

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

К. І. Вяткін

ПРОЄКТУВАННЯ ТА РЕКОНСТРУКЦІЯ
ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для здобувачів другого (магістерського)
рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання
зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2023

УДК 69.03

Вяткін К. І. Проектування та реконструкція дорожньо-транспортних споруд : конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія / К. І. Вяткін ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 101 с.

Автор

канд. тех. наук, доц. К. І. Вяткін

Рецензент

О. В. Завальний, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри міського господарства (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

Рекомендовано кафедрою міського будівництва, протокол № 14 від 06 липня 2023 р.

© К. І. Вяткін, 2023

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Тема 1 Мета та завдання курсу. Основні визначення.....	5
Тема 2 Елементи мосту. Статистичні схеми роботи мосту	11
Тема 3 Конструкції балочних розрізних і нерозрізних залізобетонних прогонних споруд.....	18
Тема 4 Конструкції балочних розрізних та нерозрізних металевих прогонних споруд.....	26
Тема 5 Конструкції опор мостів.....	36
Тема 6 Оцінка вантажопідйомності залізобетонних прогонних споруд.....	43
Тема 7 Конструкції опорних частин мостів, експлуатаційне облаштування на мостах	54
Тема 8 Конструкції труб і лотків у насипу на дорогах України.....	61
Тема 9 Конструкції підпірних стін на дорогах України.....	77
Тема 10 Конструкції автомобільних і залізобетонних тунелів, а також тунелів метрополітену України	83
Список рекомендованих джерел.....	99

ВСТУП

Дорожньо-транспортні мережі є невіддільною частиною сучасного життя міст та територій, елементами економічних систем. Забезпечення безперебійного руху та ефективного використання транспорту вимагає не тільки планування і будівництва нових доріг та споруд, але і постійного оновлення та модернізації існуючих. Саме тому дисципліна «Проектування та реконструкція дорожньо-транспортних споруд» є актуальною у системі містобудівного розвитку.

Мета вивчення цієї дисципліни – розглянути основні аспекти проектування, будівництва та реконструкції дорожньо-транспортних споруд з урахуванням сучасних вимог до безпеки, стійкості до навколишнього середовища та оптимального використання ресурсів.

Конспект лекцій розроблено з метою:

1. Надати студентам спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія» фундаментальні знання та практичні навички, необхідні для професійної роботи у галузі дорожньо-транспортного будівництва.

2. Вивчити сучасні методи та технології, що використовуються в проектуванні та будівництві дорожніх споруд, з фокусом на їхню ефективність та сталість.

3. Запропонувати практичні рекомендації та механізми для виконання проектів та реконструкції дорожніх споруд, а також підвищити обізнаність щодо забезпечення якості та безпеки в цій галузі.

4. Розвинути креативне та аналітичне мислення студентів, щоб вони могли вносити інновації та вдосконалення в сферу дорожньо-транспортного будівництва.

Цей конспект лекцій спрямований на підготовку компетентних та кваліфікованих фахівців, здатних вирішувати складні завдання у сфері проектування та реконструкції дорожніх споруд та сприяти подальшому розвитку цієї важливої галузі.

ТЕМА 1 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КУРСУ. ОСНОВНІ ВИЗНАЧЕННЯ

Мости та водопропускні труби – складні, вартісні споруди, термін служби яких зазвичай сягає ста і більше років. У процесі експлуатації в них виникають різні ушкодження; за ступенем росту навантаження окремі елементи споруд стають нездатними сприймати підвищені навантаження; іноді зміна умов експлуатації дороги або судноплавства призводить до необхідності збільшення габаритів мостів, тому експлуатовані інженерні споруди потребують періодичних ремонтів, посилення та реконструкції.

У зв'язку з використанням в експлуатації великої кількості так званих старих мостів, в основному з металевими прогонними спорудами, виготовленими наприкінці минулого та початку сучасного століття, проблема надійності, ремонту, підсилення, реконструкції яких стає однією з головних.

Мости повинні мати високу експлуатаційну надійність. Оцінка надійності та вантажопідйомності мостів в комплексі робіт щодо їхнього зведення має особливо важливе значення. Для досягнення цієї мети повинні використовуватися найсучасніші методи розрахунку, результати випробувань та експериментальних досліджень.

На дорогах України експлуатується 19 662 шт. інженерних споруд протяжністю 560,569 км. Серед них:

- 1) мости – 8 177 шт. – 243 077 км;
- 2) труби – 11 109 шт. – 277,554 км. Схема розвитку та розміщення транспорту України на період до 2020 року з урахуванням подальших перспектив;
- 3) підпорні стіни – 301 шт. – 20 844 км;
- 4) тунелі – 45 автомобільних і залізничних – 17 387 км, 27 пішохідних – 1 707 км;
- 5) галереї;
- 6) селеспуски;
- 7) лотки;

8) дюкери.

Інженерні споруди доріг України

Міст – інженерна споруда для пропуску дороги через водотік, що складається з опор і прогонних споруд, що перекривають простір між опорами.

Класифікація мостів. За різновидом перепони, яка проходиться, розрізняють міст через водотік; при перетині дорогою глибоких ущелин замість насипу будують віадуки; якщо перепона виявляється складнішою, – шляхопровід (через дорогу); надбудову (через міську або заводську територію) (рис. 1.1).

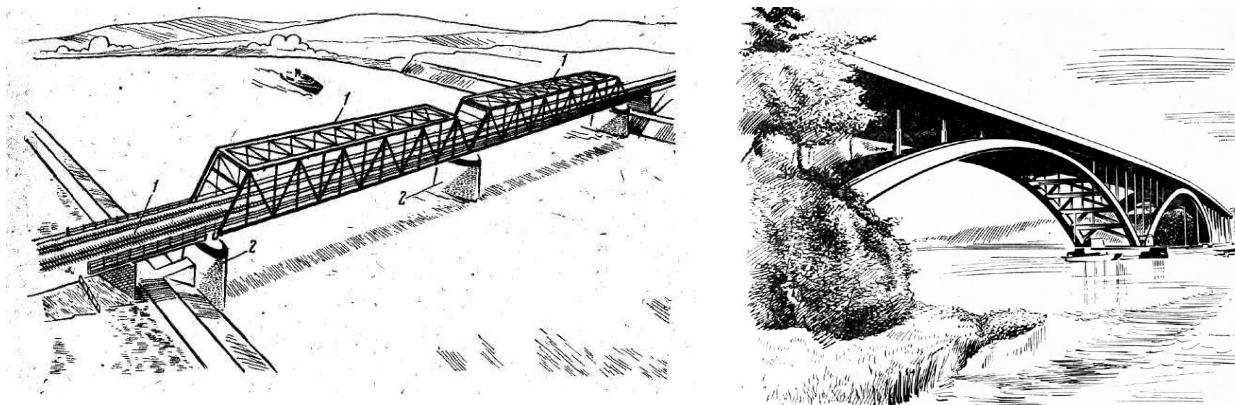


Рисунок 1.1 – Мости через річку

Тунель – це інженерна споруда, де транспортну магістраль прокладають під перешкодою або через неї (рис. 1.2).

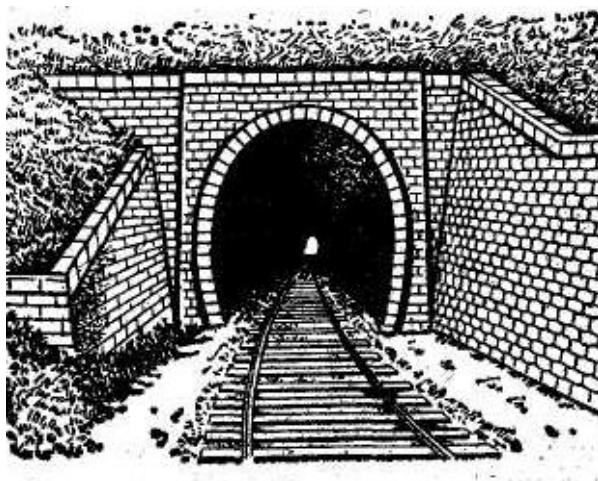


Рисунок 1.2 – Залізничний тунель

При перетині дорогою глибоких ярів замість насипу будують віадуки, якщо вони не виявляються дорожчими.

Труба – будівництво для пропуску малих витрат води (до $100 \text{ м}^3/\text{с}$), що розміщується в тілі насипу (рис. 1.3).

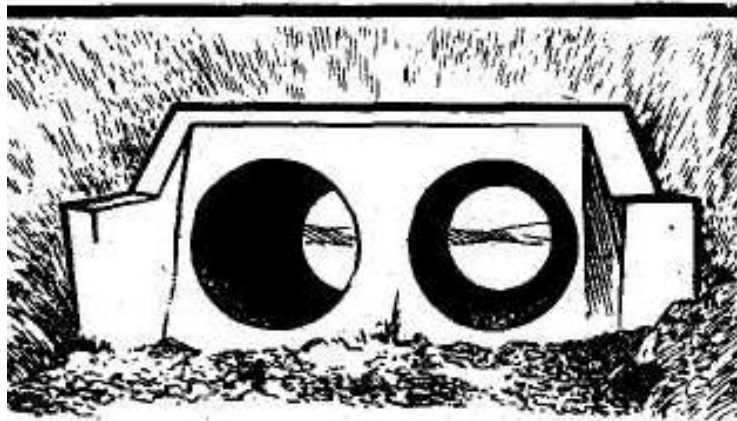


Рисунок 1.3 – Залізнична водопропускна труба

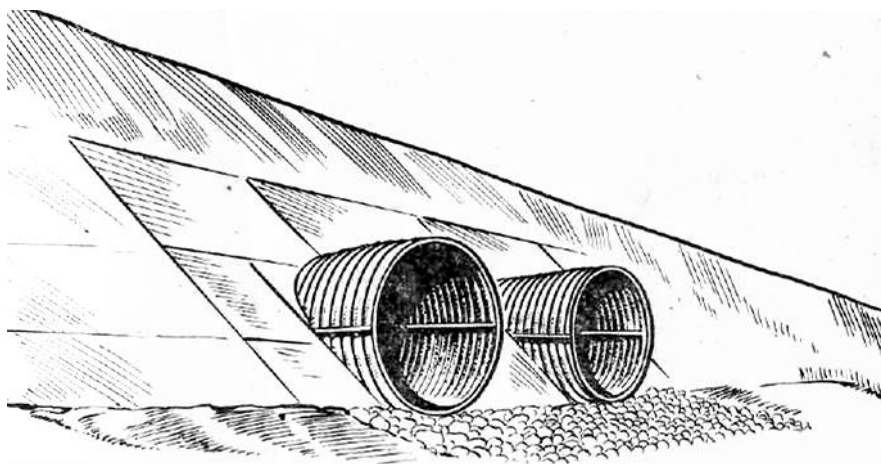


Рисунок 1.4 – Металева гофрована водопропускна труба

Фільтруючі насипи роблять для пропуску води крізь тіло насипу (кам'яний накид), якщо водотік невеликий і не містить наносів, забруднюючих порожнечу в муруванні.

Дюкери слугують для пропуску води (зрошувальні канали) з одного боку заглибини на інший під полотном дороги.

Лотки – невеликі споруди для пропуску води між шпалами (зазвичай на станціях при малій витраті води). Лоток – це інженерна споруда, у якій висота насипу не перевищує $1,5 \text{ м}$.

Галерея зводиться під відкритий тунель.

Селеспуск – короткий тунель, над яким тече бруд або кам'яний селевий потік під час зливи, застосовується над залізницею.

Підпірна стіна – це інженерна споруда, яка підтримує відкіс насипу або ґрунт від обвалення.

Різні види інженерних споруд подані на рисунках 1.5–1.11.

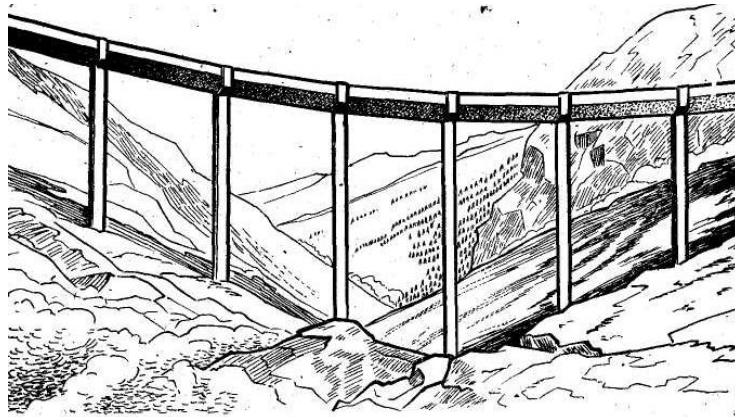


Рисунок 1.5 – Віадук естакадного типу

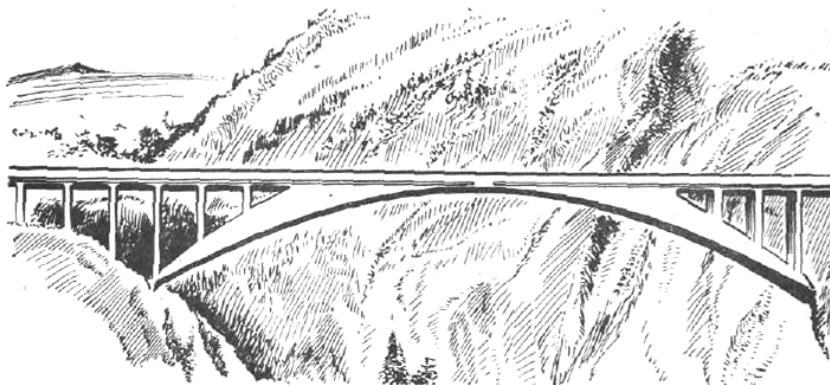


Рисунок 1.6 – Віадук арочний

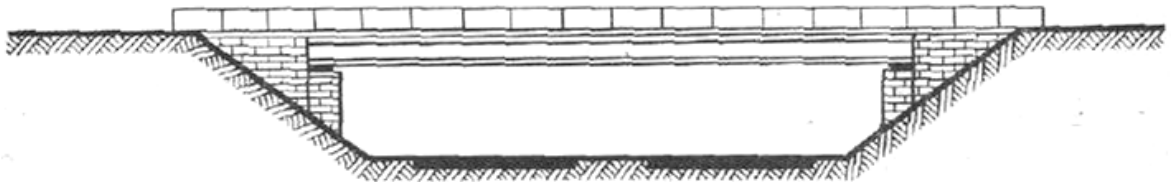
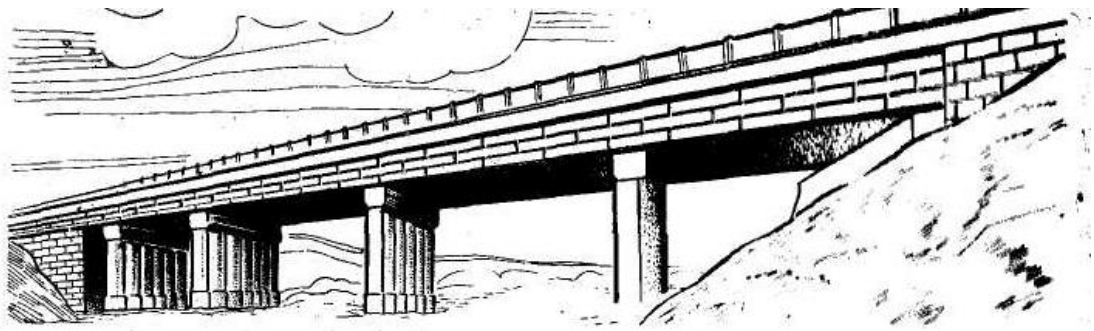


Рисунок 1.7 – Шляхопровід

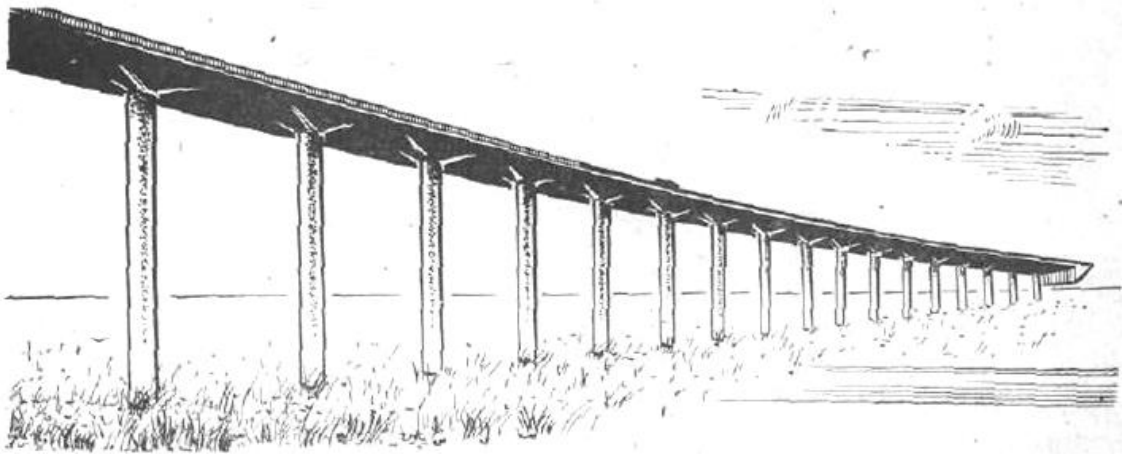


Рисунок 1.8 – Естакада

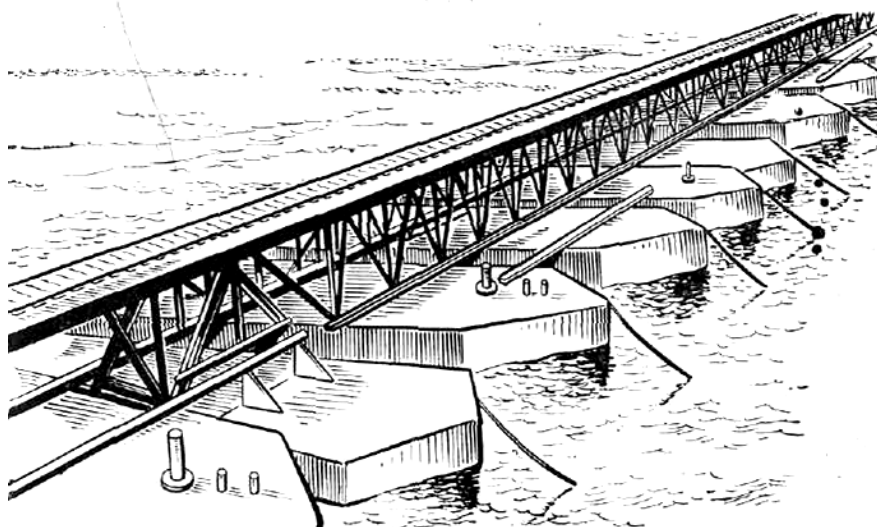


Рисунок 1.9 – Наплавний міст

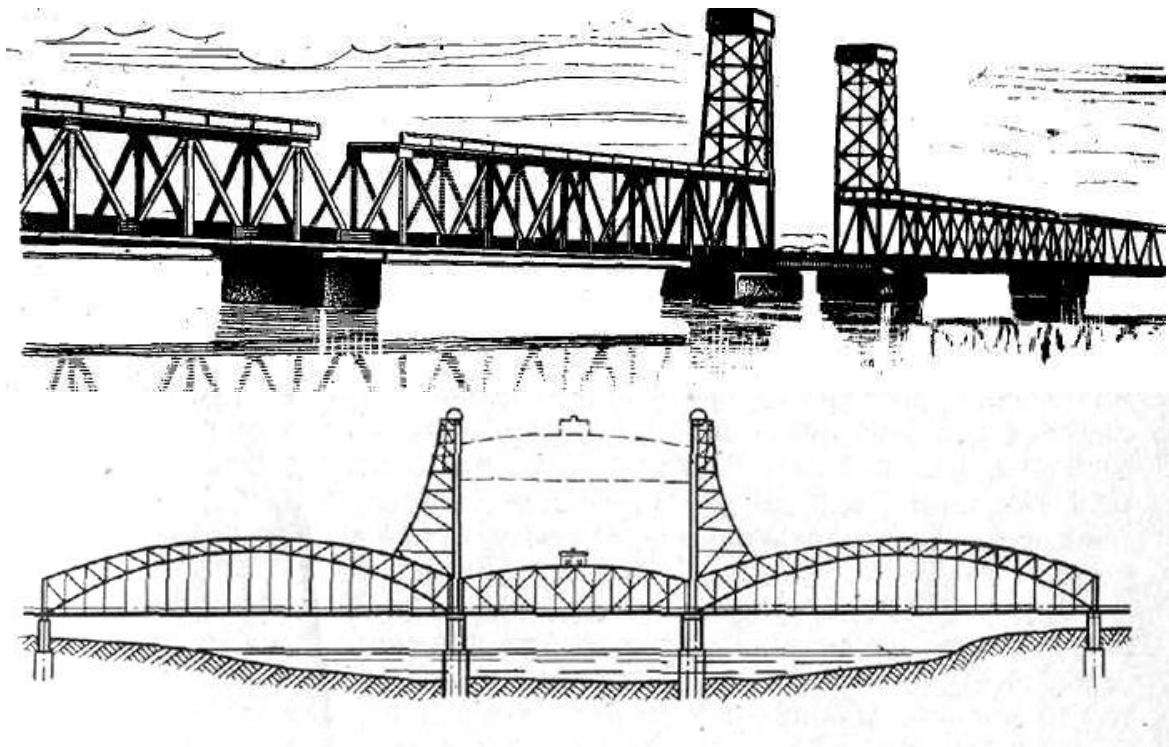


Рисунок 1.10 – Міст із розведеною прогоною будовою

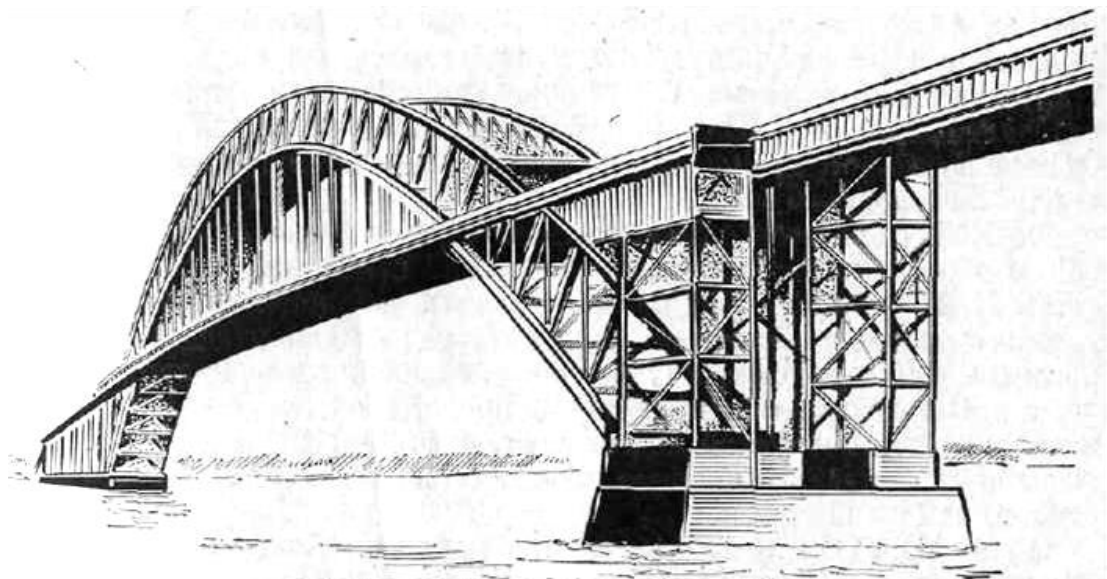


Рисунок 1.11 – Арочний міст з проїздом посередині

Завдання курсу

1. Вивчення конструкцій і їх дійсної роботи в спорудах.
2. Оцінка і забезпечення надійності експлуатованих інженерних споруд залізних і автомобільних доріг України.
3. Організація і технологія утримання інженерних споруд. Оцінка їх технічного стану і змісту.

4. Методи і технологія: ремонту, підсилення та реконструкції інженерних споруд.

5. Різновиди аварій на інженерних спорудах.

Питання для самоконтролю

1. Подайте визначення поняття «міст».
2. Які види інженерних споруд використовуються на дорогах України?
3. Подайте визначення понять «тунель», «труба», «лоток», «дюкер», «галерея», «підпірна стіна».
4. Перелічіть завдання курсу.

ТЕМА 2 ЕЛЕМЕНТИ МОСТУ. СТАТИСТИЧНІ СХЕМИ РОБОТИ МОСТУ

Основні елементи мосту – опори і прогонні будови. Розрізняють берегові опори, які зазвичай називають стояками, і проміжні – бики. Кожна опора сприймає навантаження від ваги прогонних будов і рухомого навантаження, що проходить по них. На стояки, крім того, діє тиск насипу підходів до мосту.

Опори мають фундамент з надфундаментною частиною. Фундаменти зводять або безпосередньо на ґрунті, або, якщо ґрунт ненадійний, на спеціальній штучній основі. Матеріалом для опор слугує бетонне, залізобетонне і кам'яне мурування, в окремих випадках для верхньої частини використовують металеві конструкції. Форма і розміри опор залежать від величини і різновиду навантажень, що передаються від прогонних будов, власної ваги та тиску насипу, а також значною мірою визначаються умовами проходу під мостом водного потоку, льодоходу та місцевими інженерно-геологічними умовами (рис. 2.1).

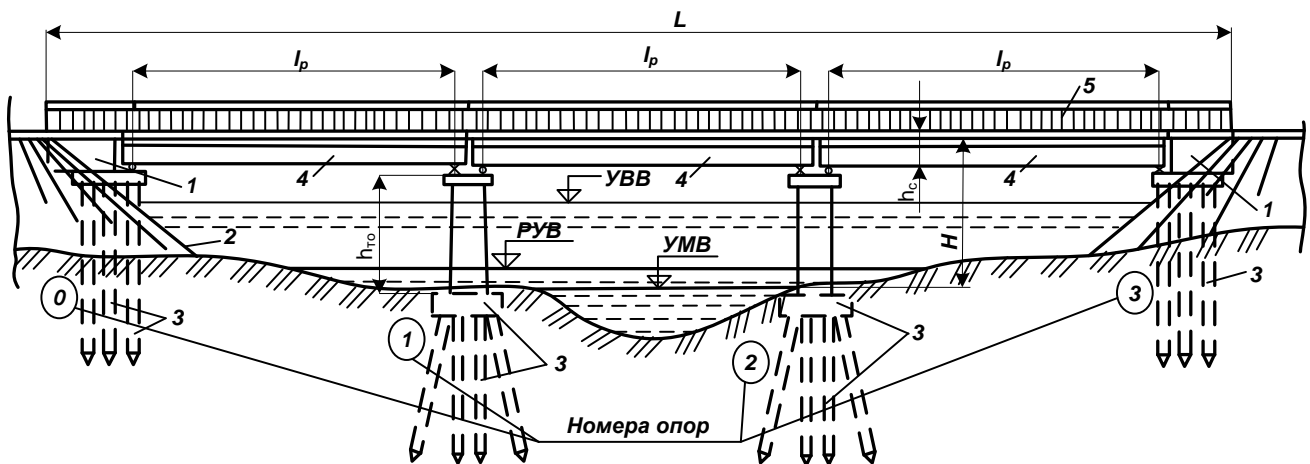


Рисунок 2.1 – Міст завдовжки L :

1 – берегові опори (стояки) на пальових фундаментах; 2 – конус насипу; 3 – пальовий фундамент; 4 – прогонна будова із суцільними головними балками; 5 – перильні обгородження; $УВВ$ – рівень високих вод; $РУВ$ – робочий рівень води; $УМВ$ – рівень межових вод

Прогонні будови мають головні несучі елементи суцільного перерізу (рис. 2.1), наскрізні ферми або комбіновані конструкції. На основних несучих елементах розташовується конструкція проїжджої частини мосту автодорожнього (міського) або мостове полотно залізничного мосту. Головні несучі елементи (балки і ферми) поєднують зв'язками, що забезпечують стійкість і поперечну жорсткість прогону.

Основними розмірами мосту і його елементів прийнято вважати:

- повну довжину L (рис. 2.1) між задніми гранями підвалин або кінцями прогону, безпосередньо стикається з насипом підходів;
- отвір мосту, що забезпечує пропуск високої води за винятком товщини опор;
- висоту H мосту, яка обчислюється від верху проїзної частини або підшви рейок до рівня граничних вод;
- будівельну висоту (h_c) – від верху проїзної частини до низу конструкції прогонної будови;
- розрахунковий прогін, що при балочній прогонній будові дорівнює відстані між центрами опорних частин, на які встановлюють балки (ферми);

- розрахункова ширина прогону – відстань між осями головних несучих конструкцій (ферм або крайніх балок);
- висота тіла опори (hТО) – від верхнього майданчика до верху (обрізу) фундаменту.

Усі розміри мосту і його елементів встановлюють в процесі проектування з урахуванням місцевих інженерно-гідрогеологічних, геологічних і судноплавних умов, виявлених у процесі досліджень, а також на основі пред'явлених вимог щодо очікуваної інтенсивності руху не тільки в момент проектування, а й у більш далекій перспективі, що відповідає терміну служби моста.

За різновидом роботи під навантаженням прогонних будов і опор, тобто залежно від статичної схеми, розрізняють балкові, рамні, арочні, висні і комбіновані системи мостів.

Найбільш поширеними є балочні системи мостів (балочні мости). У них прогонні будови у вигляді суцільних балок або наскрізних гратчастих ферм вільно встановлені на опорні частини, через які передаються всі вертикальні навантаження на опори мосту. Прогонні будови можуть бути простими балочно-розрізними (рис. 2.2, а), балочно-консольними (рис. 2.2, б) і балочно-нерозрізними (рис. 2.2, в). У балочно-розрізній системі вигин від власної ваги і рухомого навантаження одного прогону не відображається на суміжні з ним. Такі системи застосовують переважно в малих і середніх залізобетонних і металевих мостах з прогонами до 42 м. В залізничних мостах металеві балочно-розрізні гратчасті конструкції прогонних будов поширені для прогонів від 33 до 158 м. Інші різновиди балочних систем, як і балочно-консольні і балочно-нерозрізні, відрізняються від балочно-розрізних тим, що навантаження, що діє на одній із прогонних будов, впливає і на сусідні. Це призводить до деякого полегшення перетинів балок або елементів ферм за рахунок спільної роботи конструкції декількох прогонів.

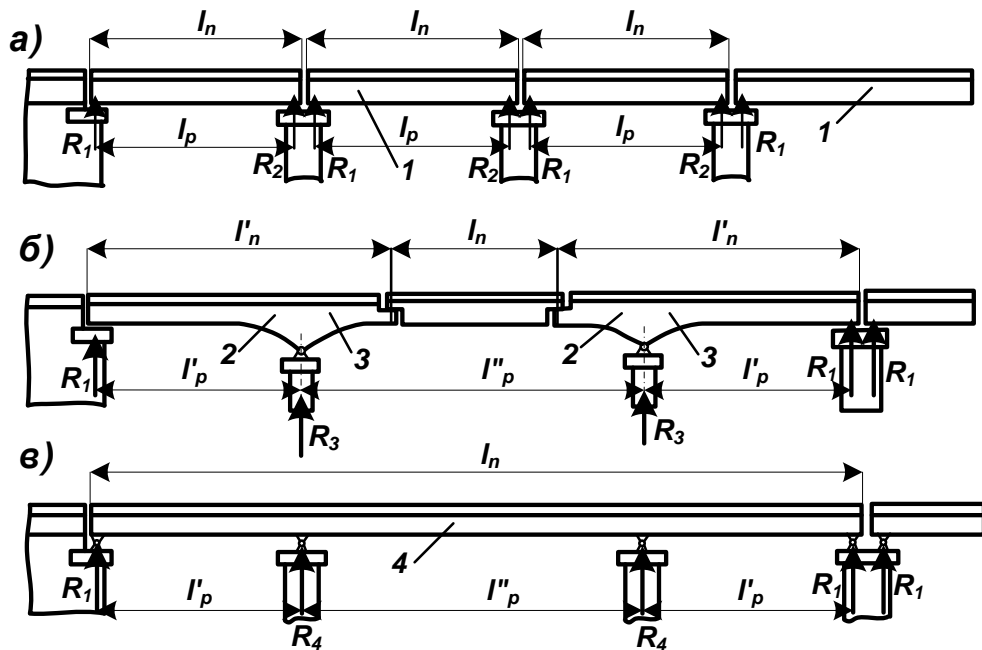


Рисунок 2.2 – Балочні прогонні будови:

1 – розрізна повної довжини l_n ; 2–3 – консольно-балочна довжина l'_n (3 – консоль); 4 – нерозрізна повної довжини l_n ; l'_p , l''_p – розрахункові прогони; $R_1 - R_4$ – вертикальні опорні реакції

У рамних мостах прогонні будови жорстко з'єднані з опорами. Вигин від навантажень із прогону спричиняє вигин опор, тобто на опори, крім вертикальних опорних навантажень, передається і горизонтальний опір. У мостобудуванні відома низка конструктивних рішень рамних систем, а саме: Т-подібні рами з опертям на їх консолях (рис. 2.3, а), почіпні балкові конструкції (рамно-почіпні системи); рами із з'єднанням суміжних консолей шарнірами, розташованими в прогоні (рамно-консольній системі) (рис. 2.3, б); нерозрізні рамні системи (рис. 2.3, в). Усі ці системи застосовуються переважно при будівництві шляхопроводів і мостів.

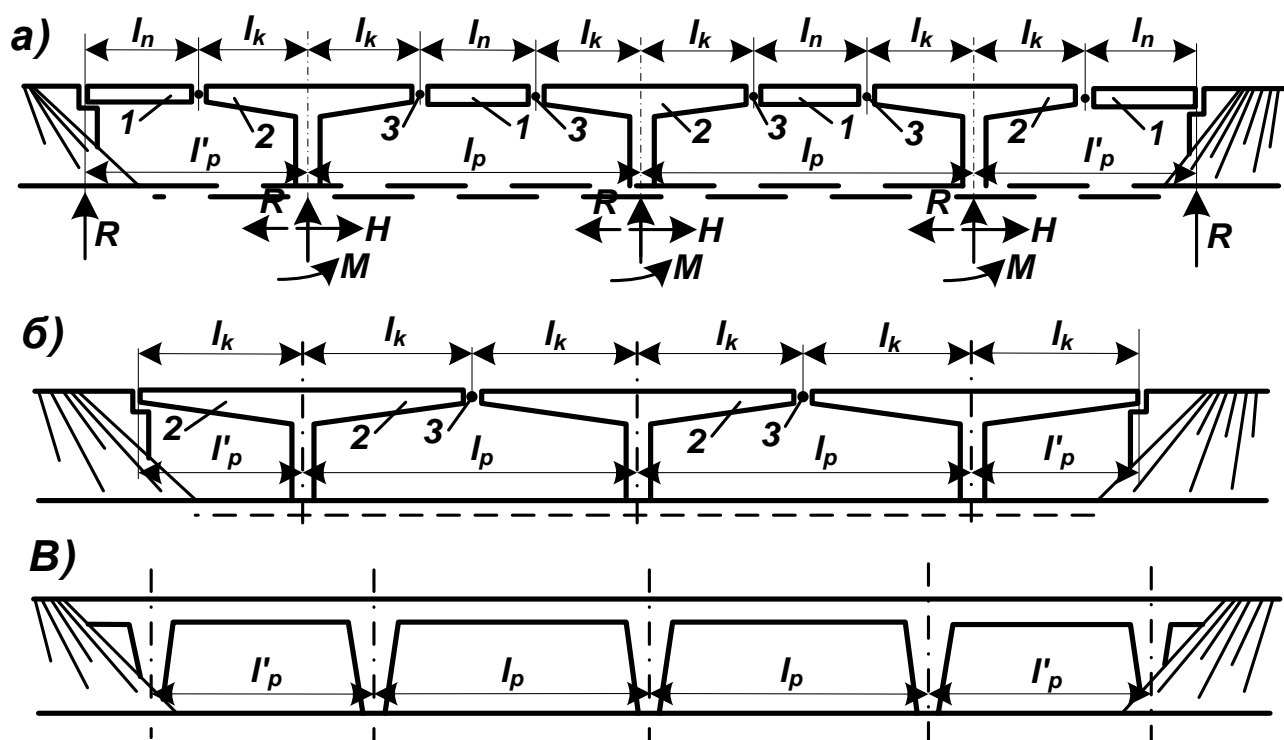


Рисунок 2.3 – Рамні прогонні будови:

l – почіпні прогонні будови; 2 – консоль Т-подібної рами; 3 – шарніри;
 l_p, l'_p – розрахунковий прогон; l_k – довжина консолі; l_n – довжина почіпної прогонної будови; R, H, M – вертикальна і горизонтальна опорні реакції, вигинаючий момент

В аркових мостах (рис. 2.4) від власної ваги і рухомих навантажень, розташованих на прогонних будовах, в опорах виникають реактивні сили, які можна розглядати як рівнодіючі вертикальні й горизонтальні складові (H і V). Горизонтальну силу H називають розпором. Арочні прогонні будови можуть бути тришарнірними (рис. 2.4, а), двошарнірними (рис. 2.4, б) і безшарнірними (рис. 2.4, в). Останні зазвичай застосовують у середніх і великих мостах.

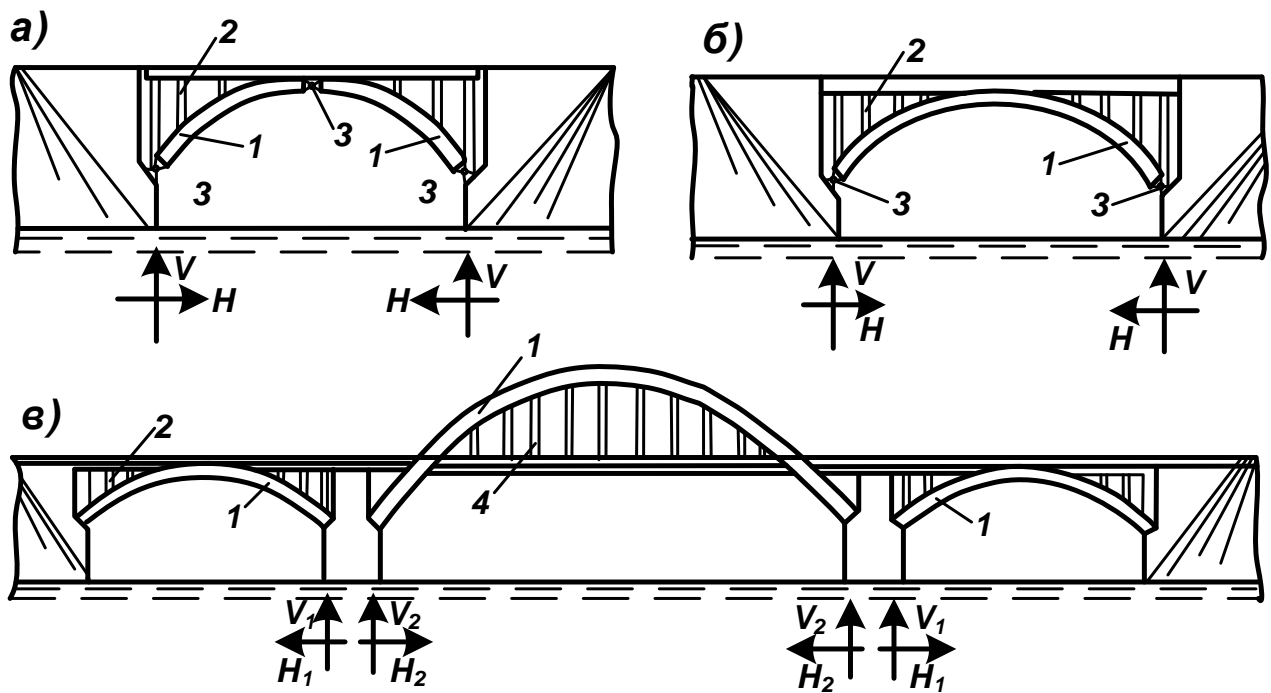


Рисунок 2.4 – Арочні прогонні будови:

1 – арки; 2 – надарочні рами, або стояки; 3 – шарніри; 4 – підвіски

У почіпних мостах прогонні будови (рис. 2.5, а) влаштовують у вигляді поздовжньої балки (балка жорсткості) з розташованою на ній конструкцією проїжджої частини, підтримуваної кабелем (сталевим канатом або сталевим ланцюгом). На опорах встановлюють високі стояки, які називають пілонами, через які перекинуті канати або ланцюги, що закріплюються за кінці балок або на берегах за підвалини моста.

Конструкція почіпних мостів може бути у вигляді вільно висячих канатів, до яких за допомогою підвісок передається навантаження від балки жорсткості, або у вигляді натягнутих сталевих вант, безпосередньо закріплених за балку без підвісок. В останньому випадку прогонна будова називається вантовою (рис. 2.5, а). Почіпні й вантові прогонні будови застосовують переважно в автодорожніх і міських мостах з прогонами понад 100 м. Використання канатів зі сталі високої міцності дозволяє облаштовувати середні й великі прогони почіпних мостів до 1 300 м і більше.

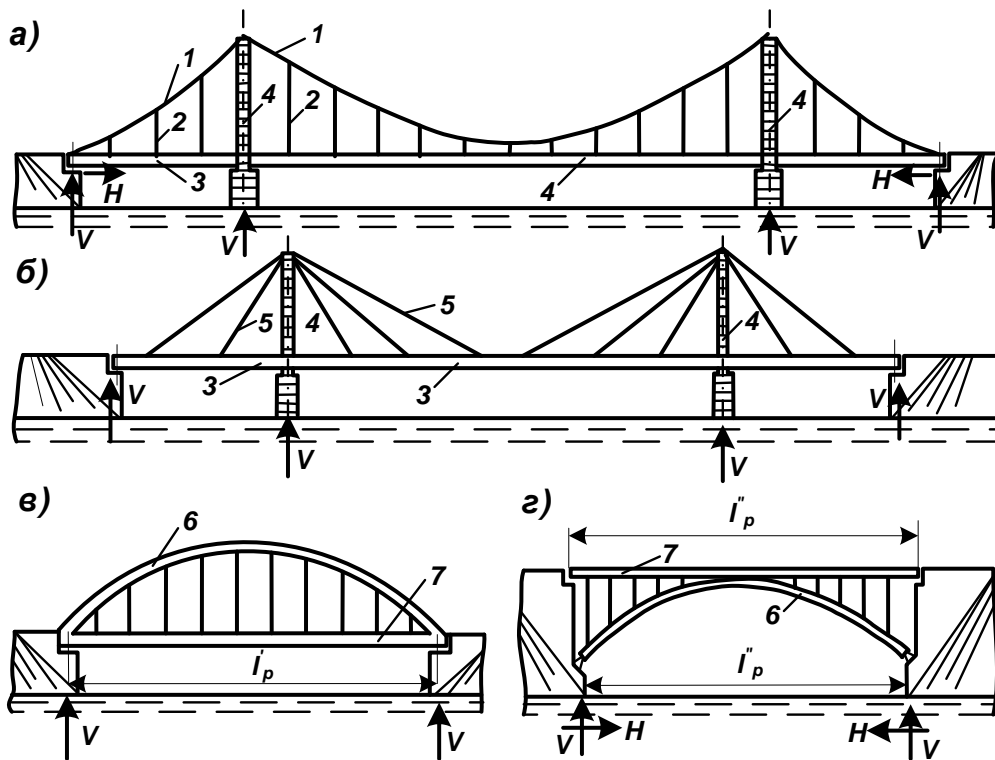


Рисунок 2.5 – Почіпні та комбіновані прогонні будови:

1 – кабель; 2 – підвіска; 3 – балка жорсткості; 4 – пілон; 5 – ванти; 6 – арка; 7 – балка-затяжка; V, H – вертикальна і горизонтальна опорні реакції

Окрім наведених схем (систем) прогонних будов, застосовують також комбіновані. Наприклад, арочні, прогонні будови із затягуванням (рис. 2.5, в). В цьому випадку горизонтальний розпір від арки сприймається балкою-затягуванням. Застосовують також балкові конструкції з арками (рис. 2.5, г), де нерозрізна балочна конструкція підтримується знизу арками. Комбіновані системи можуть бути різноманітними, і при будівництві великих споруд вони зазвичай мають техніко-економічні переваги порівняно з простими статичними системами мостів.

За місцем розташування проїжджої частини моста щодо його головних несучих конструкцій розрізняють мости з проїздом по низу, зверху (рис. 2.5, г) і посередині (рис. 2.4, в, середній проліт).

Питання для самоконтролю

1. Визначте основні елементи мосту.

2. Якими основними показниками визначають розміри мосту та його елементів?

3. Опишіть балочні прогонні будови.

4. Опишіть рамні прогонні будови.

5. Опишіть арочні прогонні будови.

6. Опишіть висні та комбіновані прогонні будови.

ТЕМА 3 КОНСТРУКЦІЇ БАЛОЧНИХ РОЗРІЗНИХ І НЕРОЗРІЗНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПРОГОННИХ СПОРУД

Залізобетонні балкові прогонні будови (рис. 3.1) поділяються за низкою ознак:

- за статичною схемою розрізних систем, які можуть мати однопрогонні та багатопрогонні рішення залежно від місцевих умов; нерозрізних, що зазвичай застосовуються для прогонів більше ніж 30 м, і консольних систем;
- за розташуванням рівня проїзду – з проїздом по верху і з проїздом по низу;
- за конструктивною формою – плитні, ребристі й коробчасті;
- за видом армування – конструкції з ненапруженою і попередньо напруженою арматурою.

Відповідно до способу проведення робіт прогонні будови можуть бути монолітними, збірними і збірно-монолітними.

Балочні розрізні прогонні будови під залізницю застосовують для перекриття прогонів від 3–33 м, а для автодороги – до 42 м.

Плитні прогонні будови відрізняються простотою конструктивної форми порівняно з ребристою конструкцією (рис. 3.1, а), але витрата бетону на них значно більша. В обмежених габаритних умовах, наприклад при спорудженні шляхопроводів, застосовують плитні прогонні будови зі зниженою будівельною висотою.

Найбільш поширеними є ребристі прогонні будови, що складаються з двох блоків промислового виробництва. Поперечний розріз з прямокутною формою ребра характерний для конструкцій з ненапруженою арматурою (рис. 3.1, б), а форма ребра з тонкою стінкою і розширеним нижнім поясом застосовується для зменшення маси прогонних будов з попередньо напруженого залізобетону, що дозволяє перекривати великі прогони (рис. 3.1, в).

Поперечні перерізи, складені з двох П-подібних блоків, застосовують на експлуатованих залізничних мостах (рис. 3.1, г). У наш час такі прогонні будови не застосовуються, оскільки їх обсяг значно більший і, крім того, ускладнені опалубні форми. Поперечний розріз суцільнопровожуваної прогонної будови з відкидними консолями на шарнірах зображено на рисунку 3.1, д. Пристрій таких консолей, що займають при перевезенні вертикальне положення, дозволяє вписуватися в габарити рухомого складу.

Однак застосування шарніра спричиняє низку труднощів при виготовленні, омонолічуванні й експлуатації, тому такі прогонні будови не застосовуються, але є в експлуатації (прогонні будови системи Артамонова).

Коробчасті перетини широко застосовуються в нерозрізних і консольних системах великих прогонів. Використання коробчастої форми дозволяє значно збільшити згинальну й особливо крутну жорсткість прогону (рис. 3.1, е).

У прогонних будовах із проїздом по низу проїзду частину необхідно влаштувати у вигляді густо розташованих поперечних балок і плит баластового корита. Головні балки розсовують на значну відстань, яка визначається розміром наближення споруд.

Позитивною особливістю таких прогонних будов є мінімальна будівельна висота ($h_{\text{стр}}$), розмір якої для такої конструкції не залежить від величини прогону.

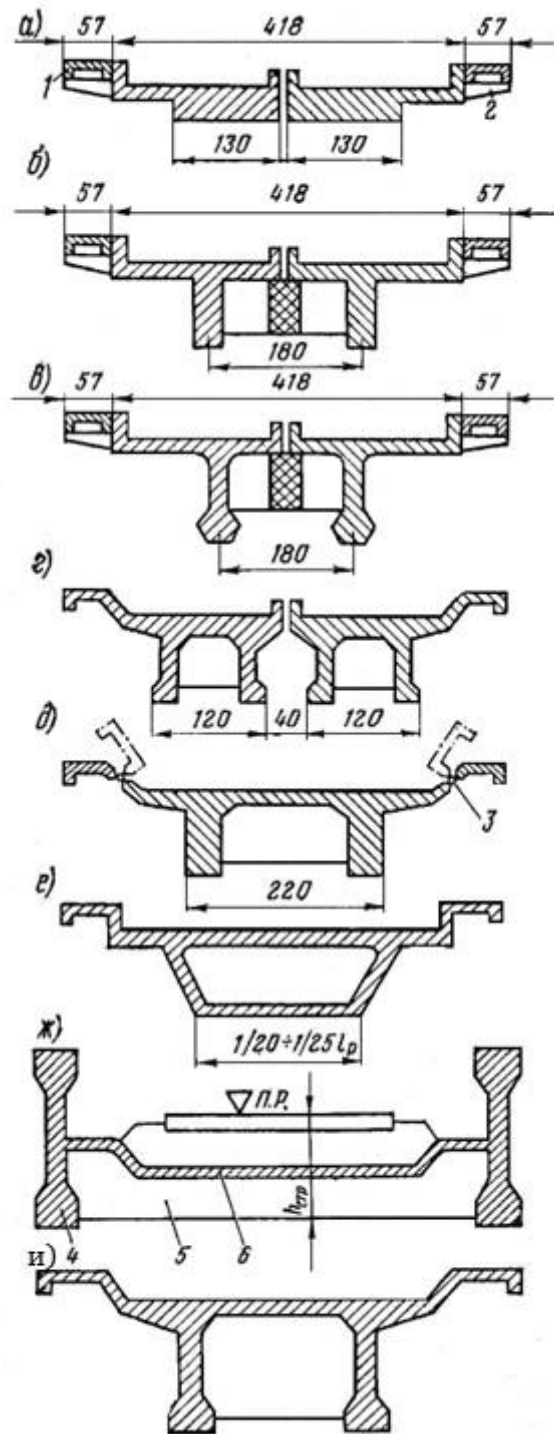


Рисунок 3.1 – Конструктивні форми прогонних будов:
 а – плитна; б, в – ребриста; г – П-подібна; д – цільнопровожувана;
 е – коробчаста; ж – із проїздом по низу; и – монолітні; 1 – тротуарна плита;
 2 – консоль; 3 – шарнір; 4 – головна балка; 5 – поперечна балка; 6 – плита
 баластового корита

На рисунку 3.1, и представлений поперечний розв'яз прогонної будови в монолітному виконанні.

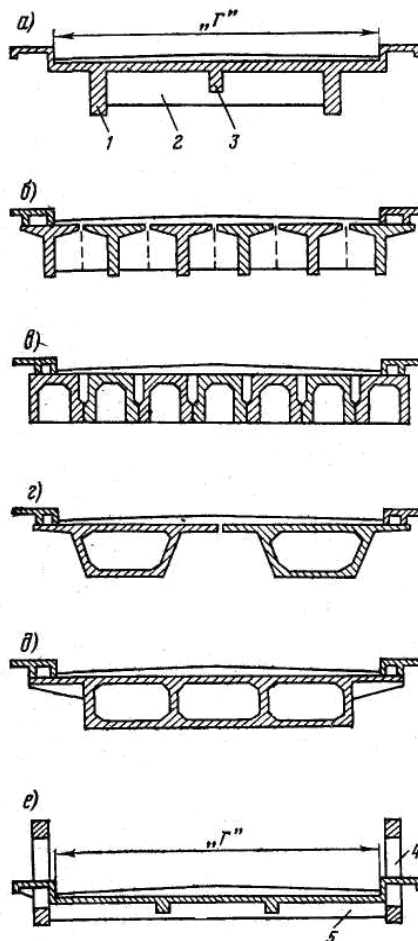


Рисунок 3.2 – Конструктивні форми прогонних будов під автомобільну дорогу:
 а – з двома головними балками, б – з тавровими балками; в – із П-подібними балками; г, д – із коробчастими балками; е – з проїздом по низу;
 1 – головна балка; 2, 5 – поперечні балки; 3 – прокольна допоміжна балка;
 4 – наскрізна ферма

Окрім улаштування колії на баласті, використовують мають безбаластні конструкції прогонних будов. Можливі два рішення: мостові бруси укладають на головні балки двотаврової форми або рейки прикріплюють безпосередньо до плити прогонної будови через пружні прокладки.

Найбільш поширені поперечні розрізи прогонних будов під автомобільні дороги зображені на рисунку 3.2. Для перекриття невеликих прогонів, як і на залізницях, використовуються плитні конструкції.

Відмінністю автодорожніх мостів є ширина проїжджої частини, яка визначається габаритом «Г» залежно від категорії дороги, а також облаштуванням тротуарів.

Поздовжні балки збірних прогонних будов більшості тимчасових мостів мають тавровий перетин, більш простий у виробництві. Балки П-подібного і коробчастого перерізів, що володіють більшою жорсткістю при роботі на скручування, особливо перспективні для використання у мостах з великими прогонами.

Плитні прогонні будови

Розрізні балкові мости з проїздом по верху поширені найбільше, їх виконують переважно зі збірних елементів із попередньо напруженою арматурою.

Прогонні будови до 16,5 м завдовжки можуть виготовлятися зі звичайного залізобетону з ненапруженою арматурою.

Для залізничних мостів промисловці розробили типові проекти збірних залізобетонних прогонних будов. Прогонні будови завдовжки 2,95 м одноблокові, решта – двоблокові. Блоки плитних прогонних будов не з'єднуються, їхнє положення в поперечному напрямі фіксується опорними частинами.

Плитні прогонні будови є найпростішою формою балкової системи. У наш час застосовуються плитні конструкції винятково промислового виготовлення.

Ширина плити внизу повинна бути достатньою для розміщення робочої арматури і для забезпечення стійкості до перекидання. Зазвичай висоту плити призначають із розрахунку прогону $\frac{1}{10} - \frac{1}{15}$ розрахункового прогону. На рисунку 3.3 наведено контурне креслення типового плитного прогону під залізницю завдовжки 6 м.

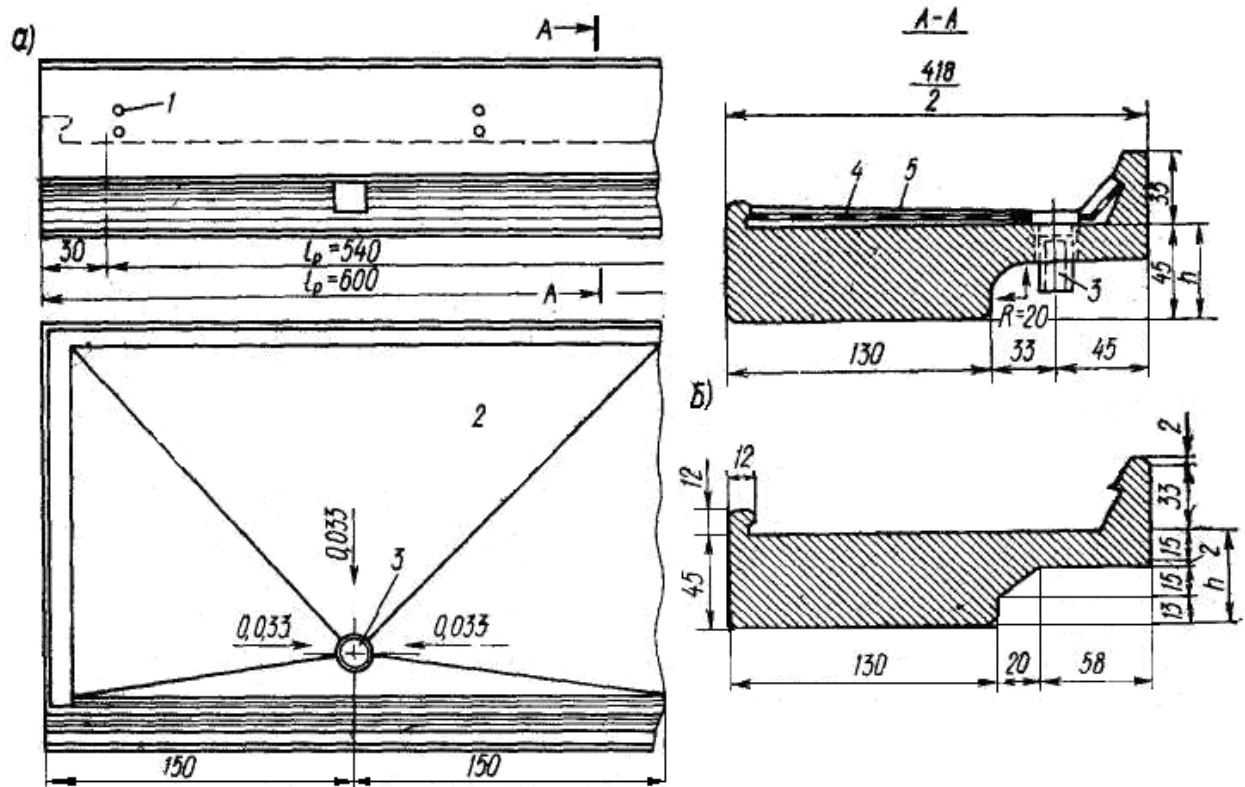


Рисунок 3.3 – Плитна прогонна будова під залізничну дорогу:
 а – фасад і план; б – варіант поперечного перетину для дерев'яної опалубки; 1 – отвір для болтів; 2 – поверхня плити; 3 – водовідвідна трубка; 4 – гідроізоляція; 5 – захисний прошарок

Консолі поперечного перерізу закінчуються бортиками, які утворюють баластне корито.

Облаштування службових тротуарів передбачено на консолях. Поверхні плити надано ухил у поздовжньому і поперечному напрямках для відведення води через водовідвідні трубки.

Для зберігання бетону від просочування води поверхню плити вкривають водонепроникною гідроізоляцією, поверх якої укладають захисний шар.

При збільшенні прогону плити збільшується висота її перетину, а отже, і витрата бетону на нижню розтягнуту зону.

Для прогонів більше ніж 6 м з нормальною висотою плити доцільно зменшити площу розтягнутої зони, що спричиняє застосування ребристих прогонних будов.

Ребристі прогонні будови з ненапруженою арматурою

Прогонна будова складається з двох блоків Т-подібної форми, що включають плиту і ребро (рис. 3.4). Плити двох блоків утворюють баластне корито. Робоча арматура блоків розміщена в нижній частині ребер.

Для формування тротуарів слугують приставні консолі зі зніманими плитами.

Блоки ребристих прогонних будов з'єднані діафрагмами.

Нормальна висота ребра призначається в межах $\frac{1}{10} - \frac{1}{15}$ розрахункового прогону l . Поверхні плити надані поперечний і поздовжній ухили для стікання води до водовідвідних трубок.

Прилягання плити до ребра запроектовано по циліндричній поверхні ($R = 30$ см) для виготовлення в металевій опалубці.

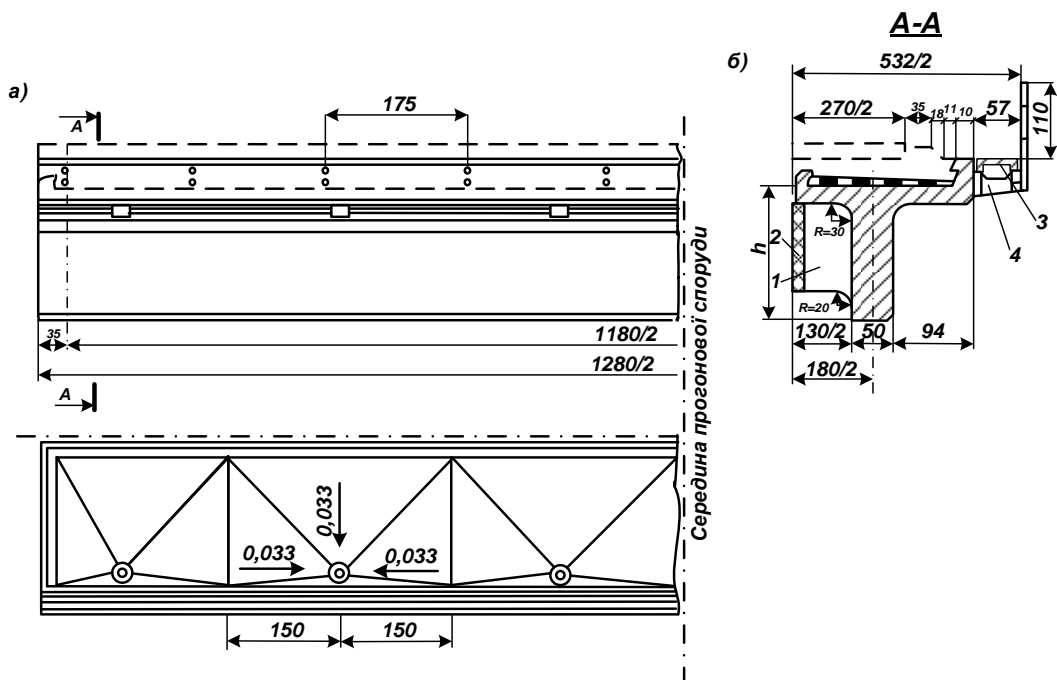


Рисунок 3.4 – Ребриста прогонна будова з ненапруженою арматурою:
а – фасад і план; б – варіант для дерев'яної опалубки; 1 – діафрагма;
2 – монтажний стик; 3 – тротуарна плита; 4 – консоль; 5 – водовідвідна трубка

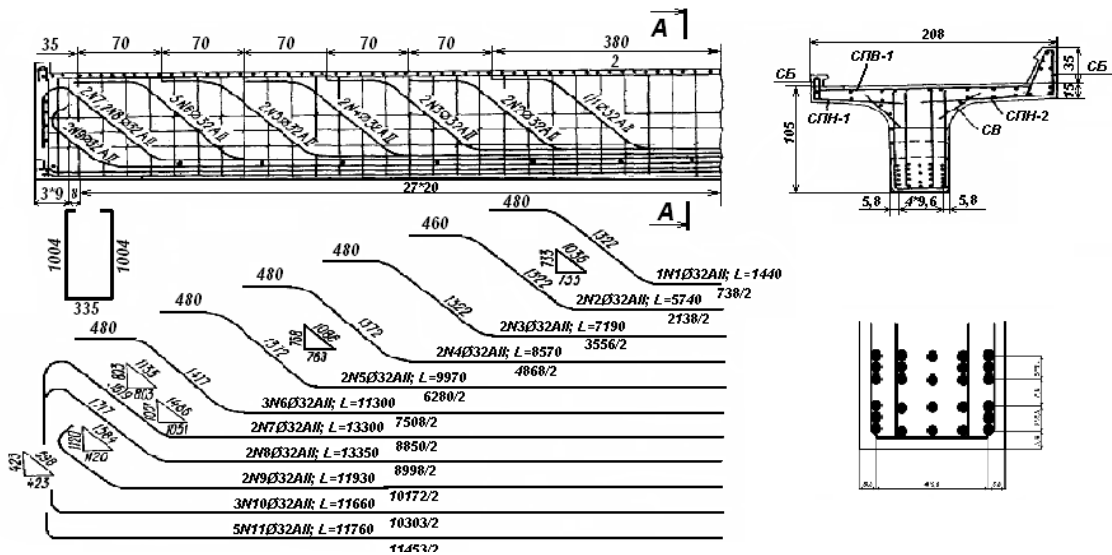


Рисунок 3.5 – Армування ребристої прогонної будови з ненапруженою арматурою

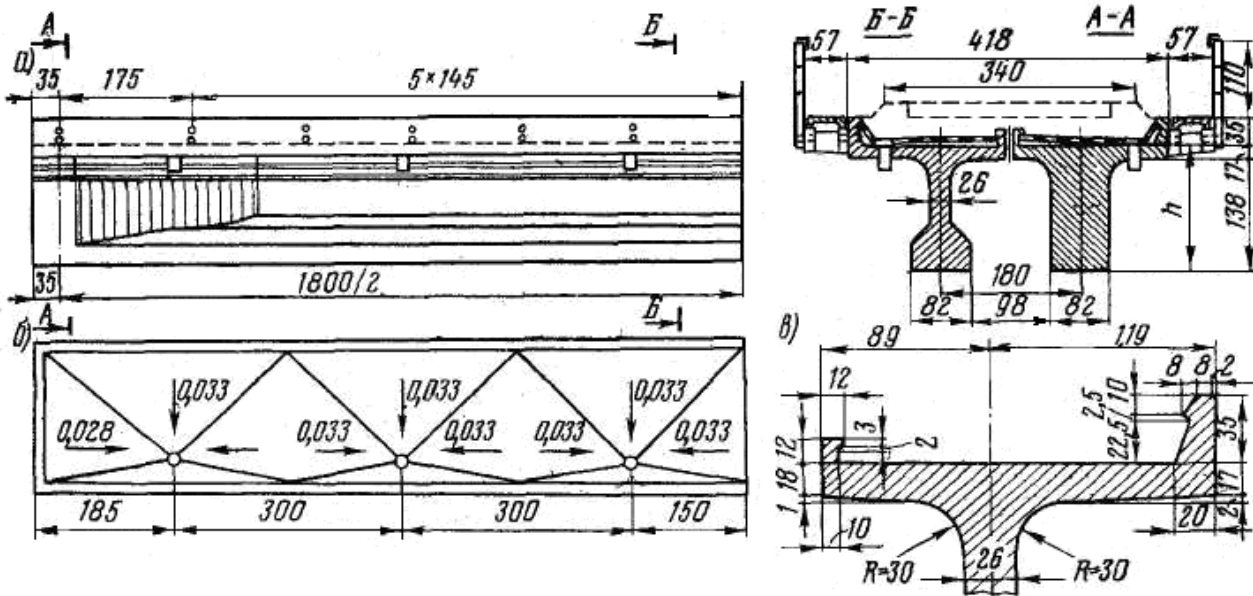


Рисунок 3.6 – Ребриста прогонна будова з напруженою арматурою:
а – фасад; б – план блока; в – переріз плити баластного корита

Приклад армування прогонної будови завдовжки 12,8 м наведено на рисунку 3.5.

Питання для самоконтролю

1. Опишіть конструктивні форми прогонних будов.
2. Опишіть конструктивні форми прогонних будов під автомобільну дорогу.

3. Опишіть плитну прогонну будову під залізничну дорогу.
4. Опишіть ребристу прогонну будову з ненапруженою арматурою.
5. Опишіть армування ребристої прогонної будови з ненапруженою арматурою.
6. Опишіть ребристу прогонну будову з напруженою арматурою

ТЕМА 4 КОНСТРУКЦІЇ БАЛОЧНИХ РОЗРІЗНИХ ТА НЕРОЗРІЗНИХ МЕТАЛЕВИХ ПРОГОННИХ СПОРУД

Сфера застосування металевих мостів

У металевих мостах прогонні будови виготовляють з металу, а опори – з бетону або залізобетону. Метал – найбільш прийнятний матеріал для будівельних конструкцій. Завдяки високій міцності будівельних сталей сталевими прогонними будовами можна перекривати значно більші прогони порівняно із залізобетонними. Сучасні сталеві мости мають прогони, що перевищують 1 км.

Сталеві прогонні будови можуть бути балочні, аркові, рамні, висні і комбіновані, за розташуванням рівня проїзду – із проїздом по верху, посередині і по низу, а в конструктивному відношенні – із суцільними несучими конструкціями (балками, рамами, арками) і з наскрізними (гратчастими). Найбільш широко застосовуються балочні прогонні будови. Застосовуються також прогонні будови, у яких сталеві головні балки несучої конструкції об'єднані із залізобетонною плитою для загальної роботи під навантаженням. Такі об'єднані конструкції також називають сталезалізобетонними.

Металеві прогонні будови мають низку переваг порівняно з прогонними будовами з інших матеріалів, а саме: висока виробнича потужність при виготовленні на заводах, зручність монтажу конструкцій, можливість перекриття великих прогонів при порівняно невеликій власній вазі конструкцій,

найбільші можливості для відновлення конструкції у разі її пошкодження, а також відносна простота посилення конструкції за потреби. Основними недоліками металевих прогонних будов є значні витрати вальцьованого металу, великі експлуатаційні витрати, обумовлені необхідністю періодичного фарбування конструкції, і відносно менша довговічність порівняно із залізобетонними прогонними будовами.

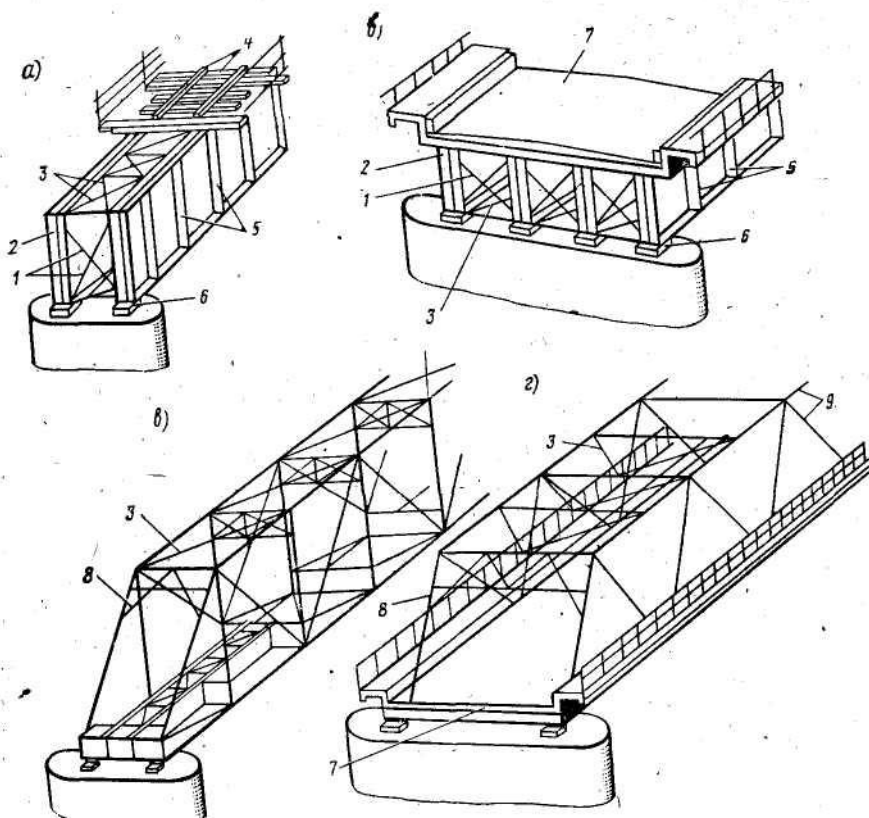


Рисунок 4.1 – Сталеві прогонні будови:

1 – поперечні зв'язки; 2 – головна балка; 3 – поздовжні зв'язки;
4 – мостове полотно; 5 – ребра жорсткості; 6 – опорні частини 7 – залізобетонна
плита проїжджої частини; 8 – порталне заповнення; 9 – головна ферма

Металеві прогонні будови залізничних мостів широко застосовують для перекриття прогонів 55–158 м завдовжки у вигляді балочно-розрізних наскрізних ферм, а для прогонів завдовжки 33–55 м – у вигляді розрізних балок із суцільною стінкою. Для автодорожніх мостів металеві прогонні будови різних статичних систем зазвичай застосовують при прогонах більше ніж 60 м.

Основними несучими конструкціями слугують головні балки із суцільною вертикальною стінкою або головні ферми, що складаються з окремих елементів (які працюють, як правило, на осьові зусилля), за винятком безрозкісних ферм і ферм із жорстким нижнім або верхнім поясом, елементи яких сприймають також і згинальні моменти. Можливе застосування наскрізних ферм при проїзді по верху і суцільних балок при проїзді по низу, але такі конструкції в сучасних мостах зустрічаються зрідка.

При проїзді по верху в одноколіїних залізничних прогонних будовах укладають дві головні балки, а в автодорожніх їх кількість визначають техніко-економічними розрахунками з урахуванням габариту проїзду, величини перекриття прогоном і інших чинників. При проїзді по низу прогонна будова, як правило, має дві головні ферми.

Головні балки і головні ферми (рис. 4.1) з'єднують поздовжніми і поперечними зв'язками, що забезпечують просторову незмінюваність і жорсткість прогонної будови, і сприймають горизонтальні поперечні навантаження. Мінімально необхідна одна система поздовжніх і поперечних зв'язок над опорами (рис. 4.1, а). Для збільшення жорсткості прогонної будови, забезпечення кращого опору до скручування і зменшення вільної довжини стиснутих елементів зазвичай додатково застосовують другу систему поздовжніх зв'язок, а також поперечні зв'язки не тільки над опорами, але й у прогоні. В автодорожніх об'єднаних прогонних будовах одну систему зв'язок зазвичай замінює залізобетонна плита (рис. 4.1, б) або суцільний сталевий лист, що слугує елементами конструкції проїзної частини. У прогонних будовах із проїздом по низу (рис. 4.1, в, г) опорні поперечні зв'язки влаштовують у вигляді порталного заповнення, обрис якого обирають з урахуванням габариту рухомого складу. Конструкція проїзної частини автодорожніх мостів із проїздом по верху при близько розташованих головних балках може спиратися безпосередньо на балки (рис. 4.1, б), а при великій відстані між головними балками або фермами (наприклад при їзді по низу) – на балки проїжджої

частини (рис. 4.1, г). Балки проїжджої частини необхідні при розташуванні головних балок (ферм) на відстанях більше ніж 4–5 м одна від одної.

Способи з'єднання металевих елементів

Для з'єднання елементів металевих конструкцій в сучасних мостах застосовують зварювання, заклепки і високоміцні болти.

Зварювання поширене на заводах з виготовлення елементів, застосовують його і в разі монтажу. Зварні з'єднання здійснюють переважно за допомогою автоматичного та напівавтоматичного електричного дугового зварювання із застосуванням сталевих електродів.

Зварні з'єднання поділяють на робочі, із передаванням зусиль, і зв'язувальні – для згуртування одночасно діючих речовин, які не передають один одному будь-яких зусиль. З'єднують зварюванням елементи у стик (рис. 4.2, а), навхлист (рис. 4.2, б, в) і з накладками.

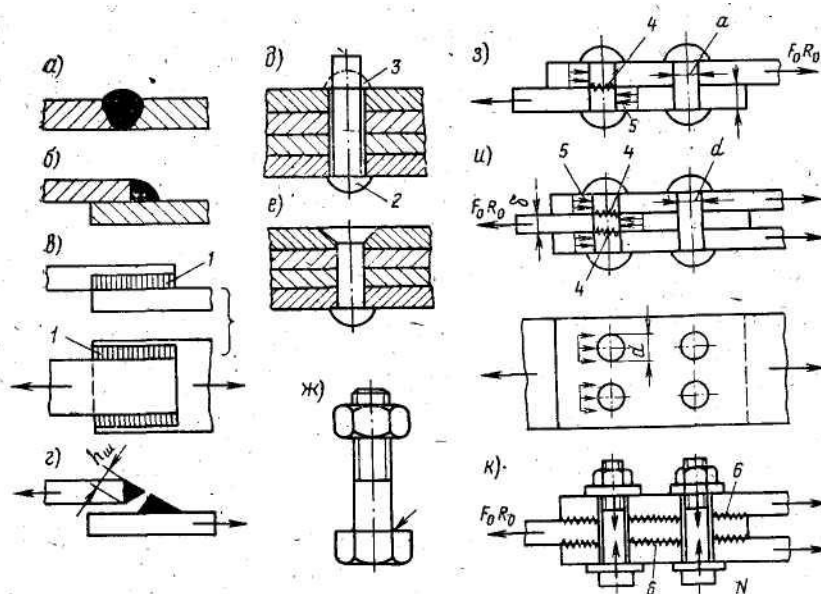


Рисунок 4.2 – Види з'єднань елементів металевих мостів:

- 1 – фланговий шов; 2 – закладна головка; 3 – замикаюча головка;
 4 – перетин, що працює на зріз; 5 – епюра напруженого зім'яття; 6 – площина контакту, що передає зусилля тертям

Заклепувальні з'єднання теж поділяють на робочі і зв'язувальні. Заклепка становить круглий стрижень з наштампованою на його одному кінці заставною

головкою (рис. 4.2, д). Нагріту до червоного заклепку вводять в отвір, притискають заставну головку підтримкою і розклепують виступаючу частину стрижня, утворюючи з нього замикаючу головку. При розклепуванні стрижень щільно заповнює отвір, а остигаючи, стягує сполучні елементи. У місцях, де не можна застосувати виступаючі головки, використовують заклепки з потайною головкою (рис. 4.2).

Високоміцні болти (рис. 4.2, ж) з термозміцненням сталі вставляють в отвір трохи більшого діаметра (на 2–3 мм), ніж стрижень болта і, натягуючи гайки, сильно стискають сполучувані елементи. Завдяки цьому зусилля, що діють на з'єднання, передаються шляхом тертя, що виникає між елементами (рис. 4.2, к).

Матеріал металевих мостів

Матеріалом елементів металевих мостів слугує вуглецева низьколегована сталь. Вуглецева сталь має порівняно невеликий вміст вуглецю (до 0,3 %). Збільшення вмісту вуглецю спричиняє підвищення міцності і межі течійності сталі, але збільшує її крихкість, трудомісткість обробки і погіршує можливості зварювання конструкції, тому в мостах застосовують сталі підвищеної якості, одержувані шляхом введення в них (легування) добавок, що збільшують міцність. З вуглецевих сталей для мостів застосовують метал з насічкою Ст3, призначену для клепаних конструкцій і М–16С – для зварних конструкцій. Із низьколегованих сталей найбільш використовувані 15ХСНД, 10ХСНД і 10Г2СД. Підвищення міцності сталі досягають шляхом термічної обробки в спеціальних печах.

Заклепки роблять з більш м'якої сталі марки Ст2, а високоміцні болти – із легованої термозміцненої сталі 40Х.

Для виготовлення елементів сталевих мостів зазвичай слугує вальцьована сталь. Для уніфікації застосовуваних профілів є стандартний сортамент вальцьованого металу.

Листова сталь слугує основним матеріалом для виготовлення мостових конструкцій.

Кутова сталь може бути з полицями однакової (рівнополичний куточок) або різної (нерівнополичний куточок) ширини.

Розрізняють такі двотаврові балки: звичайні з високою стінкою і неширокими полицями (рис. 4.3, в) і широкополичні (рис. 4.3, г), із значно більшою поперечною жорсткістю.

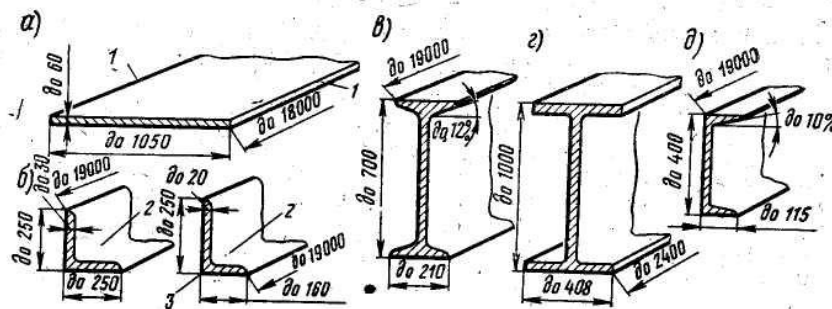


Рисунок 4.3 – Основні види прокатної сталі, що застосовується в мостах:
 1 – чиста бокова крайка універсальної сталі; 2 – окружність кутка;
 3 – обушок кутка

Конструкції прогонних будов із суцільною стінкою

Прогонні будови з клепаними суцільними балками з проїздом по верху (рис. 4.4) складаються з таких основних частин: головні балки; поздовжні зв'язки, розташовані в площині верхніх (і нижніх) поясів; поперечні зв'язки між головними балками, що розташовуються по кінцях (над опорами) і в прогоні опорних частин, на які спираються головні балки; мостове полотно.

Головні балки прогонної будови сприймають все навантаження (постійне і тимчасове), що діє на прогонну будову, і через опорні частини передають на опори тиск, що спричиняється цими навантаженнями. Поздовжні і поперечні (над опорами) зв'язки необхідні для утворення просторово незмінної жорсткої системи прогонної будови загалом. Поздовжні зв'язки в площині верхніх поясів (верхні зв'язки) необхідні завжди. Вони сприймають горизонтальні удари рухомого складу, що виникають при проходженні поїздів по мосту, а також бічний тиск вітру, що діє на поїзд, мостове полотно і головні балки, і передають тиск від цих навантажень поперечним зв'язкам, що розміщуються над опорами,

які, в свою чергу, передають його до опор моста. Крім того, верхні зв'язки необхідні для зменшення вільної довжини верхнього (стисненого) поясу. Якщо в площині нижніх поясів наявні нижні поздовжні зв'язки, то вони сприймають тільки половину бокового вітрового тиску, що діє на головні балки, і безпосередньо передають його до опор мосту. Оскільки нижні зв'язки зазнають значно менші навантаження порівняно з верхніми, то вони й облаштовуються слабкіше, ніж верхні, а в прогонних будовах із прогоном до 15 м і зовсім не влаштовуються.

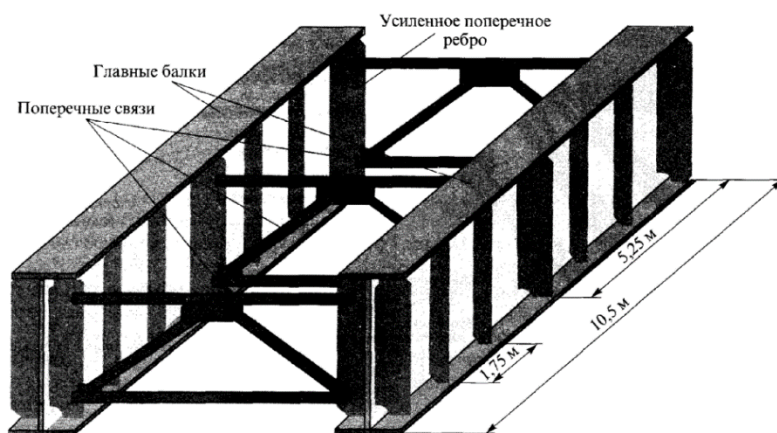


Рисунок 4.4 – Прогонні будови із суцільними балками

Головні балки зазвичай влаштовують із двотавровим перетином (рис. 4.5), вони складаються з вертикального листа (стінки) і двох поясів – верхнього і нижнього; до складу кожного поясу входять так звані поясні куточки із з'єднаннями на заклепках і горизонтальні листи.

Відстань між головними балками в прогонних будовах із проїздом по верху призначають від 1,8 м до 2,2 м (зрідка до 2,5 м) залежно від величини прогону і виходячи з умов забезпечення поперечної стійкості прогонної будови в разі дії на нього і на рухомий склад поперечно спрямованого вітру, а в мостах, розташованих на кривих, також і дії відцентрової сили на прогонну будову.

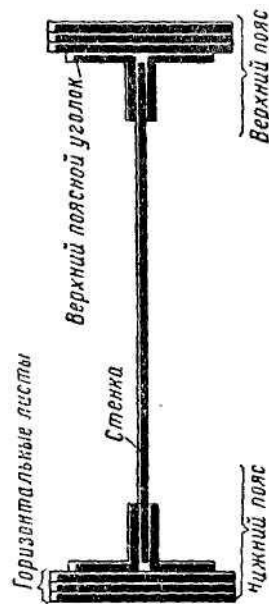


Рисунок 4.5 – Розріз головних балок прогонної будови

При відстані між головними балками до 2,5 м мостове полотно ще можна укласти безпосередньо на пояси головних балок, що дозволяє обходитися без будівництва балок проїжджої частини. Крім того, ширина опор мостів з такими прогонними будовами менша, ніж при проїзді по низу, що забезпечує істотну економію в обсязі мурування.

Висота вертикального листа головних балок в наявних прогонних будовах коливається в межах $\frac{1}{7} - \frac{1}{11}$ величини прогону і визначається з умов мінімальної ваги металу в балках при забезпеченні необхідної жорсткості, яка характеризується величиною прогину.

Останнім часом набувають поширення суцільні прогонні будови з залізобетонною проїжджою частиною, яка працює в поєднанні зі сталевими балками (рис. 4.6)

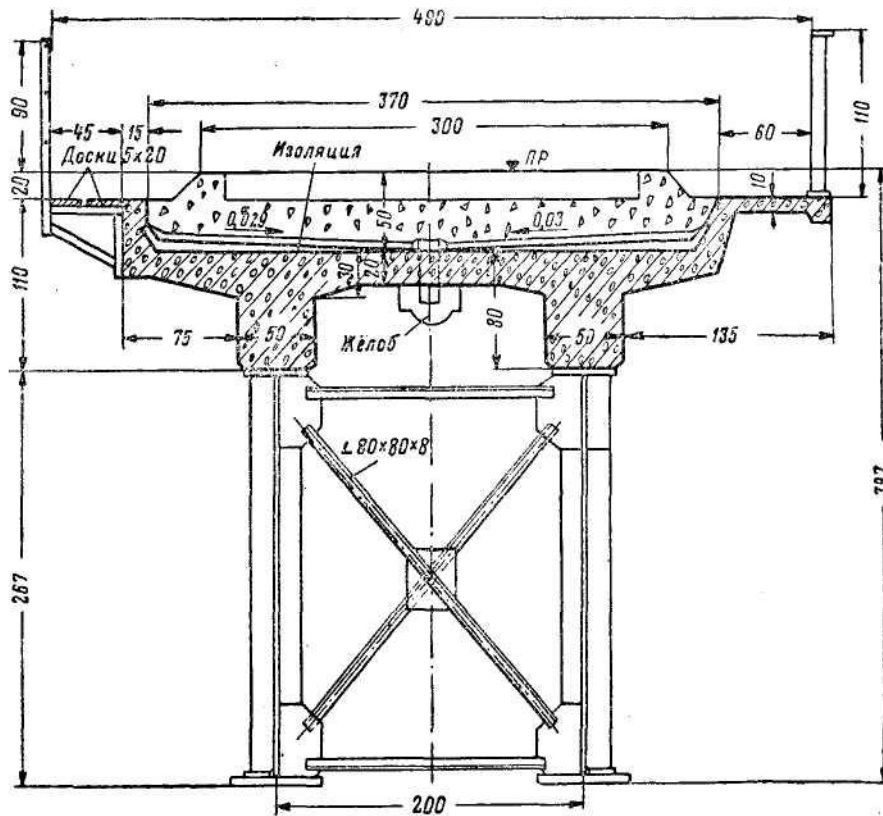


Рисунок 4.6 – Поперечний розріз прогонної будови із залізобетонною проїжджою частиною

Прогонні будови із наскрізними фермами

При великих прогонах балка з улаштуванням стає важчою: що більший прогін, то більшою має бути висота балки і то більше витрачається металу на вертикальні листи, стики, куточки жорсткості. Отже, при великих прогонах головних балок суцільні вертикальні листи (стінки), що зв'язують пояси, замінюють «ґратами», тобто розкосами, стояками тощо. В результаті такої заміни отримують «наскрізні» головні балки, що називаються фермами, які при великих прогонах (у нових мостах понад 30 м) легші за балки із суцільними стінками.

Прогонні будови з наскрізними фермами розрізняються за обрисами поясів, за системою решітки головних ферм і за конструкцією.

Прогонна будова з наскрізними головними фермами (рис. 4.7) при проїзді по низу складається з частин, з'єднаних в просторову незмінну систему: двох головних ферм; поздовжніх і поперечних балок проїзної частини; поздовжніх і поперечних зв'язок між головними фермами; опорних частин.

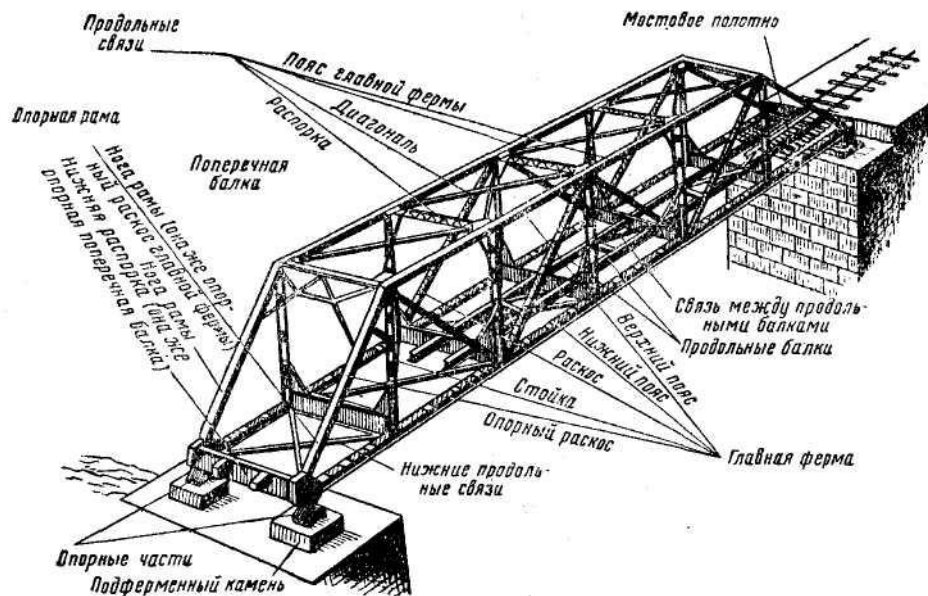


Рисунок 4.7 – Частини прогонної будови з наскрізними фермами

Головні ферми є основною несучою конструкцією, що сприймає через проїжджу частину навантаження і передавальної їх на опори моста.

До складу головних ферм входять: верхні і нижні пояси і решітки ферм із розкосин, стояків, підвісок. Залежно від системи головних ферм в решітку можуть входити або всі перелічені елементи або їх частина, але обов'язково з розкосинами.

У прогонній будові розрізняють такі основні геометричні розміри:

- розрахунковий прогін – відстань між центрами опорних частин;
- розрахункова висота – відстань між центрами тяжіння перерізів верхнього і нижнього поясів;
- довжина панелі – відстань між двома суміжними вузлами головних ферм;
- розрахункова ширина – відстань між осями головних ферм;
- будівельна висота – відстань від підшови рейок до низу конструкції прогонної будови, а також до низу опорних частин.

Істотна відмінність ферм з наскрізною решіткою від суцільних балок полягає в тому, що при будь-яких вертикальних навантаженнях всі елементи наскрізних ферм працюють тільки на стиск або на розтягнення.

Питання для самоконтролю

1. Перелічіть види сталевих прогонних будов.
2. Перелічіть види з'єднань елементів металевих мостів.
3. Назвіть основні види вальцьованої сталі, що застосовуються в мостах.
4. Опишіть прогонні будови із суцільними балками.
5. Перелічіть прогонні будови з наскрізними фермами.

ТЕМА 5 КОНСТРУКЦІЇ ОПОР МОСТІВ

Загальні відомості

Опори слугують для передачі навантаження від прогонних будов на ґрунт основи. Крім того, вони тяжіють до впливу низки інших навантажень, які необхідно враховувати.

Від міцності опор значною мірою залежать міцність і довговічність мосту загалом. Вартість опор залізничних мостів (із фундаментами) може перевищувати 50 % загальної вартості мосту. Будівництво опор зазвичай трудомісткий процес і потребує багато часу, тому конструкція опор повинна бути економною і відповідати вимогам промислових методів будівництва мосту.

Розрізняють проміжні опори (бики) і кінцеві (підвалини). При проєктуванні проміжних опор, які зазвичай розташовують у руслах та заплавах річок, необхідно враховувати водний і льодовий режими річки, від яких залежить вибір форми підводної частини опор. Проміжна опора повинна протистояти тиску крижаних полів і ударам окремих крижин під час льодоходу.

Стояки, окрім прямого призначення – сприйняття навантаження від прогону, використовуються як підпірні стінки для насипу земляного полотна. При проєктуванні кінцевих опор необхідно забезпечити поступовий перехід (м'який в'їзд) від малої жорсткості земляного полотна до більш жорсткої конструкції мосту, унеможлививши просідання колії безпосередньо перед підвалиною.

Конструкція опор може бути масивною і полегшеною. Для залізничних мостів застосовують здебільшого масивні конструкції. У шляхопроводах поширені опори полегшеного типу, що виконуються із залізобетону.

За способом зведення розрізняють монолітні, збірно-монолітні і збірні конструкції опор.

В сучасних умовах поверхні опор великих мостів облицьовують каменем тільки на річках з важким льодоходом (при товщі льоду понад 0,5 м). У цих випадках облицювання виконується з природного морозостійкого каменю міцністю не нижче 600 кгс/см^2 , а при потужному льодоході або наявності стираючих наносів – не нижче $1\ 000 \text{ кгс/см}^2$. Допускається застосування облицювання зі штучних каменів – литого каменю і бетонних блоків марки за міцністю не нижче 400 і за морозостійкістю не нижче Мрз300.

Проміжні опори (бики)

Проміжні опори балочних мостів (рис. 5.1) зазвичай складаються з трьох основних частин: фундаменту, тіла опори і оголовка, до складу якого входить підферменна плита і армований майданчик для встановлення опорних частин (підферменних). Для деяких конструкцій фундамент і тіло опори конструктивно не розділяються, продовження тіла опори (оболонка, паля) одночасно слугує фундаментом.

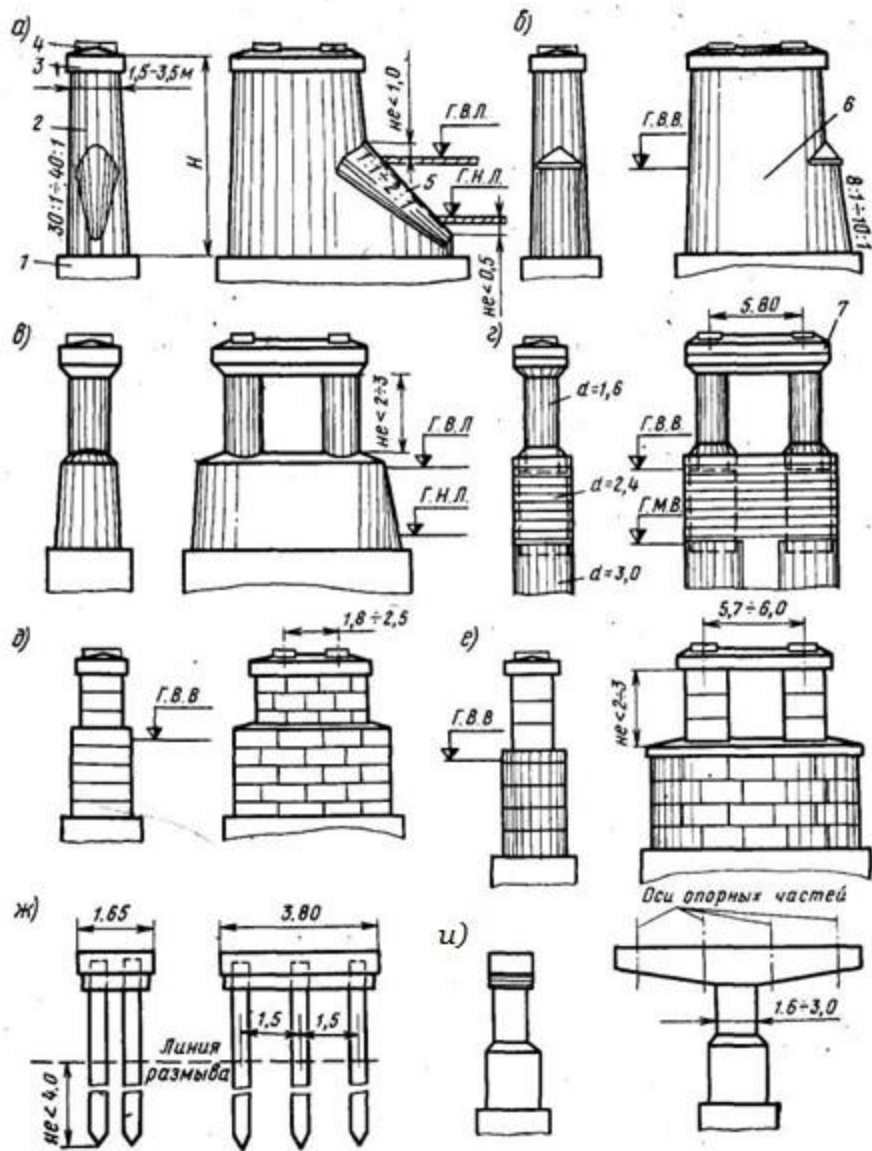


Рисунок 5.1 – Проміжні опори балочних мостів:

а – опора з льодорізом; б – опора з водорізом; в – опора з полегшеною верхньою конструкцією; г – стовпчаста опора; д, е – збірні опори із пустотілих блоків; ж – опора пальово-естакадного мосту; и – одностовпчаста опора;
 1 – фундамент; 2 – тіло опори; 3 – підфермена плита; 4 – опорний майданчик;
 5 – льодоріз; 6 – водоріз; 7 – ригель

На тепер зазвичай застосовують конструкції збірних опор. Прикладом такої промислової конструкції може слугувати стовпчаста опора, складена з центрифугованих оболонок різних діаметрів. Маса ланки таких оболонок досягає 25 т. Такі опори мають телескопічну форму (складаються з оболонок різних розмірів: $d = 1,6-2,4-3,0$ м). У межах горизонтів паводкових вод

оболонки заповнюють бетоном або гідрофобним піском і об'єднують улаштуванням. Оголовком опори слугує залізобетонний ригель.

Збірна конструкція з пустотілих блоків розроблена в типових проєктах широко застосовується при будівництві мостів. Порожнини, утворені контурними блоками, доцільно заповнювати спеціальними бетонними блоками з низьких марок бетону. Для широких прогонних будов доцільно застосовувати полегшені конструкції верху опори, що також виконується з контурних блоків.

На невеликих річках з товщиною льоду до 0,3 м і суходолах застосовують пальово-естакадні мости з невеликими прогонами. Опора таких мостів складається із залізобетонних паль з укладеними на них насадками. По фасаду такі опори можуть бути однорядними і дворядними, для залізничних мостів зазвичай використовується дворядне розташування. Палі забивають у ґрунт на глибину не менше 4 м від лінії розмиву. Висота таких опор визначається довжиною паль і не перевищує 5–6 м. Різновидом опор є стійкі опори, в яких у надземній частини палі замінені стояками, закріпленими у фундамент.

Для автодорожніх мостів характерне застосування одностовпчастих опор, які обмежують проїзд під шляхопроводом або русло річки. Оголовком опори слугує потужний залізобетонний ригель, на який спираються балки прогонної будови. Такі опори можуть бути використані і для залізничних мостів. Залізобетонні конструкції опор дуже перспективні і їх впровадження може забезпечити значну економію матеріалів і трудовитрат.

Кінцеві опори (стояки)

Висота баластного шару верхньої будови колії на підходах до мостів приймається на лініях I і II категорій 90 см, на лініях III категорії – 75 см.

Насип на підході біля мосту закінчується конусом (укіс в сторону крайнього прогону). Для забезпечення стійкості укосини повинні мати ухили не крутіше 1 : 1,25.

Ширина стояка поверху визначається розміром мостового полотна, наприклад, для одноколійних залізничних мостів приймається 5,32 м і розраховується в світлі між поручнями перил.

Для балочних прогонних будовах у старих мостах зазвичай застосовували стояки зі зворотними стінками (рис. 5.2, а). Вони мають фундамент, зворотню стінку, шафову стінку, підферменну плиту, передню стінку і дренажний пристрій, що забезпечує відведення води з простору між зворотними стінками. За допомогою пристрою зворотних стінок значно скорочується обсяг мурування стояка, однак під час експлуатації стояків цього типу було виявлено багато тріщин у зворотних стінках внаслідок розпирального горизонтального тиску через засипання ґрунту між ними.

У наш час застосовують масивні стояки інших типів. До таких конструкцій належать вузькі стояки з консолями (рис. 5.2, б). Ширина стояка в цьому випадку визначається розміром підферменного майданчика. Розмір верхньої частини стояка забезпечується влаштуванням залізобетонних консолей.

У розглянутих типах стояків основа конуса не виходить за межі передньої грані, їх називають необсипними. Вони застосовуються у невеликих спорудах при висоті насипу до 5–6 м.

Для великих і середніх мостів при висоті насипу більше ніж 5–6 м застосовують обсипний стояки, у яких конус розміщується в крайньому прогоні мосту. Обсипні стояки складаються з фундаменту, тіла стояка, шафогого верстату, підферменої плити і залізобетонних крил для з'єднання стояків із земляним полотном.

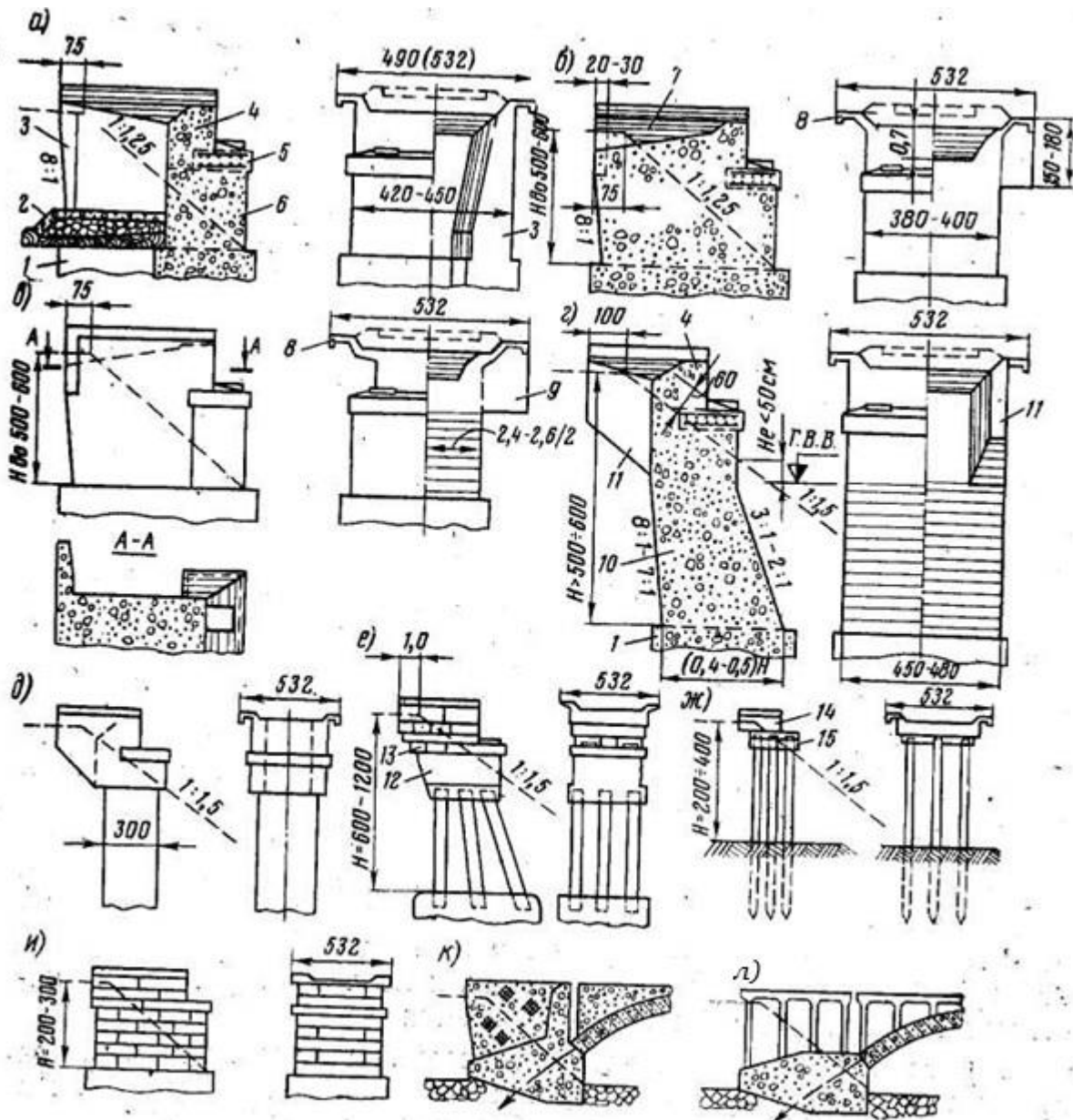


Рисунок 5.2 – Кінцеві опори мостів:

- а – стояк з обраними стінками; б – вузький стояк із консолями; в – тавровий стояк; г – обсіпний стояк; д – стояк із залізобетонної оболонки; е – козловий стояк; ж – пальовий стояк; и – блочний стояк; к, л – стояк арочного мосту; 1 – фундамент; 2 – дренаж; 3 – зворотна стінка; 4 – шафна стінка; 5 – підфермена плита; 6 – передня стінка; 7 – м'який в'їзд; 8 – тротуарний консоль; 9 – поперечна стінка; 10 – тіло стояка; 11 – залізобетонне крило; 12 – ростверк; 13 – бетонні блоки; 14 – оголовок; 15 – ростверк

Значне зменшення обсягу мурування досягається в полегшених збірних обсіпних стояках козлового типу з вертикальних і похилих частин. Оголовок стояка складається з ростверку, виконаного з монолітного армованого бетону і з бетонних блоків. Замість збірного мурування блоків можна застосувати

монолітний бетон, як стояки використовують залізобетонні оболонки ($d = 60$ см), а при висоті насипу до 8 м – стояки з прямокутним перетином $35 \text{ см} \times 35 \text{ см}$. Замість стоякової конструкції застосовують аналогічні пальові стояки.

Приклади деяких збірних конструкцій стояків, призначених під один залізничний шлях, наведені на рисунку 5.3. Масивний збірний стояк запроєктований під прогонні будови ($l = 16,5 - 34,2$ м) для висот насипів від 6 м до 15 м. Стояки будують із залізобетонних Г-подібних блоків масою до 2,7 т з наступним заповненням монолітним бетоном.

Рамний стояк призначений для прогонної будови заввишки 16,5 м і висоти насипу 8–10 м.

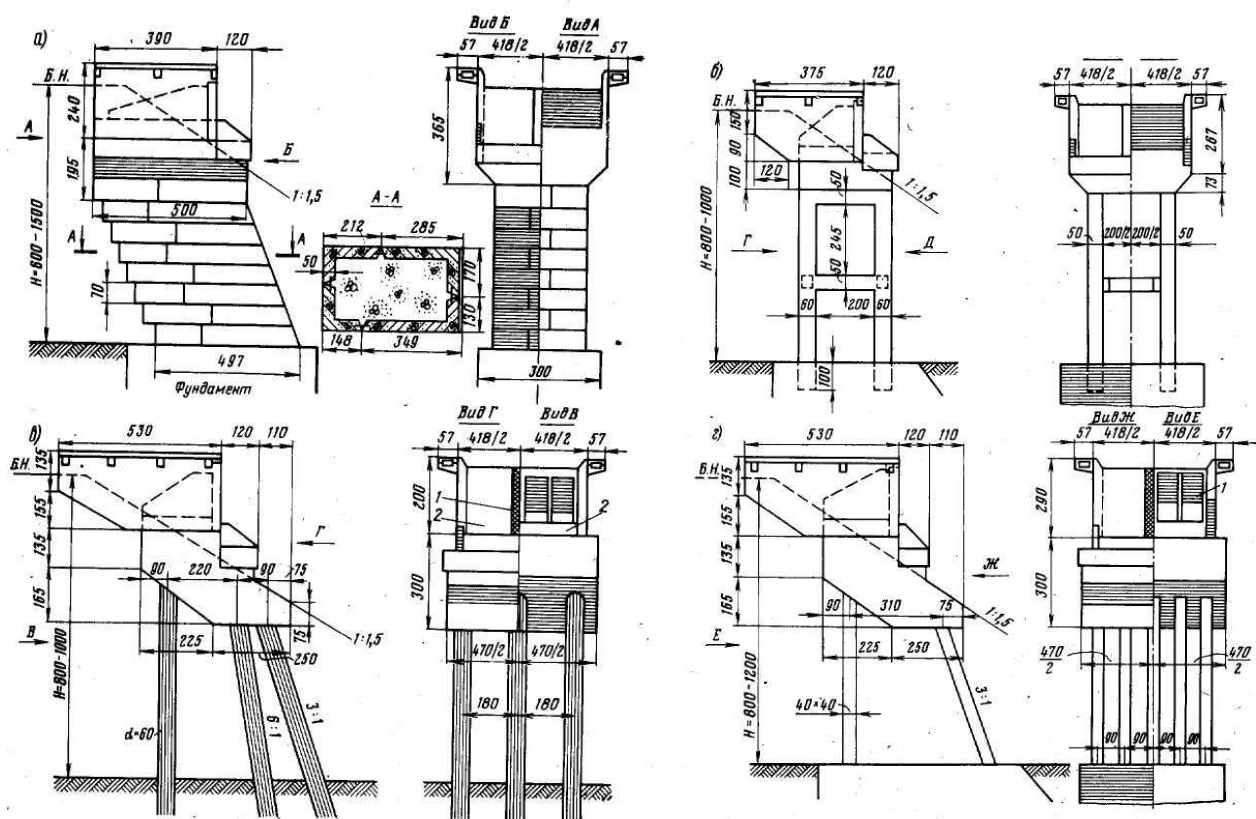


Рисунок 5.3 – Конструкції збірних стояків:

- а – масивний стояк; б – рамний стояк; в – пальовий стояк;
- г – ускладнений стояк; 1 – монтажний стик блоків; 2 – блоки

Пальовий стояк із залізобетонних центрифугованих паль-оболонок діаметром 60 см призначений для прогонів 16,5–34,2 м, а на призматичних палях 35 м × 35 м і 40 м × 40 м для прогонів 16,5–18,7 м, при висоті насипу 8–10 м. Ускладнений стояк призначений для прогонів 16,5–34,2 м при висоті насипу 8–12 м.

Питання для самоконтролю

1. Подайте визначення та наведіть класифікацію стояків.
2. Які види опор ви знаєте та чим вони відрізняються?
3. Опишіть проміжну опору балочних мостів.
4. Назвіть складові кінцевих опор мостів.
5. Перелічіть структурні елементи конструкції збірних стояків.

ТЕМА 6 ОЦІНКА ВАНТАЖОПІДЙОМНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПРОГІННИХ СПОРУД

Допустиме тимчасове навантаження i клас i -того (зовнішня консоль, внутрішня консоль, монолітна ділянка, головна балка, головна плита) елемента за j -тим обмеженням (міцність поперечних перерізів, міцність похилих перерізів, витривалість бетону тощо) визначаються одним із трьох способів:

- 1) спосіб порівняння параметрів експлуатованої прогонної будови з параметрами типового проєкту;
- 2) спосіб класифікації за опалубними і арматурними кресленнями;
- 3) спосіб зіставлення норм проєктування експлуатованої прогонної будови з сучасними нормами.

Допустиме тимчасове навантаження k визначається в одиницях еталонного навантаження k_{et} з урахуванням відповідного динамічного коефіцієнта $(1 + \mu)$. Кількість одиниць еталонного навантаження i є класом елемента прогонної будови за вантажопідйомністю і визначається за формулою

$$K = \frac{\varphi k}{k_{et}(1+\mu)^l}, \quad (6.1)$$

де φ – коефіцієнт уніфікації результатів класифікації головних балок металевих і залізобетонних прогонних будов, визначається за формулою

$$\varphi = \frac{1+21/(30+l_p)}{1+27/(30+l_p)}. \quad (6.2)$$

Значення k і k_{et} визначаються для однієї і тієї самої лінії впливу залежно від її довжини λ і положення вершини α .

Клас прогонної будови приймається за найменшим із класів її елементів.

Еталонним навантаженням k_{et} вважається тимчасове вертикальне еквівалентне навантаження Н1.

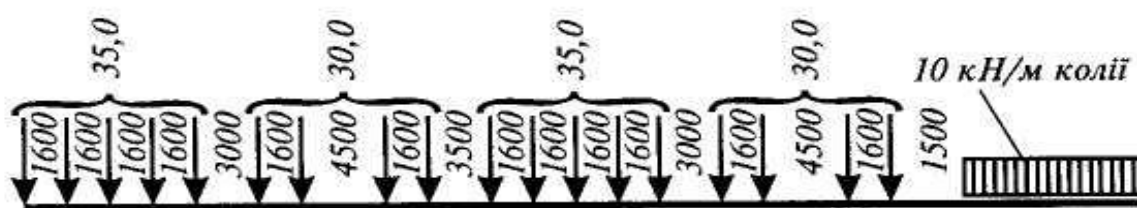


Рисунок 6.1 – Схема еталонного навантаження Н1

Допустиме тимчасове навантаження і клас визначаються для головної балки (плити) на опорній частині, всередині прогону і на відстані від опорної частини до плити баластового корита для зовнішньої консолі, внутрішньої консолі і для монолітної ділянки. Для перетинів плити баластового корита прийняті відповідні розрахункові схеми (рис. 6.2–6.4).

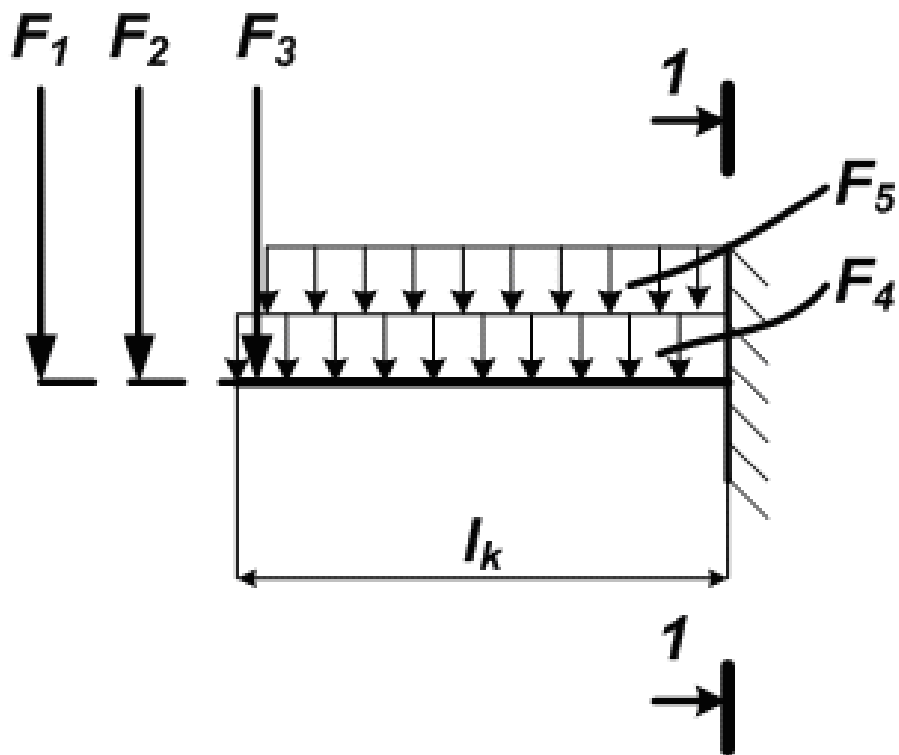


Рисунок 6.2 – Зовнішня консоль

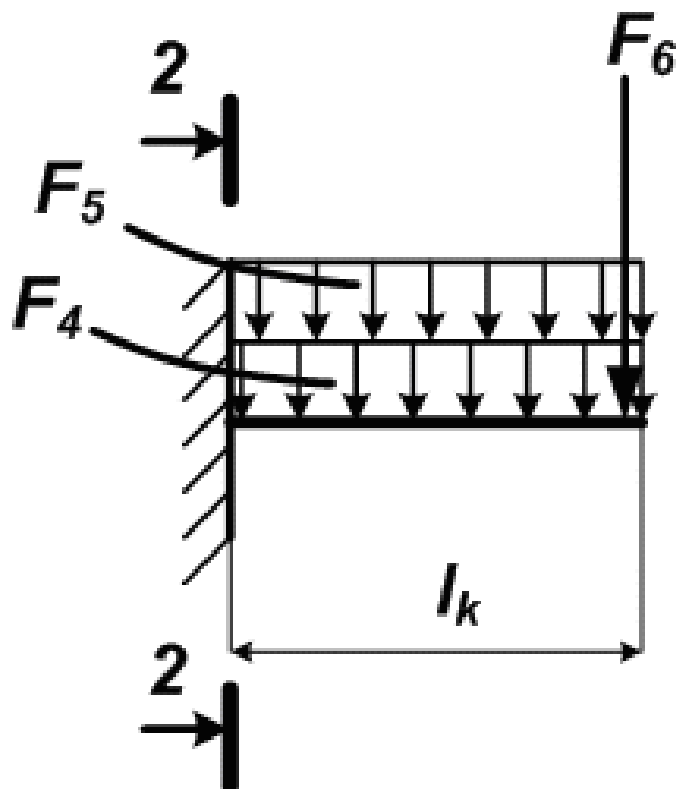


Рисунок 6.3 – Внутрішня консоль

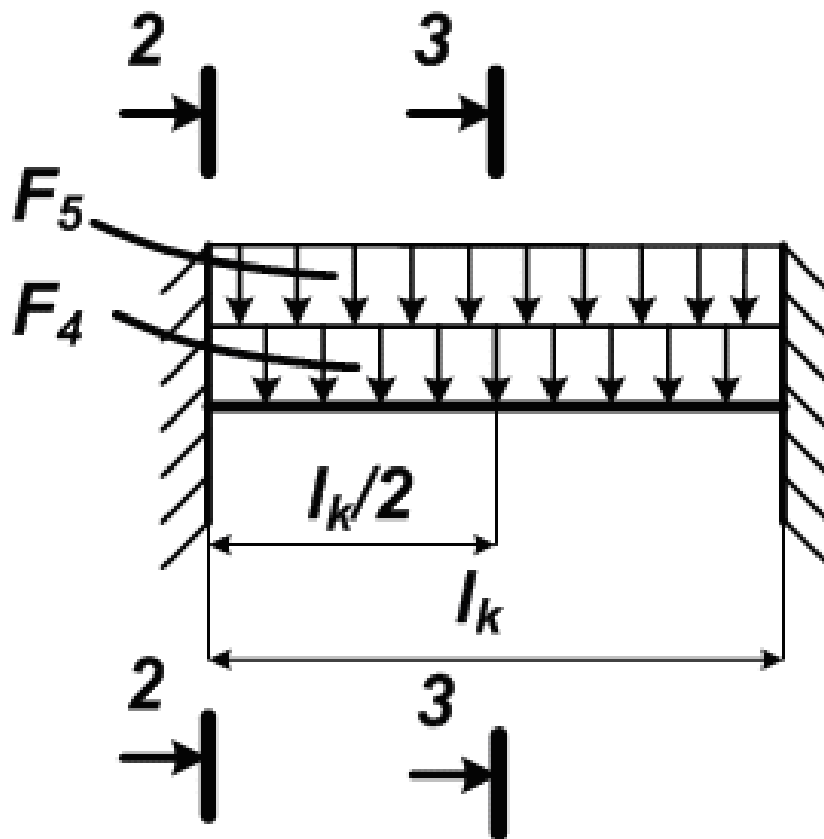


Рисунок 6.4 – Монолітна дільниця:

F_1 – навантаження від ваги та перил; F_2 – навантаження від ваги тротуару з консолями; F_3 – навантаження від ваги зовнішнього бортика баластового корита; F_4 – навантаження від ваги плити баластового корита; F_5 – навантаження від ваги баласту з частинами шляху; F_6 – навантаження від ваги внутрішнього бортика баластового корита

Спосіб порівняння параметрів

Параметри експлуатованої прогонної будови порівнюються з параметрами прогонних будов, наведених у «Правилах визначення вантажопідйомності балочних залізобетонних прогонних будов залізничних мостів». У цьому керівництві (дод. Б) наведено параметри 95-ти типових прогонних будов зі звичайного залізобетону, а в додатку В – параметри 26-ти типових попередньо напружених прогонних будов. Для попередньо напружених прогонних будов наведені класи з обмеженням міцності поперечних і похилих перерізів. Для прогонних будов зі звичайного залізобетону класи визначені тільки за обмеженням міцності поперечних перерізів.

Клас за вантажопідйомним способом порівняння параметрів визначається в такій послідовності:

1. Порівнюються всі розміри експлуатованої і типової прогонних будов. Якщо розміри збігаються, виконується друга дія.

2. Визначається діаметр робочої поздовжньої арматури і положення робочої арматури. Якщо діаметри співпадають, виконується третя дія.

3. Визначається ексцентриситет осі шляху щодо осі прогонної будови. Якщо ці параметри співпадають, виконується четверта дія.

4. Вимірюється товщина баласту під шпалою. Якщо ці параметри співпадають, то як клас експлуатованої прогонної будови приймається клас типового проєкту:

$$K_{екс} = K_{мп.} \quad (6.3)$$

Якщо параметри не співпадають, то клас перераховується за наближеними формулами.

Якщо ексцентриситет змінюється від одного значення до іншого, то для плити баластового корита і головної балки використовують такі формули:

1) плита баластного корита:

– зовнішня консоль:

$$P_m \rightarrow K = \frac{\alpha_e}{\alpha_m \times \alpha_\Delta^2} \times K_{III}, \quad (6.4)$$

– внутрішня консоль і монолітна ділянка плити:

$$P_Q \rightarrow K = \frac{\alpha_e}{\alpha_Q} \times K_{III}, \quad (6.5)$$

$$P_m \rightarrow K = \frac{\alpha_e}{\alpha_m} \times K_{III}; \quad (6.6)$$

2) головна балка:

$$P_m \rightarrow K = \alpha_1 \times K_{III}, \quad (6.7)$$

$$P_m \rightarrow K = \alpha_1 \times K_{III}.$$

У цих формулах коефіцієнти розраховуються так:

$$\alpha_e = \frac{e_0}{e} \quad \alpha_1 = \frac{\varepsilon_{M_0}}{\varepsilon_m} \quad (6.8)$$

$$\alpha_M = \frac{\eta_{M_0}}{\eta_M} \qquad \alpha_2 = \frac{\varepsilon_{Q_0}}{\varepsilon_Q} \qquad (6.9)$$

Клас вантажопідйомності за опалубним та арматурним кресленнями визначають за формулами

$$\alpha_Q = \frac{\eta_{Q_0}}{\eta_Q} \qquad \alpha_\Delta = \frac{\Delta_0 - z}{\Delta - z} \cdot \qquad (6.10)$$

Порядок визначення класу вантажопідйомності

1. Встановлення параметрів конструкції за опалубними і арматурними кресленнями. Дефекти і пошкодження.
2. Призначення розрахункової схеми елемента.
3. Обчислення нормативних навантажень і еталонних коефіцієнтів.
4. Визначення допустимого вертикального тимчасового навантаження (vіJ).
5. Обчислення класу елемента за кожним обмеженням.

Особливості обмежень за групами граничних станів визначають в такому порядку:

- 1) обмеження І групи граничних станів:
– міцність поперечних перерізів (Π_M):

$$M_{\max} \leq M_u, \qquad (6.11)$$

де M_{\max} – максимальне значення згинального моменту від розрахункових навантажень;

M_u – граничне значення згинального моменту (рівнодіючий момент від внутрішніх сил) (рис. 6.5).

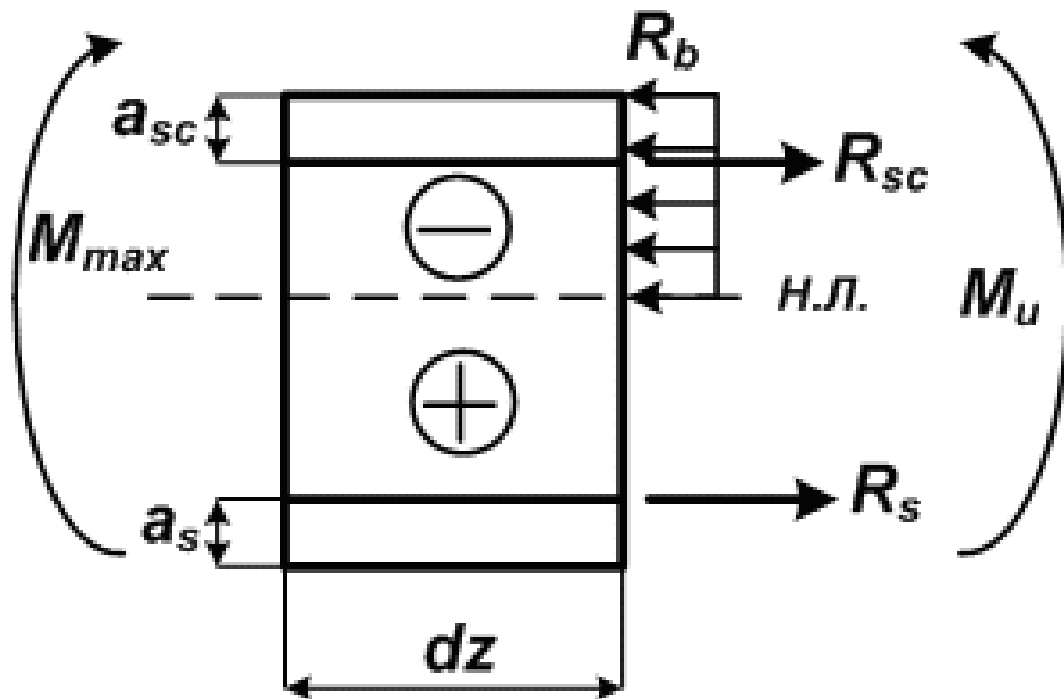


Рисунок 6.5 – Стискувальні і розтягувальні напруження (приймаються рівними граничним розрахунковим опорам)

Міцність похилих розрізів (Π_Q)

$$Q_1 \leq Q_{u1} \quad (6.12)$$

$$Q_{\max} \leq Q_u \quad (6.13)$$

$$M_i \leq M_{ui6}, \quad (6.14)$$

де R_s , R_{si} , R_{sw} , R_{sc} – розрахункові опори поздовжньої розтягнутої, відігнутої, поперечної і стиснутої арматури відповідно;

Q_b – поперечна сила, що сприймається стисненим бетоном.

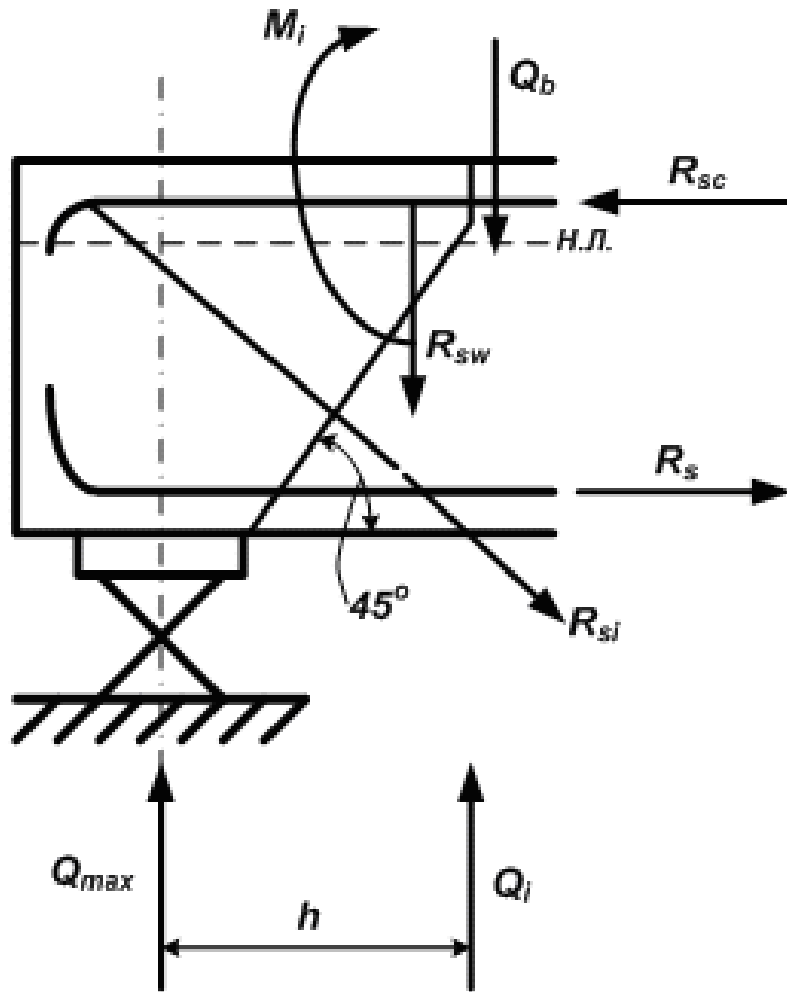


Рисунок 6.6 – Стискувальні і розтягувальні напруження (приймаються рівними граничним розрахунковим опорам)

Перший і другий рисунки належать до III стадії напружено-деформованого стану залізобетонного елемента (момент перед руйнуванням).

Витривалість бетону V_b

$$\sigma_{bmax} \leq R_{bf}, \quad (6.15)$$

де σ_{bmax} – максимальне значення напруження в бетоні;

R_{bf} – розрахунковий опір бетону за витривалістю.

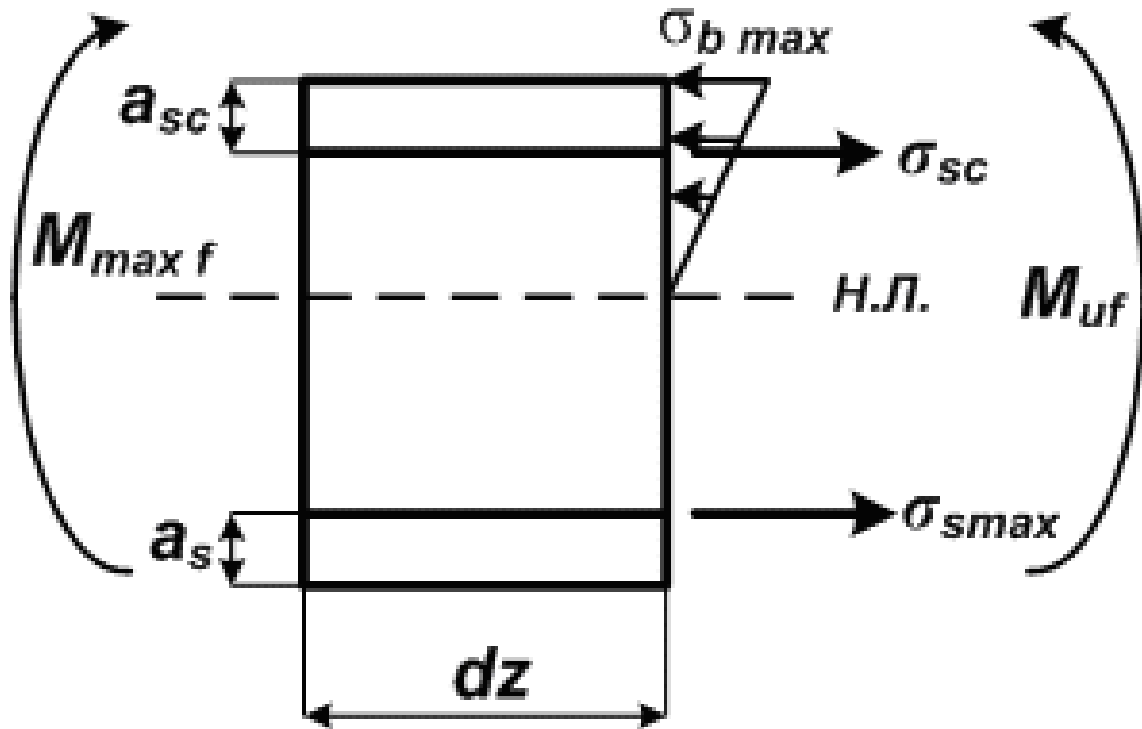


Рисунок 6.7 – Обмеження II групи граничних станів

Обмеження II групи граничних станів діляться на II стадії:

I – стадія напружено-деформованого стану на утворення тріщин.

II – стадія напружено-деформованого стану (стадія розкриття тріщин).

Другий – це граничний стан, при якому конструкція не задовольняє нормальні умови експлуатації.

Стійкість утворення тріщин T_{fcr}

$$\sigma_{bc \max} \leq R_{bmc2}, \quad (6.16)$$

де $\sigma_{bc \max}$ – напруга в бетоні стиснутої зони, максимальне значення від нормативних навантажень;

R_{bmc2} – розрахунковий опір бетону в обмеженні утворення тріщин ($mc2$ позначає мікротріщини в стадії експлуатації);

R_{bt} – розрахунковий опір бетону по розтягуванню.

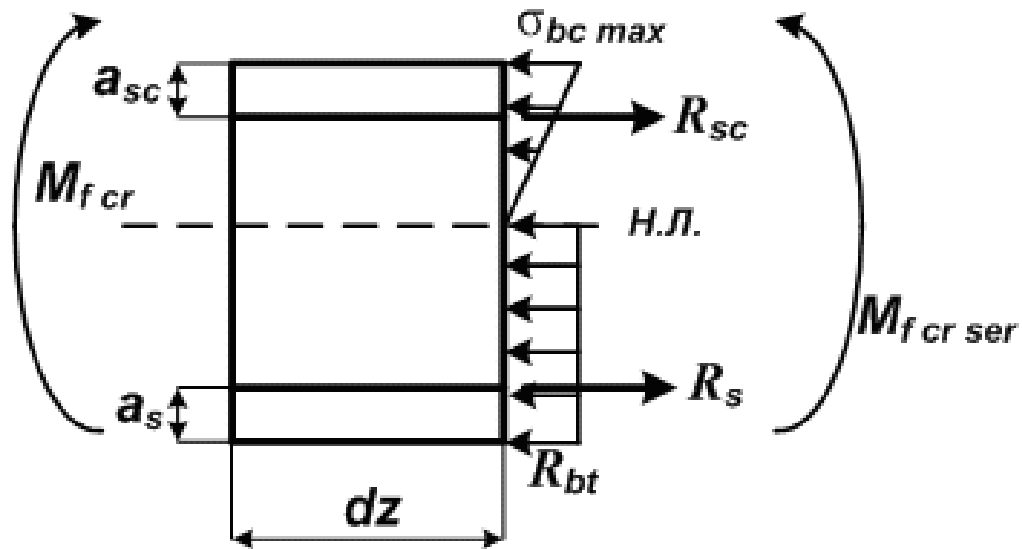


Рисунок 6.8 – Визначення витривалості бетону

Стійкість розкриття поперечних тріщин T_{cr}

$$\Delta_{ск\ max} \leq \Delta_{sercr} . \quad (6.17)$$

Стійкість розкриття похилих тріщин $T_{cr,i}$

$$\Delta_{ски\ max} \leq \Delta_{sercr} . \quad (6.18)$$

Обмеження жорсткості (Ж)

$$\Delta_{max} \leq \Delta_{ser} . \quad (6.19)$$

Клас за вантажопідйомністю шляхом співставлення норм проектування встановлюють так:

1. Визначають параметри конструкції за опалубними й арматурними кресленнями, а також дефекти та пошкодження.
2. Обирають розрахункову схему елемента.
3. Обчислюють нормативні навантаження і еталонні коефіцієнти:
 - коефіцієнти надійності додаткові:

R_a – розрахунковий супротив за попередніми нормами;

R_s – розрахунковий супротив за новими нормами;

– використовують наведений коефіцієнт відносної зміни площі перерізу арматури:

$$I = \frac{A_{si}}{A_s} \quad A_{si} = n_s \times \overline{a_s} - \sum_{i=1}^{n_1} \overline{a_i} - n_2 \times \overline{a_s} \quad (6.20)$$

де n_s – проєктна кількість робочих стержнів арматури;

a_s – площа поперечного перерізу одного стержня, пошкодженого корозією;

a_i – площа поперечного перерізу одного стержня;

n_1 – кількість кородованих стержнів;

n_2 – кількість стержнів, що втратили зчеплення з бетоном.

Визначають клас тимчасового навантаження (K_H), на який розраховується прогонна будова.

4. Визначають допустиме вертикальне тимчасове навантаження (v_{ij}).

5. Обчислюють клас цього елемента за кожним обмеженням.

Питання для самоконтролю

1. Визначте допустиме тимчасове навантаження.
2. З чим порівнюють параметри експлуатованої прогонної будови?
3. У якій послідовності визначається клас за вантажопідйомним способом порівняння параметрів?
4. Назвіть особливості обмежень за групами граничних станів?
5. На які стадії діляться обмеження II групи граничних станів?

ТЕМА 7 КОНСТРУКЦІЇ ОПОРНИХ ЧАСТИН МОСТІВ, ЕКСПЛУАТАЦІЙНЕ ОБЛАШТУВАННЯ НА МОСТАХ

Призначення опорних частин і їх розміщення

Опорні частини мостів залежно від покладених на них функцій поділяються на рухомі й нерухомі.

Конструкції рухомих опорних частин мають задовольняти такі вимоги:

а) забезпечувати вільне поздовжнє переміщення опорного перетину прогону, обумовлене деформацією від навантаження й температурних впливів;

б) забезпечувати безперешкодний поворот опорного перерізу прогонної будови на кут α , що виникає від вигину прогонної будови;

в) перешкоджати зміщенню прогонної будови в поперечному щодо осі моста напрямку. У широких мостах потрібно застосовувати опорні частини іншого типу, що забезпечують безперешкодну деформацію прогонної будови не тільки в поздовжньому, а й у поперечному напрямку;

г) передавати зосереджений опорний тиск прогонної будови на опору, розподіляючи його на певний опорний майданчик.

Конструкції нерухомих опорних частин повинні забезпечувати вимоги пунктів б), в), г), передбачені для рухомих опорних частин і, крім того, фіксувати прогонну будову на опорі.

У залізничних балочних мостах в межах одного прогону достатньо встановити на одному кінці дві нерухомі, а на іншому – дві рухомі опорні частини. До того ж необхідно убезпечити кінці прогонних будов від поперечних переміщень.

У багатопрогонних розрізних мостах на проміжних опорах зазвичай встановлюють різнойменні опорні частини. В окремих випадках для розвантаження вищих опор від дії горизонтальних зусиль на одній з опор можна розташовувати тільки рухливі опорні частини.

Види опорних частин

Опорні частини виготовляють з різних матеріалів: сталі, залізобетону, гуми тощо. З метою зменшення сил тертя в сучасних опорних частинах широко використовують фторопласт та інші синтетичні матеріали.

Для розрізних плитних прогонних будов до 9 м включно допускається влаштування плоских опорних частин (рис. 7.1, а) зі сталевих листів не менше 20 мм завдовжки.

Для розрізних балочних прогонних будов із прогоном від 9 до 18 м, а також для нерозрізних прогонних будов із прогоном до 18 м застосовують сталеві опорні частини тангенціального типу (рис. 7.1, б), що складаються з двох сталевих плит – балансирів. Верхній балансир – плоский, а нижній – із циліндричною поверхнею дотику. Між балансирами встановлюють штирі.

Для обпирання залізобетонних прогонних будов понад 18 м завдовжки і металевих понад 25 м завдовжки використовують каткові опорні частини (рис. 7.1, в). Залежно від опорної реакції кількість ковзанок може змінюватися від одного до чотирьох. Діаметр ковзанок зазвичай становить 100–200 мм. Прості однокаткові опорні частини складаються з двох плоских подушок і циліндричного катка між ними. Наявність катка одночасно забезпечує шарнірність і поздовжню рухливість.

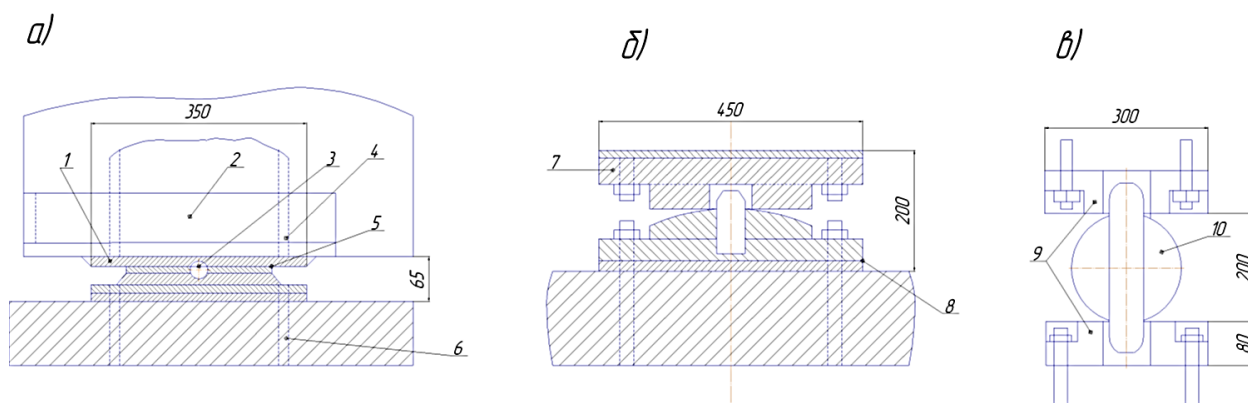


Рисунок 7.1 – Опорні частини для малих прогонних будов:

а – плоскі; б – тангенціальні; в – каткові; 1 – опорний лист; 2 – металева коробка; 3 – штир; 4 – середній і нижній опорні листи; 5 – азбестова прокладка; 6 – анкер; 7 – верхній балансир; 8 – нижній балансир; 9 – плоскі подушки; 10 – каток

При великому опорному тиску застосовують рухливі опорні частини з двома (рис. 7.2, а) або більше (рис. 7.2, г) катками. У цьому випадку поворот опорного перерізу забезпечується конструкцією верхнього балансира, що складається з двох плит, між якими розташована вкладка з циліндричною поверхнею. Розміри катків приймають стандартними – діаметр 120 і 200 мм.

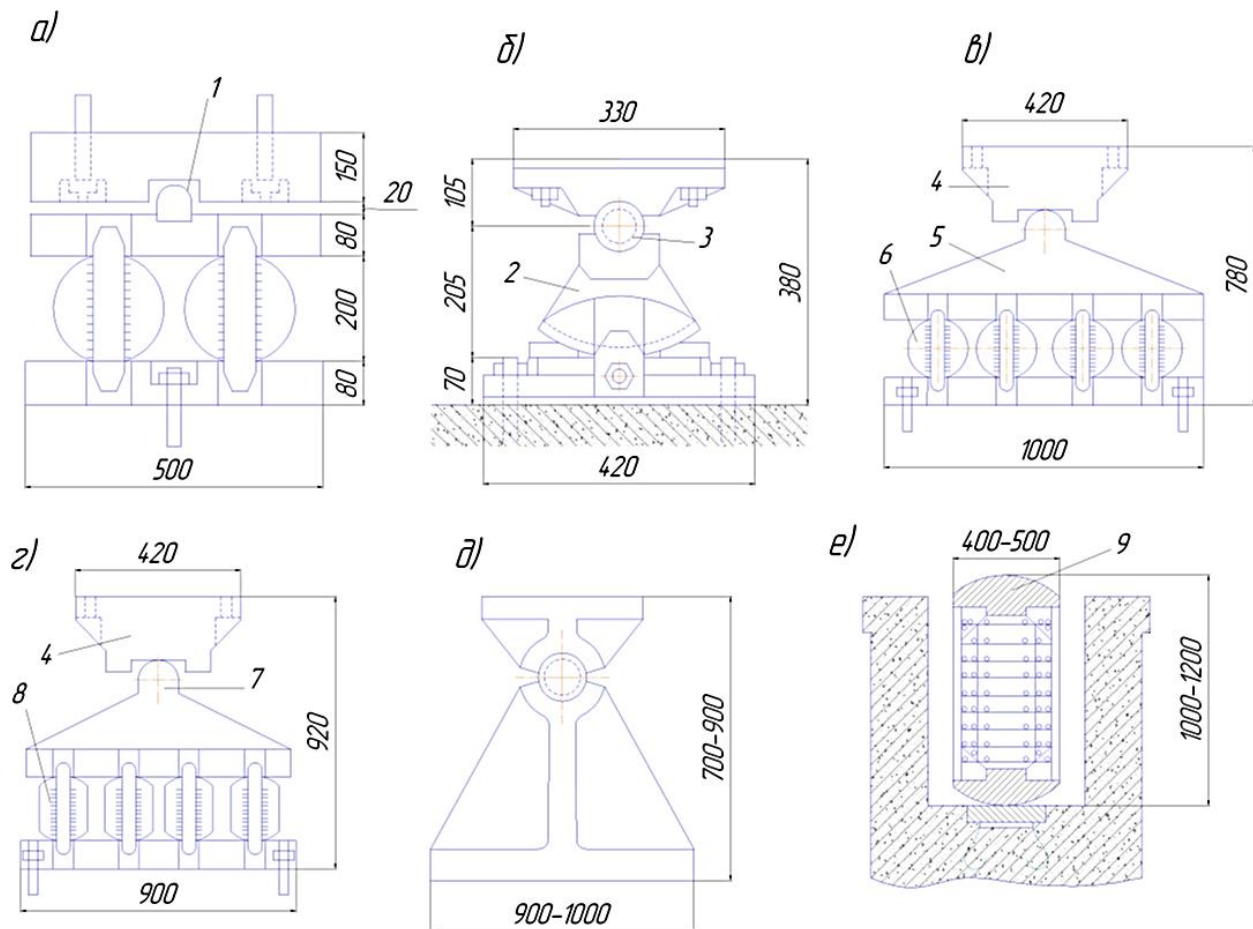


Рисунок 7.2 – Опорні частини для середніх та великих прогонних будов:
 а – двокаткові; б – секторні; в – шарнірно-каткові; г – зі зрізаними катками; д –
 нерухома опорна частина; е – залізобетонна опорна частина;
 1 – вкладка з циліндричною поверхнею; 2 – секторний балансір; 3 – шарнір;
 4 – верхній балансір; 5 – нижній балансір; 6 – циліндричний каток;
 7 – циліндрична головка при вільному стику; 8 – зрізаний вал; 9 – сталеві
 відливки

Окрім катка, як рухомі застосовують секторні опорні частини (рис. 7.2, б). Горизонтальне переміщення в них забезпечується не за шляхом кочення

криволінійної поверхні сектора, а за допомогою шарніра, що забезпечує поворот опорного перерізу.

Для великих сталевих прогонних будов (понад 66 м) застосовують шарнірно-каткові рухливі опорні частини (рис. 7.2, в), що складаються з нижнього і верхнього балансірів і ковзанок, які рухаються по нижній опорній подушці. Нерухома опорна частина вирізняється відсутністю ковзанок. Балансири з'єднуються за допомогою шарніра з вільним або щільним дотиком.

На сьогодні поширення набули опорні частини з полімерних матеріалів. За способом забезпечення переміщення опорних вузлів прогонних споруд вони діляться на деформовані, ковзаючі і комбіновані.

Полімерні опорні частини діляться за різновидом роботи на всебічно рухливі, що допускають лінійні і кутові переміщення у всіх напрямках; нерухомі, які забезпечують тільки кутові переміщення у всіх напрямках; обмежено рухливі, які допускають лише лінійні або тільки кутові переміщення уздовж або впоперек мосту.

В опорних частинах, деформування кутових і лінійних переміщень опорних вузлів здійснюється шляхом змінювання форми полімерного матеріалу – гуми. До таких опорних частин належать шаруваті гумові конструкції у вигляді паралелепіпеда, складеного з декількох шарів каучуку і сталевих листів (рис. 7.3, а). Товщина металевих прокладок – 0,8–2 мм, шарів каучуку – 5–25 мм.

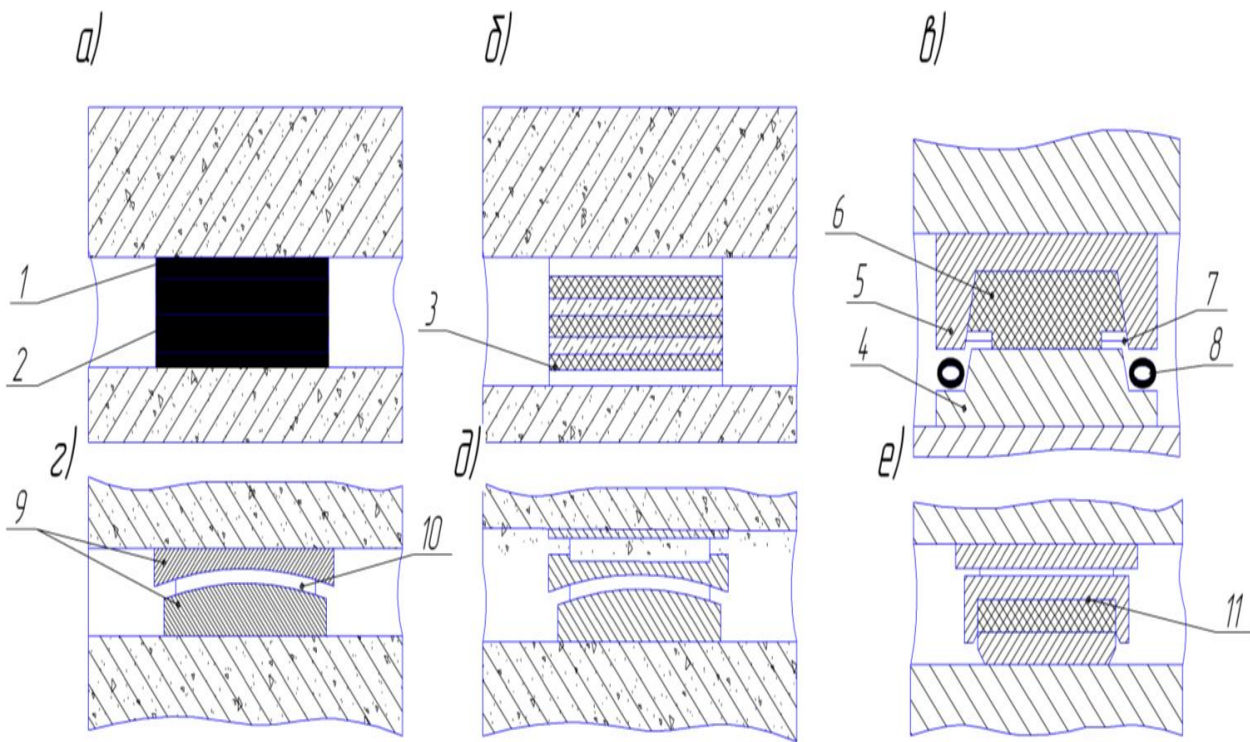


Рисунок 7.3 – Гумові опорні частини:

а – шарові конструкції; б – із поклейкою листовим металом;
 в – склянкової конструкції; г, д – ковзаючі опорні частини; е – комбіновані конструкції; 1 – металева прокладка; 2 – шар каучуку; 3 – тонка листовая сталь;
 4 – опорна плита; 5 – сталева обойма; 6 – резинова прокладка; 7 – латунна шайба; 8 – гумова трубка; 9 – сталеві балансири; 10 – антифрикційна прокладка;
 11 – гумова прокладка

Експлуатаційні облаштування на залізничних мостах.

Великі і позакласні мости забезпечуються таким експлуатаційним обладнанням:

- 1) колодязі;
- 2) майданчики-сховища;
- 3) апаратний телефонний зв'язок;
- 4) засоби енергопостачання;
- 5) механізований інструмент;
- 6) засоби електроосвітлення;
- 7) протипожежний інвентар;
- 8) контрольно-габаритний пристрій;
- 9) судова сигналізація.

Колодязі.

Для огляду, очищення, фарбування і ремонту прогонних будов при їхній експлуатації влаштовують оглядові пристрої (рис. 7.4), що забезпечують зручний доступ до всіх елементів мосту.

У нерозрізних прогонних будовах влаштовують перехідні майданчики (3), що дозволяють піднятися на верхній пояс ферми. Сходи (4) і перехідні майданчики (3) виготовляють зі смугової і круглої сталі, куточків, швелерів тощо.

Нижній оглядовий візок (6) є платформою зі швелерів із настилом, до якої по її кінцях прикріплені болтами рами з вертикальних і горизонтальних швелерів.

Усі оглядові пристрої захищені перилами. У прогонних будовах із проїздом зверху повинен бути спуск (5) із проїжджої частини на опору і оглядові візки.

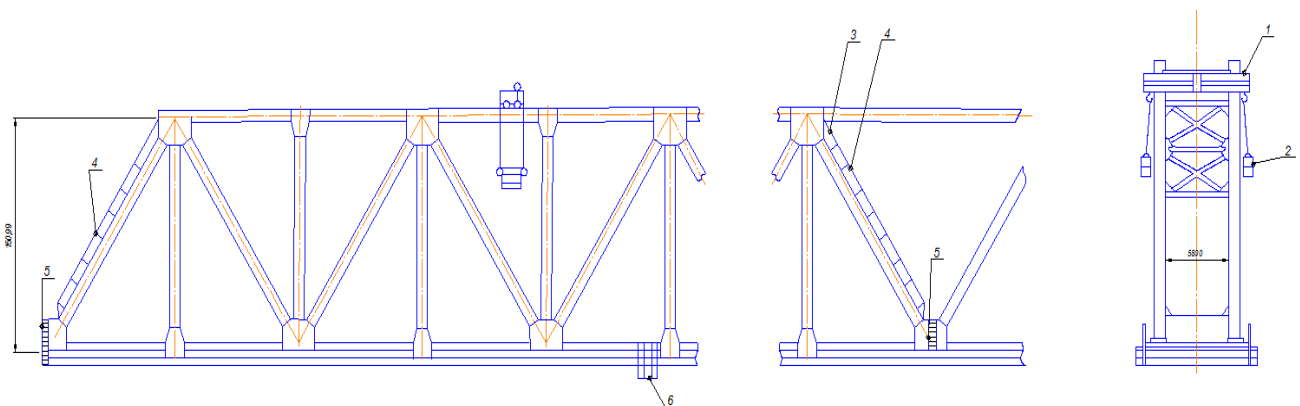


Рисунок 7.4 – Оглядові пристрої на прогонних будовах:

- 1 – верхня пересувна балка; 2 – підймальна люлька; 3 – перехідні майданчики;
- 4 – сходи по опорних розкосах; 5 – сходи для спуску на опори;
- 6 – нижній оглядовий візок

Майданчики-сховища.

Для укриття людей при проходженні поїздів, розміщення протипожежного інвентарю, а також механізмів і матеріалів при виконанні ремонтних робіт на мостах необхідно влаштувати сховища (рис. 7.6).

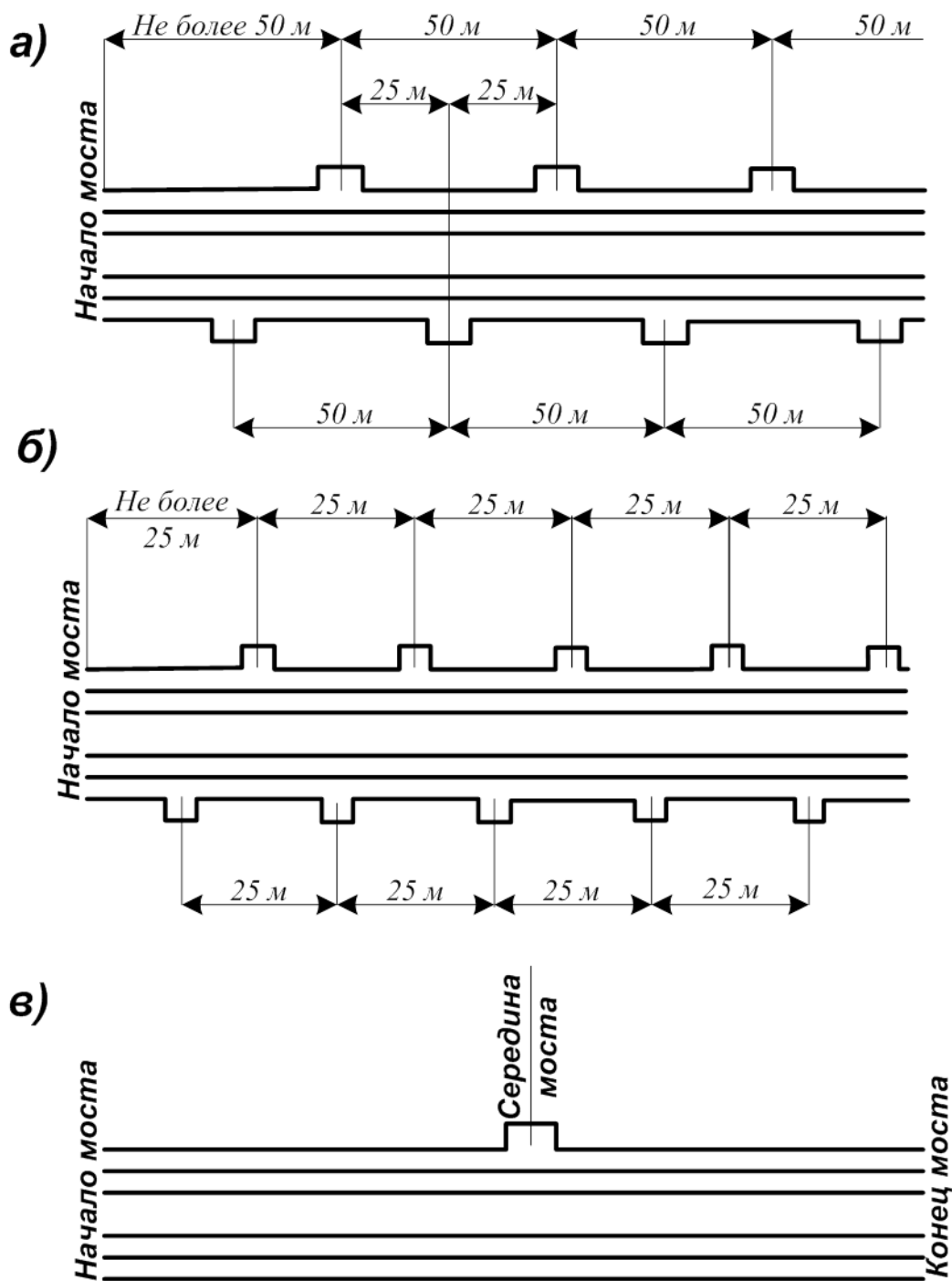


Рисунок 7.6 – Розміщення майданчиків-сховищ:

а – на мостах понад 100 м завдовжки для нешвидкісних ділянок; б – на мостах понад 50 м завдовжки для ділянок швидкісного руху; в – на мостах від 50 м до 100 м завдовжки для нешвидкісних ділянок і від 25 м до 50 м для ділянок швидкісного руху

Сховища на мостах повинні розташовуватися через 50 м (рис. 7.6) з кожного боку колії в шаховому порядку (при довжині мосту від 50 до 100 м допускається будівництво одного сховища з кожного боку колії).

На ділянках зі швидкістю руху пасажирських поїздів понад 140 км/год відстань між сховищами має становити 25 м. На діючих мостах на ділянках обертання пасажирських поїздів зі швидкістю більше ніж 140 км/год допускається зберегти відстань між сховищами 50 м за умови розробки для кожного мосту спеціальних умов техніки безпеки, затверджених начальником дистанції колії.

Питання для самоконтролю

1. Перелічіть опорні частини середніх і великих прогонних будов.
2. Охарактеризуйте експлуатаційне облаштування на залізничних мостах.
3. Охарактеризуйте майданчики-сховища і їх призначення.

ТЕМА 8 КОНСТРУКЦІЯ ТРУБ І ЛОТКІВ У НАСИПУ НА ДОРОГАХ УКРАЇНИ

Загальні відомості

Трубою називається мала інженерна споруда, розташована в тілі насипу впоперек до осі колії і призначена для пропуску невеликих витрат води (зазвичай не більше 20 м³/с).

Завдяки техніко-економічним перевагам труби є дуже поширеним видом споруд на залізничних і автомобільних дорогах. Зокрема, у новобудовах кількість труб становить до 70 % загальної кількості інженерних споруд. Будівельна вартість і експлуатаційні витрати набагато менші порівняно з такими самими показниками для мостів.

Класифікація труб

Залежно від режиму протікання води труби діляться на безнапірні, що працюють із неповним перетином, аналогічно до водозливу з широким порогом; напівнапірні, що працюють із повним перетином на вході в трубу і неповним на решті довжини подібно до витікання води з-під щита; і напірні, що

працюють із повним перетином протягом усієї труби, як насадки великої довжини (рис. 8.1).

За формою отвори труби діляться на круглі, прямокутні, трапецеїдальні, трикутні, овоїдальні, з вертикальними стінками і склепіннями, еліптичні та ін. Прямокутні труби мають більшу водопропускну здатність, ніж круглі.

За кількістю отворів труби бувають одно-, дво- й тричковими. Багатоочкові труби не рекомендується використовувати через можливу нерівномірність пропускання води через їхні отвори, збільшення швидкості перетину на виході з деяких отворів і розмиву русла.

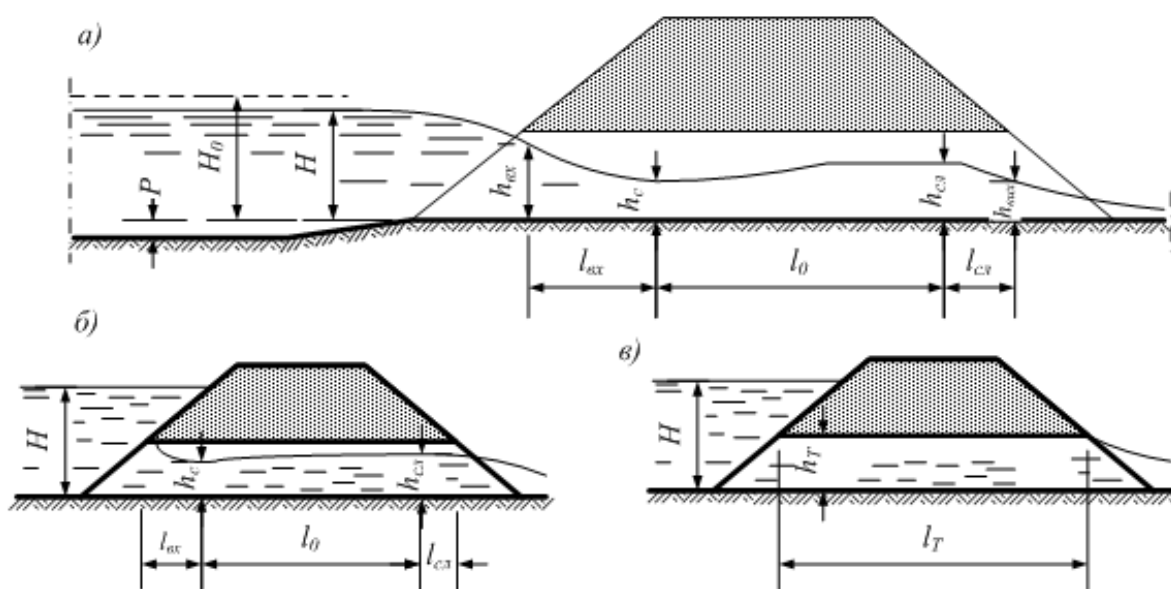


Рисунок 8.1 – Режими протікання води в трубах:
а – безнапірні; б – напівнапірні; в – напірні

За способом виготовлення труби поділяються на ті, що виготовляються на місці (монолітні) та збірні – із готових блоків.

За матеріалом труби можуть бути дерев'яними (як постійні споруди вони заборонені і застосовуються тільки для тимчасового використання), кам'яними, бетонними, залізобетонними, металевими.

По конструкцією труби діляться на такі, що мають фундаменти (під дорогами), і безфундаментні (під автодорогу на нестисливих дренажних ґрунтах).

Конструктивні частини труб

Зазвичай труби складаються з таких основних частин: вхідний і вихідний оголовки (для поступового введення і виведення водного потоку), секцій труби (для можливості незалежного осадку) і фундаменту (рис. 8.2).

Величина отвору труби для зручності її очищення та експлуатації має становити не менше 1 м. На автодорогах дозволяється використовувати труби з отвором 0,75 м і 0,5 м. Найбільший отвір стандартних труб із залізобетонними круглими ланками, що застосовуються на сьогодні, має становити 2 м.

Основною частиною труби (рис. 8.2) є ланки, які сприймають тиск ґрунту насипу і розташованого на ній тимчасового навантаження. У середній частині труби тиск більший, тому ланки повинні бути міцними, але з метою стандартизації їхня конструкція однакова по всій довжині труби.

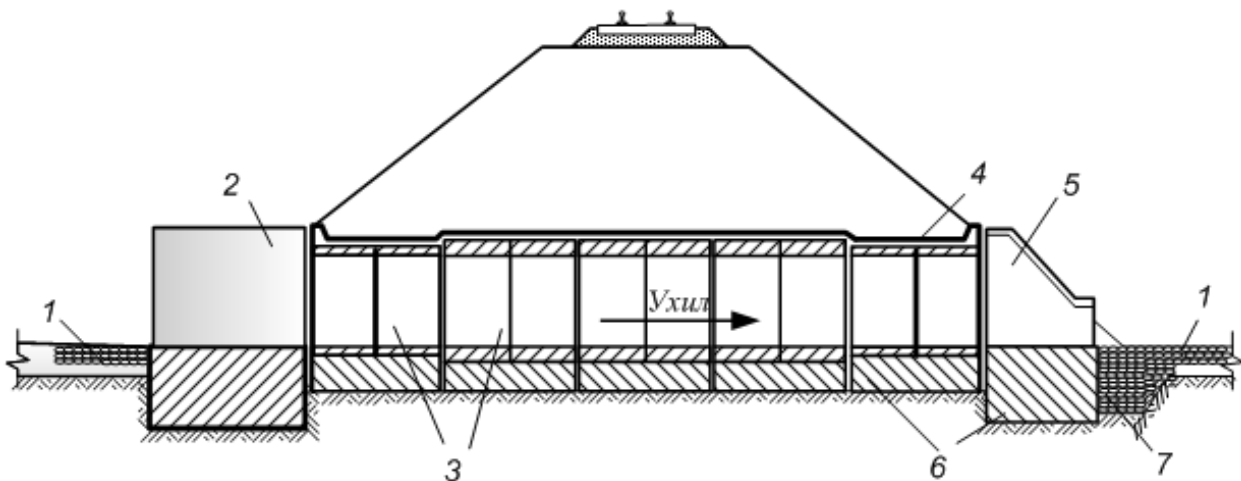


Рисунок 8.2 – Конструктивні частини труби:

- 1 – відмостка; 2 – вхідний оголовок; 3 – ланки; 4 – гідроізоляція;
5 – вихідний оголовок; 6 – фундамент; 7 – рисберма

Трубу ділять на секції деформаційними швами, щоб унаслідок нерівномірного осідання не відбувся злам труби. Довжина секцій приймається

не більше 5 м; при довжині понад 3 м потрібно перевіряти міцність труби в разі її вигині в площині осі труби.

Фундаменти під оголовками зазвичай мають більшу глибину залягання, ніж під іншою частиною труби, тому що тут більша глибина промерзання ґрунту, ніж під насипом, і, крім того, існує небезпека підмиву. При належних умовах (дренуючі ґрунти основ, низький рівень ґрунтових вод в період негативних температур) фундаменти можуть бути замінені подушкою із шару ґрунту.

Дно труби оформляють у вигляді лотка, який має поздовжній ухил. Поверхня лотка утворює будівельний підйом по круговій кривій зі стрілою, що становить $\frac{1}{40} - \frac{1}{80}$ від висоти насипу, щоб після осідання ланок труби на лотку не могла застоюватися вода.

При вході в трубу і виході з неї влаштовуються оголовки. Вони поступово вводять водний потік у трубу і виводять його з труби. Завдяки оголовкам знижується опір руху води і підвищується пропускна здатність труби, а також зменшується небезпека розмиву насипу і русла.

Типи оголовків труб.

У наш час будують водопропускні труби з оголовками таких типів:

- порталний оголовок, що є вертикальною стінкою, розташованою паралельно до осі насипу; до складу оголовка входять конуси насипу, укріплені плиткою;
- оголовок коридорного типу, що складається з двох паралельних вертикальних стінок, які мають на кінцях заокруглення; такий оголовок забезпечує перепад води в межах оголовка до ланок труби – за цієї умови вони визначають довжину і висоту стінок;
- комірний оголовок, що є ланкою труби з невеликим потовщенням, зрізаним паралельно до укосу насипу;
- розтрубний оголовок, бічні стінки якого (укісні крила) у верхній частині зрізають по схилу насипу;

– розтрубний оголовок з кінчною ланкою, у межах якої розташовується перепад.

Конструкції кам'яних та бетонних труб

Ланки кам'яних труб в поперечному перерізі іноді мають овоїдальну форму, що дозволяє надати склепінню таких ланок контур по кривій тиску (рис. 8.3, а). Застосовуються і кам'яні труби прямокутного перетину з перекриттям отвору склепінням. Такі труби володіють кращою пропускною спроможністю (рис. 8.3, б). Склепінчаста конструкція кам'яних труб обумовлена властивостями матеріалу – кам'яного мурування, що недостатньо опирається розтягуванню.

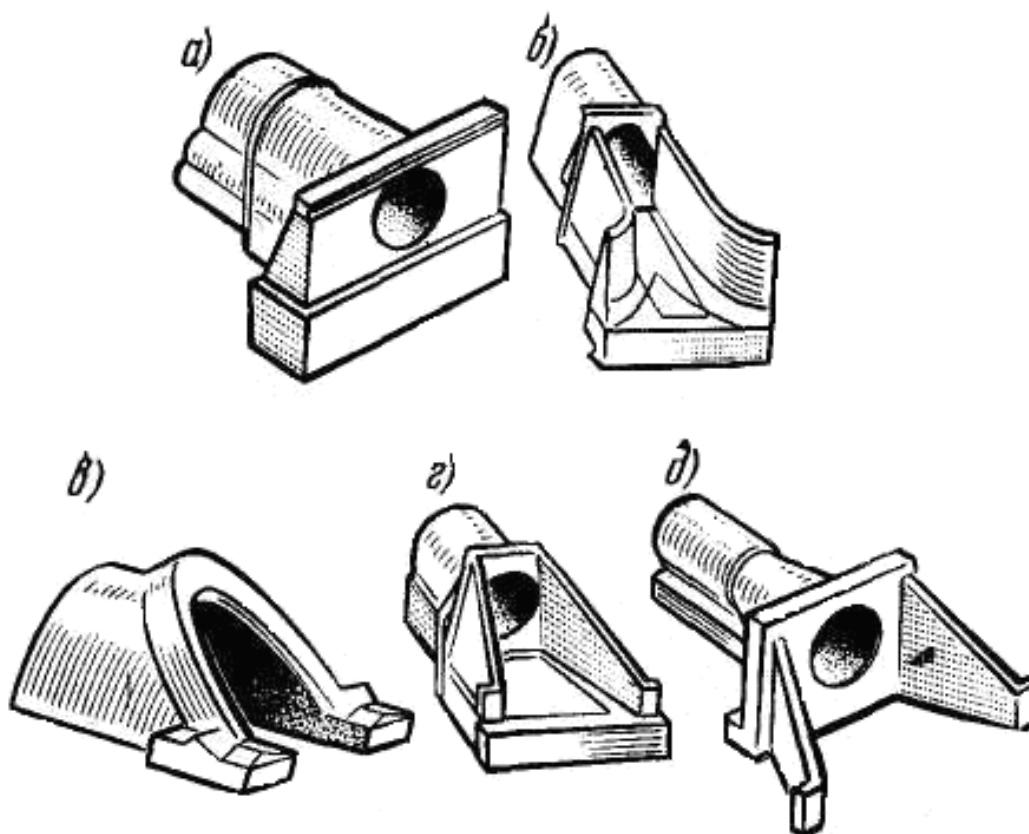


Рисунок 8.3 – Типи оголовків труб:

а – порталний; б – коридорний; в – комірний; г – горловинний;
д – горловини із кінчною ланкою

Склепіння труб набувають параболічного, еліптичного, коробчастого або іншого контуру, що наближається до кривої тиску від навантажень на трубу,

для зменшення згинальних моментів в перетинах склепінь. Видимі поверхні оголовків зазвичай облицьовують тесаним каменем.

Аналогічну конструкцію мають і бетонні (неармовані) труби. Великим недоліком таких кам'яних і бетонних труб є труднощі індустріалізації будівництва. Застосування труб збірної конструкції з дрібних бетонних блоків не значно усували цей недолік, тому на тепер кам'яні і бетонні труби зазначеного типу не виготовляють, але вони є у великій кількості на діючих залізницях (рис. 8.4).

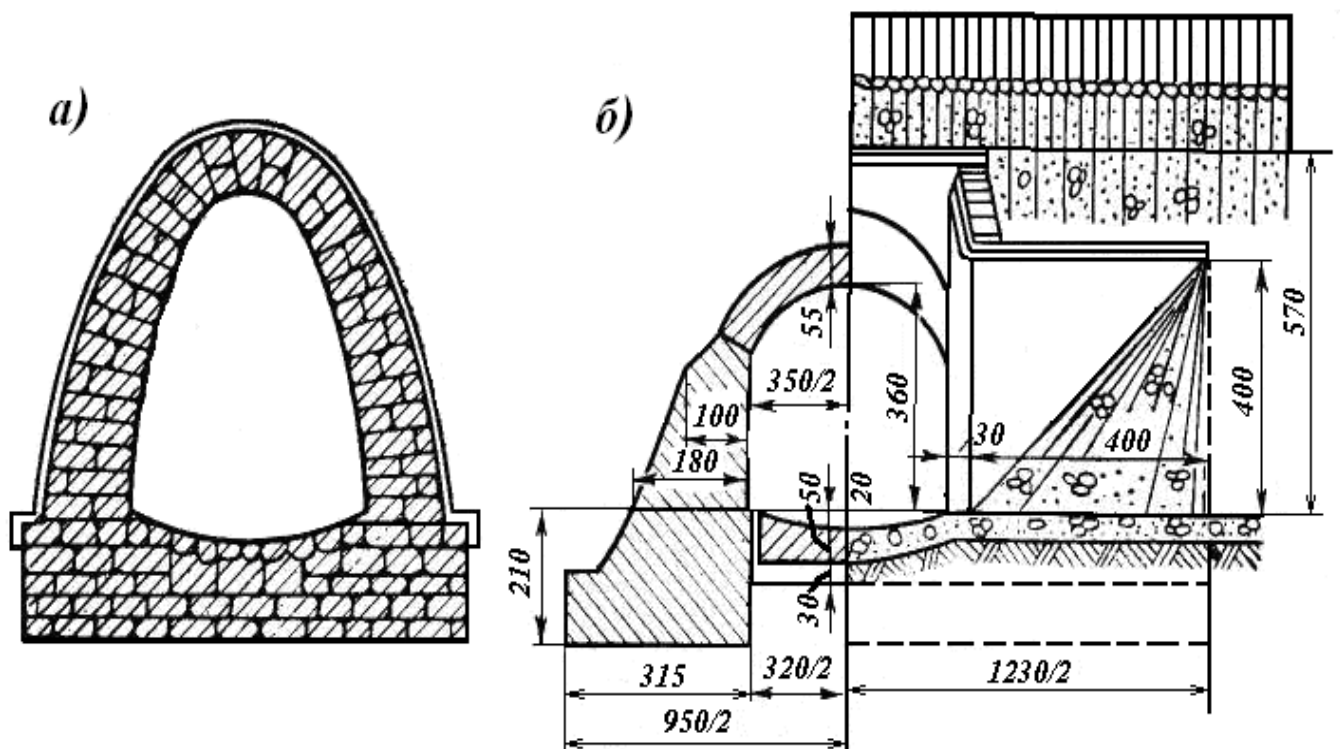


Рисунок 8.4 – Кам'яні труби:
а – овоїдальна; б – склепіння на стояках

Конструкції металевих труб

Перші металеві труби були чавунними. Вони склалися з круглих ланок із отвором до 2,1 м, довжиною не більше 3,2 м і товщиною стінок до 30 мм.

Чавунні труби коштувало недорого, трудомісткість їхнього будівництва була низькою. Вони володіли хорошими експлуатаційними якістьми, але недоліком була велика витрата металу.

Наприкінці XIX століття почали застосовувати економічні труби з тонколистової гофрованої (хвилястої) сталі з підвищеною стійкістю проти корозії. Характерною особливістю цих труб є те, що під впливом тиску ґрунту насипу вони незначно сплющуються і деформуються в боки, до того ж виникає пружне відпирання ґрунту, який підвищує несучу здатність труб тим більше, чим вища якість і ступінь ущільнення навколишнього ґрунту.

Гофровані труби, як правило, не мають оголовок і виступають з насипу з вертикальним (незрізаним) або похилим (зрізаним) торцем (рис. 8.5, г, д), що істотно знижує їх водопропускну здатність. Вертикальний торець труб повинен виступати з насипу на рівні їх підшови не менше ніж на 0,2 м, а похилий – не менше 0,5 м. Ці труби можуть бути багатоточковими і багатоярусними. При багатоярусному розташуванні верхні отвори пропускають тільки весняні паводкові води і тому більшу частину часу експлуатації залишаються сухими, що підвищує їхню довговічність і дозволяє застосовувати на водотоках з полями.

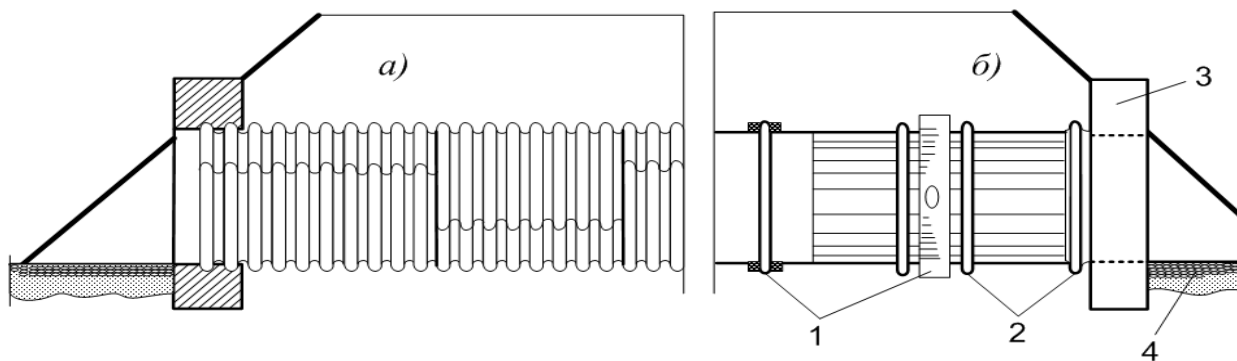


Рисунок 8.5 – Металеві труби:

а – металеві гофровані; б – чавунні; 1 – стикові накладки; 2 – ребра жорсткості; 3 – оголовок; 4 – підмощення

Типові труби застосовують при висоті насипу до 20 м у всіх районах країни і на будь-яких водотоках. Застосування сталевих гофрованих труб порівняно із залізобетонними знижує вартість будівництва в 1,5–2 рази, масу матеріалів, які привозяться, – у 30–40 разів, транспортні витрати – більш ніж

у 8 разів, трудомісткість робіт – у 2–4 рази, але збільшує витрату сталі на 10–15 %.

При опадах основи труби ланки з хвилястою сталлю легко деформуються без пошкоджень. У більшості випадків фундаменти влаштовують тільки під оголовками таких труб. По всій іншій довжині можна обмежитися піщаною або гравійною подушкою невеликої товщини (рис. 8.5, 8.6).

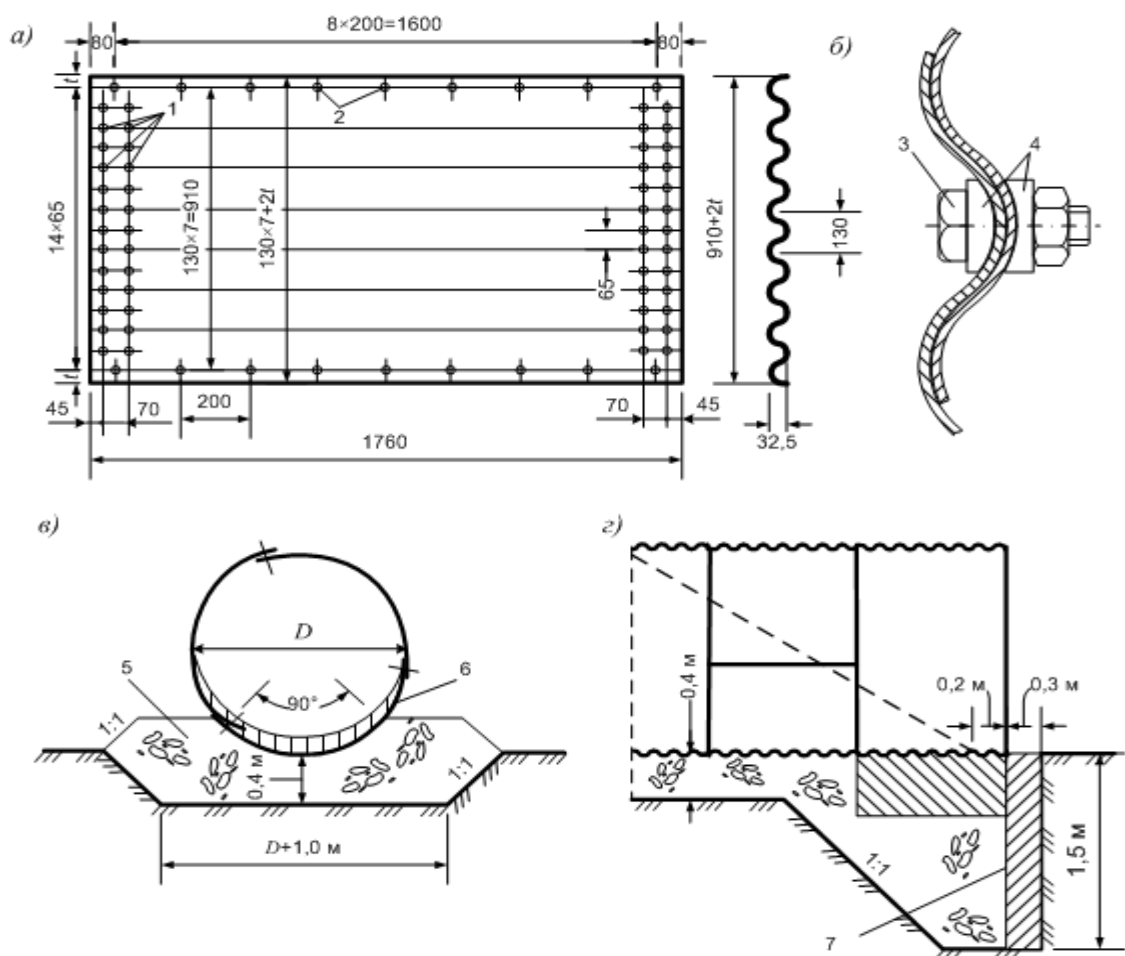


Рисунок 8.6 – Конструкція металевої гофрованої труби:

- а – розворот металевого гофрованого листа (розміри в міліметрах);
- б – болтові з'єднання листів; в – поперечний розріз труби; г – прокольний розріз труби; 1 – отвори для болтів поздовжнього стику; 2 – отвори для болтів поперечного розрізу; 3 – болт з гайкою; 4 – плоско-випукла і плоско-ввігнута шайби; 5 – гравійно-піщана подушка; 6 – лоток; 7 – екран

Збірні залізобетонні і бетонні труби

Збірні труби складаються з ланок, блоків фундаментів і елементів оголовків, які виготовляють на заводах або полігонах, доставляють на

будівельні майданчики звичайним транспортом і монтують легкими мобільними кранами. Ці труби відповідають вимогам промислового будівництва, мають порівняно низьку вартість, незначну трудомісткість, хороші експлуатаційні якості та великий строк служби. Збірні труби складаються з круглих циліндрових, круглих із плоскою основою (п'ятою), овоїдальних та прямокутних ланок (рис. 8.7). Товщина стінок ланок має бути не менше 10 см. Довжина ланок зазвичай становить 1 м. Подовження ланок до 2–3 м знижує витрати праці на монтаж труби й улаштування гідроізоляції стиків між ланками на 15–25 %. Круглі циліндрові ланки (рис. 8.7, а та рис. 8.8) мають отвори до 2 м. Товщину й армування ланок приймають залежно від висоти насипу, тимчасового та рухомого навантаження та розміщення ланки в трубі. При дії тиску ґрунту до насипу верхня і нижня частини ланок прогинаються всередину, а бічні – назовні, тому у верхній і нижній частинах робоча арматура повинна розміщуватися на внутрішній поверхні ланок, а в бічних – на зовнішній, проте у зв'язку з тим що циліндрові ланки можуть бути розміщені в будь-якому положенні, їхню арматуру роблять подвійною.

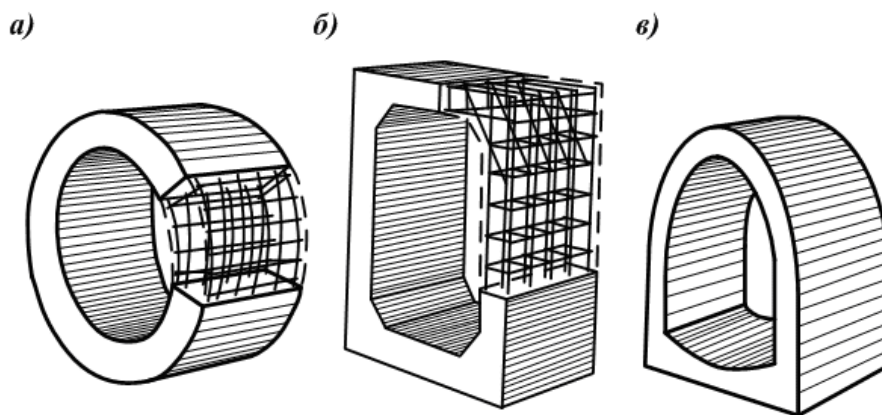


Рисунок 8.7 – Ланки залізобетонних труб
а – кругла; б прямокутна; в – овоїдальна

Круглі труби можуть бути одно-, дво- і тричкочковими (рис. 8.8).

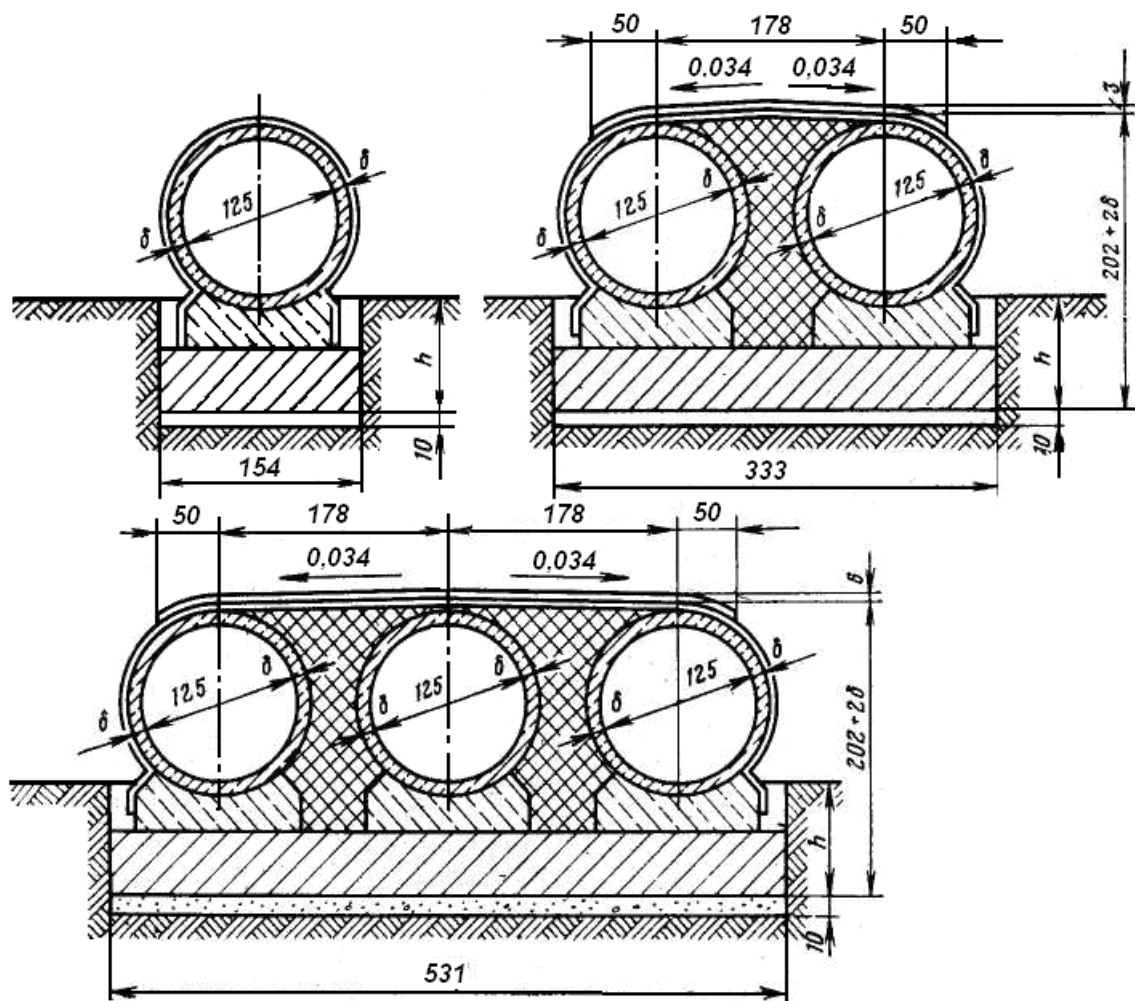


Рисунок 8.8 – Конструкція круглих труб

Прямокутні залізобетонні ланки (рис. 8.9) є замкнутими рамами з отворами 2 м і 2,5 м, висота яких становить 2, 5 м, і з отворами 3 м і 4 м, ширина яких 2,5 м. Товщина стінок ланок становить 13–30 см, верхні двосхилі плити – 17–40 см залежно від отвору труби й висоти насипу.

При дії тиску ґрунтового насипу стінки і плити прямокутних ланок прогинаються всередину, тому всередині стінок і плит робочу арматуру розташовують на внутрішніх поверхнях, а в кутах – на зовнішніх. Арматурний просторовий каркас прямокутних ланок складається із зовнішніх і внутрішніх мереж, з'єднаних скрепами, а в кутах, крім того, – похилими стержнями.

Елементи труб можуть бути встановлені в насипі такої висоти: під залізницю при звичайних ґрунтах – від 3 м до 19 м, при скельних ґрунтах або

пальових фундаментах – від 3 м до 18 м; під автодорогу – від 5 м до 20 м. Ланки виготовляють з бетону марки М300 з морозостійкістю не нижче Мрз300.

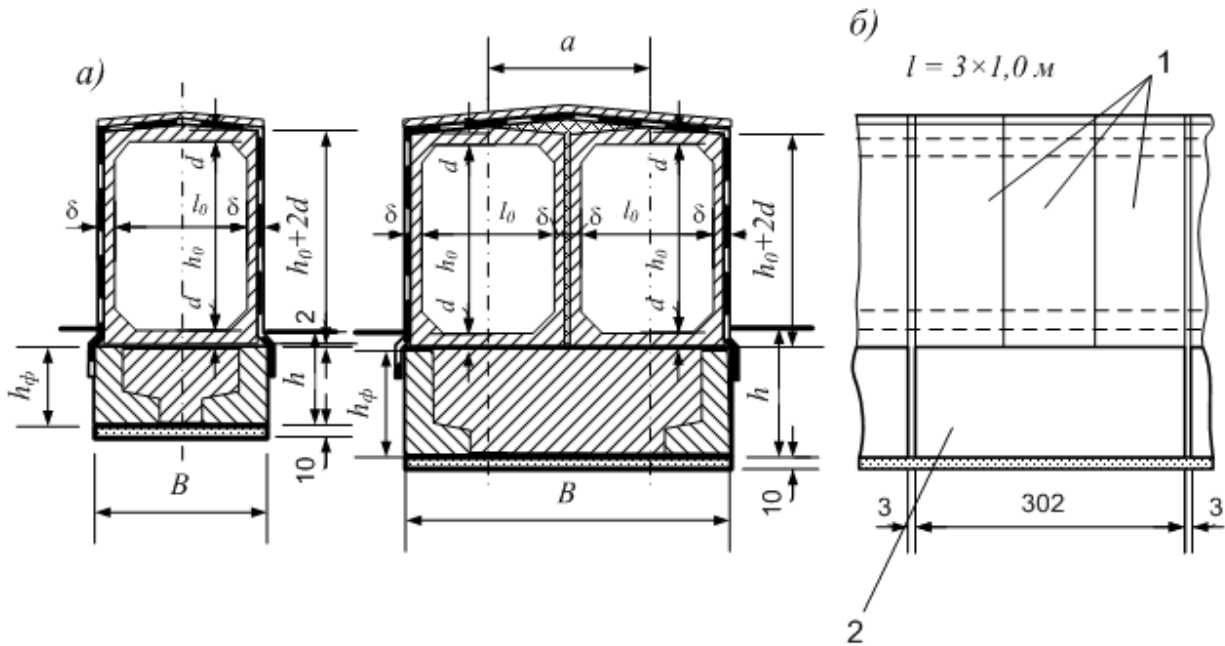


Рисунок 8.9 – Секції прямокутної труби:

а – одночкова; б – двочкова; 1 – ланки труби; 2 – блоки фундаменту

Фундаменти й ізоляція труб

Круглі ланки труб із діаметром до 1 м під автодорогами при скельних, щебневих і гравелистих ґрунтах можна укласти прямо на ґрунт (рис. 8.10, а). У глинистих ґрунтах, дрібних і пухких пісках круглі ланки з діаметром до 1,5 м при висоті насипу до 4 м можна укласти на підготовку з дренавальної піщано-гравійної суміші (рис. 8.10, б). Проектуючи трубу, потрібно пам'ятати, що рівень ґрунтових вод у період впливу негативних температур повинен перебувати нижче підготовки на 0,3 м, інакше труба буде деформуватися при замерзанні води.

Якщо в основі залягають пластичні глини, суглинки або супіски, то залізобетонні ланки труб під насипами автодоріг укладають на лекальні залізобетонні блоки або монолітні фундаменти (рис, 8.10, в). Фундаменти з дрібних збірних блоків не рекомендуються, оскільки вони більше схильні до деформацій (рис. 8.10, д).

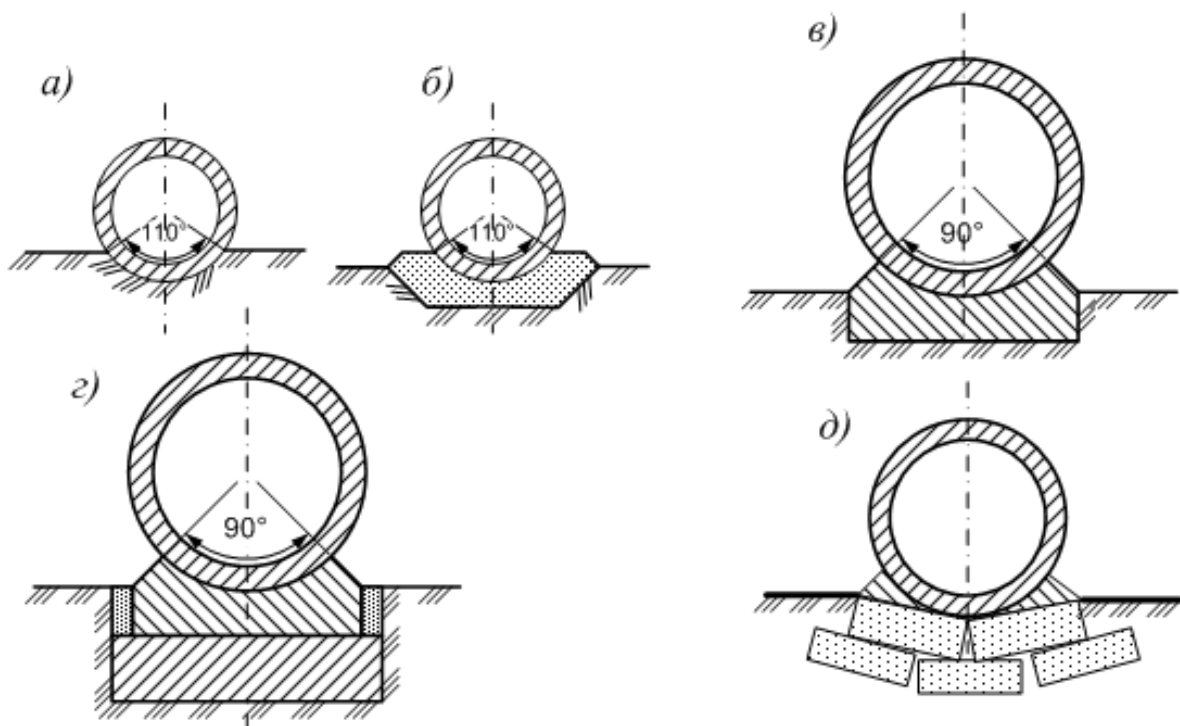


Рисунок 8.10 – Способи укладання ланок труб круглого розрізу:
 а – без фундаменту; б – на гравійній підготовці; в – на лекальний блок;
 г – на збірно-монолітний фундамент; д – на фундамент із дрібних блоків
 (показана деформація фундаменту)

Зовнішня ізоляція ланок труб може бути обмазаною або обклеєною. Обклеєна ізоляція надійніше захищає трубу від потрапляння води в бетон ланок, ніж обмазана, але облаштування її складніше, а вартість вища. Отже, для ланок заводського виробництва зі щільного бетону, що пройшли заводські випробування на водонепроникність, можна застосовувати обмазувальну ізоляцію всіх труб у звичайному кліматі (на тепломорозостійкому бітумі типу «Пластбіт»).

Обмазувальна гідроізоляція (рис. 8.11, а) складається з двох шарів бітумної мастики, товщина яких становить 1,5–3 мм на поверхні ланок у холодному або гарячому стані з підготовкою із бітумного лаку.

Обклеєна гідроізоляція (рис. 8.11, б) в звичайному кліматі виготовляється з двох шарів склотканини або бітумізованої тканини, приклеєних до поверхні ланки труби, вкритої бітумним лаком за допомогою гарячої азбестобітумної

мастики, які укладають між кулями тканини і поверх ізоляції. Зверху влаштовують захисний шар з цементного розчину завтовшки 3 см для запобігання пошкодженню ізоляції.

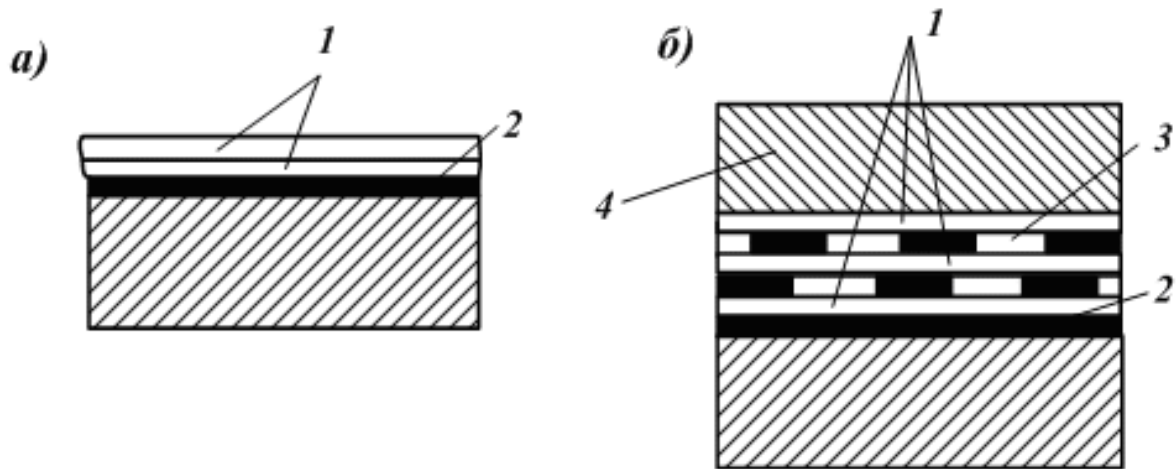


Рисунок 8.11 – Ізоляція труб:

а – обмазувальна; б) – обклеювальна; 1 – бітумна мастика; 2 – бітумний лак; 3 – тканина; 4 – цементно-піщаний захисний прошарок

Стики ланок (рис. 8.12) ізолюють від просочування води з труби в насип, заповнюючи їх по обидва боки просоченими в бітум частинками. Із зовнішнього боку швів по шару гарячої бітумної мастики наклеюють гідроізоляцію, вкриту гарячою бітумною мастикою. Із внутрішнього боку шов на глибину 3 см зашпаровують цементним розчином. При обмазувальній ізоляції над швом наклеюють смугу, обклеєну ізоляцією шириною 25 см і вкриту гарячою бітумною мастикою.

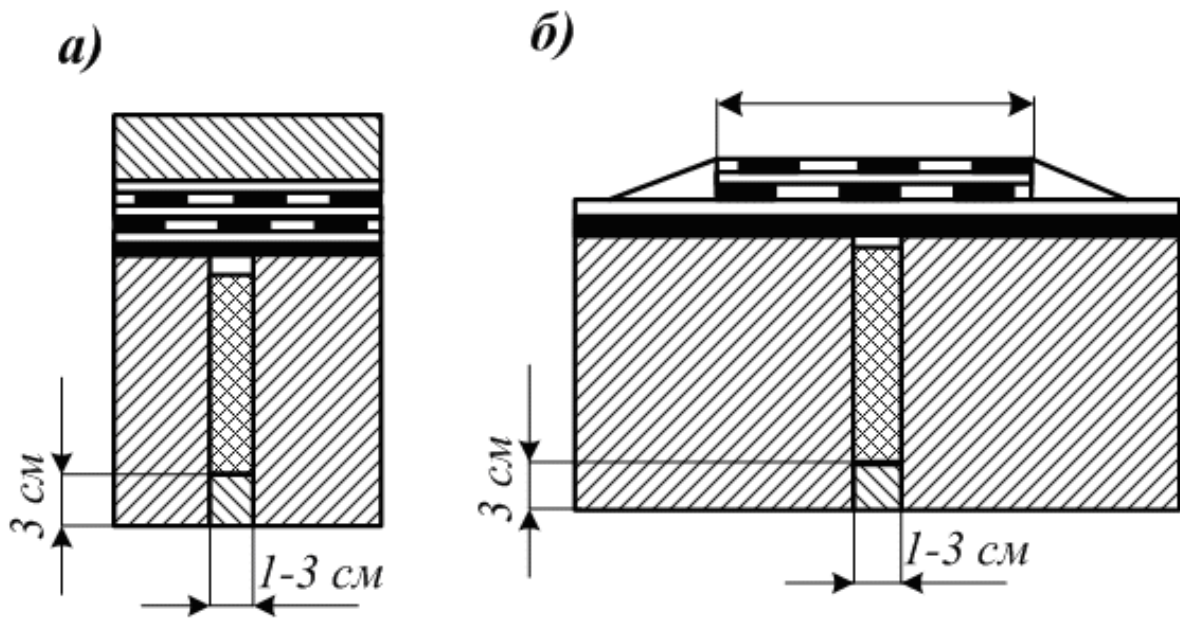


Рисунок 8.12 – Ізоляція шва між ланками:
 а – при обклеюванні ланки труби; б – при обмазуванні ланки труби

Лоток, крім зазначеного призначення як елемент труби, має інше призначення – як особливий вид малої штучної споруди (рис. 8.13).

Загальна кількість таких лотків невелика, оскільки обмежується порівняно незначними межами їх застосування – для пропуску малих водотоків у насипах до 1,5 м заввишки. Експлуатаційні якості лотків, як і труб, високі. Від мостів вони вигідно відрізняються тим, що не мають прогонної будови. Відстань вгорі між стінками лотка не перевищує відстані між шпалами. Для цього при отворі 1–1,5 м стінки лотка у верхній частині виготовляють із залізобетонних консолей. Перевагою лотків порівняно з трубами є те, що вони відкриті зверху і можуть влаштовуватися в малих насипах, де труба, за умови дотримання необхідного рівня засипки ґрунту над нею, не може застосовуватися.

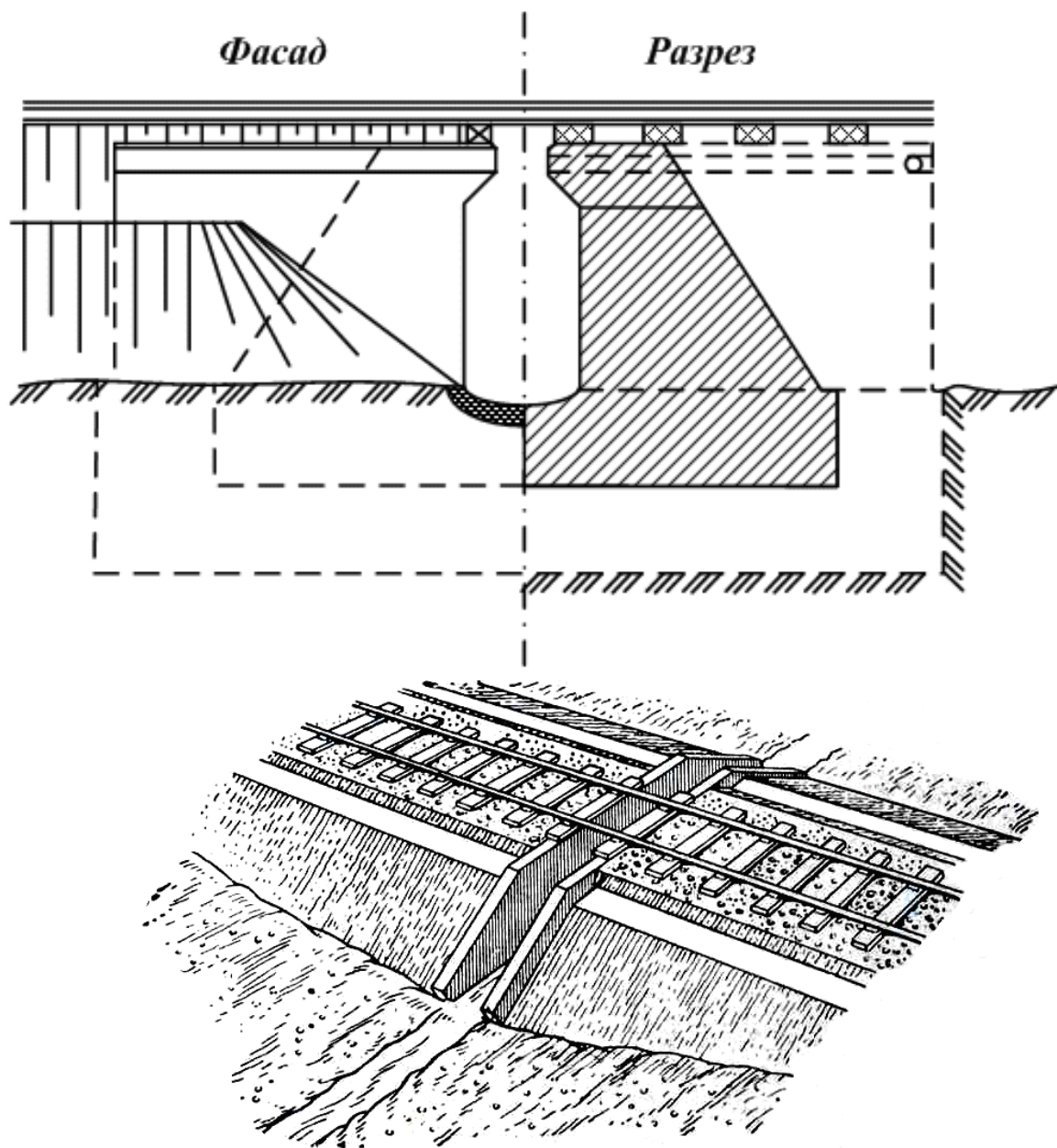


Рисунок 8.13 – Лоток

Дюкери є двома колодязями, розташованими по обидва боки виїмки, з'єднані трубою. Дюкери слугують для пропускання води (зрошувальних каналів) з одного боку виїмки на іншу під полотном дороги (рис. 8.14).

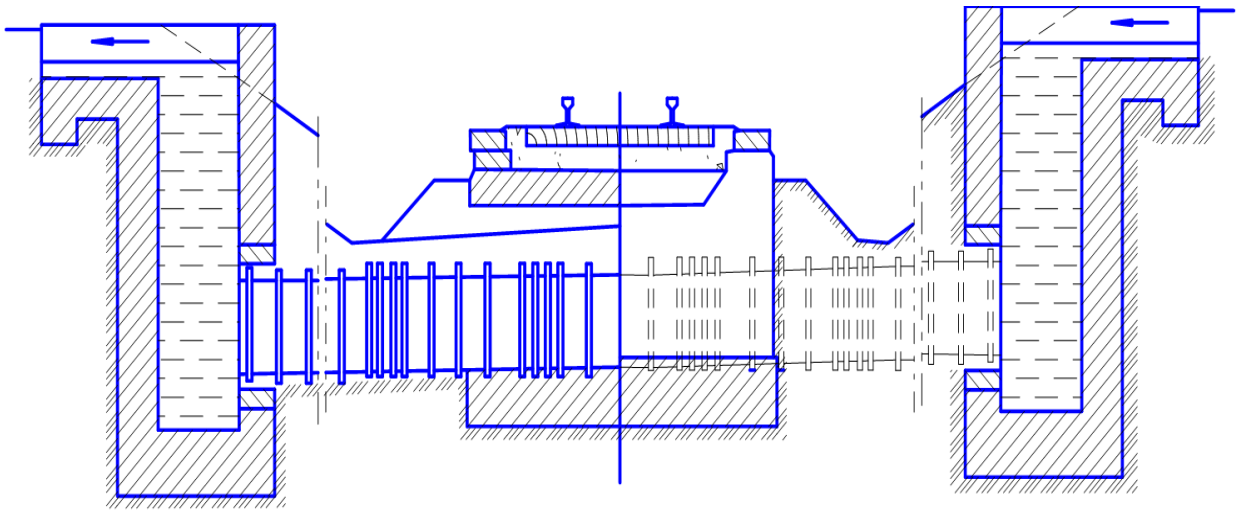


Рисунок 8.14 – Дюкер

Два колодязі з'єднуються трубою і використовуються як з'єднані посудини для пропуску водотоку під рейковою колією, прокладеною в неглибокій виїмці, коли облаштувати звичайну трубу неможливо. Щоб труба не замулювалася, дно колодязів трохи знижують відносно лотка труби. Періодичне виснаження мулу в таких відстійників у колодязях виключає можливість засмічення труби, очищення якої потребувало б закриття водотоку і відкачування води з дюкера.

Питання для самоконтролю

1. Подайте визначення поняття «труба».
2. Надайте класифікацію труб.
3. Опишіть конструктивні частини труб.
4. Перелічіть типи оголовків труб.
5. Охарактеризуйте конструкції камінних і бетонних труб.
6. Опишіть конструкції металевих труб.
7. Охарактеризуйте збірні залізобетонні і бетонні труби.
8. Поясніть взаємозалежність фундаментів і ізоляції труб.
9. Подайте визначення понять «лоток» і «дюкер».

ТЕМА 9 КОНСТРУКЦІЇ ПІДПІРНИХ СТІН НА ДОРОГАХ УКРАЇНИ

Застосування підпірних стін

Підпірні стіни призначені для підтримання від обвалення ґрунту за ними. Підпірні стіни на підході до тунелю захищають шлях від обвалення крутих укосів виїмки, а також підпірні стіни утримують від обвалення земляне полотно, зведене на пагорбі(рис. 9.1).

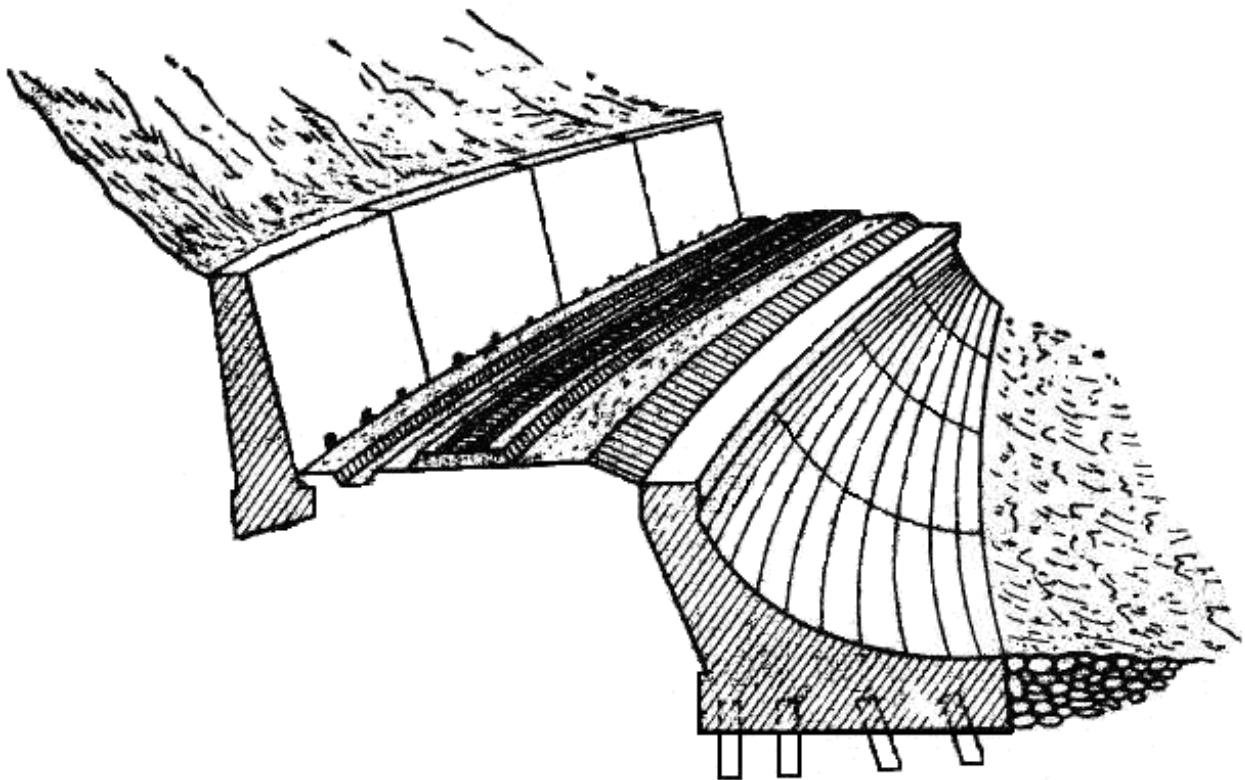


Рисунок 9.1 – Підпірна стіна

Роль підпірних стін виконують і деякі частини інженерних споруд, зокрема прогонні опори мостів підтримують від обвалення всередину підмостового простору земляне полотно підходів у межах ширини стояка. На решті ширини насипу ґрунт утримується за допомогою конусів. За відсутності конусів використовують підпірні стіни у вигляді стояків із розкосими крилами (рис. 9.2). Підтримуючи укоси насипу з боку річки, розкосі крила одночасно захищають ґрунт від підмивання.

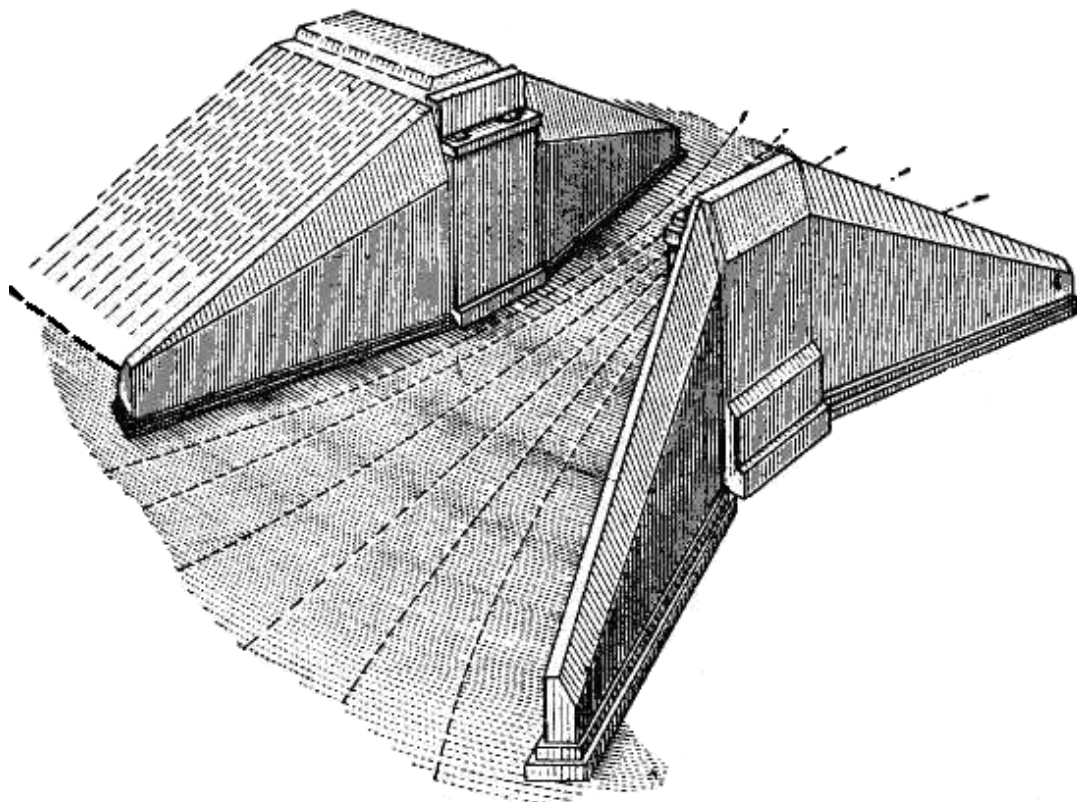


Рисунок 9.2 – Стояк з розкосими крилами

Подібно до цього підпірні стіни по берегах річок і морів оберігають берег від розмиву (рис. 9.3). Плавкий контур лицьової грані морських стін знижує ударну дію хвилі на стіну.

Конструкція підпірних стін і їх експлуатація

Підпірні стіни зазвичай будують із кам'яного, бетонного і бутобетонного мурування. Одночасно з муруванням на розчині підпірні стіни невеликої висоти для менш нагромаджених обгороджень викладають без розчину. У кам'яному муруванні, особливо без розчину, необхідне хороше перев'язування швів у суміжних рядах по довжині й товщині стіни, що здійснюється лише по довгастих каменях. Для більшої міцності і щільності мурування проміжки між основними каменями заповнюють дрібним каменем і щебенем. Лицьову передню грань за необхідності облицьовують міцним каменем, здебільшого тесаним, як це показано на рисунку 9.3 в морській стіні, що зазнає значного механічного стирання під впливом хвиль.

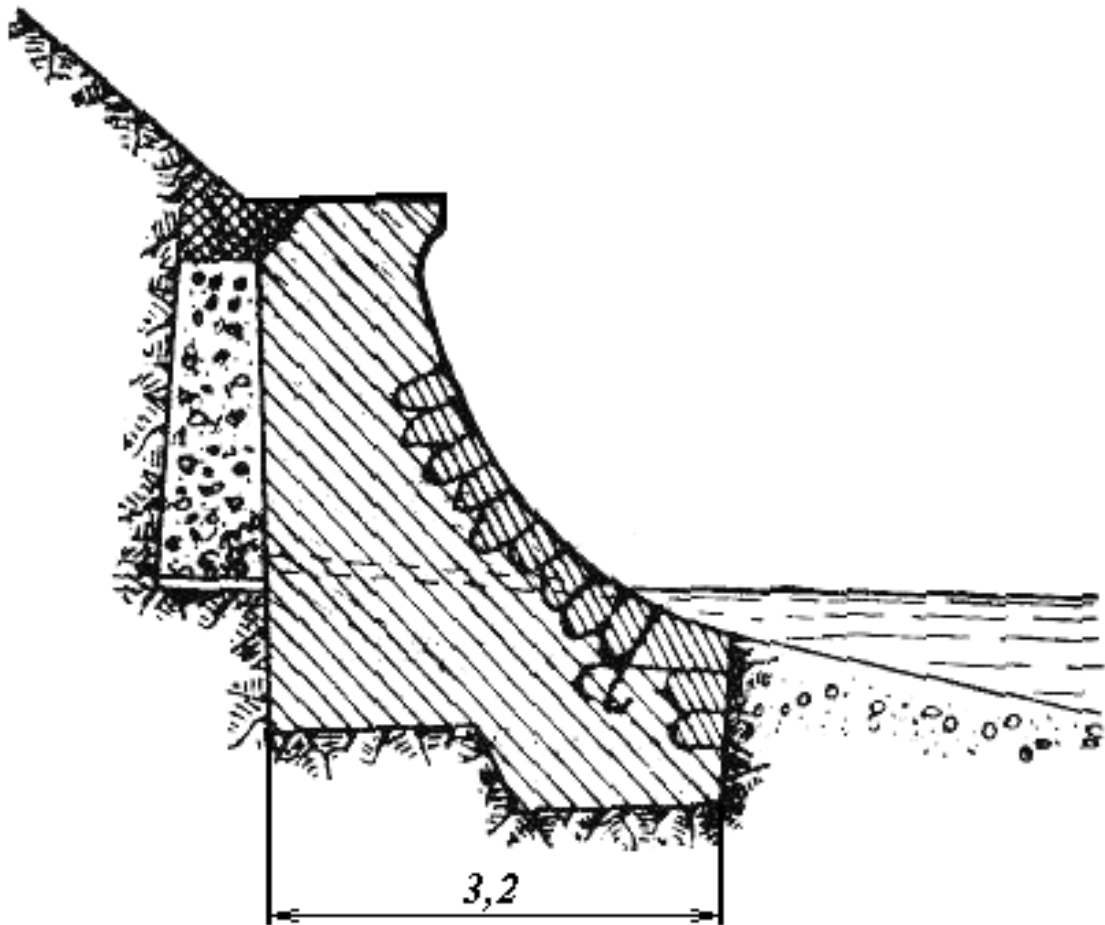


Рисунок 9.3 – Морська підпірна стіна

За формою поперечного вертикального перетину масивні підпірні стіни різняться, хоча для кожної з них характерне потовщення в нижній частині. Конструктивні форми різняться за призначенням стіни і за місцевими умовами. Додатково до наведеного зразка морської стіни (рис. 9.4) розглянуто ще дві різні за формою стіни. Одна з них (рис. 9.4, а) призначена для обгородження насипу в міських умовах, де для кращого архітектурного вигляду облаштовують тротуар за умови обмеженого простору шляхом використання вертикальної лицьової грані стіни. Інша стіна (рис. 9.4, б) розташована біля основи високого пагорба. Тут при великому тиску доцільно використати похилу стіна. Нахил в бік підтримуваного укосу збільшує опір стіни перекидання і тому дозволяє скоротити витрату мурування.

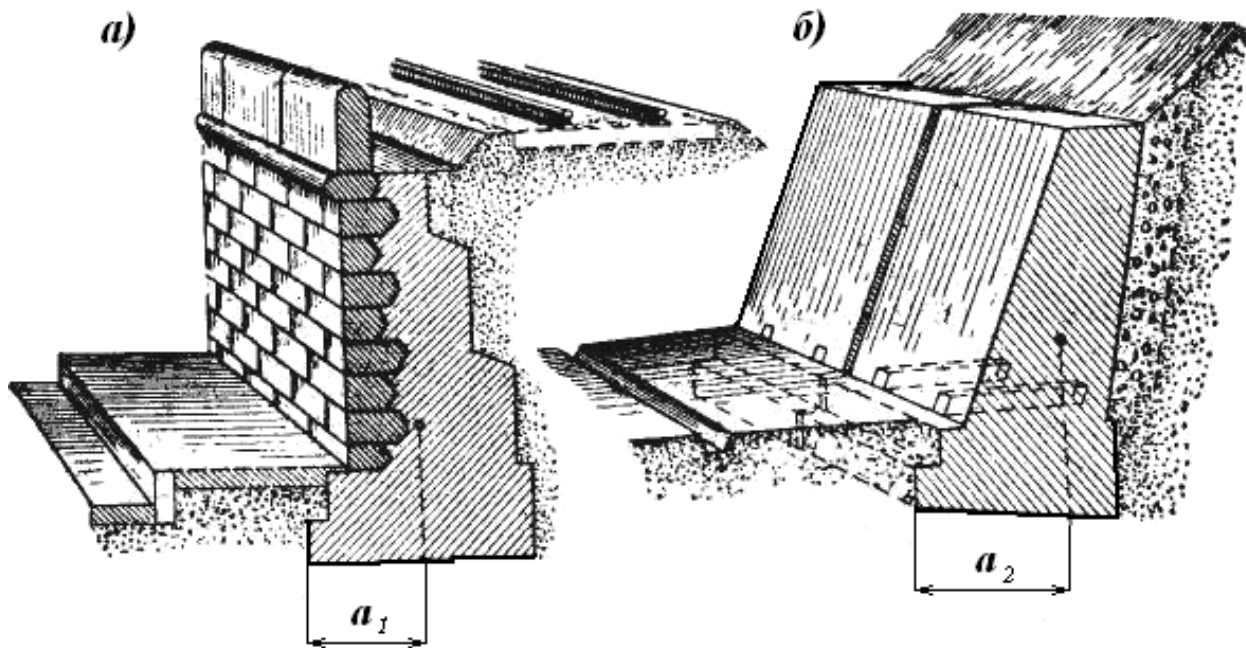


Рисунок 9.4 – Кам'яні підпірні стіни:
а – вертикальна; б – нахилена

Форма і потужність підпірних стін залежать від величини тиску ґрунту на них, який, зі свого боку, визначається не тільки висотою всієї маси ґрунту, що захищається, а і його властивостями. Дрібні сипкі ґрунти, наприклад піщані, вирізняються значним бічним тиском порівняно із зв'язувальними глинистими, у яких у сухому стані бічний тиск знижується іноді до нуля, як і в непорушених скельних породах. Але тиск сипких і зв'язувальних ґрунтів різко зростає із насиченням їх водою, тому дуже важливо не допустити накопичення води за підпірними стінами. Для цього в стінах залишають дренажні отвори, а для кращого припливу до них води і зменшення їх замулення за стінами влаштовують дренажну засипку з гравію і дрібного каменю по всій задній грані стіни (рис. 9.4, б).

Вода із-за стін потрапляє не тільки через дренажні отвори, які зазвичай займають два-три яруси по висоті, але й у деформаційні шви між ланками стіни. Шви влаштовують наскрізні на всю товщину і висоту, чим охороняють довгі стіни від появи в них тріщин, які обов'язково з'являються в разі нерівномірності осідань. Довжина ланок – 3–6 м. Стіну з боку ґрунту вкривають бітумом для захисту від намокання.

Крім кам'яних і бетонних стін, широко застосовуються залізобетонні підпірні стіни.

Залізобетон дозволяє різко знизити товщину стін, а головне, створити вдалу конструкцію, яку не можна побудувати з каменю. Форма залізобетонних стін, наведена на рисунку 9.5, різниться. Однак, по суті, всі вони однакові: кожна з них має тонку вертикальну стінку, жорстко з'єднану з плитою фундаменту. Різниться лише конструкція посилення цього з'єднання. В одному випадку з'єднання стіни з плитою посилюється суцільним бутом (рис. 9.5, а), в іншому – окремо розміщеними вертикальними ребрами – контрфорсами (рис. 9.5, б), у третьому – діафрагмами, встановленими між лицьовою і задньою стінами (рис. 9.5, в). Для всіх конструкцій залізобетонних стін характерне використання засипки ґрунту над плитою фундаменту для того, щоб поліпшити підпірну стіну, що підвищує її стійкість проти перекидання і зсуву.

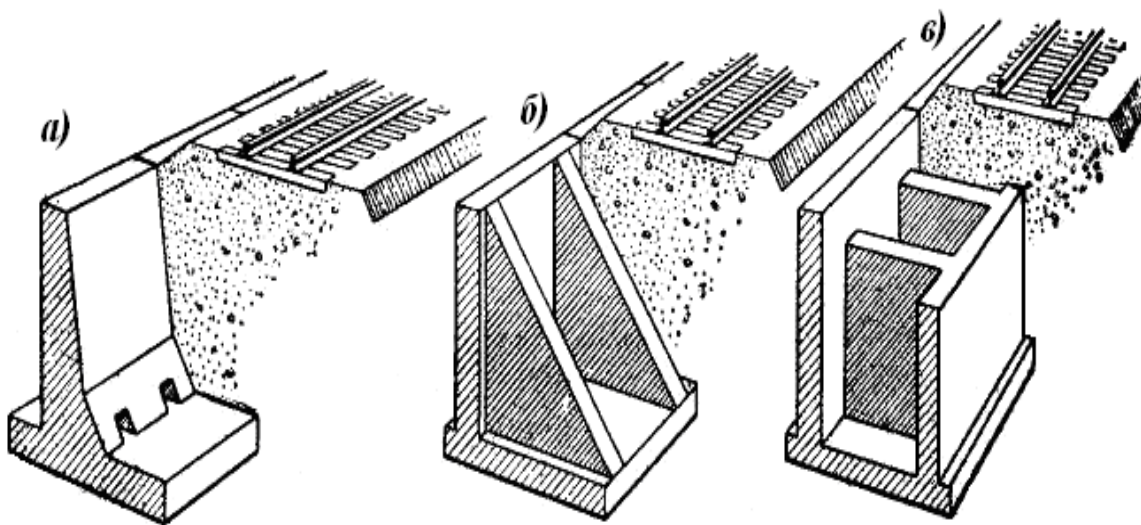


Рисунок 9.5 – Види залізобетонних підпірних стін

Принципово відрізняються від розглянутих монолітних збірні стіни, складені із залізобетонних брусів (рис. 9.6, а). Потовщення на кінцях поперечних брусів (2) перешкоджають зсуву стіни в ярусах. Така стіна у вигляді ряжа, засипана ґрунтом, проста в збірці, є гнучкою при нерівномірних опадах і не потребує спеціальних дренажних пристроїв. Однак у випадку

загрози розмиву таку стіну треба заповнювати не землею, а каменем, але в цьому випадку економніше збудувати муровану або бутобетонну стіну.

Кам'яна засипка застосовується і в конструкціях підпірних стін з габіонів (рис. 9.6, б), однак через іржавіння дроту й руйнування габіонів такі стіни не вважаються капітальними.

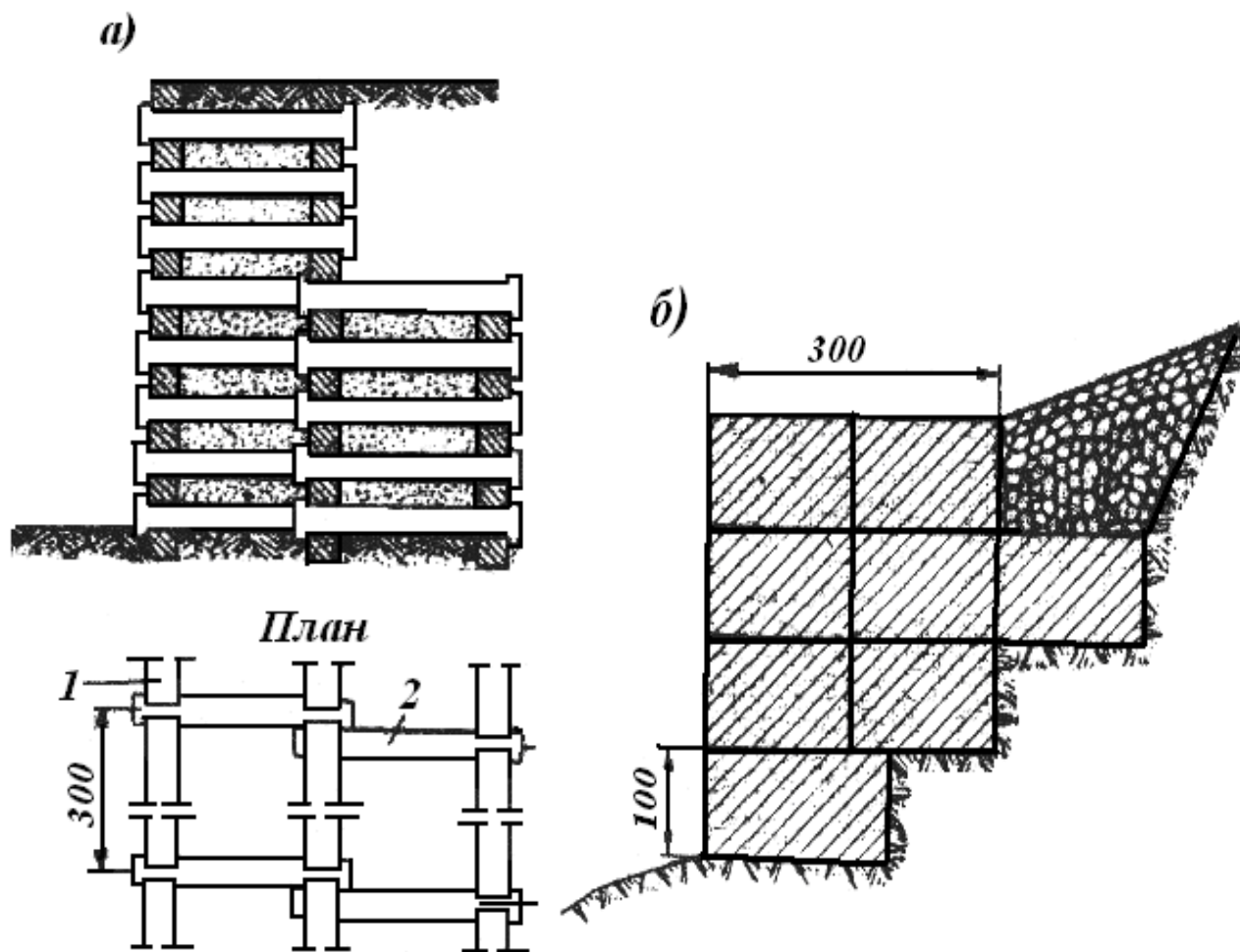


Рисунок 9.6 – Збірні підпірні стіни:
а – із залізобетонних брусів; б – із габіонів

Підпірна стіна може бути виконана і у вигляді шпунтованого обгородження. Замість дерев'яного та металевого шпунта, а також паль, які забиваються впритул одна до одної, для капітальної підпірної стіни успішно застосовуються залізобетонні палі, палі-оболонки та шпунт (рис. 9.7). На відміну від перелічених вище стін, стійкість від перекидання шпунтових стін забезпечується винятково глибиною закладання їх у ґрунт, а міцність

по зламу – потужністю поперечного перерізу шпунта й оболонок, якщо він не утворює додаткових підкосів і відтяжок.

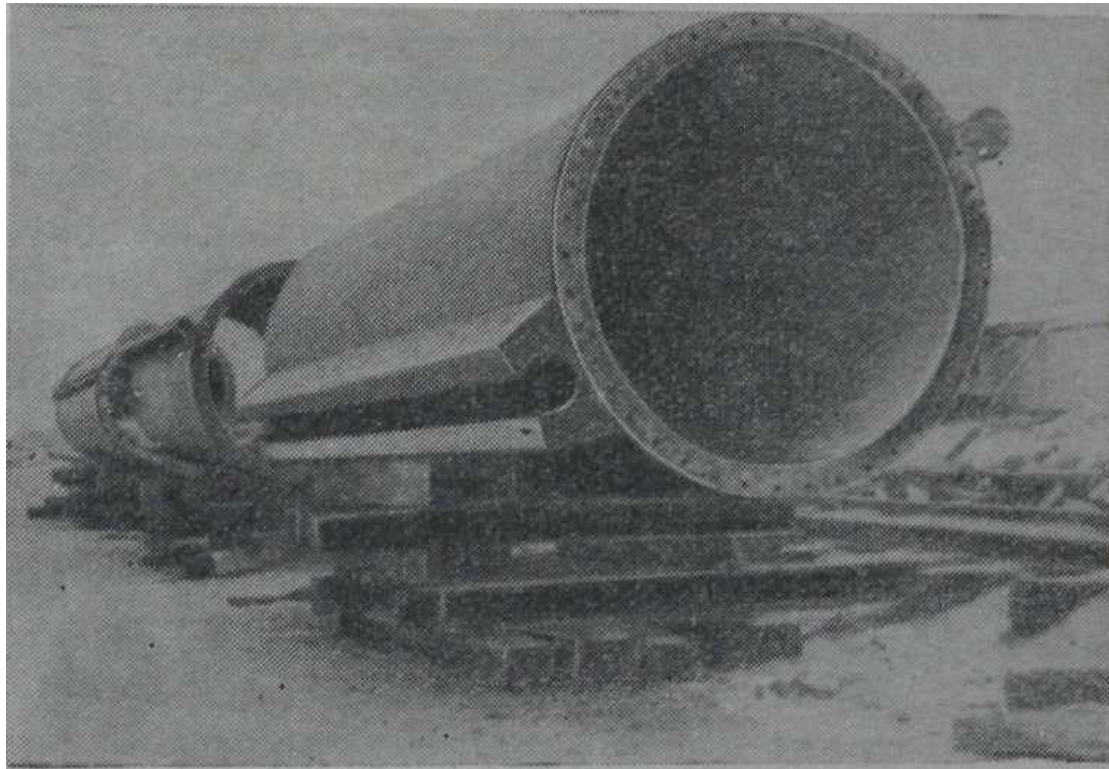


Рисунок 9.7 – Залізобетонний шпунт трубчастий

Питання для самоконтролю

1. Опишіть застосування підпірних стін.
2. Охарактеризуйте конструкцію підпірних стін і їхню експлуатацію.
3. Якими є форма і потужність підпірних стін?

ТЕМА 10 КОНСТРУКЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ І ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ТУНЕЛЕЙ, А ТАКОЖ ТУНЕЛЕЙ МЕТРОПОЛІТЕНУ УКРАЇНИ

Призначення тунелів та їх класифікація

Тунелем називають горизонтальну або похилу підземну інженерну споруду, що має значну протяжність, призначену для пропуску транспортної магістралі під перешкодою або крізь неї.

Крім транспортних цілей тунелі, використовують для пропуску води, прокладання міських комунальних мереж або розміщення виробничих підприємств.

До транспортних тунелів належать залізничні, автодорожні, судноплавні, перехідні тунелі і тунелі метрополітенів, а також тунелі з великим поперечним перерізом, у яких здійснюється рух транспорту декількох видів.

Класифікація транспортних тунелів визначається їхніми характеристиками. Зокрема, за місцем розташування тунелі можна розділити на гірські, підводні та міські різного призначення.

За способом побудови розрізняють тунелі, які споруджуються відкритим і закритим способом. При відкритому способі в попередньо розробленому котловані споруджують тунельну конструкцію, яку після її завершення засипають ґрунтом. Закритий спосіб споруди або проходки тунелів, зі свого боку, поділяють на гірський і щитовий.

При гірському способі робіт створюється підземний виробіток, який одразу закріплюється тимчасовим кріпленням, під захистом якого надалі створюється постійна тунельна конструкція, що називається обробкою. Така конструкція зазвичай виконується з монолітного бетону.

Щитовий спосіб облаштування пов'язаний із використанням прохідницького щита – рухомого сталевого кріплення, що захищає місця розробки породи і споруди, яке при щитовому способі зазвичай виконується збірним із залізобетонних або чавунних елементів заводського виготовлення. Крім перелічених, існують і інші способи спорудження тунелів, які називають спеціальними. Вони застосовуються за особливих місцевих умов, коли використання звичайних способів спричиняє значні ускладнення.

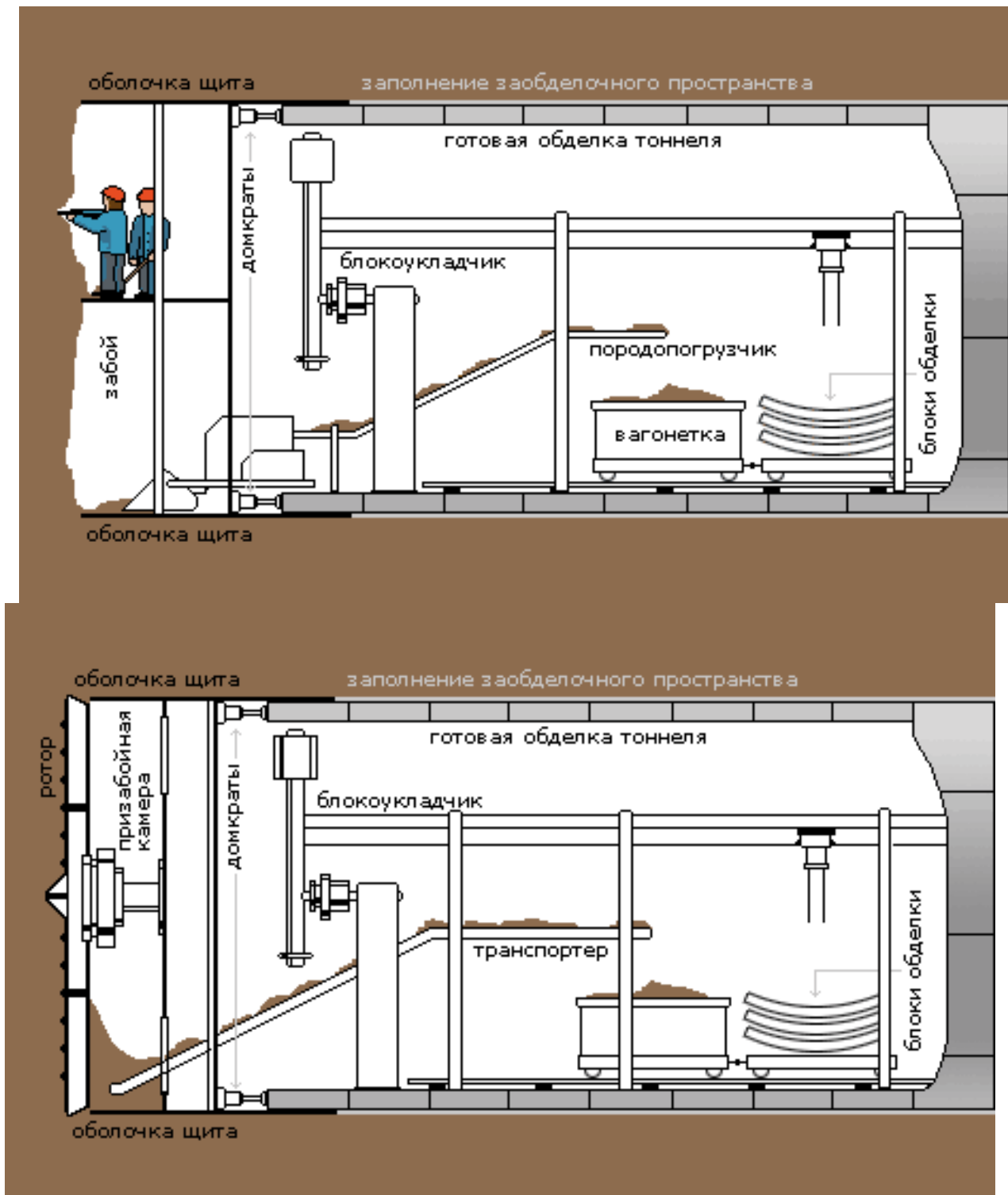


Рисунок 10.1 – Роботи з облаштування тунелю

Внутрішній контур обробки

Розміри й форма внутрішнього контуру обробок транспортних тунелів визначаються, головним чином, розміром наближення споруд. Для залізниць нормальної колії встановлений габарит С, для автомобільних доріг – Г-7 і Г-8;

спеціальний габарит наближення споруд прийнятий для перегінних тунелів метрополітену.

Край тунелів, що споруджуються закритим способом, мають плавкий криволінійний контур.

Внутрішній контур обробки одноколісного залізничного тунелю для прямої ділянки шляху, описаний навколо габариту C , є коробчастою кривою (рис. 10.2), побудованою з трьох або п'яти центрів. Внутрішній контур обробки двоколісного тунелю (рис. 10.3) є коробчастою кривою з трьома центрами, розташованими достатньо близько, щоб їх можна було об'єднати в один центр. У цьому випадку контур окреслюється дугою одного кола й обмежений внутрішнім простором.

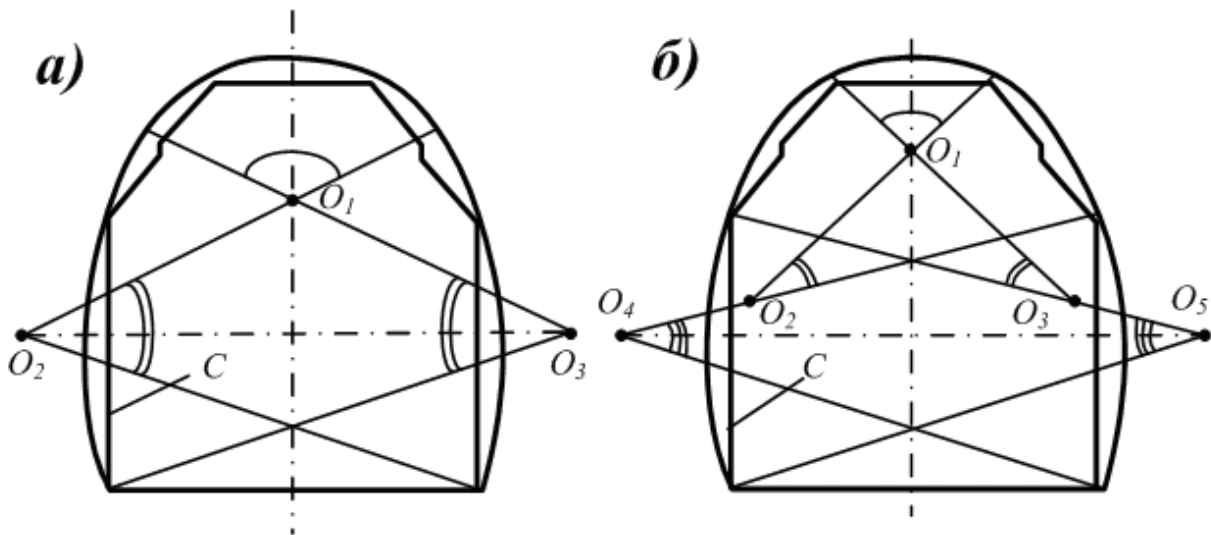


Рисунок 10.2 – Побудова внутрішнього контуру підковоподібної обробки одноколісного тунелю:

а – із трьох центрів; б – із п'яти центрів

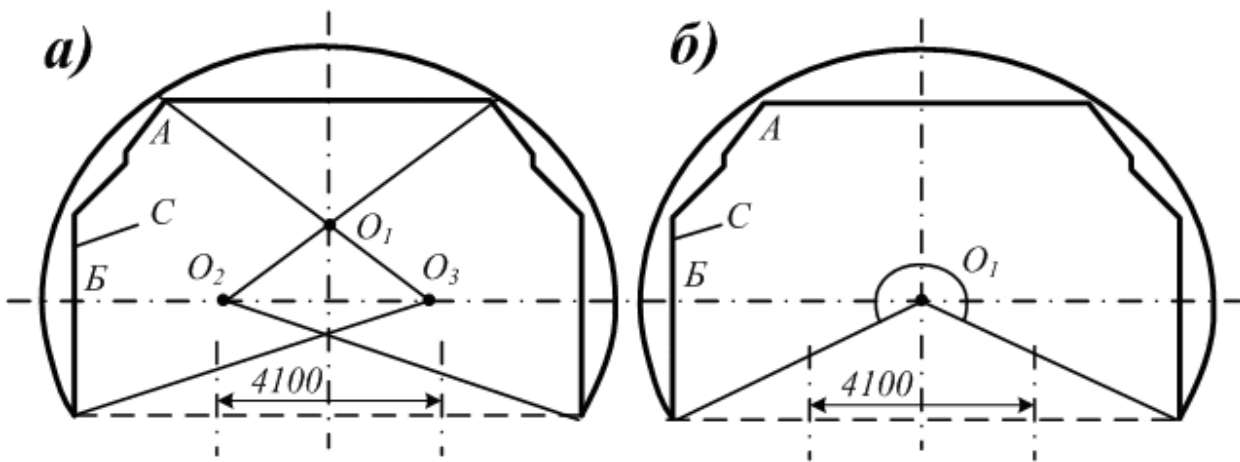


Рисунок 10.3 – Побудова внутрішнього контуру підковоподібної обробки двошляхового тунелю:
а – із трьох центрів; б – із одного центра

Внутрішній контур обробки автодорожнього тунелю для габариту Г-8 за формою і розмірами близький до контуру двоколійного залізничного тунелю. Надмірний простір над розміром використовується зазвичай для вентиляції тунелю. На кривих ділянках колії розміри габаритів наближень споруд збільшуються, а для двоколійних тунелів зменшуються і відстань між осями шляхів з урахуванням максимально можливих перспективних швидкостей руху поїздів.

Замкнутий кругової контур здебільшого застосовується в одноколійних тунелях метрополітену, що споруджуються закритим способом, де круговий контур не спричиняє істотних надлишків внутрішнього простору тунелю у зв'язку з особливостями габариту метрополітену і необхідністю розміщення великої кількості кабелів.

Конструкція обробки тунелів із монолітного бетону

Обробка залізничних тунелів призначається для запобігання обвалу й захисту недостатньо міцної породи від вивітрювання.

Оброблення тунелів може бути монолітним і збірним. Для монолітної обробки застосовують бетон, або залізобетон. Збірну обробку виконують із чавунних тюбінгів, бетонних і залізобетонних блоків. Тунелі попередньої конструкції здебільшого мають кам'яну, іноді цегляну обробку.

Монолітний бетон слугує основним матеріалом для обробки залізничних і автодорожніх тунелів, що споруджуються гірським способом. Це пояснюється тим, що для його виготовлення використовуються місцеві матеріали, а процеси, пов'язані з бетонуванням, повністю механізовані.

Тунельні обробки закріплюють гірські породи. Їх форма, розміри елементів і вибір матеріалу залежать від фізико-механічних властивостей гірських порід.

Обробка складається з таких основних елементів (рис. 10.4): верхнього склепіння (2), стін (4), фундаментів (5) і зворотного склепіння (6). Найвища точка склепіння називається замком (1). Площина переходу склепіння в стіну називається п'ятою склепіння (3).

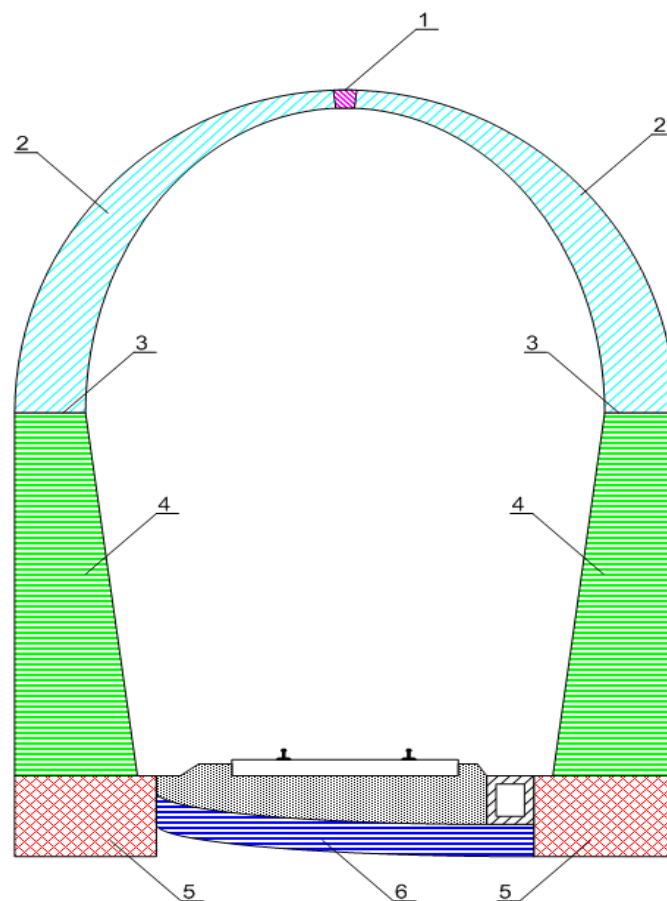


Рисунок 10.4 – Конструктивні частини обробки тунелів:
1 – замок; 2 – склепіння; 3 – п'ята склепіння; 4 – стіна; 5 – фундамент;
6 – зворотнє склепіння

У дуже міцних породах, невивітрюваних і нерозчинних, що не виявляють гірського тиску і є суцільним масивом без тріщин, виробіток можна нічим не закріплювати, тунель експлуатується без обробки. Однак такі умови трапляються зрідка і навіть в найміцніших породах виробіток закріплюють постійною обробкою, яка не виконує функції несучої конструкції, а слугує облицюванням.

Розглянемо конструкції монолітних обробок одноколійних залізничних тунелів із монолітного бетону.

Види одноколійних тунелів:

- тип I – виробітка (без обробки) в міцних суцільних невивітрюваних і сухих породах (рис. 10.5);
- тип II – для міцних суцільних порід, які можуть у майбутньому потребувати пристрою обробки внаслідок можливого їх вивітрювання;
- тип III – для вивітрюваних твердих порід, що не зазнають тиску;
- тип IV – для слабких порід із незначним вертикальним тиском;
- тип IV-біс – для слабких порід з невеликим бічним тиском;
- тип V – для слабких порід із вертикальним тиском;
- тип VI – для слабких порід зі значним вертикальним тиском;
- тип VI-біс – для слабких порід зі значним бічним тиском.

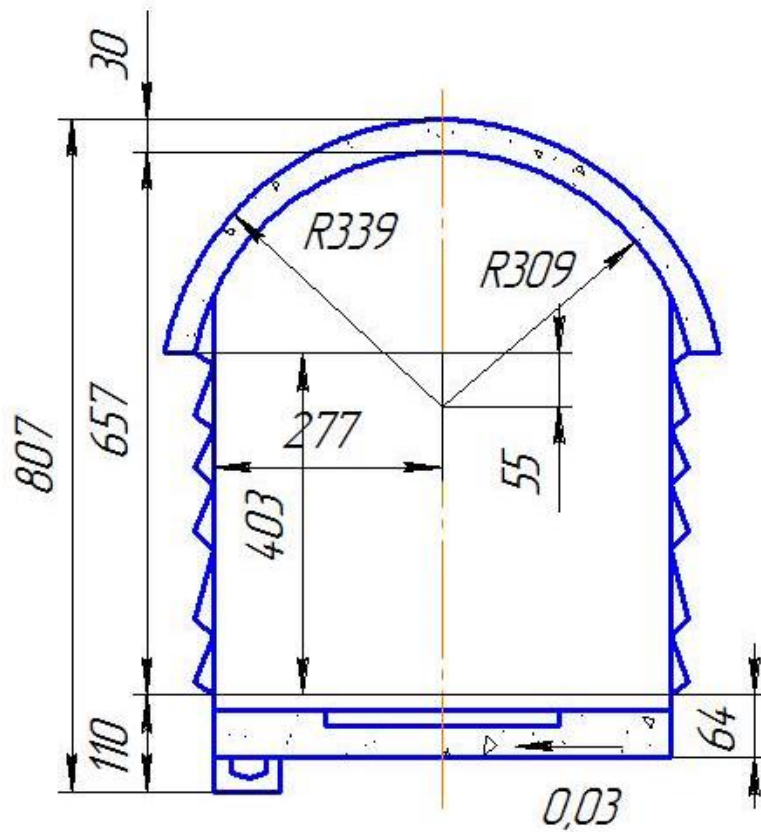


Рисунок 10.5 – Обробка типу II у суцільних невивітрюваних міцних і сухих породах

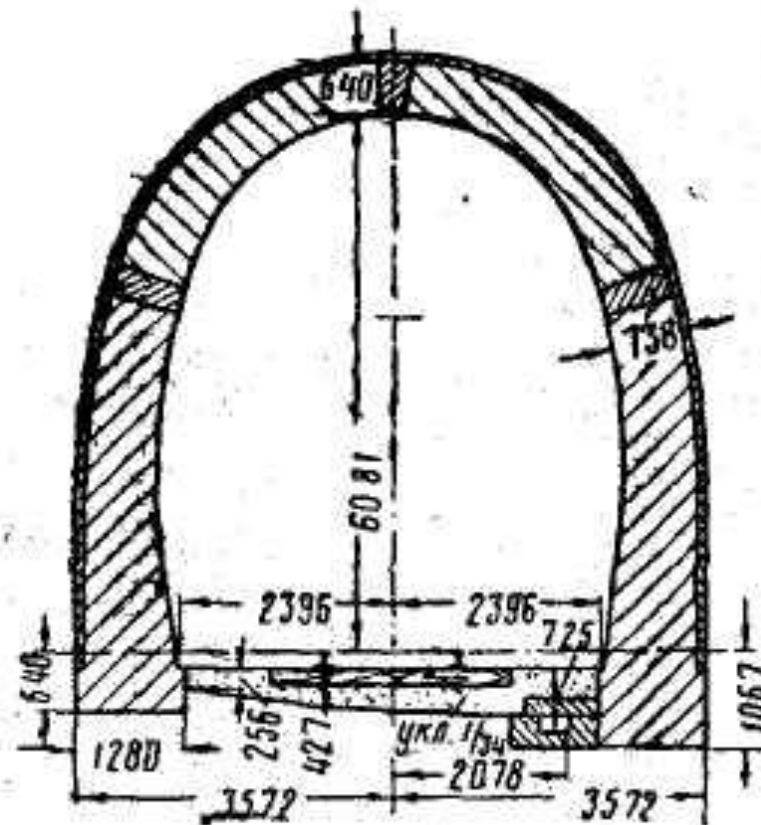


Рисунок 10.6 – Обробка типу III для вивітрюваних твердих порід

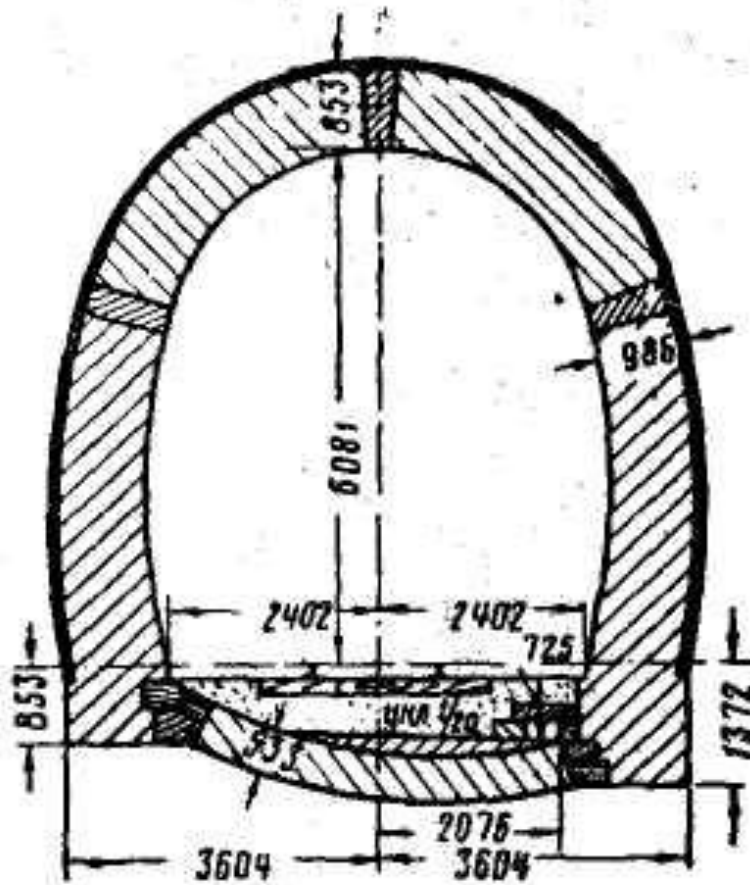


Рисунок 10.7 – Обробка типу VI-біс для слабких порід

Види двошляхових тунелів

Тип I – виробіток без обробки в міцних суцільних невивітрюваних і сухих породах.

Тип II – для міцних суцільних порід, які можуть згодом потребувати пристрою обробки через можливе вивітрювання.

Тип III – для вивітрюваних твердих порід, які не виявляють тиску (рис. 10.8).

Тип IV – для м'яких порід з малим вертикальним тиском.

Тип V – для м'яких порід із середнім вертикальним тиском.

Тип V-біс – для м'яких порід із середнім бічним тиском.

Тип VI – для слабких порід із великим вертикальним тиском

Тип VI-біс для слабких порід із великим бічним тиском (рис. 10.9).

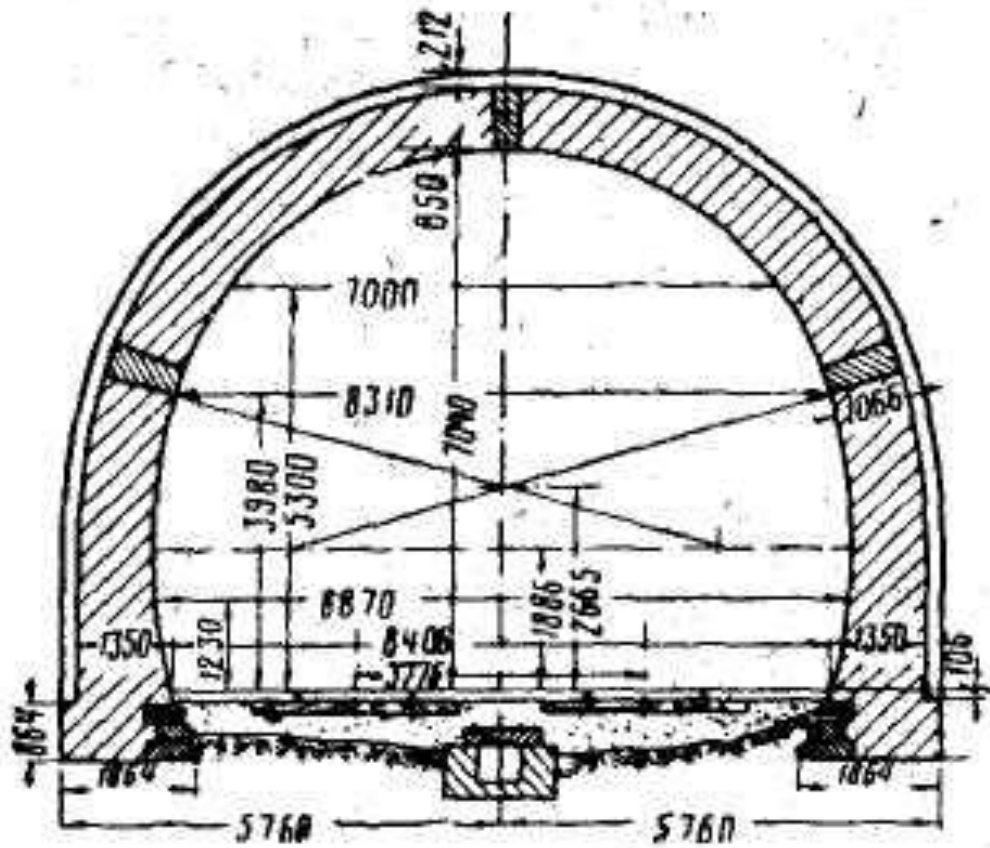


Рисунок 10.8 – Обробка типу III для вивітрюваних твердих порід

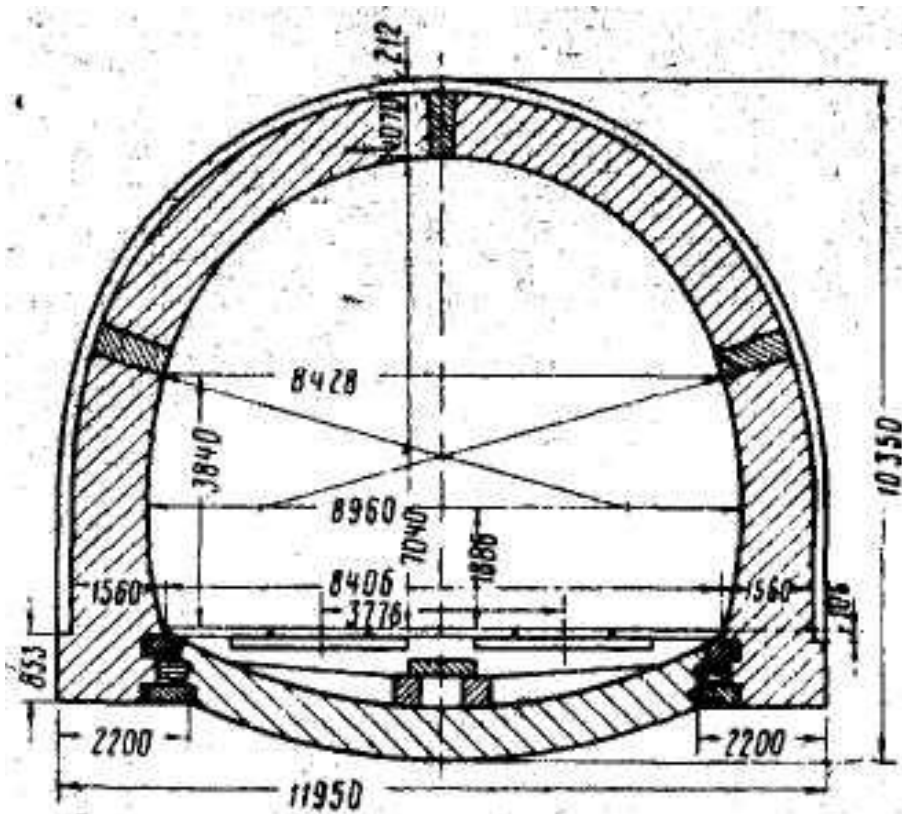


Рисунок 10.9 – Обробка типу VI-біс для слабких порід зі значним боковим тиском

Ніші. Камери. Портали

Для укриття людей, що перебувають у тунелі при проходженні поїзда, в обробці влаштовують спеціальні заглиблення – ніші (рис. 10.10). Заглиблення більшого розміру, що називаються камерами (рис. 10.11), призначені для зберігання робочого інвентарю, матеріалів та інструментів.

Ніші розташовують в обох стінах тунелю в шаховому порядку через 60 м на кожному боці (рис. 10.12), а камери – через 300 м відповідно. При довжині тунелю 300–400 м у ньому влаштовують одну камеру всередині тунелю.

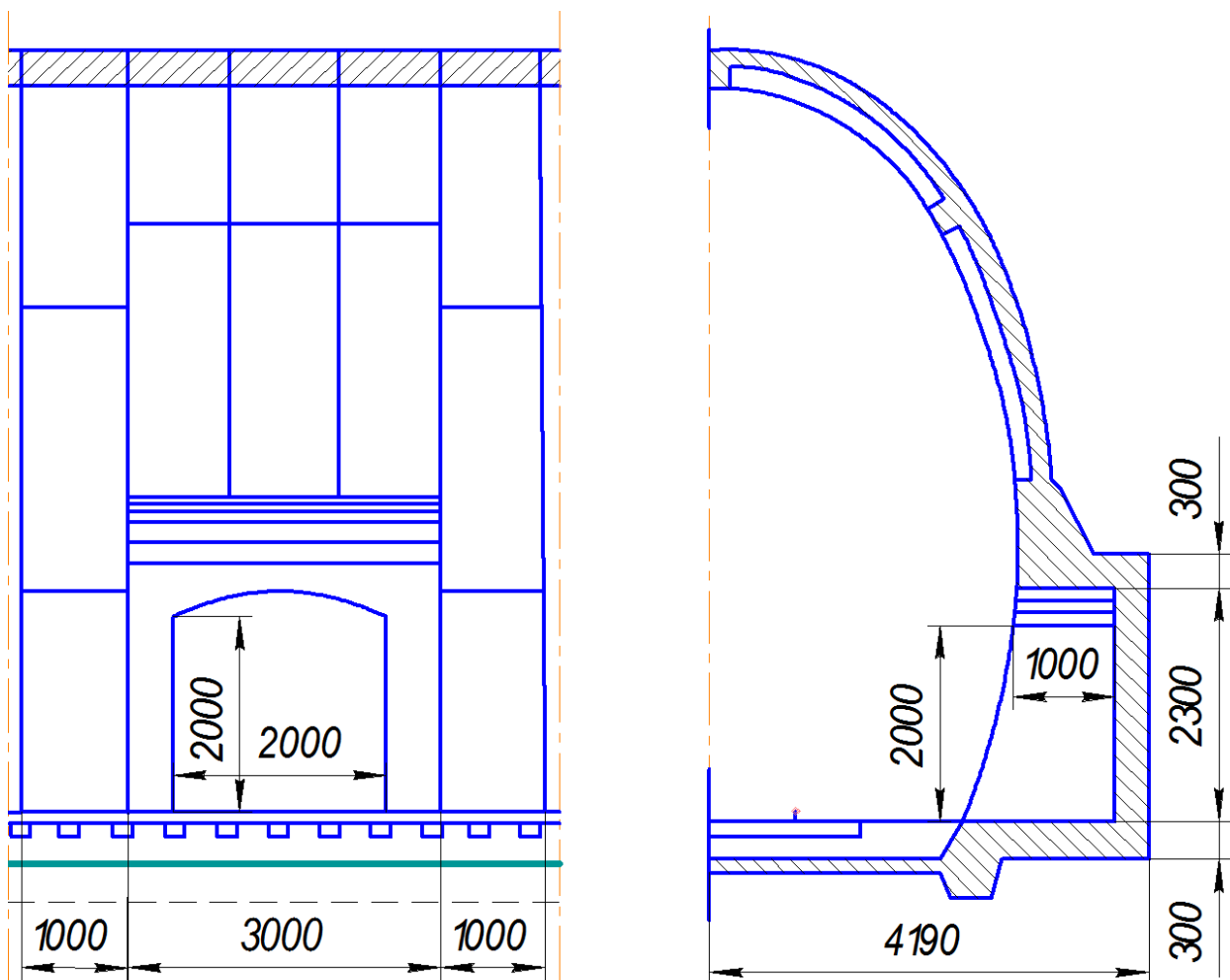


Рисунок 10.10 – Ніша

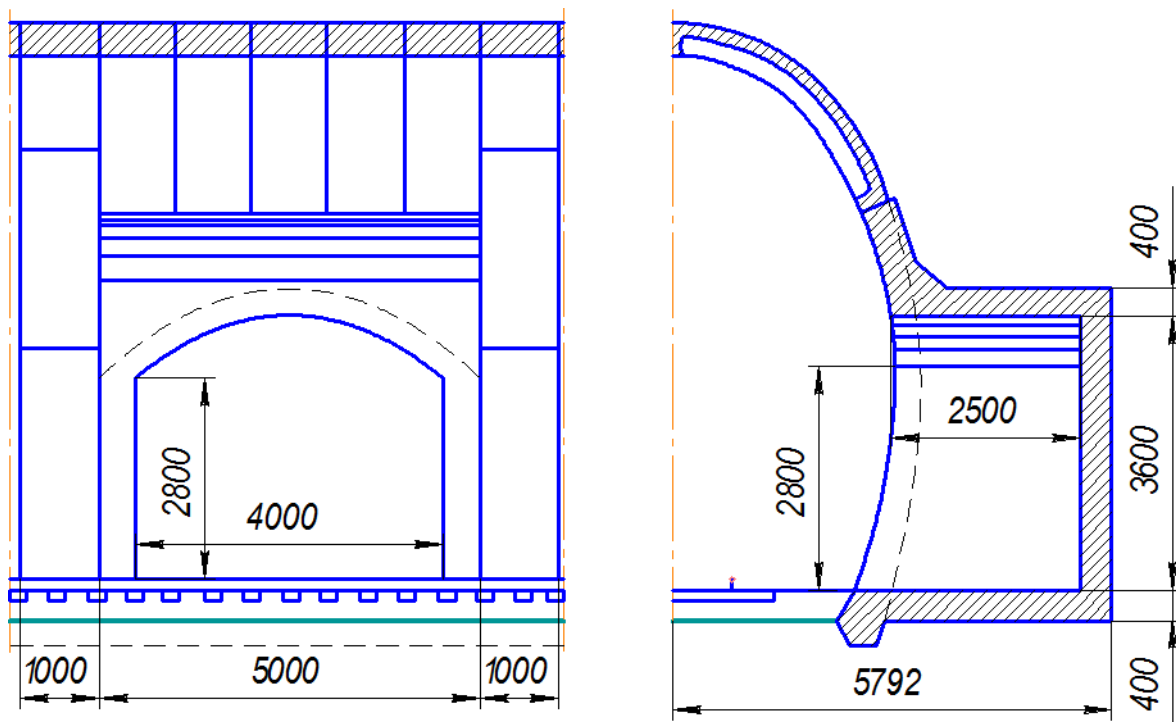


Рисунок 10.11 – Камера

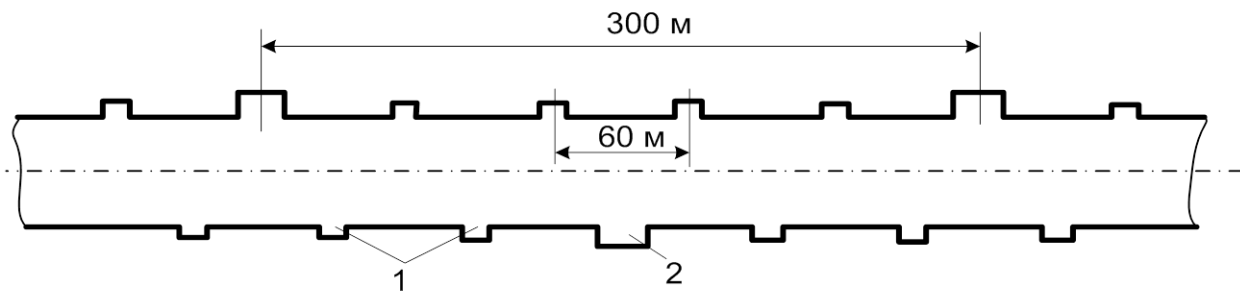


Рисунок 10.12 – Схема розташування ніш і камер в плані ніші (1)
і камери (2)

Портал споруджують для з'єднання конструкції тунелю з підхідною виїмкою. Він забезпечує стійкість чолового і бічних укосів, а також відвід від тунелю води, що стікає з чолового укосу.

Портал – єдиний елемент тунелю, відкритий для огляду, тому виправданим є бажання надати цій частині споруди належне архітектурне оформлення.

Збірні конструкції тунельних обробок

Для збірних обробок використовують такі матеріали, як чавун, сталь і залізобетон.

Металеві обробки відрізняються точністю виготовлення, водонепроникністю і простотою збирання. При будівництві тунелів метрополітенів чавунні обробки до недавнього часу використовувалися найчастіше. Сталь застосовується в конструкціях збірних обробок зрідка і в поєднанні з монолітним бетоном, що захищає її від корозії, до якої вона схильна більше, ніж чавун.

Залізобетонні збірні обробки протягом останнього часу стали основними в тунелях, що споруджуються щитовим способом. Вони значно дешевші, ніж чавунні обробки і не поступаються їм за більшістю показників, крім водонепроникності.

Збірна обробка з чавунних тюбінгів (рис. 10.13) має форму кільця. Її складають з окремих елементів – тюбінгів, з'єднаних болтами. Більшу частину обробки становлять однакові тюбінги (нормальні). У кільці нормальні тюбінги прилягають один до одного площинами бортів і мають радіальний напрям. Такі тюбінги проектуються якомога більшими за розміром. Умови, що обмежують їх розміри, полягають у зручності збірки кільця і транспортуванні тюбінгів через ствол шахти у вузьких підземних виробітках.

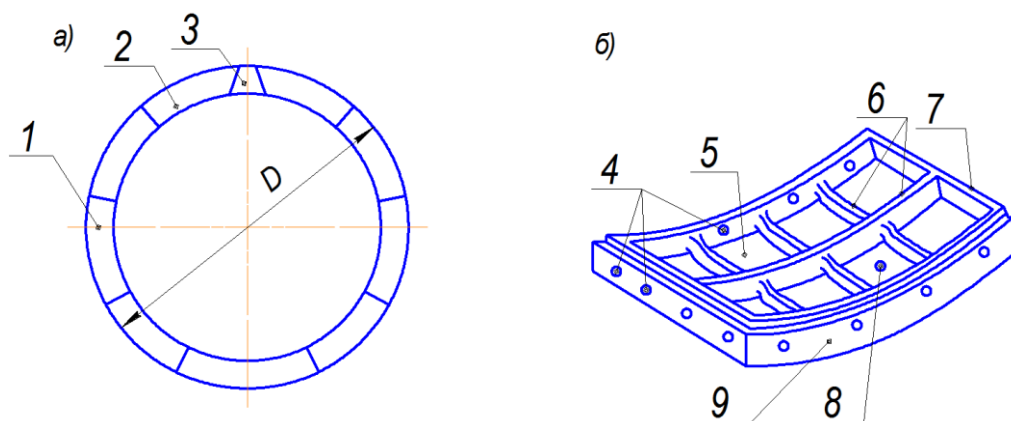


Рисунок 10.13 – Конструкція обробки чавунних тюбінгів:
 а – схема кільця; б – нормальний тюбінг; 1 – нормальні тюбінги;
 2 – суміжний тюбінг; 3 – замковий тюбінг; 4 – отвори для болтів; 5 – спинка тюбінга; 6 – діафрагми; 7 – радіальний борт; 8 – отвір для нагнітання розчину;
 9 – кільцевий борт

Гідроізоляція обробок, пристрої водовідводів у тунелях.

Мета гідроізоляції – недопущення підземних вод у внутрішній простір тунелю. Гідроізоляція забезпечує насамперед водонепроникність матеріалу конструкції. Додатковим засобом, що збільшує водонепроникність конструкції і навколишнього масиву, є обробка спочатку цементно-піщаним, а потім цементним розчином. Розчин заповнює тріщини і порожнини в обробці і масиві породи, перегороджуючи шлях підземним водам.

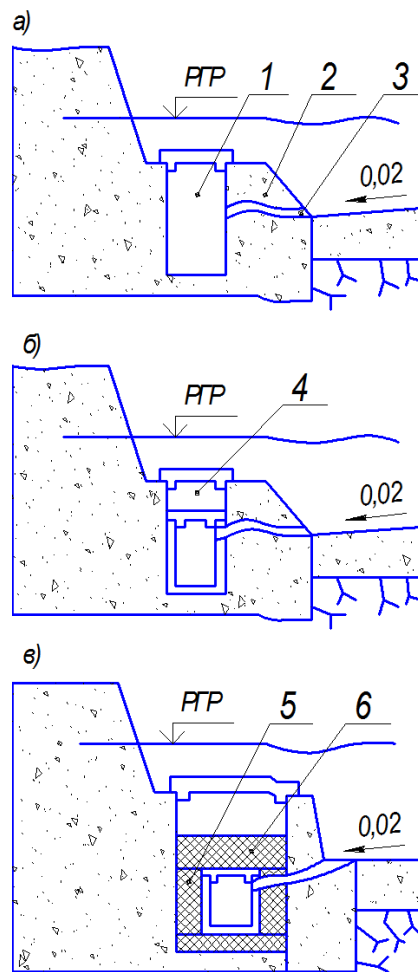


Рисунок 10.14 – Лотки водоводів:

- а – без утеплення; б – з утепленою засипкою; в – з утепленням із блоків теплоізоляцією; 1 – лоток; 2 – блок із легкого бетону; 3 – трубка водовідведення; 4 – утеплювальна засипка; 5 – блок теплоізоляції; 6 – блок теплоізоляції перекриття

Радикальним засобом, що дозволяє забезпечити повну водонепроникність обробки, є включення в її конструкцію замкнутих водонепроникних мембран.

Оздоблення з монолітного бетону може бути практично водонепроникним завдяки відповідному підбору складу бетону і якісному ущільненню при його укладанні. Течі зазвичай з'являються в місцях робочих швів, залишених при бетонуванні. Вони ліквідовуються після нагнітання за обробку цементно-піщаного розчину через трубки, закладені в бетон при його укладанні. Видалення води з тунелю і скидання її за межами порталів виконується за допомогою водовідливних лотків (рис. 10.14, а), поздовжній ухил яких зазвичай відповідає ухилу шляху в тунелі і повинен становити не менше 0,003 %. Поперечний ухил бетонного вирівнювального шару в бік лотка – не менше 0,02 %. Внутрішні розміри лотка призначають згідно з гідравлічним розрахунком на максимально можливий приплив води, але не менше 30 см.

У більш складних випадках обводнення додатково до нагнітання за обробкою влаштовують дренажні штольні паралельно до тунелю на відстані 4–9 м у просвіті від нього. Закладають також поперечні дренажі-прорізи, заповнені каменем насухо. Їх розташовують під баластним коритом або з боків по тунельній обробці. Воду з них відводять у поздовжні штольні, а коли їх немає – у тунельний лоток. Останнім часом впроваджується дешевше порівняно зі штольнями буріння дренажних свердловин до 25–30 м завдовжки. Завіси розташовуються у вигляді намету або вертикально по боках тунелю (рис. 10.15). Свердловини бурять або з існуючої штольні, або зі спеціальних, розміщених упоперек до тунелю виробок, що використовуються потім для пропускання води зі свердловин у лоток тунелю.

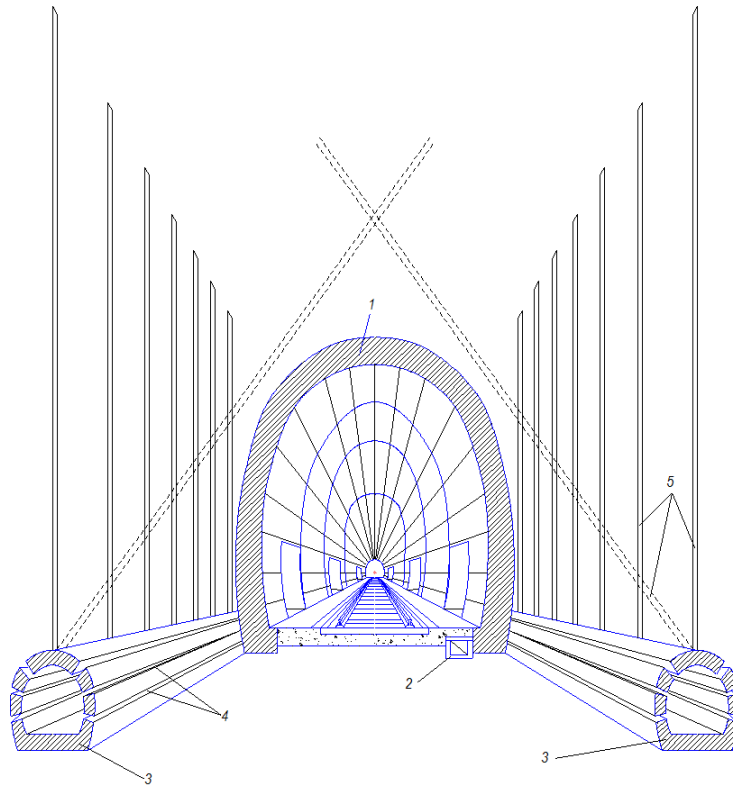


Рисунок 10.15 – Осушення тунелю дренажними штольнями і свердловинами:
 1 – тунельна обробка; 2 – лоток; 3 – штольня; 4 – дренажні отвори;
 5 – свердловини в породі

Питання для самоконтролю

1. Поясніть, для чого застосовується гідроізоляція.
2. Опишіть збірні конструкції тунельних обробок.
3. Подайте визначення понять «ніші», «камери» та «портали».
4. Опишіть конструкції обробок тунелів із монолітного бетону.
5. Для чого призначаються тунелі та як їх класифікують?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабаєв В. М. Проектування міських територій : підручник : [у 2 ч.] / [за ред. В. Т. Семенова, І. Е. Линник] ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – Ч. 1. – 449 с. – Існує електрон. версія. (Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/51991/>, вільний).
2. Безлюбченко О. С. Планування міст і транспорт : навч. посіб. / О. С. Безлюбченко, С. М. Гордієнко, О. В. Завальний. – Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 271 с. – Існує електрон. версія. (Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/58505/>, вільний).
3. Білятинський О. А. Проектування капітального ремонту і реконструкції доріг : підруч. для студ. вищих навч. закл., які навчаються за спец. «Автомобільні шляхи і аеродроми» / О. А. Білятинський, В. П. Старовойда. – Київ : Вища освіта, 2003. – 343 с.
4. Линник І. Е. Проектування міських територій : підручник : [у 2 ч.] / [за ред. І. Е. Линник, О. В. Завального] ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – Ч. 2. – 544 с. – Існує електрон. версія. (Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/55301/>, вільний).
5. Лобашов О. О. Транспортне планування міст : конспект лекцій для студентів 5 курсу денної та заочної форм навчання спеціальностей 7.07010101, 8.07010101 «Транспортні системи (за видами транспорту)» / О. О. Лобашов ; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2011. – 31 с. – Існує електрон. версія. (Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/24349/>, вільний).
6. Шишкін Е. А. Реконструкція цивільних та промислових будівель і споруд : підручник / [за ред. Е. А. Шишкіна, О. В. Завального] ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 404 с. – (Серія «Міське будівництво та господарство»). – Існує електрон. версія. (Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/60932/>, вільний).

7. ДБН В 2.3-4-2015 Автомобільні дороги. Частина I Проектування. Частина II Будівництво [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: https://econstruction.gov.ua/laws_detail/3074920736381470676?doc_type=2, вільний (дата звернення 01.08.2023). – Назва з екрана.

Електронне навчальне видання

ВЯТКІН Костянтин Ігорович

**ПРОЄКТУВАННЯ ТА РЕКОНСТРУКЦІЯ ДОРОЖНЬО-
ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для здобувачів другого (магістерського)
рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання
зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

Відповідальний за випуск *К. І. Вяткін*
Редактор *О. А. Норик*
Комп'ютерне верстання *К. І. Вяткін*

План 2023, поз. 191Л

Підп. до друку 07.09.2023. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 5,9.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.