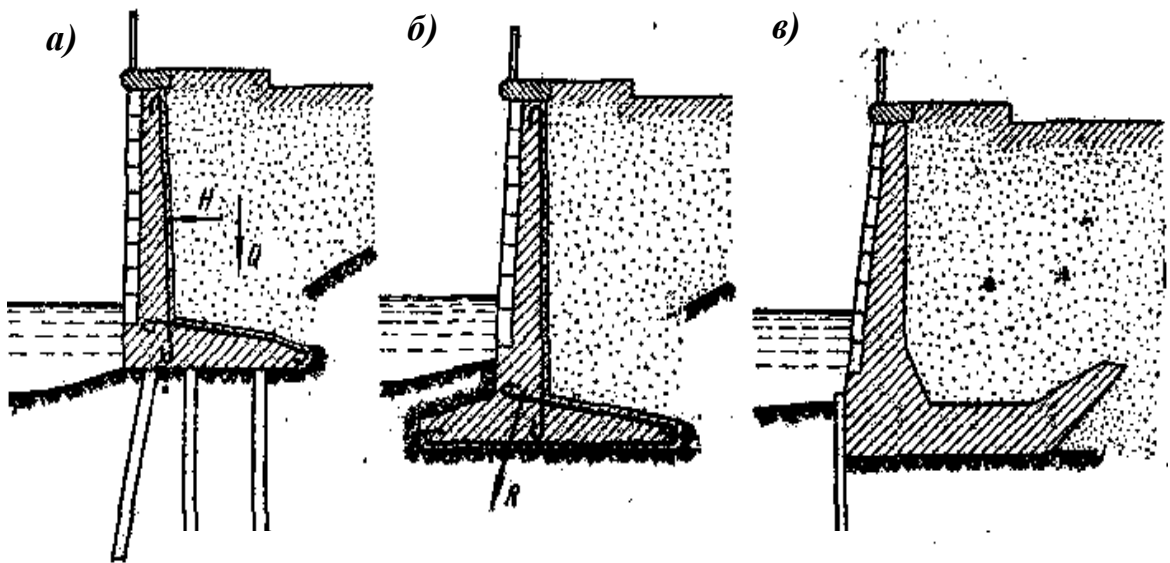


Рис.6. Основні види стінок кутового профілю

Одним з поширених видів залізобетонних підпірних стінок є стінки кутового профілю, що складаються з вертикальної і фундаментної плити (рис.6).

У стінках такого профілю горизонтальний тиск на ґрунт, який прагне перекинути стінку, врівноважується масою ґрунту, розташованого над опорною плитою (рис.6 а).

При великому горизонтальному тиску засипки рівнодійна тиску в

основі стінки наближається до зовнішньої її сторони. У таких випадках опорну плиту забезпечують виступом у бік річки (рис.6, б). Це сприяє більш рівномірному розподілу тиску на ґрунт. Проте зсув фундаментної плити у бік річки зменшує довжину задньої її частини, внаслідок чого зменшується і тиск ґрунту, що діє на неї. В результаті стінка може бути недостатньо стійкою проти ковзання.

Шов в облицюванні щільно заповнюють просмоленою паклею. Зовні шов інколи розшивають цементним розчином. Проте це розшивання швидко руйнується.

Для збереження достатнього об'єму засипки, що притискує стінку, застосовують фундаментні плити із заломленою хвостовою частиною (рис.6, в). При відповідному нахилі цієї частини вона вимикається з передачі вертикального тиску подошви стінки на основу, чим забезпечується більш рівномірна напруга на ґрунт при достатній стійкості стінки проти ковзання.

Проте зважаючи на конструктивні і виробничі складнощі, що виникають при влаштуванні похилої хвостової частки. Такі стінки не отримали великого застосування.

При хороших ґрунтах підпірні стінки заснують на ґрунті (рис.6, б і в); при недостатній здатності наявних несучих ґрунтів вдаються до влаштування пальової основи (рис.6, а). Пальову основу інколи доводиться влаштовувати, щоб забезпечити стійкість стінки проти зрушення.

Відповідно до характеру навантажень, що діють на кутову стінку, і зусиль, що виникають в ній, робочу арматуру розташовують уздовж внутрішніх поверхонь її елементів, де виникає розтягувальна напруга. За наявності виступу подошви у бік річки вона має бути армована по нижній поверхні. Схеми розташування основної арматури в кутових стінках показані на рис.6, а і б; окрім цього, зазвичай ставлять також конструктивну арматуру і вздовж інших поверхонь елементів стінки.

Якщо зовнішня поверхня стінки має бути ломаною або криволінійною, то застосовують похилі кутові підпірні стінки. Конструкція такої стінки, яка



спирається на пальову основу, приведена на рис.7. Застосування захисної похилої плити сприятливо позначається на роботі всієї стінки і дозволяє зменшити ширину опорної її подушки.

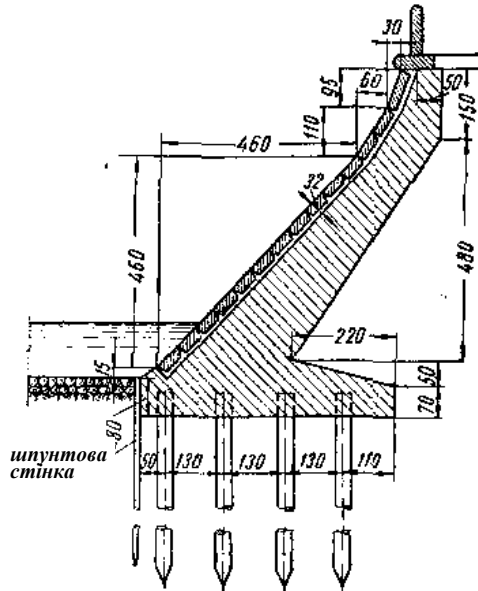


Рис.7. Конструкція похилої кутової стінки набережної

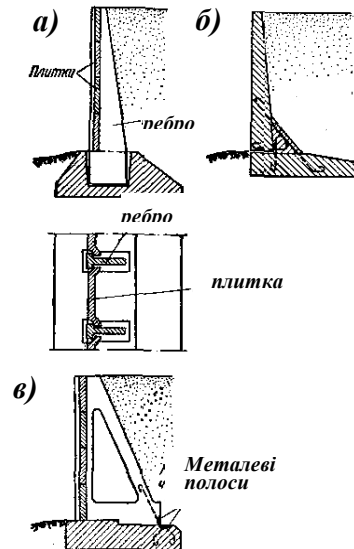


Рис.8. Збірні конструкції куткових

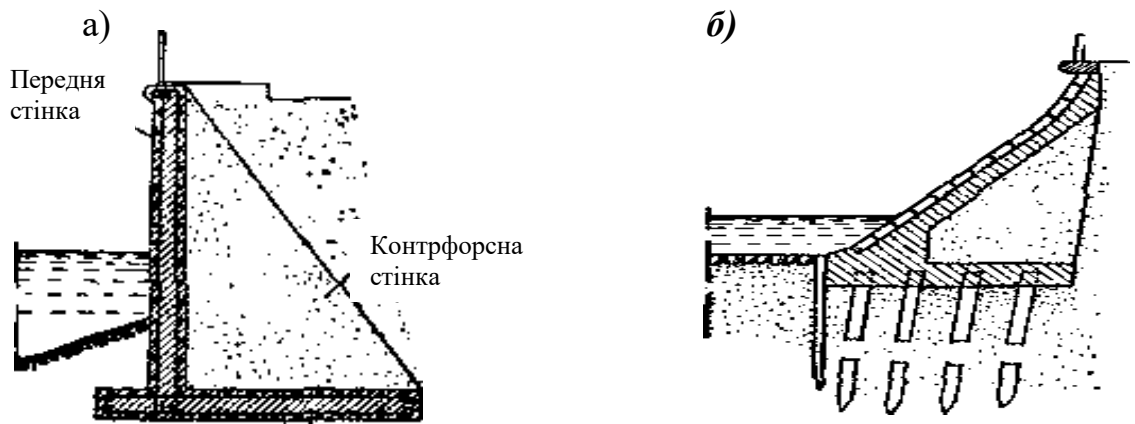
Великий розвиток отримали збірні конструкції підірних стінок, зокрема застосовано і запроектовано декілька видів збірних стінок кутового профілю. Деякі характерні схеми розчленування на блоки стінок збірної конструкції приведені на рис.8. Кутова збірна стінка може бути утворена (рис.8, а) з фундаментних блоків з гніздами, в які вставляють вертикальні ребра, що підтримують захисну стінку, складену з готових плиток. У багатьох випадках фундаментну плиту доцільно бетонувати на місці, роблячи збірною тільки вище розміщену конструкцію.

Інша конструкція, показана на рис.8, б, складається з блоків фундаменту і блоків вертикальної плити. Вони з'єднуються між собою арматурними випусками, що бетонуються на місці, або за допомогою спеціальних закладних металевих елементів, що зварюються після монтажу блоків.

Схема збірної контрфорсної стінки з ребрами крізного перетину приведена на рис.8, в. Ребра з фундаментною плитою з'єднуються за

допомогою закладних металевих смуг, які зварюються після установки і вивіряння положення блоків.

Другим поширеним різновидом залізобетонних підпірних стінок набережних є контрфорсні стінки, рис.9.



**Рис. 9. Контрфорсні підпірні стінки набережних**

Контрфорсні стінки мають тонкостінну конструкцію і складаються з передньої стінки, плити основи і вертикальних ребер - контрфорсів (рис.9). Передня стінка може бути вертикальною (рис.9, а), похилою (рис.9, б) або криволінійною. Контрфорси розташовують на відстанях 3...6 м один від одного. Всі елементи контрфорсних стінок роблять невеликої товщини і армують в двох напрямках.

Завдяки малій товщині елементів залізобетонних контрфорсних стінок витрата бетону на них менша, ніж для кутових. Проте конструкція контрфорсних стінок складніша і вимагає більш ретельного виконання армування і бетонування. Складніша також і опалубка, що необхідна для зведення стінок.

При порівняно невеликій висоті контрфорсні стінки можуть бути виготовлені окремо, доставлені і встановлені на місце у вигляді готових блоків, які створюють відразу ділянку стінки.

#### **1.2.4. Пальові і шпунтові стінки**

Підпірні стінки набережних можуть бути влаштовані із низки шпунтів, які захищають лінію берега. В більшості випадків застосовують металевий

шпунт. Проте можливо і доцільно застосування залізобетонного шпунта.

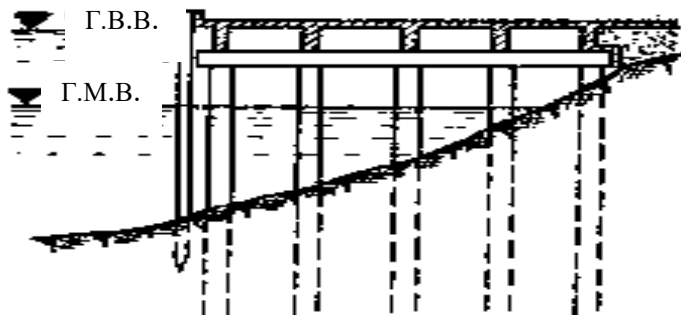


Рис.10. Пальова стінка

В разі будівництва набережних-естакад як пристані для причалу суден використовують залізобетонні палі, рис.10. У таких конструкціях забивають низку палей, по головах яких встановлюють залізобетонні насадки, що підтримують конструкцію несучої набережної. Ця конструкція має характер естакади і легко може бути виконана збірною.

### 1.2.5. Одягаючі стінки

Одягаючі або укисні стінки не володіють власною стійкістю і є лише одягом берегового укосу. Тому такого типу підпірні стінки застосовують лише в випадках, коли проектний схил берегового укосу близький до природного або цей схил досягається шляхом зрізки, а не підсипки ґрунту. Береговий укіс і ґрунти, що залягають далі, мають бути безумовно стійкими, так як деформації ґрунту можуть спричинити руйнування одягаючої стінки.

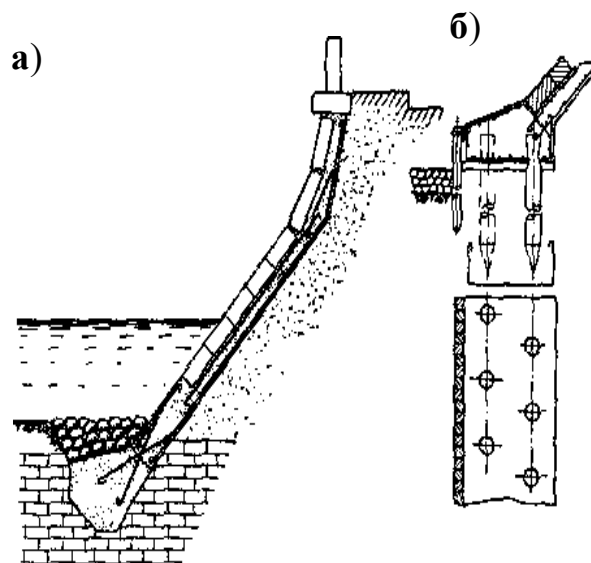


Рис. 11. Конструкція одягаючих стінок набережних.

Скісна стінка є тонкою жорсткою бетонною або залізобетонною плитою ломаного (рис.11) або криволінійного контуру. Надводну частину стінки облицьовують, причому облицювання може бути включено до складу робочого перетину стінки. Повну товщину укісної стінки зазвичай приймають не менше 30 см. У нижній частині плити роблять нахил, близький до 45°. Основою стінки служить бетонний або залізобетонний черевик. На рис.11 приведена конструкція стінки укісного типу на скельній основі. В разі відсутності надійної природної основи влаштовують пальову основу. На рис.11, б, показана деталь нижньої частки укісної стінки на пальовій основі. Перед стінкою забита шпунтова лава для утворення земляної перемички на час споруди. Голови паль заходять в залізобетонний фундаментний черевик.

В укісних стінках деформаційні шви розташовують через кожні 12...15 м, влаштовуючи їх у вигляді крізного розрізу через залізобетонну плиту і облицювання. Частіше розташування швів в укісних стінках виникає тоді, коли в таких стінках з'являється вплив температурних змін і просідання ґрунту.

Укісні стінки є вельми раціональним, економічним і простим по конструкції видом підпірних стінок. Перевагою укісних стінок є також і те, що будівництво їх не вимагає риття котлованів і не зачіпає земляного масиву берега з його підземними мережами, спорудами і ін. Проте відсутність самостійної стійкості укісних стінок обмежує їх застосування, оскільки не допускається зведення їх при нестійких ґрунтах, а також виключаються надалі земляні роботи, пов'язані з прокладкою поблизу стінок підземних інженерних мереж.

## **2. Гідроізоляція і відвід води**

Підпірні стінки мають бути ізольовані від проникнення вологи з боку засипки. Для цього, перш за все, необхідно забезпечити швидке відведення води, що скупчується за стінками. З цією метою влаштовують дренаж. Крім того, поверхні підпірних стінок, дотичні з ґрунтом, покривають захисним шаром гідроізоляції. Зазвичай застосовують обмазувальну (бітумну)

гідроізоляцію.

Нанесення ізоляційного шару можна виконувати холодним і гарячим способами. Перед нанесенням гідроізоляції поверхня стінки має бути вирівняна шаром із цементного розчину. На підготовлену таким чином поверхню наносять шар ґрунтовки з розрідженого розчинником бітуму. Після просушки шару ґрунтовки наносять при холодному способі два шари розрідженого бітуму, при гарячому способі - два шари гарячої мастики. Мастику готують з бітуму і наповнювачу. Для цього використовують цемент, мелений вапняк, азбестове волокно. Роботи по нанесенню гідроізоляційного шару повинні виконуватися вельми ретельно, щоб забезпечити повну його водонепроникність.

Прилегла до стінки засипка повинна складатися з крупнозернистого піску або гравію. Засипку потрібно проводити так, щоб не пошкодити гідроізоляційного шару.

Ґрунтові, атмосферні і аварійні води відводять за допомогою дренажу.

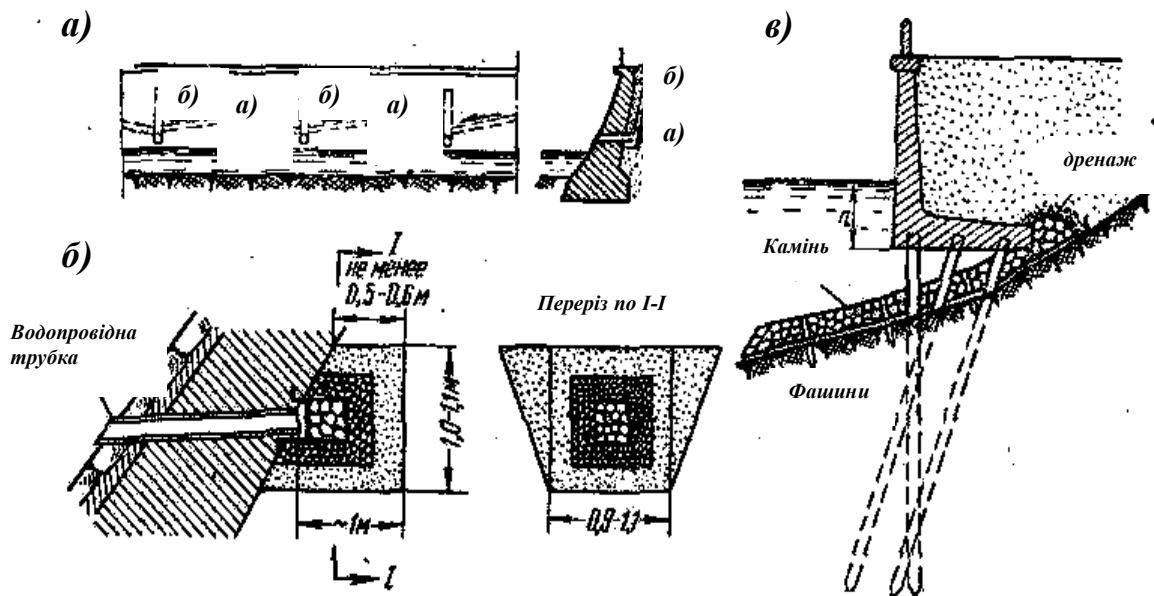


Рис. 12. Влаштування дренажу за підпірними стінками набережних

Дрени розташовують уздовж стінок, додаючи їм пилкоподібний подовжній профіль з похилами не менше 1,5...2% (рис.12, а). У знижених точках дренажу влаштовують випуски для виведення води, для чого в підпірних стінках роблять отвори. Випускні отвори розташовують декілька

вище за нормальний горизонт води (рис.12, *а*) або роблять затоплений дренаж, випускні отвори якого влаштовують нижче за рівень води.

Розміщення випускних отворів вище за рівень меженних вод забезпечує хорошу роботу дренажу в літній час. Але такі отвори забруднюють поверхню стінок, а в зимовий час вони можуть замерзати. Затоплені дренажні випуски задовільно віддаляють воду із-за стінок набережних, не псуєть їх зовнішнього вигляду і можуть бути влаштовані нижче за горизонт промерзання.

При високих підпірних стінках, окрім поздовжніх дренів, влаштовують поперечні дрени. Їх розташовують перпендикулярно поздовжнім дренам в місцях влаштування водовідвідних отворів.

Дрени роблять прямокутного (рис.12, *б*) або трапецієвидного перетину. Середню частку дрена заповнюють крупним щебенем, по краях же засипають дрібніший щебінь і навколо засипають дрен дрібним піском. Завдяки такому заповненню дрени мулисті і інші частки, зважені в ґрунтовій воді, затримуються зовнішнім шаром дрібного піску і щебеню, що перешкоджає винесенню їх в річку ґрунту із-за підпірної стінки.

При розташуванні підпірних стінок на високому пальовому ростверку дренаж розташовують біля задньої кромки горизонтальної плити (рис.12, *в*) або над середньою її частиною з влаштуванням крізь плиту випускних трубок.

У обох випадках під нижньою плитою має бути влаштоване кам'яне підсипання, доведене до задньої частини стінки.

### **3. Схід з набережних**

Схід з набережних влаштовується для причалу суден або як прогулочні майданчики. Схід необхідний також при багатоярусних набережних для забезпечення сполучення між ярусами. Конструктивне і архітектурне оформлення сходу підкоряється спільному архітектурному ансамблю тих

ділянок набережних, на яких їх будують. Схід є як би сполучною архітектурною ланкою між річкою (морем) і набережною.

Основним елементом сходу є сходи для спуску до нижнього майданчика, розташованого біля рівня води. По своєму розташуванню сходи можуть бути перпендикулярними стінці набережної або паралельними їй. Можливо також поєднання і криволінійного в плані сходу.

Застосування сходу перпендикулярного набережній (рис.13, *а*) доцільно лише при невеликому піднесенні набережних над рівнем води в річці. При великій висоті сходи виходять довгими і причальний майданчик дуже сильно виступає в річку і закриває вільне дзеркало води.

Тому схід зі сходами, перпендикулярними набережній, при великій висоті останньої можуть застосовуватися лише в парковій набережній або в набережній з широким проїздом, коли можливо поглибити сходи у бік берега.

При високих набережних раціональніше застосовувати будівництво поздовжнього сходу, паралельного набережній (рис.13, *б*), або поєднання їх із перпендикулярним сходом (рис.13, *в*). Застосовують також криволінійний в плані схід і майданчики.

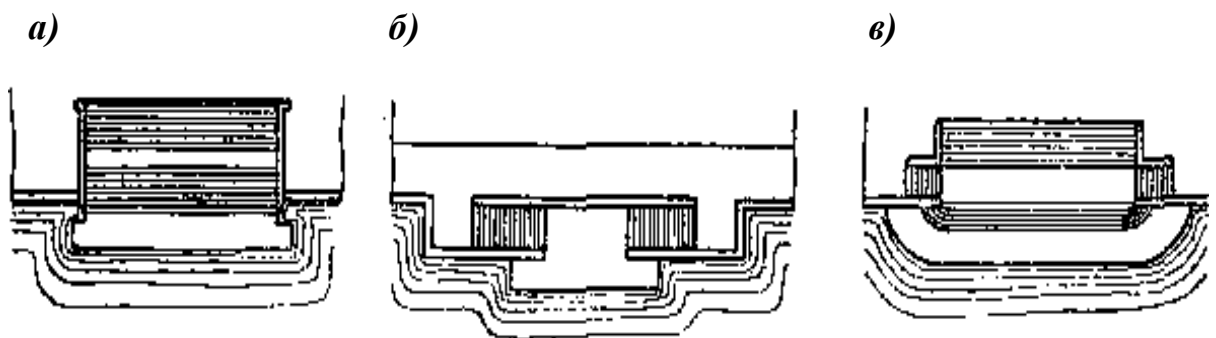


Рис.13. Види сходів з набережних до води.

Конструкція сходу і майданчиків поєднує елементи конструкцій підірних стінок, сходів і пристаней. Захисні стінки сходу роблять аналогічно підірним стінкам набережних. Сходи влаштовують на основі у вигляді бетонної подушки або розташовують їх на спеціальній підтримуючій

конструкції плити естакадного типу. Причальний майданчик влаштовують у вигляді плиткової або ребристої залізобетонної конструкції, що зазвичай спирається на палі.

Для архітектурного оформлення сходу застосовують лавки, барельєфи, скульптури, а також освітлювальну арматуру.

#### **4. Будівництво стінок набережних**

Будівництво стінок набережних складається з риття котлованів, засипки готових стінок або зрізки зайвого ґрунту, пальових робіт і зведення самих підпірних стінок

Земляні роботи, пов'язані з влаштуванням набережних і будівництвом захисних стінок, зазвичай складають велику питому вагу в загальному комплексі робіт. Тому правильній організації земляних робіт повинна приділятися велика увага.

При складанні проекту організації земляних робіт, пов'язаних з будівництвом набережних, зручно користуватися графіком розподілу земляних робіт по довжині річки (рис.14, а).

На такому графіку наносять на ділянках повні об'єми земляних робіт, що складаються з:

- 1) виїмки ґрунту з котлованів;
- 2) зрізки берегів, розчищення і поглиблення русла;
- 3) засипки підпірних стінок.

Якщо одночасно з будівництвом набережної зводять мости, то на графік слід наносити і об'єми земляних робіт, пов'язані з будівництвом мостів. Об'єми землі, що підлягають виїмці, відкладають по одну сторону від лінії регулювання; об'єми засипки - по іншу сторону. Якщо земля, яка вийнята при розробці берегів і дна річки, придатна для засипки, то доцільно побудувати графік балансу земляних робіт, що є послідовним підсумком об'єму землі, що розробляється, по довжині набережної (рис.14, б). Потрібні точки на цьому графіку показують місця, де вийнятий на попередніх ділянках ґрунт повністю витрачається на необхідну засипку.



Такий графік дає можливість з'ясувати підсумок земляних робіт на даній ділянці і встановити об'єми землі, яка має бути відвезена або підвезена; разом з тим може бути визначена і середня дальність перевезення ґрунту вздовж річки.

Котловани для підпірних стінок, що закладаються на природній основі, влаштовують з обгороджуванням шпунтовою стінкою з боку річки. Для оберігання від фільтрації стінку засипають дрібним піском (рис.14, в). При великій глибині води застосовують перемички з подвійної низки дерев'яного шпунта або забивають металевий шпунт. Виймку ґрунту з котловану, а також розчищення русла (рис.14, г) і зрізку берегів проводять механізованим способом. Зачистка котлованів і розробка ґрунту в обмежених місцях допускається вручну.

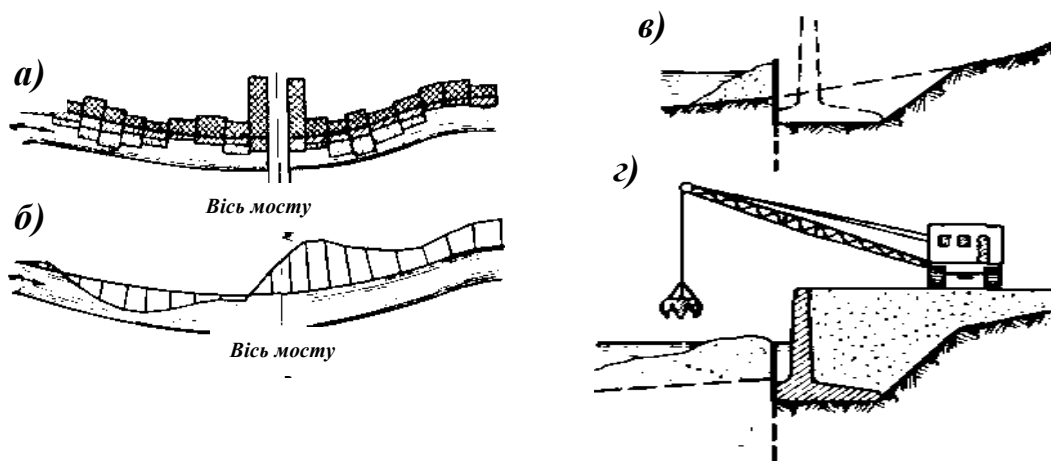
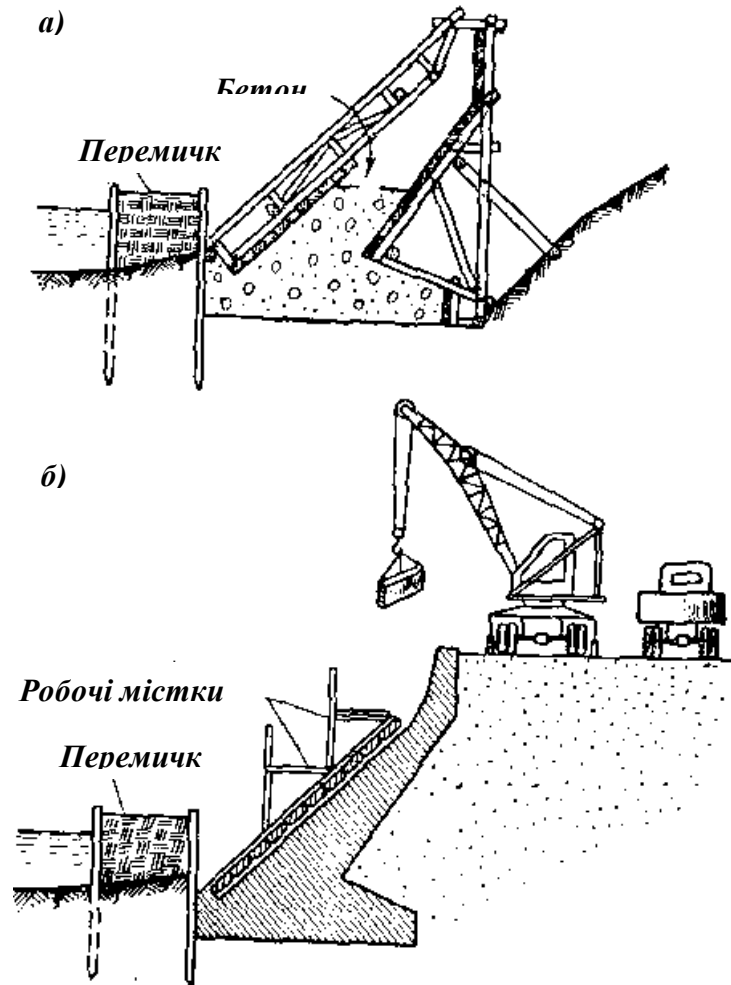


Рис.14. Схеми організації земляних робіт при споруді набережної

При пальовій основі стінок палі забивають, користуючись відповідним обладнанням.

При монолітній конструкції стінок їх бетонують в опалубці, яку зазвичай роблять дерев'яною. Опалубку розкріплюють, щоб забезпечити її жорсткість (рис.15, а), після чого проводять арматурні роботи. Після закінчення і приймання арматурних робіт бетонують стінки. Бетон до місця укладання доставляють автомашинами і подають його в опалубку за допомогою стрічкових транспортерів, баддями, переміщуваними стріловидними кранами, або іншими механізмами. Монтаж збірних стінок проводять стріловидним краном необхідної вантажопідйомності, що

переміщається по землі або спеціально збудованому шляху уздовж стінки, Послідовність монтажу збірних стінок залежить від їх конструкції.



**Рис.15. Стадії зведення монолітної залізобетонної підпірної стінки**

Після розпалубки укладеного бетону або закінчення монтажу і омонолічування збірної конструкції можна виконувати роботи по їх облицюванню (рис.15, б).

Після зведення стінки задню її поверхню покривають гідроізоляцією, після чого стінку засипають ґрунтом. Для засипки повинен застосовуватися однорідний, добре фільтруючий ґрунт, що не містить великої кількості порошковидних частинок.

Якщо природна поверхня берега крута, то перед засипкою його слід обробити уступами. Засипаний ґрунт має бути добре ущільненим.

Засипка ґрунту за стінки з успіхом може бути здійснена за допомогою гідромеханізації.

При виконанні всіх видів робіт, пов'язаних з будівництвом стінок набережних, треба особливо уважно відноситися до місць і ділянок, де стінку пересікають підземні інженерні мережі або вони розташовуються поблизу стінки.

**Питання для самопідготовки:**

1. Назвіть основні види підпірних стінок.
2. Приведіть класифікацію міських набережних залежно від їх висоти і основного призначення.
3. Основні види набережних підпірних стінок, їх призначення і переваги.
4. Основні види конструкцій підпірних стінок. Їх призначення і переваги.
5. Основні види дерев'яних набережних підпірних стінок.
6. Види масивних стінок набережних.
7. Види залізобетонних підпірних стінок.
8. Розташування температурних швів в підпірних стінках, їх призначення і склад.
9. Контрфорсні підпірні стінки, їх переваги і недоліки.
10. Пальові і шпунтові підпірні стінки.
12. Призначення одягаючих стінок набережних.
13. Способи гідроізоляції підпірних стінок і відведення води від них.
14. Види дренажів, їх призначення, конструкції і їх будівництво.
15. Основні схеми сходу набережних, їх призначення і конструкції.
16. Основне призначення графіка розподілу земляних робіт при споруді стінок набережних.
17. Види робіт при будівництві підпірних стінок монолітним способом.
18. Види робіт при будівництві підпірних стінок з готових конструкцій

## Розділ II. Мостові споруди і переходи

### 1. Основні поняття

**Міст** це споруда, що складається з прольотних споруд, які підтримують їздове полотно, і опор, що передають опорний тиск прольотних споруд на ґрунт.

Якщо у моста тільки дві опори, то його називають **однопрольотним**, за наявності ж проміжних опор — **багатопрольотним** (рис.1).

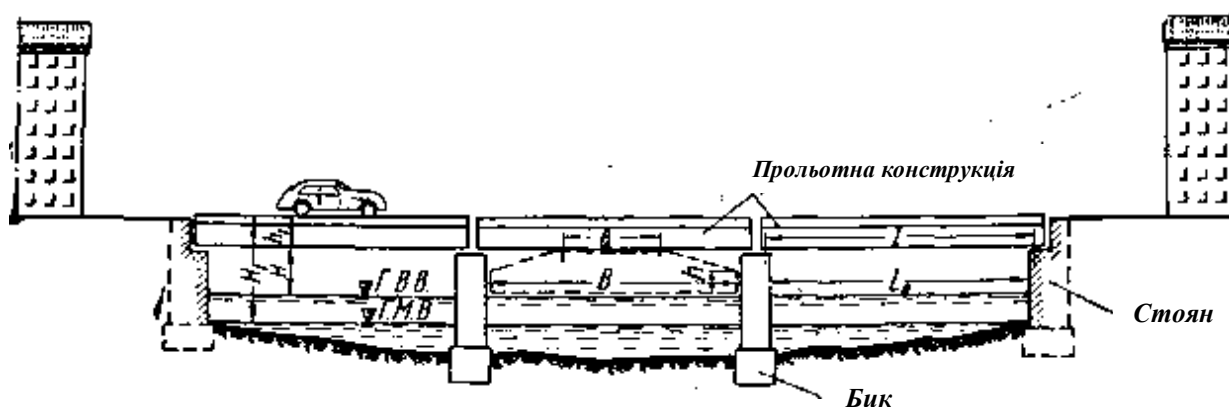


Рис. 1. Схема багатопрольотного моста.

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

Відстань між центрами опорних точок прольотної будови називають **розрахунковим прольотом**.

Рівень води в річках коливається. У більшості річок України, окрім гірських районів, в літній час вода тримається на низькому рівні, званому **горизонтом меженних вод (Г.М.В.)**. У зимовий час вода стоїть приблизно на тому ж рівні. Найвищий горизонт води, можливий на даній річці при паводках, називають **горизонтом високих вод (Г.В.В.)**.

Вільну ширину дзеркала води під мостом по горизонту високих вод називають **отвором моста**. У багатопрольотному мосту отвір визначається сумою відстаней в світлу між окремими опорами. Отвір вимірюються по горизонту високих вод.

Відстань від поверхні проїзду на мосту до горизонту меженних вод називають **висотою моста  $H_1$** . Відстань  $H$  від низу прольотної конструкції

до горизонту високих вод або судноплавного найвищого горизонту називають вільною висотою під мостом.

Відстань  $h_1$  від поверхні проїзду на мосту до самих нижніх частин прольотної конструкції називають будівельною висотою моста.

## 2. Класифікація мостів

Залежно від розташування рівня проїзду на мосту розрізняють:

1) мости з їздою зверху, коли проїзна частина розташована по верху прольотних споруд (рис.1);

2) мости з їздою низом, в яких проїзна частина розташована вздовж низу прольотних споруд (рис.2, а);

3) проїзна частина може знаходитися в межах висоти прольотних споруд (рис, 2, б). В цьому випадку споруда носить назву моста із зниженою їздою або їздою посередині.

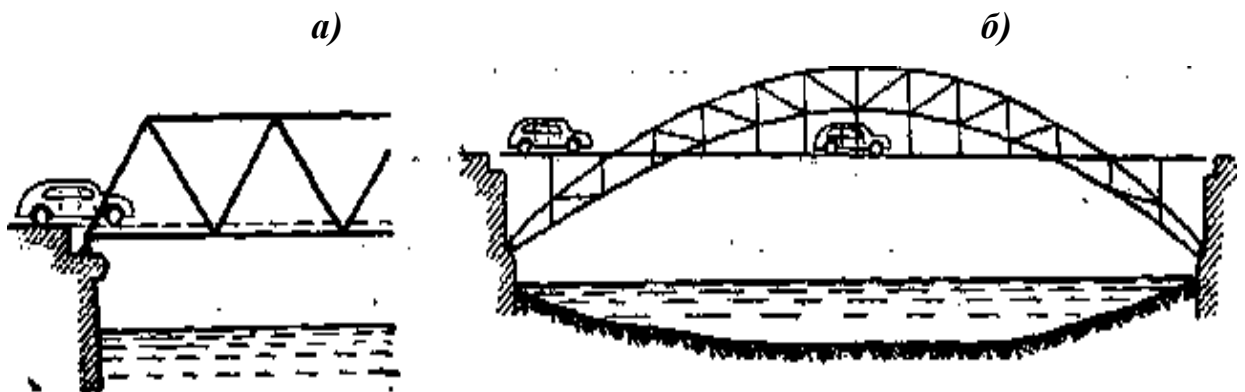


Рис. 2. Схеми мостів:

а — з їздою низом і б — з їздою посередині.

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

Залежно від роду навантаження розрізняють мости:

1) міські, призначені під автомобільний, трамвайний і пішохідний рух в міських умовах;

2) автодорожні - під всі види руху, що пропускається по автомобільних дорогах;

3) пішохідні - для пропуску тільки пішохідного руху;

4) залізодорожні - для пропуску тільки залізничного руху;

5) поєднані - для одночасного пропуску як автомобільної, так і залізничної дороги;

б) спеціального призначення - для прокладки трубопроводів, кабелів.

Залежно від своїх особливостей і умов служби мости діляться на наступні основні види:

1) мости звичайного типу (високого рівня);

2) розлучні мости;

3) трансбордери, або мостовий паром;

4) наплавні мости.

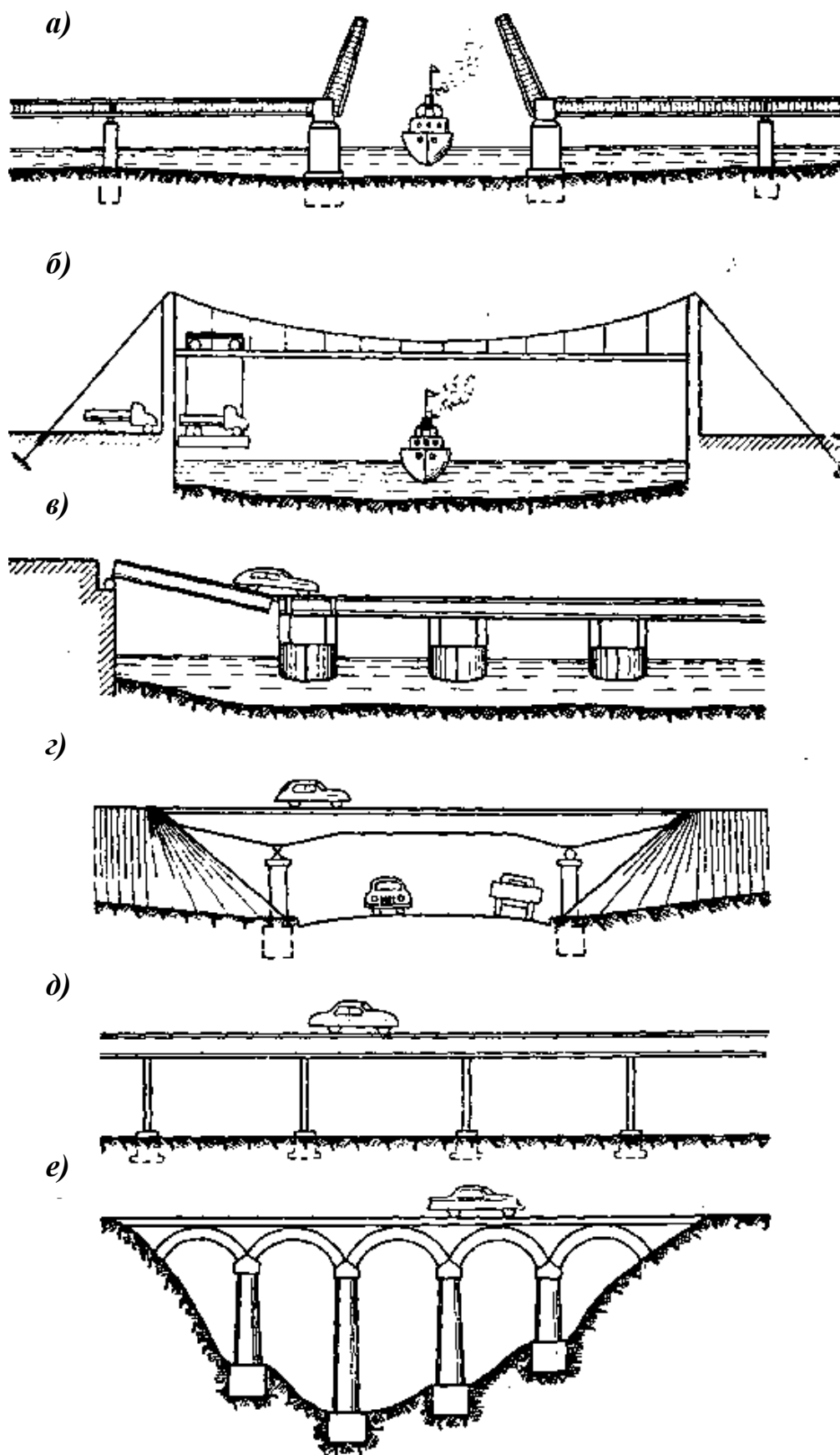
Крім мостів, в містах зустрічаються і інші види штучних споруд, конструкції яких аналогічні конструкціям мостів.

До таких споруд відносять шляхопроводи, естакади і віадуки.

Мостоми звичайного типа, або мостоми високого рівня, називають мости, розташовані на такій висоті над річкою, при якій вони не перешкоджають пропуску високих вод, а також судноплавству або сплаву. У цих мостах величина  $H$  (рис.1) має бути більшою величини судноплавного габариту для даної річки. В разі відсутності на річці судноплавства або сплаву лісу величина  $H$  визначається безпекою пропуску під мостом високих вод.

Для тимчасового зв'язку берегів інколи будують мости на невеликій висоті над горизонтом меженних вод. Такі мости називаються **низьководними**. Вони не здатні пропускати високі води і при паводках або затопляються (затоплювані мости), або піддаються розбиранню (розбірні мости).

**Розвідними** називають мости на постійних опорах, що мають рухливі прольотні конструкції, які відкриваються для пропуску суден (рис. 3, а). Розвідні прольоти в мостах роблять в тому випадку, якщо висота моста недостатня для пропуску суден, що пливають на водній магістралі. Недолік розвідних мостів полягає в неминучості перерв руху по мосту - при розведеному прольоті і по річці - при закритті розвідного прольоту.



### 3. Види мостових споруд

*a* - розвідний міст; *б* - мостовий пором (трансбордер); *в*- наплавний міст; *г* — шляхопровід; *д* — естакада; *е* — віадук

**Трансбордери**, або мостові пороми (рис. 3, б), влаштовують для перетину широкого водного простору при слабкому русі між берегами. Трансбордер це легка конструкція, що перекидає водну перешкоду і що підтримує шляхи, на яких рухається візок з підвішеною до неї платформою, призначеною для перевезення пасажирів і вантажів.

**Наплавними** (рис. 3, в) називають мости на плавучих опорах. Такі мости застосовують при перетині широких і багатководних річок в тих випадках, коли будівництво моста на постійних опорах дороге, складне і не виправдовується передбачуваним рухом по мосту.

Примітивним способом зв'язку між берегами багатководних річок є паромна переправа.

**Шляхопроводами** називають мостові споруди, призначені для пропуску однієї дороги над іншою (перетин в різних рівнях). Будівництво шляхопроводів в містах пов'язано з необхідністю незалежного пропуску транспорту при взаємному перетині двох вулиць з інтенсивним рухом (рис. 3, г), автомагістралі з міськими вулицями, а також при перетині вулиць із залізничними коліями.

**Естакадою** називають мостову конструкцію для пропуску руху на деякій висоті над поверхнею землі (рис. 3, д), щоб простір, що пролягає нижче, міг бути використаним для проїзду або для інших цілей. У містах естакади часто влаштовують для пропуску швидкісного авторуху, метрополітену або залізниці.

**Віадуки** влаштовують замість насипів при перетині дорогою глибоких лощин, ярів або суходолів (рис. 3, е). При великій глибині перешкоди (більше 15...20 м), що перетинається, будівництво високого насипу вимагає настільки великих земляних робіт, що виявляється економічно доцільнішим побудувати мостову споруду - віадук.

Мости і аналогічні їм штучні споруди за статичними схемами розділяються на балочні, арочні, рамні і висячі.



### **3. Основні вимоги, що пред'являються до міських мостів**

Всякий міст, який є відповідальною інженерною спорудою, повинен задовольняти низці вимог архітектурно-планувального, виробничого, експлуатаційного, розрахунково-конструктивного і економічного характеру.

1. Архітектурно-планувальні вимоги полягають, по-перше, в тому, що розташування моста в плані і в профілі має бути прив'язаним до генерального плану міста або плануванням прилеглих до моста районів. Положення моста має бути зручним для транспортного сполучення між районами міста, що знаходяться на протилежних берегах і, по можливості, повинен забезпечувати найменший пробіг транспорту, який слідує через міст. Крім того, міські мости, як і інші штучні споруди в містах, повинні мати красивий зовнішній вигляд, що гармонує з навколишнім архітектурним ансамблем міської забудови. Це досягається чіткістю інженерної схеми і архітектурного силуету моста. При цьому архітектурні вимоги необхідно зв'язати з інженерними.

2. Виробничі і експлуатаційні вимоги полягають в тому, що рух по мосту має бути зручним і безпечним. Міст слід розташовувати так, щоб всі види міського транспорту могли проїздити по ньому зручно і безперешкодно.

Ширина їздового полотна на мосту повинна відповідати розрахунковій пропускній спроможності з урахуванням перспективи зростання руху.

Полотно проїзної частини виготовляють з міцного і зручного для руху матеріалу. Має бути передбачене хороше відведення дощової води з поверхні полотна.

Схема моста, величини прольотів і висота під прольотною конструкцією над горизонтом води в річці повинні задовольняти вимогам судноплавства.

Конструкція споруди повинна забезпечувати необхідний термін служби і можливість зручного експлуатаційного огляду її елементів. Необхідно також, щоб конструкція моста була зручна для виготовлення і зведення і дозволяла максимально механізувати будівельні роботи.

Міські мости, як правило, влаштовують з їздою зверху. Вони краще відповідають виробничим, експлуатаційним, а також архітектурним вимогам, простіші за конструкцією і за умовами зведення. Проїзна частина таких мостів захищає конструкцію прольотних споруд, що знаходяться нижче, від атмосферних опадів. У міських умовах міст з їздою зверху не порушує загального виду навколишньої забудови.

У зв'язку з цим в міських мостах їзда низом допускається тільки у виняткових випадках, коли будівництво моста з їздою зверху дуже дороге або неможливе за умовами вертикального планування.

3. Розрахунково-конструктивні вимоги визначаються тим, що споруда в цілому і окремі його елементи повинні задовольняти умовам міцності, стійкості і жорсткості.

Умова міцності споруди полягає в тому, щоб зусилля або напруження у всіх його елементах і з'єднаннях не перевершували певних величин, що допускалися при розрахунках. Стійкість споруди визначається його здібністю зберігати первинну форму і положення при дії на неї будь-яких розрахункових зовнішніх навантажень.

Вимоги до жорсткості споруди полягають в тому, що деформації його під дією навантажень не повинні перевищувати допустимих величин. Якщо міст або окремі його елементи недостатньо жорсткі, то при русі по мосту можуть виникнути значні вібрації, що ослаблюють з'єднання елементів. Це може привести до руйнування конструкції. Великі прогини пролітної споруди можуть привести до шкідливих для конструкції провисань.

4. Економічні вимоги полягають в необхідності вибору при проектуванні такого рішення, яке вимагає найменшої витрати коштів і матеріалів для споруди моста при можливо меншому об'ємі трудомістких робіт.

Проте оцінка економічності споруди за однією тільки будівельною вартістю недостатня. Необхідний також облік експлуатаційних витрат на ремонт і реконструкцію споруди.

#### 4. Вибір місця мостового переходу в місті

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

Крім того, при виборі місця переходу велике значення мають розміри пересікаємої річки, вимоги судноплавства, а також топографічні і гідрогеологічні умови в місці переходу.

У містах, розташованих на великих річках, необхідність в будівництві моста виникає в тих випадках, коли місто розташовується на обох берегах річки або коли місто знаходиться на одному березі, але вимагає зв'язку з передмістями, розташованими поблизу нього заводами або населеними пунктами, що знаходяться на іншому березі.

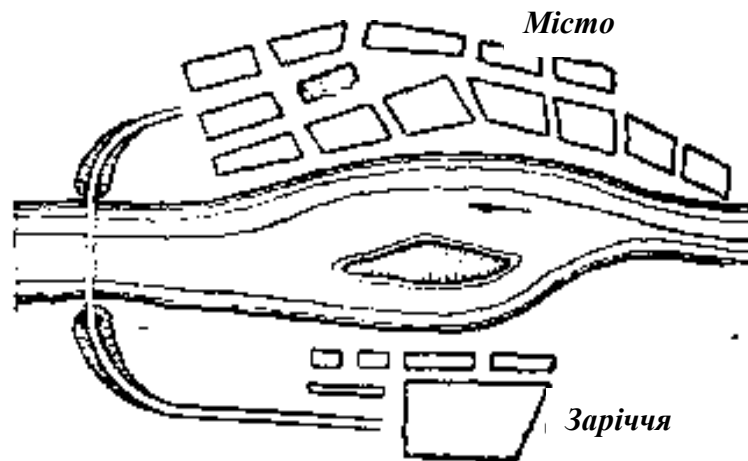
При виборі місця переходу через велику річку необхідно враховувати її гідравлічний режим, рельєф місцевості і геологічні умови, які мають настільки велике значення, що розташування моста на річці доводиться у великій мірі підпорядковувати місцевим умовам. Тому мости, що служать для зв'язку міста з селищами, передмістями і заводами, що знаходяться на іншому березі (у заріччі), розташовують на найбільш придатних ділянках річки, інколи в шкоду умовам зручності руху або планувальним міркуванням (рис. 4).

У тих випадках, коли місто розташоване на обох берегах великої річки, планувальні вимоги доводиться враховувати вже з більшою мірою, але гідрогеологічні і топографічні умови все ж залишаються головними.

Аналогічно доводиться вирішувати задачу вибору місця переходу річки в невеликих містах і населених пунктах.

Якщо в місці, де передбачається будівництво моста, міська забудова ще не підійшла до річки або підлягає реконструкції, то розташування мостового переходу вибирають так, щоб воно було найбільш сприятливим за

топографічними, геологічними і гідрологічними умовами. Надалі планування забудови в прилеглих до моста районах ув'язується з прийнятим розташуванням моста.



**Рис.4. Розташування моста, який зв'язує місто з заріччям**

Аналогічно доводиться вирішувати задачу вибору місця переходу річки в невеликих містах і населених пунктах.

Якщо в місці, де передбачається будівництво моста, міська забудова ще не підійшла до річки або підлягає реконструкції, то розташування мостового переходу вибирають так, щоб воно було найбільш сприятливим за топографічними, геологічними і гідрологічними умовами. Надалі планування забудови в прилеглих до моста районах ув'язується з прийнятим розташуванням моста.

З погляду гідравлічного режиму річки, умов безпеки і зручності судноплавства місце мостового переходу має задовольняти наступним вимогам.

1. Міст треба розташовувати на ділянці річки із стійким розробленим руслом, без островів і з найменшими по ширині заплавами.

2. Напрямок перебігу під час проходження високих вод повинен як найменше відхилятися від напрямку течії при меженному горизонті. Цим вимогам більшою мірою задовольняє перетин річок на плесо ділянках (рис. 5). Мостовий перехід прагнуть розташовувати перпендикулярно як головному руслу, так і до долини річки, по якій рухається річковий потік при високому

паводку. При цьому бажано, щоб головне русло в місці переходу було прямою ділянкою, довжина якої вище мосту за течією для зручності судноплавства була б не менше подвійної довжини суднового каравану, а довжина ділянки нижча за міст - не менше довжини каравану.

3. Міст має бути віддалений від ділянок перекочувань річки не менше як на двох-трикратну 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 річки, де напрям головного русла не збігається з напрямом долини, вісь моста на судноплавних річках декілька відхилюють від нормалі до основного русла річки у бік зближення з нормаллю, до напрямку весняного потоку. На несудохідних річках вісь моста орієнтують по нормалі до напрямку долини, з деяким відхиленням у бік зближення з нормаллю, до головного русла.

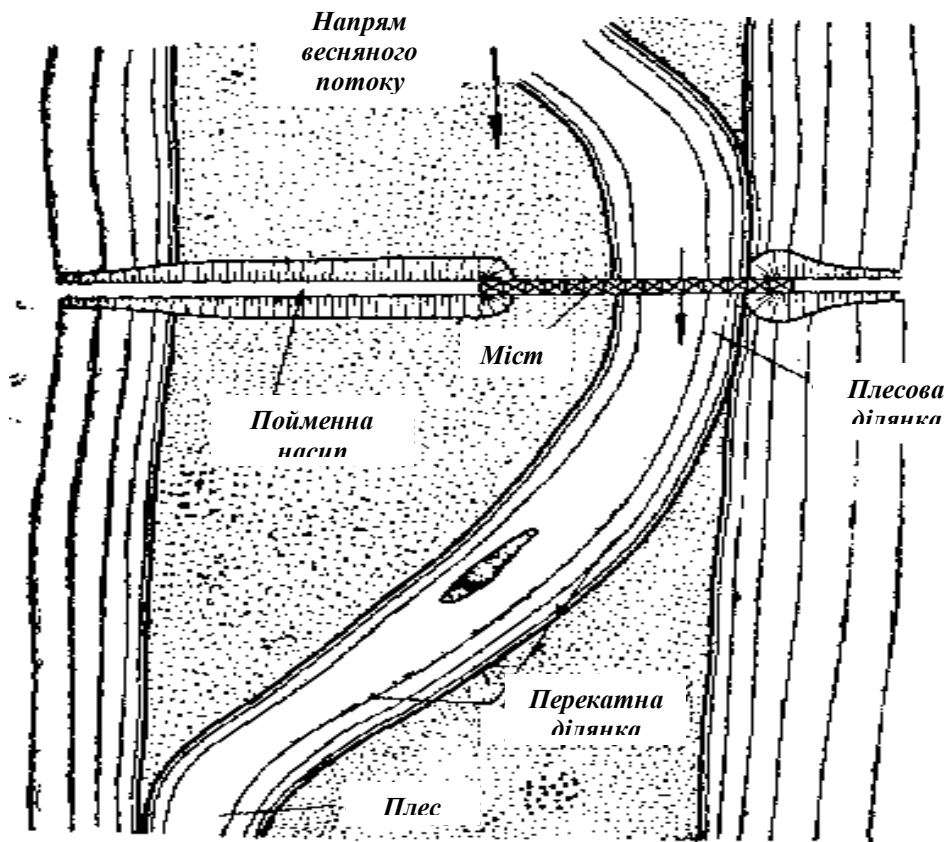


Рис.5. Перетин ріки на плесо ділянці

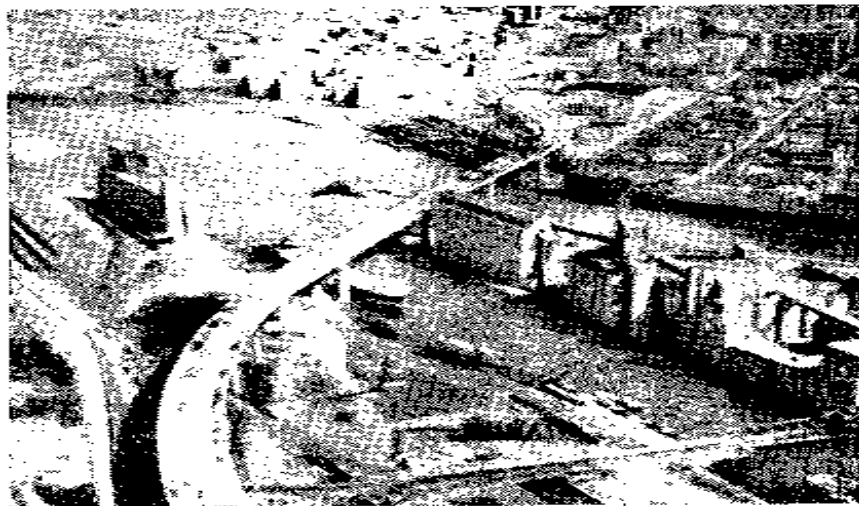
Перетин моста по відношенню до напрямку течії повинен враховуватися

при проектуванні опор, постійних споруд і підходів до моста.

4. У великих містах з інтенсивним рухом транспорту, в яких забудова здійснюється по певному плану, розташування мостів повністю підкоряється плануванню міста і вимогам зручності руху.

Міст в цих випадках є елементом вуличної мережі і разом з тим є складовою частиною архітектурного ансамблю навколишньої забудови.

5. Мости через широкі і багатоводні річки у великих містах розташовують по трасі вулиць, що йдуть до річки. Вісь моста бажано направляти перпендикулярно до річки. Якщо вулиця пересікає річку під косим кутом, то і міст через річку роблять косим (рис. 6).



**Рис.6. Косий міст**

У багатопрольотних косих мостах проміжні опори (бики) слід розташовувати по напрямку перебігу річки; при невеликому перекосі міст може бути влаштованим косим.

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

7. При виборі місця розташування міського моста велике значення має зручність 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 приблизно вирішена таким чином.

Якщо відома інтенсивність потоків руху на окремих напрямках в районі розташування моста, то можна позначити їх через  $W_1, W_2, W_3$ , враховуючи для кожного потоку рух в обох напрямках (рис 7).

Щоб досягти моста, транспорт повинен, по-перше, проходити по вуличній мережі відповідну відстань до берега річки і, по-друге, - відстань вздовж річки до моста.

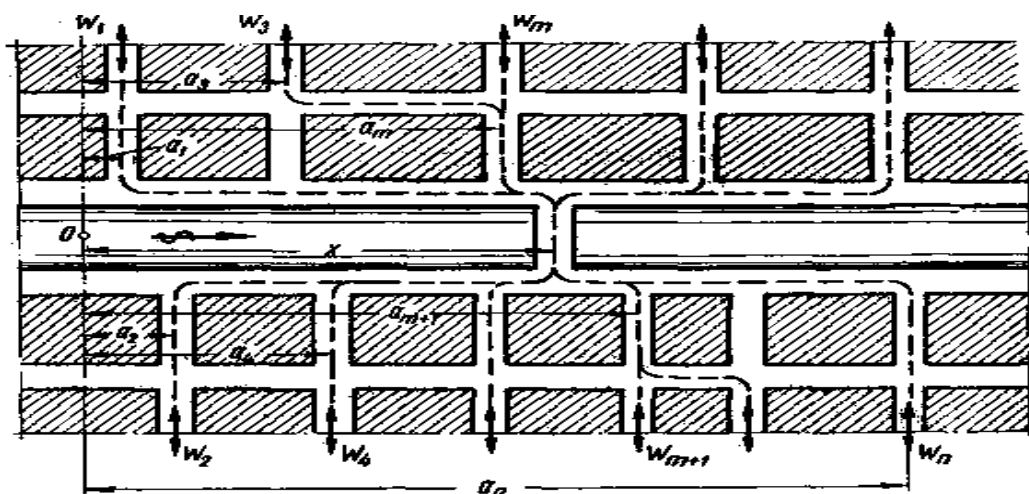


Рис.7. Схема потоків міського транспорту в районі розміщення моста.

Шлях, який проходить транспорт в напрямі, нормальному до річки, залишається не постійним, а залежить від місця розташування моста. Шлях же, який проходить транспорт паралельно річці, залежить від положення моста.

Робота транспорту, слідкуючого через міст, і транспортні витрати будуть найменшими, якщо сума добутоків інтенсивності окремих потоків на відстані, які він проходить вздовж річки до місця розташування моста, буде мінімальною.

Щоб вирішити це завдання, намітимо умовно на річці деяку довільну крапку і позначимо відстані від цієї крапки до пунктів, що визначають довжину шляху уздовж річки, прохідного кожним із заданих потоків руху,

через  $a_1, a_2, a_3$ .. Відстань від крапки *Про* до місця розташування моста позначимо через  $x$ .

Робота транспорту на шляху, який він проходить вздовж річки до місця розташування моста, виразиться так:

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

- для потоків, що примикають до річки вище (за течією) до місця розташування моста

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

- для потоків, які примикають до річки нижче моста.

Умова мінімуму сумарної роботи транспорту буде:

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

Звідки отримуємо:

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

Таким чином, найвигідніше місце розташування моста, що забезпечує мінімум транспортних витрат транспорту, що проходить через нього, повинне задовольняти умові, при якій суми інтенсивності потоків руху, до мостового переходу з верхової і низової сторін, рівні між собою.

Практично міст доцільно орієнтувати по якій-небудь вулиці, найближчій до місця найвигіднішого його розміщення.

Природно, що приведений 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 і інших чинників.

Проте приведені вище теоретичні рішення все ж дає деякі передумови економічного характеру, корисні для правильного вибору місця мостового переходу в місті.



## 5. Призначення кроку і ширини міських мостів

У тих випадках, коли в місті проектується тільки один міст, що зв'язує райони, розташовані на протилежних берегах, а також при будівництві моста на виходах із міста, ширину його визначають, виходячи з пропускної спроможності вулиці або дороги, на якій передбачається міст.

У тих випадках, коли місто розташовується на обох берегах річки, займаючи значну довжину вздовж річки, і коли потрібний пропуск через річку пасажирських і вантажних потоків великий, то виникає необхідність будівництва декількох мостів.

Ширину міського моста призначають залежно від розрахункового потоку руху, що прямує на ньому, з урахуванням перспективи його зростання, при цьому ширину зв'язують з плануванням і шириною вулиць, що примикають до моста.

Якщо міст пересікає невелику річку і вздовж неї немає набережних, то ширину моста, як правило, приймають рівною ширині вулиці.

Якщо річка широка і міст через неї має значну довжину, то ширина моста може бути прийнята менше вулиць, що примикають до нього.

Звуження проїзної частини на мосту допустимо тому, що на ньому забороняється зупинка автотранспорту, і ширина їздового полотна може бути зменшена за цих умов на ширину двох смуг авторуху. Звуження проїзної частини можливе також і тоді, коли ширина її на мосту достатня для пропуску розрахункового потоку міського руху.

Якщо вулиця, що йде через міст, розташовується в одному рівні з проїздами вповодж набережних, то перед мостом на передмостових площах, має бути організована розв'язка взаємно пересічних потоків руху.

При інтенсивному русі, як по мосту, так і по набережних, а також в разі примикання до моста декількох вулиць, можна влаштувати передмостову площу з нерегульованим безперервним кільцевим рухом.

Виїзди і в'їзди на міст повинні розглядатися в кожному конкретному випадку з врахуванням інтенсивності руху, застосовуючи при цьому рампи і

так далі.

Необхідно відзначити, що в складних випадках сполучення моста з прилеглими вулицями розв'язка транспортного вузла, може бути вельми різноманітною. За всіх умов треба прагнути до такого рішення, щоб пропускна спроможність передмостової площі і виїздів на міст не була менше пропускної спроможності самого моста.

Ширину проїзду на мосту визначають залежно від виду транспорту, який рухається через міст. Смугу, що відводиться трамвайному руху, а також ширину тротуарів встановлюють відповідно до розмірів вулиці, яка примикає до мосту, але при обов'язковому дотриманні встановлених стандартних габаритів.

Залежно від виду руху встановлені наступні габарити міських мостів.

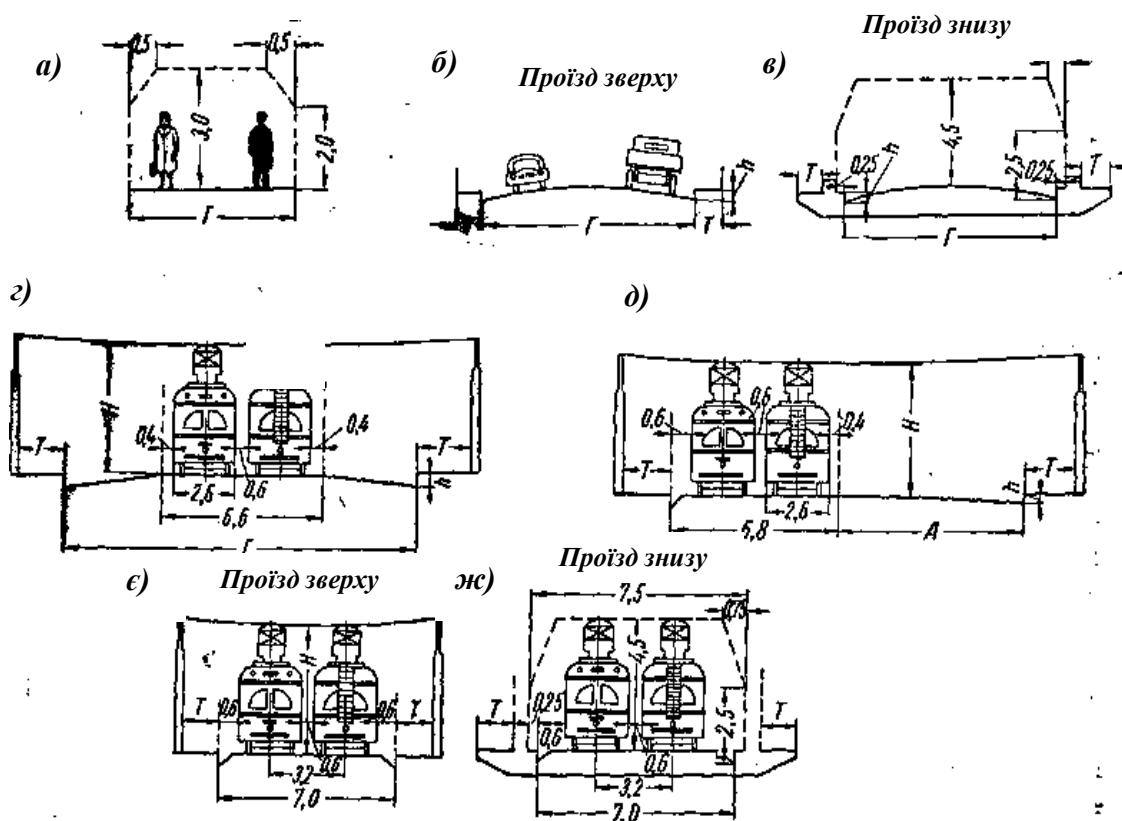


Рис.8. Габарити міських мостів

Найменша ширина тротуарів в міських мостах встановлена в 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 доріг), залежно від місця розташування доріг в поперечному перетині моста (рис.8, *з і д*). При цьому повна ширина проїзної частини моста між бордюрами призначається 13,6; 19,6 або 24,6 м, при розташуванні трамвайних колій по осі моста і 13,3; 18,8 або 24,8 м при однобічному їх положенні.

У мостах, призначених для пропуску тільки трамвайного руху, розміри габариту приймають відповідно до схем, приведених на рис. 8, *е і ж*.

Найменша висота підвіски контактного дроту приймається в мостах з їздою зверху (рис.8, *з і ж*) не менше 5,25 м, в мостах з їздою низом, по середині і під шляхопроводами – не менше 4,2 м.

Висота бордюрів з боків їздового полотна за нормами повинна 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 – рівною 30 см, а на шляхопроводах – 40 см).

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

## **6. Розташування міських мостів в профілі**

Розташування міських мостів в профілі, або так зване вертикальне їх планування, залежить від низки факторів: рельєфу берегів в місці переходу, розрахункових горизонтів води в річці, що пересікається, вимог судноплавства, умов міського руху і так далі.

Залежно від сукупності умов проектування мостового переходу вертикальне планування міського моста може бути здійснене різними способами.

У тих випадках, коли різниця відміток між рівнем набережних і верхом

судноплавного габариту достатня для розміщення в цих межах конструкції пролітних споруд моста, і коли рух вздовж набережної невеликий і може бути розв'язаним в одному рівні, міст розташовують в одному рівні з набережними (рис. 9, а). З погляду зручності руху транспорту, а також в архітектурному відношенні таке рішення є якнайкращим.

Якщо судноплавний габарит не поміщається під мостом, розташованим в одному рівні з набережними, то міст можна влаштувати з двобічним схилом (рис. 9, б). Подовжні схили на мосту при цьому не повинні перевищувати 2...3%; зустрічні схили повинні сполучатися з вертикальною кривою радіусом не менше 400 м.

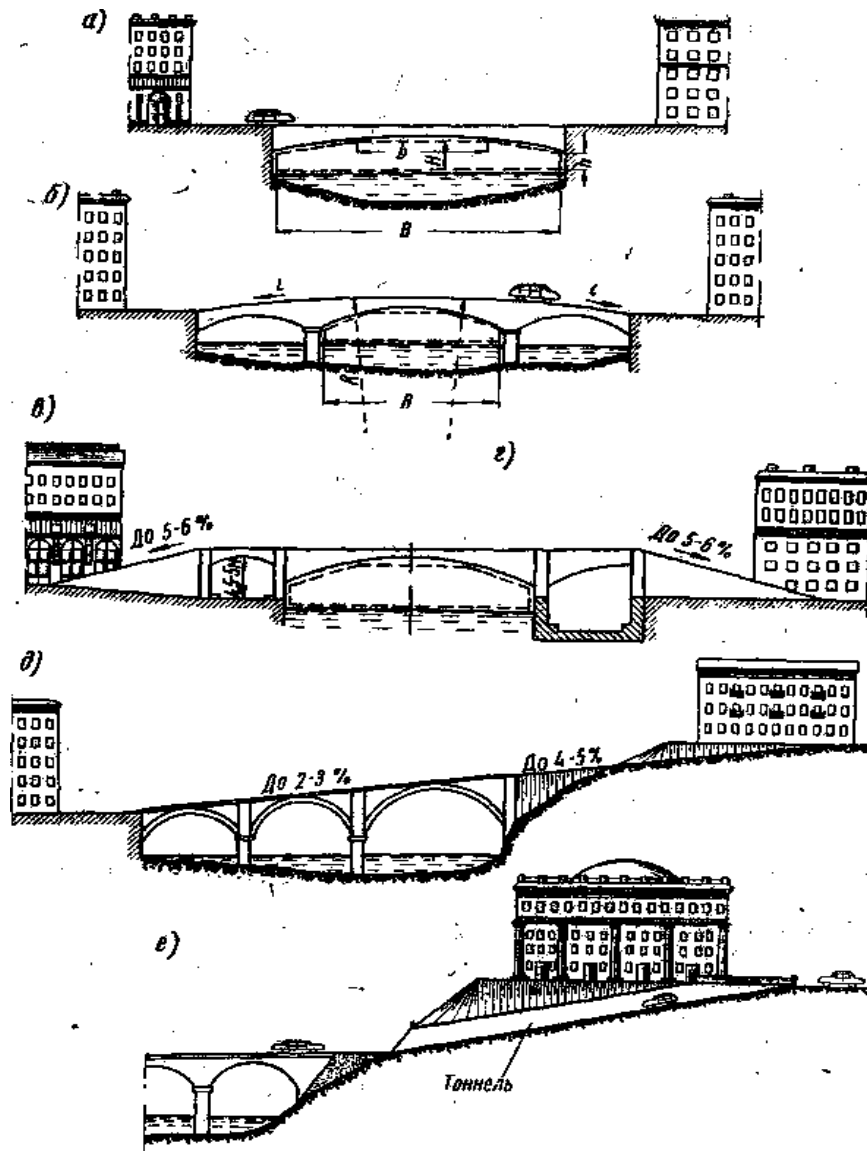


Рис. 9. Варіанти вертикального планування міських мостів

Якщо вимоги судноплавства примушують підняти міст настільки високо, що розташувати його кінці в одному рівні з набережними неможливо, то доводиться влаштовувати підходи до моста у вигляді спеціальних похилих в'їздів - рамп (рис. 9, б). Схил їх не повинен перевищувати 4...4,5% і лише у виняткових випадках може складати 5...6%. Похилі в'їзди на досить велику довжину входять в прилеглі до моста вулиці або передмостові площі. Рух вздовж набережної в цьому випадку пропускають через спеціальні шляхопроводи, при недостатній висоті підходів може бути здійснене опускання рівня проїзду по набережній, якщо потрібно, то навіть нижче за рівень води в річці (рис. 9, з).

Місцеві топографічні умови інколи примушують вдаватися до особливих рішень при вертикальному плануванні моста. Так, якщо один берег значно вищий за інший, то може виявитися доцільним будівництво моста в одnobічному схилі (рис. 9, д). Величина схилу на мосту не має бути більшою 2...3%. При дуже високому і крутому березі підхід може бути влаштований у вигляді тунелю (рис. 9, е) або направлений вздовж схилу високого берега і зв'язаний з мостом кривою. У всіх випадках найбільший схил підходів не повинен перевищувати 4...5%.



Рис. 10. Ділянки мостового переходу через широку річку.

В випадку будівництва моста на великій багатоводній річці, коли вибір місця переходу в основному визначається режимом річки, топографічними і геологічними умовами, траса мостового переходу зазвичай має наступні характерні ділянки (рис. 10): міст I, спуск з моста на заплавну насип II, заплавна насип III, спуски з берегів річкової долини на заплавну насип і на міст IV. Відмітка проїзду на мосту залежить від розмірів підмостового

габариту і будівельної висоти прольотних конструкцій. Відмітка бровки заплавного насипу повинна підноситися не менше чим 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 по річці необхідно пропускати великі судна, а піднімання рівня моста на велику висоту по планувальних міркуваннях неможливе, то доводиться влаштовувати розвідний міст. В цьому випадку розвідний проліт розміщують в найбільш зручному для судноплавства місці і додають йому розміри, що відповідають судноплавним вимогам; відмітку ж проїзду на мосту роблять однаковою з відміткою набережних або близькою до неї.

У подовжньому профілі мостового переходу треба уникати переломів профілю і будівництву увігнутих вертикальних кривих в місцях сполучення моста з підходами. Кінець вертикальної кривої повинен розташовуватися не ближче 10 м від початку моста.

Міські мости, особливо короткі, часто розташовують на горизонтальних площадках. Проте для поліпшення водовідводу з проїзної частини моста, здійснюваного при горизонтальній площі тільки за рахунок поперечного схилу, на довших мостах слід робити однобічний або двобічний схил, рівний не менше 1%.

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

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

з цих з'їздів на рампи моста, а також на сполученнях з'їздів і набережних, схили слід приймати в межах 2...2,5%.

Вертикальне планування міських мостів повинно не лише забезпечувати зручність руху транспорту і відповідати архітектурно-планувальним вимогам, але і правильно вирішувати питання водовідводу з проїзної частини, тротуарів моста і підходів.

## **7. Розрахункові навантаження мостів**

Мости піддаються дії різних навантажень, які можуть бути розділені на наступні основні види:

1) вертикальне навантаження:

а) рухливе, або тимчасове,

б) постійне,

2) горизонтальне навантаження:

а) вітрове,

б) відцентрове,

в) гальмівне.

Крім вертикальних і горизонтальних навантажень, на мости можуть діяти також удари і поштовхи рухливого навантаження, зміни температури, тиск ґрунту, дія криги, просадка опор, сейсмічні і інші дії.

Рухливим, або тимчасовим, навантаженням мостів називають навантаження від автомобілів, тракторів, трамваїв, натовпу і ін., що проходять по мосту, для яких і призначається даний міст.

Постійним навантаженням називають навантаження від власної ваги моста.

Власну вагу, тимчасове навантаження з врахуванням динамічного ефекту, тиск ґрунту і відцентрові сили прийнято називати основними навантаженнями, оскільки вони завжди присутні при роботі моста. Решта навантажень - сили гальмування, тиск вітру, дія криги і ін., що діють рідше, прийнято називати додатковими.

Додаткові навантаження розглядаються як основні при розрахунку елементів моста, призначених спеціально для їх сприйняття (наприклад, для вітрових зв'язків моста вітрове навантаження буде основним).

Розрахункові навантаження для міських мостів встановлюються спеціальними нормами.

## **8. Рухливе вертикальне навантаження**

Рухливе навантаження на міських мостах дуже різноманітне. Тому при проектуванні міських мостів і інших штучних споруд розрахунків їх прийнято розділяти на умовно рухливе навантаження у вигляді колони вантажних автомобілів, які слідують один за одним на певних відстанях.

При трамвайному русі по мосту приймають умовно розрахункове навантаження у вигляді трамвайних поїздів.

Розрахункове навантаження тротуарів приймається у вигляді суцільного натовпу людей. Нормативне автомобільне навантаження складається з колон автомобілів, які рухаються один за одним в установленому порядку.

У складі кожної колони, крім основних (нормальних) автомобілів вагою  $P$ , є один автомобіль, який більш важчий. Довжина розрахункової колони автомобілів не обмежується. Нормативне навантаження встановлено різних класів. Кожному класу навантаження привласнено певне позначення, що складається з букви  $H$  і цифри, яка показує загальну вагу кожній з основних автомашин в колоні. Таким чином, навантаження  $H-18$ ,  $H-13$ ,  $H-10$  і  $H-8$  складаються відповідно з низки основних автомашин вагою по  $18$ ,  $13$ ,  $10$  і  $8$  т. Вага більш важкої автомашини в цих колонах складає відповідно  $30$ ;  $16,9$ ;  $13$  і  $10,4$  т.

Нормативне навантаження за схемою  $H-18$  складається з колони двовісних автомобілів з тривісною більш важкою автомашиною; навантаження за схемами  $H-13$ ,  $H-10$  і  $H-8$  мають всі двовісні автомобілі.

Навантаження  $H-18$  застосовується для розрахунку залізобетонних, металевих, кам'яних і бетонних мостів.



Дерев'яні мости розраховують на навантаження *H-10* і *H-8*. Навантаження по схемі *H-13* сьогодні все рідше застосовується при проектуванні міських мостів.

При розрахунку мостів колони автомобільного навантаження розміщують в декілька рядів по ширині моста. Число рядів (колон) вантажівок приймають залежно від можливого розміщення їх по ширині їздового полотна на мосту. Автомашини розташовують паралельно подовжній осі моста, причому для всіх колон вантажівок можна приймати рух в одному напрямі.

Відстань між кузовами автомашин в сусідніх колонах має бути не менше 0,1 м. Габарит розрахункового автомобіля не повинен виступати за межі проїзної частини.

В разі установки на мосту більше двох колон вантажівок при визначенні найбільших зусиль в елементах моста приймають зменшення розрахункового навантаження внаслідок малої вірогідності одночасного збігу самих не вигідних розташувань тимчасового навантаження у всіх колонах вантажівок.

Це зменшення приймають при завантаженні трьома колонами - на 15% від низки автомашин; при завантаженні чотирма колонами - на 25% від навантажень чотирьох низок автомашин.

Для полегшення розрахунків замість поїзда вантажівок можна користуватися еквівалентними навантаженнями, величини яких приводяться в технічних умовах.

Розрахункове трамвайне навантаження є низкою вагонів, які рухаються один за одним трьохвагонних трамвайних поїздів. Кожен трамвайний поїзд складається з двох моторних вагонів, між якими розташований причіпний вагон.

Є два класи нормативного трамвайного навантаження: *T-11* і *T-13*, з тиском на вісь моторного вагону відповідно *11* і *13 т*.

Навантаження *T-13* застосовується при розрахунку залізобетонних, металевих, кам'яних, бетонних мостів, навантаження *T-11*- при розрахунку дерев'яних мостів. При розрахунках замість трамвайних поїздів також можна користуватися еквівалентними навантаженнями.

Крім розрахунку мостів на автомобільне і трамвайне навантаження, обов'язкова перевірка їх на пропуск колісного навантаження вагою 80 т (НК-80) або гусеничною вагою 60 або 30 т (НГ-60 і НГ-30). Залізобетонні, металеві, кам'яні і бетонні міські мости, як правило, перевіряють на пропуск навантаження НК-80; дерев'яні мости перевіряють на пропуск навантажень НГ-60 або НГ-30.

Нормативне колісне або гусеничне навантаження приймаються у вигляді однієї машини на колісному або гусеничному ході, встановленою в розрахунковому положенні на мосту паралельно його осі. Відстань від зовнішньої грані гусениці або схилу до бордюру тротуару має бути не менше 0,25 м.

Перевірку на пропуск важкого колісного або гусеничного навантаження проводять за відсутності на мосту якого-небудь іншого навантаження.

Нормативне **навантаження від натовпу** приймається у вигляді рівномірного розподіленого навантаження, що розташовується тільки на тротуарах, а для пішохідних мостів - по всій їх ширині. Навантаження від натовпу приймається рівним  $500 \text{ кг/м}^2$  для розрахунку елементів тротуарів і проїзної частини, а також для всіх елементів пішохідних мостів. Для розрахунку головних ферм мостів під автодорожній рух навантаження від натовпу приймають  $400 \text{ кг/м}^2$ .

При русі дія тимчасового навантаження не обмежується передачею конструкції моста тільки тиску від ваги рухомих вантажів (статична дія), а супроводжується низкою додаткових поштовхів, ударів, перевантажень і ін., які називаються **динамічними діями**.

Сукупність динамічних дій рухомого тимчасового навантаження на мости прийнято враховувати при розрахунку спрощено, шляхом множення статичної дії навантаження на динамічний коефіцієнт, який більший за одиницю.

Для металевих мостів динамічний коефіцієнт приймають за формулою:

$$1 + \mu = 1 + \frac{15}{37,5 + l}$$

для головних ферм висячих мостів:

$$1 + \mu = 1 + \frac{50}{75 + l}$$

де:  $l$  - розрахунковий проліт або довжина безперервного завантаження розрахункової конструкції.

У залізобетонних мостах динамічний коефіцієнт приймають:

для балочних і рамних конструкцій при  $l < 5 \text{ м}$  -  $1 + \mu = 1,3$

при  $l > 45 \text{ м}$  -  $1 + \mu = 1,0$

для арок і крізних ферм

при  $l < 20 \text{ м}$  -  $1 + \mu = 1,2$

при  $l > 70 \text{ м}$  -  $1 + \mu = 1,0$

для суцільного склепіння

при  $l < 20 \text{ м}$  -  $1 + \mu = 1,15$

при  $l > 70 \text{ м}$  -  $1 + \mu = 1,0$

При розрахунку дерев'яних мостів, труб під насипами, кам'яних і бетонних мостів динамічний коефіцієнт не вводиться.

Перевірку мостів з будь-яких матеріалів на пропуск важкого гусеничного навантаження прийнято проводити без введення динамічного коефіцієнта.

Навантаження від натовпу також приймається без врахування динамічного коефіцієнта.

## 9. Горизонтальне навантаження

**Вітрове навантаження.** Тиск вітру на мостові споруди приймають перпендикулярним до його поверхні. Для міських мостів, розташованих в будь-якому пункті на території України, за винятком перерахованих нижче

районів, при висоті споруди не більше 16 м вітровий тиск приймають рівним 56 кг на 1 м<sup>2</sup> поверхні, схильної до дії вітру.

Якщо прольотні споруди розташовані на висоті більше 16 м, то тиск вітру визначають за формулою:

$$W = 14 \cdot \sqrt{H + 0,57h}$$

де:  $H$  - висота від рівня ґрунту або межені до низу прольотної конструкції, м;

$h$  - висота прольотної будови, м.

Для прибережної смуги Чорного моря завдовжки 100 км з центром в Новоросійську розрахунковий тиск вітру приймають в 2,5 рази більше приведених вище величин. Для побережжя моря (за винятком Фінської затоки і Азовського моря) і низов'я великих річок, що впадають в них, тиск вітру збільшують в 1,75 раз.

Тиск вітру вздовж моста приймають для прольотних конструкцій із крізними фермами рівним 0,4 від тиску вітру впоперек моста; для опор - за розрахунковою площею опори з коефіцієнтом 0,7. Тиск подовжньо направленою вітру на прольотні споруди з суцільними фермами не враховують.

Для типових проектів міських мостів тиск вітру приймають рівним 86 кг/м<sup>2</sup>.

Тиск вітру враховують тільки на конструкцію; тиск вітру на рухливе навантаження враховують тільки в наплавних мостах.

**Гальмівна сила.** Горизонтальна сила, що виникає при гальмуванні рухливого навантаження на мосту, діє уздовж його осі і для однієї смуги руху приймається, залежно від розрахункової довжини завантаження, згідно табл.1.

Таблиця 1

Гальмівна сила від вантажівок

Розрахункова довжина завантаження	Величина гальмівної сили
-----------------------------------	--------------------------

1 – 15	0,5 Р
16 – 40	1,0 Р
41 – 110	1,5 Р
111 і більше	2,0 Р

Примітка: Р – повна вага нормальної вантажівки в колоні.

За розрахункову довжину приймають довжину ділянки, з якої передається вся маса гальмівних сил коліс автомашин.

Для трамваїв гальмівну силу приймають рівною 15% від ваги двох моторних вагонів, якщо в межах завантаженої довжини поміщаються два зчепи або більше; інакше за гальмівну силу приймають 15% від ваги одного моторного вагону.

Гальмівну силу враховують прикладеною до рівня поверхні їздового полотна.

**Поперечні горизонтальні дії рухливого навантаження.** Поперечні горизонтальні дії рухливого навантаження виникають, головним чином, при відхиленнях в русі навантаження від прямолінійного напрямку в плані.

Для міських мостів ці дії прийнято враховувати у вигляді горизонтального поперечного навантаження 200 кг/пог.м, що діє на рівні проїзної частини.

Якщо міст розташовується в плані на кривій, то при русі по ньому рухливого навантаження виникає горизонтальний поперечний тиск у вигляді відцентрових сил.

Відцентрові сили в міських мостах враховують при радіусі горизонтальної кривої менше 200 м, приймаючи її величину рівною 10% від вертикального рухливого навантаження і прикладаючи її у рівні поверхні їздового полотна.

**Тиск криги.** При переміщенні криги по річці або під час льодоходу на опори і кригорізи мостів діє навантаження від тиску криги. Унаслідок великої невизначеності величини тиску і ударів льоду цей вид навантаження

не може бути встановлений з достатньою точністю і приймається вельми приблизно.

За технічними умовами для міських мостів горизонтальний тиск льоду ( $m$ ) на опору приймають: для горизонтів першого його переміщення - рівним  $75 kb$  і для горизонтів найвищого льодоходу -  $50 kb$ , де  $k$  - товщина льоду в м і  $b$  - ширина опори в м.

Тиск криги вважають прикладеним на  $0,4$  м нижче відповідного горизонту води.

### **Питання для самопідготовки:**

1. Дайте визначення основних понять про мости і мостові конструкції.
2. Як діляться мости залежно від розташування рівня проїзду по мосту? Приведіть їх схеми.
3. Дайте загальну класифікацію міських мостів.
4. Визначте основне призначення мостів залежно від особливостей і умов їх служби.
5. Які основні вимоги пред'являються до міських мостів?
6. Назвіть основні вимоги по вибору місця для мостового переходу в місті.
7. Визначте основні фактори, що впливають на призначення кроку і ширини міських мостів.
8. Визначте габарити моста для пропуску автомобільного і пішохідного рухів.
9. Визначте габарити моста для пропуску автомобільного, пішохідного і трамвайного рухів.
10. Приведіть основні схеми варіантів вертикального планування міських мостів.
11. Приведіть основні види розрахункових навантажень на міські мости.
12. Як визначається рухливе вертикальне навантаження на міст?
13. Як визначається горизонтальне навантаження на міст?

## **Розділ III. Залізобетонні мости**

### **1. Загальні відомості про залізобетонні мости**

Залізобетонні мости, що вперше з'явилися в кінці XVIII століття, в даний час широко застосовуються в містах і на автомобільних дорогах завдяки низці їх переваг перед мостами з інших матеріалів.

Ці мости, як і кам'яні, довговічні. Правильно спроектований і доброякісно побудований залізобетонний міст може служити довгий термін.

У залізобетонних мостах застосовують просту або заздалегідь напружену арматуру. Заздалегідь напружена арматура в міських мостах за останні роки почала зустрічатися все частіше.

Залізобетонні мости виконують у вигляді монолітних конструкцій, що бетонуються на місці, або у вигляді збірних конструкцій, які монтують з елементів, виготовлених на спеціальних заводах, базах або на майданчику будівництва.

Монолітні конструкції, що бетонуються на місці, широко застосовувалися в мостобудуванні протягом довгого часу. Більшість існуючих залізобетонних мостів мають монолітну конструкцію. Проте споруда таких мостів вимагає зведення риштування і опалубки, виконання на місці будівництва моста арматурних і бетонних робіт. Конструкцію можна бетонувати тільки при позитивній температурі або застосовувати спеціальні методи бетонування на морозі.

Застосування збірних конструкцій дозволяє індустріалізувати їх виготовлення і монтаж, а також дає можливість легко використовувати для будівництва в зимовий період.

Для зведення збірних конструкцій мостів не потрібно опалубки і складного риштування. Проте доставка елементів збірних конструкцій до місця будівництва, особливо по місту, не завжди виявляється простою. Труднощі зростають із збільшенням ваги і довжини елементів, що перевозяться. Тому збірні конструкції набули поширення головним чином в

залізобетонних мостах невеликих прольотів. Збірними можуть бути і мости великих прольотів.

Поза сумнівом, що в майбутньому разом з розширенням застосування для мостів збірних конструкцій у ряді випадків буде доцільно і будівництво монолітних мостів.

Залізобетонні мости володіють великою жорсткістю. У експлуатації вони вимагають невеликого догляду і незначних витрат, пов'язаних з наглядом і будівництвом.

Залізобетонні мости при невеликих і середніх прольотах за будівельною вартістю зазвичай виявляються вигіднішими ніж металеві. При великих же прольотах (більше 80...100 м) металеві мости в більшості випадків вимагають менших витрат на будівництво.



**Рис.1. Москворецький міст в Москві.**

У СНД побудовано багато визначних міських і автодорожніх залізобетонних мостів. До їх числа відносяться: міст ім. Володарського через р. Неву в Санкт-Петербурзі з прольотом 101 м; міст на Хорошевському проспекті в Москві прольотом 100,8 м, Москворецький міст через р. Москву в Москві прольотом 92,0 м (рис.1), міст через р. Ангари в Іркутську та інші.



За статичними схемами і умовами роботи під навантаженням залізобетонні мости діляться на балочні, рамні і арочні.

Найширше в містах застосовують залізобетонні балочні і арочні мости.

## 2. Балочні і плитні мости

Для перекриття малих прольотів (від 2 до 6...8 м) застосовують прольотні споруди простої конструкції у вигляді суцільної плити. Плитні мости можуть бути простими розрізними (рис.2,*a*) і нерозрізними (рис.2,*б*), рідше зустрічаються консольні системи (рис.2,*в*).

Плитні мости можна зводити як монолітні споруди, які будуються на місці (рис.2 *б*, *г* і *д*), або як збірні з готових блоків (рис.2,*е*).

Опори плитних пролітних будов раніше часто робили у вигляді масивних стоянів і биків (рис.2, *a* і *б*). У сучасних мостах широко застосовують полегшені види опор з тонких стінок (рис.2) або пальові конструкції (рис.2,*в*).

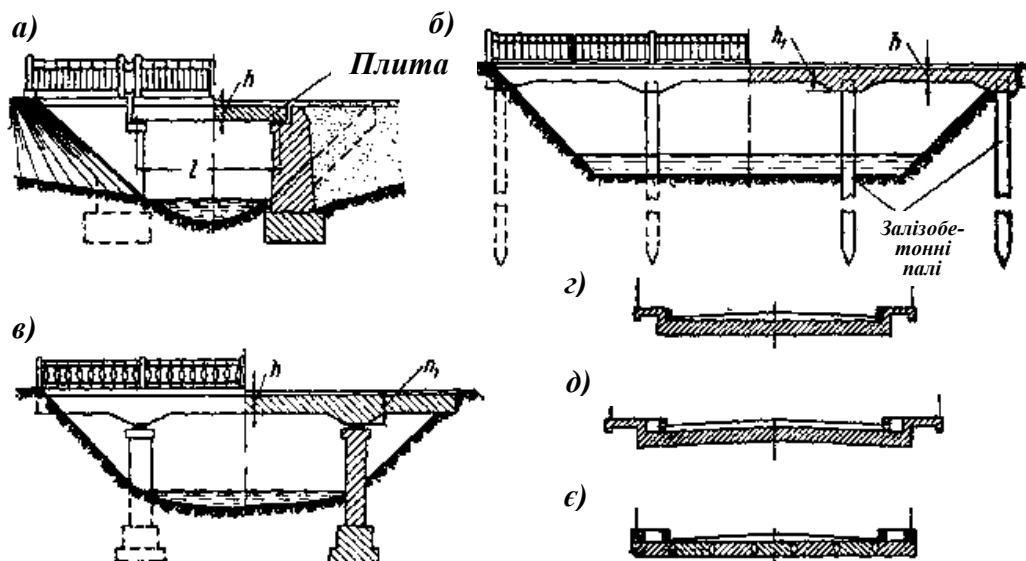


Рис.12. Залізобетонні плитні мости

Плитні прольотні мости, які будуються на місці, армують простою арматурою з гладких стержнів, стержнів періодичного профілю і зварних арматурних сіток.

Висоту плитних пролітних конструкцій призначають рівною  $1/12 \dots 1/16$  від їх прольоту. Застосовуючи заздалегідь напружену арматуру і

бетон високих марок, можна довести цю висоту до  $1/20$  від прольоту і менше.

Висоту нерозрізних і консольних плит над опорами збільшують на 30...60%.

Плитні прольотні споруди монолітної конструкції виготовляють в поперечному перетині прямокутними (плоскими) і зазвичай забезпечують їх з боків тротуарними консолями.

У розтягнутій зоні плити встановлюють поздовжню робочу арматуру і поперечну розподільну. В опорах частину нижньої робочої арматури зазвичай відгинають у вигляді косих стержнів. Пливу покривають зверху шаром розчину або бетону (стічний трикутник), що створює двосхилу поверхню з схилом 1,25...1,5%.

Поверх бетону кладуть гідроізоляційний шар, покритий зверху захисним шаром завтовшки 4 см з пісного бетону. Поверх захисного шару укладають асфальтобетонне покриття товщиною 5...6 см.

При великій ширині моста шар бетону, який створює стічний трикутник, виходить досить товстим, що збільшує власну вагу конструкції. В цьому випадку плита може бути зроблена в поперечному перетині двосхилою (рис.2, д). Тоді потреба в устрої стічного трикутника відпадає і для укладання ізоляції вистачає заздалегідь покласти на поверхню плити лише тонкий вирівнюючий шар розчину.

### **3. Мости з ребристими прольотними спорудами**

Для перекриття прольотів більше 6...8 м плитні прольотні споруди стають неекономічними із-за великої їх товщини, тому такі прольоти перекривають ребристими прольотними спорудами.

Ребристі прольотні конструкції складаються з *головних* балок (ребер), що перекривають прольоти, і плити проїзної частини, що спирається на них (рис.3, а). У монолітних мостах відстань між головними балками складає  $b = 2...3$  м. Головні балки зв'язуються між собою в поперечному напрямі поперечними балками (діафрагмами), що розташовуються на відстані  $a = 4...6$  м одна від другої.

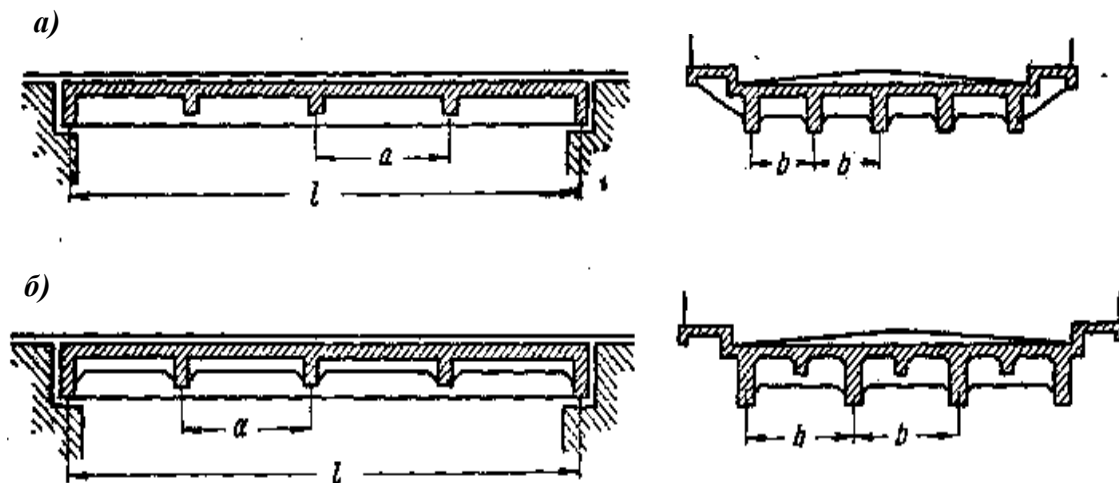


Рис. 3. Схеми ребристих балочних залізобетонних прольотних споруд

Застосовують також декілька іншу конструкцію прольотних споруд, в яких головні балки розташовані рідше, на відстані до  $a = 4 \dots 5$  м одна від одної. Тоді плиту проїзної частини підтримують додатковими поздовжніми балками, що спираються на поперечні балки (рис. 3, б).

Збірні ребристі прольотні конструкції мають декілька інший вид поперечного перетину, залежний від умов виготовлення, транспортування і монтажу блоків, які їх створюють.

Збірні прольотні споруди можуть бути складені з прямокутних двотаврових або П-образних балок і плит, які укладаються на них (рис. 4, а). Балки забезпечують напівдіафрагмами. Їх після установки з'єднують між собою стиками, що бетонуються на місці.

При такій конструкції не утворюється монолітного зв'язку ребер з плитою і остання не може брати участь в роботі спільно з ребрами. Це є недоліком такої конструкції. Раціональніші прольотні споруди, в яких блоки мають форму, що забезпечує спільну роботу плити і ребер.

Найбільшого поширення набули частореберні збірні мости, утворені з блоків П-образного, таврового або двотаврового перетину. Блоки П-образного перетину зазвичай мають ширину  $0,8 \dots 1,2$  м і забезпечені випусками арматури в місцях розташування діафрагм (рис.4,б і в). Після укладки блоків пазухи між ними заповнюють бетоном по всій довжині балок або тільки проти діафрагм, для бетонування арматурних випусків. Блоки П-образного перетину можуть бути з'єднані між собою і за допомогою болтів

(рис. 4, з). В цьому випадку для оберігання болтів від корозії після їх установки слід закарбувати в зазори, що залишилися в отворі, сухий цемент або ін'єктувати рідкий цементний розчин.

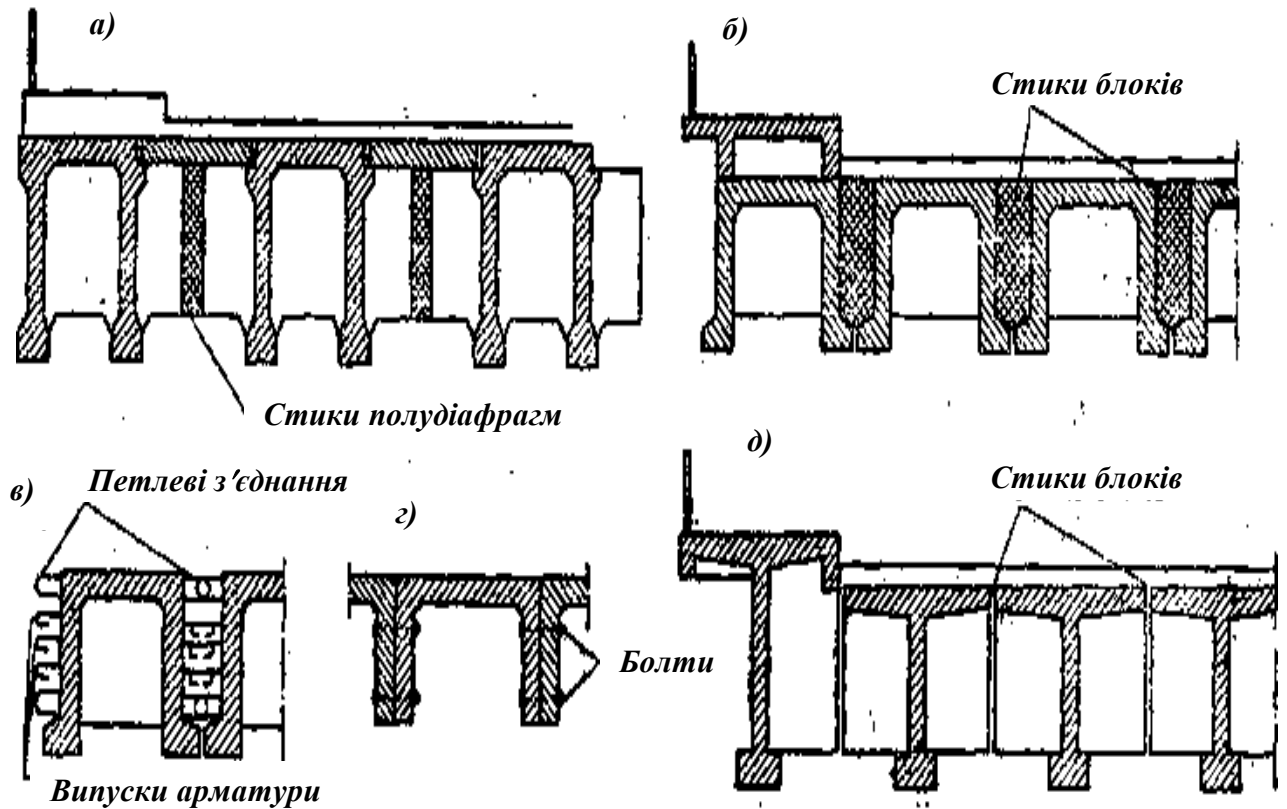


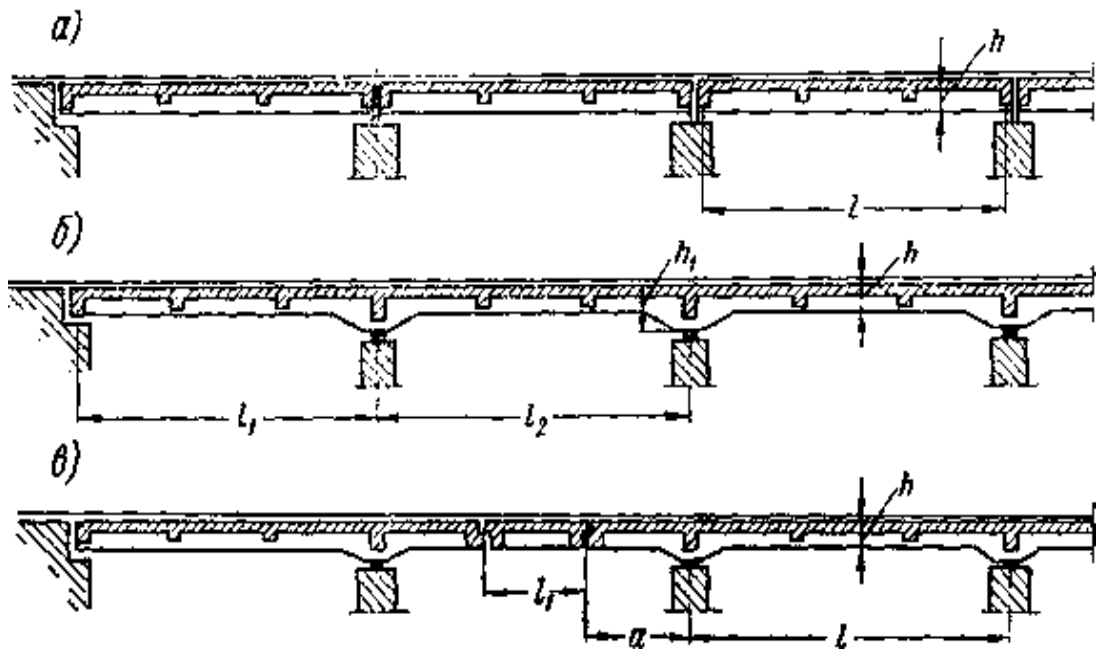
Рис.4. Схеми поперечних перетинів збірних балочних залізобетонних пролітних споруд

При сучасних транспортних засобах блоки збірних мостів можуть бути доставлені до місця будівництва при прольоті їх до 12...16 м. При великих прольотах довжина і вага блоків виходять настільки значними, що доставка їх сильно затрудняється. Тому збірні мости з прольотами 16...20 м і більше зазвичай будують із блоків, що виготовляються на будівельному майданчику.

Ребристі пролітні споруди по своїй статичній схемі можуть бути:

а) розрізні; б) нерозрізні; у) консольні.

Прості розрізні балочні пролітні споруди прості по конструкції (рис. 5, а), але в порівнянні з нерозрізною і консольною системами вимагають більшої витрати матеріалів як на пролітні конструкції, так і на опори. Розрізні пролітні споруди простіше зробити збірними.



**Рис. 5. Схеми балочних мостів розрізної, нерозрізної і консольної систем**

Головні балки простих розрізних прольотних споруд міських мостів при простій арматурі і монолітній конструкції мають висоту від 1/8 до 1/12 прольоту, а при збірній конструкції до 1/14...1/16 прольоту.

Із збільшенням прольоту розміри головних балок збільшуються і при прольотах розміром 25...30 м стають вельми значними. Тому вже при прольотах 15...25 м доцільно застосовувати балочні прольотні споруди нерозрізної або консольної системи.

Нерозрізні балочні прольотні конструкції завдяки розвантажуючому впливу негативних моментів над їх опорами мають в середині прольоту меншу висоту головних балок в порівнянні з розрізними. Це істотно зменшує спільний об'єм залізобетону в конструкції. Висота головних балок нерозрізних мостів складає: в середині прольоту  $h = (1/12...1/18)l$ ; над опорами  $h_1 = (1,5,1,8)l$ .

#### **4. Арочні залізобетонні мости**

У мостах арочної системи основними несучими елементами є арки (або склепіння). Оскільки арки в основному працюють на стиск, в них може бути найповноцінніше використаний бетон високих марок. Завдяки тому, що арки передають свій розпір опорам, прольотні споруди арочних мостів зазвичай

виявляються легшими і економічними, чим балочні. Проте передача опорам розпору приводить до значного збільшення їх розмірів, особливо крайніх опор (стояків). Тому витрата матеріалів на опори арокних мостів значно перевищує витрату матеріалів на опори балочних мостів, особливо при слабких ґрунтах в основі і при необхідності глибокого закладання фундаментів. У зв'язку з цим при поганих ґрунтах будівництво арокних мостів не завжди можливе.

Залізобетонними арками в мостах перекривають прольоти від 20...30 м і більше. Найбільші прольоти, які можуть бути в сучасних умовах перекриті залізобетонними арками, досягають 250...300 м.

Завдяки легкій і економічній конструкції сучасних арокних залізобетонних прольотних споруд і красивому зовнішньому вигляду їх часто застосовують в міських мостах.

По статичній схемі, арокні мости можна розділити на:

- 1) арокні системи розпорів;
- 2) арокні системи із затягуваннями (безрозпирні).

В розпирних арокних системах арки або склепіння спираються п'ятами на опори і передають їм вертикальний опорний тиск і розпир.

Проїзну частину влаштовують над арками (рис. 6, а), в межах стріли арок (рис. 6,б) або на рівні п'ят арок (рис. 6, в)

При їзді зверху проїзна частина спирається на арки за допомогою надарочних стоек, а при їзді низом вона підвішується за допомогою підвісок. Вибір рівня розташування проїзної частини залежить від умов вертикального планування моста.

Арки можуть бути безшарнірними, двохшарнірними і трьохшарнірними.

Безшарнірні арки найбільш прості по конструкції, оскільки не перериваються шарнірами. Проте вони мають недолік, який полягає в тому, що від просадок і зсувів опор, змін температури і усадки бетону, в них виникають додаткові зусилля. Тому безшарнірні арокні мости не можна застосовувати при слабких ґрунтах, а також в районах з різкими коливаннями

температури.

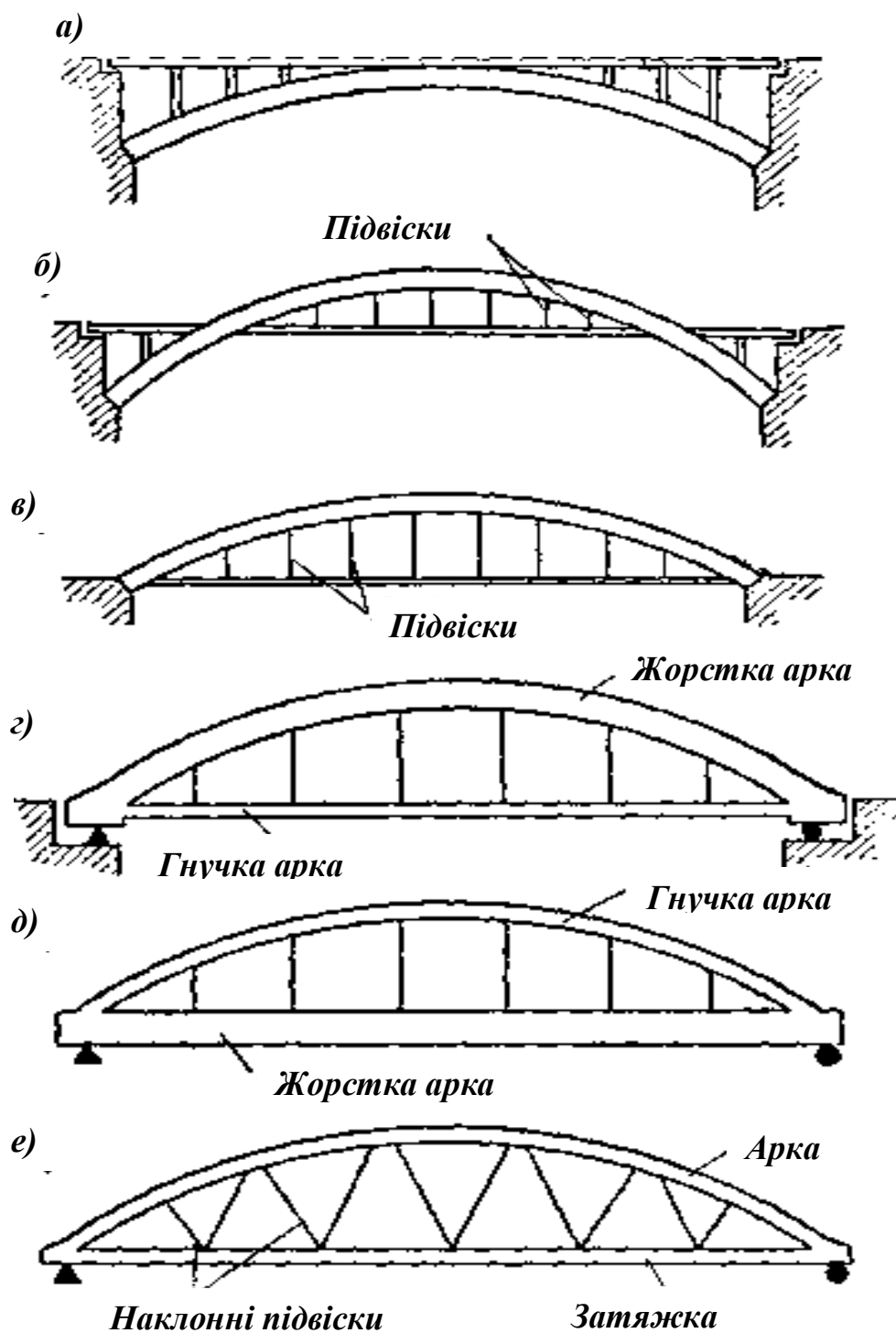


Рис.6. Основні системи залізобетонних арочних мостів

Двохшарнірні арки у меншій мірі схильні до додаткового напруження. Конструкція їх декілька ускладнюється внаслідок наявності шарнірів. Застосовують досить рідко, в основному при пологих арках для зниження в них температурного і усадкового напруження.

Трьохшарнірні арки мають ту перевагу, що в них не виникають додаткові зусилля при деформації опор, а також при змінах температури і усадці бетону. Наявність трьох шарнірів ускладнює конструкцію арок. Крім того, шарніри декілька зменшують вертикальну жорсткість моста. Тому трьохшарнірні арки застосовують головним чином в тих випадках, коли в основі опор моста лежать мало надійні ґрунти, при яких можливі осідання або зсуви опор. Останнім часом трьохшарнірну систему застосовують для збірних мостів, що будуються з готових напіварок.

Контур осі арок приймають близьким до кривої тиску від розрахункового навантаження. Стріла підйому арок, залежно від місцевих умов, змінюється в досить широких межах від  $1/2 \dots 1/3$  до  $1/10 \dots 1/15$  прольоту.

У аровних мостах із затягуванням розпір арок сприймається затягуванням, завдяки чому прольотні споруди передають опорам тільки вертикальний тиск. Затягування може бути гнучким елементом, здатним сприймати тільки розтягувальні зусилля від розпору арки. Арка в цьому випадку працює на стиск і згин. Отже, прольотна споруда складається з жорсткої арки з гнучким затягуванням (рис. 6, з).

Інший різновид аровних мостів має затягування у вигляді жорсткої балки, що працює на розтягування і згин. Арку в цьому випадку виконують у вигляді гнучкого елемента призначеного для роботи на осьовий стиск. Таку систему називають гнучкою аркою з жорстким затягуванням (рис. 6, д).

Застосовують також жорстку арку з гнучким затягуванням і похилими підвісками (рис. 6, е). Будівництво похилих підвісок зменшує згинальні моменти в арці і дозволяє зробити її легшою.

Аровні мости з суцільними арками застосовують досить часто. Вони мають просту конструкцію і можуть бути виконані з найменшою конструктивною висотою. Це часто має велике значення для міських мостів за умовами вертикального їх планування або з архітектурних міркувань.



Такі мости із арками завжди виконують з їздою зверху. У поперечному перетині прольотної споруди може бути розташована або одне склепіння, що має ширину, рівну або декілька менше повної ширини моста, два або декілька вузких паралельних склепінь.

Склепіння армують подовжніми стержнями, які відповідають їх контуру. Перпендикулярно основним стержням укладають розподільну арматуру і встановлюють хомути, що зв'язують верхню і нижню арматурні сітки арки. Надводну конструкцію армують аналогічно балочним і рамним мостам.

При перекритті великих прольотів склепіння суцільного перетину виходять важкими. Раціональніше застосування пустотілих – коробчастих арок.

Для зменшення перетину склепінь застосовують мости з окремими арками. У поперечному перетині арки влаштовують прямокутними, а при великих прольотах – двотавровими або коробчастими.

Арочні прольотні конструкції із затягуванням застосовують в мостах з їздою низом в тих випадках, коли потрібно перекрити великі прольоти системою, яка не передає розпір на опори. В цьому випадку розпір арок сприймають затягування.

## **5. Будівництво залізобетонних мостів**

При будівництві монолітних залізобетонних мостів всі роботи виконують на місці. При будівництві збірних мостів велику частину елементів конструкції виконують в заводських умовах. На місці будівництва в основному проводять монтажні роботи і невеликий об'єм бетонних робіт.

### **5.1. Будівництво монолітних мостів**

При будівництві монолітних залізобетонних мостів бетон укладають в пластичному стані у форму - опалубку, яка підтримується спеціальними риштуваннями. Риштування і опалубку в більшості випадків роблять дерев'яними. Для великих мостів використовують також металеві підмости, які бажано робити з інвентарних конструкцій.

Риштування мають бути міцними і жорсткими. Деформації риштувань під дією ваги бетону мають бути, можливо, меншими, щоб в тверднучому бетоні не виникли тріщини.

Конструкція риштувань має бути простою, щоб на збірку і розбирання їх витратити менше сил і коштів і роботи необхідно виконувати в короткі терміни. При цьому завжди треба прагнути до того, щоб здійснити так звану оборотність риштувань і опалубки, тобто багатократне їх використання. Для цього риштування слід виконувати з окремих готових рамних або просторових блоків, а опалубку - з щитів або цілих коробів.

Риштування балочних мостів влаштовують простої балочної або підкісної системи. Опори риштувань на річках роблять пальовими, на сухих ділянках можуть бути застосовані простіші - лежневі опори.

Стійки риштувань зв'язують між собою горизонтальними і діагональними схватками в подовжньому і поперечному напрямках, щоб забезпечити просторову жорсткість конструкції.

Схема дерев'яних риштувань простої балочної системи приведена на рис. 7, а. По насадках опор риштувань укладені прогони, що підтримують поперечки. На поперечки спирається каркас, що підтримує опалубку.

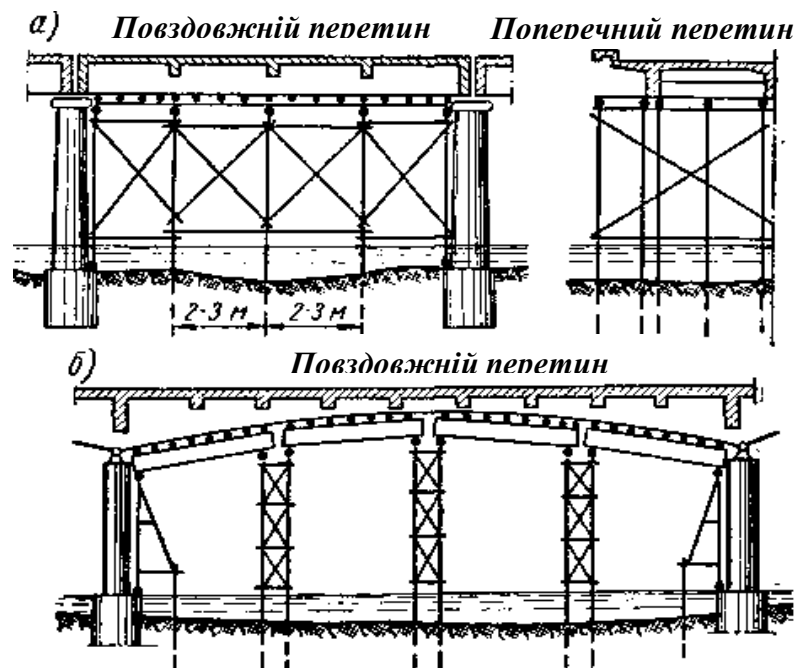


Рис.7. Схеми риштувань для споруди залізобетонних балочних мостів

У мостах невеликого прольоту як пристосування для розкружавлення використовують клини або кобилки, в мостах великого прольоту - пісочниці або навіть домкрати.

Риштування простої балочної системи захиращують підмостовий простір і тому не завжди можуть бути застосовані на багатоводних і судноплавних річках. Збільшення прольотів між опорами риштувань може бути досягнуте за рахунок застосування підкісних систем, металевих балок (рис. 7,б) або навіть решітчастих ферм (дерев'яних або металевих).

Риштування, призначені для бетонування мостів невеликого прольоту, можуть не мати пристосувань для розкружавлення. При зведенні ж мостів з прольотами більше 10...12 м їх застосування є обов'язковим.

Риштуванням надають будівельний підйом, який враховує просадки риштувань в мостах невеликих прольотів, а в мостах великих прольотів - також і прогин залізобетонних балок від постійного навантаження. Величину стріли будівельного підйому приймають не менше 1/1000 прольоту.

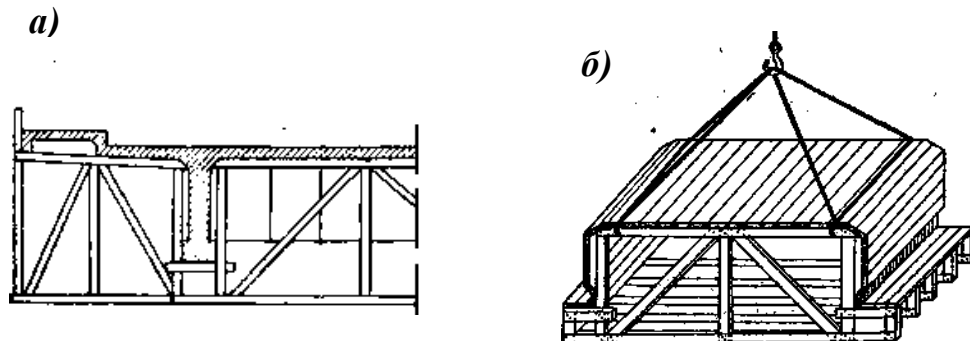


Рис. 8. Опалубка із готових коробів

Опалубку бажано робити з цілих коробів, які встановлюють в готовому вигляді на місце (рис.8). Як внутрішні, так і зовнішні коробки мають жорсткий каркас. Опалубку роблять із щільно підігнаних дощок. Звернені до бетону поверхні стругають.

Кружала і риштування залізобетонних арочних мостів за системами і конструкціями аналогічні кружалам і риштуванням кам'яних мостів.

При невеликій висоті опор можуть бути влаштовані суцільні риштування з кружалами стоякової або підвісної системи. Для зменшення

утруднення русла річки застосовують окремі опори з кружалами радіальною (рис. 9, а) або іншої конструкції.

Якщо по річці в період будівництва необхідно пропускати судна або лісосплав, в риштуваннях влаштовують судноплавний проліт.

У мостах, прокладених через глибокі гірські лощини, бурхливі річки, і в мостах на високих опорах, кружала доцільно влаштовувати у вигляді трьохшарнірних арок. Арки можна спирати на закладених в кладку опор металеві кронштейни (рис. 9, б).

Для устрою риштування і кружал бажано використовувати інвентарні металеві кружала.

Схема конструкції опалубки для бетонування арок приведена на рис.10.

Арматуру для елементів залізобетонних мостів заготовляють відповідно до робочих креслень конструкції і встановлюють в опалубку окремими стержнями або готовими каркасами.

Після установки всієї арматури моста або окремих його елементів ретельно перевіряють відповідність її проекту і складають акт приймання арматури. Після цього приступають до укладання бетону.

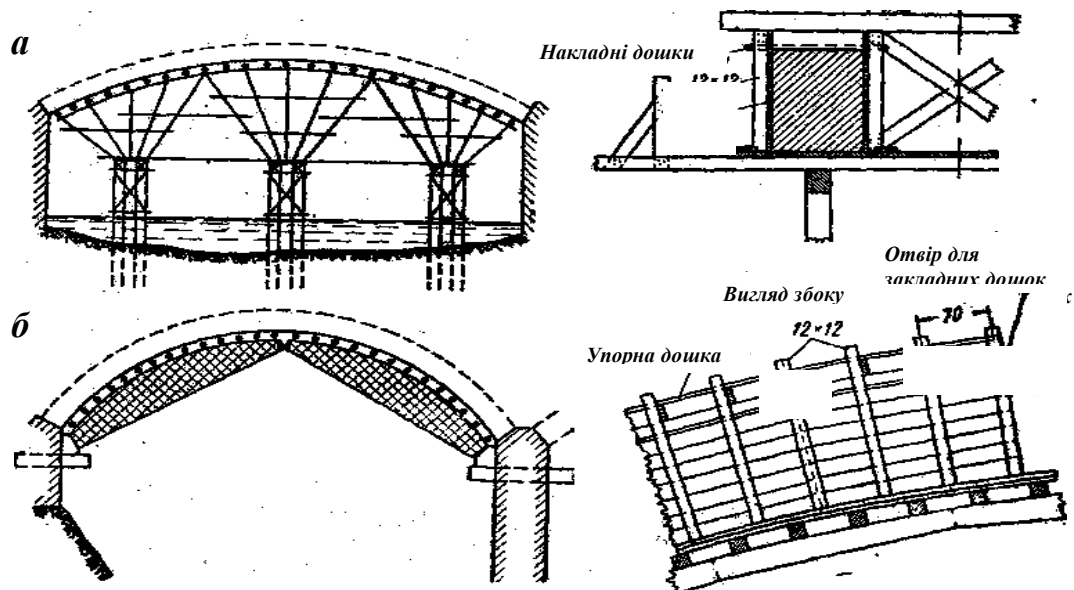


Рис. 9. Схеми кружал і риштування мостів

Рис.10. Опалубка для бетонування арок

Бетон, який застосовують для мостових споруд, повинен відповідати запроектованій марці і мати консистенцію, яка відповідає особливостям бетонованих елементів. Приготований бетон доставляють до місця укладання так, щоб його маса не розпалася на складові частини і щоб до моменту укладання він не почав тужавіти. Подачу бетону слід організувати так, щоб він безперервно поступав до місця укладання і не затримував бетонування.

До місця укладання в мостових конструкціях бетон подають за допомогою кранів. Зручним спеціальним краном для обслуговування мостобудівних робіт є *кабель – кран* (рис. 11).

Кабель-кран складається з двох опорних башт, перекинутого через них несучого троса, візка, який переміщається по цьому тросу, тягового і вантажного тросів і лебідки. Лебідка має два барабани: один - для пересування візка, інший - для підйому і опускання підвішеного до візка ковша. Кабель-крани, таким чином, дозволяють переміщати бетон не лише в горизонтальному, але і у вертикальному напрямі.

Кабель-кран є одним з найбільш досконалих засобів для транспортування бетону. Кабель-кранами перекриваються прольоти до 400...500 м і більше при вантажопідйомності до 5...10 т.

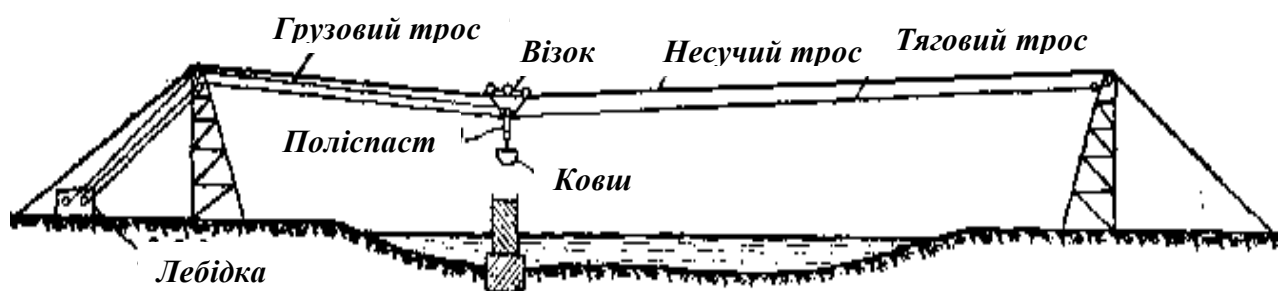


Рис. 11. Схема кабель-крана

При будівництві мостів для подачі бетону застосовують також: кран-укосину і шахтні підйомники - для вертикального транспорту бетону, порталні і пересувні будівельні крани різних видів - для горизонтального і вертикального транспортування бетону.

В окремих випадках при будівництві мостів бетон подають за

допомогою бетонних насосів під тиском по сталевих трубах як в горизонтальному, так і у вертикальному напрямі.

Щоб досягти щільності укладеної бетонної маси, запобігти можливості утворення в бетоні раковин і каверн і отримати бетон не нижче за проектну марку, бетонувати споруду потрібно дуже ретельно.

Ущільнення бетону досягається застосуванням вібраторів: зовнішніх, поверхневих або внутрішніх (вібробулави, вібролопати, віброголки, віброшланги).

При бетонуванні треба уникати перерв в роботі, оскільки в місцях, де бетон, що вже схопився, стикається зі свіжим бетоном (так званий холодний шов), легко можуть утворитися тріщини. Оскільки перерви при укладанні бетону неминучі по виробничих причинах і, крім того, бетонування таких великих конструкцій, як мости, неможливе за один раз, то бетонування доводиться проводити в певній послідовності, розділяючи споруду на окремі блоки (секції).

При виборі порядку бетонування обов'язково враховують можливі просідання риштувань і прагнуть укласти бетон так, щоб ці просідання не викликали появи тріщин в бетоні, що ще не встиг зміцніти.

Порядок бетонування повинен також забезпечувати найменші усадочні напруги в бетоні.

Якщо споруду доводиться будувати в зимовий час, приймають спеціальні заходи для оберігання бетону, що укладається, від шкідливого впливу морозів.

Щоб укладений бетон міг нормально тверднути, необхідно утримувати його у вологому стані протягом 10...12 діб. Крім того, перші 3...4 доби свіжоукладений бетон не можна піддавати жодним навантаженням і струсам.

Для перевірки міцності бетону до моменту розкружання випробовують контрольні кубики, виготовлені з того бетону, який уклали в споруду, і які зберігалися в тих же умовах.

Розпалубка і розкружання конструкції проводять обережно,

поступово, без поштовхів і струсів, щоб не пошкодити бетон.

Прийоми розкружання, які застосовують для залізобетонних мостів, такі ж, як і для кам'яних мостів.

Особливістю зведення монолітних конструкцій мостів є те, що окремі будівельні процеси доводиться проводити послідовно, для їх виконання потрібна велика кількість кваліфікованих робочих.

Щоб прискорити темпи будівництва і поліпшити якість робіт, процеси зведення монолітних залізобетонних мостів мають бути механізовані і організовані потоково-швидкісним методом. Механізація може бути широко застосована як при виготовленні і збірці опалубки і риштувань, так і при виготовленні і монтажі арматури, а також при бетонуванні.

## **5.2. Будівництво збірних мостів**

Елементи збірних залізобетонних мостів виготовляють на заводах або базах, пристосованих для масового індустріального випуску продукції. При будівництві збірних мостів великих прольотів вага окремих елементів досягає 60...80 т і більше, що надзвичайно затрудняє їх доставку. У таких випадках виготовлення монтажних блоків проводять безпосередньо на будівельному майданчику, поблизу місця їх установки в споруду.

Організація виготовлення залізобетонних виробів на заводах і базах повинна забезпечувати, по можливості, механізацію і автоматизацію виробничих процесів.

На заводах і базах найчастіше застосовують два методи організації виробництва.

Перший метод, який називається стендовим, полягає в тому, що елемент в процесі виготовлення весь час знаходиться на одному місці. Цей спосіб застосовують головним чином при виготовленні крупних деталей великої ваги.

Другий метод, званий конвеєрно-потоким, полягає в тому, що деталь, що виготовляється, переміщається по цеху і окремі виробничі процеси (збірка опалубки, установка арматури, бетонування, пропарювання)

виконуються (кожен) у відповідних місцях цеху.

Конвеєрно-поточковий метод забезпечує велику продуктивність, але може бути застосований тільки для відносно невеликих по вазі деталей.

При стендовому виготовленні залізобетонних елементів застосовують дерев'яну або металеву опалубку. Якість опалубки має велике значення для отримання хорошої продукції залізобетонних деталей. Металева опалубка краще забезпечує якість готових виробів і може бути використана багато разів. Тому при масовому виготовленні однотипних елементів збірних залізобетонних мостів бажано застосовувати металеву опалубку.

Останнім часом залізобетонні елементи виготовляють в спеціальних залізобетонних формах-матрицях. Залізобетонні матриці можна використовувати багато разів. Вони забезпечують точність дотримання проектних розмірів готових виробів.

Арматурні роботи (правка, різка, зварка і в'язка сіток і каркасів) на заводі або базі виконують в спеціальному цеху.

Арматуру встановлюють в опалубку у вигляді готових об'ємних каркасів і сіток.

Бетон готують в бетонозмішувальному цеху, ретельно дотримуються дозування компонентів і ведуть систематичну лабораторну перевірку зразків бетону, що випускається.

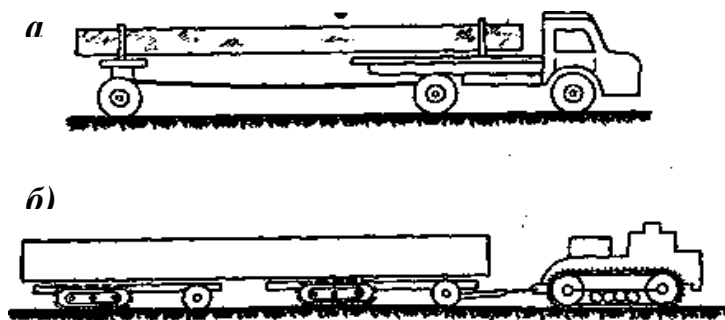


Рис. 12. Перевезення елементів збірних

Бетон ущільнюють за допомогою вібраторів, які використовують при бетонуванні монолітних конструкцій. Легші деталі вібрують на вібромайданчиках.

Для прискорення тверднення бетону вироби пропарюють.



Пропарювання продовжується 24...48 годин при температурі 70...80°C.

Елементи збірних залізобетонних мостів перевозять до місця будівництва за допомогою автомобілів або тракторів. Елементи завдовжки до 4 м можна доставляти в кузовах автомобілів. Елементи значної довжини перевозять на великовантажних автомобілях з напівпричепами (рис. 12, а). Важкі елементи великої довжини можна перевозити на декількох причепах (два...чотири) або гусеничних (рис. 12, б) причепах або на трейлерах із автомобільною або тракторною тягою.

Збірні опори мостів монтують за допомогою кранів. Опори, розташовані у воді, збирають плавучими, щогловими або стріловидними кранами. На суші монтаж опор зручніше вести самохідними кранами.

Елементи збірних пролітних споруд можна встановлювати різними методами.

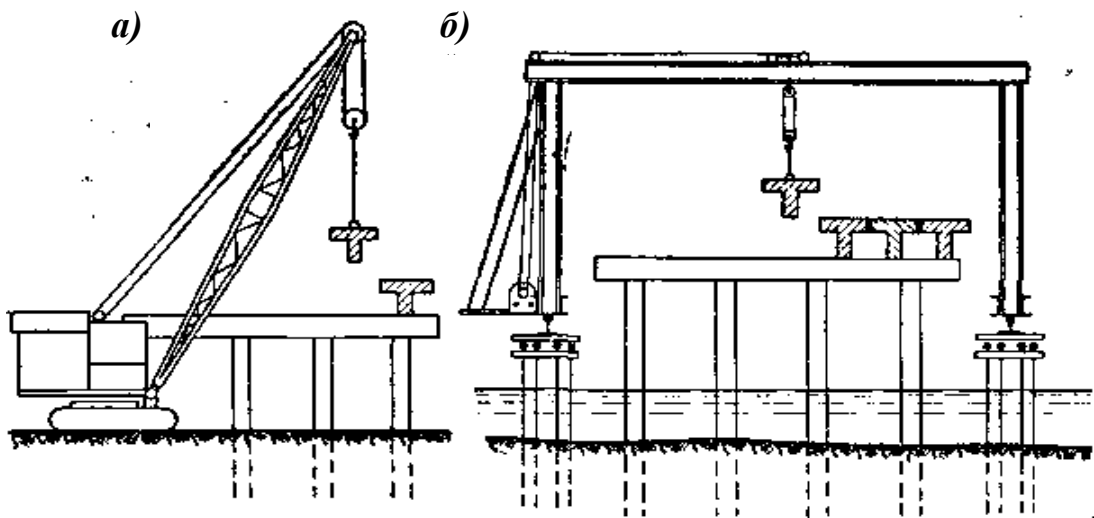


Рис. 13. Схеми монтажу збірних пролітних споруд.

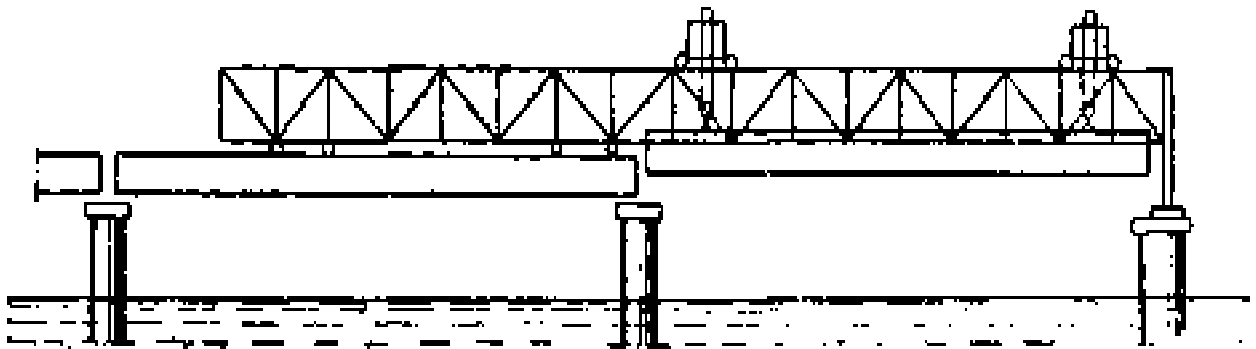
При невеликій вазі елементів і збірці їх на сухому місці можна застосовувати самохідні крани (рис. 13, а). Збірка моста з невеликими прольотами може бути здійснена і краном, що переміщується по збірній конструкції. При споруді шляхопроводів через залізничні колії зручно користуватися залізничними кранами, що мають велику вантажопідйомність.

При вазі блоків більше 10...15 т звичайні самохідні крани вже непридатні. Тоді використовують спеціальні монтажні крани. Досить

поширено застосування порталних кранів, переміщуваних по спеціальних естакадах (рис. 13, б). Портальні крани зручні і надійні в роботі, проте застосування естакад обходиться дорого.

Іншим видом спеціальних кранів, вживаних для установки важких блоків збірних прольотних споруд, є так званий шлюзовий кран, рис. 14.

Шлюзовий кран має дві металеві ферми: кожна ферма спирається двома точками на зібрану конструкцію моста, а третьою точкою (переднім кінцем) - на опору, що стоїть спереду. Балку, яка має бути встановлена, подають на останню зібрану прольотну споруду моста, безпосередньо під конструкцію крана, рис. 14. Потім її підвішують до візків, що переміщуються по спеціальних рейках вздовж крана, і викочують на цих візках в сусідній прольот. Далі балку опускають на опори (рис.14) і поперечним пересуванням встановлюють в проектне положення.



**Рис. 14. Схема установки блоків прольотних споруд шлюзовим краном.**

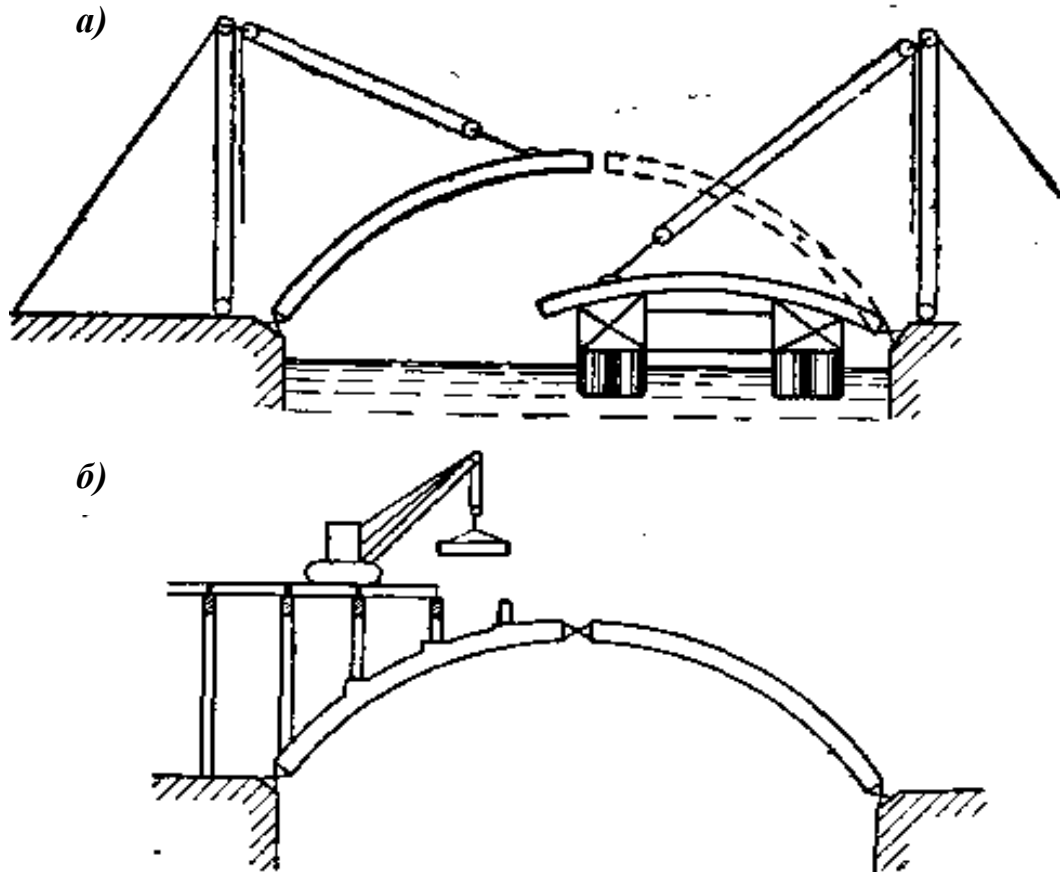
Блоки прольотних споруд часто встановлюють в прольоти шляхом поздовжнього насування. Насування зручно здійснювати на візках, по спеціальному накатувальному шляху, розташованому на легкій тимчасовій естакаді. Довезені до збираного прольоту блоки переміщують в поперечному напрямі на своє місце, по шляхах, укладених на головних частинах опор моста.

У збірних арочних мостах спочатку монтують арки. Якщо арки складені з двох блоків-напіварок, то їх доставляють до місця установки, спирають на

п'ятковий шарнір і потім піднімають на місце шляхом повороту (рис. 15, а). Якщо арки складені з великого числа блоків, то для їх монтажу влаштовують тимчасові проміжні опори.

Після закінчення збірки арок монтують надарочну споруду (рис.15, б).

В процесі монтажу збірних конструкцій проводять об'єднання встановлених блоків в єдину конструкцію, зване омонолічуванням.



**Рис.15. Монтаж збірної арочної моста**

Під час омонолічування треба стежити за тим, щоб конструкція не піддавалася навантаженням і струсам до того, як бетон, укладений в стики між блоками, не набуде достатньої міцності.

**Питання для самопідготовки:**

1. Основні достоїнства і недоліки будівництва з/б мостів різними способами.
2. Дайте характеристику з/б мостам з балочними і плитковими прольотними спорудами.

3. Переваги з/б мостів з ребристими прольотними спорудами.
4. Основні види з/б мостів із блочних прольотних споруд.
5. Приведіть схеми розрізних, нерозрізних і консольних пролітних споруд з/б мостів.
6. Назвіть основні несучі елементи арочних з/б мостів і класифікацію арочних мостів по статичній схемі.
7. Назвіть основні види арок і їх застосування.
8. Приведіть порядок операцій при будівництві з/б мостів монолітним способом.
9. Назвіть основні вимоги до дерев'яної опалубки при будівництві мостів монолітним способом.
10. Основне призначення кабель-крана, його схема і застосування при будівництві з/б мостів.
11. Будівництво мостів з готових конструкцій. Достоїнства і недоліки.
12. Основні способи виготовлення готових мостових конструкцій.
13. Основне призначення шлюзових кранів при будівництві з/б мостів.
14. Порядок будівництва арочних збірних з/б мостів.

## **Розділ IV. Металеві мости**

### **1. Загальні відомості про металеві мости**

Метал є найбільш досконалим із матеріалів, який застосовується для будівельних конструкцій. У міських мостах метал використовують для прольотних споруд. Опори ж металевих мостів в більшості випадків роблять з бетону або каменю. У особливо високих мостах і віадуках, а також в шляхопроводах і естакадах металевими інколи роблять і надземні (або надводні) частини опор.

Переважаючу більшість металевих мостів виконують з будівельної вуглецевої сталі. Для великопрольотних споруд, а також конструкцій, що вимагають найменшої ваги (наприклад, розлучні прольоти мостів), застосовують сталь підвищеної якості. Відомі випадки застосування легких дюралюмінієвих сплавів.

Завдяки високій міцності сучасних будівельних сталей металеві мости можуть перекривати прольоти, які далеко перевершують прольоти мостів з інших матеріалів. Найбільші сучасні металеві мости досягають прольотів до 1000 м і більше.

Суттєва перевага металевих мостів полягає в можливості застосування індустріальних методів їх виготовлення і збірки.

Великий недолік металу - його корозія від дії вологи, сірчистих газів і інших шкідливих дій - вимагає захисту поверхонь металевих мостів стійкими фарбами, а також ретельного нагляду за станом металу в експлуатації. Завдяки своїм позитивним якостям, особливо суттєвим при перекритті великих прольотів, металеві мости широко застосовуються в містах для перетину великих річок. Металевими часто роблять і шляхопроводи.

Метал як будівельний матеріал для мостів застосовується давно. Відомо, що ще в глибокій старовині залізні мости будували в Китаї і, мабуть, в Індії.

Поява металевих мостів в Європі відноситься до другої половини XVIII ст. У той час мости робили чавунними балочною і арочною системою.

З чавунних мостів, які були побудовані в Росії, необхідно відзначити міський міст через р. Неву в Петербурзі. Цей міст був зведений в 1850 р. талановитим російським інженером С. В. Кербедзом (1810...1899 рр.). Міст проіснував 87 років і був розібраний у зв'язку з тим, що перестав задовольняти зросталим вимогам міського руху.

Великі міські мости були побудовані через р. Дніпро в м. Києві (1853р.), через рукави р. Великої в м. Острові (1853 р.), мости з дротяними кабелями були зведені в м. Брест-Литовськ через р. Західний Буг (1836р.), через р. Нарев в Ново-Георгіївську. Широко застосовувалися також арочні і висячі мости. Одним з найбільших металевих мостів є міський міст в Сан-Франциско через протоку Золоті Ворота, який був побудований в 1937 р. прольотом 1280 м.

## 2. Основні системи металевих мостів

За статичними схемами металеві мости можна розділити на наступні основні системи:

- 1) балочні мости;
- 2) арочні мости;
- 3) висячі мости.

Крім того, в металевих мостах застосовують також різні комбіновані системи, утворені шляхом поєднання простих або додавання до простих систем додаткових елементів. В окремих випадках металеві мости зводять у вигляді рамних систем.

Балочні мости в сучасних умовах можуть перекидати прольоти до 300...500 м. Застосовують балочні мости розрізної, нерозрізної і консольної систем.

Мости з балочно-розрізними пролітними спорудами мають просту конструкцію, легко піддаються типізації і стандартизації, зручні для виготовлення і збірки.

Нерозрізні мости вимагають меншої витрати металу, чим розрізні, завдяки розвантажній дії сусідніх прольотів. Вони характеризуються декілька більшою жорсткістю і для їх будівництва можливо застосовувати навісний спосіб збірки (без риштувань). Опори нерозрізних мостів виходять тоншими, ніж розрізних. До недоліків нерозрізних мостів відносяться поява додаткового напруження при нерівномірних осіданнях опори і великі температурні подовження при багатопрольотній схемі.

Проміжною за своїми властивостями і умовами роботи є консольна система. По витраті металу консольна система близька до нерозрізної системи. Завдяки статичній визначності просідання опори в консольній системі не виникає додаткової напруги. Проте консольна система має складні конструктивні місця - сполучення підвісних прольотів з консолями. Необхідно також відзначити, що в разі пошкодження одного з основних консольних прольотів неминуче обвалення конструкцій сусідніх прольотів. У

зв'язку з вказаними останніми роками в металевих мостах консольно-балочна система застосовується дуже рідко.

Металеві арочні мости, в яких застосовується система розпору, вимагають меншої витрати металу на прольотні конструкції, чим мости балочних систем. При цьому потужнішими доводиться робити їх опори. Арочні системи доцільно застосовувати на хороших ґрунтах. Завдяки високим архітектурним якостям арочні мости часто будують в містах.

Головна особливість висячих мостів полягає в тому, що основними несучими елементами служать ланцюги, кабелі або ванти, що виконуються з високоякісної сталі великої міцності.

Якщо ланцюги або кабелі закріплені кінцями за допомогою відтяжок в ґрунті або в спеціальних основах, то висячий міст називають розпором.

Висячі мости для збільшення жорсткості забезпечують балками жорсткості, що перетворюють систему на комбіновану. Якщо закріпити відтяжки кабелю (ланцюга) на кінцях балки жорсткості, то система перетворюється на безрозпірну. Безрозпірна висяча система має такі ж опорні реакції, як балочна система.

Окрім систем, які були розглянуті, в міських мостах застосовують низку комбінованих систем, утворених із балок (або ферм), посилені знизу полігональним арочним поясом або підкосами.

Комбіновані системи мають ту особливість, що завдяки їх статичній невизначеності можна штучно регулювати зусилля в їх елементах, що дозволяє економити метал.

### **3. Проїзна частина міських металевих мостів**

Проїзна частина металевих мостів складається з їздового полотна і балок, що його підтримують (балочної клітки).

Дорожнє покриття на міських металевих мостах влаштовують з асфальтового бетону і рідше - з цементного бетону. Інколи застосовують дерев'яний настил. Інші види покриття зустрічаються рідко. Нижня несуча

конструкція їздового полотна може бути дерев'яною, залізобетонною або металевою.

Вага проїзної частини складає велику частку повного постійного навантаження металевих мостів. Тому полегшення проїзної частини має велике значення, особливо в мостах великих прольотів.

#### **4. Тротуари і поручні**

Тротуари металевих мостів влаштовують на консолях залізобетонної плити або спеціальних металевих консолях, що є як би продовженням поперечних балок проїзної частини. Поручні металевих мостів зазвичай роблять металевими. Стійки поручнів закріплюють на кінцях тротуарних консолей. Поручні міських мостів є відповідальним елементом архітектурного оформлення. Тому навіть в тих випадках, коли їх конструкцію роблять простою і дешевою, необхідно піклуватися про їх художнє оздоблення. На мостах в великих містах, особливо якщо ці мости є історичними пам'ятниками, застосовують дорогі архітектурно оформлені поручні з чавунного литва.

#### **Питання для самопідготовки:**

1. Загальна характеристика металевих мостів, їх достоїнства і недоліки.
2. Приведіть основні системи металевих мостів.
3. Дайте характеристику проїзної частини міських металевих мостів.
4. Тротуари і поручні на мостах

### **Розділ V. Пішохідні мости і переходи в містах**

#### **1. Основні види міських пішохідних мостів**

У сучасних містах із жвавим автомобільним і пішохідним рухом виникає потреба в будівництві спеціальних мостів для пішоходів. Такі мости необхідні для переходу через річки, яри, лощини, а також через залізничні колії, що перетинають міську територію.

У великих містах через вулиці з особливо інтенсивним рухом доводиться влаштовувати пішохідні переходи в різних рівнях з міським



транспорт. Такі переходи часто роблять у вигляді спеціальних пішохідних мостів.

По архітектурно-планувальним особливостях, своєму призначенні і конструктивних рішеннях міські пішохідні мости можна розділити на наступні основні види:

- 1) пішохідні мостові переходи через вулиці;
- 2) пішохідні мостові переходи через залізничні колії;
- 3) пішохідні мости через річки;
- 4) паркові мости.

Основні характеристики кожного з цих видів міських пішохідних мостів описані нижче. Що стосується конструктивних особливостей, то вони пов'язані головним чином з матеріалом, з якого будують міст. Далше розглянуті мости, які найчастіше зустрічаються в містах. Це залізобетонні і металеві пішохідні мости.

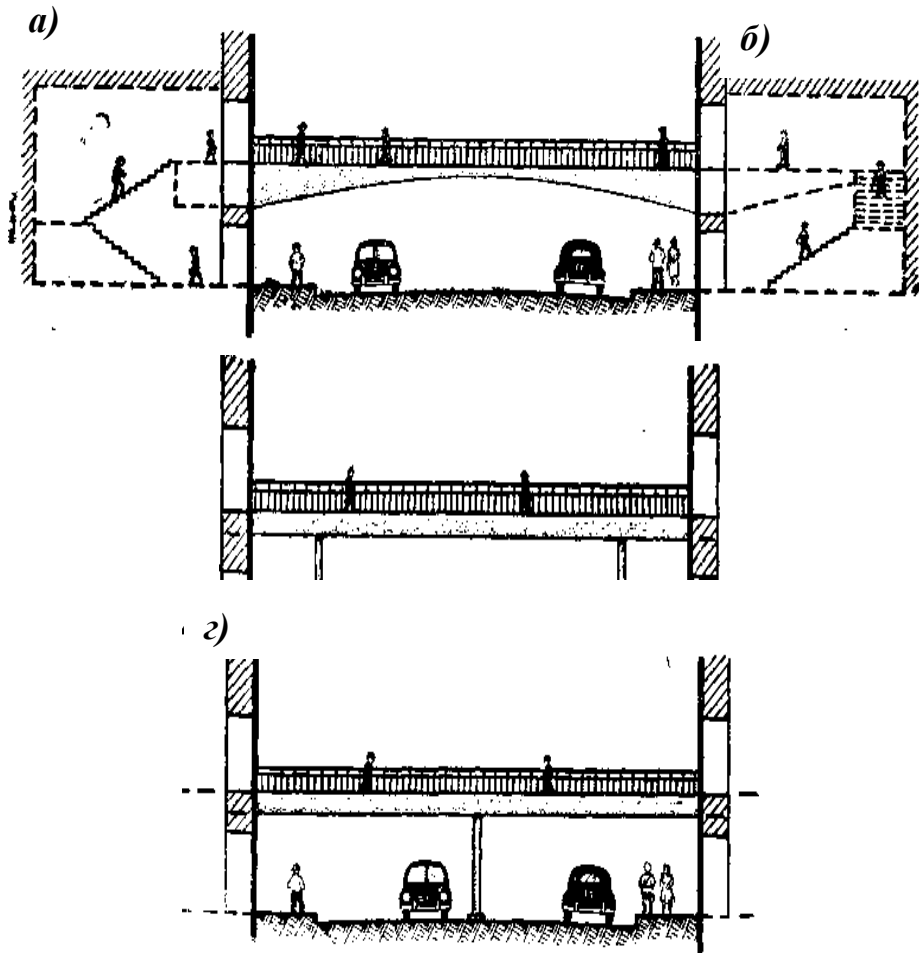
## **2. Пішохідні мостові переходи через вулиці**

Зростання інтенсивності руху на вулицях і виходах з міст приводить до того, що пропуск пішоходів, які пересікають вулиці, площі і автомагістралі безпосередньо по їх полотну, різко зростає і виникає необхідність в будівництві пішохідних переходів, винесених в інший рівень.

Пішохідні переходи можуть бути влаштовані у вигляді мостів, які побудовані над міськими проїздами, або у вигляді підземних тунелів.

Тунельні переходи мають ту перевагу, що не віднімають місця в вулиці, що перетинається, не погіршують видимості для рухомого автотранспорту, не порушують архітектурного ансамблю і перспективи міських проїздів і площ.

Проте тунельні переходи пересікають підземні інженерні мережі, вимагають складніших методів зведення і зазвичай мають вищу будівельну вартість. Тому мостові пішохідні переходи все частіше застосовують в містах із жвавим рухом. Будівництво таких переходів у багатьох випадках доцільно в містах України.



**Рис.1. Схеми пішохідних мостових переходів через вулиці**

У тих випадках, коли треба влаштувати пішохідний мостовий перехід через вулицю з інтенсивним рухом, що має вузькі тротуари, входи на перехід (сходи, ескалатори) доводиться розміщувати в будівлях, розташованих з боків вулиці (рис.1, *a i б*).

Залежно від ширини вулиці, яка пересікається, організації по ній руху, а також архітектурної компоновки переходу, пішохідний міст може бути влаштований однопрольотним або з проміжними опорами. Однопрольотний міст (рис.1, *a i б*) не ускладнює вуличного руху; опори його розташовують в плоскості стін, примикаючих будівель (або прямо спирають прольотні будови на стіни). Для полегшення конструкції прольотної будови, що перекриває вулицю, може бути застосована консольна або нерозрізна система, бічні прольоти якої входять в прилеглі будівлі (рис.1, *a i б*).

Будівництво проміжних опор спрощує конструкцію моста і зменшує його будівельну висоту. Проміжні опори можуть бути розташовані на краях

тротуарів (рис.1, в) або ж посередині вулиці (рис.1, з). Друге рішення доцільне за наявності розділової смуги вздовж осі вулиці.

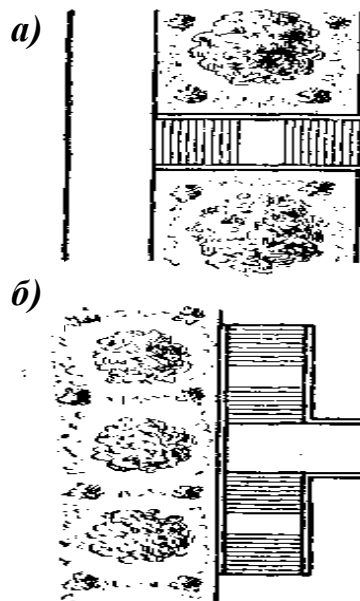


Рис.2. Схеми пішохідних мостів з відкритими входами

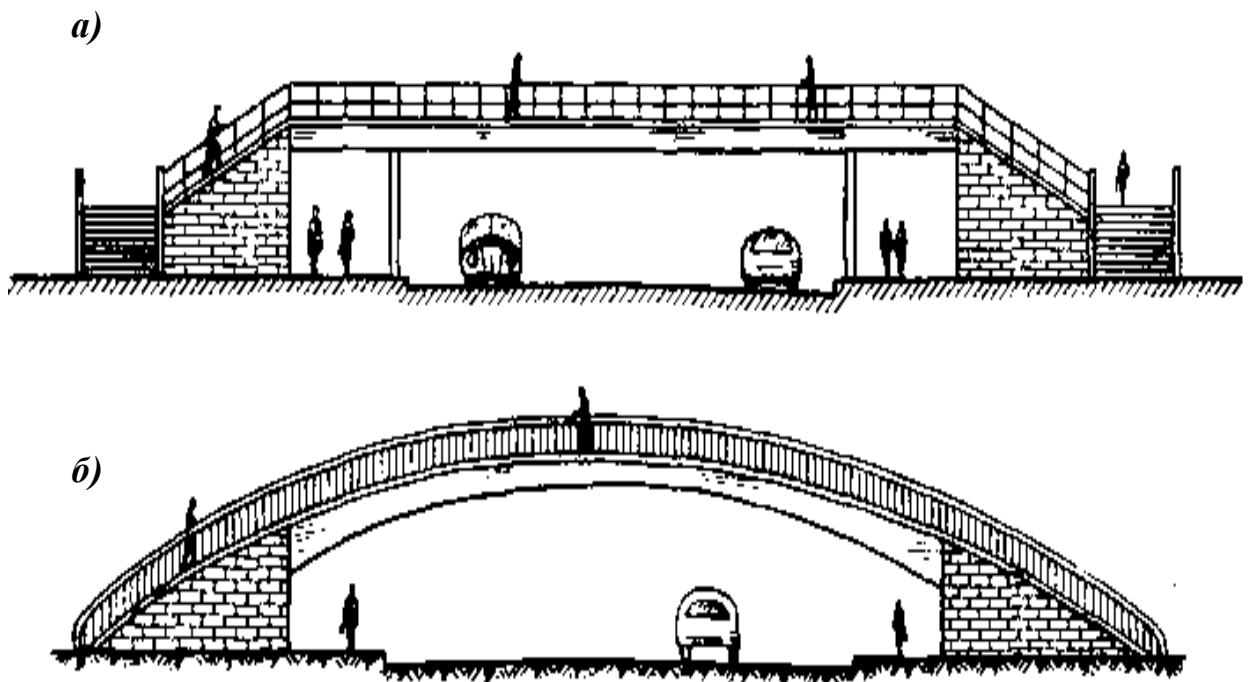


Рис.3. Схеми відкритих сходових входів на пішохідні мости

По своїй системі пішохідні мости даного виду краще всього робити балочними. В деяких випадках можна застосовувати арочні і навіть висячі конструкції. Якщо вулиця, що перетинається, має широкі тротуари або

облямована смугами зелених насаджень, то входи на пішохідний міст можуть бути зроблені відкритими. Сходи входів влаштовують як продовження моста (рис.2, *a*) або розташовують їх нормально до його осі (рис.2, *б*); можливо і комбіноване рішення (рис.3, *a*).

За наявності достатнього місця входи на міст можуть бути влаштовані у вигляді пандусів (рис. 3, *б*). Схил пандусів в пішохідних мостах, побудованих за кордоном, досягає 20...25%. Такий схил для кліматичних умов нашої країни великий. Він може бути допущений лише в південних районах. У середніх кліматичних умовах СНД, враховуючи можливість обмерзання, схил пандусів не слід робити більше 10...12%.

### 3. Пішохідні переходи через залізничні колії

Пішохідні переходи через залізничні колії влаштовують на станціях і зупинних пунктах залізниць для входу пасажирів на платформи і виходу з них в місто, а також для проходу пішоходів через дороги залізниць, прокладених через місто.

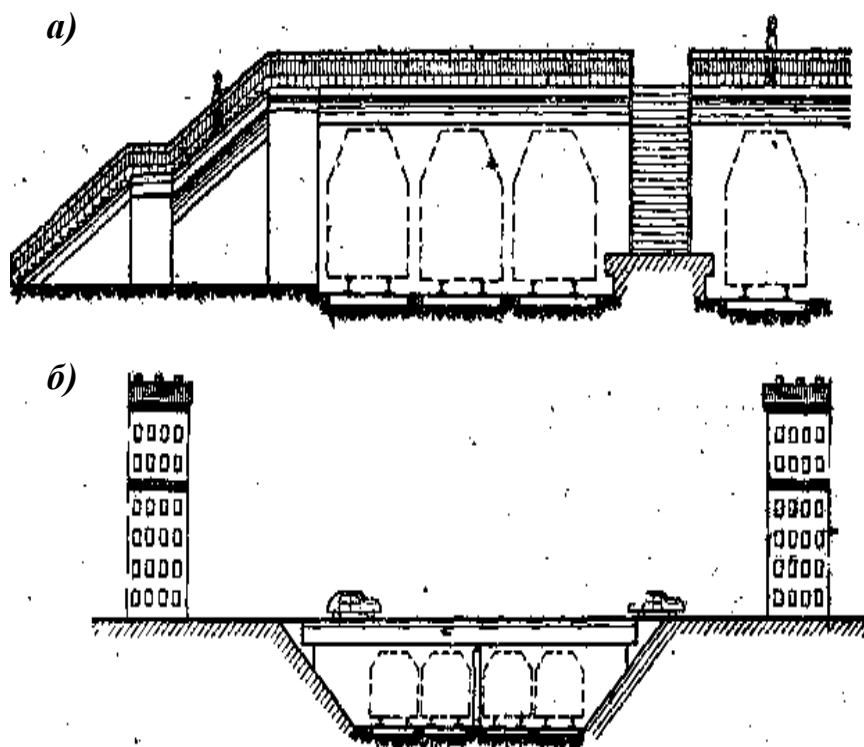
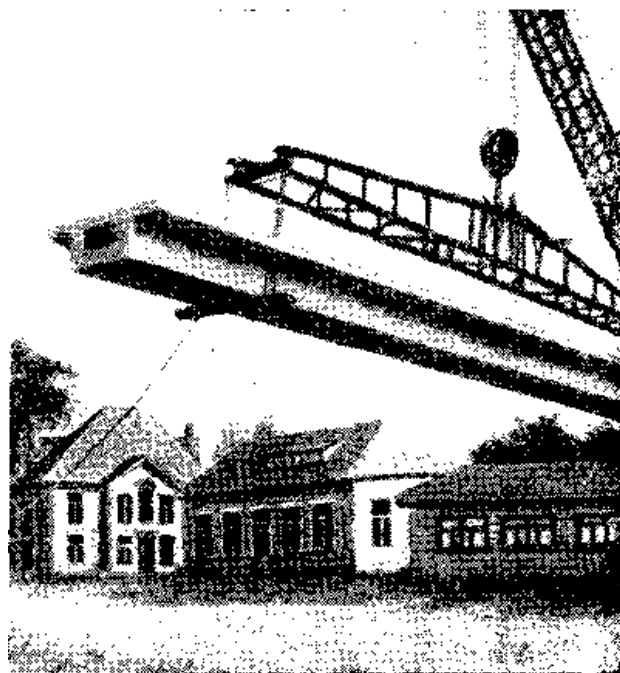


Рис. 4. Схеми пішохідних мостів через залізничні колії

Станційні пішохідні переходи і міські пішохідні мости через залізничні колії, які розташовані в рівні міської території, що їх оточує, влаштовують підвищеними, піднятими на висоту залізничного габариту над рейковими дорогами. Підвищені пішохідні мости і переходи над залізничними коліями вимагають будівництва сходових входів по кінцях, а за наявності проміжних платформ і додаткових сходів до них (рис.4, а). По своїх схемах і планувальних умовах такі переходи аналогічні пішохідним мостам через вулиці.

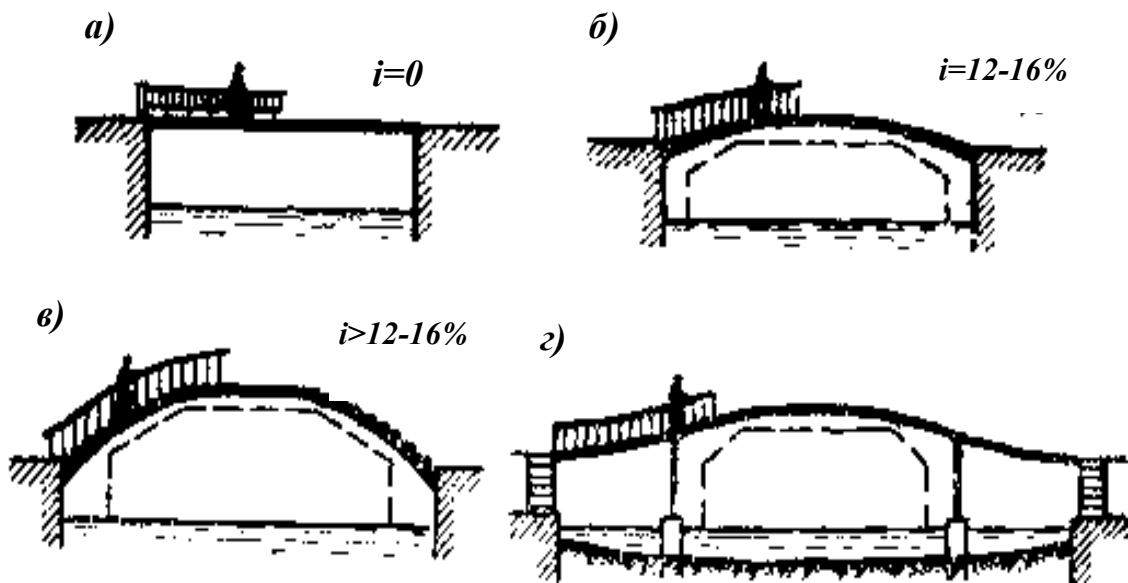


**Рис. 5. Установка готових пролітних споруд**

Якщо залізничні колії проходять у виїмці, то перетин їх міським пішохідним переходом здійснюється в одному рівні з міським плануванням (рис.4, б) або, при недостатній висоті під мостом, декілька вище. Пішохідні мости і переходи через залізничні колії в містах найчастіше роблять металевими, щоб полегшити і прискорити їх монтаж. Проте можливе застосування збірних залізобетонних конструкцій з крупних блоків (рис.5), що встановлюються на опори потужними кранами.

#### **4. Пішохідні мости через річки**

У містах і населених пунктах часто необхідно влаштовувати через річки, водоймища і яри мости, які призначені для одного тільки пішохідного руху. Пішохідні мости доводиться робити в тих випадках, коли звичайні мости через річку або іншу перешкоду розташовані з великими інтервалами або зовсім відсутні в даному районі міста. Спеціальні пішохідні мости також влаштовують в жвавих районах міст з великими потоками пішоходів.



**Рис. 6. Схеми міських пішохідних мостів через річки**

Маючи порівняно невелику ширину і легке розрахункове навантаження, такі мости вимагають значно менших витрат, чим звичайні міські мости під автомобільний рух.

По своїх системах пішохідні мости через річки і яри найчастіше бувають балочними, арочними або висячими. Мости розташовують в рівні берегів, влаштовуючи прохід в них горизонтальним (рис.6, а).

За наявності судноплавства часто необхідно підвищення моста над руслом річки. В таких випадках мосту додають опуклий (горбатий) подовжній профіль (рис.6, б і в) або піднімають його на деяку висоту над рівнем берегів (рис.6, г). Поверхню мостів з опуклим профілем обкреслюють по плавній кривій і влаштовують пішохідний прохід у вигляді пандусів або, при схилах більше 12...16%, за типом пологих сходів із ступенями змінної ширини (рис. 6, б). Мости, підняті над рівнем берегів, забезпечують сходовим сходом аналогічно тому, як це роблять в пішохідних переходах через вулиці і залізничні колії. Пішохідні мости, що влаштовуються в центральних районах великих міст часто архітектурно оформляють. Прикладом такої споруди може служити пішохідний місток через канал ім. Грібоєдова в Санкт-Петербурзі. З крупних міських пішохідних мостів через водні простори можуть бути відмічені висячий металевий міст прольотом 180

м через р. Дніпро в Києві, відкритий в 1957 р., і довгий балочний міст з розвідним (підйомним) прольотом, побудований в США та інші.

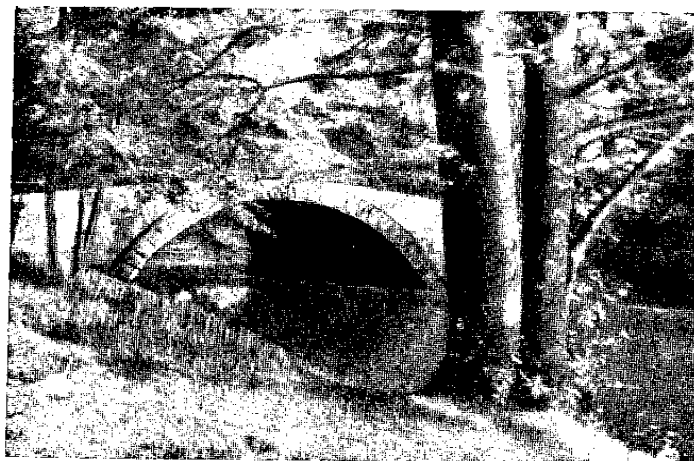
## **Розділ VI. Паркові мости**

### **1. Конструкція пішохідних мостів**

До паркових мостів пред'являються великі і разом з тим своєрідні архітектурні вимоги. Парковий міст за своїм матеріалом, схемою і зовнішністю повинен добре вписуватися в навколишній ландшафт. У міських парках мости повинні мати нарядний зовнішній вигляд, з хорошим архітектурним оформленням фасадів облицюванням масивних елементів, красивими поручнями, скульптурами, вазами, світильниками. У місцях парків, призначених для відпочинку, мости повинні мати спокійний вигляд, що зливається з навколишньою природою. Підходи до паркових мостів бажано добре озеленювати.

За матеріалом паркові мости найчастіше роблять залізобетонними, бетонними і кам'яними; рідше зустрічаються дерев'яні і металеві мости.

По системі - найбільш поширені арочні конструкції.



**Рис.1. Кам'яний парковий міст.**

У парках в місцях з густою рослинністю, добре застосовувати прості кам'яні мости, з примітивним архітектурним оздобленням, що вписуються в навколишній пейзаж (рис.1).

Арочні паркові мости легко можуть бути бетонними і залізобетонними, причому зовнішній вигляд їх може бути збережений природним бетонним

або поверхня моста може бути фанерована каменем або спеціальними плитками.



**Рис.2. Простий дерев'яний парковий місток**

Найбільш просте і дешеве рішення дають дерев'яні містки, зазвичай які застосовують в парках з природою, через невеликі струмки або ярки, рис.2. Для кращого зовнішнього вигляду такі містки бажано робити декілька горбатими і звертати увагу на архітектурне оформлення поручнів.

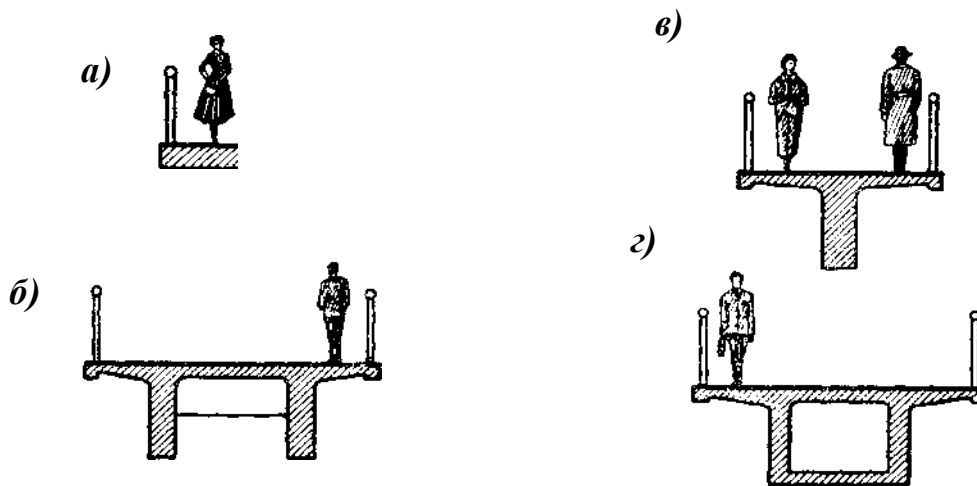
Паркові мости, призначені тільки для пішоходів, розраховуються на навантаження натовпом; якщо ж по ним передбачається також пропуск автомашин, то міст має бути розрахований на автомобільне навантаження.

За конструкцією паркові мости аналогічні звичайним міським мостам з відповідних матеріалів.

## **2. Залізобетонні пішохідні мости**

Залізобетонні конструкції пішохідних мостів зазвичай краще всього відповідають вимогам міста. Не потребуючи істотних витрат на утримання, маючи хороші архітектурні якості і майже не збільшуючи шуму від міського руху, пішохідні мости із залізобетону мають найбільші перспективи практичного застосування в містах України.

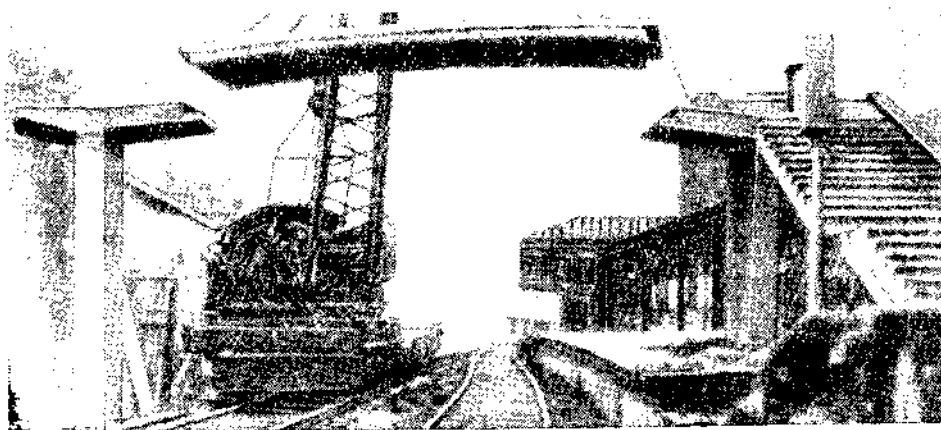




**Рис.3. Види поперечних перетинів залізобетонних пішохідних мостів**

Пішохідні мости незначної ширини, до 2...2,5 м, можуть бути влаштовані одноребристої конструкції, з однією головною балкою в поперечному перетині, рис.3, в, і консольною плитою, що звішується в обидві сторони.

Пролітні споруди цього типу, легкі на вигляд, вимагають проте хорошого закріплення на опорах проти кручення. Частіше залізобетонним мостам додають звичайну ребристу конструкцію з двома, рис.38, б або великим числом головних балок в поперечному перетині. Балки розташовують на відстані 1,5...2,5 м одна від одної. Хороше рішення дає коробчата конструкція прольотних будов, рис. 3, г, в якій знизу не видно ніяких ребер.

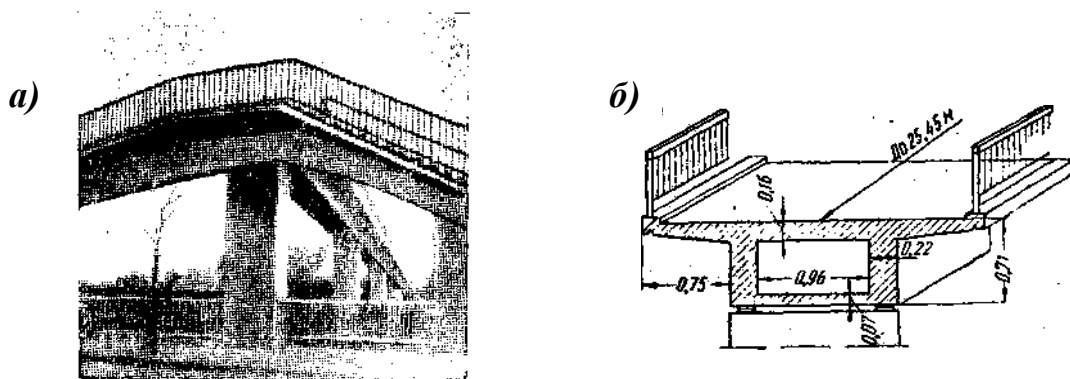


**Рис. 4. Установа плитної прольотної споруди збірною пішохідного моста через залізничні колії.**

Залізобетонні пішохідні мости в більшості випадків роблять балочними; рідше застосовуються рамні і арочні конструкції. Пішохідний прохід, як правило, розташовується по верху несучої конструкції. Прольотні конструкції залізобетонних балочних і рамних пішохідних мостів влаштовують плитковою або частіше ребристою конструкцією. Плиткову конструкцію, рис.3, *а*, застосовують при невеликих прольотах або при сильно обмеженій будівельній висоті моста. На рис.4 показаний момент установки плиткової залізобетонної пролітної будови збірного пішохідного моста через залізничні колії.

Конструкцію залізобетонних пішохідних мостів армують звичайною або заздалегідь напруженою арматурою. За способом зведення мости можна бетонувати на місці або збирати з готових елементів. Найбільші перспективи мають збірні конструкції пішохідних мостів, рис.5. В окремих випадках при необхідності вести будівництво пішохідних мостів без проміжних опор, не ускладнюючи руху, що відбувається під ними, можна застосовувати конструкції з жорсткою арматурою і навісним бетонуванням.

Прикладом конструкції залізобетонного пішохідного моста балочної системи з прольотними конструкціями коробчастого перетину може служити перехід через залізничні колії в м. Оснабрюк, рис.40, *а* і *б*. Міст має розрізні прольотні споруди із заздалегідь напруженою арматурою. Прольоти моста - до 25,4 м. Ширина пішохідного проходу - 2,6 м.



**Рис.5. Залізобетонний балочний пішохідний міст з коробчатыми пролітними спорудами**

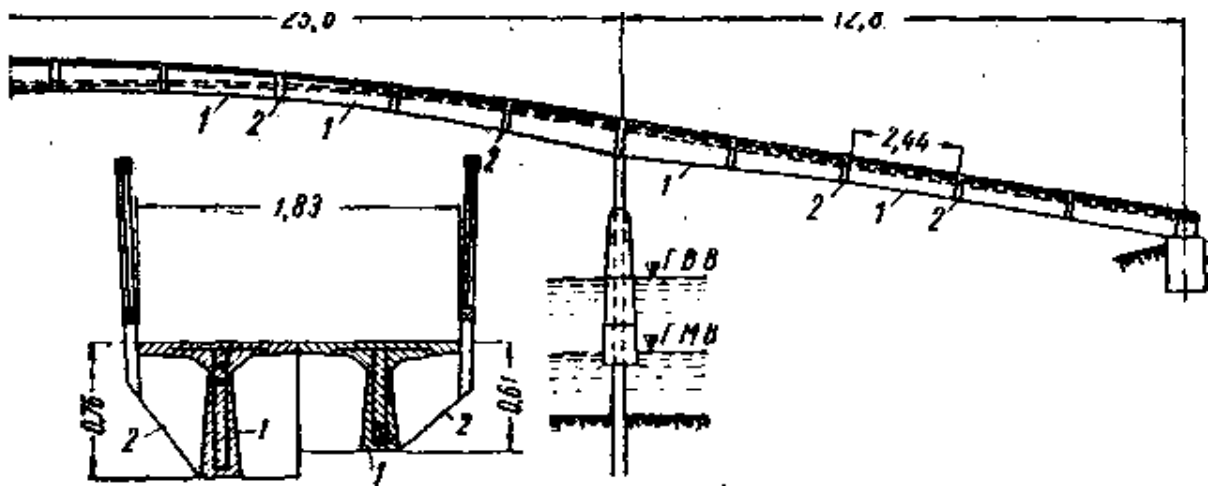


Рис.6. Залізобетонний пішохідний міст нерозрізної системи.

Зважаючи на сильно обмежену будівельну висоту прольотним будовам додана дуже мала висота - 0,71 м, або  $1/36,5$  від прольоту. Коробчастий перетин прийнятий з виробничих міркувань, а також для усунення порожнини між ребрами, де міг би затримуватися дим від паровозів. Завдяки консольним частинам плити пролітна будова має невелику ширину, що дозволило застосувати вузькі одно-стоїчні опори, рис.5, а. Пролітні конструкції встановлювали на місце в готовому вигляді за допомогою потужного крана. Вага блоку складала 51 т.

Входи на міст зроблені у вигляді сходів нормальних до напрямку осі моста, які збудовані на місці.

Прикладом балочної конструкції з нерозрізною збірною прольотною будовою може служити пішохідний міст, побудований в Англії в Твікенхеме, рис. 6.

Міст має криволінійний подовжній профіль для проходу під ним суден. Центральний проліт його - 25,6 м; бічні прольоти: з одного боку - 12,8 м, з іншого боку - 10,4 і 3,1 м. Ширина моста між поручнями - 1,83 м. Щоб уникнути бетонних робіт на місці, була застосована збірна конструкція. Пролітна споруда побудована з готових таврових блоків завдовжки 2,44 м, в стиках яких встановлені готові поперечні діафрагми завтовшки 10,2 см. Шви між блоками замоноличені напівсухим розчином. Крізь всю цю

конструкцію проходять заздалегідь напружені арматурні кабелі з високоміцного дроту.

Річкові опори моста на залізобетонних палях, поверх яких встановлені готові блоки, створюють надводну частину опор. Над опорами кінці прольотних споруд мають напружені анкерні закріплення для сприйняття негативних реакцій; один з кінців має подовжню рухливість для вільних температурних деформацій. Міст був зібраний на легких риштуваннях.

Цікавим конструктивним рішенням є пішохідний міст над вуличною магістраллю в Дюссельдорфі, рис.7. Міст здійснений у вигляді двохшарнірного зводу з консолями, які служать для підтримки входів на міст. Звід має затягування, розташоване в землі і зв'язує між собою опори моста. Прольот арки - 46,4 м. Нижній контур арки вибраний за умовою, щоб над тротуарами, що проходять під мостом, була вільна висота 2,5 м, а на

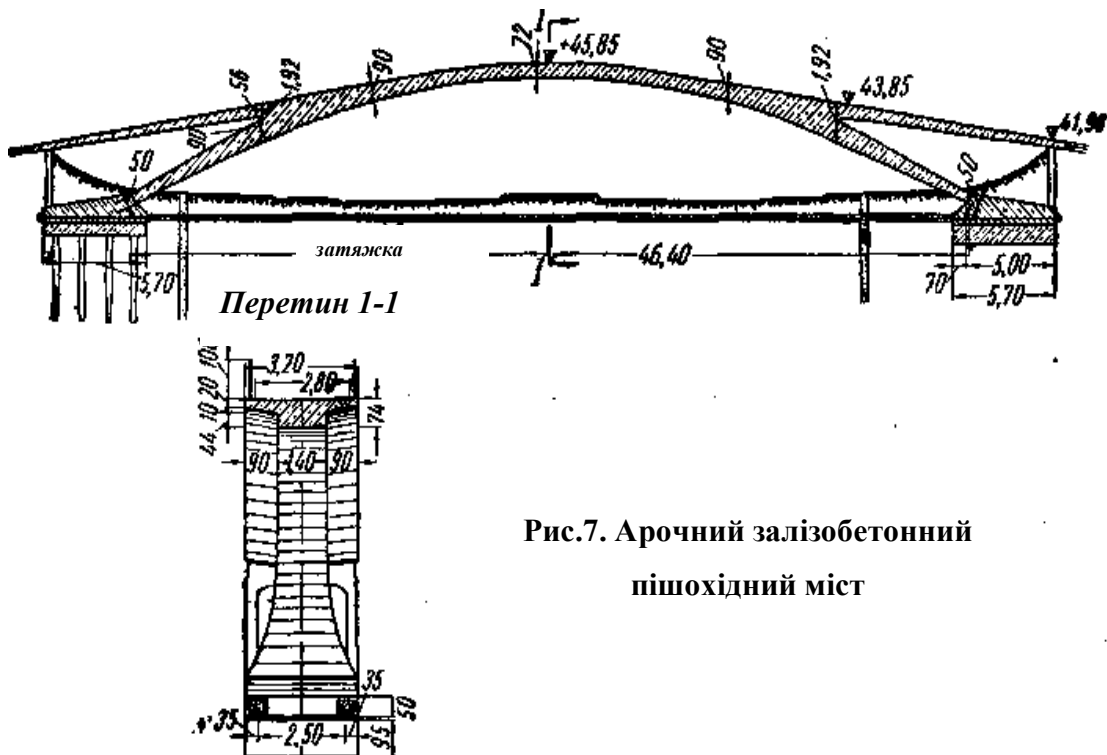


Рис.7. Арочний залізобетонний пішохідний міст

ширині проїзної частки - 4,5 м.

Ширина пішохідного проходу на мосту складає 2,8 м; схил не перевищує 16%. На мосту не передбачено спеціального шару покриття.

Пішоходи ходять по бетону.

### 3. Металеві пішохідні мости

Металеві пішохідні мости в більшості випадків влаштовують для переходів через річки і залізничні колії. Проте зустрічаються також і металеві перехідні мости через вулиці.

По системі пішохідні мости з металу найчастіше роблять балочними. В окремих випадках застосовують арочні і висячі системи. Пішохідний перехід зазвичай розташовують зверху несучої конструкції, при недостатній будівельній висоті пішохідний прохід роблять в рівні низу несучої конструкції

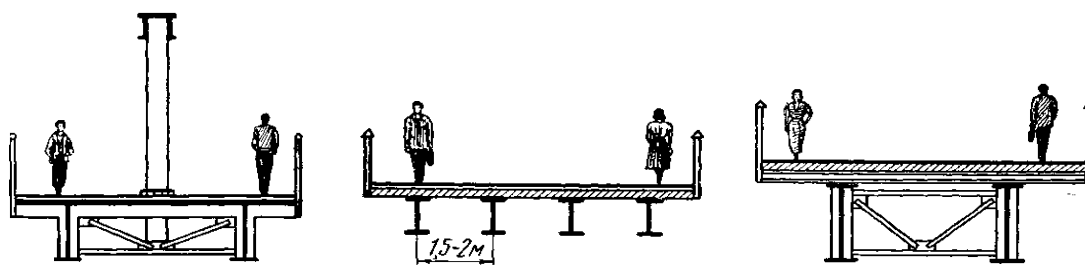


Рис.8. Види поперечних перетинів металевих

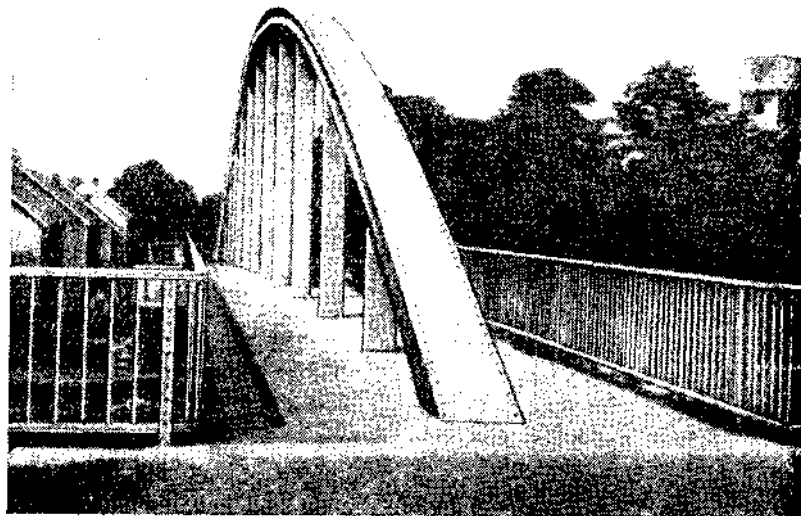
Головні несучі елементи найчастіше є металевими балками або арками суцільного перетину. Рідше застосовують крізні ферми. Схеми найбільш часто вживаних поперечних перетинів металевих пішохідних мостів приведені на рис.8. Найпростіша конструкція складається з декількох головних балок двотаврового перетину, розташованих на відстані 1,5 - 2,0 м один від одного і які підтримують настил пішохідного проходу. У сьогоденні пішохідних мостах цей настил, як правило, роблять у вигляді залізобетонних плит, покритих шаром асфальту. Для переходів через залізничні колії часто влаштовують простий дерев'яний настил. У зарубіжній практиці застосовують також металевий листовий настил.

При великих прольотах несучу конструкцію металевих пішохідних мостів вигідно влаштовувати у вигляді двох головних балок, що підтримують поперечні балки, по яких укладають настил (рис.8).

Пішохідні мости, в яких пішохідний прохід розташовують по низу

конструкції, можуть мати в поперечному перетині дві або одну головні ферми. При двох головних фермах весь пішохідний прохід зазвичай розташовують між цими фермами. В цьому випадку настил підтримується поперечними балками або системою поперечних і подовжніх балок.

При одній головній фермі пішохідні проходи розташовують по обидві сторони від неї (рис.8), так що зустрічні потоки пішоходів розділяються, а ферма не заважає відкритому виду з моста (рис.9).



**Рис.9. Пішохідний міст з однією головною фермою**

Конструкція пішохідних мостів із балками суцільного перетину аналогічно конструкціям мостів під авторух і відрізняється тільки меншими розмірами перетинів елементів.

Прольотні конструкції балочних пішохідних мостів роблять розрізними або нерозрізними; порівняно невеликий тиск, який передається опорам пішохідних мостів, полегшує застосування нерозрізних систем.

У балочних мостах із решітчастими фермами при невеликих прольотах (до 15...20 м) головні ферми можуть бути використані як поручні. При прольотах більше 20 м пішохідні проходи зазвичай влаштовують по низу конструкції, а прольотну споруду роблять відкритою або закритою з верхніми зв'язками (рис. 10, а). Решітку головних ферм приймають трикутної системи. При перетині великих річок або ярів металеві пішохідні мости

забезпечують проміжними опорами. На рис.10, б приведена схема пішохідного моста з дюралюмінію через гірську лощину в Женеві, що має своєрідні похилі трикутні проміжні опори.

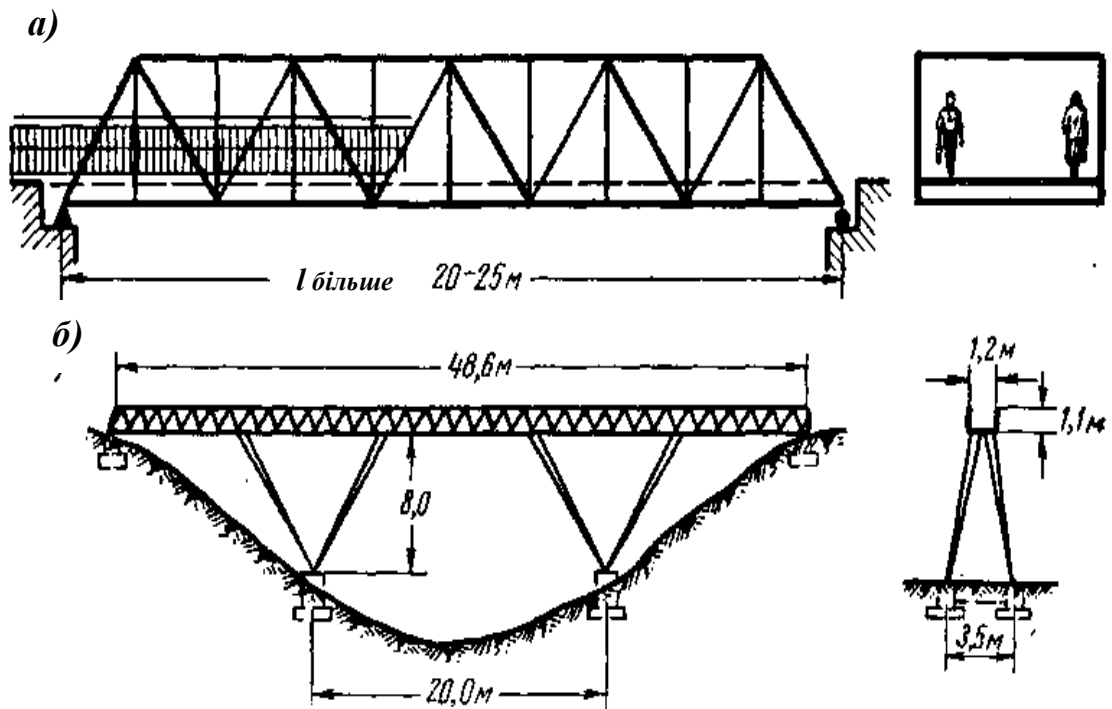


Рис.10. Схеми пішохідних мостів із крізними фермами

Хорошим рішенням є конструкція у вигляді гнучкої арки з жорстким затягуванням. Приклад міського пішохідного моста цієї системи наведений на рис.11. Міст перетинає канал при розрахунковому прольоті 64 м (рис.11, а). Прольотна конструкція представляє гнучку арку, розміщену по осі моста і жорстке затягування, утворене з двох балок, розсунених на ширину 3,15 м (рис. 11, б).

Стріла підйому арки складає 6 м. Ширина пішохідних проходів для кожного напрямку руху - 1,6 м.

Вибір конструкції з розташуванням пішохідних проходів по низу був викликаний неможливістю підняти відмітки підходів до моста. Арка має коробчастий перетин висотою 30 см, жорсткі затягування - висота 72 см. Верхній поясний лист жорстких затягувань завтовшки 8 мм проходить на всю ширину моста і служить одночасно настилом для пішохідних проходів.

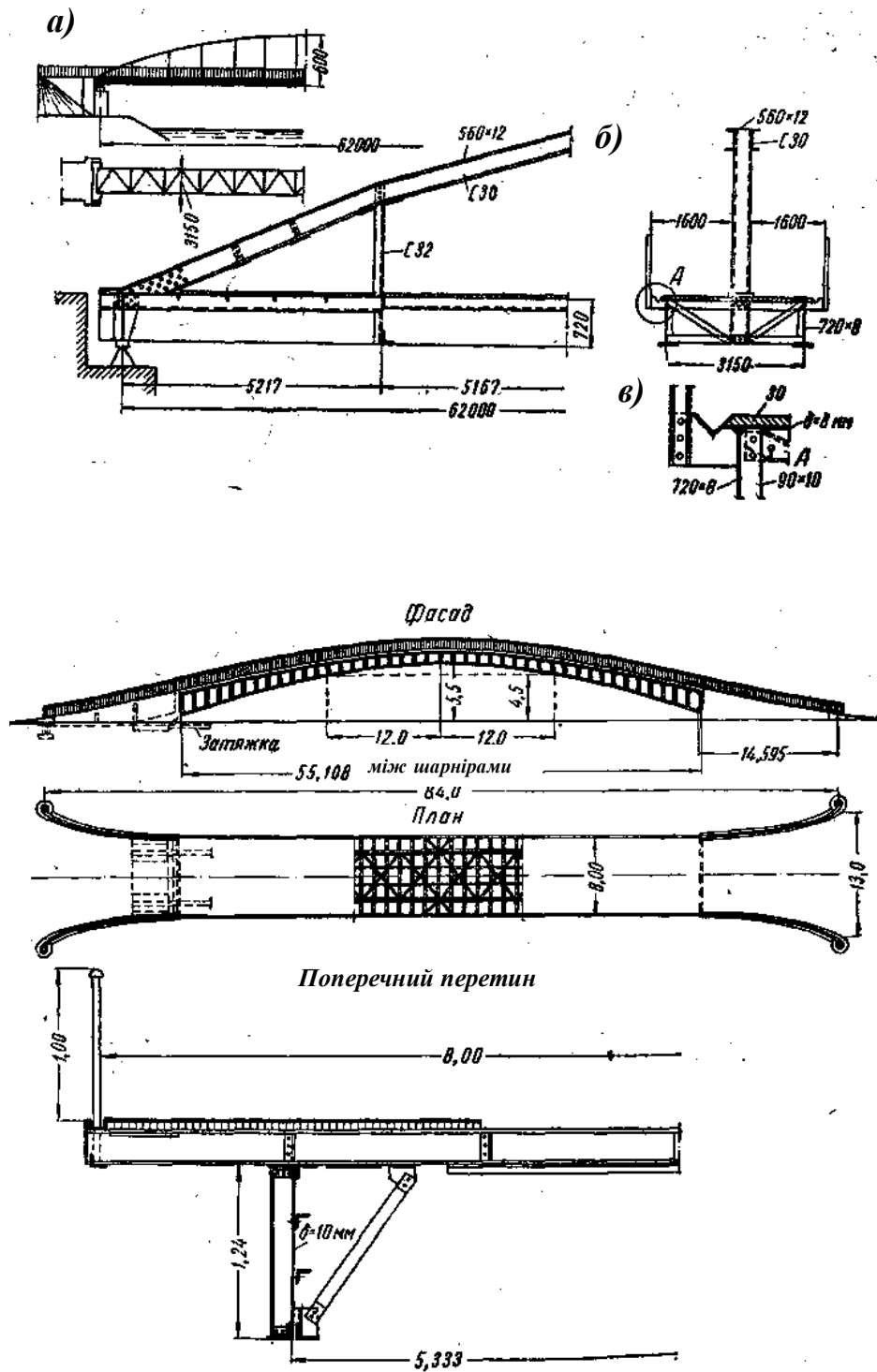


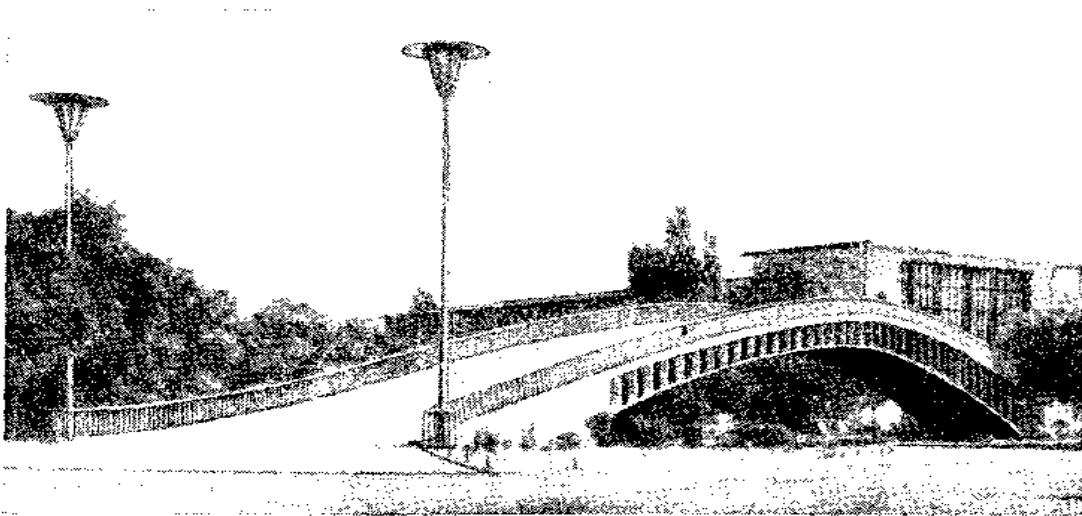
Рис.11. Конструкції металевих пішохідних мостів

Для збільшення жорсткості цього настилу до нього знизу приварені подовжні куточки. Покриття пішохідних проходів має двосхилий поперечний профіль: вздовж поручнів зроблені водовідвідні жолоби (рис.11, в). У плоскості підвісок є поперечні зв'язки, а на опорах - суцільні поперечні балки. Розпір арки передається балкам жорсткого затягування через сталевий



лист настилу, який в межах першої панелі відповідно посилений.

Цікавий приклад металевого арочного пішохідного моста шириною (між поручнями) 8 м з входами на нього у вигляді пандусів приведений на рис.12. Конструкція моста вирішена як двохшарнірна арка із затягуванням. Міст має в поперечному перетині дві арки двотаврового перетину, виконані з алюмінію. Прольот арок - близько 55 м, відстань між арками в поперечному напрямі - 5,33 м. На арки з кроком 1,3 м спираються поперечні балки, що несуть решітчастий металевий настил, заповнений дерев'яними плитками. Поверх настилу укладено гумове покриття товщиною 6 см. Велика пологість арок і значний розпір, що передається ними опорам, зажадали пристрою парного затягування. Затягування проходять в ґрунті і виконані у вигляді попередніх напружених залізобетонних стержнів, арматура яких заанкерена в бетоні.



**Рис.12. Загальний вид арочного пішохідного моста з входами у вигляді пандусів**

**Питання для самопідготовки:**

1. Основні види міських пішохідних мостів.
2. Пішохідні мостові переходи через вулиці.
3. Пішохідні переходи через залізничні колії.
4. Пішохідні мости через річки.
5. Паркові мости.
6. Залізобетонні пішохідні мости.

7. Металеві пішохідні мости.
8. Достойнства і недоліки перехідних и тунельних переходів.

## **Розділ VII. Інші різновиди міських мостів**

### **1. Мости з суцільними головними балками**

У мостах із суцільними головними балками прольотні споруди мають основні несучі елементи у вигляді балок двотаврового перетину з вертикальною стінкою з листової сталі (рис.1).

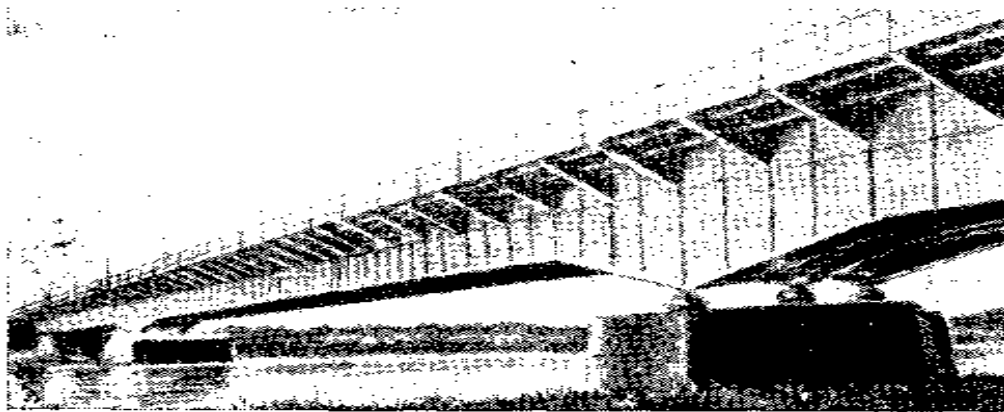
Головні достоїнства таких балок - простота їх конструкції, виготовлення і монтажу. Крім того, мости з суцільними балками мають невелику будівельну висоту, що полегшує їх будівництво з їздою зверху.

Не дивлячись на декілька більшу витрату металу в порівнянні з кризними фермами, балки суцільного перетину широко застосовуються для прольотів до 60...80 м, а в окремих випадках і значно більших.

Переваги суцільних балок особливо виявляються в мостах із зварними з'єднаннями, які застосовуються останнім часом все більше.

Мости з суцільними головними балками можуть мати прольотні конструкції розрізної, нерозрізної і консольної систем. При невеликих прольотах (до 30...40 м) в більшості випадків застосовують прольотні конструкції простої розрізної системи.

При великих прольотах для економії металу, а також для зменшення об'єму опор, доцільно застосовувати нерозрізні або консольні системи.



**Рис. 1. Загальний вид моста з суцільними головними балками**

Розрізні балки для спрощення конструкції і полегшення виготовлення

роблять з паралельними поясами, тобто постійної висоти.

У нерозрізних і консольних мостах головні балки постійної висоти застосовують при прольотах до 50...60 м.

Для великих прольотів доводиться збільшувати висоту балок над проміжними опорами, де виникають великі негативні моменти. Це досягається доданням нижньому поясу балок ламаного або криволінійного контуру. Для виготовлення зручніша конструкція з балками, що мають постійну величину на більшій частині прольотів і збільшення висоти тільки впродовж коротших надопорних ділянок. Криволінійний контур зазвичай додають тільки балкам особливо великих прольотів.

Достоїнством нерозрізних мостів, крім економії у витраті матеріалів, є також зменшення числа поперечних швів в їздовому полотні, що влаштовуються в місцях сполучення прольотних конструкцій між собою і з береговими опорами.

Консольні мости в недалекому минулому будували дуже часто. В даний час цей вид балочних металевих мостів майже не застосовується із-за складнішої конструкції і низьких динамічних якостей в порівнянні з нерозрізними мостами. Будівництво консольних прольотних конструкцій може бути доцільним тільки в мостах великих прольотів за несприятливих ґрунтових умов, коли із-за небезпеки просідання опор нерозрізна система неприйнятна.

За останні роки в міських і автодорожніх мостах отримала широке застосування нова раціональна конструкція прольотних споруд, в яких металеві балки об'єднані для спільної роботи із залізобетонною плитою проїзної частини.

## **2. Балочні мости з крізними фермами**

Для перекриття прольотів, що перевищують 50...80 м, застосовують мости з крізними фермами.

Найчастіше в міських мостах влаштовують крізні ферми простої розрізної або нерозрізної системи. Рідше зустрічаються консольні пролітні

споруди.

Як правило, ці мости мають прольотні споруди з їздою зверху. Головні ферми міських мостів з розрізними прольотними спорудами майже завжди роблять з паралельними поясами і трикутною решіткою. Застосування паралельних поясів найприйнятніші в архітектурному відношенні і, крім того, дозволяє мати елементи поясів і решіток однакової довжини, а також однотипні вузлові з'єднання.

Нерозрізні прольотні споруди влаштовують в основному двох або трьох прольотними. Більше число нерозрізних прольотів застосовують рідко із-за великих температурних переміщень на їх кінцях.

При невеликих прольотах нерозрізні ферми роблять постійної висоти.

При великих прольотах фермам надають контур із збільшенням висоти ферм над середніми опорами.

### **3. Мости з прольотними конструкціями комбінованих систем**

У металевих міських мостах досить часто застосовують комбіновані системи прольотних конструкцій, які утворені поєднанням балки з полігональним поясом, аркою або окремими додатковими стержнями.

Досить часто застосовують систему у вигляді жорсткої балки, посиленої полігональним верхнім поясом. Цю систему називають гнучкою аркою з жорстким затягуванням. За витратою металу ця система неекономічна в порівнянні з простими решітчастими фермами. Та зате в таких прольотних спорудах основна несуча конструкція розташовується нижче за рівень проїзної частини, а вище за неї виступають лише арочні пояси і підвіски. Тому система у вигляді гнучкої арки з жорстким затягуванням має гарний зовнішній вигляд і часто застосовується в міських мостах.

Для перекриття великих прольотів доцільно застосовувати систему, яка утворену з нерозрізної балки, посиленої знизу додатковими поясами (рис.2, а). Ці пояси збільшують висоту несучої конструкції над проміжними опорами, де виникають великі негативні згинальні моменти і зменшують

позитивні згинальні моменти в прольотах. У цій системі можна ще зменшити позитивні моменти, застосувавши під час збірки початковий вигин балки вгору за допомогою домкратів, які встановлені на тимчасових проміжних опорах.

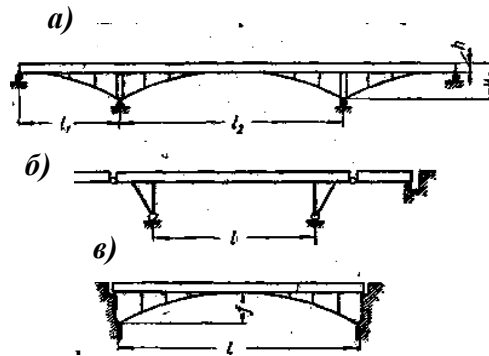


Рис.2. Системи прольотних споруд комбінованих систем

Цікавим різновидом комбінованих систем є запропонована інж. Г. Д. Поповим для ряду міських і автодорожніх мостів система, яка утворена з консольної або нерозрізної балки і додаткових підкошувань (рис.2, б).

При монтажі цю систему збирають без підкошувань. Потім балці додають деякий вигин вгору, завантажуючи консолі або бокові прольоти. Після цього встановлюють підкоси, які фіксують початковий згин балки, що викликає в ній розвантажуючі негативні моменти. При подальших навантаженнях система завдяки поставленим розкосам працює як жорсткіша рамна конструкція.

Оскільки система працює після першої стадії монтажу як балочна, а після монтажу підкосів – як рамна, її називають балочно рамною системою.

Мости балочно-рамної системи характеризуються економічними характеристиками за витратою металу. Крім того, в них удається суттєво знизити висоту балок в середині прольоту, довівши її до  $1/40$  і навіть  $1/60$  прольоту.

У міських мостах зустрічається також комбінована система, що складається з балки, посиленою знизу полігональною попружною аркою (рис.2, в). Прольотні споруди цього типу мають хороші економічні показники

завдяки використанню балок як в роботі основної несучої конструкції так і для безпосередньої підтримки плити проїзної частини, а також простоті конструкції попружних арок.

#### 4. Арочні мости

Металеві арочні мости залежно від статичної схеми арок можуть бути безшарнірними, двохшарнірними і трьохшарнірними. Найчастіше в міських арочних мостах застосовують двохшарнірні металеві арки (рис.3, а), що мають достатню жорсткість, мало реагують на коливання температури і зручні в збірці.

Металеві арочні мости найчастіше влаштовують з їздою зверху (рис.3, а і б). Якщо за місцевими умовами не вдається розташувати арку під проїзною частиною, то влаштовують арочні мости із зниженою їздою (рис.3, в) або рідше – з їздою низом (рис.3, г).

Арочні мости з їздою низом часто влаштовують із затягуванням (рис.3 г). В цьому випадку прольотна конструкція по реакціях, які передаються опорам, нічим не відрізняється від простих балочних систем.

Арки металевих мостів по своїй конструкції можуть бути з суцільною стінкою або крізні у вигляді решітчастої арочної ферми.

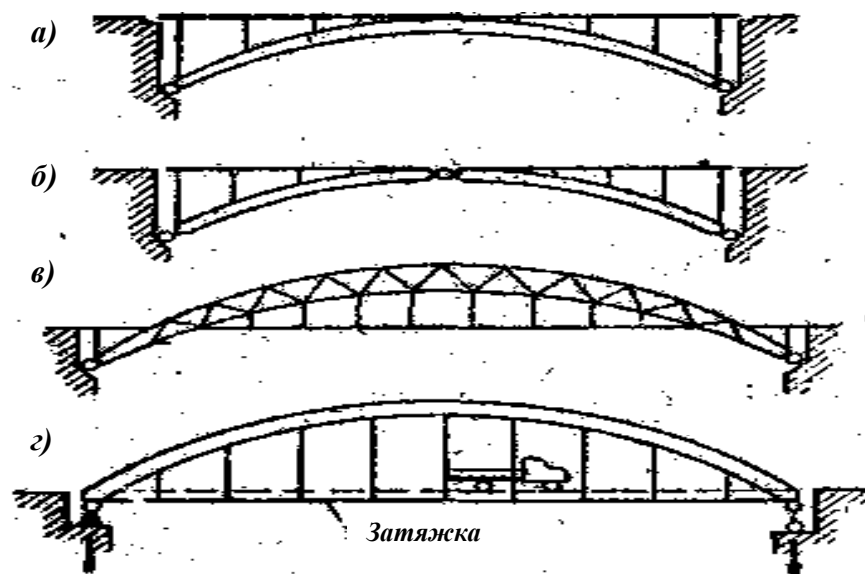


Рис.3.Основні системи металевих арочних мостів

Арки з суцільною стінкою (рис.3, а, б, з), прості по конструкції і зручні для збірки, дуже часто застосовують в міських мостах. Арки з суцільною стінкою в архітектурному відношенні дають хороший силует моста. В останні роки в міських мостах замість простих абочних систем почали застосовувати комбіновані системи у вигляді балки, посиленою гнучкою аркою (рис.3, з).

Крізні абочні ферми (рис.3, в) складніші за конструкцією, чим арки суцільного перетину, і застосовуються переважно при великих прольотах і важкому тимчасовому навантаженні (наприклад, при пропуску залізничних поїздів).

У міських абочних мостах із їздою зверху найчастіше застосовують підйом  $1/7...1/8$  прольоту. Висота суцільних арок в замку зазвичай складає  $1/50...1/70$  прольоту.

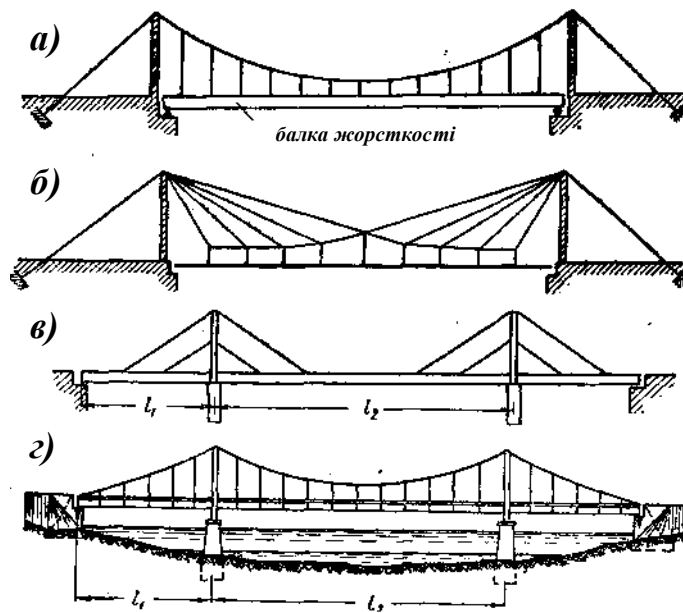
Контур осі арок повинен наближатися до кривої тиску від розрахункових навантажень. Оскільки в міських мостах постійне навантаження складає більшу частину від повного розрахункового навантаження, то й контур осі їх арок часто роблять параболічним.

Перетин арок при прольотах до 40...50 м роблять двотавровим. При прольотах більше 60...70 м аркам додають двохступінчастий перетин коробчастого типу або перетин із спарених двотаврів.

## 5. Висячі мости

*Висячими* (рис. 4) називають мости, в яких головними несучими елементами служать ланцюги, кабелі або ванти із сталі високої якості, що працює на розтяг. У сучасних висячих мостах застосовують дротяні кабелі і канати із сталі з границею міцності до  $15000...18000 \text{ кг/см}^2$ .

Завдяки високому розрахунковому опору канатів вага висячих мостів виходить мінімальною, і цією системою удається легко перекивати дуже великі прольоти.



**Рис. 4. Основні системи висячих мостів.**

Ланцюг, кабель або система вантів проходять над вершинами пілонів і утримуються відтяжками, закріпленими в ґрунті, в кладці основ або на кінцях балок жорсткості прольотної споруди.

До ланцюга, кабелю або вузлів вант за допомогою підвісок підвішують проїзну частину моста.

Застосування висячих систем для міських мостів доцільно для перекриття прольотів більше 200...300 м. Проте завдяки красивому зовнішньому вигляду їх інколи застосовують і при порівняно невеликих прольотах. Висячі мости залежно від системи несучої конструкції можуть бути розділені на два основні різновиди: 1) висячі мости з кабелем або ланцюгом; 2) вантові мости.

У висячих мостах першого вигляду головними несучими елементами є криволінійні кабелі або ланцюги (рис.4, а).

У вантових мостах основна несуча конструкція утворюється з системи прямолінійних елементів-вант, виконаних із сталевих кручених канатів (рис.4, б і в).

У міських мостах найчастіше застосовують висячі системи з дротяними кабелями. Самі по собі кабель або ланцюг мають малу жорсткість внаслідок



того, що при русі тимчасового навантаження вони міняють свою геометричну форму, яка викликає великі згини прольотної споруди.

Для збільшення жорсткості висячих мостів в рівні проїзної частини влаштовують спеціальні подовжні балки або ферми (рис.4, *a*). Такі балки або ферми жорсткості, беручи участь в роботі висячої конструкції на тимчасове навантаження, вирівнюють і зменшують деформації кабелю.

### **Питання для самопідготовки**

1. Дайте характеристику металевих мостів з суцільними головними балками.
2. Дайте характеристику металевим балочним мостам з крізними фермами.
3. Охарактеризуйте металеві мости з прольотними спорудами комбінованих систем.
4. Назвіть основні системи металевих арочних мостів.
5. Приведіть основні системи висячих металевих мостів.

### **Список літератури**

1. Ануфриев В.Е. Городские гидротехнические сооружения. М.; 1957
2. Абрамов С.К. Подземные дренажи в промышленности и городском строительстве. М., 1973.
3. Будин А.Я. Тонкие подпорные стенки. – Л., Стройиздат, 1974.
4. Гибшман Е.Е. Городские инженерные сооружения. М., 1959.
5. Железняков Г.В., Неговская Т.А., Овчаров Е.Е. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока. Л., 1984.
6. Карпик А.П., Горобцов А.В., Лифашина Г.В. Составление проекта вертикальной планировки городской территории. Учебное пособие. Новосибирск: СГГА, 2006.
7. Кохновер Ф.Г., Расторгуев О.С. Инженерное проектирование городских набережных М., 1978.
8. Найфельд Л.Р. Гидротехника в градостроительстве. М., 1965.
9. Петровский А.А., Крыльцов Е.И. Вантовые мосты. М.: Тр., 1985.

10. Саламахин П.М. Мосты и сооружения на дорогах. М.: Тр., Кн.1, 1991.
11. Саламахин П.М. Мосты и сооружения на дорогах. М.: Тр., Кн.2, 1991.
12. Розанов В.А. и др. Инженерная подготовка пойменных территорий городов и районов. М., 1979.
13. СНиП 2.06-86. Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования. М., 1987.
14. СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик. М., 1985.
15. СНиП 2.06.07-87. Подпорные стенки, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. М., 1989.
16. Цимбельман Н.Я. Разрушения подпорных стен. //Труды ДВГТУ: вып.30. – Владивосток: ДВГТУ. 2001.
17. Шилова Т.О. Міське комунальне господарство. Навчальний посібник. – К.: КНУБ, 2006.