

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО- НАУКОВИЙ ІСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра Промислове та цивільне будівництво  
(повна назва)

**Кваліфікаційна робота**

рівень вищої освіти Магістр  
(рівень вищої освіти)

на тему: **Еволюція будівельних технологій залізобетонних мостів**

Виконав: студент 2 курсу, групи: 8.1920-пцб- дн

Меркаде Юссеф

спеціальності:

192 - Будівництво та цивільна інженерія

освітньо-професійна програма

Промислове і цивільне будівництво

Керівник Анін В.І., д.е.н., професор.

Рецензент доц., к.т.н. Данкевич Н.О.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя.2022

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
імені Ю.М. ПОТЕБНІ**

Кафедра Промислового та цивільного будівництва  
Рівень вищої освіти магістерський  
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
(код та назва)  
Освітня програма «Промислове і цивільне будівництво»  
(код та назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри *Меркаде Юсеф*  
«    »    20   року

**З А В Д А Н Н Я  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Меркаде Юсеф

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Еволюція будівельних технологій залізобетонних мостів

керівник роботи Анін Віктор Іванович, д.е.н., проф.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «    »    20   року

№   


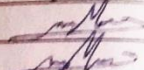

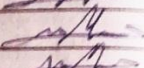

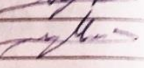

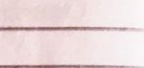

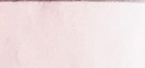
2 Строк подання студентом роботи   

3 Вихідні дані до роботи нормативно-технічна документація,

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Теоретико-методологічні аспекти технології будівництва мостів . 2. Дослідження технології будівництва мостів. 3. Дослідження різноманітних методів будівництва мостів та їх вибір 4. Аналіз типів збірних мостових елементів та систем для будівництва мостів. 5. Підходи удосконалення методів будівництва та проектування мостів

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 8 листів

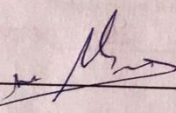
## 6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Анін В.І.		
Розділ 2	Анін В.І.		
Розділ 3	Анін В.І.		
Розділ 4	Анін В.І.		
Розділ 5	Анін В.І.		

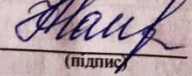
7 Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Теоретико-методологічні аспекти технології будівництва мостів .	з 01.09 по 20.09.2021	
2	Дослідження технології будівництва мостів.	з 21.09 по 15.10.2021	
3	Дослідження різноманітних методів будівництва мостів та їх вибір	з 15.10 по 10.11.2021	
4	Аналіз типів збірних мостових елементів та систем для будівництва мостів.	з 10.11.2021 по 30.12.2021	
5	Підходи удосконалення методів будівництва та проектування мостів	з 4.01.2022 по 1.02.2022	

Студент  Меркаде ЮссефКерівник роботи (проєкту)  (ініціали та прізвище) В.І. Анін  
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  (підпис) Данкевич Н.О.  
(ініціали та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Меркаде Юссеф. Еволюція будівельних технологій залізобетонних мостів.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Науковий керівник В.І. Анін; Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2021 р.

В роботі відзеркалено формування теоретичних та практичних навичок пов'язаних з еволюцією будівельних технологій залізобетонних мостів. Відмітимо, що в даний час ведеться розроблення і впровадження в мостобудування гнучкої (універсальної) технології будівництва мостів, передбачаючої застосування збірних уніфікованих конструкцій заводського виготовлення з використанням інвентарної технологічної оснастки обмеженої номенклатури. Вивчається також технологія будівництва мостів з монолітного залізобетону.

**Ключові слова:** будівництво мостів, будівельна технологія, залізобетонні мости, якість будівельних проектів.

Список публікацій магістранта:

Меркаде Юссеф, Анін В.І. Еволюція будівельних технологій залізобетонних мостів. *І всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України»*. Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2021. С. 399-402.

## ANOTATION

Mercade Youssef. Evolution of construction technologies for reinforced concrete bridges.

Qualifying final work for the receipt of degree of higher education of master's degree after speciality a 192 «Building and civil engineering». Scientific leader V.I. Anin; Engineering educational-scientific institute the name of Y.M. Potebni the Zaporizhzhya national university, department of industrial and civil building, in 2021

In - process отобразено forming of theoretical and practical skills of the building technologies of reinforce - concrete bridges related to the evolution. Will of of mark, that is presently conducted development and introduction of of in mostobuduvannya of of of flexible (universal) technology of building of bridges, foreseeing application of the combined teams of уніфікованих constructions of factory - made with the use of the inventory technological rigging of the limited nomenclature. Technology of of of building of bridges is studied also from the monolithic reinforced concrete.

**Keywords:** building of bridges, building technology, reinforced concrete bridges, quality of building projects.

Список публікацій магістранта:

Меркаде Юссеф, Анін В.І. Еволюція будівельних технологій залізобетонних мостів. *I всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України»*. Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2021. С.399-402.

## ЗМІСТ

Вступ .....	5
<b>1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА МОСТІВ .....</b>	<b>8</b>
1.1 Аналіз теоретичних постулатів та визначення термінології мостів.....	8
1.2. Суть та значення компонентів мостів .....	9
1.3 Аналіз типи мостів .....	19
1.4 Значення будівельних матеріалів при технології будівництва мостів .....	40
<b>2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА МОСТІВ .....</b>	<b>65</b>
2.1 Планування будівництва мосту включаючи послідовність та етапи планування .....	65
2.2 Планування будівництва мосту включаючи послідовність та етапи планування.....	69
2.3 Аналіз сучасного будівництва мостів.....	72
<b>3 ДОСЛІДЖЕННЯ РІЗНОМАНІТНИХ МЕТОДІВ БУДІВНИЦТВА МОСТІВ ТА ЇХ ВИБІР .....</b>	<b>77</b>
3.1. Різні методи лиття на місці будівництва мосту .....	88
3.2. Збалансований консольний метод будівництва мосту .....	92
3.3. Попередній метод будівництва мосту.....	99
3.4 Спосіб будівництва мосту прольотом за прольотом .....	100
3.5. Поступовий метод запуску будівництва мосту .....	101
3.6. Метод будівництва мосту, що залишився на кабелі .....	102
3.7. Арковий метод будівництва мостів .....	103
<b>4 АНАЛІЗ ТИПІВ ЗБІРНИХ МОСТОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТА СИСТЕМ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА МОСТІВ .....</b>	<b>104</b>
<b>5. ПІДХОДИ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ БУДІВНИЦТВА ТА ПРОЕКТУВАННЯ МОСТІВ .....</b>	<b>119</b>
<b>Висновок .....</b>	<b>129</b>
<b>Список використаної літератури.....</b>	<b>130</b>

## Вступ

**Актуальність.** Мости - це дивовижні архітектурні інженерії, які мирно стоять серед нас. Ми не думаємо про них багато, навіть коли ми переходимо їх. Але коли ви знайдете хвилину, щоб усвідомити проблеми, які вирішують ці інфраструктури, ви починаєте цінувати важливість та багату історію, що стоїть за ними.

Коли ми озираємося назад у часі, цілком ймовірно, що одні з найдавніших мостів в історії були дерева, що впали над водоймою, що забезпечує прохід. Що стосується техногенного будівництва, то арочний міст Аркадіко, який датується приблизно 1300 - 1190 рр. До н.е., у Південній Греції, вважається одним із найстаріших мостів на планеті, який досі використовується. У попередні дні міст Аркадіко служив шосе між містами Тирінс та Епідавр. Так, інженерія мостів змінилася зовсім небагато, оскільки колісниці, намальовані конями, блукали бруківкою вулиць грецької епохи бронзи.

Перші подібні мости почали будувати в епоху рабовласницького суспільства. Спочатку з каменю робили тільки опори моста, але потім і вся його конструкція стала кам'яною.

Великих успіхів у кам'яному мостобудуванні домоглися древні римляни, які застосовували склепінчасті конструкції як опори і використовували цемент, секрет якого був втрачений в Середньовіччі, але потім відкритий заново. Мости (точніше, акведуки) використовувалися для забезпечення міст водою. Римський історик Секст Юлій Фронтин писав про те, що акведуки — головні свідки величі Римської імперії. Деякі давньоримські мости слугують і донині.

У Середньовіччі розростання міст і бурхливий розвиток торгівлі викликали необхідність у великій кількості міцних мостів. Розвиток інженерної думки дозволив будувати мости з ширшими прогонами, пологими склепіннями і менш широкими опорами. Найбільші мости того часу сягають у прогоні більше 70 метрів.

Середньовічний Міст Нотр-Дам в місті Манд, департамент Лозер, Франція.

Залізний міст— перший у світі арковий міст, виготовлений із заліза (чавуну), Велика Британія

Слов'яни замість каменя використовували переважно дерево. «Повість врем'яних літ» повідомляє про будівництво моста в Овручі в 10 столітті.

Сьогодні будівництво мостів охоплює сім різних типів конструкцій, і ці архітектурні відчуття продовжують поліпшуватися з року в рік.

Навички будівництва мосту швидко прогресували протягом 20 століття. Наприкінці століття були розроблені нові методи, які покращували конструкцію, міцність та довговічність мостів. Сталеві мости були сильно заклеплені замість попередньої практики.

**Мета та завдання дослідження.** Метою дослідження полягає у визначенні значення мостів, їх типів та недоліків після тривалої експлуатації на основі технічного стану матеріалів, що використовуються при їх будівництві та умов, що контролюють їх безперервність, за допомогою сучасних методів і технологій.

Для досягнення зазначеної мети поставлено такі завдання:

- Проведення аналізу технічно-нормативних та наукових праць в розрізі визначення типів та компонентів мостів та як вони працюють.
- Дослідження сучасних будівельних матеріалів, які використовуються при будівництві мостів.
- Аналіз сучасних методів і прийомів, що використовуються при будівництві мостів.
- Підходи удосконалення методів будівництва та проектування мостів.

**Об'єкт дослідження** є процеси сучасних технологій при будівництві мостів.

**Предметом дослідження** є переваги та недоліки будівництва мостів та сучасні технології, які використовуються для забезпечення їх безперервності.



**Методами дослідження** є дослідження матеріалів основних компонентів мосту та вивчення нових матеріалів, які забезпечують довготривалу несучу здатність з паралельним вивченням факторів, що контролюють безперервність мосту, таких як вітер, вода та якість ґрунту.

**Наукова новизна.** У результаті аналізу транспортних споруд, науково-технічних джерел і низки досліджень залізобетонних і сталезалізобетонних конструкцій мостів та мостів тривалої експлуатації вдалось узагальнити основні причини, які суттєво впливають на деградацію конструкцій вказаних мостів і шляхопроводів. Показана можливість відновлення їх несучої здатності і довговічності, використовуючи сучасні матеріали і технології. Зокрема встановлено, що окрім силових факторів суттєво впливають і фактори повітряного, ґрунтового та водного середовища.

**Практичне значення.** На основі цих даних вдалося узагальнити та визначити переваги та недоліки кожного типу мосту в будівництві, а також переваги та недоліки його тривалої експлуатації. Це дає можливість запропонувати напрямки теоретичних і експериментальних досліджень і методики розрахунків з урахуванням їх при проектуванні та експлуатації цих об'єктів. Зокрема, на основі цих даних створюється та опрацьовується технологія на реальних об'єктах із застосуванням сучасних матеріалів і технологій ремонтно-реставраційних робіт, що дозволяє значно підвищити довговічність та надійність конструкцій.

# 1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА МОСТІВ

## 1.1 Аналіз теоретичних постулатів та визначення термінології мостів

Міст - це техногенна споруда, побудована для уникнення фізичних перешкод, не закриваючи під ними шлях, наприклад, водойма, долина чи дорога. Він побудований з метою забезпечення проходу через перешкоду. Перші мости, зроблені людьми, були, ймовірно, прольотами зрізаних дерев'яних колод або дощок і, зрештою, камінням, використовуючи просту опору та поперечний промінь.

Міст — споруда, призначена для руху через річку, яр та інші перешкоди, межами якої є початок і кінець пролітних споруд.

Міст, перекинутий через дорогу, називають шляхопроводом, міст через яр або ущелину — віадук.

Міст є однією із найдавніших інженерних споруд людства.

Римляни будували аркові мости та акведуки. Римляни також використовували цемент, який зменшував коливання міцності, що міститься в природному камені.

Конструкції мостів змінюються залежно від функції мосту, природи місцевості, де побудований і закріплений міст, матеріалу, який використовується для його виготовлення, та коштів, доступних для його будівництва.

Підведемо підсумки процесу будівництва мосту на першому (і найдорожчим — до 50 % витрат від загальної вартості будівництва) етапом у побудові моста є зведення опор. Опори споруджуються у відкритих котлованах або шляхом занурення в ґрунт паль, опускних колодязів, кесонів, збірних оболонок. Палі (в основному залізобетонні) використовуються, головним

чином, під час будівництва малих і середніх мостів. Вони занурюються в ґрунт за допомогою дизельних молотів і електричних віброзанурювачів. При зведенні великих мостів використовуються в основному збірні оболонки діаметром до 3 м.

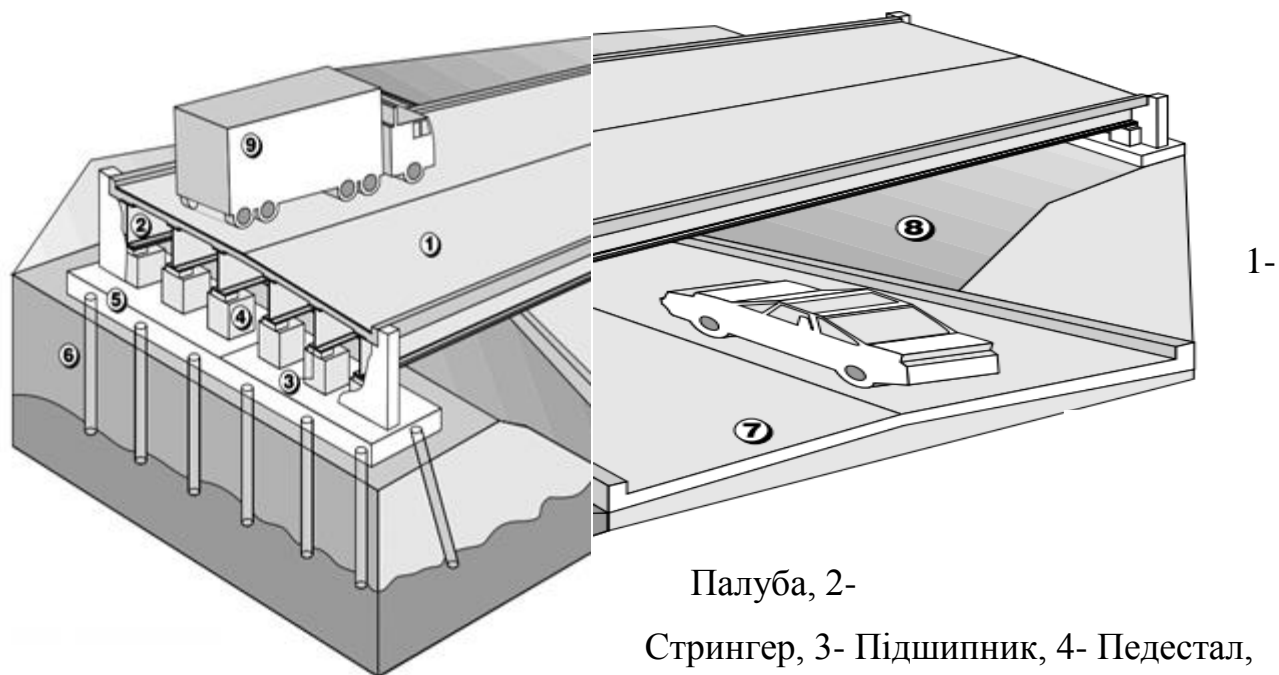
Прогонні конструкції зазвичай встановлюють на опори монтажними кранами. При будівництві великих мостів прогонові конструкції нерідко збирають на березі і потім переміщують (насувають) по опорах з одного берега на інший. Навісний метод установки допускає нарощування конструкції від опори моста в його прогін. При цьому застосовується навісний монтаж за допомогою крана, що рухається вже побудованою частиною (для металевих прогонових конструкцій), або ж навісна збірка з виготовленням окремих елементів на заводі і подальшим транспортуванням їх до об'єкту (для залізобетонних).

Інакше відбувається будівництво навісних мостів: воно починається з установки пілонів, потім на них підвішуються тимчасові кабелі. З їх допомогою проводиться навивка основних кабелів моста, після чого монтують підвіски та балку жорсткості.

## **1.2 Суть та значення компонентів мостів**

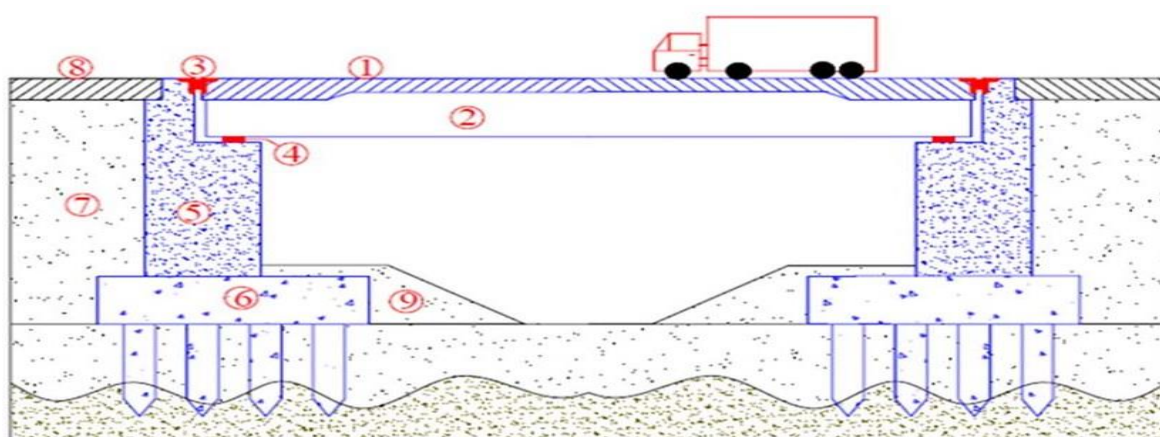
Компоненти мосту підбираються відповідно до сценарію його використання (пішохідні, шосе, залізничні, транзитні або промислові мости), а й місце, на якому він побудований, проліт між його основними конструктивними балками та їх основна конструкція (арка, балка, консольна, вантова, підвісна або інше).

Ось деякі з основних компонентів сучасних мостів:



Палуба, 2-  
Стрингер, 3- Підшипник, 4- Педестал,  
5- Фундамент, 6- Палі, 7- Підземний перехід, 8 – Набережна, 9- Живе  
навантаження

Рисунок 1.1 – Основні компоненти мосту



1-палуба та носіння поверхні, 2-первинний член, 3-Спільні, 4-носійне, 5-ферми,  
6- Фундамент і палі, 7-засипка, 8-Підхід, 9-типування

Рисунок 1.2 – Основні компоненти мосту (2)

Компоненти мостової структури:

1. Суперструктура або компонент настилу
2. Підшипник
3. Компоненти підструктури

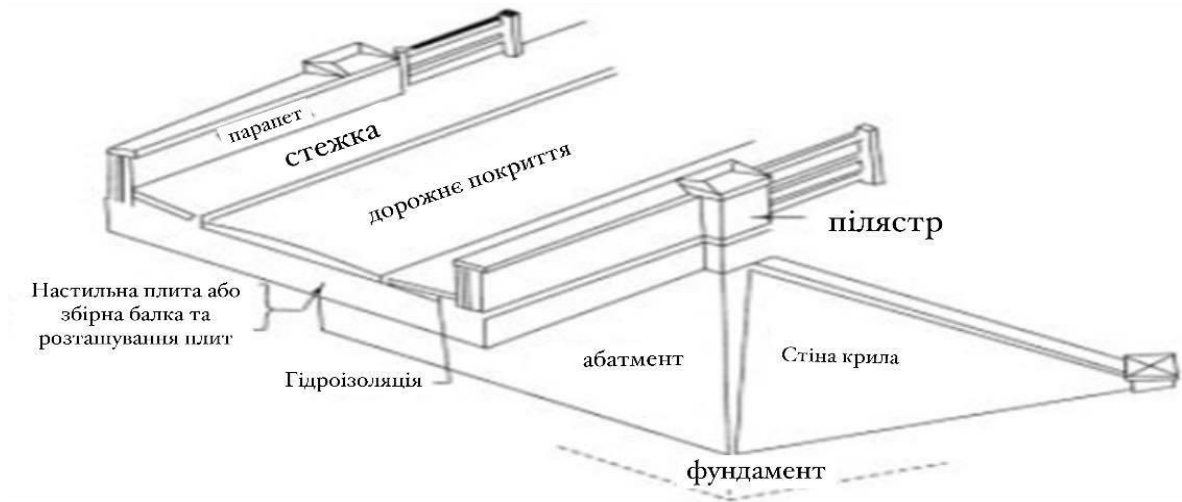


Рисунок 1.3 – Наскрізний розділ мосту з бетонної плити

Надбудова мостової конструкції складається з настилу, балки, ферми тощо. Ці компоненти змінюються залежно від типу мосту (будь то бетон чи сталь чи композит). Надбудова мосту несе навантаження, що проходить через нього. Це допомагає в передачі сили, утворені навантаженнями до нижніх підструктур.

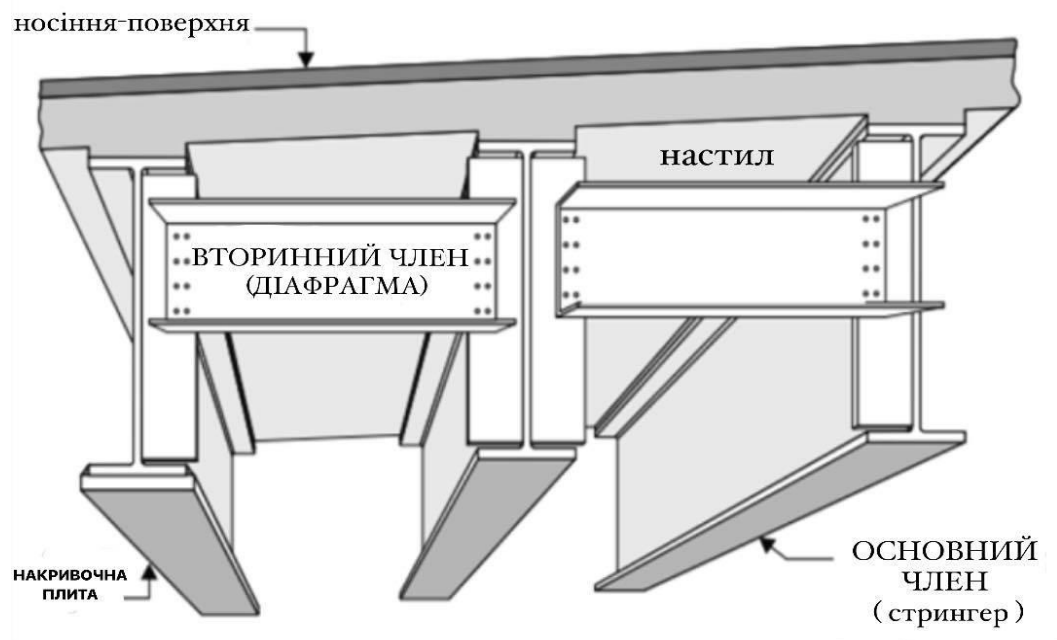


Рисунок 1.4 – Основні компоненти надбудови плит на стрингери

➤ Палуба :

Настил вважається дорожньою або залізничною поверхнею мосту. Палуби підтримуються бачками або величезними балками, які в свою чергу підтримуються пірсами. Вся домовленість підтримується глибоким фундаментом, головним чином, паль та шапки.

Основна функція палуби - розподіляти навантаження поперечно вздовж перерізу мосту.



Рисунок 1.5 – Палуба мосту

Вантажі, отримані настилами, належним чином і безпечно передаються в підструктуру за допомогою підшипників. Це компоненти мосту, які дозволяють рівномірно розподіляти навантаження на матеріал підструктури. Ця передача є дуже важливою у ситуаціях, коли підструктура не призначена для прямого навантаження.



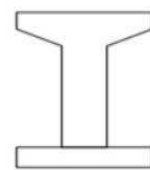
Рисунок 1.6 – Ведмідь на мосту

Підшипники в мостах дозволяють поздовжній рух ременів. Цей рух створюється завдяки силам, що діють на поздовжній напрямок. Сили, зумовлені рухомими навантаженнями та зміною температури, є основними причинами поздовжніх сил. Вибір підшипника залежить від певних параметрів, які є: Вантажі, що діють, геометрія, ступінь технічного обслуговування, доступний зазор, політика переміщення, обертання та відхилення, доступність, перевага дизайнера, допуски до будівництва та вартість критерії. Для дизайну мосту всі вищезазначені аспекти розглядаються як для проектування, так і для вибору підшипників. Дизайнер повинен розглядати розташування підшипників у будівництві мосту як окрему систему. У більшості будівельних практик підшипник вибирається або рішення щодо підшипника виконується в останній момент. Це призводить до збільшення технічного обслуговування в майбутньому, чого слід уникати.

Компоненти які беруть участь у підконструкції мостів:

- Пристані
- Ферми
- Стіни крила та повернення
- Фундамент

Пірс:



**МОЛОТ**



**суцільна стіна**

Рисунок 1.7 – Пристань-молот підтримує надбудову плити на стрингери

Пірс - це вертикальні споруди, що використовуються для підтримки настилу або підшипників, передбачених для передачі навантаження на підземний ґрунт через фундамент. Ці споруди служать опорою для мостових прольотів у проміжних точках. Структура пірсу має переважно два фонії:

1. Завантажте передачу до Фонду
2. Опір горизонтальним силам

У більшості випадків пірс розроблені таким чином, щоб протистояти вертикальним навантаженням. У районах, що лежать у сейсмічній зоні, рекомендується також спроектувати причал для бічних навантажень. Більшість пірсів побудовані з бетону. Сталь для будівництва причалу досі використовується в дуже мало випадків. Використання складених стовпців, тобто. сталеві колони, наповнені бетоном, використовуються як нова технологія будівництва причалу. Пристань - вертикальний член, який чинить опір силам за допомогою механізму зсуву. Ці сили є переважно бічними силами. Пристань, що складається з декількох колон, називається зігнутий.



Рисунок 1.8 - Пірс (Графік)





Рисунок 1.9 - Пірси

➤ Види пірсів у будівництві мосту:

Існують різні типи пірсів на основі структурної сполученості, форми секції та конфігурації обрамлення.

- Виходячи зі структурної сполученості, причал можна класифікувати як монолітний або консольний.
- Виходячи з форми пірсу секції, можна класифікувати як твердий або порожнистий, шестикутний, круглий або восьмикутний або прямокутний.
- На основі конфігурації обрамлення пірс можна класифікувати як одно- або

Ферми:

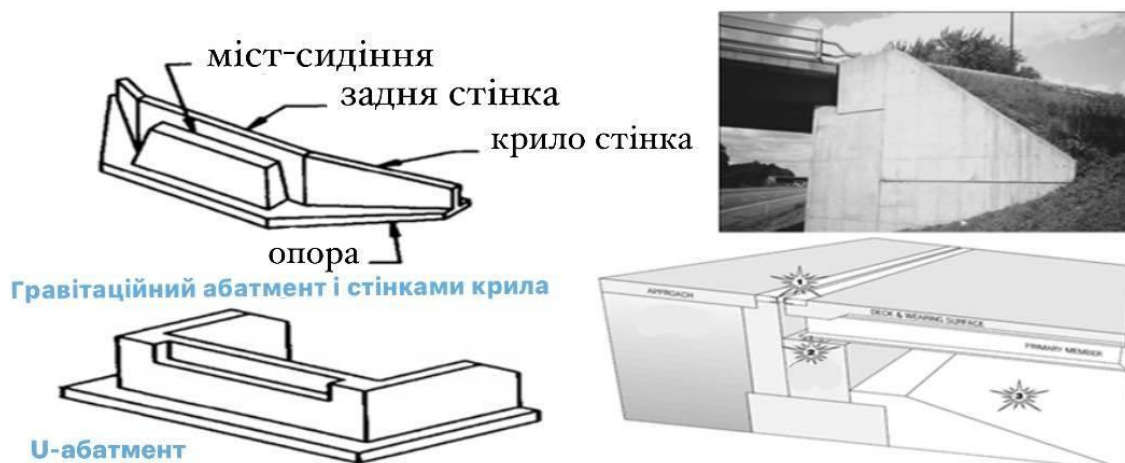


Рисунок 1.10 – Ілюстрація фермів

Одяг - це вертикальні споруди, які використовуються для утримання землі за будовою. Мертві та живі вантажі з надбудови мосту підтримуються мостовими абатментами.



Рисунок 1.11 – мостові ферми

Опора також піддаються бічному тиску переважно з набережної підходу. Проектні навантаження на ферми в основному залежать від:

- Вибраний тип абатмента
- Послідовність побудови

На малюнку нижче показані основні функції, які виконує абат.

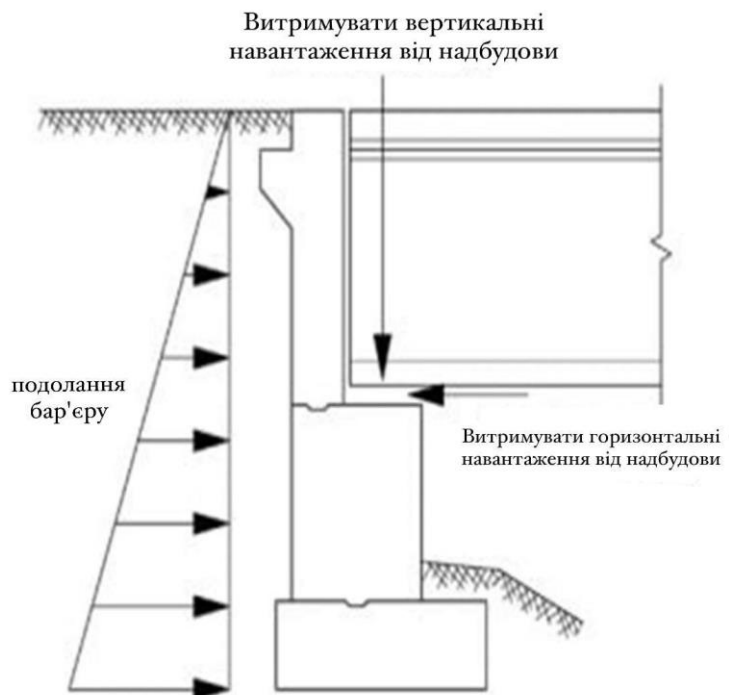


Рисунок 1.12 – Абатменти в мостобудуванні – основні функції

Як видно з наведеної вище фігури, абатменти мають проектні вимоги, подібні до підірних стін, а також до конструкції пірсу. Опора в основному розроблена для опору перекиданню та ковзанню. Більше уваги приділяється стабільності всієї системи. Особливу обережність слід забезпечити за основами абатментів. Фундамент абатмента повинен долати проблеми диференціального поселення та надмірних рухів, викликаних бічними силами чи навантаженнями. На малюнку нижче показані компоненти абатментів.

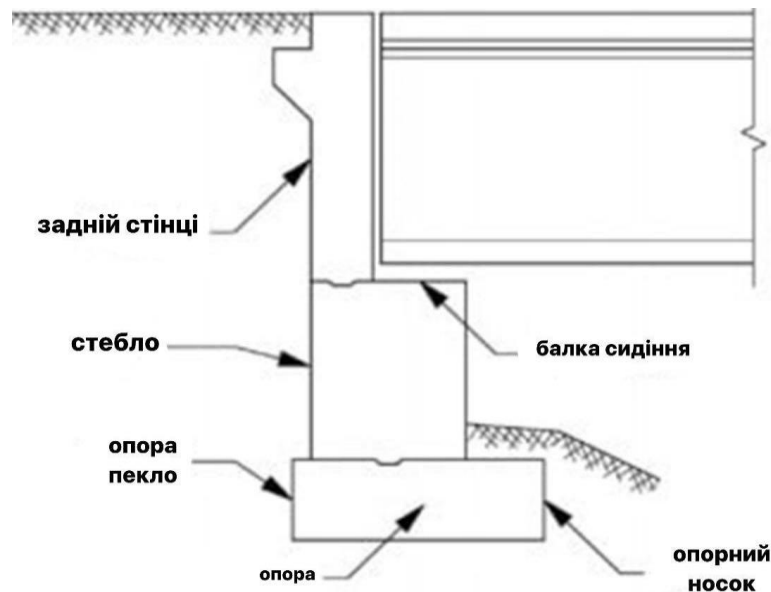


Рисунок 1.13 – Компоненти абатментів

Стіни крила та повернення:

Конструкції, побудовані як розширення фермів для утримання землі, присутньої в під'їзному березі, називаються криловими стінами. Ця частина інакше матиме природний кут спокою. Це підірні стіни, побудовані поруч із абатментами. Ця стіна може бути побудована інтегрально або незалежно зі стіною абатмента. Задня частина стіни повинна враховувати три проектні навантаження під час проектування. Сюди входить:

- Тиск землі з задньої заливки
- Доплата від живих вантажів або ущільнювального заводу
- Гідравлічні навантаження від насичених ґрунтових умов

Стабільність крила крила в основному базується на її стійкості до активного тиску на землю. Структурні елементи мостів розробляються та будуються для опору земному тиску в спокої.



Рисунок 1.14 – Крила стіна

➤ Парапети та поручні / огороження або бордюри:

Ці компоненти мостів не мають структурного значення, але передбачені для безпеки. Вони передбачені над палубами. Це допоможе у запобіганні падіння транспортного засобу з мосту у водойму внизу або як засіб для поділу потоків руху.



Рисунок 1.15 – Поручні або огорожі

Заснування мостів:

Фундація - це споруди, побудовані для передачі вантажу з пірсів, абатментів, стін крила та рівномірного повернення на верстви.



Рисунок 1.16 – Фундація мостів\

Фундамент, передбачений для мостових споруд, є достатньо глибоким, щоб уникнути очищення через рух води або зменшити шанси на підрив.

### 1.3 Аналіз типи мостів

Мости класифікуються на стільки типів на основі різних критеріїв. Вони пояснюються нижче.

Типи мостів на основі типу суперструктури:

- Арк міст
- Вантовий міст
- Промінь міст
- Кроквяний міст
- Підвісний міст

Арковий міст:

Арковий міст - найпопулярніший тип мосту, який широко використовується давніми римлянами. Арковий міст зазвичай складається з каменю, бетону або сталі. Оскільки сама назва відображає це, міст має форму арки. Арковий міст - це кривоподібний міст, де навантаження на криву не

застосовується безпосередньо вниз, а натомість навантаження переносяться по кривій арки до кінця опор. Це означає, що жодна частина мосту не потребує великого тиску. Ці опори також називають абатментами. Одяг переносить вантажі всього мосту, і він відповідає за те, щоб утримувати арку в точному положенні.

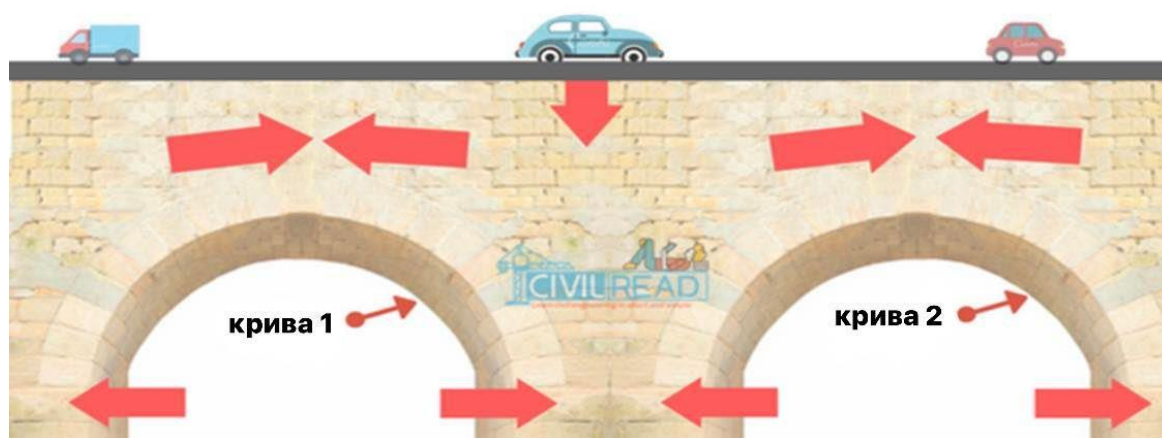


Рисунок 1.17 – Сили на Арку-мост

Вантовий міст:



Рисунок 1.18 – Вантовий міст

Цей тип мосту - це сучасні мости, і він схожий на підвісний міст. У цьому типі кабелі підключаються безпосередньо до вежі замість підвісних кабелів. Напруга постійно діє на кабелі, які розтягнуті, оскільки вони прикріплені до проїжджої частини. Цей тип мосту не має кріплень для стиснення і має лише одну вежу для стиснення. Довжина прольоту кабельного мосту знаходиться в межах від 500 до 1000 м.

У цьому типі мосту кабелі безпосередньо з'єднані з проїжджою частиною в різних точках радіально, а самі вежі несуть сили стиснення.

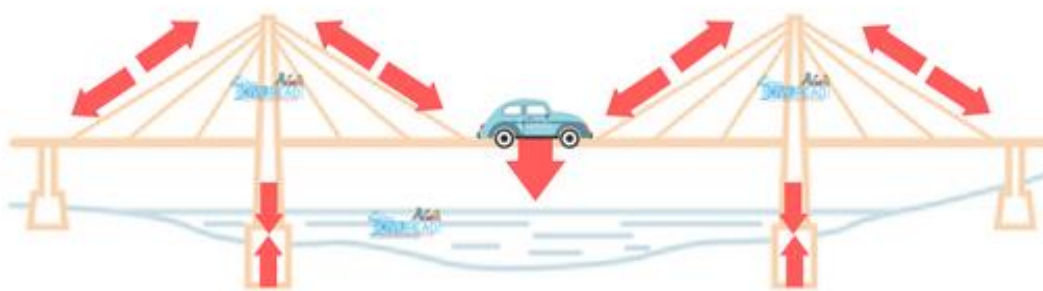


Рисунок 1.19 – Сили на Вантовий мост

➤ Переваги мосту, що тримається на кабелях:

1. Це більш економічно в порівнянні з підвісним мостом.
2. Він хороший для середніх прольотів і може бути легко побудований шляхом консолювання з вежі.

➤ Недоліки мосту, що тримається на кабелях:

1. Технічне обслуговування та огляд можуть бути складнішими.
2. Цей тип мостів не підходить для далеких відстаней.

Балковий міст (або Балочний міст або Стрингєрський міст):



Рисунок 1.20 – Променевий міст

Бем Брідж - це той, хто приходять вам на думку, коли хтось запитує вас про те, що таке міст? Це один із основних типів мостів.

Цей тип мостів просто підтримується мостами, що складаються з горизонтальних балок і вертикальних пірсів; Мости балок також названі як міст Стрінгер або міст Гірдер. Ці типи мостів, як правило, охоплюють два або більше прольотів і підтримуються абатментом або причалом на кожному кінці. Цей тип мостів побудований за допомогою RCC, деревини, сталі тощо. Променеві мости мають протяжність менше 80 м. Як було сказано вище, мости променя просто підтримуються мостами (променем, який підтримується на пірсах), де промінь прокладений через опори. У цьому типі мостів промінь повинен бути досить міцним, щоб переносити навантаження на нього. Ці навантаження додатково переносяться на мостові опори, а потім на землю.

Верхній край променя має стиснення, оскільки навантаження на нього застосовуються там, де нижня частина променя розтягується і знаходиться під напругою.



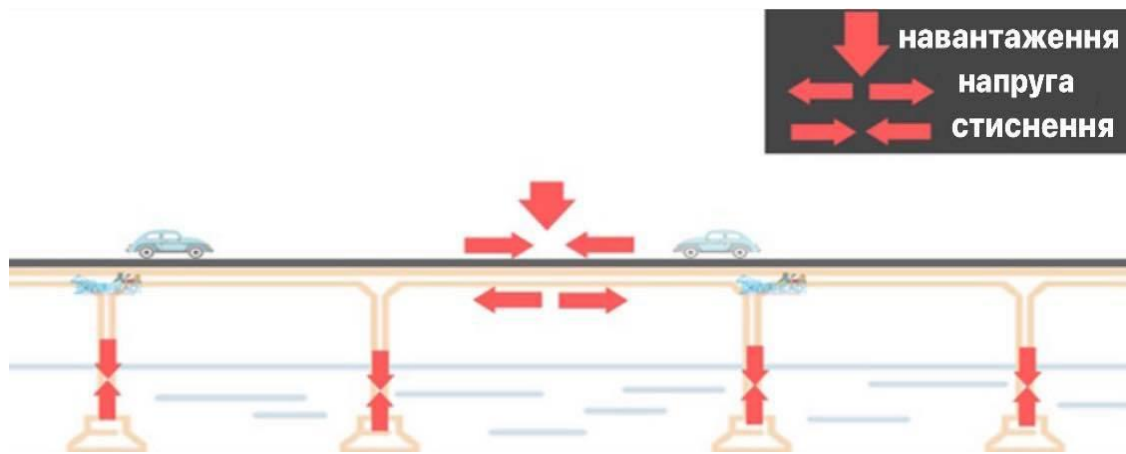


Рисунок 1.21 – Сили на Балчовому мосту

➤ Переваги мосту Бім:

1. Цей тип балок дуже легко побудувати та спорудити.
2. Цей тип балок хороший для коротких прольотів.
3. Широкі відстані можна проїхати балки для відпочинку на причалах.
4. Легко будувати тимчасові мости.

➤ Недоліки мосту Бім:

1. Може бути дорогим.
2. Вони поширюються за обмеженнями.

Фермовий міст:



Рисунок 1.22 – Ферменний міст

Міст ферми існував буквально століттями і є рамкою, що складається з підкосів (схилих членів). Ці мости будуються за допомогою ферм, які складаються з багатьох дрібних елементів, що утворюють трикутні ферми. Довжина прольоту моста ферми становить від 50 до 110 м. Труси дуже жорсткі, легкі і можуть підтримувати великі вантажі. Труси служать для перенесення

вантажу з однієї точки на ширшу площу. Вага мосту дуже менший у порівнянні з іншими типами.

Коли навантаження прикладається до мосту ферми, верхній край має стиснення, а навантаження розподіляються між кутовими елементами на опори, а потім на землю.

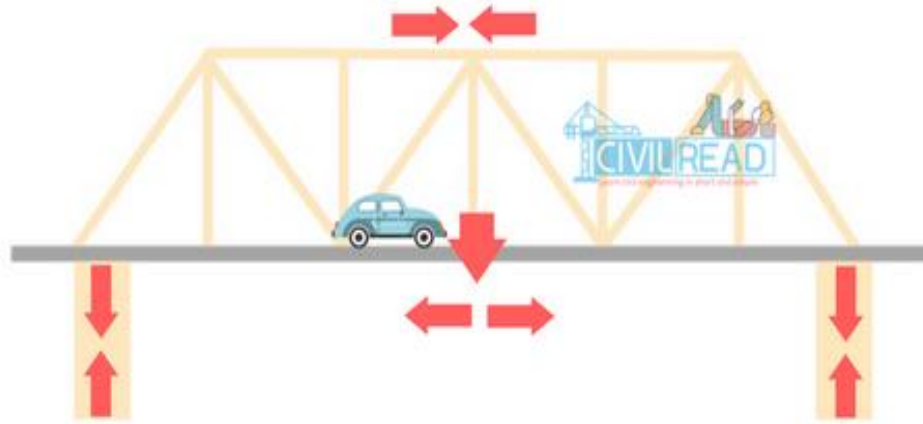


Рисунок 1.23 – Сили на ферменному мосту

Підвісний міст:



Рисунок 1.24 – Підвісний міст

Цей тип мостів будується шляхом підвішування настилу на палубі за допомогою підвісних кабелів. Проїжджу частину повішують за допомогою сталевих кабелів, які з'єднані з двома вежами та закріплені якорями на обох кінцях мосту.

Окрім настилу на палубі, система ферми також оснащена системою ферми під палубою, яка допомагає застигнути та утримувати настил у точному положенні, щоб зменшити схильність проїжджої частини до коливань.

Коли навантаження прикладається до підвісного мосту, настил має стиснення, а потім рухається вгору по мотузках, кабелях або ланцюгах, щоб перенести стиснення на вежі. Потім вежі розсіюють стиснення безпосередньо в землю якорями.

Опорні кабелі, які проходять паралельно мосту, мають сили натягу, і вони з'єднані з кріпленнями. Мостові кріплення - це масивні бетонні блоки, які служать для розсіювання сили напруги на землю

Мостові кріплення - це по суті суцільна скеля або масивні бетонні блоки, в яких мост заземлений. Сила розтину переходить на кріплення і в землю. Довжина прольоту підвісного мосту становить від 150 до 2000 м

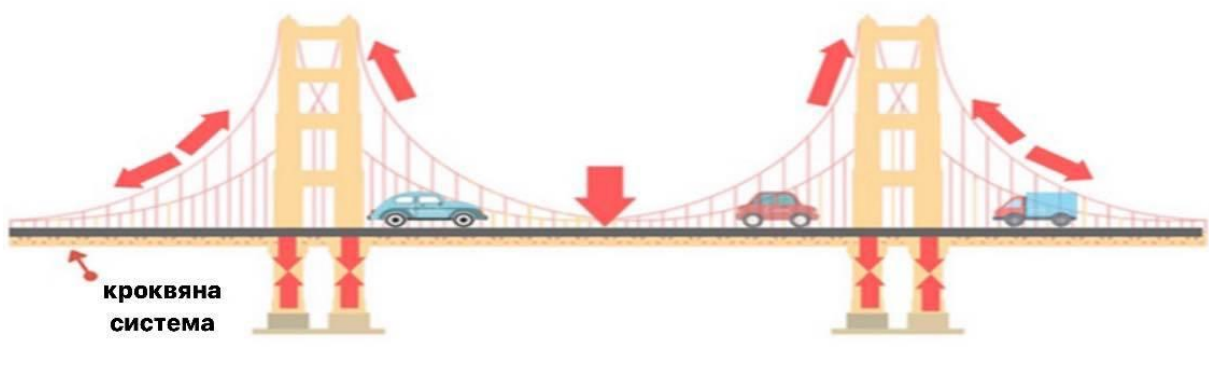


Рисунок 1.25 – Сили на підвісному мосту

➤ Переваги підвісного мосту:

1. Сильний і легкий.
2. Ці типи мостів забезпечують довгий проліт, що допомагає перетинати річку.

➤ Недоліки мосту суспензії:

1. Дорогий для побудови.
2. Схильний коливатися і пульсувати вітром, тому цей тип мостів не підходить для залізниць.

Типи мостів на основі матеріалів:

- Пиломатеріал
- Мейсонський міст
- Сталевий міст
- Міст R.C.C
- Попередньо напружений бетонний міст

Дерев'яний міст:

Міст з дерев'яними прольотами та опорами. Дерев'яні мости також можуть мати бетонні опори. Мистецтво будувати дерев'яні мости було високо розвинене в Стародавньому Римі. Практично будувати їх у регіонах, багатих деревиною. Там, де прольоти 6-8 м, використовуються найпростіші системи променів, тоді як прольоти 10-18 м потребують композитних або скріплених ременів або системи кріплення. Проміжки від 16 до 50 м покриті прольотними структурами з фермами. Мости з деревини зазвичай виготовляються з деревини хвойних сортів (сосна, ялина та модрина), з важливими частинами з дуба. Вони, як правило, побудовані для коротких прольотів або як тимчасові мости, і їх обробляють антисептиками для запобігання гниття.. Вони не корисні для важких вантажів.



Рисунок 1.26 – Міст з деревини

Мурований міст:

Мейсонський міст побудований за допомогою цегли або каміння. Вони, як правило, побудовані для коротких прольотів і в каналах низької глибини.



Рисунок 1.27 – Мурований міст

Сталевий міст:

Сталеві мости будуються за допомогою сталевих прутків або ферм або сталевих кабелів. Вони більш міцні і несуть великі вантажі.



Рисунок 1.28 – Сталевий міст

Залізобетонний міст:

залізобетонні мости побудовані з використанням залізобетонного бетону. Вони більш стійкі та довговічні. Вони можуть переносити великі вантажі і широко використовуються в наш час.



Рисунок 1.29 – Залізобетонний міст

Попередньо напружений Бетонний міст:

Якщо бетонний матеріал поміщається під стиснення перед нанесенням вантажів, то його називають попередньо напруженим бетоном. Для побудови попередньо напруженого бетонного мосту попередньо напружені бетонні блоки розташовуються як настил на палубі за допомогою ременів. Ці блоки підходять для коротшого прольоту до мостів з довшим прольотом.



Рисунок 1.30 – Попередньо напружений бетонний міст

Типи мостів на основі прольоту:

- Кульвертний міст
- Незначний міст
- Основний міст
- Міст з довгим прольотом

Кульвертний міст:

Коли довжина прольоту моста нижче 6 метрів, то його називають мостом Калверт.



Рисунок 1.31 – Пропускний міст

Незначний міст:

Якщо довжина прольоту моста становить від 8 до 30 метрів, то це називається другорядним мостом.



Рисунок 1.32 – Малий міст

Основний міст:

Для головного мосту проліт зазвичай становить приблизно від 30 до 120 метрів.



Рисунок 1.33 – Головний міст

Міст довгий проліт:

Коли проліт мосту перевищує 120 метрів, то його називають довгим прольотним мостом.



Рисунок 1.34 – Довгопрольотний міст

Типи мостів на основі рівня перетину:

- Верхній міст
- Підмост

Верхній міст:

Для проходження іншого маршруту (залізниця або шосе) будується міст, що дозволяє здійснювати рух. Це називається через міст або пролітати через міст.



Рисунок 1.35 – Над-міст

Підмост:



Якщо міст через міст неможливий, для проходження іншого маршруту будується підземний міст. Це називається під мостом.



Рисунок 1.36 – Під-міст

Типи мостів на основі функції:

- Пішохідний міст
- Шосе міст
- Залізничний шлях мосту
- Міст Акведук
- Дорожній залізничний міст

Міст пішки:

Пішохідний міст, як правило, побудований для людей, щоб пішки перетинати дороги або залізничний маршрут або будь-який канал. Транспортні засоби заборонені в цьому мосту.



Рисунок 1.37 – Пішохідний міст

### Шосе міст:

Високий шлях або дорожній міст використовується для автомобільних перевезень. Вони побудовані над річками або іншими маршрутами, щоб забезпечити дорожній рух. Мости типу Гірдер використовуються як мости шосе через річки чи канали.



Рисунок 1.38 – Шосе міст

### Залізничний міст:

Залізничні мости побудовані для залізничного транспорту. Залізничні мости є кращими для залізниць.



Рисунок 1.39 – Залізничний міст

### Міст Акведук:

Мости водопроводу - це не що інше, як водні мости, які побудовані для транспортування води від джерела до системи.



Рисунок 1.40 – Акведук-Міст

Дорожній залізничний міст:

Цей тип мосту корисний як для автомобільного, так і для залізничного транспорту. Він може бути одного поверху або двох поверхів. Якщо один поверх є, то залізничний та дорожній шлях розташовані поруч. Інакше переважна проїжджа частина на верхній палубі та залізниця на нижній палубі.



Рисунок 1.41 – Дорожній залізничний міст

Типи мостів на основі міжпрогонового відношення:

- Простий міст
- Постійний міст
- Кантилеверський міст

Простий міст:

Простий міст - це як просто підтримуваний тип променя, який складається з двох опор на його кінцях. Для коротших прольотів підходять прості мости.



Рисунок 1.42 – Простий міст

Постійний міст:

Якщо проліт мосту дуже довгий, то нам доведеться створити більше опор між кінцевими опорами. Цей тип мосту називають суцільним мостом.



Рисунок 1.43 – Постійний міст

Міст Кантілевер:



Рисунок 1.44 – Кантілевер-Міст

Слово консольвер посилається на те, що промінь, який має лише одну опору, а інший кінець, зберігається у просторі. Контилеверні мости до цього однакові, але не думайте, що один кінець мосту зберігається вільним. Контилеверні мости побудовані частинами, а два вільних кінця з'єднані з підвішеною палубою. Контилеверний міст має проліт між 150м-500м.

Будь-який міст піддається силам стиснення та натягу. У цьому типі мосту підвісна палуба передбачена для приєднання двох вільних кінців консольного мосту.

Коли навантаження застосовується на консольний міст, верхні опори піддаються напруженій силі (сила тяги), а нижні опори піддаються силі стиснення (сила натискання), що робить міст врівноваженим. Поки сила врівноважена, міст буде стояти в стабільному положенні.

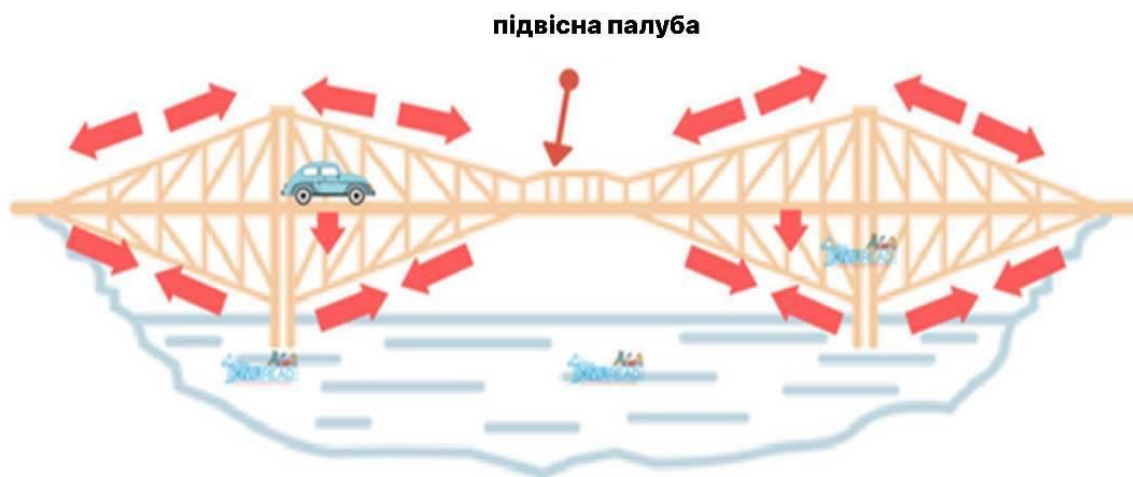


Рисунок 1.45 – Сили на мосту Кантілевер

➤ Переваги мосту Кантілевер:

1. Цей тип мостів приймається лише тоді, коли опори не можуть бути надані на конкретних позиціях.
2. Підтримка потрібна лише з одного боку консолі.

➤ Недоліки мосту Кантілевер:

1. Контилеверні мости схильні до високого повороту під час будівництва.
2. Якщо сили не врівноважені, міст може застібнутись.

Типи мостів на основі корисності:

- Тимчасовий міст
- Постійний міст

Тимчасовий міст:

Під час будівництва дамб або мостів або під час повеней тимчасові мости будуються за низькою вартістю для тимчасового використання. Ці мости підтримуються за низькою вартістю. Після будівництва оригінальної споруди тимчасові мости демонтуються. Зазвичай дерева використовуються для побудови тимчасових мостів.



Рисунок 1.46 – Приклад тимчасового мосту

Постійний міст:

Ці мости побудовані для тривалого використання та підтримуються на високому рівні. Сталеві або Р.С.С мости підпадають під цю категорію.



Рисунок 1.47 – Постійний міст

Типи мостів на основі положення підлоги:

- Палубний міст
- Наскрізний міст
- Напів Прохідний міст

Палубний міст:

Настил мосту (або дорожнє русло) - це проїжджа частина, або пішохідна доріжка, поверхня мосту. Настил може бути з литого на місці або з попередньо литого бетону, деревини, яка, в свою чергу, може бути покрита асфальтовим бетоном або іншим бруківкою. Бетона колода може бути невід'ємною частиною мостової конструкції (наприклад, Структура балки з Т-секцією), або вона може підтримуватися балками І або сталевими бачками, як так звані композитні мости. Настил може бути також з інших матеріалів, таких як решітка з дерева або відкритої сталі. Іноді система настилу називається підлоговою системою, наприклад, для мостової колоди, яка встановлена в наскрізну ферму. Підвісна мостова палуба буде підвішена до основних конструктивних елементів на підвісі або арковому мосту. На деяких мостах, таких як зав'язана арка або кабельний, настил є основним структурним елементом, що несе напругу або стиснення для підтримки прольоту. Але для балок балок система мостової палуби не є системою перевезення вантажів. Незважаючи на це, вони важливі для можливостей обслуговування мостів, безпеки, а також естетики. Таким чином, система палуби заслуговує на особливу увагу у всіх конструкціях та будівництві мостів.



Рисунок 1.48 – Палубний міст

Наскрізний міст:

У випадку моста через тип підлогу розміщують на рівні нижнього акорда моста типу ферми, а верхній акорд закріплюють бічно.



Рисунок 1.49 – Наскрізний міст

Напів Прохідний міст:

Половина через міст, підлога лежить між верхом і дном. Існують також мости з подвійною палубою, які побудовані для одночасного руху як на автомобільних дорогах, так і на залізницях.



Рисунок 1.50 – Напівпровідний міст

Типи мостів на основі високого рівня затоплення (HFL):

- Міст низького рівня
- Міст високого рівня

Міст низького рівня:



Супер структура мосту, як правило, нижче високого рівня повені. Отже, кожного разу, коли сталися повені, вони занурюються у воду. Отже, їх також називають заглибними мостами. Вони, як правило, побудовані для неважливих маршрутів з низькою вартістю.



Рисунок 1.51 – Міст низького рівня

Міст високого рівня:

Міст високого рівня не є занурюваним проти повеней. Він значно перевищує високий рівень повені та побудований на важливих маршрутах.



Рисунок 1.52 – Міст високого рівня

## **1.4 Значення будівельних матеріалів при технології будівництва мостів**

Мостова промисловість рухається до механізованого будівництва, оскільки це економить робочу силу, скорочує тривалість проекту та покращує якість. Ця тенденція очевидна в багатьох країнах і передбачає більшість методів будівництва. Інженери експериментують з кількома матеріалами для індивідуального попиту. Ефективні рішення щодо використання природних ресурсів часто вимагають вкладу багатьох людей. Визначення того, як конкретні критерії впливають на відбір матеріалів, може призвести до кращого використання сировини.

Важливими питаннями для вибору матеріалів, які будуть використовуватися при будівництві мостів, є вимоги до технічного обслуговування, витрати на життєвий цикл та тривалість життя матеріалів.

Традиційними будівельними матеріалами для мостів є каміння, деревина та сталь, а останнім часом залізобетон та попередньо напружений бетон. Для спеціальних елементів використовуються алюміній та його сплави та деякі види пластмас. Ці матеріали мають різні якості міцності, працездатності, довговічності та стійкості проти корозії. Вони відрізняються також своєю структурою, текстурою та кольором або можливостями обробки поверхні з різною текстурою та кольором.

Бетон:

Бетон, мабуть, є одним з найважливіших матеріалів, що використовуються в будівництві мостів. Бетон надає мостам високий рівень універсальності та гнучкості, що робить його ідеальним для поглинання та розподілу ваги. Використання бетону дозволяє будівельним інженерам та архітекторам розробити широкий спектр практичних структурних форм. Незважаючи на те, що він чудово використовується у великих будівельних проектах, бетон має відносно низьку міцність на розрив. Однак для вирішення цих питань цивільні

інженери вирішили використовувати залізобетон для побудови мостів. Використання залізобетонного бетону (RCC) збільшує пластичність бетону, що дозволяє матеріалу витримувати великі навантаження, не згинаючись і не реагуючи на інші дії на розрив. Армований бетон має аналогічний коефіцієнт теплового розширення, ніж у сталі, що допомагає усунути внутрішні напруги внаслідок скорочення або теплового розширення. Бетон також допомагає поглинати структурні навантаження, дозволяючи ефективно передавати навантаження по різних матеріалах. Зазвичай це відбувається, коли цементна паста всередині бетону твердне і відповідає деталям поверхні та формі сталі. Популярна альтернатива залізобетону - це використання попередньо напруженого бетону. Попередньо напружений бетон, як правило, легший у порівнянні із залізобетонним, який часто є громіздким і важким. Тому при будівництві мостів і конструкцій, призначених для поглинання ударів і ударів, найбільш переважним варіантом є попередньо напружений бетон.

На відміну від RCC, який зазвичай нехтує тиском нижче нейтральної осі, попередньо напружений бетон є високоефективним у стійкості до навантаження. Цивільні інженери також віддають перевагу попередньо напруженому бетону для сильно завантажених конструкцій, оскільки зменшена вага та поперечний переріз означають більшу економію з точки зору використовуваних матеріалів.

➤ Переваги використання бетону в будівництві мосту:

Бетон - популярний будівельний матеріал, який допомагає підтримувати структурну цілісність будівель та великих будівельних проектів. Нижче наведено деякі переваги використання бетону при будівництві мостів.

- Бетон дуже міцний і має високу міцність на стиск: Бетон, як відомо, вміщує великі навантаження, що робить його ідеальним для використання в мостах.
- Бетон універсальний: Ви можете використовувати або попередньо напружений бетон, або RCC, залежно від типу проекту, над яким ви працюєте.
- Бетон недорогий: Бетон є одним з найдоступніших бетонних матеріалів, що, в свою чергу, знижує загальну вартість будівництва.

➤ Недоліки використання бетону в будівництві мосту:

- Бетон досить крихкий: Бетон крихкий, якщо не зміцнений або попередньо напружений, що збільшує ризик розриву або розтріскування без особливого попередження.
- Бетону потрібен час для зміцнення: гідратація зазвичай займає багато часу, а це означає, що бетонні елементи не наберуть повної сили до певного часу.

➤ Компоненти бетону:

Компоненти бетону - цемент, пісок, агрегати та вода. Суміш портландцементу та води називається пастою. Так, бетон можна назвати сумішшю пасти, піску та агрегатів. Іноді замість агрегатів використовують гірські породи.

Цементна паста покриває поверхню тонких і грубих агрегатів при ретельному змішуванні і зв'язує їх. Незабаром після змішування компонентів починається гідратаційна реакція, яка забезпечує міцність і отримують твердий бетон.

Передмова бетону:

➤ Визначення:

Збірний бетон - це форма бетону, яка готується, відливається та затверджується за межами майданчика, як правило, у контрольованому заводському середовищі, використовуючи форми для багаторазового використання. Попередньо з'єднані конкретні елементи можуть бути приєднані до інших елементів, щоб утворити повну структуру. Зазвичай використовується для структурних компонентів, таких як; стінові панелі, балки, колони, підлоги, сходи, труби, тунелі тощо.

Структурні сталеві рами можуть стати альтернативою для попередньо виготовлених конструкційних компонентів, але збірний бетон може бути більш економічним і часом більш практичним. Зараз багато будівель включають суміш обох будівельних технологій, іноді включають конструкційні сталеві конструкції, бетон на місці та збірні залізобетонні елементи.



Рисунок 1.53 – Передмова бетону

➤ Заявки:

Армований бетон зазвичай використовується для структурних систем завдяки його міцності, довговічності та доступності. Передбачуваний бетон використовується такими способами:

- Зробити балки, колони, плити для підлоги, фундаменти та інші конструктивні елементи для будівель.
- Зробити стінові або облицювальні панелі для будівель.
- Зробити попередньо напружені елементи для будівель.
- Для виготовлення компонентів для інфраструктурних проєктів: такі елементи, як мостові прольоти або віадуки лінії метро, часто попередньо готуються у дворі для лиття.
- виготовляти такі продукти, як резервуари з водою, септики, дренажні камери, залізничні шпали, балки для підлоги, граничні стіни та водопровідні труби.
- Оскільки його можна формувати в будь-яку форму, його також можна використовувати для створення одноразових незвичайних форм, таких як човни, скульптури тощо.

➤ Переваги збірного будівництва:

Попереднє лиття добре виробляє велику кількість однакових компонентів. Наприклад, будівництво доступного житлового проєкту з однаковими квартирами може використовувати попереднє лиття для

виготовлення настінних плит та плит для підлоги для всіх квартир, а потім підняти їх на місце та з'єднати їх.

Як це робиться у спеціально побудованому попередньо литому дворі чи фабриці, це полегшує будівництво з наступних причин:

- Конструкція робиться на землі, а не на висоті.
- Це можна зробити всередині кліматично контрольованої структури, усуваючи проблеми дощу, пилу, холоду чи тепла.
- Спеціалізована опалубка (форми) може бути побудована для виконання багатьох повторень одного компонента.
- Спеціалізоване обладнання можна використовувати для виготовлення, переміщення та заливання рідкого бетону.
- Затвердження відбувається в контрольованому середовищі.

Це означає, що якість компонентів, що попередньо продаються, може бути дуже високою.

Оскільки компоненти можна зробити заздалегідь, конструкція може бути дуже швидкою. У будівництві «кинутий на місці» інженерам доводиться будувати кожен набір компонентів після закінчення попереднього набору, що вимагає часу, оскільки бетону зазвичай потрібно 28 днів, щоб досягти повної міцності.

➤ Недоліки збірної конструкції:

Існує кілька основних недоліків збірної бетонної конструкції: Оскільки кожен шматок виготовляється окремо, структурна рама або система не є монолітними або суцільними, як звичайна бетонна конструкція. Суглоби між шматками створюють структурний розрив. Сили будівлі пройдуть через ці суглоби, тому вони повинні бути розроблені для безпечного та належного перенесення цих сил. Зауважте, що збірний бетон може використовуватися і для не структурних елементів.

- Оскільки будівля виготовлена з дискретних компонентів, стики між сусідніми елементами повинні бути герметичні спеціальними герметиками, щоб зробити їх водонепроникними

- Кожен компонент, що попередньо використовується, зазвичай великий і важкий. Це означає, що крани необхідні для підйому їх у положення; ці крани повинні працювати протягом усього обсягу будівлі. Оскільки на місці буде лише кілька кранів, час, який проводять крани, щоб забрати шматок і перенести його на остаточне положення, стає критичним при визначенні графіку будівництва.

➤ Процес виготовлення:

Виробництво збірних бетонних елементів відбувається в контрольованих умовах на закритих фабриках. Це означає, що допуски можна точно контролювати, відходи можна мінімізувати, а також виробляти більш щільний, міцніший і якісний бетон.

Бетон відливають у форми і залишають для лікування. Заздалегідь виготовлені із сталі або фанери. Оскільки фанерні форми зазвичай обмежені приблизно 20-50 виливками залежно від складності форми, практично необмежену кількість вилив можна виготовити шляхом попереднього лиття за допомогою сталевих форм.

Елементи попереднього мовлення зазвичай містять сталеве арматуру для опору навантажувальним напруженням. Поширеною причиною погіршення бетонних конструкцій є корозія цього арматури. Тому важливо, щоб вони були належним чином спроектовані та вбудовані в бетон.

Під час виробничого процесу домішки можуть бути включені в бетон. Це можуть бути скорочення води, повітряне навчання, сповільнювачі та прискорювачі (для швидшого часу затвердіння). Метою домішок є поліпшення якості бетону як у свіжому, так і у загартованому стані. Також можна додавати кольорові пігменти, такі як оксиди заліза (червоний і коричневий), оксиди хрому (зелений) або оксиди кобальту (синій).

Альтернативною формою попереднього лиття є попередньо напружений бетон, де під час виготовлення в конструкційний елемент вводяться напруги як спосіб поліпшити як його міцність, так і продуктивність. Для отримання додаткової інформації див. Попередньо напружений бетон.

➤ Установка:

Встановлення на місці збірних компонентів може бути активом підвищеного ризику, пов'язаним із використанням важких рослин, кранів та персоналу, що працює на висоті. Тому слід враховувати захист від ризиків при отриманні підрозділів доставки, переміщення та розміщення.

Слід розглянути:

- Спосіб і послідовність складання та ерекції.
- Спосіб надання тимчасових опор.
- Структурні з'єднання та спільні деталі.
- Допуски.
- Вимоги до обробки та такелажу.
- Доступність сайту для доставки та зберігання.
- Ємність крана та робочий дозвіл для підйому.
- Вимірювання зразків для підтвердження точності критичних розмірів.
- Візуальний огляд оздоблення бетону на предмет дефектів.
- Місцеположення та умови підйомних вставок для підйому.

➤ Фабрика VS перед литтям:

Попереднє лиття можна проводити на подвір'ї для лиття, на ділянці або біля нього або на заводі. Ключовим аспектом визначення того, чи використовувати сайт або заводський попередній проїзд, є транспортні витрати. Заводські роботи пропонують чудову якість з очевидних причин, тому якщо поруч із сайтом є фабрика, є сенс використовувати її.

Якщо потрібно створити подвір'я для попереднього лиття, слід виділити місце для наступних заходів:

- Зберігання сировини, такої як цемент, агрегат, пісок, домішки, вода, арматурні бруски та сталеві або фанерні листи для опалубки.
- Двір виготовлення та обслуговування опалубки.
- Бетонозмішувальний завод.
- Сталевий арматурний двір для виготовлення арматурних кліток, розміщених всередині бетону.



- Місце для лиття.
- Область затвердіння.
- Область для укладання готових компонентів.

Для інфраструктурних проектів на ділянці відкритої землі в місті створюється двір для лиття. Важливо, щоб це було розташоване біля головного шосе, оскільки елементи, що передаються, можуть бути дуже великими або важкими, і їх не можна проходити через вузькі дороги.

➤ Підключення збірних бетонних елементів:

Попередньо складені бетонні компоненти можна підключити різними способами:

- Їх можна забити разом. Для цього сталеві з'єднувачі вбудовуються в бетон під час лиття. Це потрібно робити з великою точністю.
- Їх можна обмазати або бетонувати разом. У цьому способі петлі сталевих арматур залишаються виступаючими з деталей бетонного бетону. Два члени розміщуються в положенні, а арматура нанизується між петлями. Потім свіжий бетон заливають навколо цього арматури в простір, залишений для цієї мети.

Зміцнений цементний бетон:

Концерт армованого цементу (RCC) - це композитний будівельний матеріал, що складається з конструкційного бетону, армованого армуючим матеріалом, як сталь. Найпоширенішим використовуваним арматурою є сталь, завдяки її безкоштовним властивостям і її називають сталевим залізобетонним бетоном або просто армованим цементним бетоном.

Сталеві прутки, вбудовані в бетон, називаються "підсилюючими брусками або арматурою". Тут ви можете прочитати, що робить сталь придатною для залізобетону. Армуючі прутки випускаються у двох основних марках, м'якій сталі та сталі з високою міцністю. Сталева тканина, виготовлена з холодноотягнутих сталевих дротів, зварених для формування сітки, також використовується як арматура в RCC. Фібро залізобетон також популярний у будівельній галузі.



Рисунок 1.54 – Зміцнений цементний бетон (RCC)

➤ Чому армований бетон краще, ніж бетон?

Звичайний бетон міцний у стисненні, але він слабкий у вигині. Занадто слабкий, що його міцність на розрив становить близько однієї десятої частини його сили стиску. Коли звичайний бетонний елемент піддається згину, у нього виникають тріщини і розриви. З цієї ж причини звичайний бетон не використовується там, де може відбуватися згин. Міцність на розрив визначається як здатність протистояти силам згину. Сили згину викликають напруження на розгин у згинальних елементах, таких як балки та колони. Простий бетон при армованому сталлю, який у напрузі більше ста разів міцніший за бетон, загальна ємність простого бетону при згинанні посилюється.

Сталеві прутки компенсують нездатність бетону до стійкості до розтягу, ефективно приймаючи всю напругу, монолітно діючи з бетоном. Отже, коли бетонні та сталеві прутки поєднуються, щоб діяти проти сил, це призводить до хорошої міцності. Подібно до того, як людські кістки підсилюють плоть і масу навколо неї.

Розглянемо просто підтримуваний промінь, що несе рівномірно розподілене навантаження по всьому прольоту. Коли навантаження застосовується, режим відхилення в основному відбувається згинанням. В результаті буде стиснення у верхній частині променя і напруга в нижній

частині. Оскільки бетон слабкий у напрузі, армуючі бруски будуть передбачені в нижній частині балок, щоб уникнути розтріскування бетону в зоні натягу.

➤ Для чого використовується залізобетон?

Армований бетон використовується для всіх конструктивних елементів, що підлягають згину. Від простих будівельних компонентів, таких як Промінь, Колони, Плити, зсувні стіни та фундаменти до важких споруд, таких як мостові пірси, балки та дамби, побудовані із залізобетонного бетону. Армований цементний бетон може бути бетонним або збірним бетоном на місці.

➤ Які переваги залізобетону?

Бетонні та сталеві прутки: Оскільки RCC має обидва елементи з властивостями бетону, який міцний у стисненні, і сталевий хороший у напрузі, він дає перевагу обом.

- Закидається в будь-яку форму: свіжий бетон буде у вигляді рідини, тому його можна залити і закинути в будь-яку форму. Це дає легкість інженеру вирішувати форму структури на основі архітектурних аспектів.

- Стійкий до вогню та погоди: RCC з належним покриттям витримає вогонь близько 3 - 4 годин. RCC також переживе будь-який тип погоди з належним контролем якості та довговічністю.

- Технічне обслуговування: Після завершення робіт необхідне низьке обслуговування бетонних конструкцій порівняно з іншими (сталевими та деревними) типом конструкцій.

- Наявність: сталь і бетон - це загальноживаний будівельний матеріал, тому його легко можна приготувати з залізобетонного бетону.

- Економічно: економічно порівняно з іншими матеріалами, такими як сталева конструкція.

- Жорсткість: армовані члени бетону хороші в жорсткості через жорсткість.



Рисунок 1.55 – Розлив залізобетонного цементу

➤ Проблеми використання RCC (залізобетонний бетон):

- Час: для цього типу будівництва потрібна більша тривалість. Армовані бетонні конструкції (RC) досягнуть максимальної міцності лише через 28 днів. Тому це повільний процес і його не можна використовувати для негайних робіт. Незважаючи на те, що посилення сили можна прискорити за допомогою домішок.
- Потрібні опалубні роботи: Процес формування передбачає будівництво та видалення опалуб. належні форми повинні бути побудовані за певним розміром і формою, і заливка бетону робиться. Після затвердіння бетону форми видаляють. Для обох процесів роботи є трудомісткими.
- Зміна обсягу: Бетон змінює об'єм з часом через усадку. Це може спричинити проблеми з розтріскуванням, якщо їх не належним чином врахувати в дизайні.

Попередньо напружений бетон:

➤ Визначення:

Попередньо напружений бетон - це форма бетону, де початкове стиснення дається в бетоні перед нанесенням зовнішнього навантаження, щоб напруга від зовнішніх навантажень протиділо бажаному способу протягом періоду обслуговування. Це початкове стиснення вводиться сталевим дротом

або сплавами високої міцності (званими «сухожилля»), розташованими в бетонній секції.

➤ Чому необхідний попередньо напружений бетон?

Гаразд, перш ніж почати, давайте спочатку повернемося до деяких основ. Ми знаємо, бетон хороший при стисненні, але дуже слабкий у нарузі. І тому ми бачимо після зовнішнього навантаження в нижній частині бетону, що сталася зона напруги. Отже, він намагається витягнутись і тріскається. Ось чому ми додаємо кілька сталевих брусків у нижній частині, щоб він міг протистояти більшості напруги та врятувати бетон від розтріскування. Це наша традиційна структура RC. А як щодо деяких мегаструктур з більшим прольотом променя? Подумайте про проліт або знаменитий міст шлюзу в Австралії, міст Інчхон в Південній Кореї або ядерний реактор Рінгхалс у Швеції, де зовнішнє навантаження дуже велике.

На шляху традиційної структури RC, для цих великих променів променя ми повинні забезпечити більшу глибину, яка часто занадто велика, щоб для мосту через річку не було достатньо місця під мостом, щоб кораблі могли його пройти. Ось ця нова концепція, попередньо напружений бетон. Поняття попередньо напруженого бетону не так складно. Насправді практика попереднього напруження речей дуже старша в нашому повсякденному житті. Уявіть бочку з дерев'яних жердин та металевих стрічок. Тун-Йен Лін, професор цивільного будівництва Каліфорнійського університету, пояснив це у вступному розділі своєї книги "Дизайн попередньо напружених бетонних конструкцій".



Рисунок 1.56 – Приклад дерев'яної бочки

Основний принцип попереднього напруження застосовувався до будівництва, можливо, століття тому, коли мотузки або металеві смуги були намотані навколо дерев'яних жердин, щоб утворити бочку (див. Малюнок 56). Коли смуги були затягнуті, вони опинилися під напругою на розрив, що, в свою чергу, створило стислий пресстиж між стійками і дозволило їм протистояти напрузі обруча, що утворюється при внутрішньому тиску рідини. Іншими словами, смуги та жердини були попередньо напружені до того, як вони були піддані будь-яким службовим навантаженням.

Так, у попередньо напруженому бетоні початкове стиснення дається збалансованим майбутнім завантаженням, що створить напругу.

➤ Як працює попередньо напружений бетон?

Тож до цього часу у мене була наша концепція. Ми дізналися, чому і коли нам слід використовувати попередньо напружений бетон. Отже, як це працює? У реальному житті сталеві дроти високої міцності на розрив вставляються в секцію променя, і вони розтягуються і закріплюються, потім вивільняються. Тепер сталеве сухожилля хоче отримати свою первісну довжину, а напруження на розрив перетворюються на напругу стиску в бетоні. Тепер після завантаження на балку є два види сил

1. Внутрішня сила попереднього напруження

2. Зовнішні сили (мертве навантаження, навантаження в прямому ефірі тощо).)

Які повинні протидіяти один одному. Спостерігаючи діаграму моментів, ми знайдемо щось подібне.

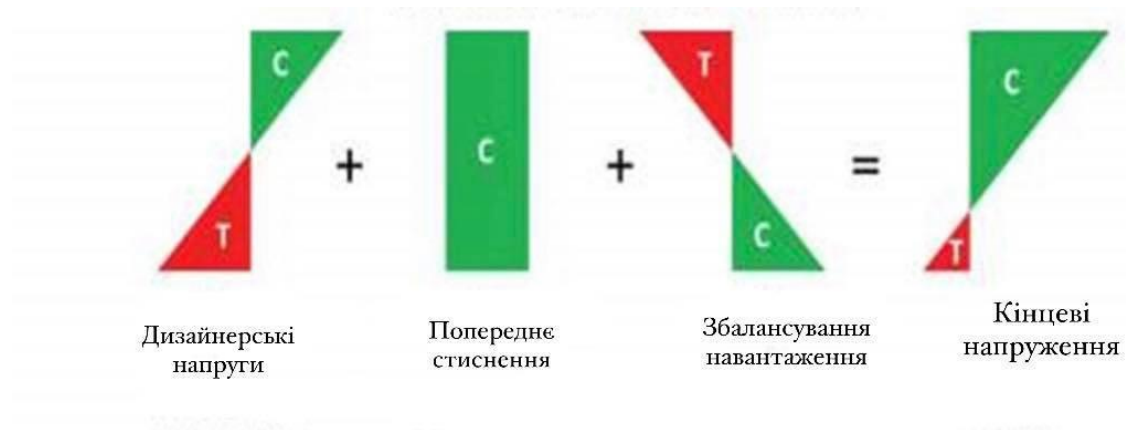


Рисунок 1.57 – Комбіновані ефекти стресів

Дизайнерські напруги + Попереднє стиснення + Збалансування навантаження = Кінцеві напруження

➤ Переваги та недоліки попередньо напруженого бетону:

Попередньо напружений бетон - це найбільш міцний, надійний і найсильніший бетон, який широко використовується для будівництва мегабудів та мостів. Він зробив значний внесок у будівельну галузь, виробництво збірних виробів та цементну промисловість.

➤ Переваги попередньо напруженого бетону:

Наступні переваги попередньо напруженого бетону:

- Більш довга довжина прольоту збільшує нерозбірливу площу підлоги та паркувальні майданчики.
- Тонкі плити, важливі для будівництва з високим підйомом, оскільки з такою ж вартістю, вони можуть побудувати більше плит, ніж традиційні товстіші плити.
- Оскільки довжина прольоту більша, потрібно менше з'єднань, ніж традиційні структури RC.

- Через меншу кількість стиків вартість технічного обслуговування також зменшується протягом терміну експлуатації, оскільки стики є основним місцем слабкості в бетонній будівлі.

- Довготривала міцність.

- Краще оздоблення розміщеного бетону.

- Для цього потрібна менша кількість будівельних матеріалів.

- Він чинить опір напруженням вище, ніж у звичайних структурах RCC, і не містить тріщин.

- Недоліки попередньо напруженого бетону:

Наступні недоліки попередньо напруженого бетону:

- Для цього потрібні високоміцні бетонні та міцні на розрив сталеві дроти.

- Основний недолік будівництва вимагає додаткового спеціального обладнання, такого як домкрати, кріплення тощо.

- Для цього потрібні висококваліфіковані працівники під кваліфікованим наглядом.

- Вартість будівництва трохи вище, ніж структури RCC.

- Попередньо напружені бетонні матеріали:

За даними AASHTO, у попередньо напруженому бетоні слід використовувати високовольтні сім дротяних ниток, сталевий дріт високої міцності або сплави сорту та типу (як зазначено дизайнером). Також необхідний міцніший бетон у попередньо напруженому, ніж у звичайному RC. Як правило, слід використовувати мінімальну міцність циліндра 5000 фунт / кв.дюйм бетону. Отже, чому цей високоміцний бетон? Ну, якщо бетон недостатньо міцний, його можна зламати або провалити, коли він підкреслюється сухожиллями. А також висока міцність на стиск надає більшу стійкість до напруги та зсуву, тому бажано попередньо напруженого бетону.





Рисунок 1.58 – Сім дротяних ниток

Більше того, бетон високої міцності менше піддається усадці. Він має більш високий модуль пружності та менший штамп повзучості. В результаті втрата попереднього напруження невелика.

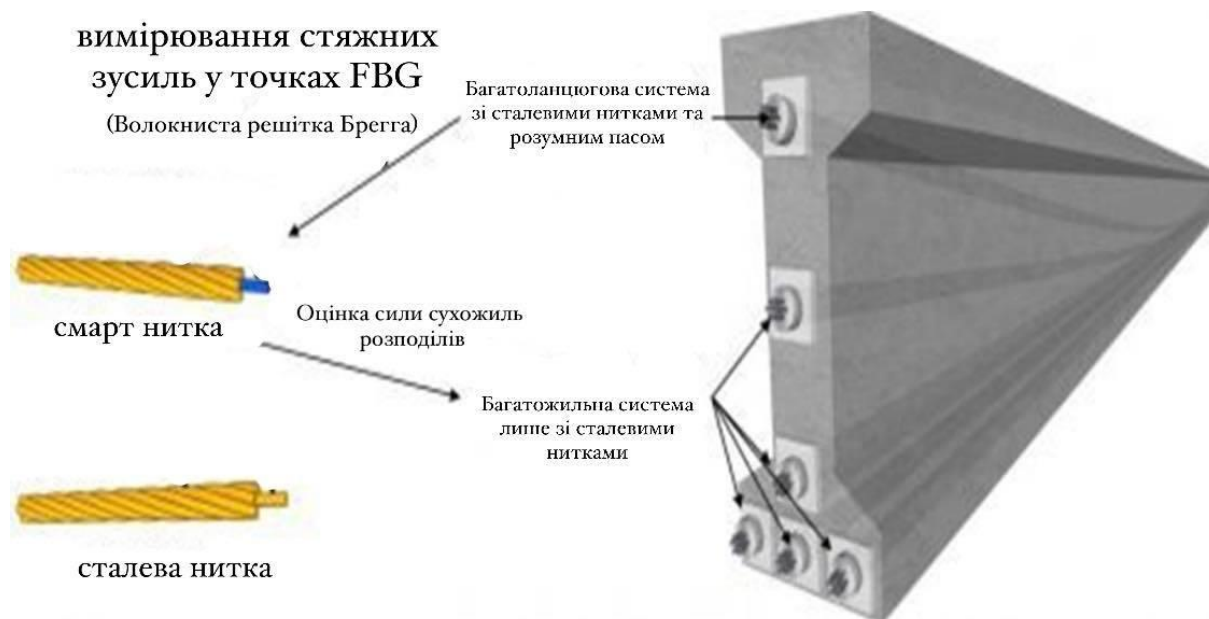


Рисунок 1.59 – Ілюстрація того як встановити нитки

Сталь:

Важко обговорити будівництво мосту, не згадуючи про сталь. Міцність, пластичність та універсальність сталі роблять її фантастичним варіантом для побудови мостів. Ви знайдете сталь у залізничних мостах, мостах з довгими прольотами і навіть мостах короткого та середнього прольоту. Звичайна будівельна сталь зазвичай має міцність на стиск і розтяг вражаючих 370 Н / кв.

М, що значно вище, ніж міцність на стиск і розтяг бетону. Однією з найвидатніших особливостей сталі є її пластичність. Провідність дозволяє сталі значно деформуватися перед розривом при впливі напруги, що перевищує її структурні можливості.

Сталь широко використовується у всьому світі для будівництва мостів від дуже великих до дуже малих. Це універсальний та ефективний матеріал, який забезпечує ефективні та стійкі рішення. Сталь давно визнана економічним варіантом для цілого ряду мостів.

Структурна сталь - це високоякісний матеріал, який легко доступний у всьому світі в сертифікованих марках, у виробках різної форми та розмірів. Збір металургійних виробів у контрольованих заводських умовах призводить до високоякісних робіт за мінімальних витрат. Відмінний контроль якості досягається за допомогою ретельного режиму випробувань на сталеливарних заводах та під час виготовлення процесів різання та буріння, складання, зварювання та захисної обробки. Сталевий матеріал поставляється у двох формах виробів - «плоскі вироби» (сталеві пластина та смужка) та «довгі вироби» (прокатані секції, або стандартні відкриті секції, такі як балки, канали, кути тощо або порожнисті секції). Для структурного використання в мостах ці вироби неминуче ріжуться (до розміру і форми) і зварюються, один компонент до іншого. У структурі матеріал піддається силам розтягу та стиску. Структурна сталь, як правило, реагує лінійно еластично, аж до «точки виходу», і після цього має значну здатність до пластичного напруження перед відмовою. Усі ці аспекти сталевих матеріалів використовує конструктор сталевих мостів.



Рисунок 1.60 – Сталевий міст

Високе співвідношення міцності та ваги сталі мінімізує структурну вагу надбудов і, таким чином, мінімізує витрати на підструктуру, що особливо корисно в поганих умовах ґрунту. Мінімальна вага також є важливим фактором витрат на транспортування та поведження з компонентами. Використання сталі полегшує дрібну глибину будівництва, що долає проблеми з прольотом у головному залі та затопленням, а також мінімізує довжину та вартість набережних підходу.

Сталь є найбільш переробленим будівельним матеріалом, і вибір її для мостів є стійким управлінням природними ресурсами. Коли сталевий міст закінчиться терміном корисного використання, ремінці можна розрізати на керовані розміри для полегшення знесення та повернути на металургійні заводи для переробки. Близько 99% конструкційної сталі або знаходить свій шлях назад у процесі виготовлення сталі, де вона використовується для створення нових сталевих виробів, або використовується повторно. Не відбувається деградації в роботі переробленої сталі. Альтернативно, складові частини сталевих мостів можна використовувати повторно в інших конструкціях; цілі мости були переселені, а мости можна спроектувати з легкістю майбутнього переїзду на увазі. Сталь має широкі архітектурні можливості. Сталеві мости можна зробити так, щоб вони виглядали легкими або заспокійливо твердими, і їх можна ліпити будь-якої форми або форми. Висока якість поверхні сталі створює чисті гострі лінії та дозволяє звернути увагу на деталі. Сучасні методи виготовлення можуть легко забезпечити кривизну в плані та висоті. Фарбування сталеливарної кладки вводить колір і контраст, а перефарбовування може змінити або оновити зовнішній вигляд мосту.

➤ Основні категорії сталевих мостів, що використовуються в будівництві:

Сталь - це супер матеріал, коли мова йде про масштабні або дрібномасштабні конструкції. Окрім того, що добре реагує як на статичні, так і на динамічні навантаження, сталь є достатньо сильною, щоб розподіляти вагу та утримувати інших членів на місці, особливо в масивних конструкціях.

Нижче наведені основні категорії сталі, що використовуються в будівництві мостів.

- Вуглецева сталь: одна з найдоступніших доступних сталей і ідеально підходить там, де жорсткість віддається перевазі міцності. Вуглецеву сталь легко зварювати, але не буде добре працювати для великих мостових конструкцій.
- Сталь високої міцності: сталі високої міцності отримують свою міцність від додавання сплавів. Однак досвідчений зварювальник повинен приварити цей тип сталі у форму.
- Штучні сталі: Цей тип сталі відомий своєю підвищеною стійкістю до корозії. Паливні сталі зазвичай можуть похвалитися жорстким зовнішнім покриттям, що допомагає запобігти поступовій корозії. Цей тип сталі надзвичайно корисний у солоних середовищах, де мости, ймовірно, іржавіють і з часом зазнають значної корозії.
- Термооброблені вуглецеві сталі: Цей тип сталі сильний і широко використовується у великих проектах. Після зварювання ця сталеві крадіжка може витримати величезні навантаження, тим самим зробивши її високонадійною та довговічною. Існує кілька видів термічної обробки, які включають:
  - ✓ Spheroidizing (коли вуглецева сталь нагрівається до приблизно 700 ° C або 1212 ° F більше 30 годин)
  - ✓ Повна відпал
  - ✓ Процес відпалу
  - ✓ Ізотермічний відпал
  - ✓ Нормалізація
  - ✓ Квенчінг
  - ✓ Мартемпінг
  - ✓ Темперінг
  - ✓ Швидкість

- **Нержавіюча сталь:** Спочатку нержавіюча сталь використовувалася в захисних компонентах, таких як поручні та поручні, завдяки антикорозійним властивостям. Однак нержавіюча сталь набула популярності, часто вона містить майже всі конструктивні компоненти, будь то настил, підвісні системи або стяжки. Сталь також ідеально підходить для виготовлення підшипників та інших мостових деталей, які потребують високої корозійної стійкості.

- **Переваги використання сталі в будівництві мосту:**

- **Висока міцність до ваги:** високе співвідношення міцності та ваги сталі допомагає мінімізувати загальні витрати на будівництво, усуваючи потребу в підструктурах. Більше того, сталь стане в нагоді при використанні в мостах з довгими прольотами через її легкий характер. Сталь також мінімізує загальні витрати механічних установок, оскільки зменшує необхідний розмір противаги, особливо в мостах для гойдалок та підйомників.

- **Високоякісний будівельний матеріал:** сталь доступна (у різних сертифікованих марках, розмірах та формах). Сталь можна виготовити, а пробну збірку можна швидко зробити в центрах виготовлення, щоб усунути ризик виникнення проблем з пристосуванням на будівельному майданчику. Простота виготовлення та монтажу робить сталь ідеальною для використання як у великих, так і в малих будівельних проектах.

- **Швидкість будівництва:** збір сталі означає, що будівництво буде швидким, особливо у ворожих умовах. А оскільки сталеві мости можна встановити швидко, дороги та залізничні лінії не будуть занадто довго закриватися, перш ніж громадськість зможе їх знову використовувати. Легкий характер сталі дозволяє плавно звести великі члени, що, отже, зменшує загальну тривалість проекту.

- **Універсальність:** Зазвичай не обмежується те, як сталь встановлюється в мостах. Залежно від розміру проекту, сталь може бути встановлена за допомогою методів ковзання, запуску, кранів і навіть транспортерів. Підрядник з монтажу матиме необхідну гнучкість при встановленні сталі.

- Ремонт, модифікація та знесення: сталь дуже віддана перевагу в будівництві мостів завдяки своїй пристосованості та простоті ремонту. Інженери можуть розширити (і зміцнити) сталеві мости для розміщення додаткових смуг руху. Ще краще, сталеві ремінці можна розрізати на керовані шматки та переробити, коли міст більше не використовується. Простота ремонту сталі також робить її ідеальною для використання в зонах підвищеного ризику. Все, що потрібно зробити, - це вирізати уражені ділянки перед зварюванням у новій сталі. Поясники також можна відремонтувати за допомогою випрямлення тепла.

- Міцність: порівняно з бетоном, який може легко тріскатися без будь-яких ознак, сталь передбачувана завдяки легко видимим і доступним структурним елементам. Простота видимості гарантує, що будівельним інженерам не потрібно проводити широкі дослідження для визначення постраждалих районів. І якщо корозія відбудеться з часом, для вирішення проблеми буде достатньо перефарбовування проблемних ділянок.

- Естетика: Сталь є одним з найкращих матеріалів, які можна використовувати в будівництві мостів через простоту модифікації. Ви можете модифікувати сталь, щоб виглядати важкою або легкою, тоді як можливість ліплення надає інженерам та зварювальникам свободу придумувати різні форми та оздоблення. Сталь також використовується при будівництві ферм, що, крім розподілу вантажів через міст, також сприяє загальній красі будівництва. Тому гнучкість, що постачається зі сталі, дозволяє інженерам та зварювальникам реалізувати свої творчі конструкції.

Камінь:

Камінь використовується в будівництві мостів протягом декількох століть. Хоча не такі популярні, як раніше, мости, побудовані з каменю, є, мабуть, одними з найсильніших і найміцніших типів мосту. Однак у сучасних мостах камені зазвичай використовують на поверхнях. Це пояснює, чому ви, ймовірно, знайдете камені, які використовуються як облицювання для причалів, ферми або арк. Вибираючи камінь для будівництва мосту, важливо забезпечити

стійкість до погодних умов для нейтралізації негативних наслідків дощу, солоного вітру і навіть снігу.



Рисунок 1.61 – Кам'яний міст

➤ Найкращі камені, які можна використовувати в будівництві мосту:

Завдяки їх ролі поглинання та розподілу як статичних, так і динамічних навантажень, мости потребують важких каменів з високою питомою вагою. Нижче наведено кілька найкращих каменів, які можна використовувати в мостах.

- Базальт: Базальтовий камінь зазвичай використовується у важкій конструкції завдяки його компактності, довговічності та загальній міцності. Окрім вражаючої міцності, базальт також стійкий до погодних умов і, що ще важливіше, непроникний для вологи. Особливості Базальту роблять його прекрасним варіантом для використання в мостових причалах, річкових стінах і як сукупність у виробництві бетону.

- Граніт: Граніт широко застосовується при будівництві мостів завдяки властивостям морозостійкості, низькому значенню поглинання та високій міцності на стиснення. Граніт надзвичайно добре сприймає польський, що пояснює його використання в якості обшивки стін. У мостах граніт можна використовувати для побудови мостових пірсів, бордюрів та кам'яних колон. Він також може використовуватися як агрегат (грубий) в бетоні.

- Пісковик: Деякі будівельні працівники вирішили використовувати пісковик при будівництві мостових причалів та річкових стін. Для того, щоб

пісковик працював як причал, важливо використовувати кремнієвий пісковик, оскільки він дуже міцний і стійкий до більшості агентів корозії.

➤ Переваги використання каменю в будівництві мосту:

- Сильний і довговічний: Камінь ідеально підходить для різних типів будівництва, включаючи будівельні мости. І хоча камені використовуються не так часто, як раніше, вони виготовляють чудові матеріали для будівництва мостових причалів та ферми.

- Сприяє екологічній стійкості: Каміні зазвичай бувають природними і не потребують попереднього нагрівання або масових модифікацій, які слід використовувати в будівництві. Більше того, камінь можна використовувати повторно, якщо міст не працює.

- Легкодоступний: деякі будівельні матеріали зазвичай важко придбати до будівництва. Однак з камінням вам потрібно буде лише перевезти каміння на майданчик перед початком будівництва.

➤ Недоліки використання каменів у будівництві мосту:

- Забирає багато часу: кам'яні конструкції неможливо встановити задалегідь, не перебуваючи у фізичному місці. Модифікація сталі зазвичай швидша, ніж встановлення каменів у мостах. І через мало місця для помилок при будівництві мостів, каміння зазвичай призводить до збільшення витрат на оплату праці, що, в свою чергу, збільшує загальний бюджет проекту.

- Важко виправити допущені помилки: на відміну від сталі, яку можна легко замінити та відремонтувати, помилки в розміщенні каменів можуть спричинити приреченість на весь проект. Як результат, важливо бути особливо обережними при будівництві мостів з використанням каміння як первинних матеріалів.

Чавун:

Чавун має дуже високу стійкість до стиснення, що робить його ідеальним для використання в аркових мостах, де весь чавунний шматок поставлений під стиснення. З цієї причини перший великий чавунний міст, Залізний міст, використовував чавун для своєї підтримуючої арки.



Чавунні колони для будівель мали перевагу в надзвичайно стрункій порівняно з кладковими колонами, здатними підтримувати подібну вагу. Він також корисний для інших видів будівель, наприклад, дозволяючи архітекторам театрів, церков та синагог вдосконалювати оглядові лінії під час підтримки балконів, усуваючи або принаймні роблячи колони, що підтримують дах або балкони, тоншими.

Чавун став дуже популярним будівельним матеріалом наприкінці 1700-х років. Раніше це було занадто дорого, щоб виготовити у достатній кількості для будівництва, але поява багатьох нових доменних печей зробила чавун більш доступним. Через промислову революцію чавунні мости стали дуже популярними, і багато хто досі залишається.

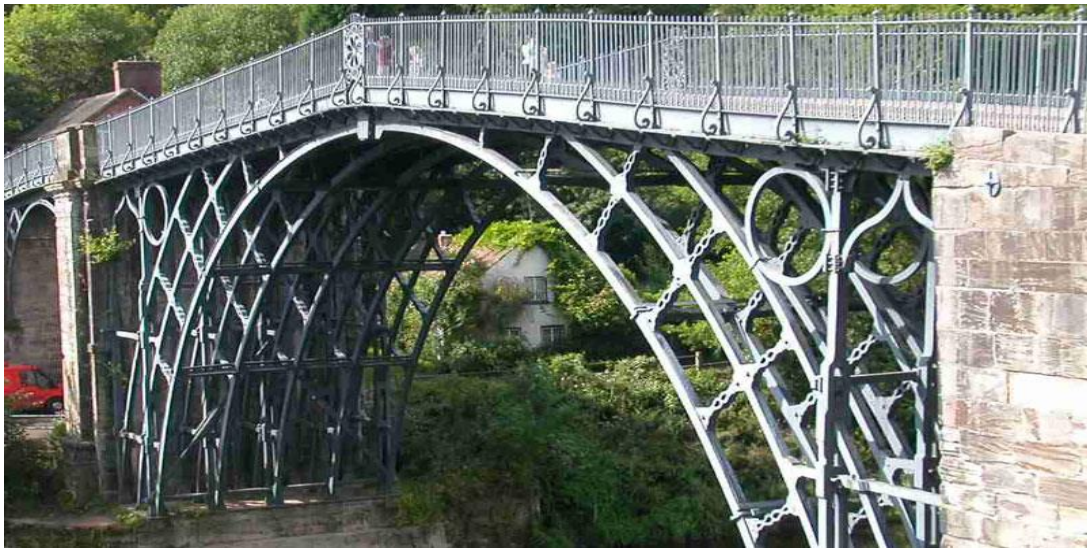


Рисунок 1.62 – Чавунний міст

Пиломатеріали:

Дерев'яний міст або дерев'яний міст - це міст, який використовує деревину або деревину як основний структурний матеріал. Одна з перших форм мосту, дерев'яна, використовувалася з давніх часів. Останні два десятиліття спостерігається зростаючий інтерес до деревних мостів у багатьох європейських країнах. Причин для цього є кілька. Зростаючий інтерес до екологічних питань та стійкості, безумовно, проклав шлях для більшого використання конструкційної деревини, але також важливе значення відіграло

нове та інноваційне використання деревини, наприклад, напружена ламінована дерев'яна колода та кращі з'єднання. Мости природно поділяються на дві основні групи: мости та дорожні мости. Переважна більшість мостів з деревини мають настили з деревини в тій чи іншій формі, від простих дерев'яних дощок або дощок до перехрещених шарів дощок та різних типів ламінованих настилів. Для дорожніх мостів ситуація складніша. Дуже важливо запобігти проникненню поверхневих вод в курс асфальту, і тому якась непротупна мембрана розміщується між дерев'яною настилом та асфальтом.



Рисунок 1.63 – Дерев'яний міст

Висновок:

З плином років ми почали бачити, що більше інженерів дійсно починають уважно дивитися на ці типи матеріалів, оскільки вони здебільшого не потребують обслуговування. Більше розвитку можна очікувати в матеріальному використанні мостового будівництва в майбутньому.

## 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА МОСТІВ

### 2.1. Тенденції будівництва мостів

Нові технології та матеріали допомагають інженерам та будівельним професіоналам будувати мости краще та швидше, а також покращують обслуговування для більш тривалого мостового життя. Датчики вбудовуються як у нові, так і в існуючі мости, щоб забезпечити постійний зворотний зв'язок щодо структурних умов. Ці дані допомагають інженерам визначити та вирішити проблеми раніше та покращити громадську безпеку. Одна з технологій будівництва мостів, яка використовується сьогодні, - це запозичення ідей та дизайнів минулого для створення нового структурно обґрунтованого моста. Технологічні аспекти будівництва впливають на сучасну мостову промисловість з перших етапів проектування. Цілі родини мостів, такі як запуснені мости, мости, що пролітають, і врівноважені консольні мости беруть назву від способу будівництва. Інший приклад - метод повного прольоту, який так часто застосовується у швидкісних залізничних проектах.

Мостова промисловість рухається до механізованого будівництва, оскільки це економить робочу силу, скорочує тривалість проекту та покращує якість. Ця тенденція очевидна в багатьох країнах і передбачає більшість методів будівництва. Механізована конструкція мостів заснована на використанні спеціалізованого обладнання для ерекції.

Променеві пускові установки використовуються для спорудження збірних балок. Самонавантажувальні козли та підйомні рами використовуються для спорудження збірних сегментальних мостів. Рухомі системи будівельних лісів (MSS) та мандрівники форми використовуються для висадки на місці прольотів та сегментів попередньо напружених бетонних мостів. Формування вагонів використовується для сегментарного лиття бетонної плити композитних

мостів. Портальні носії з мостовими та прольотними пусками, що живляться візками шин, використовуються для транспортування та розміщення передплачених прольотів. Підйомні платформи використовуються для підйому макросегментів для підвісних мостів. Альтернативні конфігурації машин також доступні для більшості методів будівництва.

Система інтегрованих ґрунтів (GRS – IBS) - це інноваційний спосіб зменшити час будівництва та вартість мостів. Технологія складається з трьох основних компонентів: посиленого ґрунтового фундаменту, ферми та інтегрованого підходу. Чергові шари ущільненої зернистої заливки та геосинтетичне підкріплення забезпечують підтримку мосту. Тісно розташований арматурний та зернистий ґрунт створюють ефективний композитний матеріал, який є внутрішньо стійким та здатним переносити мостові навантаження значно вище, ніж розроблено з передбачуваними та надійними характеристиками.

Новий міст - це в основному складена мостова конструкція, яка включає в себе ферми GRS та збірні елементи надбудови мосту. Цей підхід усуває дорогий час простою, пов'язаний із бетоном, який може зайняти кілька тижнів до місяця.

Міст розміщується безпосередньо на підструктурі, створюючи безперебійний і плавний перехід між мостом і під'їзною проїжджою частиною без стиків, глибоких фундаментів, під'їзних плит або литого бетону.

Проекти GRS-IBS можуть будуватися за кілька тижнів замість місяців через простоту будівництва та використання доступних матеріалів та обладнання. GRS-IBS може допомогти державам та місцевим державним установам задовольнити попит країни на невеликі мости з одним прольотом, забезпечуючи недорогі, міцні та довговічні споруди за менший час будівництва. GRS-IBS надає екологічні переваги, оскільки будівництво ферму міститься в його сліді, а глибокий фундамент не потрібен. Вплив на навколишнє середовище також зводиться до мінімуму за рахунок скороченого часу будівництва та зменшення необхідної кількості сталі та бетону. Ці мости також

довговічні та прості в обслуговуванні та мають менше компонентів порівняно з традиційною конструкцією.

Ця методика може бути використана в менш ідеальних погодних умовах і може вмістити модифікації на місці у випадку непередбачених умов ділянки. Мости GRS-IBS також добре працюють і можуть бути розроблені для широкого спектру умов завантаження.

Обладнання для будівництва мостів нового покоління складне і делікатне. Він обробляє великі навантаження на довгі прольоти під тими ж обмеженнями, що перешкоди для перекидання накладаються на міст. Безпека експлуатації та якість кінцевого продукту залежать від складних взаємодій між людськими рішеннями, структурними, механічними та електрогідравлічними компонентами, системами управління та мостом, що споруджується.

Незважаючи на їх складність, ці машини повинні бути максимально легкими. Вага регулює початкові інвестиції, вартість доставки та складання майданчика, напруження ерекції, а іноді навіть вартість мосту. Обмеження ваги диктує використання високоякісних сталей та конструкцію високих рівнів напруги в різних умовах навантаження та опори, що робить ці машини потенційно схильними до нестабільності.

Обладнання для монтажу мостів збирається та виводиться з експлуатації багато разів, в різних умовах та різними екіпажами. Він модифікований, відновлений та адаптований до нових умов праці. З'єднання та польові зрощення піддаються сотням реверсів навантаження. Характер завантаження часто є дуже динамічним, обладнання може піддаватися сильному вітру, а повне проектне навантаження досягається в кілька разів і іноді перевищується. Впливи нечасті, вібрації можуть бути значними, і більшість машин насправді досить жваві через високу структурну ефективність.

Рух додає дуже важливого ускладнення змінної геометрії. Навантаження та реакції підтримки застосовуються ексцентрично, опорні секції часто позбавлені діафрагм, а більшість машин мають гнучкі системи підтримки.

Дійсно такі умови проектування майже немислимі в постійних конструкціях, що піддаються таким навантаженням.

Рівень витонченості машин нового покоління вимагає належної технічної культури у всіх сторін, які беруть участь у механізованому будівництві мостів. Довгі ланцюги субпідрядників можуть призвести до втрати зв'язку, проблеми, які не вирішуються під час планування та проектування, повинні вирішуватися на місці, ризики неправильних операцій не завжди очевидні в таких складних і складних машинах, а людські помилки є головною причиною нещасні випадки. Експерименти з новими рішеннями без належної підготовки можуть призвести до катастрофічних результатів. Кілька машин для монтажу мостів завалилися в роки з великою даниною загиблих, ран, пошкоджень майна, затримок у графіку проекту та судових спорів. Тільки технологічне вдосконалення не може гарантувати зменшення відмов мостової будівельної техніки і може навіть збільшити їх. Лише глибша свідомість наших людських та соціальних обов'язків може призвести до безпечнішого робочого середовища. Рівень технічної культури, адекватній складності механізованого будівництва мостів, врятував би життя людини і полегшив би процеси прийняття рішень більш відповідними оцінками ризику.

У досконалому світі, будівельне обладнання мосту буде придбано для задоволення чітких вимог до експлуатаційних характеристик, буде розроблено відповідно до міжнародних стандартів та технічних умов, що стосуються проекту, підлягатиме незалежній перевірці дизайну, буде виготовлено та введено в експлуатацію в рамках процедур контролю якості, і експлуатуватимуться досвідченими наглядачами та навченими екіпажами відповідно до процедур, виданих виробником.

Ми не в ідеальному світі. Обладнання для будівництва мостів часто купують працівники закупівель, які мають лише розпливчасте уявлення про те, що вони купують, і, як правило, рекомендують рішення керівництву, виходячи з єдиного аспекту, який вони можуть порівняти: "вартість". Кінцева вартість для підрядника, як правило, вище, ніж цифра, написана в кінці пропозиції, і

загальна вартість двох, очевидно, подібних машин також може бути досить різною. Перевірки можуть уточнити, чи машина в хороших умовах або є щойно переробленою купою іржі; однак інші аспекти впливають на цінність машини. Наприклад, попит на робочу силу та кран на монтажі майданчика може бути гірким сюрпризом, якщо сотні польових зрощеннях розроблені з болтами тертя та колісними пластинами замість штифтів або напружених брусків.

## **2.2 Планування будівництва мосту включаючи послідовність та етапи планування**

Планування будівництва мостів потрібно, оскільки це має величезний вплив на життя людей. Необхідно враховувати соціальні, наукові та технологічні аспекти будівництва мостів. Рішення про надання мосту через будь-який бар'єр - сприяти громаді, яка проживає з обох боків проекту. Деякі основні мости приносять користь всій країні; наприклад, мости, побудовані через річку Ганга або Брахмапутру в Індії. Інший приклад - сполучення Хонсю-шикоку, яке має мости через багато островів Японії. Ця унікальна конструкція споруди також приносить користь більш ніж одній країні, як у випадку з Оресундською ланкою, яка побудована через Балтійський океан.

Три виміри планування будівництва мосту:

Є три виміри, які беруть участь у плануванні будь-якого мегапроекту, як міст. Це розглядається як початковий крок до планування структур, який, нарешті, спричинить проект, який був би вигідним для громади у всіх аспектах.

Три виміри:

- Науковий вимір
- Соціальний вимір
- Технологічний вимір

➤ Наукові розміри будівництва мостів:

Існують певні закони для природи, на основі яких повинна виконувати кожна побудована структура. Вчені пояснюють ці природні форми та існування цих законів за допомогою певних взаємозв'язків між певними елементами. В тій чи іншій формі вчені чи інженери використовують у природі раніше існуючі технології, що єдиною різницею є метод, який вони застосовували. Різні наукові розробки, які інженери роблять на основі цих; як принесення різних альтернативних матеріалів хімічним аналізом, фізикою - для спостереження та аналізу динамічної поведінки структури; Математика - використовується для аналізу та визначення сил та напружень. Отже, ефективні структури розвиваються за допомогою наукового виміру.

➤ Соціальний вимір для будівництва мостів:

Підвищення якості життя людей значно полегшується будівництвом мосту. Ці структури покращують мобільність людей, а також матеріал. Цей вимір допомагає реалізувати плюси і мінуси такої конструкції та пов'язані з ними заходи безпеки. Така величезна конструкція приносить зміни суспільству та людям, але також вносить несприятливі зміни в навколишнє середовище. Мости не тільки повинні задовольняти потребу мобільності та майбутні вимоги, але й повинні задовольняти проблеми, пов'язані з шумом, забрудненням під час будівництва та після нього. Оскільки структура є добробутом всієї громади, люди також зобов'язані і відповідальні за те, щоб внести свій внесок у цей добробут у вигляді податків, зборів або у формі плати за проїзд. Це допоможе розглянути будівництво як вигідну роботу та як засіб економічного розвитку. Вищезазначені міркування підпадають під соціальний вимір. Існують також шанси на включення політичного виміру в соціальний вимір. Це виникає в ситуації вибору місця розташування чи об'єкта, або в визначенні пріоритетності потреб у добробуті економіки. Соціальний вимір має прямий тісний зв'язок з науково-технічним виміром.

➤ Технологічні розміри будівництва мосту:

Протягом десятиліть було багато технологічних розробок у галузі нових структур, методів будівництва та матеріалів, як альтернатива для рідкісних та



приведення нових машин, які працюють над людськими працівниками. Ця технологія допомогла запропонувати та вдосконалити альтернативи в будівництві мосту. Тепер замість цегли, сталі, цементу тощо., будівництво здійснюється скляними волокнами, вуглецевими волокнами тощо. Пройшовши такі інновації в технологіях, перший міст, побудований FRP, був у Китаї в 1982 році. Він складався з п'яти коробкових балок з чітким прольотом 20,4м. Розробка полімеру, посиленого вуглецевим волокном, тобто. Були також виготовлені кабелі CFRP, які набирають міцність 3300 Мпа та модуль пружності 165 ГПа. Міст Вінтертур у Швейцарії, використовуйте такі кабелі. З цього матеріалу виготовлено два кабелі з двадцяти двох. Сталь доступна з більш високими можливостями, як висока міцність, що варіюється від 60 МПа до 100 МПа, які мають чудову пластичність і корозійну стійкість. Це призвело до нових варіантів будівництва в арках, кабельних конструкціях, струнких конструкціях та довших прольотах. Точна поведінка структур чітко аналізується за допомогою нових методик масштабних моделей, комп'ютерів для величезного аналізу та аеродинамічних досліджень. З розвитком нових важких транспортних засобів з величезною потужністю інженери змушені будувати мости з більшою місткістю. Це вплине на міцність і розміри мосту і вплине на технічне обслуговування, пов'язане з тим же. Все це спричиняє більший вплив на навколишнє середовище у вигляді забруднення повітря, більшого виснаження природних ресурсів. Ці масивні споруди використовують величезну кількість бетону, який, у свою чергу, використовує агрегати з природи. Що стосується занепокоєння інженера-конструктора, то науковий вимір стає основним критерієм. Але він повинен врівноважуватися з іншими двома вимірами, тобто. соціальний та технологічний вимір. Це робить висновок, що він повинен розвивати структуру, прийнятну соціально одночасно економічну, довговічну та ефективну. Це залежить від того, як він обирає технологічний вимір, який повинен вестись на концептуальній стадії проекту.

### 2.3 Аналіз сучасного будівництва мостів

Послідовність планування будівництва нового шосе або залізничного проекту є основною частиною планування проекту. Виходячи зі складності бар'єру, через який повинен бути побудований міст, деталізація планування проекту збільшується, оскільки необхідно провести більше розслідувань. Загалом основні кроки, які беруть участь у плануванні будівництва нового проекту, згадуються нижче:

- 1- Визначення потреби в мосту
- 2- Оцінка можливого та необхідного руху в районі, запропонованому для будівництва мосту
- 3- Вивчіть місце розташування
- 4- Вивчення всіх можливих альтернатив
- 5- Удосконалення та короткий перелік усіх можливих альтернатив
- 6- Визначення концептуальних планів альтернатив. Це передбачає пошук матеріалів, розташування прольоту та форми.
- 7- Попередня конструкція та оцінка витрат
- 8- Оцінка альтернатив, її ризик та остаточний вибір рішення
- 9- Ідентифікація джерела ресурсів шляхом детального опитування
- 10- Реалізація за допомогою тендерних документів. Після цього здійснюється шляхом встановлення агентства, деталей будівництва та їх введення в експлуатацію.

Різні етапи планування будівництва мостів:

Основними кроками, які беруть участь у плануванні будівництва мостів, є:

- 1- Дослідження потреби в мосту
- 2- Оцінка руху
- 3- Дослідження місцеположення
- 4- Розвідувальне дослідження а) Вивчення альтернатив б) Можливе альтернативне дослідження

5- Попередня інженерія а) Розробка планів б) Попередня розробка та вартість  
 с) Оцінка альтернатив, аналіз ризиків та остаточний вибір

6- Детальний звіт про проект

7- Реалізація короткої ідеї на кожному етапі пояснюється в наступному розділі.

1. Вивчіть потребу в мосту:

Рішення про створення нового мосту в районі приймається як частина розвитку суспільства. Це полегшує можливість зв'язку міст та містечок, які набувають більшого значення в загальному зростанні нації. Їх потреба вивчається на основі соціально-економічних життєздатностей.

2. Оцінка руху для будівництва мостів:

Оцінка типу трафіку та його кванту необхідна для вирішення наступних факторів:

- Кількість смуг на дорозі або залізничних коліях
- Параметри геометричного дизайну
- Переваги, придбані суспільством

Збір даних для цього повинен здійснюватися ретельно, щоб впливати на належну ідею щодо структури руху, стратегій зростання, таких як сільськогосподарські, промислові та комерційні розробки. Будівництво мосту має величезні інвестиції на початкових етапах. Після завершення невелика варіація або оновлення не рекомендується. Отже, рекомендується запропонувати дизайн, який враховує майбутні вимоги до потужностей та фактори руху. Дослідження оцінки трафіку слід враховувати наступні фактори. В основному це здійснюється за допомогою планувальника трафіку або економіста.

- Склад руху, з точки зору легких та важких транспортних засобів
- Максимальні та мінімальні вимоги до швидкості
- Річний темп приросту та їх коливання
- Проектний термін експлуатації мосту

3. Місце дослідження будівництва мосту

Незважаючи на те, що місце розташування вивчало та фіксувало розташування мосту, дуже важливо враховувати потребу та місце розташування перехресних дренажних робіт, якщо такі є. Кажуть, що робота з перехресним дренажем має від 15 до 20% від загальної вартості проекту, якщо вона повинна бути реалізована. Отже, перш ніж вибирати вирівнювання для будівництва мосту, необхідно визначити всі можливі роботи CD та його дію. Наступні фактори вважаються надійними при фіксації місця розташування мосту.

- Місце, вибране над потоком без вигинів і меандрів. Це буде прямо в досяжності.
- Потік без гілок чи приток
- Місце розташування обмежене належним чином визначеними банками
- Якщо міст або водосток з під'їздом до дороги, з обох боків мають максимальну міру
- Якщо переправа нормальна для вирівнювання дороги і кут перекосу необхідний, обмежте її.

Крім вищезазначених умов, основні річкові переправи мостової конструкції повинні відповідати наступним умовам:

#### а) Річковий режим

Річка вгору за течією повинна бути прямою. Якщо в нижній течії є вигин, цього слід уникати. Річка в межах досяжності повинна бути без вихорів, надлишковий струм через вихри. Канал, що знаходиться в межах досяжності, повинен бути вузьким і чітко визначеним. Річковий режим повинен мати неробочі береги, які є твердими. Якщо немає незворотних банків, також слід забезпечити банки-поводирі в сухих місцях.

#### б) підходи

Під час повеней підходи повинні бути захищені від повеней або будь-яких великих розливів. Слід уникати будівництва високого дорогого підходу. Рекомендується проходити через забудовані райони, високі пагорби або через великі басейни чи релігійні споруди. Підходи мають розумну близькість до

головної дороги. Він не повинен дозволяти будувати дорогу сполучну ланку. Ідеальний підхід дозволить уникнути будівництва під водою, що коштує дорого і не економічно. Вони повинні допомогти таким чином забезпечити менше обслуговування всієї системи, отже, збільшивши термін служби мостів.

#### 4. Розвідувальне обстеження будівництва мостів:

Це попереднє техніко-економічне обґрунтування, яке вивчає всю течію річки, яку необхідно перетнути; щоб з'ясувати найкраще та підходяще положення для розташування мосту. Фактори, які задовольняє кожен сайт, приймаються як списки, і кожен аналізується індивідуально, з якого вибирається найкращий розгляд. Остаточну кількість можливих сайтів необхідно уточнити до трьох-чотирьох, це можна зробити лише шляхом детальної інформації про кожен сайт та уточнення найбільш підходящих. На цьому етапі карти використовуються для пошуку цих можливих сайтів. Пряма оцінка сайту зроблена для розуміння особливостей місцезнаходження (місцеві критерії) вивчення існуючих та зростання трафіку за допомогою опитувань, знаючи інформацію від людей, які проживають, прості маршрути та короткі скорочення в районі, вивчається також річковий потік та його поширення. Оцінюється також техніко-економічне обґрунтування економіки витрат, тривалості будівництва, джерел ресурсів. Зараз вся інформація збирається і проводиться порівняння. На основі обговорення та уточнення вибирається найкращий можливий сайт для впровадження.

#### 5. Попередня інженерія будівництва мостів:

Цей етап планування можна назвати техніко-економічним техніко-економічним обґрунтуванням. Тут технічні деталі, пов'язані з будівництвом мосту, вивчаються детально, щоб запропонувати всі можливі альтернативи для продовження будівництва. В основному встановлено, що загальна вартість проекту становить плюс-мінус 15% від вартості, яка оцінюється на цьому етапі планування. Для обробки технічного дослідження необхідно провести мінімальний рівень польового дослідження та вимірювань, дослідження місця

розташування та пов'язані з цим параметри. Це дослідження, проведене на будівельному майданчику мосту, повинно містити такі табличні деталі вмісту:

1. Загальна довжина мосту
2. Тривалість підходів
3. Якщо об'їзди присутні, їх відповідні заощадження
4. Очікуваний обсяг трафіку
5. Відстань до сусіднього міста чи міста від місця
6. Очікуваний період проекту мосту
7. Характер потоку, що надходить на сайт
8. Характер та поведінка ґрунтових верств для фундаменту
9. Проблеми будівництва, що існують з мостами або підходами
10. Технічне обслуговування мостів або підходів, якщо такі є
11. Внутрішня норма прибутку або коефіцієнт витрат і вигод
12. Вплив на навколишнє середовище

Для кожного елемента, який зазначається, слід призначити певну кількість балів та ваги, що, нарешті, допоможе вибрати найкращий сайт.

6. Детальний звіт про проект планування будівництва мостів:

Цей етап є завершальним етапом планування будівництва мосту до початку будівельних робіт. Повне дослідження з коріння проводиться і документується. Проведені розслідування:

- Наземне обстеження
- Розвідка ґрунтів - деталі фундаменту
- Гідрологічні дані
- Модельні дослідження та аналіз

### **3 ДОСЛІДЖЕННЯ РІЗНОМАНІТНИХ МЕТОДІВ БУДІВНИЦТВА МОСТІВУ ТА ЇХ ВИБІР**

Навички будівництва мосту швидко прогресували протягом 20 століття. Наприкінці століття були розроблені нові методи, які покращували конструкцію, міцність та довговічність мостів. Сталеві мости були сильно заклеплені замість попередньої практики використання болтів. Бетонні мости були відлиті в потрібному місці, замість того, щоб їх попередньо передзвонили. Були використані величезні мостові елементи, виготовлені з брусків і невеликих секцій, і не прокатувались як одна частина. До 1980-х років більшість конструкцій мостів включали розширювальні з'єднання для настилів, включаючи розширення та нерухомі опорні підшипники. Ця методика була використана для дозволу структурного розширення та скорочення. Однак розширювальні суглоби, ймовірно, заповнені сміттям, і підшипники часто слабшають з часом. Таким чином, структура загартується, а вимоги до обслуговування збільшуються. Мостові інженери досліджували методи зменшення цієї неприємності, і нарешті розширювальні з'єднання та підшипники були усунені для розробки мосту без суглобів. Цей тип мосту побудований на гнучкому фундаменті, який може розширюватися або стискатися з незначними проблемами.

Очікується, що нові технології відповідатимуть складним та різним вимогам, а також пропонують варіанти, які будуть відповідати інноваційним стандартам інженерного та мостового будівництва. З початком нового століття будівництво мостів революціонується. Розробляються сучасні методи будівництва та новітні сучасні матеріали. Розробляються будівельні технології, такі як постнапруження, посилені ґрунтові стіни та заморожування ґрунтів. Застосовуються сучасні методи зйомки, які полегшили вибір ґрунту та інші конструктивні параметри за допомогою використання оптичної та інфрачервоної технології. Прогрес у технології настилу створює більш легкі та

міцні колоди. Підшипники, суглоби та сейсмичні елементи стали більш ефективними з моменту введення сучасних засобів для тестування. Будуть з'являтися послідовні, економічні, швидкі та запрограмовані системи перевірок. Будівельні матеріали мосту:

Будуть використані матеріали з покращеними характеристиками, які зроблять конструкцію мосту безпечною, міцною та надійною. Будуть використані такі матеріали, як високопродуктивні конкременти, полімерні бетони та пластмаси. Оскільки армовані волокнами композити стають все більш толерантними до температури, вони будуть широко використовуватися для будівництва мостів. Використання більших сталевих волокон буде використовуватися в натягнутих елементах. Економіка майбутнього будівництва мостів буде реалізовувати просту конструкцію із збільшеним інтерфейсом між дизайном, ерекцією та технічним обслуговуванням. Прогресивне вивчення сучасних вищих матеріалів та методи управління полегшить будівництво міцних конструкцій, які не потребують широкого обслуговування.

Через велику кількість змінних щодо концептуальної конструкції немає спеціальної формули для визначення найкращого варіанту мосту. Багато змінних вступають у гру, від досвіду інженерів та архітекторів, до конкретних потреб місця, таких як топографія, характеристики ґрунту та доступність матеріалів.

Існує кілька моделей для загального опису процесу проектування, побудови, експлуатації та обслуговування мосту загальним чином. Один з найбільш компактних блок-схем був запропонований Addis, показаний на рис. 3.1:



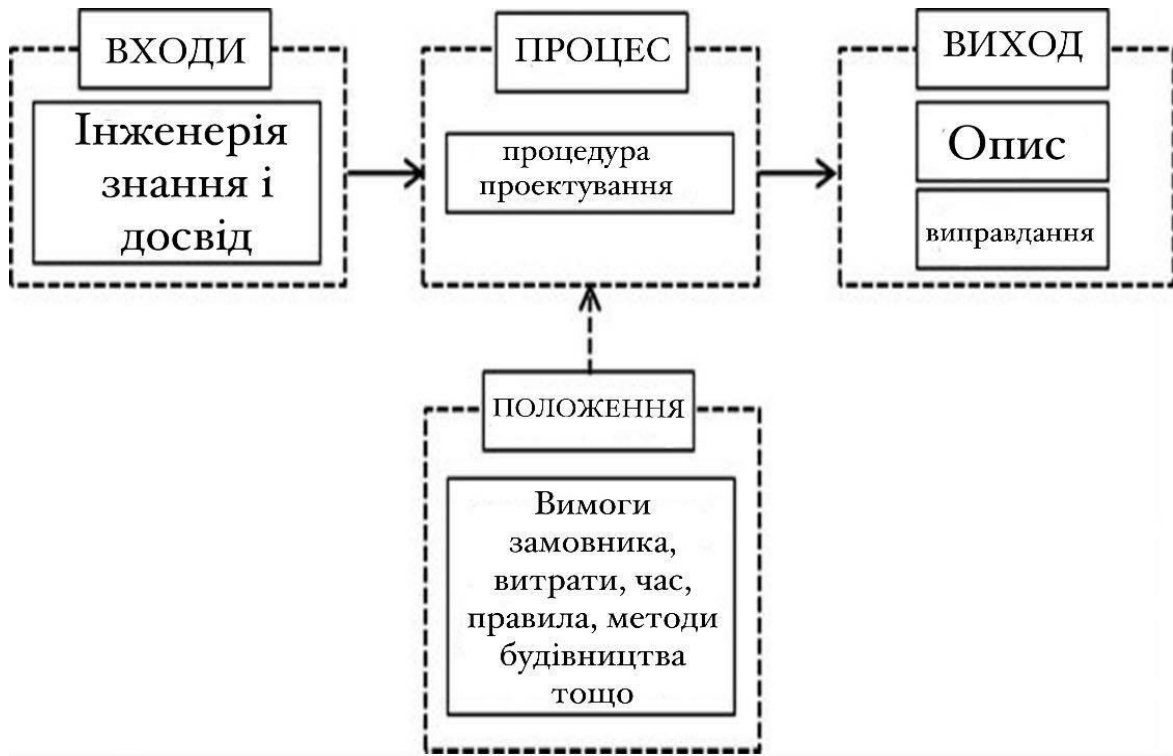


Рисунок 3.1 – Модель процесу проектування мосту

Процес будь-якої конструкції мосту складається з вхідних даних, правил, процесу проектування та результатів, пояснених так:

Вводи:

Вся інформація, необхідна для початку процесу проектування будь-яких мостів, розміщується в цій категорії і може бути класифікована як публічна та особиста. Публічна інформація стосується всієї існуючої бібліографії, як книги, журнали, публікації та програмне забезпечення, доступні в галузі. Ці посилання повинні включати всі теми, що стосуються мостів, такі як властивості матеріалу, процес будівництва, архітектурний дизайн та конструкція конструкцій. Особиста інформація стосується досвіду, набутого інженерами, архітекторами та компаніями, присвяченими будівельній галузі.

Правила:

Усі правила, обмеження та обмеження, накладені на процес створення та проектування, належать до цієї категорії. Деталі, такі як бюджет, вказівки клієнта, регулювання будівництва та дозволені матеріали, є деякими встановленими правилами.

Вихід:

Вся інформація, оброблена для побудови будь-якого мосту, розміщується в цій категорії і може бути поділена на опис та обґрунтування результатів. Опис стосується всіх малюнків, включаючи архітектуру, конструкцію, споруди та дороги. Обґрунтування стосується всієї технічної інформації, яка підтримує креслення, від структурної інженерії до бюджетів.

Процедура проектування:

У центральній частині блок-схеми розташований процес проектування мосту, де вхідні дані, правила та результати взаємодіють разом. Проектування мосту передбачає уяву інженерів та архітекторів для вирішення проблеми, використання попередніх знань для вибору найкращого варіанту геометрії та обґрунтування рішення необхідними розрахунками.

Процес блок-схеми застосовується до будь-якого типу мосту і може бути простим або складним у міру необхідності. Якщо ми хочемо успішного розвитку будь-якого мосту, повинен бути баланс між змінними, описаними на рисунку 3.1.

Ще одним моментом щодо процесу проектування мосту є вибір відповідного матеріалу та геометрії. Згідно з таблицею 1, рекомендований тип мосту відображається з використанням змінних вибору геометрії, матеріалу та прольоту.

Таблиця 3.1 - Довжина прольотів для різних типів мостів

Тип мосту	Матеріал	Діапазон прольотів
Плити	Бетон	0–40 ft. (0–12M)
Прогон	Бетон	40–1000 ft. (12–300M)
Прогон	сталь	100–1000 ft. (30–300M)
Кабельний	сталь	300–3500 ft. (90–1100M)
Кроквяний міст	сталь	300–1800 ft. (90–550M)
Арх	Бетон	300–1380 ft. (90–420M)

Арх	сталь	800–1800 ft. (240–550M)
Підвісний міст	сталь	1000–6600 ft. (300–2000M)

Рекомендований діапазон прольотів пов'язаний безпосередньо з бюджетними проблемами кожного проекту. Як приклад, розглянемо конструкцію конструкції довжиною прольоту 100 м, яку можна розробити за допомогою бетонної плити та бетонної балки, згідно з рекомендаціями таблиці 3.1.

Виконання конструкції та проектування запропонованого мосту, ми можемо знайти мінімальний розмір для бетонної плити та бетонних ременів; враховуючи бетонну плиту, товщина для підтримки 100 м прольоту потребує великої глибини в плиті, а отже, знадобиться велика кількість бетонного матеріалу; тому, якщо ми використовуємо ремені, кількість матеріалу буде меншою порівняно.

Залежно від діапазону прольотів та геометрії проекту, найкращим економічним варіантом вибору мосту буде ефективно використання кожного матеріалу механічних властивостей, напруження та напруження та характеристик ділянки.

Сталеві мости:

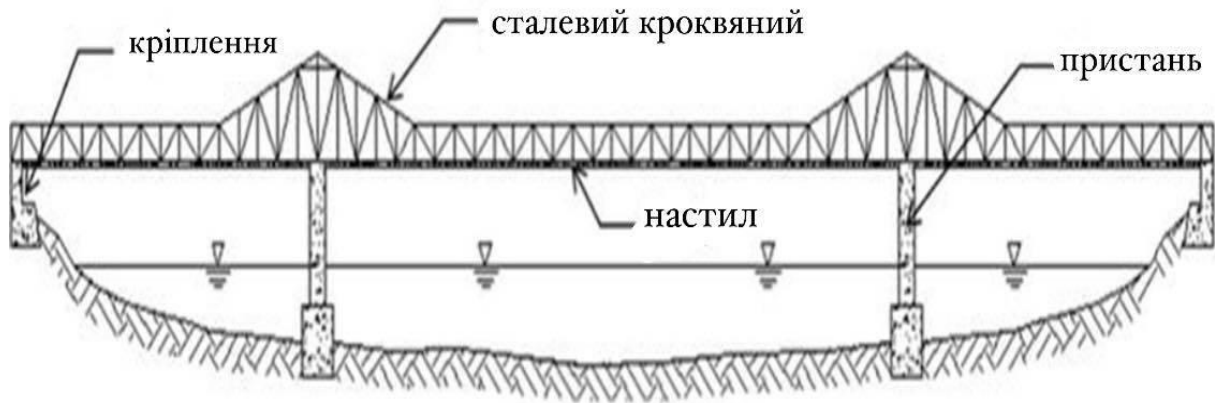
Залежно від типу сталі, що використовується, давання допустимого напруження конструкційної сталі може коливатися в межах 36 ксі (249 МПа) і 70 ксі (483 МПа). За даними Американського інституту сталевих будівництва, звичайні сталеві сплави - це A36, A992 та A572 50 клас.

У сталевих мостах найпоширенішими геометріями є:

- прямі ферми, ферми змінної геометрії або ферми у формі дуги.
- мости, що тримаються на кабелях.
- Підвісні мости.
- Мости, підтримувані поясами.

Сталевий кроквяний міст показаний на Рисунку 3.2, з прямими кроквами в центрі прольоту і змінною висотою біля опор колони. Збільшення висоти на

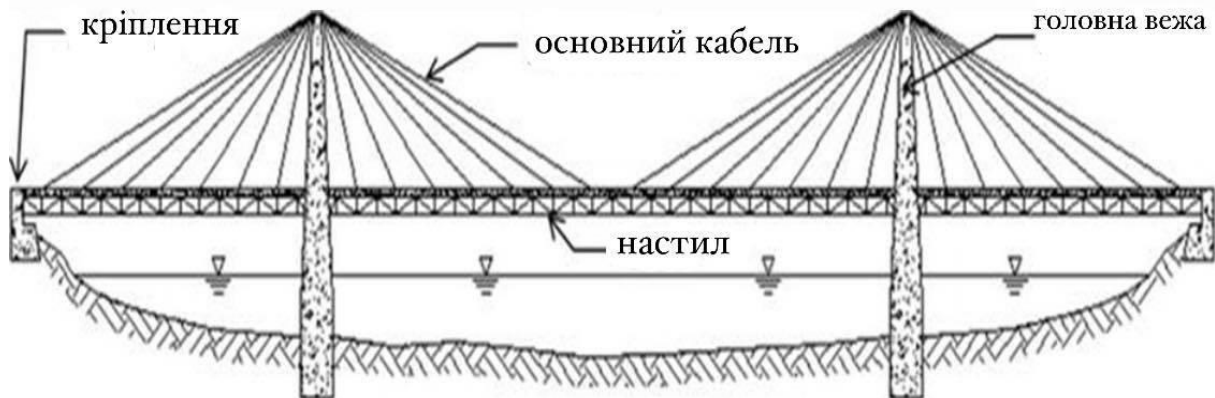
фермі біля стовпців відбувається через збільшення осьового напруження в кожному члені ферми. Фундамент, кріплення та плита для перевірки виготовлені з арматурного бетону; пірси можуть бути виготовлені зі сталі або залізобетону, залежно від характеристик ділянки.



сталевий кроквяний міст

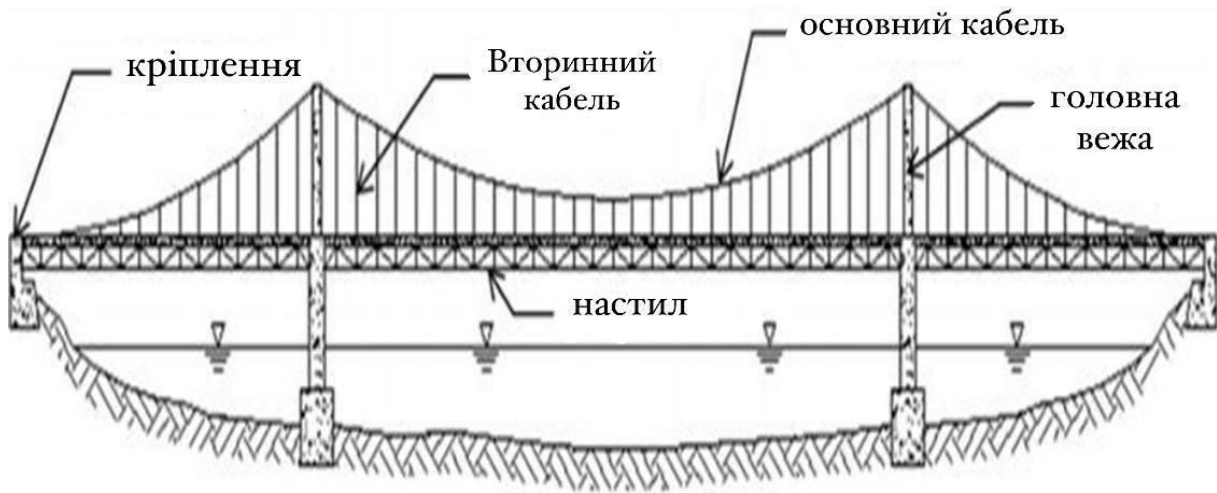
Рисунок 3.2 – Сталеві кроквяні мости на довгі довжини прольоту

Сталевий міст, що тримається на кабелі, і підвісний міст із загальною геометрією показані на Рисунках 3.3 та 3.4. Обидві конструкції мають головну вежу, що підтримує основні кабелі; різниця між цими двома мостами полягає в розташуванні кабелів. Мости, що тримаються на кабелях, використовують низку кабелів для підтримки настилу, з'єднаного безпосередньо з головною вежею; коли підвісні мости використовують основний кабель, підтримуваний між вежами, і ряд вторинних кабелів, що підтримують основну палубу.



вантовий міст

Рисунок 3.3 – Сталеві вантові мости на великі прольоти



підвісний міст

Рисунок 3.4 – Підвісні мости на довгі довжини прольоту

Як для мостів, що тримаються на кабелі, так і для підвіски, основна палуба має високе струнке співвідношення через довгий проліт і потребує додаткових структурних елементів для підвищення жорсткості. Штрихи зазвичай використовуються для жорсткості основної колоди і дозволяють вітру протікати через ці конструктивні елементи.

Напруга напруги розробляється кабелями, які є оптимальною геометрією, що дає можливість збільшити довжину прольоту. Дивлячись на таблицю 1, для довжини прольоту вище 3500 футів. (1100 м), підвісний міст - єдиний економічний варіант на вибір.

Мости, підтримувані сталевими ремінцями, показані на Рисунку 3.5. Основна колода - це поєднання бетонної плити, широкого спектру конструкційних сталевих променів, пірсів та геометрії кріплення. Сталеві балки можуть бути просто або суцільними балками за допомогою гарячекатаних секцій або розроблених сталевими пластинами.

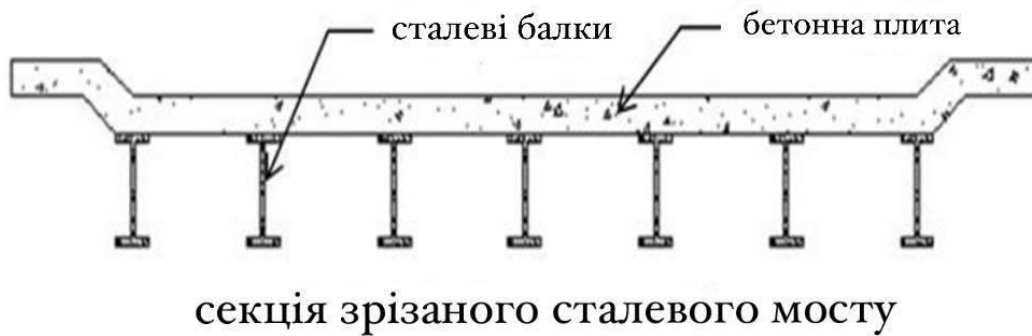
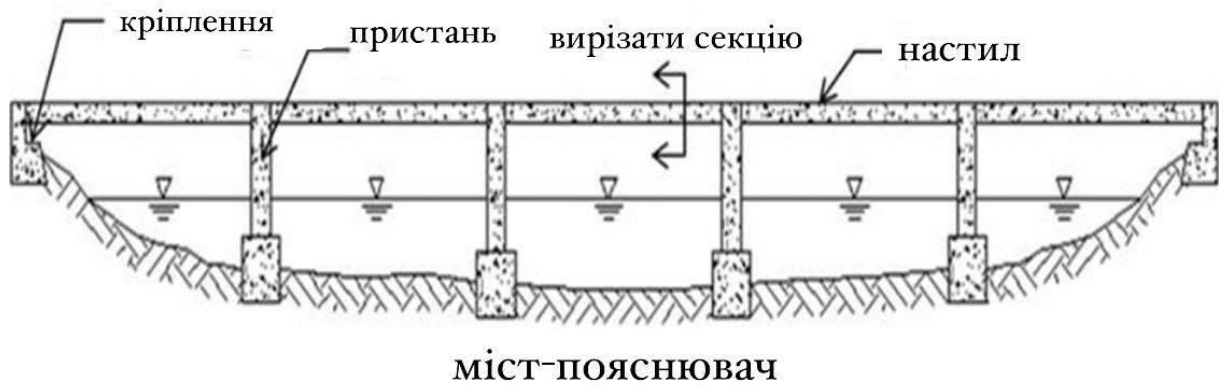


Рисунок 3.5 – Сталеві мости на короткі та середні довжини прольоту

Сталеві балки працюють зі напруженнями згину, що зазвичай вимагає більше матеріалу, якщо його порівнюють з елементами ферми. Однак, згідно з таблицею 1, ці типи мостів можуть бути економічно конкурентоспроможними на короткі та середні довжини за рахунок легких будівельних процедур та менш трудомістких під час встановлення ременів. Крім того, ці балки мають велику жорсткість порівняно з мостами ферми, зменшуючи реакцію на вібрацію, що виникає внаслідок руху та потоку вітру.

Бетонні мости:

За даними Американського інституту бетону (А.С.І.), міцність на стиснення бетону може змінюватись від  $f_c$  3 ксі (20 МПа) до 7 ксі (48 МПа),

залежно від використовуваних співвідношень цементу, води, природного гравію та піску.

Є багато переваг бетонного матеріалу порівняно зі конструкційною сталлю, включаючи його здатність підтримувати компресійні напруги та доступність для будівельної галузі. Напруження напруги здійснюється арматурою, виготовляючи композитний структурний матеріал.

У меж залізобетонних мостів, попередньо напружених та після напружених, ми можемо знайти такі геометрії:

- Бетон у формі дуги під основною колодою.
- мости, що тримаються на кабелях, де вся конструкція використовувала бетон, крім тензорів.
- Мости, підтримувані поясами.

Бетонний міст у формі дуги показаний на Рисунку 3.6, який складається з елемента у формі дуги під усією конструкцією, що підтримує пірси та основну колоду. Бетонний аркоподібний елемент працює в основному за рахунок стиснення через його кривизну, скориставшись ємністю матеріалу. Пірси працюють як напруга стиснення, і основна колода працює як стрижка і напруга згинання. Згідно з таблицею 1, рекомендована довжина прольоту для структурних та економічних цілей становить 300–1380 футів. (90–420 м).



Рисунок 3.6 – Бетонні мости середньої довжини прольоту

Основна особливість попередньо напружених бетонних ременів проти просто залізобетонних ременів - збільшення довжини прольоту без необхідності збільшення висоти променя, скориставшись ефективною інерцією та забезпечивши більшу жорсткість мосту. Цей тип геометрії широко

використовується для побудови мостів через міста, автомагістралі або міждержавні дороги.

Згідно з таблицею 3.2, існує велика кількість рекомендованих ременів, враховуючи попередньо напружений або литий на місці постстресований бетон з різною геометрією поперечного перерізу, враховуючи чіткий проліт для покриття та механічні властивості матеріалу.

Таблиця 3.2 - Довжина прольотів для різних типів бетонних мостів

Тип мосту	Діапазон прольотів
Попередньо натиснув І-променевий	0–150 ft. (0–45 M)
Коробка з переносом на місці	100–300 ft. (30–90 M)
Передвіщайте збалансований консоль, постійну глибину	100–300 ft. (30–90 M)
Передвіщайте збалансований консоль, змінну глибину	200–600 ft. (60–180 M)
Лиття на місці консольне сегментальне	200–1000 ft. (60–300 M)
Кабельне зберігання з збалансованим консольним сегментальним	800–1500 ft. (240–450 M)

Кожна процедура будівництва має свої переваги; наприклад, попередньо напружені ремінці мають перевагу в меншій кількості часу, що витрачається, і мінімальних рамок для використання порівняно з відкинутими на місці ремінцями або відкинутими плитами, але можна виконати лише просту область поперечного перерізу; іншою рукою, ремінці на місці можуть мати будь-яку бажану геометрію поперечного перерізу, який є адаптованим і зазвичай необхідний для будь-якого проекту.

Бетонний міст-подарунок показаний на Рисунку 3.7, враховуючи кілька типів будівельних процедур та геометрії, використовуючи ті самі пірси та кріплення.



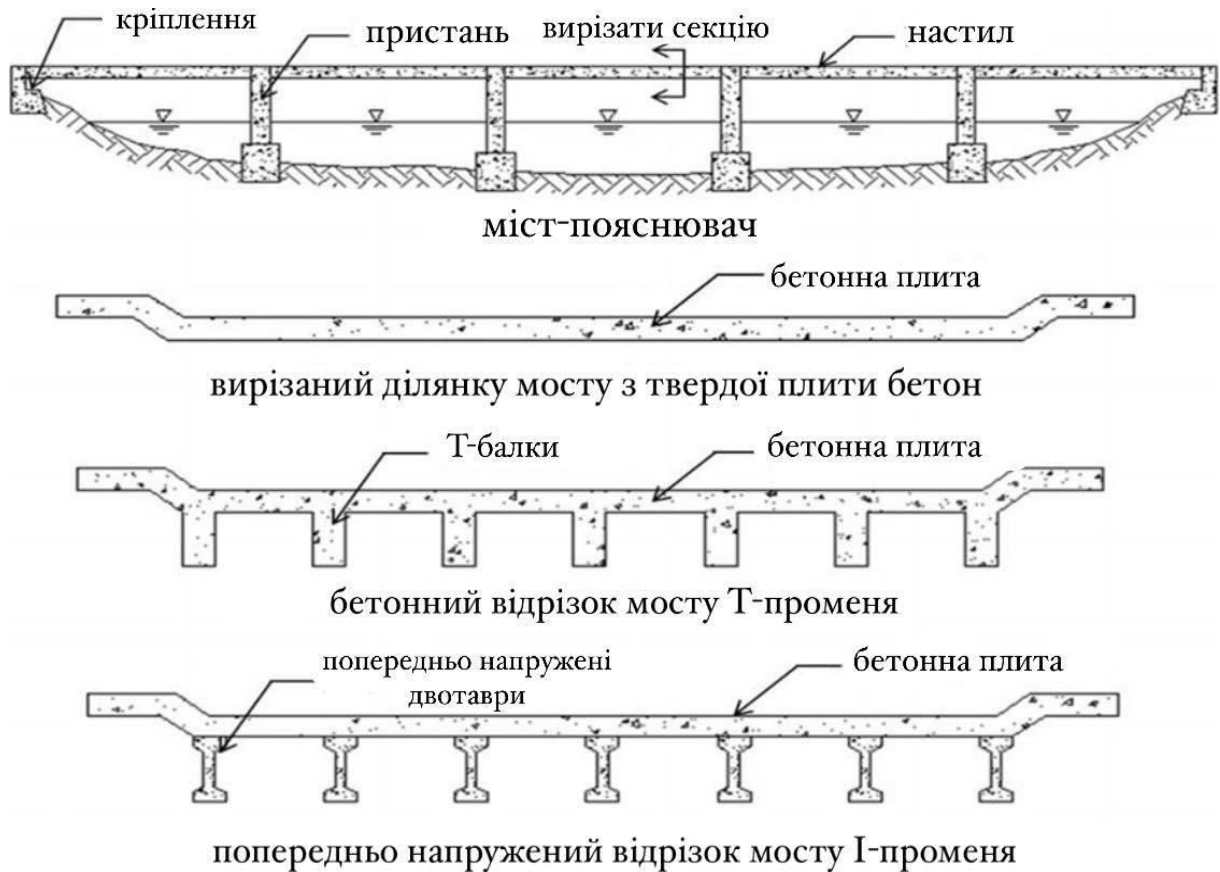


Рисунок 3.7 – Бетонні мости на короткі довжини прольоту

Заснована бетонна плита або Т-балки можуть використовуватися для невеликих довжин прольотів, як це рекомендовано в таблиці 1, а попередньо напружені попередньо напружені І-промені використовуються для прольотів нижче 150 футів. (45 м) згідно таблиці 3.2. Усі ці типи ременів працюють на напругу згину, що обмежує діапазон прольотів; однак, завдяки легким будівельним процедурам, широко використовуються для більшості поширених мостів.

Інші матеріали:

Більшість мостів використовують в якості основних матеріалів конструкційну сталь і бетон. Однак є й інші матеріали, які можуть допомогти доповнити структуру, залежно від деяких особливостей:

Дерев'яні мости, які використовуються для невеликих пішохідних проходів або там, де довжина прольоту коротка, а навантаження низькі.

Нержавіюча сталь, де вона замінює деталі мосту з вуглецевої сталі, збільшуючи стійкість до вологості та факторів навколишнього середовища.

Вуглецеві волокна, що використовуються в процесі відновлення та здійснюють вдосконалення потужностей існуючих структурних елементів.

Різні методи будівництва мосту та їх вибір:

- Метод лиття на місці
- Збалансований метод консолі
- Попередньо описаний метод
- Протяг за методом прогонного лиття
- Метод збільшення старту
- Метод, що зберігається на кабелях
- Метод арки

### **3.1 Різні методи лиття на місці будівництва мосту**

Різні методи лиття в місці:

Будівництво мосту можна здійснити наступними методами. Кожен з наступних методів може бути реалізований різними способами. Але тут ми обговорюємо питання впровадження наступних методів із методами лиття на місці.

1. Метод поступового запуску
2. Збалансований консольний метод
3. Напружений метод "Кастинг-Сіт"

1. Метод збільшення запуску:

Метод поступового запуску - це той, в якому прийнята техніка на місці. Це високо механізований метод, який економить час і бюджет. Зазвичай він віддають перевагу будівництву багатопрофільних мостів, що натягуються. У цьому способі мостові пірси будуються першими в необхідному вирівнюванні. Тоді частина надбудови, яку потрібно побудувати, занурюється в кількість секцій. Тепер вибирається область за одним із цих фермиїв. У цій нерухомій

зоні проводиться установка для викидання однієї секції надбудови мосту. Після лиття однієї секції він просувається по осі мосту за допомогою системи домкрата або системи запуску тертя, яка розташована перед литтям конструкцій. Аналогічно, всі секції відливають на місці і переміщують вперед по вирівнюванню мосту.



Рисунок 3.8 – Метод поступового запуску будівництва мостів

Щоб знизити момент згину або консольні моменти в суперструктурі під час руху, на передній частині мостової колоди прикріплений пусковий ніс із сталевих ферм. Вирівнювання мосту слід ретельно вивчити. Він повинен бути прямим або якщо він включає криві, то кривизна повинна бути постійною. Найвність ливарного шару знаходиться на землі, до якої легко дістатися, тому цей метод забезпечує кращу безпеку, а також знижує витрати на транспортування та підйом. Високоякісну обробку можна отримати, оскільки робота проводиться на хорошій ливарній платформі.



Рисунок 3.9 – Міст побудований за допомогою методу збільшення старту "Cast-in-situ"

Збалансований метод консолі:

Збалансований консольний метод - це вдосконалений метод усіх будівельних технік, оскільки він не потребує тимчасових споруд для підтримки. Мости більшої висоти також можна будувати за допомогою збалансованого консольного методу без фальшивих робіт. Техніка закидання в місце для збалансованого консольного способу будівництва мосту є кращою, коли міст довгий і містить неправильну довжину прольоту. Якщо є неправильні довжини прольоту, то глибина балки буде змінюватися для кожної довжини прольоту. Формування ременів різної глибини в різних глибинах цвілі неекономічне. Отже, для цієї ситуації кращим є метод «кидання-ситу». Спочатку будуються пірси, які є фіксованими положеннями для консольної частини. З фіксованої точки консольна частина будується без тимчасової підтримки з використанням поетапної конструкції з лиття на місці. Це робиться по обидва боки пірсів, тому його називають збалансованим консольним методом будівництва.



Рисунок 3.10 – Збалансований консольний метод будівництва

Метод після натягу заливання на місці:

Cat-in-situ Спосіб натягу після будівництва мосту є більш вимогливим методом через його довговічність та застосовність до складних кривих мостів тощо. У цьому способі разом з бетоном та арматурою також використовуються сталеві нитки або сухожилля для введення після натягу. Коли опалубка готується, пасма розташовуються в арматурі і бетон заповнюється. Після загартування бетону нитки, які пройшли через бетон, витягуються домкратом до певної сили розтягу, яка була заздалегідь визначена. Тепер сталеві підставки слід зафіксувати. Цей тип конструкції збільшує вантажопідйомність мосту та

покращує довговічність мосту. Пост-напруження виключає використання проміжних опор для мостів з довгим прольотом.



Рисунок 3.11 – Розташування сухожиль перед заливкою бетону при донатягувальному способі будівництва мосту

➤ Переваги методів будівництва Cast-in-Situ:

- Цей метод не потребує важкого підйомного обладнання або транспортного обладнання, оскільки лиття суперструктури проводиться в необхідному положенні.
- Надбудова безпечна від транспортування та підйому пошкоджень.
- Це найкращий метод побудови мосту в недоступних районах.
- Цей метод застосовується для економічно ефективної конструкції твердих, зважених або ребристих залізобетонних плит.



Рисунок 3.12 – Заповнення бетону

➤ Недоліки методів будівництва Cast-in-Situ:

- Це забирає багато часу порівняно з методами збірної конструкції.
- Якщо міст будується над водоймами, під час повені може виникнути серйозна шкода невстановленому бетону.

- Цей метод вимагає великої кількості працівників і вимагає кваліфікованого нагляду.

### **3.2 Збалансований консольний метод будівництва мосту**

#### **➤ Що є збалансованим консольним методом будівництва мостів?**

Збалансований консольний метод будівництва мостів, що використовується для мостів з кількома прольотами від 50 до 250 м. Міст може бути або закинутим, або попередньо закатаним. Більше того, основна концепція збалансованого способу будівництва консолей полягає в тому, щоб по черзі прикріплювати сегменти на протилежних кінцях консолей, підтримуваних пірсами. Крім того, цей метод легко адаптується до неправильної та довгої довжини прольоту, перевантажених ділянок проекту, нерівної та водної місцевості, залізничних переїздів та екологічно чутливих районів. Крім того, він дуже підходить для будівництва мостів, що зберігаються на кабелях. Це тому, що після розміщення сегментів вони будуть підтримуватися новими кабельними зупинками на кожному етапі ерекції. Тому допоміжні опори не потрібні, а отже, це і економічний, і практичний метод для довгих мостів, що тримаються на кабелях. Нарешті, у цій статті представлений збалансований консольний метод будівництва мостів.

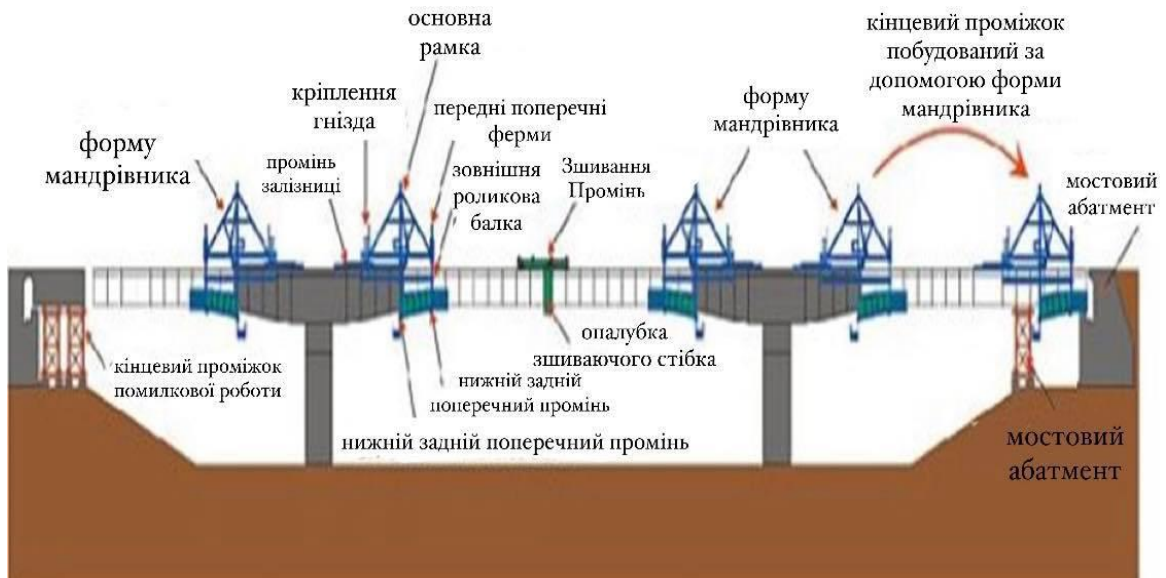


Рисунок 3.13 – деталі консольного методу будівництва моста (сегмент відливання на місці)



Рисунок 3.14 – деталі консольного способу будівництва моста (збірні сегменти)

- Порядок збалансованого консольного методу литого мосту Будівництво:
- Після завершення будівництва нижньої інфраструктури мосту, Рисунок 3.15 Будівництво мосту починається на кожному пристані. Розміщується спеціальна опалубка і починається сегмент пірсу, що знаходиться на місці, Рисунок 3.16,

повний сегмент пірсу потім використовується як платформа для ерекції для підтримки мандрівника форми для відрізних сегментів.

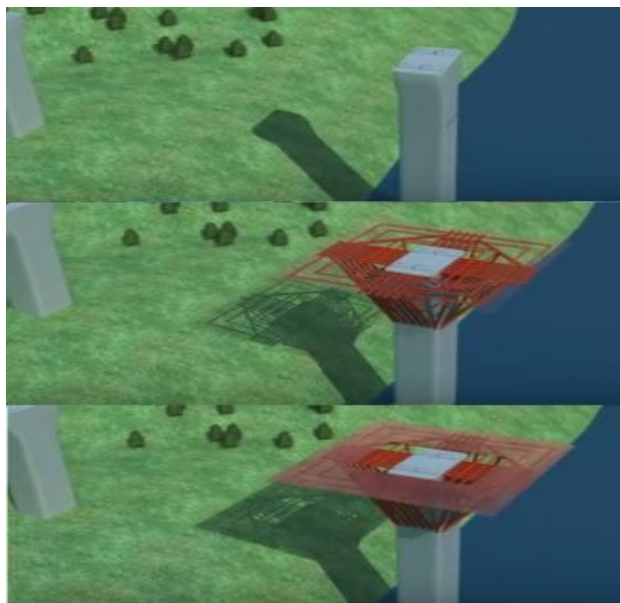


Рисунок 3.15 – будівництво нижньої інфраструктури мосту

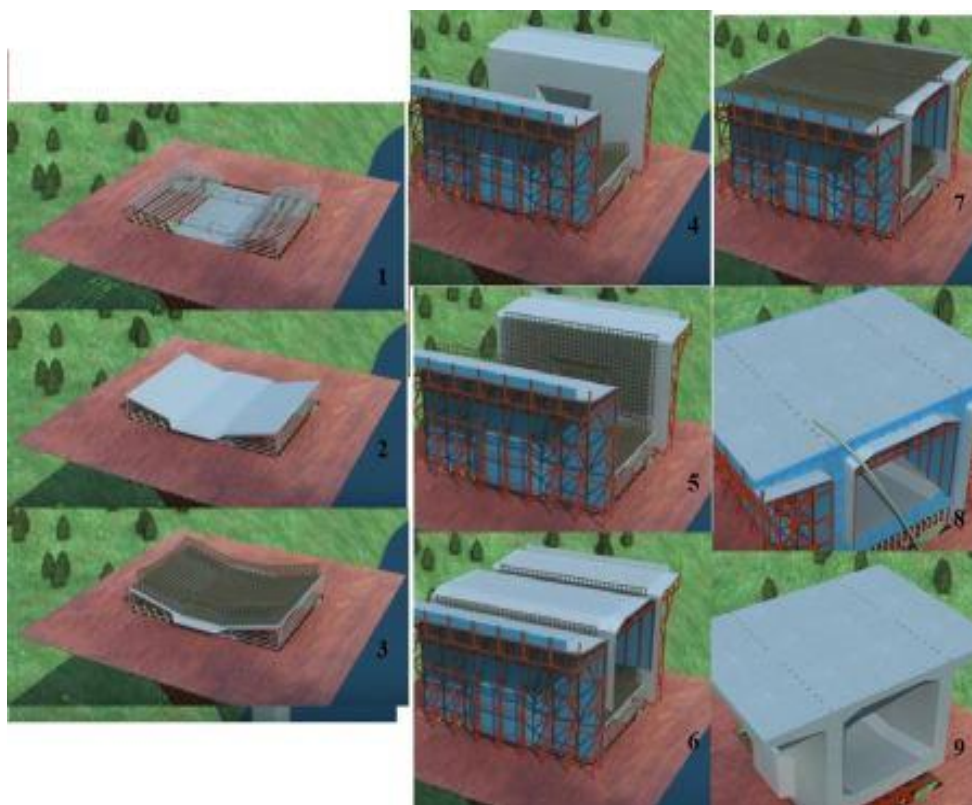


Рисунок 3.16 – Позиціонування спеціальних опалуб

- Після цього на обох сторонах пірсу фіксуються затвори, затвора для затвора для Інтернету та настилу, як показано на Рисунок 3.17 та Рисунок 3.18.



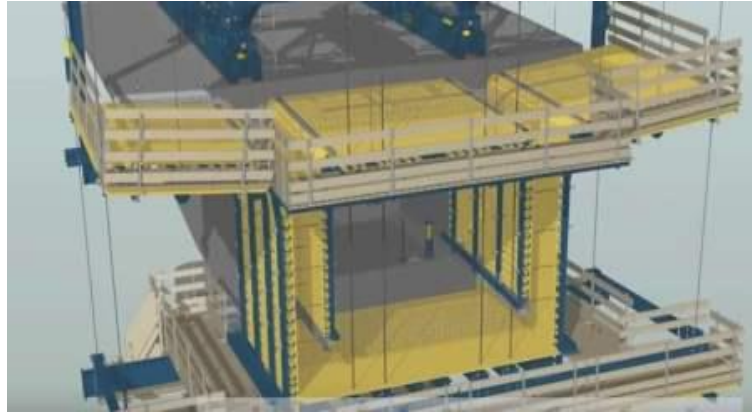


Рисунок 3.17 – Закриття софіту, Інтернету та Палуби



Рисунок 3.18 – затвора софіт, павутина та колоди

- Тоді бетонування проводиться по обидва боки пірсу, як показано Рис 3.19 та Рис 3.20, швидкість виробництва сегмента для мандрівників форми зазвичай становить один сегмент кожні 5 днів на одного мандрівника. Сегменти лиття на місці мають довжину від 3 до 5 м, а опалубка рухається в тандемі з кожним сегментом. Конструкція сегмента продовжується до досягнення середньої точки приєднання, коли врівноважена пара закрита, як показано на Рис 3.21, будівництво ближнього перерізу мосту показано на Рис 3.22.



Рисунок 3.19 – розміщення бетону

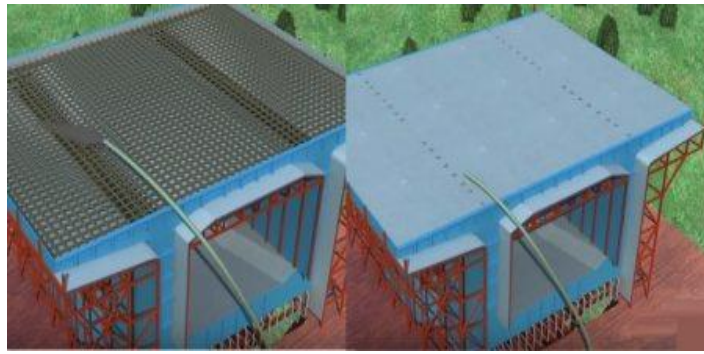


Рисунок 3.20 – Розміщення бетону

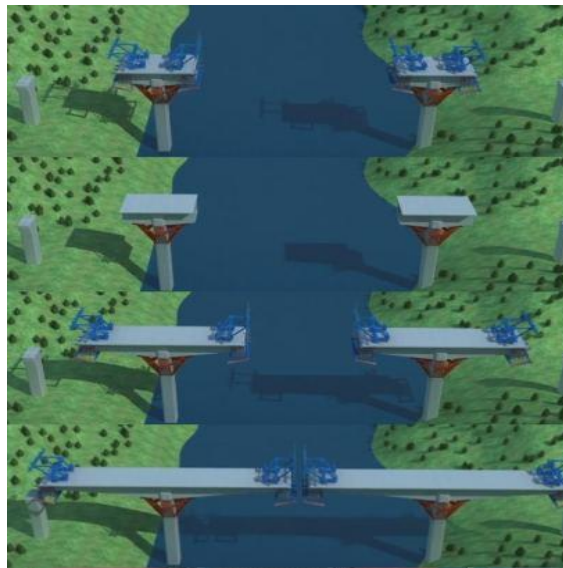


Рисунок 3.21 – Хід будівництва мосту



Рисунок 3.22 – Будівництво ближнього перерізу мосту

- Послідовність збалансованого консольного методу збірної конструкції мосту:
- побудовані фундаменти та вали пірсу всіх постійних пірсів в основному блоці.

- Після побудови пірсів вони використовуються як платформа ерекції для попередньо запусканих сегментів.



Рисунок 3.23 – Будівництво пристаней

- Зберіть та встановіть підйомну раму



Рисунок 3.24 – Підйомний каркас

- Помістіть першу пару попередньо переданих сегментів.
- Побудуйте вологі суглоби
- Вилікуйте вологі суглоби
- Потім встановіть наступну пару попередньо переданих сегментів. Після цього побудуйте і вилікуйте суглоби. Ця процедура триває до кінця будівельного процесу.
- Нарешті, зніміть підйомну раму.



Рисунок 2.25 – Кінцевий відрізок помилкової роботи

➤ Кастинг попередніх сегментів:

Існує два способи лиття сегмента перед трансляцією, які включають:

- Метод короткої лінії: У цій швидкості виробництва сегмента відбувається повільно. Три-чотири сегменти відливають одночасно.
- Метод довгої лінії: У цій швидкості виробництва сегмента швидко. Сегменти, що дорівнюють одному прольоту, відливають за один раз.



Рисунок 3.26 – Лиття сегмента короткої лінії



Рисунок 3.27 – Лиття сегмента довгої лінії

➤ Відлиті на місці сегменти проти збірних сегментів:

- Будівництво на місці виявляється дуже корисним, коли потрібно будувати великі, значно важкі сегменти. Отже, замість обробки сегментів, слід транспортувати лише матеріали, впливаючи на тип та розмір необхідного обладнання.
- Варіації та виправлення вирівнювання легше розміщуються в будівництві, що знаходиться на місці; але, ймовірно, буде потрібно більше виправлень. Збільшення виправлень вирівнювання для лиття на місці конструкції порівняно з збірною конструкцією безпосередньо стосується віку бетону при

завантаженні. За великим рахунком, бетон набагато молодший при завантаженні в литу конструкцію.

### 3.3 Попередній метод будівництва мосту

Попередній метод будівництва мосту:

➤ Збірні балки:

Попередні промені зазвичай використовуються для мостів короткого прольоту від 5 до 50 м - це можуть бути залізничні або автомобільні мости. Стандартні перевернуті трійчасті балки або М-балки вибираються і розташовуються краном.

Якщо попередньо прокладені балки розглядаються для будівництва мостового мосту, поперечний переріз мосту для типової проїжджої частини, як правило, складається з чотирьох балок. Час монтажу такого мосту повинен мати швидкість будівництва чотирьох балок на день. Верхня палуба плит, що відкидається на місці, зазвичай використовується з очікуваною швидкістю будівництва одного прольоту на тиждень.

➤ Збірні настили:

Конструкція передньої колоди часто використовується для будівництва довгих віадуків. Це метод економії часу, який корисний для довгих мостів, коли час будівництва для завершального етапу завершення є обмеженим.

Довгий віадук може мати повний збірний настил, швидко розміщений за допомогою цього методу. Палуби розміщуються за допомогою великого крана або козла, виготовленого за призначенням. Швидкість побудови двох прольотів на день вважається нормальною, коли використовується козлова система, якщо цей темп підтримується, на один кілометр палуби можна розмістити за три тижні. Однак якщо цей спосіб будівництва обраний, необхідно, щоб інженер чітко організував графік будівництва палуби. Швидкість цього методу залежить від

своєчасної доставки збірних колод, інженер та підрядник палуби повинні встановити норму будівництва, яка дозволяє постачальнику виробляти достатню кількість колод за часом, тоді як підрядник палуби повинен бути готовий розмістити та зберігати колоди після отримання доставки.

➤ Збірні сегментні колоди:

Попередня конструкція сегментальної колоди використовується для довгих мостів, де глибина палуби важка для будівництва на місці. Зазвичай використовуються сегменти палубних колод, де сегмент може бути глибиною 2 м або менше, зазвичай використовується від 2,5 до 4 м, що несе колоду шириною до 15 м.

Якщо сприятливе накладення на місці, сегменти можуть бути попередньо напружені як внутрішньо, так і зовні. Внутрішні сухожилля повинні бути захищені від нападу вологи.

Повторний характер цього методу дозволяє використовувати різноманітні сучасні методи розміщення, хоча збалансований або вільний консоль щодо пірсу є кращим вибором. За допомогою цього методу кран або самозапуск козлової системи може розміщувати до шести сегментів на день

Швидкість будівництва для внутрішньо попередньо напружених сегментів вважається прольотом на тиждень. Якщо використовуються зовнішні попередньо напружені сухожилля, слід виконати три прольоти на тиждень.

### **3.4 Спосіб будівництва мосту прольотом за прольотом**

Проміжок за прольотом - це відносно нова техніка будівництва, історично пов'язана з консольною конструкцією, але просування у зовнішній попередній напрузі дозволило зростати власному потенційному використанню. Сьогодні він вважається найбільш економічним і швидким методом будівництва, доступним для довгих мостів і віадуків з індивідуальними прольотами до 60 м.

Палуби починаються з однієї ферми і будуються безперервно, розміщуючи сегменти на інший кінець мосту. Сегменти можна розміщувати або тимчасовою системою щогл, що тримається, через більш часто використання складальної ферми.

Перед тим, як розмістити сегменти, кроквяні подушечки з розсувними накладками закріплені на двох пірсах. Залежно від місця розташування мосту, сегменти потім транспортуються вантажним автомобілем або баржею до будівельного прольоту. Кожен сегмент потім розміщується на розсувних колодах і ковзає у своє положення. Після того, як всі сегменти знаходяться в положенні, потім розміщується сегмент пірсу.

Потім завершальний етап починається з проходження поздовжніх попередньо напружених сухожиль через сегменти каналів і попереднього напруження цілого прольоту. Потім настил стиків відливають і закривають, а протоки затирають. Коли проліт завершений, кроквяний крок опускається і переміщується до наступного прольоту, де починається будівельний цикл до завершення мосту.

### **3.5 Поступовий метод запуску будівництва мосту**

Для мостових колод довжиною більше 250 м можна розглянути спосіб поступового запуску. За допомогою цього способу будівництва мостовий настил будується в секціях, висуваючи конструкцію назовні від фермів до пристані. Він найбільше підходить для швидкої побудови мостів з постійним радіусом кривизни, таким як постійна глибина сегментів ящиків.

Конструкція конструкції починається за однією фермою, де встановлюється висококомеханізована збірна настил, що усуває потребу в тимчасових опорах за допомогою цього методу. Потім додається жорстка рамка, що дозволяє виробляти сегменти литого місця. Сегменти палуби на місці

мають довжину від 5 м до 30 м. Коли кожен сегмент завершений, він розміщується на розсувних підшипниках і просувається в проліт.

Сталевий ніс також розташований на передній частині першого опалубки. Це дозволяє отримати необхідну довжину консолі настилу, коли проліт наближається до першого пірсу.

Мостові колоди в 1 км можна побудувати за цим методом зі швидкістю будівництва 30 м на тиждень.

### 3.6 Метод будівництва мосту, що залишився на кабелі

Техніка будівництва, що тримається на кабелях, використовувалася і постійно розвивалася протягом останніх 50 років. Це найпоширеніший вибір будівництва сьогодні, коли міст повинен проходити більше 300. Мости, що тримаються на кабелях, можуть бути бетонними або сталевими, хоча часто вибирається комбінація обох матеріалів.



Рисунок 3.28 – Залишайтеся кабельними кріпленнями на бетонній колоді

Для бетонного кабелю, що залишився, мости, вільна консольна конструкція вважається економічною. За допомогою цього методу сегменти колоди можуть бути попередньо переданими або відкинутими на місці шляхом розташування мандрівних затворів.

У кабельному мосту, залежно від його конструкції, кабелі несуть мостову колоду з однієї або обох сторін опорної вежі. Кабелі для перебування несуть



настил і переносять усі мостові навантаження на фундаменти. Це робиться шляхом передачі сил кабельного перебування через його кінцівки в місцях кріплення. Залишкові кабелі міцно прикріплені до кріплень, які призначені для опору силам вигину вантажів.

Деталізація всіх кріплень повинна забезпечувати їх безпечну конструкцію та доступність для огляду та обслуговування після завершення. У бетонних кріпленнях, що перебувають під кабелем, розміщують під настилом.

### **3.7 Арковий метод будівництва мостів**

Арка - найприродніша форма мосту в природі. Спочатку побудований з каменю, сьогодні такі мости побудовані з залізобетону або збірного. Вони часто є найбільш економічним вибором, коли для перетину недоступних ландшафтів потрібен міст.

Розробка сучасних методів будівництва арки зробила використання конструкції арки більш економічним, усунувши потребу в дорогій опалубці з центруванням. Хоча ферми все ще повинні бути добре засновані на скелі або на ґрунті.

➤ Дві методи будівництва найчастіше використовуються сьогодні:

- Метод вільного консолі без лиття

Цей метод передбачає частково побудовану арку, прив'язану назад до скельних якорів на схилах долини.

- Сліп утворений секціями

Цей метод передбачає, що половина аркових секцій тримається вертикально над кожною фермою, а потім обертає кожну секцію арки в положення.

Трійники зазвичай використовуються для настилів аркових мостів через їх функціональність і власну вагу.

❖ Фактори, що впливають на вибір методів будівництва мостів

Перш ніж побудувати міст, слід вибрати відповідний спосіб будівництва. Рішення приймає команда дизайнерів. Принципові фактори, які розглядає проектна команда при виборі відповідного способу будівництва, наведені нижче:

1. Масштаб мосту
2. Перешкоди, які слід перетнути
3. Регулярність довжини прольоту
4. Горизонтальний і вертикальний профілі мостових колод
5. Характер ґрунтових верств
6. Місцева погода
7. Місцева вартість матеріалів
8. Місцеві ринки праці
9. Доступність сайту
10. Час, передбачений для будівництва.

#### **4 АНАЛІЗ ТИПІВ ЗБІРНИХ МОСТОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТА СИСТЕМ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА МОСТІВ:**

##### **4.1. Попередньо литі та попередньо напружені плити для будівництва мосту:**

Попередньо литі та попередньо напружені плити для будівництва мосту

Попередні елементи плит можуть бути побудовані різної ширини, глибини та довжини до вбудованих прольотів до 15 м. коротші прольоти

можуть бути нормально посилені та відлиті у прості рослини, що попередньо відкачуються, тоді як довгі прольоти зазвичай скасовуються та розміщуються на напрузі або попередньо напружуються. Легко виготовляти, транспортувати та споруджувати збірні плити. Зазвичай проліт перед литої плити становить 3-9 м, а попередньо напружений проліт - від 6 до 15 м. На малюнку 91 показаний переріз попередньо вивішеної та твердої плити.

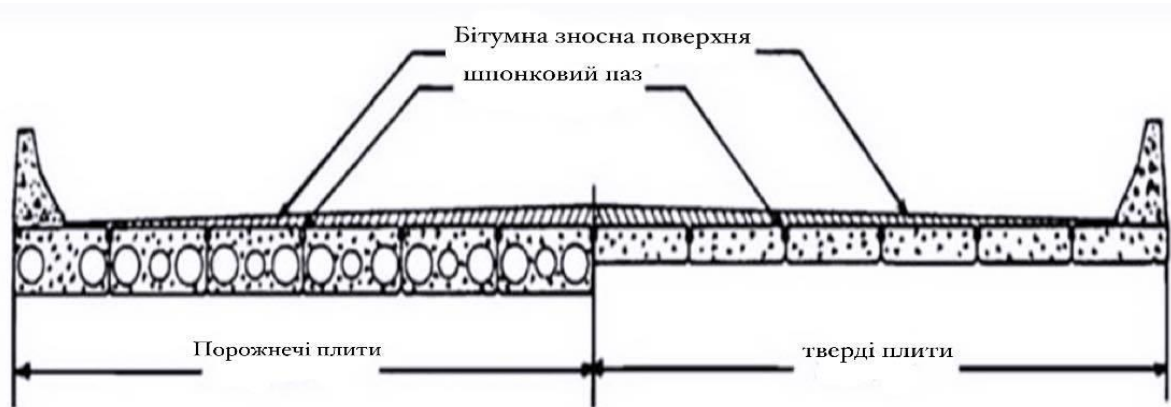


Рисунок 4.1 – Попередні та передстресові плити для будівництва мостів

Балки з багатоквартирними балами для будівництва мосту:

Балки з багато стебла, як показано на Рисунку 4.2, побудовані різної довжини та ширини, а його проліт зазвичай становить від 8 до 15 м. зсув між балками переноситься через зварні плити та затировані клявіші.

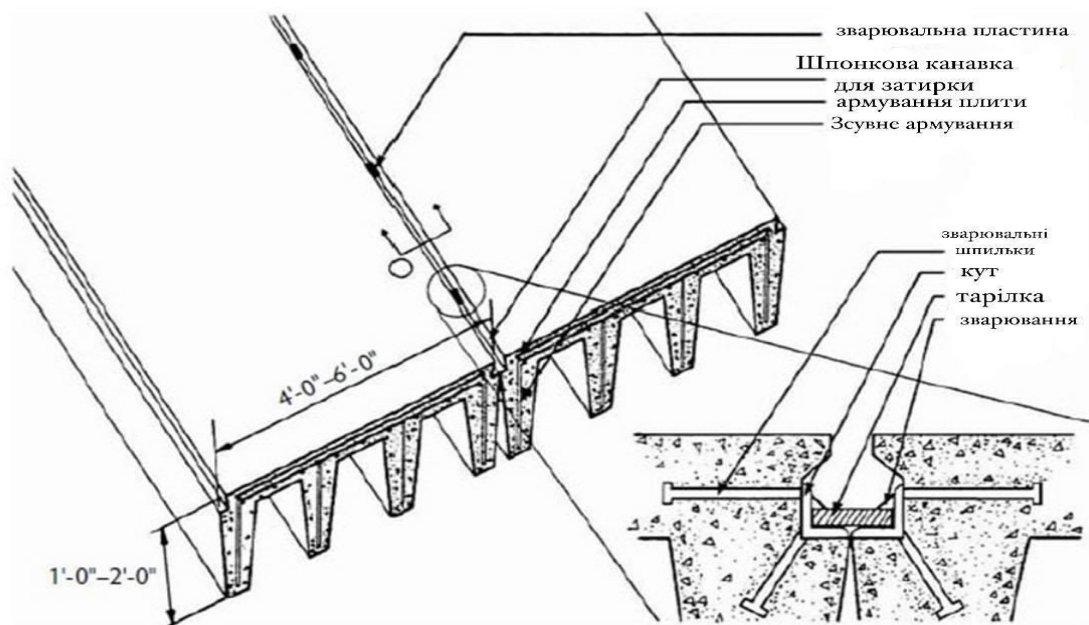


Рисунок 4.2 – Багатоквартирний промінь для будівництва мостів

Попередньо напружений подвійний трійник і канал для будівництва мосту:

Порівняно з будівництвом будівель, попередньо напружений подвійний трійник та канал, що використовуються в застосуванні мосту, будуються з більш високими перед напругою, ширшими полотнами та товстішими фланцями. Цей збірний тип мостових елементів використовується для прольотів середньої довжини; діапазони - від 6 до 18 м. Подібно до багатосхилих балок, зварних плит та затиснутих клавіатур переносять ножиці між балками. Бетон на місці заливається як накладка, тоді як елемент каналу та подвійний трійник накладений асфальтом.

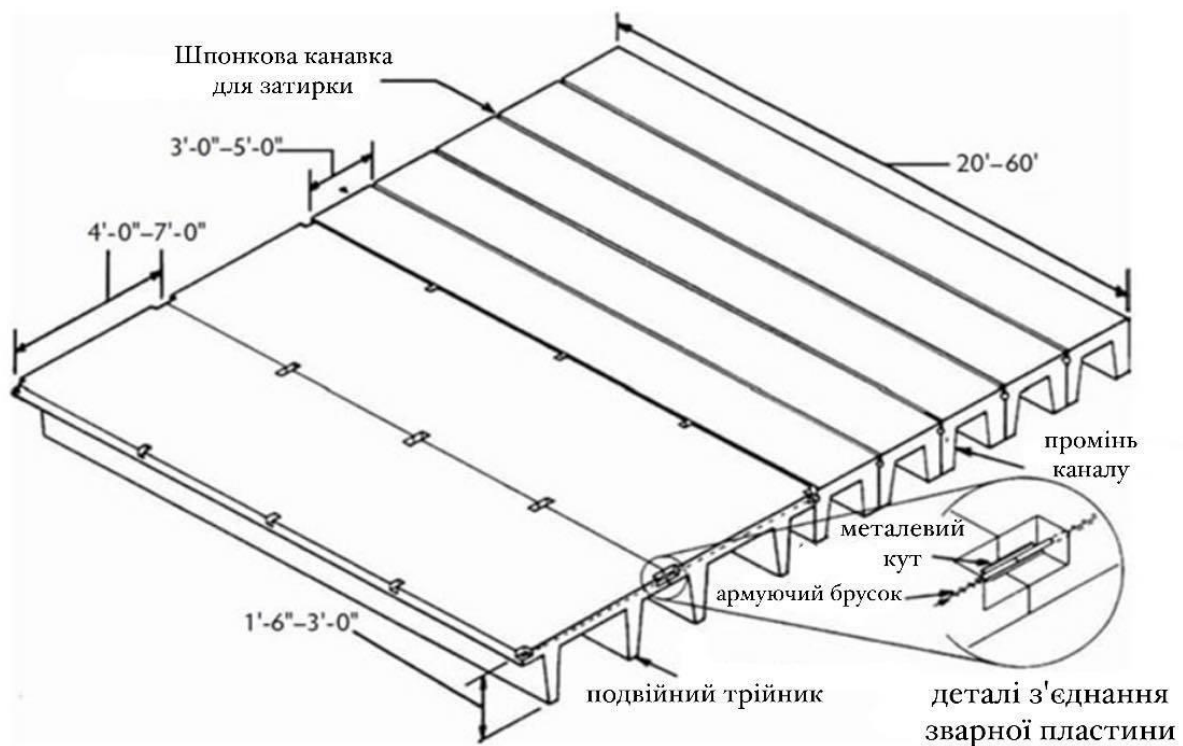


Рисунок 4.3 – Елемент подвійного трійника та каналу для будівництва мосту

Попередньо напружений перевернутий канал для будівництва мостів:

Цей елемент або відливають у звичайну опалубку каналу, а потім перевертають перед встановленням або відкидають у перевернуте положення. У перевернутому положенні можна побудувати довші прольоти, оскільки на дні

променя може бути передбачена більш висока попередня напруга, а прольоти зазвичай 9-24 м. Більше того, поверхню настилу можна досягти, заповнивши канали бетоном на місці. Перевернутий Т-промінь є альтернативою попередньо напруженому перевернутому каналу. Вони можуть бути встановлені поруч один з одним, після чого твердий елемент будується шляхом розміщення литого бетону між полотнами трійника і над верхівками стебла. На Рисунку 4.4 показаний попередньо напружений перевернутий член каналу.

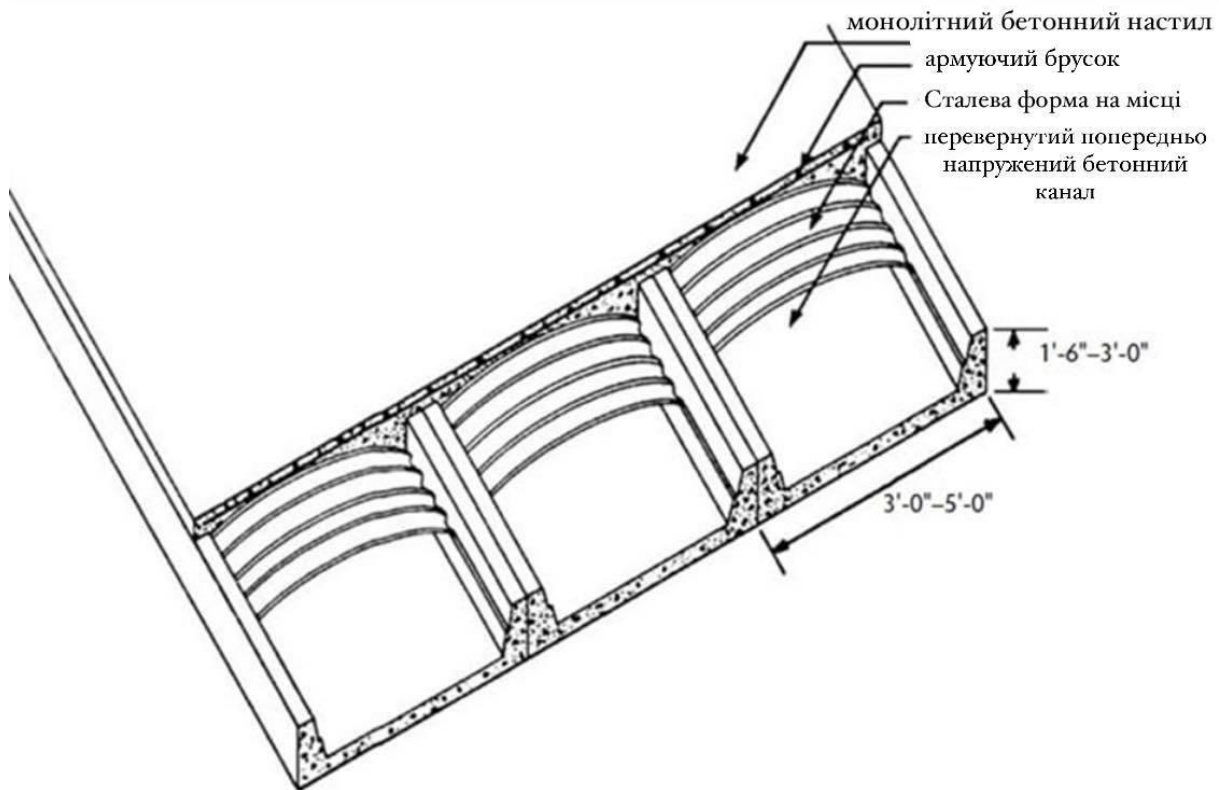


Рисунок 4.4 – Перенапружений перевернутий канал

Попередньо напружений елемент одиночного трійника:

Для будівельних застосувань виробники використовують опалубки для побудови одноповерхового трійника, і ті ж опалубки можуть використовуватися для відкидання коротких прольотних попередньо напружених елементів для будівництва мостів, але для більшого навантаження слід забезпечити більшу кількість. Для навантажень на шосе можна побудувати довгі протяжні попередньо напружені одинарні балки. Через те, що одинарні балки нестабільні за конструкцією, на будівельному майданчику може

відбуватися перекидання за умови, що балки не підтримуються до тих пір, поки не будуть затиснуті клавіші та не будуть відлиті діафрагми. Поверхня палуби та з'єднання між трійниками досягаються шляхом надання бетону, розміщеного на місці. Попередньо напружений одинарний трійник охоплює від 9 до 24 м. На Рисунку 4.5 наведено деталі попередньо напруженого елемента одинарного трійника.

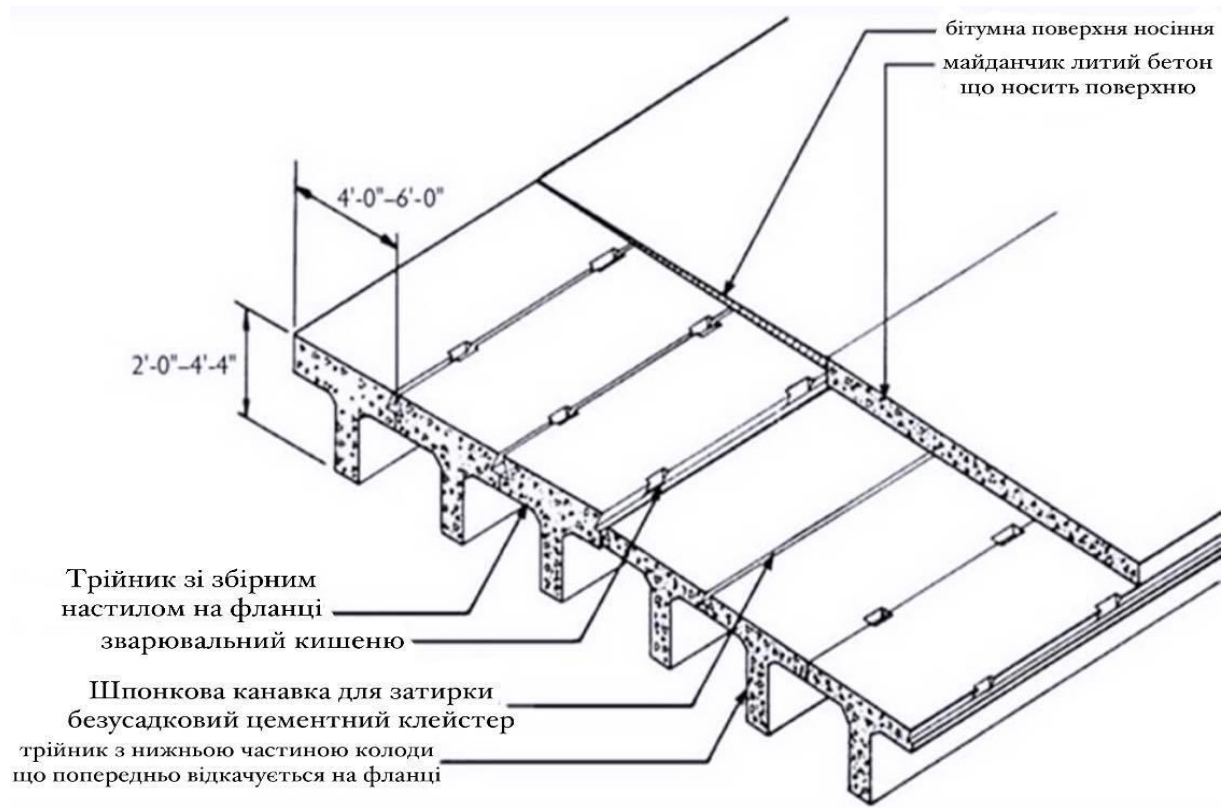


Рисунок 4.5 – Попередньо напружений елемент одиночного трійника

Попередньо напружені I-промені для будівництва мосту:

Стандартний ASSHTO рекомендує різні попередньо напружені поперечні секції I, які спрощують дизайн і використовуються для масових виробництв. Промені, що попередньо промальовуються I, економічні для прольотів, що коливаються від 12 до 30 м, і можуть бути побудовані на різних глибинах і враховуючи ширину. Більше того, довгі прольоти можуть бути отримані шляхом з'єднання балок від кінця до кінця, а потім після натягу разом. Попередньо напружені установки I променя швидше, ніж місця на бетонних

балках. На Рисунку 4.6 показано, що я промені з різними поперечними перерізами.

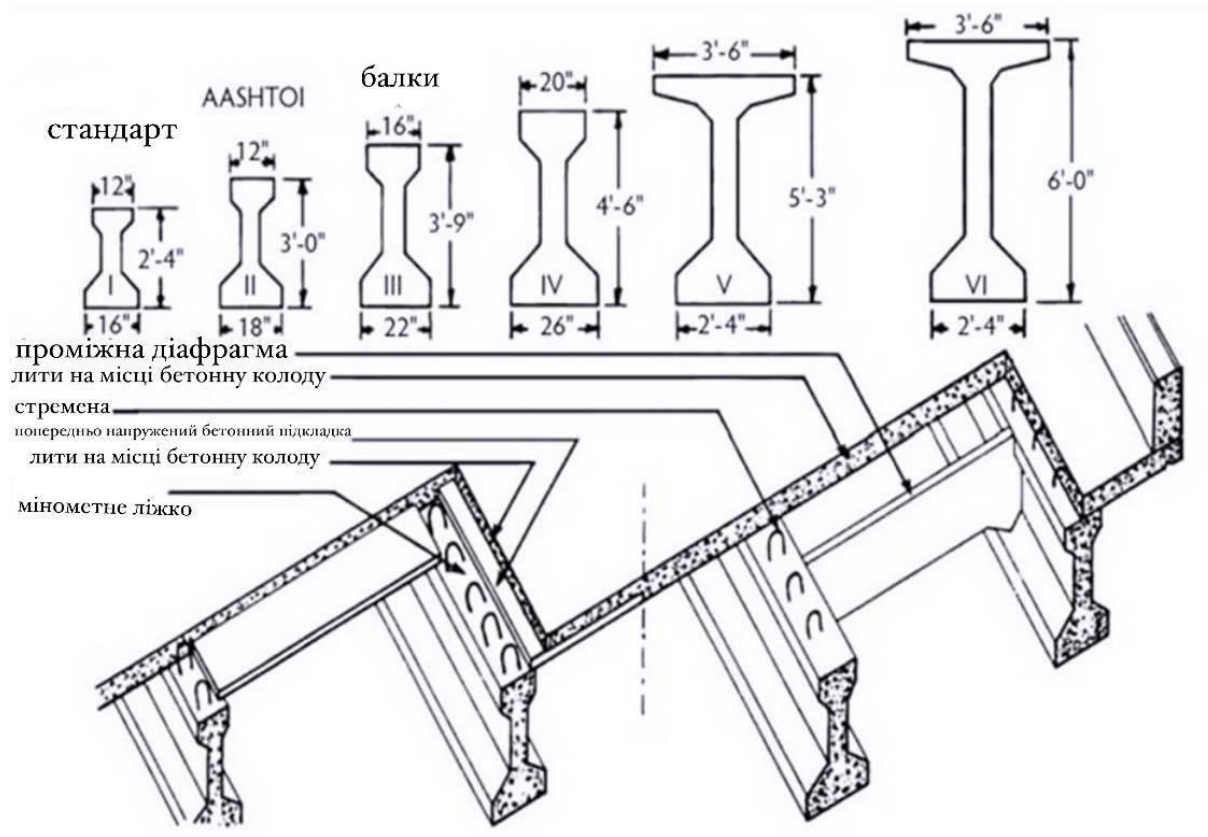


Рисунок 4.6 – Попереднє напруження I-променя для будівництва мосту

Попередньо напружені балки для будівництва мосту:

Цей тип збірного елемента може передвіщатися різної ширини, глибини та довжини для побудови прольотів майже від 15 до 30 м. попередньо напружені балки коробки розташовуються поруч один з одним, потім натягуються в поперечному напрямку після того, як шар асфальту використовується для покриття поверхні. Крім того, діафрагми використовуються для з'єднання попередньо напружених балок коробки, які розміщуються близько один до одного, а бетонний відливний бетон наноситься як на діафрагму, так і на колоду. Крім того, встановлюється процедура поперечної конструкції бетонних балок без композитного начинки. Відповідно до цієї методології, після напруження слід використовувати після затискання клавіш зсуву. Нарешті, стверджується, що ця конструкція забезпечує більш

міцний продукт. На Рисунку 4.7 показаний попередньо напружений брус коробки.

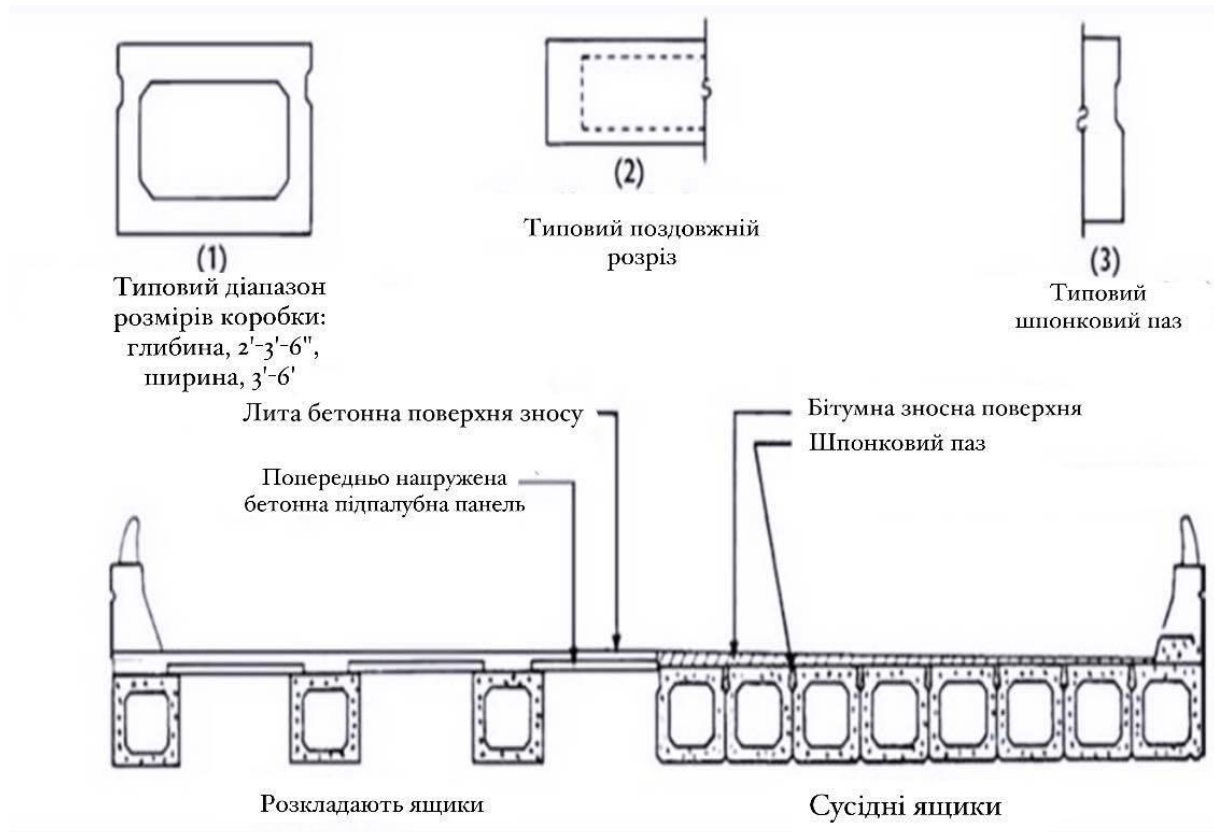


Рисунок 4.7 – Попередньо напружений брус для будівництва мосту

Попередньо напружений цибулинний трійник:

AASHTO (Американська асоціація державних службовців автомобільних доріг та транспорту), ремінці модифіковані, що більш економічно для прольотів більше 24 м. балки мають велике співвідношення модуля до ваги, і були виготовлені балки з прольотом більше 54 м. попередньо напружений тик цибулини проілюстровано на Рисунку 4.8.



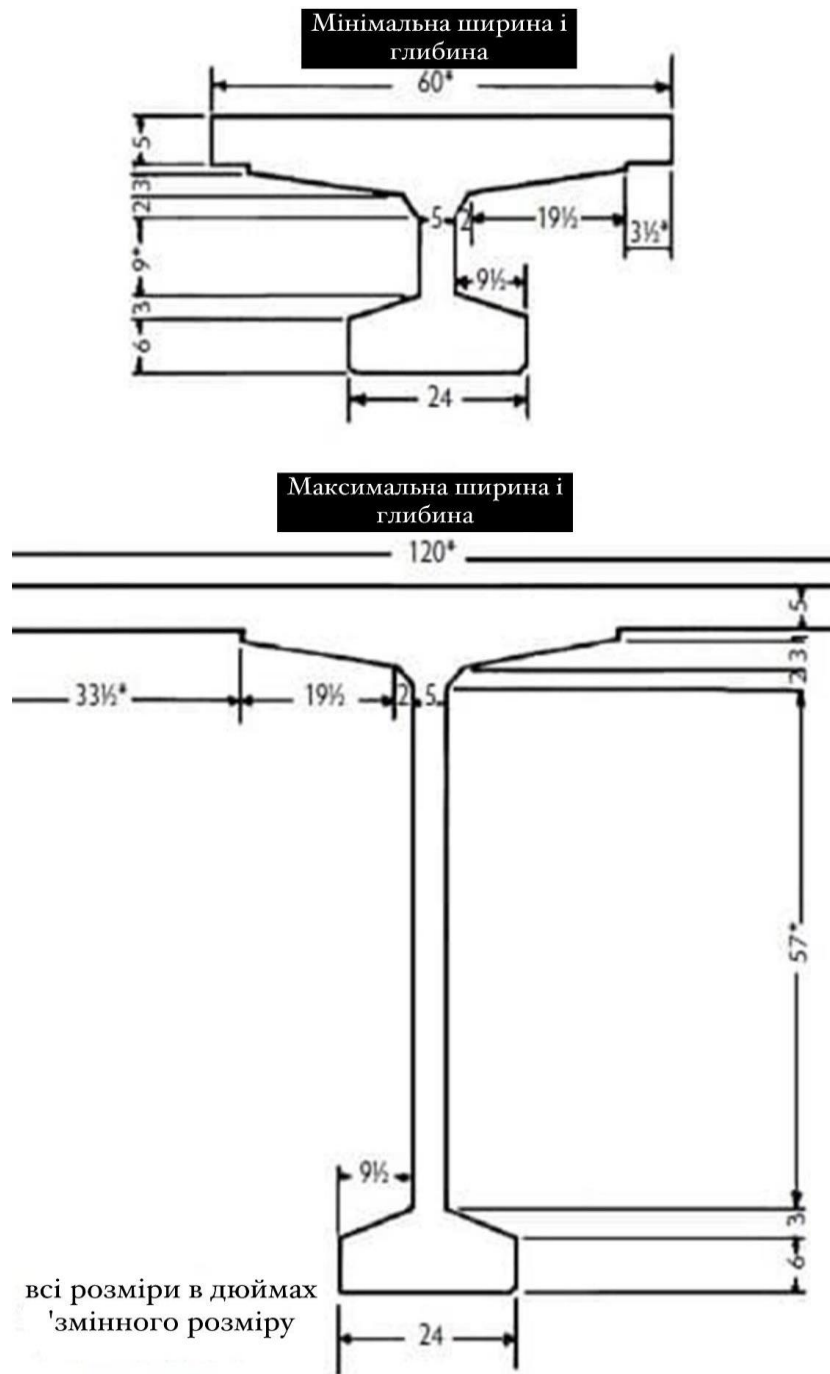


Рисунок 4.8 – Попередньо напружений цибулинний трійник для будівництва мостів

Сегментарна конструкція мостів:

Елементи розміщені по поздовжньому напрямку, попередньо напружені в поперечному напрямку, литі сірники, повної ширини і можуть бути застосовані для різних довжин прольотів, що коливаються від 15 до 122 м. Елементи встановлюються на помилкових роботах або збираються на фермі, яка

підтримується причалом до пірсу. Однак збалансований консольний, поступовий обід або прогресивне розміщення використовується для зведення елементів, коли проліт довгий. Розроблена економічна процедура для заміни верхньої плити попередньо напруженого сегментарного мосту; тому погіршення настилу не потребуватиме заміни суперструктури. На Рисунку 4.9 проілюстровано пост напружену сегментарну конструкцію.

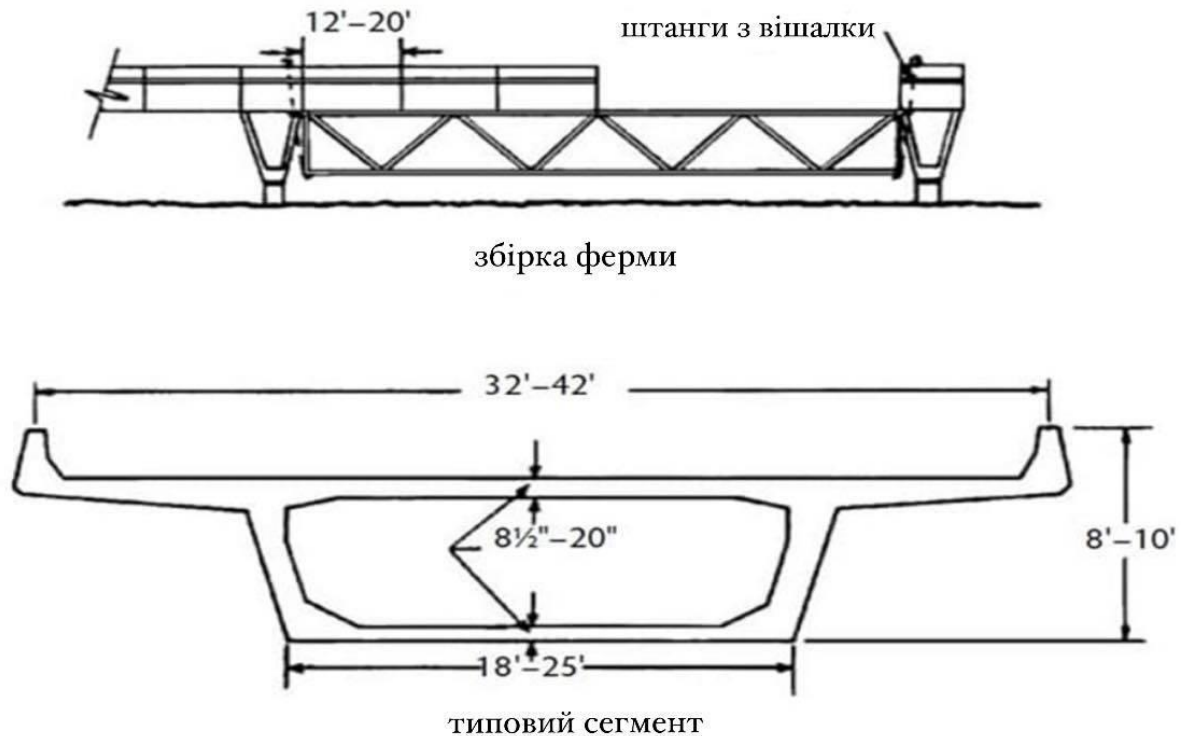


Рисунок 4.9– Пост напружене сегментальне будівництво мостів

Попередньо напружені підкладки для мостів:

Попередньо напружені панелі під настилу, як показано на Рисунку 4.10, побудовані різної ширини та глибини і зазвичай від 1,2 до 2,4 м. Довжина заснована на відстані балок, які підтримують панелі. Товщина панелей становить 89 мм і розміщується в затирці товщиною 13 мм. Посилена колода виготовляється шляхом розміщення литого бетону на панелях. Більше того, панелі можна розміщувати невеликими кранами та кількістю робіт, а тимчасові форми чи платформи для роботи не потрібні. Тріщини зазвичай розвиваються в литті на місці бетону над суглобами. Навпаки, якщо панелі встановлені на

попередньо напружених ремінцях на коротких прольотах, тріщини будуть не дуже помітні. Нарешті, попередньо напружені панелі під палуби пропонують швидку конструкцію та економічну колоду.

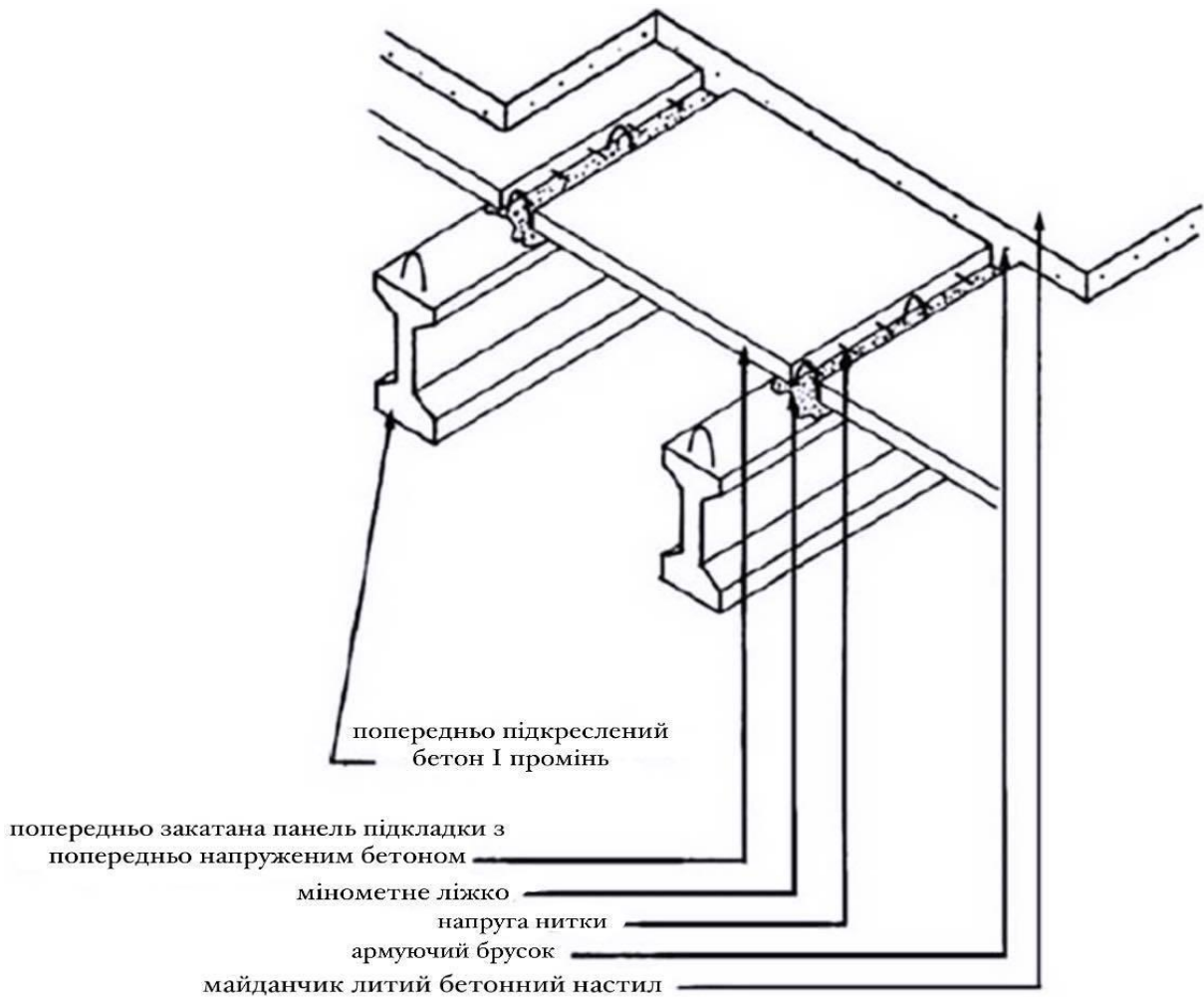


Рисунок 4.10 – Попередньо напружена підкладка для мостів

Попередньо прокладені та попередньо напружені колоди для будівництва мостів:

Як правило, настили - це перший мостовий елемент, який пошкодився або погіршився і, отже, потребує зміцнення. Якщо мостовий міст потребує зміцнення або заміни, а рух високий, рекомендується виконувати роботу протягом періоду поза піком. Встановлено кілька методів заміни, що використовують збірні настільні плити, і більшість стратегій використовують поперечний сегмент, підключений до опорних балок, хоча гідравлічний цемент або полімер швидкого затвердіння. Затиснуті клавіші, відлиті на місце бетону і

після натягу переносять зсув між сусідніми плитами. Дія компосту отримується шляхом нанесення шпильок на сталеві балки, які в більш пізні часи поширюються на порожнечі плит, які наповнюються гідравлічним цементом або полімером. На Рисунку 4.11 повинні бути деталі попередньо напруженої колоди.

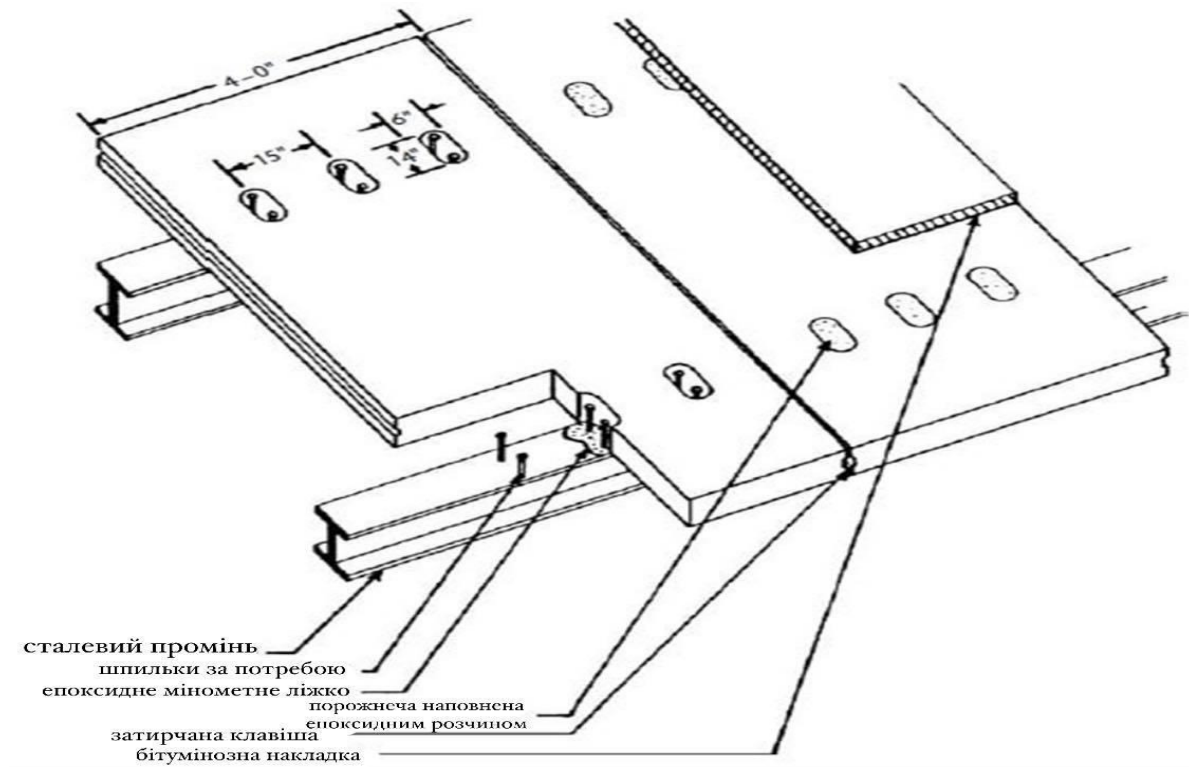


Рисунок 4.11 – Стресована плита для будівництва мостів

Більше того, повідомляється, що настільні плити є більш економічними порівняно з відлитими на місця плитами. Це пояснюється тим, що не тільки час будівництва скорочується, але й досягається структурна ефективність за допомогою попереднього напруження та після натягу. Було кілька спроб покращити з'єднання плитних колод до сталевих променів та попередньо напружених балок. Особливе посилення петлі робиться за допомогою живого навантаження, яке може розподілятися по поперечних і поздовжніх суглобах. До цього додається, що побудована переднапружена бетонна настіль на повну глибину, яка передбачає стовбурові плити, поперечні затирчасті з'єднання, поздовжнє подовження та зварні нитки та безголові шпильки. Мало того, що плита на палубі має меншу товщину порівняно зі звичайними плитами на

палубі, але також її можна будувати швидше. Крім того, попередньо напружені настільні плити зазвичай використовуються у значно значних проектах заміни мостової палуби, наприклад, міст Вудро Вілсона, показаний на Рисунку 4.12. А поперечні настільні плити на повну глибину використовували і замінювали прольоти колючок на I-95 в Річмонд.

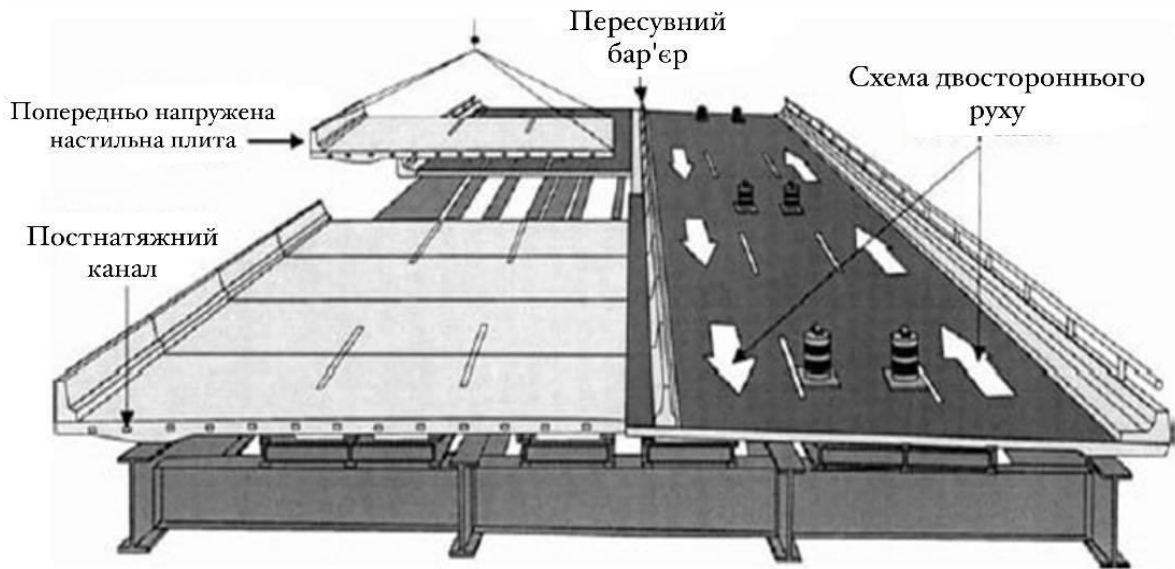


Рисунок 4.12 – Міст Вудро Вілсона

Нарешті, поздовжні, часткові глибини або повні глибинні настил, які попередньо литі на одному або декількох бетонних або сталевих балках, успішно використовуються.

Попередній парапет для мостів:

Він має стандартну форму і масу, що виробляється легко, і існують різні з'єднання, які можна використовувати для кріплення попередньо переднього парапету. Він використовувався в декількох місцях, але існує проблема з тим, що вода та хлорид-рішення протікають між вершиною палуби та основою парапету, і це питання може уповільнити прийняття попередньо переднього парапету. На Рисунку 4.13 показаний парапет із попереднім перекладом.

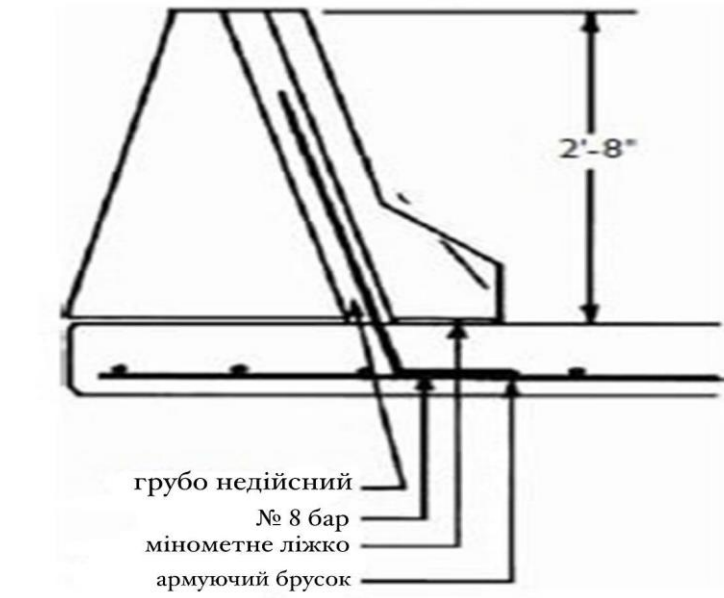


Рисунок 4.13 – Попередній парапет для мостів

Елементи підструктури для мостів:

Як правило, конструкція підструктури потребує більше часу порівняно з надбудовою, і цей час можна зменшити, застосувавши збірний елемент. Більшість елементів підструктури збірні, наприклад, палі, пірси, шапка пірсу, ферми та стіни крила. Рис 4.14 ілюструє стіни ферма та крила, встановлені на тимчасових колодах і закріплені пластинами зварного шва та відлиті на бетон. Конструкція спрощується за допомогою переднього ферма та стіни крила з опорою та розміщенням на місці, що відкидається. Найвідоміше застосування збірного пірсу розташоване у віадуку Лінн-Коув, як показано на Рис 4.15. Цілі елементи мостової конструкції були збірні для зменшення впливу на навколишнє середовище. До тих пір, поки не буде досягнуто розташування пірсу, були розміщені збірні сегментарні надбудови та після натягу. Буріння отворів, в яких встановлено попередньо напружену купу, проводилося з консольної надбудови, а потім розміщували попередньо поставлені сегменти та розміщували натягнуті.

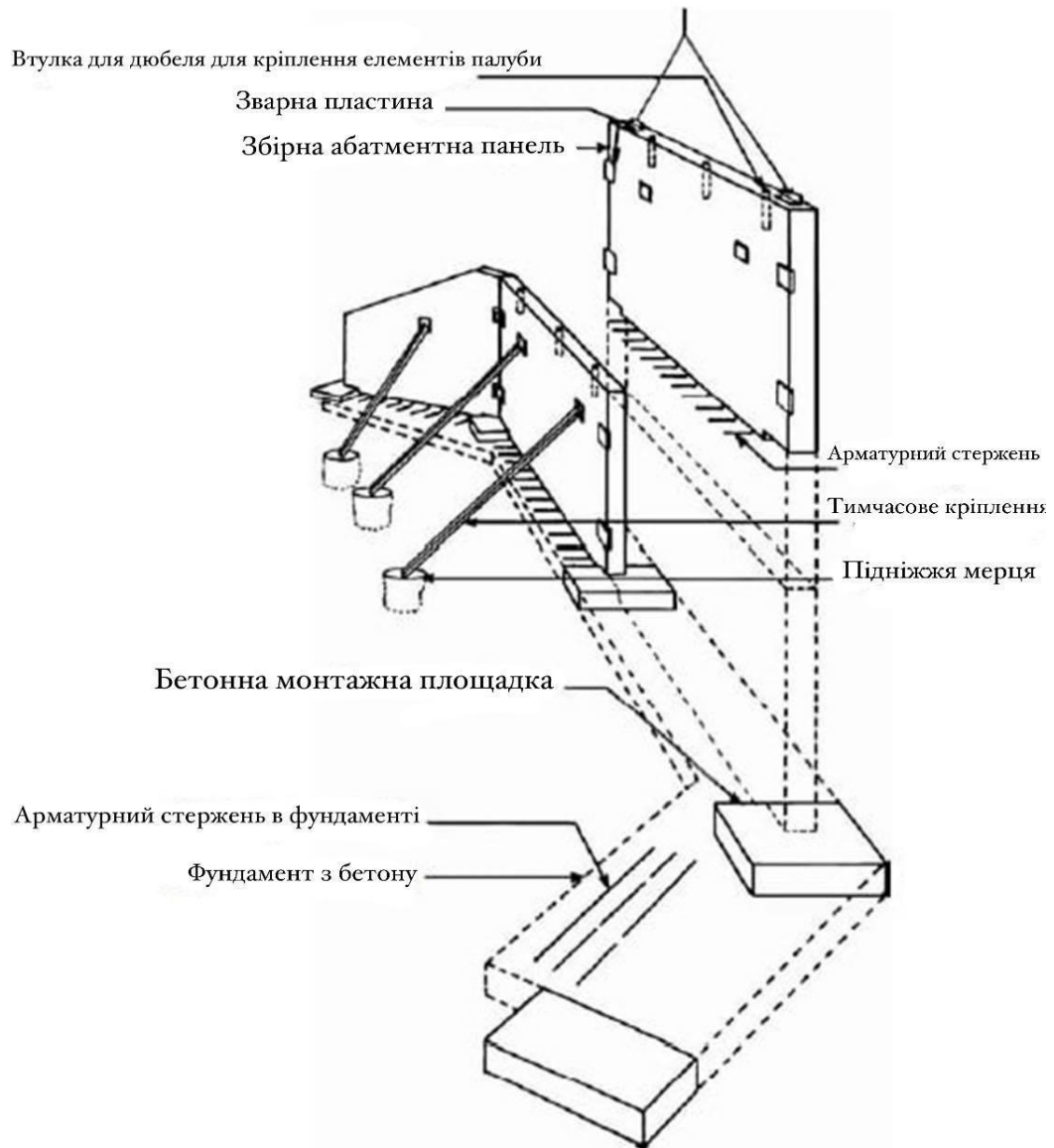


Рисунок 4.14 – Збірна бетонна ферма та стіна павільйону

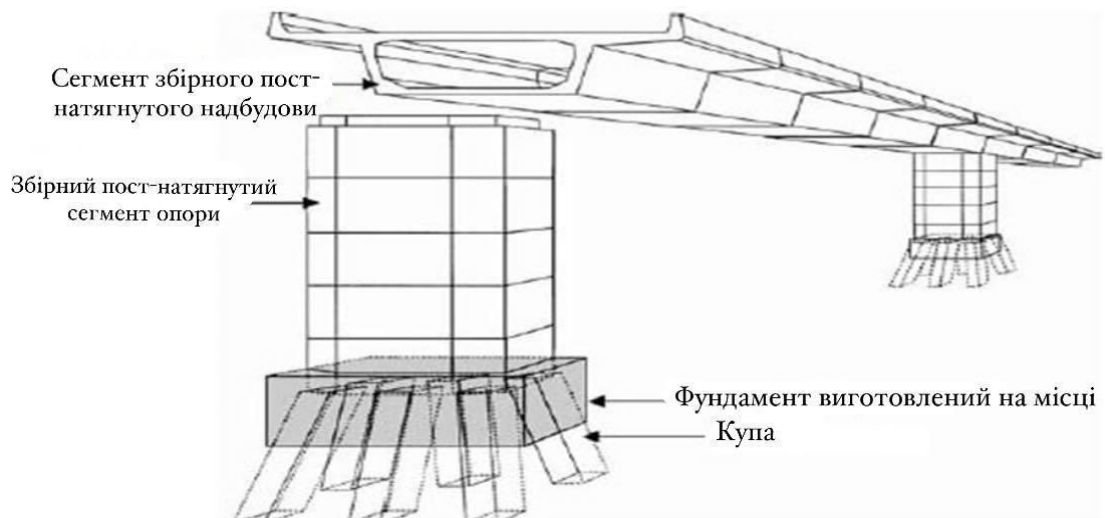


Рисунок 4.15 – Збірний сегмент пристані для мостів

Збірні водопропускні труби для будівництва мостів:

Можна використовувати попередньо литі водостоки замість мостів, якщо поперечний переріз не обмежує потік води. Culverts розміщуються легко, не має настилу для пошкодження і рідко потребують великих планів. Конструкції попередніх культиваторів можуть включати перевернуті U, труби, коробку та арку. Бетонні труби використовуються для прольотів від 0,3 до 3 м, а бетонну коробку можна використовувати для прольотів від 1,2 до 3,7 м. Збірний U форми та форми арки, застосовані для прольотів 4,9 м та 12 м відповідно.



## 5. ПІДХОДИ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВИ БУДІВНИЦТВА ТА ПРОЕКТУВАННЯ МОСТІВ

Інженери, які проектують мости, вивчають минулі мостові збої, щоб навчитися робити кращі майбутні мости. Хоча мости будуються століттями, кожен новий дизайн мостів та технології розвивалися з уроків, отриманих за всю історію будівництва мостів. Колись мости були зроблені з дерева. Врешті-решт залізо замінило деревину, а потім сталь замінила залізо. Бетонні конструкції вважалися найсучаснішими в останні покоління, але тріск бетону замінили сукупними сумішами та новими сполуками. Поганий аеродинамічний дизайн та цікаві проблеми, такі як кручення та резонанс, зайняли свої місця в ряді речей, які можуть спричинити збій мостів, наприклад, руйнівні погодні умови.

Але мостові інженери продовжують вирішувати проблеми, розробляючи нові рішення для них. Основні конструктивні компоненти мостової конструкції; арки, балки, ферми та суспензії використовуються при постійно вдосконалюваних і складних варіаціях. Ці традиційні технології розвиваються, коли вчені та інженери працюють над розробкою нових матеріалів, нових будівельних методик та нових систем для оцінки всіх процесів, пов'язаних з будівництвом мостів. Деякі з останніх досягнень включають технологію, яка впроваджується протягом певного часу, а інші щойно впроваджені з огляду на майбутній розвиток. Все це є результатом бажання дістатися до місць та подолати перешкоди, використовуючи конструкції, розроблені для досягнення того, що раніше не було можливо.

### ➤ Моделювання інформації про будівництво:

Моделювання будівельної інформації (BIM) називається процесом, який більш ефективно з'єднує архітекторів, інженерів та професіоналів будівництва (АЕС) на різних етапах будівництва. Завдяки технології BIM, інженери та дизайнери створюють тривимірні моделі, які включають дані, починаючи від фізичних характеристик аж до функціональних характеристик будівлі. Ця

інформація залучає архітекторів, інженерів та будівельних фахівців до багатодисциплінарної співпраці для кращого розуміння проекту, над яким вони працюють.

Для проектування та будівництва мостів існує BrIM (модельне моделювання інформації). Ця технологія BIM дає миттєві та точні результати для всіх етапів проекту. Крім того, він забезпечує інтегровану платформу, яка з'єднує модельєрів, конструкторів, розробників, дизайнерів та інженерів в одній єдиній моделі. Нарешті, це єдине рішення, яке може ефективно знизити неефективність у витратах, часі та невідповідності комунікацій, спричинених змінами дизайну.



Рисунок 5.1 – Приклад моделювання будівельної інформації

➤ Інноваційні нові будівельні матеріали для мостів:

У галузі цивільного будівництва з'являються нові будівельні матеріали. Одним з найбільш інноваційних будівельних матеріалів, що розглядаються сьогодні для проектування мостів, є самовідновлювальний бетон. Через життєвий цикл бетону та через різні навантаження, що виникають у мостах, бетон схильний до розтріскування. Однак розробляються нові бетонні суміші, що включають бактерії, що виробляють вапняк, які заповнюють тріщини у міру їх утворення. Ця нова інноваційна технологія може запобігти дорогим збиткам, які можуть виникнути, якщо тріщини в бетоні не заповнені або відремонтовані.

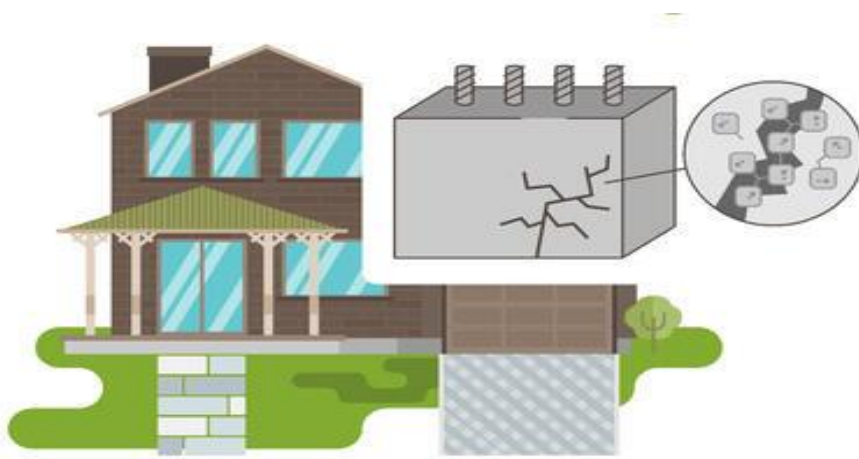


Рисунок 5.2 – Бетон самолікування

Крім того, стихійні лиха, такі як землетруси та смерчі, є одним із найважливіших факторів, які слід враховувати при проектуванні мостів. Збитки, спричинені цими сейсмічними та вітровими навантаженнями, створюють незворотні збитки різним структурним елементам мостів, які в майбутньому потребують дуже дорогого ремонту. Однак зараз використовуються нові будівельні матеріали, щоб уникнути подібних проблем. Одним із таких матеріалів є супереластичне підкріплення. Цей матеріал, також відомий як сплав пам'яті форми (SMA), використовується для заміни оригінального сталевого арматури, який зазвичай використовується в залізобетоні. Коли сталеве армування в бетоні зазнає напруг, що призводять до його деформації за межі його виходу, воно стане постійно деформованим і не повернеться до початкової форми. З іншого боку, супер-еластичні (SMA) повертаються до початкової форми навіть після того, як зазнають високих навантажень.

➤ Розумна конструкція:

Сьогодні цифрові технології швидко впливають і перетворюють будівельну галузь. Штучний інтелект (AI), віртуальна реальність (VR), безпілотники, роботи на місцях та інші розумні методи та концепції будівництва зараз застосовуються на кожному будівельному майданчику. Це не виняток для мостів. Однією з найбільш часто впроваджених розумних будівельних технологій, що використовуються в дизайні мостів, є безпілотники

з датчиками LIDAR та GPS-відстеження. ці безпілотники здатні збирати зображення та дані про будівельний майданчик мосту. Інформація, що надається клієнтам, є стислою та своєчасною, що забезпечує нові аспекти управління та моніторингу проектів. БПЛА здатні проводити перевірки сайтів, збираючи фотографії, відео, зйомки та картографування, а також плануючи маршрути та інфраструктуру, значно мінімізуючи помилки. Вони можуть заощадити час та дати точні дані про будівельні майданчики мосту від імені клієнтів.

Сьогодні необхідно забезпечити ефективний наглядний контроль та структурний моніторинг здоров'я мостів у разі виникнення безпрецедентної проблеми. Сьогодні, з прогресом у галузі технологій, можна відстежувати все, що відбувається на мостах. Для прикладу, кувейтський шейх Джапер аль-Ахмад Аль-Сабах Коусевей включив систему нагляду та збору даних (SCADA) у свою мостову систему. Ця система включає камери для відстеження руху в разі виникнення надзвичайних ситуацій. Крім того, він включає моніторинг стану, пошкодження або виявлення тріщин у своїх бетонних та сталевих конструкціях та забезпечує загальний структурний моніторинг стану мосту.

➤ Підготовка:

Сьогодні будівельна галузь мосту стикається з багатьма проблемами, включаючи погодні умови, дотримання якості, ускладнення ділянки тощо. Для вирішення цих питань мостові конструктивні елементи, такі як колоди, будуються поза межами майданчика в контрольованому середовищі. Одним із прикладів є метод попереднього бетону (ПК). У цьому способі настили мостів виготовляють заздалегідь на заводі за межами майданчика, а потім транспортують на майданчик для складання. Цей метод значно скорочує час будівництва та забезпечує якість, тим самим підвищуючи ефективність.

➤ Термопластичні мости:

Ці мости виготовлені з майже 100% перероблених та промислових пластмас після споживачів. Вчені університету Рутгерса працювали спільно з Axion International, Inc. для виготовлення термопластичного матеріалу. Вперше

його використовували в залізничних зв'язках. Але в 2009 році Форт Брегг, Північна Кароліна, стала домом для перших у світі мостів, виготовлених з термопластики. Структурні компоненти, включаючи стовпи, ремінці, перила, ковпачки для пристані та настил, були виготовлені з термопластики. Споруди були здатні підтримувати танк вагою 71 тону.

➤ Сейсмічний дизайн, модернізація та продуктивність:

В останні десятиліття вчені з усього світу працювали над розробкою систем оцінки потенційного ризику та шкоди мостам, пов'язаним із сейсмічною діяльністю. Раніше були поширені лінійні оцінки. Але зараз тематичні дослідження проводяться з використанням нових методів нелінійного аналізу. Мости піддаються нелінійній поведінці, коли відбуваються важкі сейсмічні події. Вони були помічені та зафіксовані скручування та згинання протягом найгірших подій, внаслідок чого шкода була дорогою та небезпечною для ремонту. Вчені вивчають аналіз часової історії, щоб надати інформацію про найкращі способи модернізації старих мостів та покращити їх продуктивність у важких сейсмічних умовах.

Одним із відомих прикладів сейсмічної модернізації є міст Золоті ворота в Сан-Франциско. Метою його проекту «Сейсмічна модернізація фази ШВ» було привести міст у діючі стандарти безпеки сейсмічних подій та забезпечити збереження його функціональності після переживання максимально надійного землетрусу (MCE). MCE аналізується за допомогою багаторазового зміщення руху наземного руху та тринаправлених історій часу. Caltrans має конкретні критерії проектування будівництва з урахуванням сейсмічних подій, а міст Золоті Ворота, існуючі підвісні мостові прольоти та основні вежі, пройшли стратегічну оцінку.

➤ Прискорені методи будівництва мосту:

Прискорене будівництво мостів включає інноваційне планування та проектування та використання методів та матеріалів, що скорочують час будівництва на місці. Цей підхід може бути використаний для нових або замінних мостів та для відновлення мостів. Федеральне управління

автомобільних доріг Міністерства транспорту США надає онлайн-ресурси, які включають процес аналітичної ієрархії, щоб допомогти транспортним фахівцям визначити, чи традиційні методи або методи ABC є найбільш ефективними для конкретного проекту будівництва мостів.

Проекти ABC використовують нові геотехнічні та структурні рішення. Однією з них є інтегрована мостова система геосинтетичного армованого ґрунту (GRS) (IBS). Технологія GRS-IBS чергує аркуші тканин для підсилення геотекстилю, що чергуються з шарами ущільненого наповнювального матеріалу для опори мосту. Це забезпечує плавну проїжджу частину для мостового переходу та зменшує витрати на будівництво та час.

➤ Нова технологія плаваючого мосту:

У штаті Вашингтон є чотири найдовші плаваючі мости на Землі. Не вдалося побудувати звичайні мости, які охоплювали б води, тому держава будувала плаваючі мости на понтонах. Але найдовший, знаменитий міст Маршрут 520 був вперше побудований у 1963 році, тому до 2011 року він дуже потребував оновлення. Державний департамент транспорту розробив новий спеціалізований метод заливки бетону та бетону, щоб створити 77 нових понтонів, які мосту потрібно було розширити на шість смуг і зробити міст ще довшим. Водонепроникні понтони з'єднані від кінця до кінця, а проїжджу частину прикріплена над ними. Якіри, виготовлені із залізобетону, прикріпленого до товстих сталевих кабелів, допомагають утримувати понтони, що створює систему для усунення проїжджої частини. Бетонна суміш є новою, оскільки містить мікрокремній і летючу золу для боротьби з солоною водою, яка схильна до корозії матеріалів, занурених у неї. Інша технологія включала встановлення труб у кілову плиту на дні понтона, нагріваючи її до тієї ж температури, що й стіни під час заливки. Це дозволило обом компонентам охолонути і скоротитися разом, усуваючи тріщини.

➤ Композитні матеріальні мостові колоди:

У минулому найпоширенішим способом складання мостових колод було використання асфальту. Це відносно недорогий матеріал, який легко

наноситься для виготовлення дорожніх поверхонь. Але асфальт не триває довго, і при використанні в районах з погодою, він може з часом погіршуватися. Інші традиційні методи використовують бетонну пасту, яка стискається на основі співвідношення води та цементу суміші. Виникли нові технології для створення мостових колод із використанням композитних матеріалів, вторинних матеріалів та багатьох шарів; міцність і довговічність будівництва на поверхні мосту. Один із методів використовує вертикальне склопластикове серцевина, наповнене смолою, а потім закінчене, щоб зробити поверхню не ковзаючою та чистішою в навколишньому середовищі. Інший включає новий вид мостового бетону, який не трісне, що є загальною проблемою з мостовими настилами. Палуби почали будувати за допомогою кварцу та інших сукупних матеріалів для витіснення вмісту води, що зменшило кількість втрат води і, отже, зменшило усадку. Найновіший продукт включає поліолефінову мікрофібру, яка планується в майбутньому використовувати по всій Каліфорнії.

➤ Акустична візуалізація для огляду підструктур мосту:

Мостові підструктури - це компоненти, які знаходяться під водою. У минулому навчені водолази покладалися б на візуальні огляди для визначення здоров'я цих компонентів. Робототехнічні транспортні засоби були вдосконаленням. Але акустична візуалізація забезпечує чудову оцінку, допомагаючи дайвінг-командам виявити інфраструктурні аномалії та будь-які збитки, які вимагають більш детального аналізу. Нові системи візуалізації забезпечують ефективні перевірки навіть тоді, коли структурні поверхні складні; вода має низьку видимість або високий струм потоку. Зібрані дані можна проаналізувати та інтерпретувати, зберігаючи водолазів у безпеці.

Загальний процес розробки будь-якого мосту описаний у діаграмі потоків, показаній на малюнку 63, і включає процедури планування, проектування, експлуатації та обслуговування. Для забезпечення терміну експлуатації мосту необхідно встановити план технічного обслуговування, залежно від фізичних та екологічних факторів.

За даними AASHTO (Американської асоціації державних службовців автомобільних доріг та транспорту), існує велика кількість вантажів, які міст повинен підтримувати і слід враховувати в процесі проектування конструкцій. Ці навантаження розглядаються як фізичні фактори і можуть бути описані наступним чином:

- **Мертві вантажі:**

Посилається на власну вагу конструкції, включаючи установки, обробку, несучу поверхню та всі навантаження, які не матимуть мінливості з часом.

- **Живі вантажі:**

Цей тип навантажень відноситься до узагальненого використання мосту, це означає рух і людей, що йдуть, включаючи гальмування, удар, зіткнення та їх динамічні навантаження. До цієї категорії належать фактори навколишнього середовища, такі як дощ та сніг.

- **Випадкові навантаження:**

Цей тип відноситься до надзвичайної події, яку структура потребує підтримки, яка зазвичай виробляється вітровими та землетрусними навантаженнями. У деяких випадках може розглядатися зіткнення корабля або подія повені.

Окрім фізичних навантажень, є й інші фактори, які можуть вплинути на термін корисного використання нареченої, названі фактори навколишнього середовища та описані наступним чином:

- **Вологість:**

Цей екологічний фактор впливає на хімічний склад залізних і сталевих матеріалів, який при прямому контакті створює процес корозії та розвиває деградацію матеріалу.

- **Абразивні фактори:**

Ці фактори можуть впливати на склад матеріалу через хімічні реакції внаслідок впливу повітря, води та ґрунту. Кожен матеріал може мати специфічну хімічну реакцію і залежить від рівня впливу.



Мертві, живі та випадкові навантаження впливають на механічні властивості самої конструкції, в результаті яких виникають напруги та деформації. Якщо навантаження перевищує ємність матеріалу, відбудеться якийсь тип пошкоджень - від постійної деформації до росту тріщин, а структурний елемент потребує ремонту.

Фактори навколишнього середовища пов'язані з процесом деградації матеріалів, що може призвести до зменшення ефективної інерції. Усі випадки передбачають зменшення стійкості до матеріалу та розмірів елементів, розвиток напруги та збільшення напруги, а отже, можливий збій.

Правильне обслуговування дозволяє уникнути можливих пошкоджень структурних елементів через будь-які фізичні чи екологічні фактори, а отже, збільшення очікуваного терміну експлуатації структури.

#### Тестування та моніторинг

Для забезпечення успіху всіх методів, що застосовуються для уникнення деградації мостів, в рамках процедури технічного обслуговування повинен бути встановлений план випробувань та моніторингу. Вартість плану технічного обслуговування повинна бути включена до бюджету мосту.

В якості першого кроку візуальний огляд конструктивних елементів мосту повинен проводитися за запланований час. Використовувані балки, пірси, з'єднання, кабелі, настил та матеріали не повинні мати пошкоджень, таких як тріщини, корозія, видимі деформації або будь-яка змінна, що вказує на проблему. Методи моніторингу використовуються як спосіб вимірювання циклів завантаження, тріщин або корозії та запобігання будь-яких пошкоджень на мосту.

Для пом'якшення та запобігання корозії процес технічного обслуговування повинен мати план з урахуванням наступних особливостей:

- Очікуваний термін експлуатації мосту.
- Екологічна експозиція.
- Класифікація мосту.
- Деталі методів пом'якшення корозії та запобігання.

- Програми технічного обслуговування.

Якщо не буде бюджету на процедури огляду та моніторингу, технічне обслуговування не буде профілактичною дією та стане коригувальним, що означає більш високі витрати на ремонт та часткове або повне закриття мосту.

## ВИСНОВОК

Визначення інфраструктури включає широкий спектр структур, кожна з яких має конкретну мету, а її функція служить розвитку суспільства. Усі елементи інфраструктури пов'язані між собою, і будь-яке питання окремої частини вплине на всю систему, уповільнивши економічне зростання.

Транспортна інфраструктура має на меті з'єднати два місця за допомогою повітряних, сухопутних та морських методів, розробивши широкий спектр структур для досягнення своєї мети. Мости є частиною земельної інфраструктури і використовуються як зв'язок між двома місцями зі складним доступом за допомогою одиночних доріг або автомобільних доріг. Ці типи споруд мають більш високі витрати на будівництво, якщо їх порівнювати одне з одним; отже, повинен бути повний план розробки проекту, який повинен включати кількість ліній, необхідних для задоволення потоку руху, навантаження на транспортні засоби, майданчик, геометричні та бюджетні вимоги.

Великі мости існують з сотень років тому, де його використання обмежувалося водопроводами, вагонами та дорожніми з'єднувачами для мандрівників, використовуючи як будівельний матеріал камінь та дерево. Впровадження поїздів та транспортних засобів у промисловість з розвитком конструкційної сталі та портландцементу, розпочалися сучасні мости, збільшуючи вантажопідйомність та довжину прольоту.

Не існує конкретної формули для вибору найкращого варіанту мостів, через велику кількість факторів, що залежать від структури, як геометрія мосту, досвід будівельних компаній, матеріалів, вантажів, які слід здійснити, наявна робоча сила, бюджет та місцеві обмеження сайту. Необхідно встановити цілий процес, який передбачає планування, проектування, будівництво та обслуговування конструкції.

Найкращий економічний варіант для мосту - це поєднання ефективної взаємодії геометрії та матеріалу, використовуючи переваги елементів напруги як основної структури. Як ми вже згадували раніше, міст, що тримається на кабелі та підвіску, є найкращим економічним варіантом для довжини прольоту вище 1800 футів. (550 м), належна напруженість сталевих кабелів.

Плануючи, етапи проектування та будівництва мосту ретельно вивчаються, щоб забезпечити його функціональність за допомогою передових методів будівництва; технічному обслуговуванню надається менше значення, думаючи, що структура матиме корисне життя без проблем, коли реальність передбачає процес деградації, завдяки його використанню та факторам навколишнього середовища. План технічного обслуговування необхідний, щоб уникнути перевитрат протягом життя мосту.

Деградацію зносу та втоми можна ретельно вивчити та проаналізувати під час процесу проектування, який буде присутній на всіх структурах. Однак деградація корозії залежить від місцевого середовища, головним чином вологості та контакту з водою, що автоматично розглядаються як план технічного обслуговування. У деяких випадках цей план технічного обслуговування не розробляється в процесі проектування, а отже, не виконується до необхідного часу.

План технічного обслуговування завжди необхідний для тривалого терміну корисного використання будь-якої структури, оскільки процес деградації присутній постійно. Необхідно вирішити питання, якщо є шкода через екологічний фактор і план технічного обслуговування не був розроблений під час проектування, включаючи бюджет, ремонтників високої вартості пошкоджених елементів та закриття мосту. Як висновок, цих виданих можна уникнути, якщо під час проектування буде розроблений належний план технічного обслуговування.

Для успішної розробки мосту слід розглянути повний план у всьому процесі проектування, включаючи пропозицію мосту, процес проектування, методи будівництва та програму технічного обслуговування. Усі змінні разом призведуть до тривалого терміну корисного використання для будь-якої структури.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Айвазов, Ю. М. Проектування метрополітенів : навчальний посібник. Київ : НТУ, 2006. 166 с.
2. Владимирский С.Р. Механизация строительства мостов: учебник. Санкт-Петербург: ДНК, 2005. 152с.
3. Гнідець Б.Г. Збірно-монолітні залізобетонні конструкції мостів. Проектування, дослідження і будівництво: посібник. Львів: Львівська політехніка, 2020. 112с.
4. Управління інфраструктурою та будівництво. Під редакцією Самада Сепасгозара, 6 травня 2020.
5. Міст: конструкції та матеріали, старовинні та сучасні. Автори: Оторо Гонсалес, Майкл Шур, Бенджамін Вальдес і Алехандро Монгарі, опубліковано: 16 січня 2020.
6. Сучасні композити в будівництві та ремонті мостів. Під редакцією Яіл Дж. Кім (2015).
7. (11-01-2011) Будівництво мостов прискрено: досвід проектування, виготовлення та мондажу зборних елементів та систем мостов. Мид транспорту США, адміністрація федерального шосі.
8. Крамарчук А.П., Ільницький Б.М. Бобало Т.В. Будівельні конструкції: посібник. Львів: Львівська політехніка, 2016. 200с.
9. Лагошняк О. Південний Буг: від козацьких переправ до сучасних мостів: посібник. Київ: Іліон, 2020. 240 с.
- 10.Плоский В.О., Гетун Г.В., Мартинов В.Л. та інші. Архітектура будівель та споруд. Техніка експлуатації та реконструкція будівель: підручник. Київ: КНУБА, 2020. 450 с.
- 11.Karkhut I.I. Design and construction in areas with high. Seismic activity: англomовний посібник для інженерів-будівельників. Львів : Львівська політехніка, 2021. 188 с.
- 12.Розрахунки і проектування мостів : в 2-х т. : навчальний посібник. / за заг. ред. А. Лантуха-Ляценка. Київ : НТУ, 2007. 337 с.

13. Хом'як, А. Я. Інженерні вишукування у транспортному будівництві : навчальний посібник. Київ : Знання, 2007. 348 с.
14. Управління інфраструктурою та будівництво. Під редакцією Самада Сепасгозара, 6 травня 2020
15. Довідковий посібник для інспекторів мосту - 2012.pdf (state.mn.us)