

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБІН  
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Кафедра промислового та цивільного будівництва

## Кваліфікаційна робота/проект

другий магістерський рівень

(рівень вищої освіти)

на тему: Оцінка технічного стану та паспортизація пішохідного мосту  
через річку Верхня Хортиця,  
між вул. Героїв 37-го батальйону й вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя.

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1920-пцб-з  
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія  
(код і назва спеціальності)

освітньої програми промислове і цивільне будівництво  
(код і назва освітньої програми)

П'ятниця М.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

доц., к.т.н. Данкевич Н.О.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент

доц., Полтавець М.О.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя  
2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНИ  
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Кафедра Промислового та цивільного будівництва  
Рівень вищої освіти другий магістрський рівень  
(другий (магістерський) рівень)  
Спеціальність 192 "Будівництво та цивільна інженерія"  
(шифр і назва)  
Освітньо-професійна програма "Промислове і цивільне будівництво"  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ ПЦБ  
проф. Арутюнян І.А.  
"\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ /ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

П'ятниця Марія Вікторівна  
(прізвище, ім'я по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Оцінка технічного стану та паспортизація пішохідного мосту  
через річку Верхня Хортиця між вул. Героїв 37-го батальйону й вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя.

керівник роботи Данкевич Н.О., доц., к.т.н.  
(прізвище, ім'я по батькові, науковий ступінь, членство звання)

затверджені наказом ЗНУ від "30" 06 2021 року № 975 -с

2. Строк подання студентом роботи 01 грудня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи конструктивні особливості мостових споруд  
методологія виконання обстеження та паспортизації споруд, науково-технічна, навчальна,  
нормативна та періодична література

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
вступ, порівняння автоматизованих систем моніторингу стану мостових споруд  
за кордоном і в Україні, методологія обстеження та паспортизації мостових споруд,  
технічний звіт з обстеження споруди, охорона праці та правила безпеки під час обстеження мостів

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
вступ, основні питання дослідження, план мостової споруди,  
план нівелювання споруди, схема дефектів та пошкоджень, висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підписи	
		завдання	видів
Розділ 1	Данкевич Н.О., к.т.н., доц.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
Розділ 2	Данкевич Н.О., к.т.н., доц.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
Розділ 3	Данкевич Н.О., к.т.н., доц.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
Розділ 4	Данкевич Н.О., к.т.н., доц.	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>

30 червня 2021 р.

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим.
1.	Моніторинг стану мостових споруд закордоном	30.09.2021	
2.	Аналіз стану мостової інфраструктури в Україні	21.10.2020	
3.	Вивчення методології обстеження споруд	11.11.2021	
4.	Проведення обстеження мосту через річку Верхня Хортиця та аналіз отриманих даних		
5.	Оформлення та підготовка до захисту	02.12.2021	

Студент

*[Signature]*  
(підпис)

П'ятниця М.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи/проекту

*[Signature]*  
(підпис)

Данкевич Н.О.  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

*[Signature]*  
(підпис)

Данкевич Н.О.  
(прізвище та ініціали)

П'ятниця М.В. С  
мосту через річку Вер  
Зачиняєва, м. Запоріжжя

Кваліфікаційна  
магістра за спеціальні  
керівник доц.каф. П  
інститут ім. Ю.М. По  
промислового та цив

Здійснено ана  
мостових споруд в с  
обстеження технічно  
застосування теорет  
фіксування наявних  
елементах спорудки  
графічному вигля  
висновки за резул  
подальшого забезп

Ключові сл  
СТАН, ЕКСПЛУА  
АНАЛІЗ, АВАРІ

Список пуб

1. Данкев

паспортизація пі

37-го батальйон

науково-технічн

тез доп. I все

Запоріжжя, 202

## АНОТАЦІЯ

П'ятниця М.В. Оцінка технічного стану та паспортизація пішохідного мосту через річку Верхня Хортиця, між вул. Героїв 37-го батальйону й вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Науковий керівник доц.каф. ПЦБ Данкевич Н.О. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету. Кафедра промислового та цивільного будівництва, 2021 р.

Здійснено аналіз проблем та перспектив розвитку паспортизації мостових споруд в сучасних умовах. Досліджена основна методика аналізу та обстеження технічного стану конструкцій. На реальному прикладі розглянуто застосування теоретичних знань на практиці: проведено обстеження об'єкту, фіксування наявних дефектів, визначення міцності бетону в конструктивних елементах споруди, зібрані данні викладені в повному обсязі в текстовому та графічному вигляді згідно діючих нормативних документів. Зроблені висновки за результатами обстеження та сформульовані рекомендації щодо подальшого забезпечення експлуатаційної придатності конструкцій моста.

Ключові слова: ПАСПОРТИЗАЦІЯ, ОБСТЕЖЕННЯ, ТЕХНІЧНИЙ СТАН, ЕКСПЛУАТАЦІЙНИЙ СТАН, ДЕФЕКТИ, МОСТОВА СПОРУДА, АНАЛІЗ, АВАРІЙНИЙ СТАН, АВАРІЯ.

Список публікацій магістранта:

1. Данкевич Н.О., П'ятниця М.В. Оцінка технічного стану та паспортизація пішохідного мосту через річку Верхня Хортиця, між вул. Героїв 37-го батальйону й вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя. Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України : зб. тез доп. І всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 19-21 жовт.2021р. Запоріжжя, 2021. С.406-407.

## ANNOTATION

M. Piatnytsia. Assessment of the technical condition and certification of the pedestrian bridge across the Verkhnya Khortytsia river between Heroyiv 37-ho batal'yonu str. and Zachynyayeva str., Zaporizhzhya.

Qualification final work for obtaining a master's degree in specialty 192 «Construction and Civil Engineering». Scientific supervisor Associate Professor N. Dankevych. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebnya of Zaporizhzhya National University. Department of Industrial and Civil Engineering, 2021

There was analysis of problems and prospects of development of certification of bridge constructions in modern conditions carried out. The basic technique of the analysis and inspection of a technical condition of constructions was investigated. The application of theoretical knowledge on practice is considered on a real example: inspection of object, fixing of available defects, definition of durability of concrete in constructive elements of a construction is carried out, the collected data is stated in full in text and graphic form according to operating regulations. Conclusions based on the results of the survey were made and recommendations for further ensuring the operational suitability of the bridge structures were formulated.

Keywords: PASSPORTATION, INSPECTION, TECHNICAL CONDITION, OPERATING CONDITION, DEFECTS, BRIDGE CONSTRUCTION, ANALYSIS, EMERGENCY CONDITION, ACCIDENT.

List of undergraduate's publications:

1. N. Dankevych, M. Piatnytsia. Assessment of the technical condition and certification of the pedestrian bridge across the Verkhnya Khortytsia river between Heroyiv 37-ho batal'yonu str. and Zachynyayeva str. , Zaporizhzhya. Current issues of sustainable scientific and technical and socio-economic development of the regions of Ukraine: collection of abstracts of the first all-Ukrainian scientific-practical conference, Zaporizhzhya, 19-21st of Oct. 2021, Zaporizhzhya, 2021, p. 406-407.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	1
1 ПОРІВНЯННЯ АВТОМАТИЗОВНИХ СИСТЕМ МОНІТОРІНГУ СТАНУ МОСТОВИХ СПОРУД ЗАКОРДОНОМ І В УКРАЇНИ .....	3
1.1 Конструктивні особливості мостових споруд .....	3
1.2 Моніторинг стану мостових споруд у найбільш розвинутих країнах світу.....	15
1.3 Стан мостової інфраструктури в Україні .....	22
2 МЕТОДОЛОГІЯ ОБСТЕЖЕННЯ ТА ПАСПОРТИЗАЦІЇ МОСТОВИХ СПОРУД.....	30
2.1 Аналіз причин виникнення аварій на мостових спорудах .	30
2.2 Обстеження та паспортизації мостових споруд .....	34
2.3 Прилади і інструменти, які застосовують при обстеженні	45
2.4 Аналіз результатів обстежень.....	51
3 ТЕХНІЧНИЙ ЗВІТ З ОБСТЕЖЕННЯ СПОРУДИ .....	53
3.1 Вихідні дані та загальні відомості про споруду .....	53
3.2 Оцінка технічного стану споруди .....	62
3.3 Висновки і рекомендації .....	75
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ОБСТЕЖЕННЯ МОСТІВ .....	77
ВИСНОВКИ.....	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	90

## ВСТУП

Актуальність дослідження. У зв'язку зі збільшенням пішохідного потоку та строку експлуатації пішохідних мостів на дорогах України зростає актуальність активізації робіт із ремонтів мостів та вдосконалення системи їх утримання. Оскільки ремонтним роботам передують спочатку обстеження, обробка отриманої інформації, та згодом оформлення і викладення її у вигляді паспорту та технічного звіту споруди, потрібно мати чітке розуміння про структуру та основні аспекти оформлення цих документів згідно сучасних нормативних документів. Важливо, щоб роботи з обстеження також здійснювались на підставі діючої нормативної бази.

Мета дослідження – полягає у вдосконаленні методів обстеження споруд, впровадженні принципів систематизації отриманих даних у вигляді, який задовольняє правила прописані у діючих нормативних документах.

Для досягнення зазначеної мети поставлено такі завдання:

- 1) Проаналізувати існуючі методи обстеження та паспортизації споруд транспорту.
- 2) Обґрунтувати необхідність створення документації, щодо технічного стану об'єктів.
- 3) Провести повне обстеження мостової споруди.
- 4) Отримати актуальну інформацію про стан конструкцій моста.
- 5) Скласти Технічний звіт з обстеження споруди та Паспорт моста.

Об'єктом дослідження є існуючі будівельні конструкції об'єкта «Пішохідний міст через р. Верхня Хортиця вул. Героїв 37 го батальйону вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя».

Предметом дослідження є теоретичні і практичні методи обстеження та паспортизації мостової споруд.

Методи дослідження це візуальне та інструментальне обстеження мостової споруди. Аналіз літературних джерел в розрізі методики обстеження та паспортизації споруд .

Наукова новизна. Представлена нова модель грамотної систематизації даних по обстеженню споруд з використанням наукових та нормативних джерел. Звернена увага на проблему приділення недостатньої уваги обстеженню та паспортизації мостових споруд.

Практичне значення. Застосування методів обстеження та використання візуального та інструментального огляду дозволили сформулювати висновки і рекомендації, які орієнтовані на широке впровадження в практику оцінки надійності та технічного обстеження споруд.

Особистий внесок автора полягає у впровадженні принципів систематизації інформації щодо обстеження і паспортизації споруд в сучасних умовах.

Структура та обсяг кваліфікаційної випускної роботи. Робота складається з анотації, вступу, трьох розділів, висновків, переліку використаних джерел, охоплює: 92 сторінки, 33 рисунка, 11 таблиць, 28 найменувань використаних джерел.



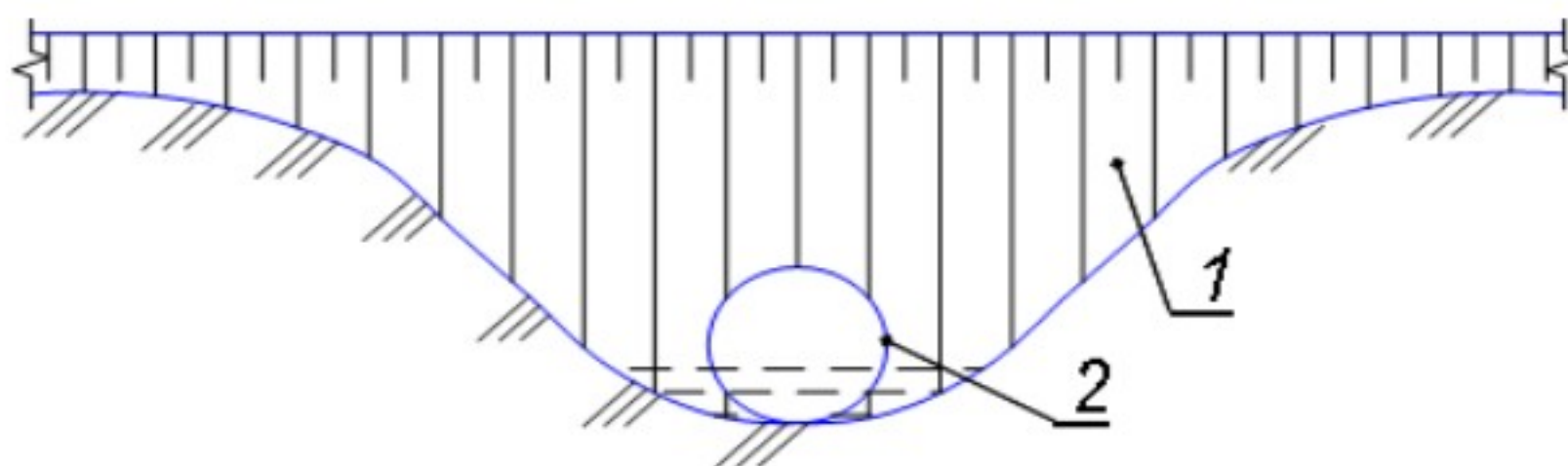
# 1 ПОРІВНЯННЯ АВТОМАТИЗОВНИХ СИСТЕМ МОНІТОРІНГУ СТАНУ МОСТОВИХ СПОРУД ЗАКОРДОНОМ І В УКРАЇНИ

## 1.1 Конструктивні особливості мостових споруд

Переважає більшість споруд возводиться в відносно сприятливих умовах. Мости ж возводяться там, де зустрічаються природні або штучні перешкоди: яри, ріки, дороги. Особливі умови потребують відповідних конструкцій і способів їх возведення. Крім того, мости несуть рухоме навантаження пішоходів, автомобілів, метро, поїздів. Тому вони проектується як конструкції з великими відстанями між опорами. Історія містобудівництва – це в значній ступені історія боротьби за перекриття як можна більшого прольоту. Зараз це прольоти в 2000м. Значущими мостами є міст «Акаші Кайке» (Японія) з прольотом 1991м, міст в Сан Франціско (США) «Золоті ворота» з прольотом 1280м. ,на Україні «Московський міст » в Києві прольот 300м.

Всі штучні споруди поділяються на:

- 1) труби – їх укладають в тіло земляного полотна дороги. Вони служать для пропускання під дорогою невеликих струмків, транспортних засобів і інше. В місцях розташування труби земляне полотно не переривається.



1 земляне полотно; 2 труба.

Рисунок 1.1 – Штучна споруда – труба. 1 земляне полотно; 2 труба.

2) мостові споруди – будують для пропуску дороги над річками, дорогами. Вони перекривають земляне полотно дороги своїми консолями. Мостові споруди в свою чергу поділяють на:

а) міст – споруда для пропуску дороги над водною перешкодою



Рисунок 1.2 – Конструкція мосту.

б) шляхопровід – споруда для пропуску однієї транспортної магістралі над іншою в різних рівнях.

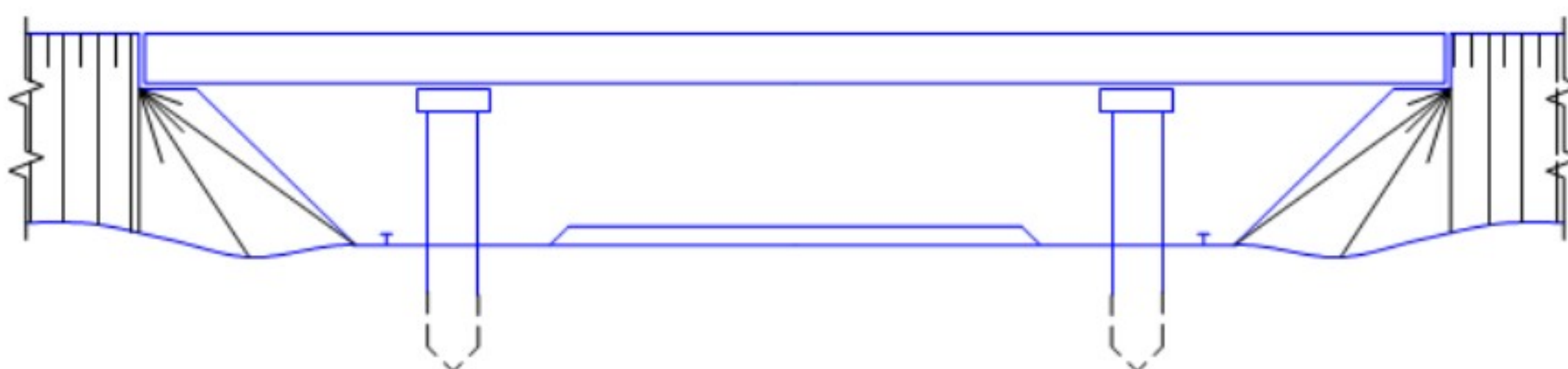


Рисунок 1.3 – Конструкція шляхопроводу.

в) віадук – мостова споруда для пропуску дороги над глибоким яром, міжгір'я з великою висотою (іншими словами міст з великою висотою).

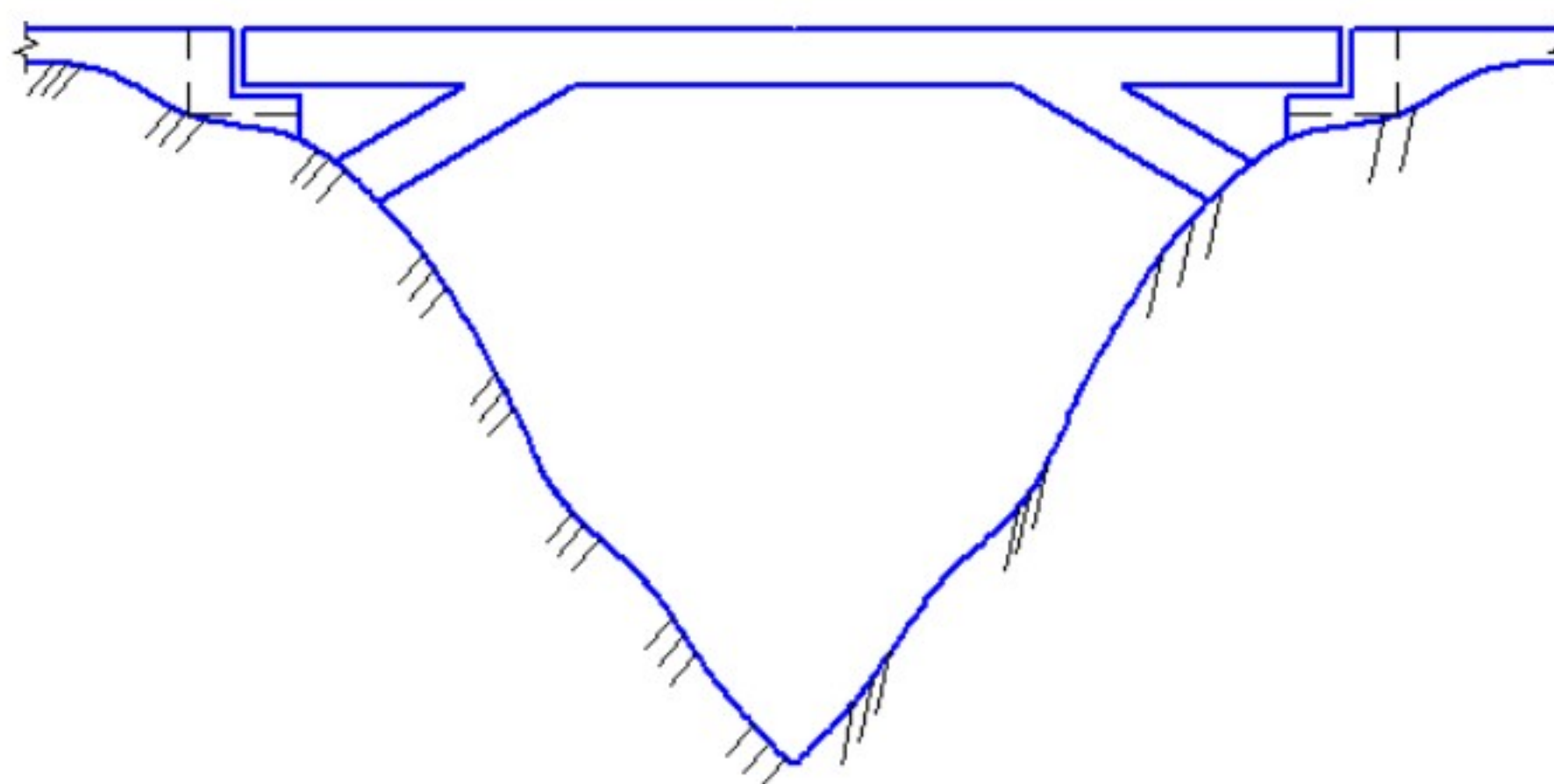


Рисунок 1.4 – Конструкція віадуку.

г) естакада – зводиться замість високого насипу для пропуску дороги на великій довжини.

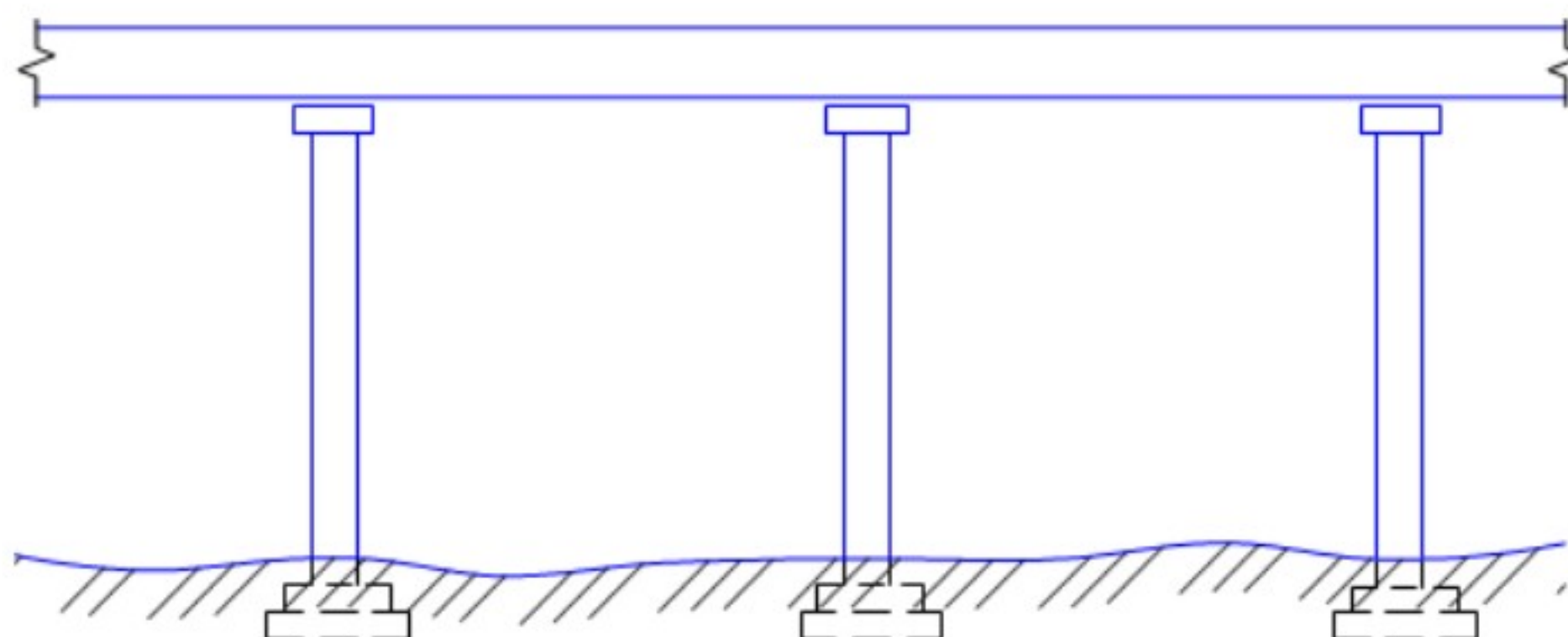


Рисунок 1.5 – Конструкція естакади.

д) тунель – приймають для пропуску дороги крізь товщу гірського масиву або під крутими ріками, озерами. В містах для пропуску під землею автомобілів і пішоходів.

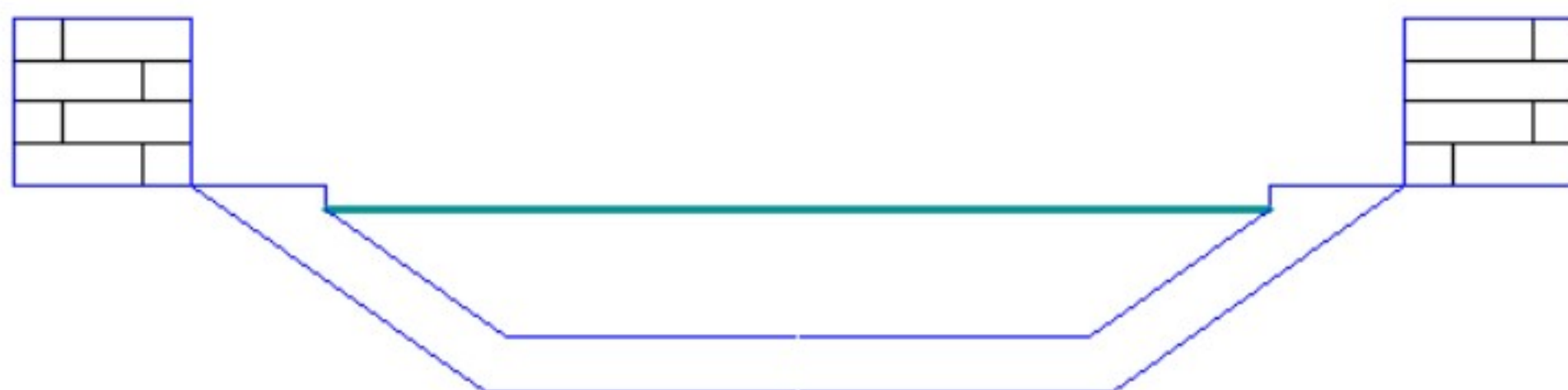


Рисунок 1.6 – Конструкція тунелю.

е) галереї – для захисту дороги від снігових лавин, камніпаду.

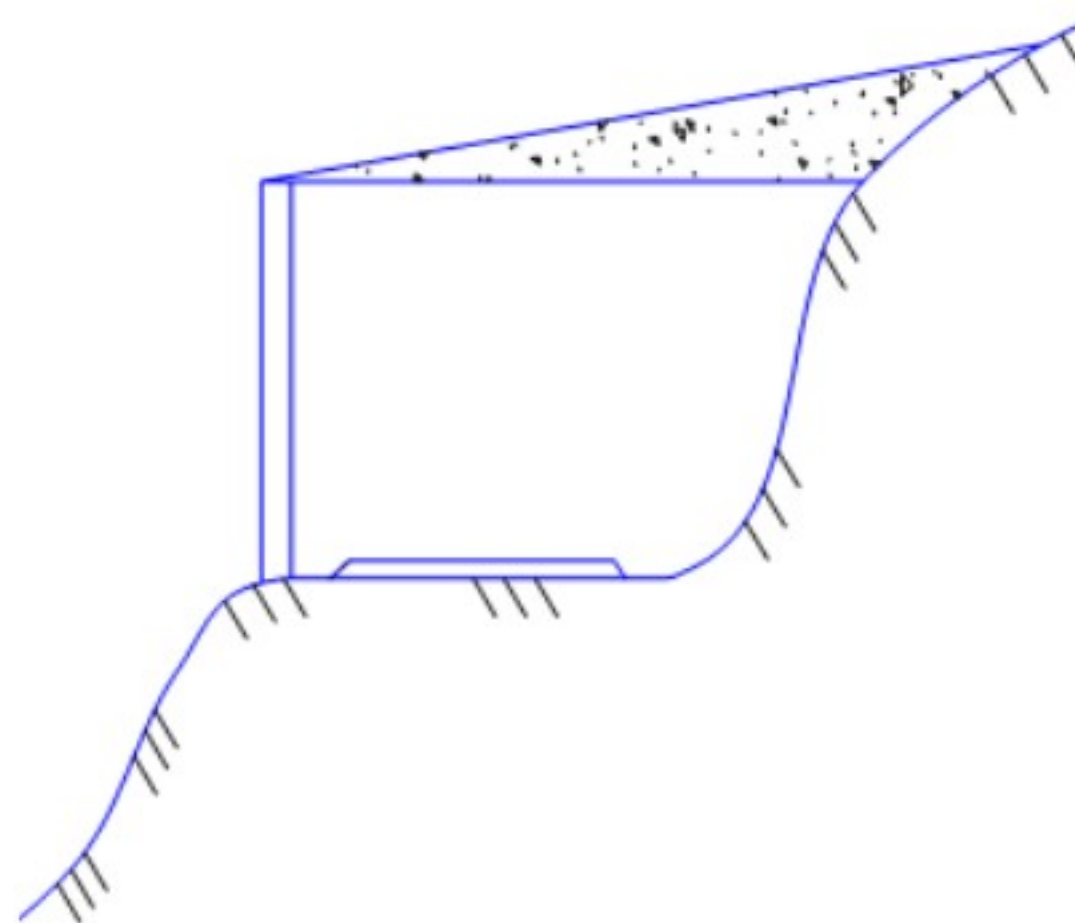


Рисунок 1.7 – Конструкція галереї.

ж) балкони – для забезпечення необхідної ширини дороги.

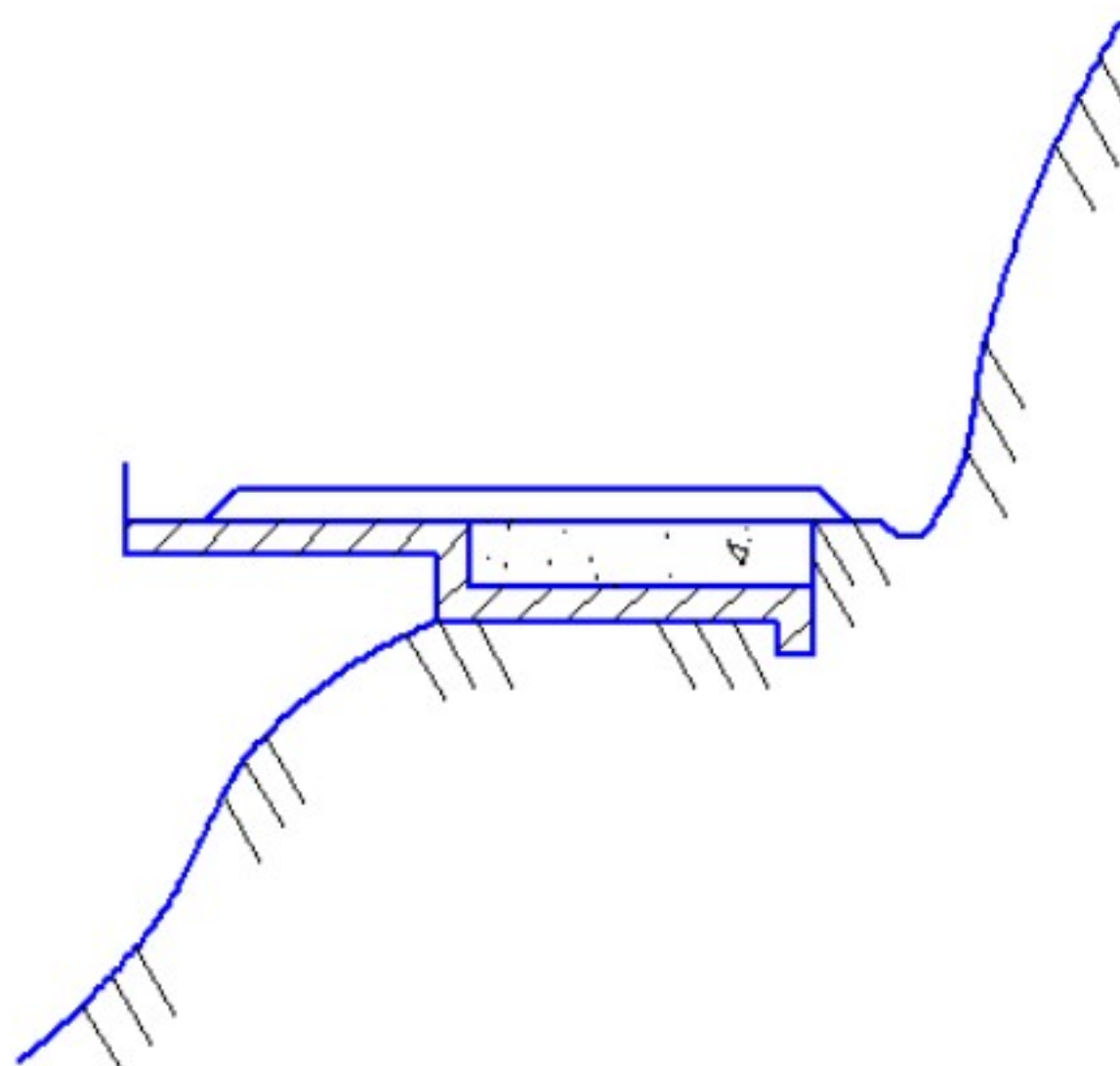


Рисунок 1.8 – Конструкція балкону.

з) підпірні стінки – для затримання ґрунта, який знаходиться за стінкою, від обвалення.

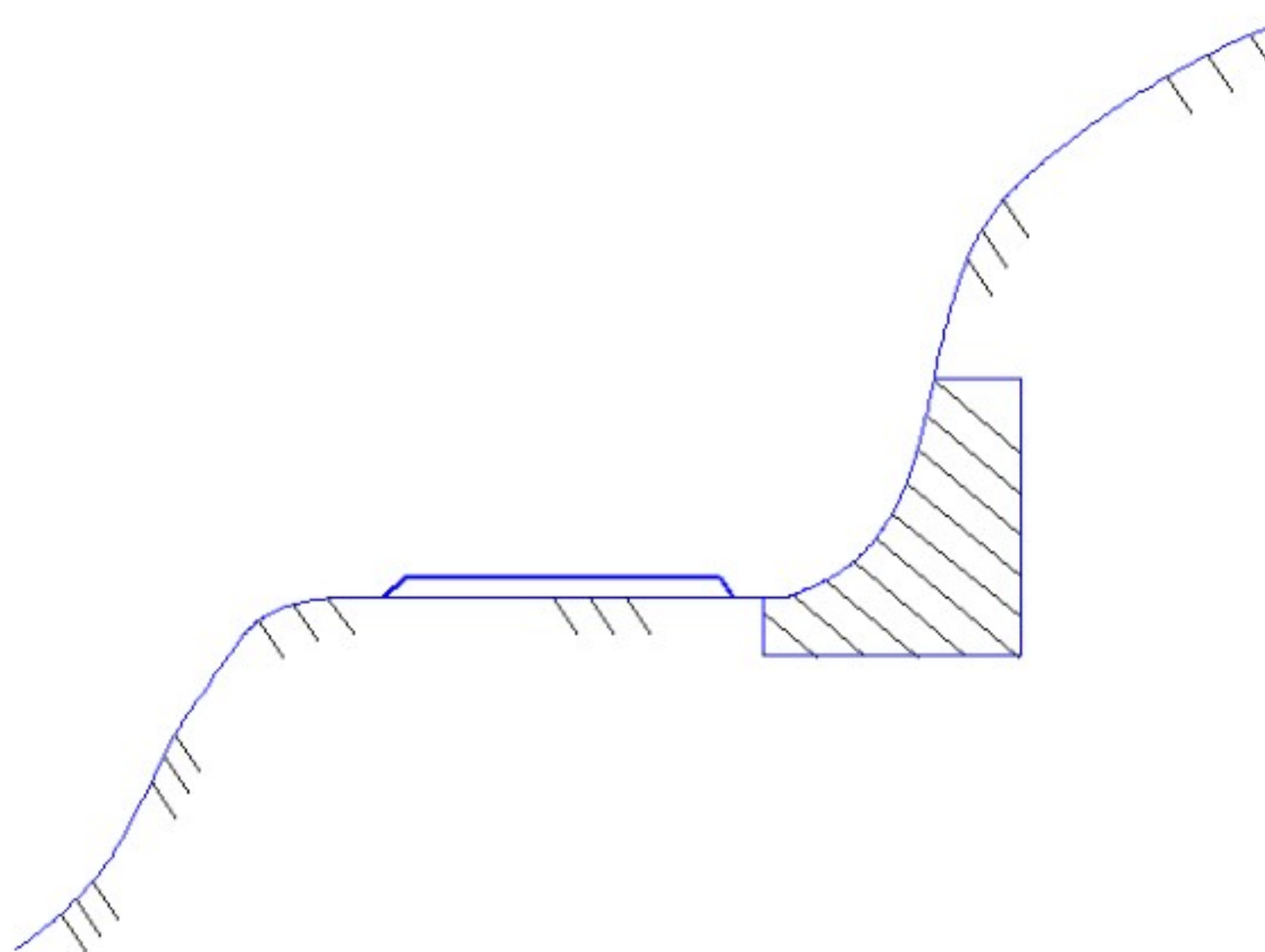
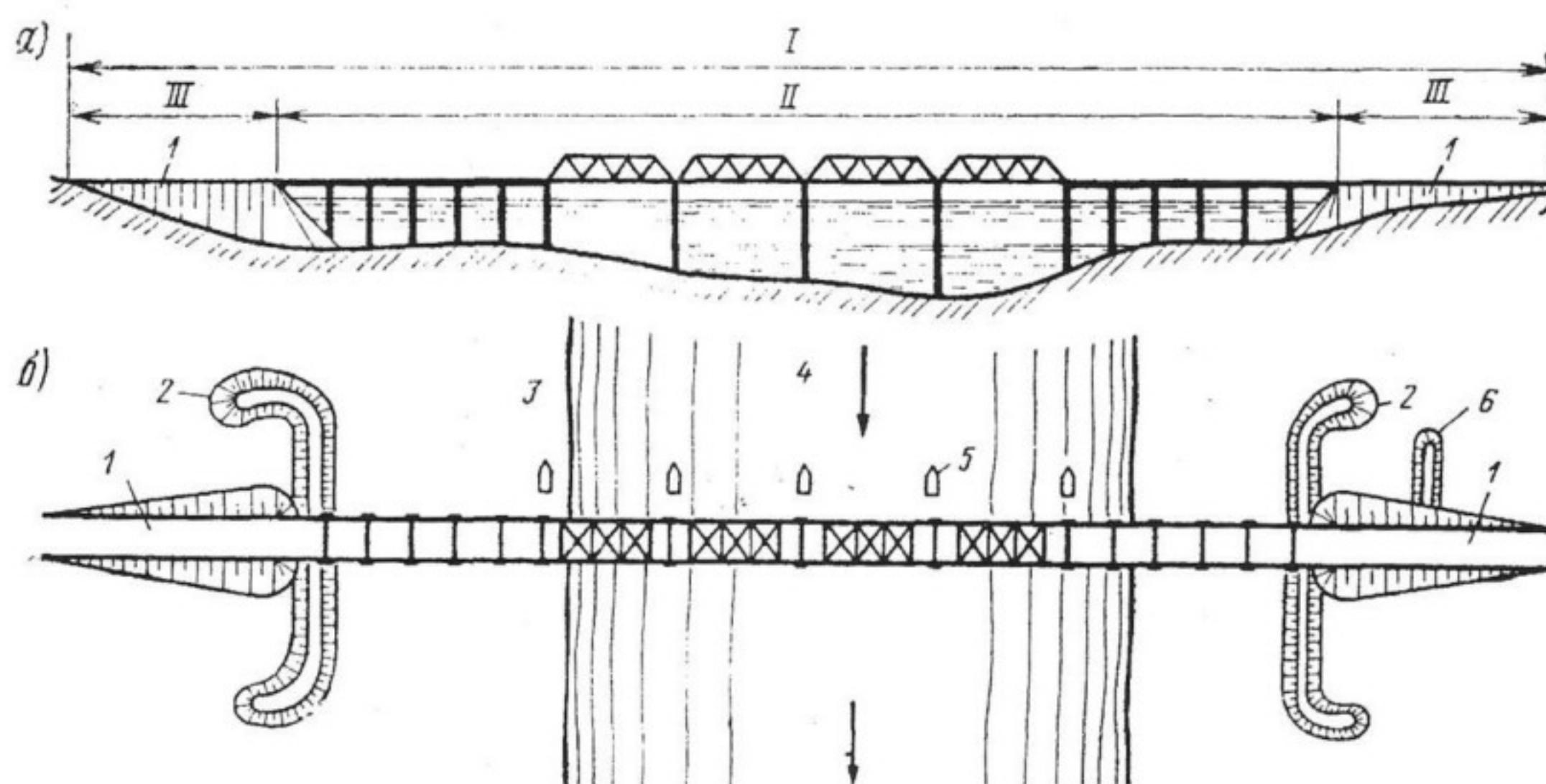


Рисунок 1.9 – Конструкція підпірної стінки.

Мостовий перехід – назва комплексу споруд, що складається з моста, підходів до нього та регуляційних споруд. До його складу входять: міст, підходи, льодорізи, регуляційні і берегоукріпні споруди.

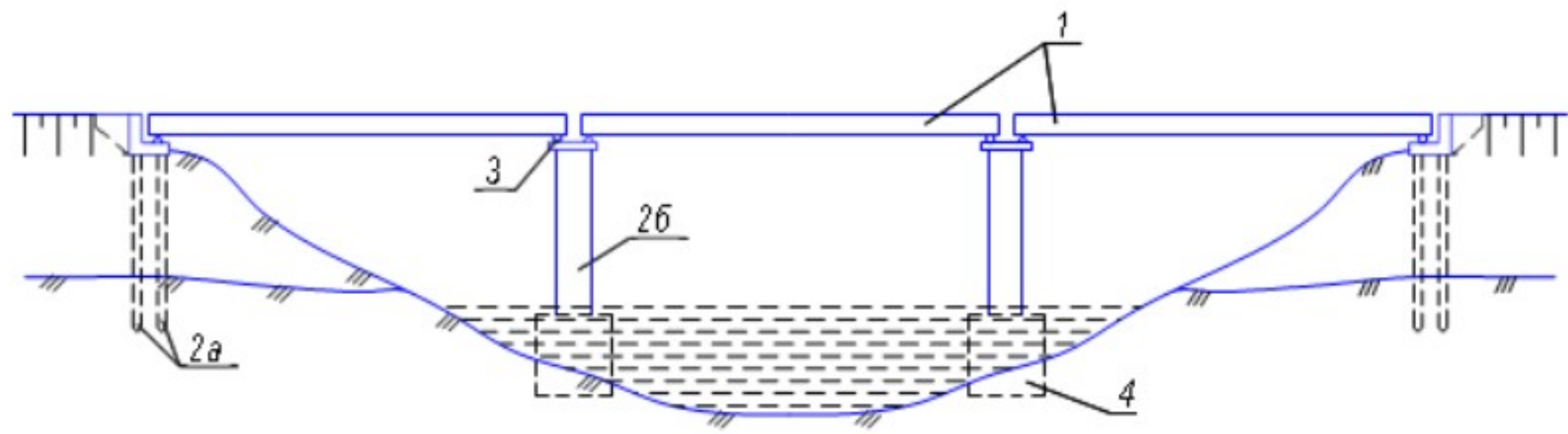


1 – насип підходу; 2 – дамба, яка направляє струмінь; 3 – заплавина ріки; 4 – русло ріки; 5 – льодоріз; 6 – траверса. I – мостовий перехід; II – міст; III – підходи до мосту

Рисунок 1.10 – Схема мостового переходу.

Міст – своїми конструкціями перекриває русло ріки або русло ріки і частину заплави ріки. Підходи до мосту – забезпечують сполучення дороги з мостом. Їх улаштовують в вигляді насипів або естакад. Льодорізи – споруди для захисту проміжних опор моста від льодоходу (їх зводять з верхової сторони ріки, де можливі льодоходи). Регуляційні споруди: дамба, яка направляє струмінь – її будують у берегових опор, надає їй в плані обрис, який сприяє плавному протікання в отвір моста водного потоку. Берегоукріпні споруди: траверса – улаштовують з верхової сторони мостового переходу в вигляді коротких дамб, які виступають в ріку перпендикулярно або під кутом до берега або насипу підходу. Траверса перешкоджає течі води вздовж берегу або насипу, охороняє їх від розливу і сприяє напрямку водного потоку в отвір моста.

Міст складається з прольотних будов та опор.



1 – прольотні будови; 2а – берегові опори (устої); 2б – проміжні опори;  
3 – опорні частини; 4 – фундамент опори.

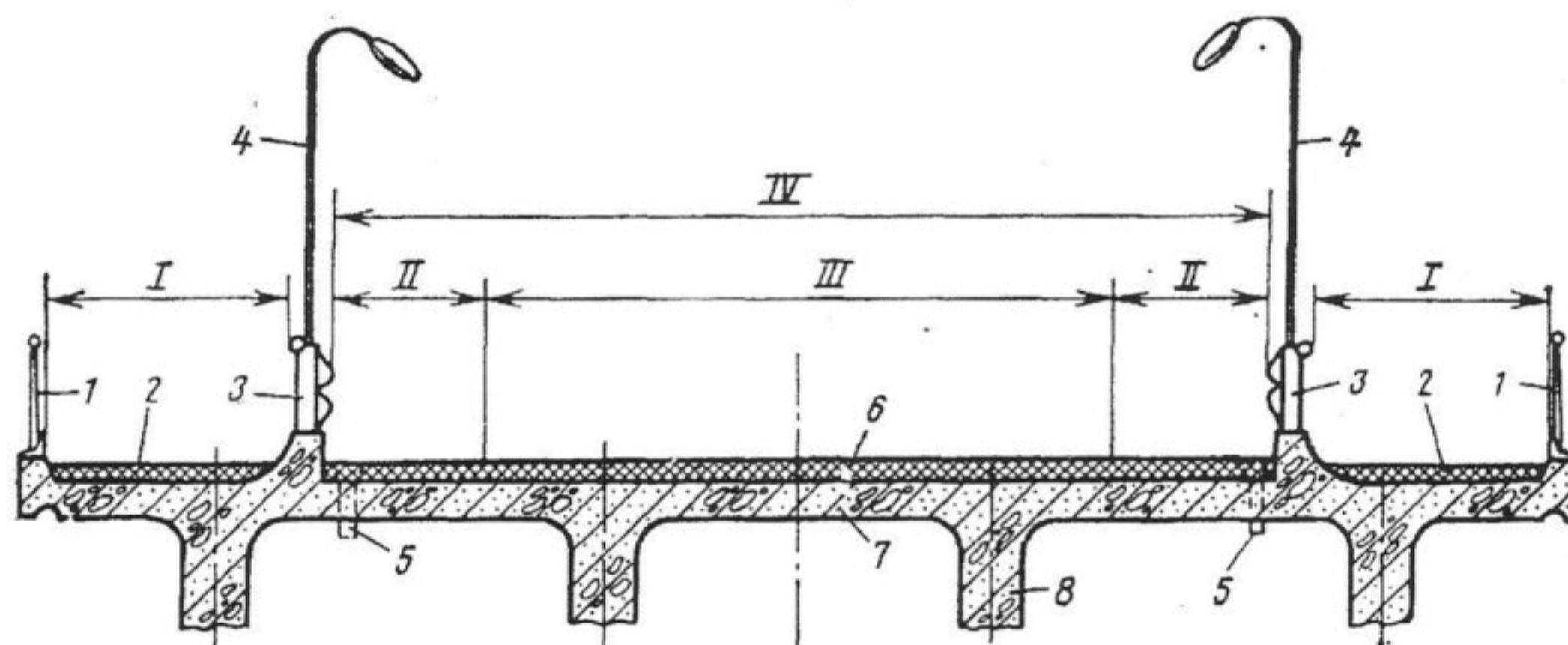
Рисунок 1.11 – Схема моста.

Прольотна будова – це конструкція моста, яка перекриває простір між опорами і підтримує всі навантаження, які знаходяться на мосту і передає їх вагу та свою власну на опори.

В прольотних будовах виділяють:

- проїжджу частину;
- несучу частину;
- систему зв'язків;
- опорні частини.

Проїжджа частина (в основному смислі) – це сукупність конструктивних елементів, які сприймають дію рухомих навантажень і передають їх на несучу частину. В проїжджу частину в цьому смислі включають її несучі елементи і мостове полотно. Мостове полотно розташовано над несучими елементами проїжджої частини по всій ширині між перильними огорожами і призначено для забезпечення безпечного пропуску транспортних засобів і пішоходів, а також для відводу води з проїзної частини. Воно вмістить наступні конструктивні елементи: одяг їздового полотна і тротуарів, перильне і захисні огорожі, пристрої для освітлення, пристрій для водовідводу, деформаційні шви і елементи сполучення моста з насипом.



1 – перильне огородження; 2 – одяг тротуарів; 3 – бар’єрне огородження; 4 – щогла (мачта) для освітлення; 5 – водовідвідний пристрій; 6 – одяг їздового полотна; 7 – несучі елементи проїжджої частини; 8 – несучі елементи прольотної будови. I – тротуар; II – полоса безпеки; III – проїжджа частина; IV їздове полотно.

Рисунок 1.12 – Елементи мостового полотна.

На смузі, яку займає мостове полотно, розташовані тротуари і їздове полотно, до якого включають полоси безпеки і проїзну (проїжджу) частину (в вузькому смислі цього терміну) – смуга на їздовому полотні, яка призначена для руху транспортних засобів. До цієї смуги примикають запобіжні смуги (смуги безпеки), які призначенні для забезпечення руху на мосту з встановленими швидкостями руху. Вони знижують психологічне діяння на водія високої огорожі у тротуарів. Вони також забезпечують можливість з’їзду транспортних засобів з проїзної частини при виникненні небезпечних для руху ситуацій. Проїзна частина в вузькому смислі цього терміну разом з запобіжними смугами складають габарит проїзду (смугу їздового полотна).

Несучі елементи проїжджої частини сприймають навантаження від транспортних засобів з їздового полотна, від пішоходів з тротуарів і передають їх на основні несучі конструкції прольотної будови. Застосовують три види несучих елементів проїжджої частини:

балочна клітка як сукупність поздовжніх і поперечних дерев'яних або металевих балок;

плоска або ребриста залізобетонна плита;

ортотропна плита – зварна металева конструкція, яка складається з листа, підкріпленого ребрами.

Несуча частина прольотної будови сприймає дію від власної ваги прольотної будови і тимчасовою навантаження і передає його на опори. В якості цих елементів при невеликих прольотах можуть бути дерев'яні або металеві балки, залізобетонні плити, при середніх і великих прольотах – балки, ферми, рами, арки, а також кабелі висячих і ванти вантових мостів.

Система в'язів між несучими елементами прольотних будов призначені для об'єднання прольотної будови в просторово жорстку конструкцію, яка здібна сприймати всіма елементами як вертикальні, так і горизонтальні навантаження. В повній системі в'язів розділяють поздовжні (верхні і нижні) і поперечні (опорні і проміжні) в'язи.

Опорні частини – це спеціальні елементи, за допомогою яких опорні реакції від несучих конструкцій передаються на опори в заданому місці. Крім того, опорні частини забезпечують поворот, повздовжнє і поперечне зміщення головних ферм (або балок), які виникають під діями рухомих навантажень і температурних деформацій прольотної будови в цілому.

Опори моста сприймають навантаження від прольотних будов через опорні частини і передають їх на ґрунт через фундамент або на воду (в наплавних мостах).

Опори бувають: берегові (устої), проміжні.

Проміжні опори сприймають навантаження від ваги прольотних будов, рухомих навантажень, навала судів, діяння льодоходу, вітру. Берегові опори, крім того, можуть робити як підпірні стінки, які сприймають тиск ґрунту насипу підходів.

Мости класифіцирують за наступними признаками:

За призначенням:



а) автодорожні – для усіх видів транспорту який пропускається по автомобільним дорогам і пішоходів;

б) залізнодорожні – для залізничних поїздів;

в) міські – для усіх видів міського транспорту (автомобілів, тролейбусів, трамваїв, метро) і пішоходів;

г) пішохідні – тільки для пішоходів;

д) суміщені – для автомобілів і залізнодорожних поїздів;

е) спеціальні – для пропуску трубопроводів, кабелів, і т.і..

За типом опор моста:

а) на жорстких опорах – передають навантаження від прольотних будов через фундаменти ґрунту (відсутність значних осідань);

б) на плавучих опорах – передають навантаження на воду (наплавні мости), мають значні осідання.

За типом прольотних будов:

а) нерухомі, в яких прольотна будова завжди займає по відношенню до опори незмінне положення;

б) розвідні в яких для пропуску судів улаштовують спеціальний розвідний прольот.

За видом використовуємих матеріалів:

а) дерев'яні;

б) кам'яні;

в) бетонні;

г) залізобетонні;

д) металеві.

За рівнем проїзду:

а) з їздою поверху;

б) з їздою понизу;

в) з їздою посередині.

За характером пересікання перешкоди:

а) прямий вісь моста перпендикулярна течі рік;

- б) косий вісь моста пересікає течу гострим кутом;
- в) криволінійний вісь моста пересікає течу рік під змінними по його довжині кутами.

За шириною проїжджої частини:

- а) одно смугові – допускають одну смугу руху;
- б) двохсмугові;
- в) чотирьохсмугові;
- г) шістьсмугові;
- д) вісім смуг руху;
- е) дванадцять смуг руху.

За довжиною:

- а) малі – довжина моста  $L \leq 25$  м;
- б) середні –  $25 \text{ м} < L \leq 100$  м;
- в) великі –  $L > 100$  м, або якщо один з прольотів більше 60 м.

За забезпеченістю в відношенні пропуску високих вод і льодоходу:

- а) висоководні – призначені для тривалої нормальної експлуатації і забезпечують пропуск повідкових вод і весняного льодоходу;
- б) низьководні – призначені для експлуатації в обмеженому часі і не забезпечують пропуск високої води і весняного льодоходу.

За статичною схемою головних несучих конструкцій прольотних будов:

- а) балочні системи (розрізні, нерозрізні, консольні) – які характеризуються тим, що в їх прольотних будовах від вертикальних навантажень виникають тільки вертикальні опорні реакції;
- б) розрізні системи (арочні, рамні, висячі, вантові) – в них виникають наклонні опорні реакції, які мають горизонтальну складову – розпір;
- в) комбіновані системи, в яких поєднуються системи перших двох груп.

Розрахункова схема балки повинна відповідати особливостям її роботи в конструкції. Залежно від умов опирання, балки можуть бути класифіковані як розрізні, нерозрізні та консольні.

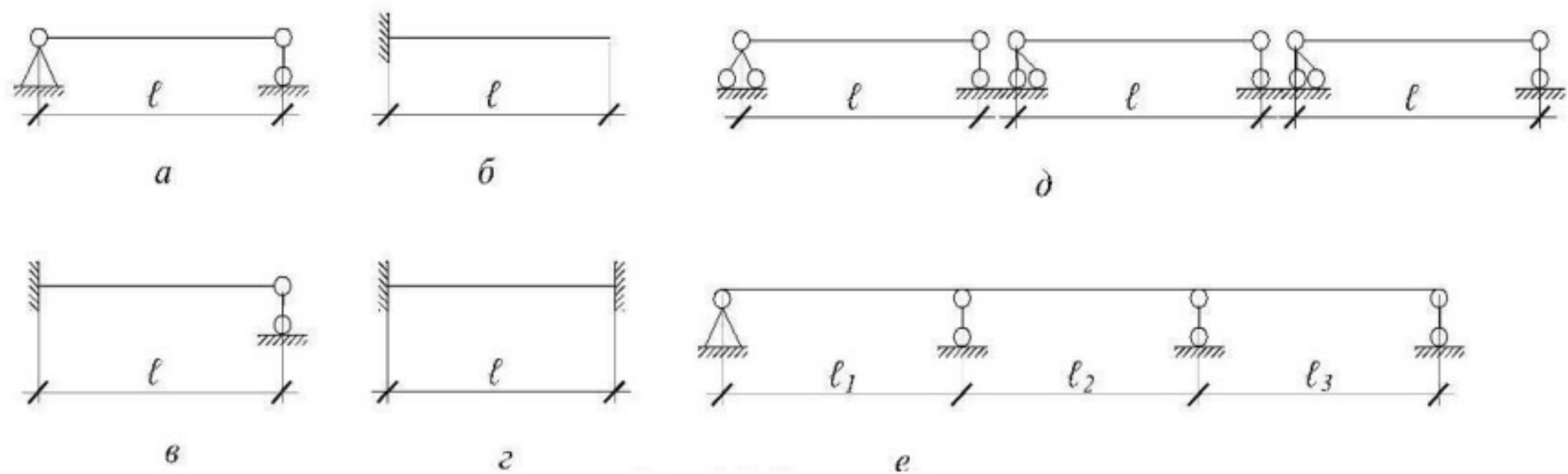


Рисунок 1.13 Схеми балок: *a, d* – розрізних; *б* – консольних; *в, г* – із защемленням; *е* – нерозрізних.

У сталевих конструкціях найбільшого поширення набули розрізні балки. Завдяки статичній визначуваності, вони нечутливі до просідання опор, прості у виготовленні та монтажі. Нерозрізні балки легші від розрізних на 10...12 %, менш деформативні, що суттєво за малих навантажень і великих прольотів. Проте вони мають і недоліки – це чутливість до нерівномірного просідання опор, деяке підвищення опорного тиску на середні колони та необхідність зменшення крайніх прольотів (до 20 %) для вирівнювання пролітних та опорних моментів.

Нерозрізна система— одна балка прогонової будови перекриває кілька прогонів або одразу все. Таким чином, прогонова будова нерозрізної системи розраховується як багатоопорна статично невизначена балка з використанням методу сил, методу переміщень або інших методів розрахунку статично невизначених систем, застосовуваних у будівельній механіці. Нерозрізна система відрізняється меншою, ніж у розрізної, кількістю деформаційних швів і меншою будівельною висотою. Недолік такої системи — чутливість до ґрунтів.

Консольні балки та ті, в яких хоча б один кінець защемлений, мають обмежене застосування, головним чином, у перехідних і посадкових

площадках. Це пояснюється складністю конструктивно забезпечити закріплення опори балки від повороту.

Основні вимоги до мостів. Штучні споруди на дорогах повинні задовольняти експлуатаційним, економічним, екологічним, архітектурним і розрахунково конструктивним вимогам.

Експлуатаційні вимоги є основними і зводять до того, що споруда протягом заданого строку експлуатації забезпечувала безпеку руху.

Для цього споруди повинні:

- мати ширину проїжджої частини і тротуарів, яка відповідає інтенсивності руху транспортних засобів і пішоходів;
- мати ефективну систему водовідведення з проїзної частини, що забезпечує довговічність;
- забезпечувати вимоги судноплавства;
- забезпечувати безпечний пропуск паводкових вод і льодоходу;
- забезпечувати можливість догляду, ремонту і реконструкції.

Економічні вимоги зводяться до необхідності одержання такого конструктивного рішення, для якого при заданому строку його служби повна його вартість, до якої входить вартість будівництва, утримання, ремонту і можливої реконструкції, були б мінімальними.

Екологічні вимоги визначаються інтересами охорони навколишнього середовища: тут важливо виконання принципу найменшого до нього втручання.

Архітектурні вимоги – форма споруди повинна гармонувати з навколишньою місцевістю і міською забудовою.

Розрахунково конструктивні вимоги – споруда в цілому і її елементи повинні задовольняти вимогам міцності, жорсткості, стійкості і надійності протягом заданого строку експлуатації.

## 1.2 Моніторинг стану мостових споруд у найбільш розвинутих країнах світу

Сучасний підхід у розвинених країнах до створення систем керування мостами можна сформулювати трьома основними вимогами:

системи повинні визначати оптимальну стратегію експлуатації (обслуговування) та насамперед утримання мостів, аналізувати наслідки використання неоптимальних стратегій;

управлінський апарат (менеджери) повинен приймати рішення про раціональний розподіл бюджету (фонду) на підставі дослідження та прогнозування стану мостів при якомога частіше отриманні інформації;

системи повинні базуватись на об'єктивній базі даних, закладеній у комп'ютери останнього покоління з практично необмеженими можливостями.

Таким чином, загальна схема включає три найважливіші (найголовніші) параметри:

Збір інформації та її аналіз;

Визначення оптимальної стратегії;

Раціональний розподіл коштів.

Найбільш розвинуті країни світу (зокрема, члени ЄС) ще кілька десятиліть тому почали власні реформи мостового господарства – причому, саме з впровадження системи комплексного, багаторівневого моніторингу мостових споруд у режимі "реального часу".

Йдеться про високотехнологічний моніторинг міцності та стану базових конструкцій – на основі технологій штучного інтелекту, великих даних, доповненої реальності, супутникового спостереження тощо.

Це дозволяє розробляти прогностні моделі довговічності мостів з урахуванням всіх факторів зовнішнього впливу на мостові конструкції, а надто – альтернативні стратегії щодо приведення споруди до належного

якісного стану (ремонт, укріплення, реконструкція, повна заміна тощо). В таких країнах, як США, Великобританія, Німеччина та ін. роботи з управління станом мостових споруд – повністю автоматизовані.

США. Перша у світі система управління станом мостових споруд була створена в США у відповідь на велике руйнування моста в штаті Огайо, де загинуло 46 людей. При створенні системи були розроблені стандарти, в яких були прописані технічні умови для проведення інвентаризації всіх мостів на дорогах загального користування та умови інспектування (огляду). Періоди проведення інспектування повинні ув'язуватись із аналогічною періодичністю проведення поточних та капітальних ремонтів. Інформація передавалась Федеральному уряду для прийняття пріоритетів при фінансуванні. В 1980 році в США підхід до Системи управління мостами вже був принципово іншим. Система повинна не тільки фіксувати їх стан, але мати мету, яку ставить перед дорожньою галуззю держава. Так мета, що визначена в процесі реалізації Національною програмою на період з 1981 по 1986 роки була поставлена на основі наступних стратегій: «Розробити одну із форм ефективного управління мостовими спорудами на мережевому рівні (тобто групою мостів)», яка б дозволяла більш ефективно використовувати наявні ресурси. У своїй концепції Системи управління мостами спеціалісти мостової галузі США включили наступні параметри:

- якість інформаційного блоку;
- модуль аналізу історичних даних;
- модуль бази даних;
- модуль утримання і експлуатації;
- модуль вибору між великими роботами по утриманню, ремонту або утримання на мережевому рівні;
- модуль стикування рівнів;
- модуль звітування.

Фактично обов'язковим стає знання стану кожного моста та формалізація цього стану в базі даних і прогнозування зміни цього стану в

часі. При цьому не виключається можливість прогнозування на мережевому рівні, а для переходу до пооб'єктного планування маємо модуль стикування рівнів. Подальше удосконалення нової Системи управління мостами було відповіддю на необхідність в більш ефективному механізмі обґрунтування і прийняття управлінських рішень. Для виконання цього завдання було ініційовано ряд проектів з використанням комплексного програмного забезпечення. Перший проект завершився розробкою Системи управління мостами Pontis, другий проект – системою Bridgit. Вказані системи базуються на різних принципах. Проект системи Pontis використав підхід «знизу – доверху», а системи Bridgit BMS – «зверху – до низу». Вихідними даними для системи Pontis є різні програми за потребою на місцях, тобто отримати під підготовленні програми ресурси і розробити план реалізації. В системі Bridgit вихідним є бюджет, а метою – за допомогою нормативної бази знайти шляхи раціонального використання ресурсів. Більшого розповсюдження отримала система Pontis як більш гнучка, бо виходить із ситуації, що склалася. Розглядаючи мостову споруду, що складається із багатьох окремих елементів, що мають свій експлуатаційний стан, система Pontis фактично представляє об'єкт планування у вигляді Марківської моделі. В цій моделі приблизно 20% споруд кожні 5 років переходять в другий стан. Багаторічне використання цієї системи в США дозволило знайти аргументи на користь переважного вкладання коштів в утримання споруд. Програми робіт розміщуються в системі Pontis на основі аналізу різних сценаріїв (стратегій) експлуатації мостів.

Система моніторингу стану мостів в цій країні – повністю децентралізована. Попри це, для всіх штатів діє Національний стандарт інспекції мостів (NBIS). Всі дані про кожну мостову споруду (включаючи супутникові) надходять у Департамент інформації штату й заносяться до банку даних Системи управління мостами (BMS). Ця система, яка працює на основі штучного інтелекту, є джерелом інформації для будівельних

організацій, котрі отримують дані про обсяги як поточних, так і перспективних робіт з ремонту, реконструкції та утримання штучних споруд.

Важлива «деталь»: при вивченні даних про стан мостів, американські профільні агенції дійшли висновку: економічно більш вигідно спрямовувати кошти на моніторинг і технічне обслуговування мостів, якщо порівнювати із затратами на ремонтні роботи за браку належних заходів із експлуатації мостових споруд.

Починаючи з 2017 року в США працює смарт система моніторингу стану мостів, яка інтегровано до практично всіх інженерних та архітектурних споруд в країні. Пілотний проект було апробовано компанією «Figg Engineering Group» (розробником унікальної сенсорної системи) спільно з Міністерством транспорту штату Міннесота. Сьогодні кожен міст у США перетворено на об'єкт з інтелектуальною системою моніторингу, яка за допомогою сенсорів відстежує експлуатаційні навантаження на конструкції, рух і температуру всіх елементів, а надто – ступінь відхилення показників від заданих параметрів. Всі дані передаються онлайн в моніторингові центри Системи управління мостами, фахівці якої оперативно приймають рішення щодо початку ремонту, або реконструкції мостів тощо.

Великобританія. Ще в 1970 х роках уряд країни розпочав програму з ідентифікації вантажопідйомності більше, як 200 тисяч мостів – у зв'язку зі стрімкою інтенсифікацією транспортного трафіку і збільшенням маси автомобілів.

Щоб встановити черговість проведення мостових робіт, було використано метод, заснований на оцінці за 26 балами стану окремих елементів та конструкцій (опор, опорних частин, прольотних споруд, гідроізоляції, деформаційних швів і т. д.). Таким чином, кожний міст отримував власний «паспорт» і був внесений в загальнодержавний "лист черговості" щодо ремонту.

Сьогодні в Великобританії працює система безперервного моніторингу стану штучних споруд спеціальні датчики і маркери сигналізують



профільній держагенції в режимі реального часу про щонайменші відхилення і деформації мостових конструкцій.

За допомогою штучного інтелекту приймається рішення про формат ремонтних робіт, які виконуються невідкладно. Завдяки цим алгоритмам, кількість аварійних мостів в Великобританії сьогодні зведено до мінімуму.

Німеччина. Система управління мостовими спорудами Німеччини будується на чіткому розумінні мети, тобто формується цільова функція, під якою розуміють формальне викладення правил прийняття рішень, в склад яких обов'язково входить функція пріоритету, яка порівнюється із критерієм оптимізації. Прийнята ієрархія цілей управління включає головну і вищу мету. Вища мета «Збереження споживчих цінностей» має три основних підцілі, які відносяться до діяльності мостової адміністрації:

1. Контроль стану мостів;
2. Поточні заходи по утриманню;
3. Цілеспрямовані роботи по ремонтах.

Вирішальне значення має «контроль стану мостових споруд», так як результати обстеження і акти складені організацією, що займається експлуатацією, є єдиним джерелом для систематичної і періодичної оцінки його стану і є основою для пріоритетності заходів по утриманню. «Поточні заходи» визначають фактичні вимоги до утримання мостів:

в поточні заходи повинні включатись тільки роботи невеликого об'єму, тобто невеликі заходи по ремонту;

всі роботи по утриманню направлені на збереження цілісності споруди і його окремих конструктивних елементів;

впровадження заходів які перешкоджають розвитку пошкоджень вже на ранній стадії, що має велике значення для збереження споруди.

При визначенні терміновості заходів в Системі управління мостами Німеччини використовується бальна оцінка тих чи інших факторів, яка, не дивлячись на можливу вірогідність помилок, легко автоматизується любою організацією, що експлуатує споруду. Крім того, в Німеччині Система

управління мостами рекомендує для визначення показника пріоритетності ремонту мостів використовувати модель Крафта, яка включає чотири елемента оцінки міцності:

- оцінка зони пошкодження,
- тенденція до розвитку,
- вплив на інші конструктивні елементи,
- вплив вантажопідйомності транспорту.

Цей підхід максимально наблизив Систему управління мостами в Німеччині до найбільш передової системи в США і є найбільш оптимальним при збереженні споруд.

В цій країні на сьогодні створено систему постійного контролю за стабільністю мостових конструкцій. Моніторинг здійснюється за допомогою системи надчутливих датчиків, встановлених на несучі сталеві конструкції, чи арматуру залізобетонних елементів. Прилади точно фіксують зміну магнітного поля цих елементів, а відтак – щонайменші зміни в стані конструкцій.

Окрім цього, на німецьких мостах повсюдно використовуються спеціальні оглядові установки, зокрема, італійської фірми "Barin", або німецька «Moog MBI 80» – для безпечного контролю стану прольотних споруд і опор мостів.

Установки – мають високу маневреність, займають лише одну смугу руху, з їхньою допомогою можливо здійснити огляд підмостового простору (8 метрів по горизонталі і 7 м по вертикалі).

Франція. Французький підхід до Системи управління станом мостових споруд (метод OA MeGA) заснований на детальній інформації за допомогою бальної оцінки стану споруд і визначення пріоритетності теж по бальній системі та передбачає:

- вивчення об'єкта в процесі огляду їх кожного року та періодичній діагностиці;
- архівування даних;

- обробку інформації по догляду;
- фінансову оцінку стану об'єктів;
- планування бюджету;
- реалізація плану (бюджету) із забезпеченням якості робіт.

Головною особливістю метода ОА MeGA є його ув'язка економічного планування із об'єктивною оцінкою пріоритетності ремонтних робіт, в той же час метод передбачає використання оцінки пошкоджень на суб'єктивній основі, так як закони пошкоджень і їх динаміка поки що невідомі. В системі ОА MeGA використовується п'ять експлуатаційних станів. Бальна система в показнику пріоритетності ремонту моста визначає ранжируваний номер (показник JGG), який визначається в залежності від оцінки пошкоджень конструкцій.

В Канаді поряд із системою Pontis реалізується і система Bridgit. Таким чином в Канаді, Фінляндії (система SINA), а також в новій системі управління мостами RUBA MS, що розробляється в Швейцарії, за основу прийняті вже відпрацьовані системи Pontis і Bridgit. Американська СУМ може оцінювати втрати, що визвані деградацією будь яких мостів. Американська, Фінська, Шведська, Датська, Англійська передбачають розрахунки і аналіз різних стратегій експлуатації і ремонту мостів. Оптимізаційні розрахунки виконуються в Фінській, Угорській, Французькій і Датській системах, а системи США, Англії і Данії передбачають довгострокове планування.

Таблиця 1.1 – Стисла характеристика закордонних систем управління мостами

Параметри систем управління мостами	Країни системи								
	США		Фінляндія SINA	Канада OBMS	Великобританія NATS	Франція OA MeGa	Данія Danbro	Швеція Safebrow	Німеччина SIB Baueerwerke
	Pontis	Bridgit							
Зберігання даних паспорту мостів	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Вихідна інформація про стан споруди:									
дані обстежень	+	+		+	+				+
дані розрахунків	+		+	+	+	+		+	+
Оцінка стану мостів:									
експертна		+	+	+	+	+			
розрахункова					+				
Прогнозування стану:									
за експертними оцінками						+	+	+	+
за ймовірнісною оцінкою	+	+	+	+					
Розгляд різних стратегій обслуговування	+		+		+		+	+	
Оцінка втрат на транспорті	+	+						+	
Визначення пріоритетності обслуговування	+					+	+		+
Планування									
поточне	+	+	+	+	+	+	+	+	+
короткострокове	+	+	+	+				+	+
довгострокове	+						+		

### 1.3 Стан мостової інфраструктури в Україні

Останнім часом на автомобільних дорогах України суттєво зросли інтенсивність руху та вага транспортних засобів. Водночас зростає вік мостів, які в умовах обмеженого фінансування не мають належного утримання та відновлення їх експлуатаційних якостей. Гостро постає проблема забезпечення безаварійної роботи мостів. Тому дуже важливим є завдання отримання достовірної інформації щодо фактичного поточного стану мостів, виявлення серед них тих, які вимагають проведення невідкладних відновлювальних заходів та виконання цих робіт. Науково обґрунтоване визначення та прогнозування зміни в часі експлуатаційного стану мостів є актуальним. Згідно з чинними нормами України строк служби мостів має бути 70-100 років залежно від типу конструкцій. Середній вік мостів на дорогах загального користування зараз складає 53 роки. Враховуючи низький рівень утримання, це свідчить про те, що значна кількість мостів у процесі експлуатації мають дефекти.

За мости в Україні відповідають їхні балансоутримувачі, найбільшим з яких є «Укравтодор». У 2020 році держкомпанія відремонтувала 158 мостів з 100 запланованих:

- поточним і середнім ремонтом – 98;
- капітальним ремонтом – 43;
- нове будівництво і реконструкція – 17.

Станом на початок минулого року на балансі «Укравтодору» числилося 16 155 мостів, в тому числі на дорогах державного значення – 5845 споруд, на місцевих – 10 310. До цієї кількості не входять комунальні об'єкти.

За інформацією Мінрегіону, на кінець 2020 року в Україні експлуатувалося 12 097 мостів і шляхопроводів (12 064 у 2019 м), з них: автомобільних – 8936 (8886), пішохідних – 2391 (2395) і шляхопроводів – 770 (783). Загальна протяжність мостів і шляхопроводів на кінець минулого року становила 746,8 км.



Рисунок 1.14 – Мостова інфраструктура України в 2020 році.

Брак фінансування в останні роки зумовив виникнення таких проблем:

- майже повне припинення робіт з будівництва мостів;
- збільшення кількості об'єктів незавершеного будівництва;
- порушення міжремонтних нормативних термінів і неналежне експлуатаційне утримання мостів;
- зменшення кількості готової до реалізації проектної документації;
- низькі темпи паспортизації та обстеження мостів.

Проблема недостатнього фінансування поглиблюється збільшенням вагових навантажень від автотранспорту та інтенсивності його руху на параметри мостів, які на них не розраховані. У результаті строк служби мостів значно скорочується.

З усіх об'єктів «Укравтодору» досліджено лише 35% споруд (5631 од.). З них на дорогах державного значення вивчено стан 71% мостів і шляхопроводів, на місцевих – лише 15%. З досліджених мостів – 2% у

справному стані, 10,6% – в обмежено справному, 57,8% – працездатні, 26,9% – обмежено працездатні та 2,7% – непрацездатні.

Таблиця 1.2 – Кількість обстежених мостів та їхній стан

Стан	Дороги держзначення		Дороги місцевого значення		Разом	
	Од.	%	Од.	%	Од.	%
<b>Справний</b>	103	3	10	1	113	2
<b>Обмежено справний</b>	458	11	144	9	602	20.6
<b>Працездатний</b>	2379	58	873	57	3252	57.8
<b>Обмежено працездатний</b>	1028	25	484	31	1512	26.9
<b>Непрацездатний</b>	124	3	28	2	152	2.7
<b>Разом</b>	4092	100	1539	100	5631	100

За даними «Укравтодору», середній вік мостів становить 56 років, а 81% споруд побудовані до 1980 року й не піддавалися серйозним ремонтам з моменту спорудження. За останні п'ять років кількість аварійних мостів збільшилася вдвічі – до 152 од., з них на дорогах державного значення – 124 од.

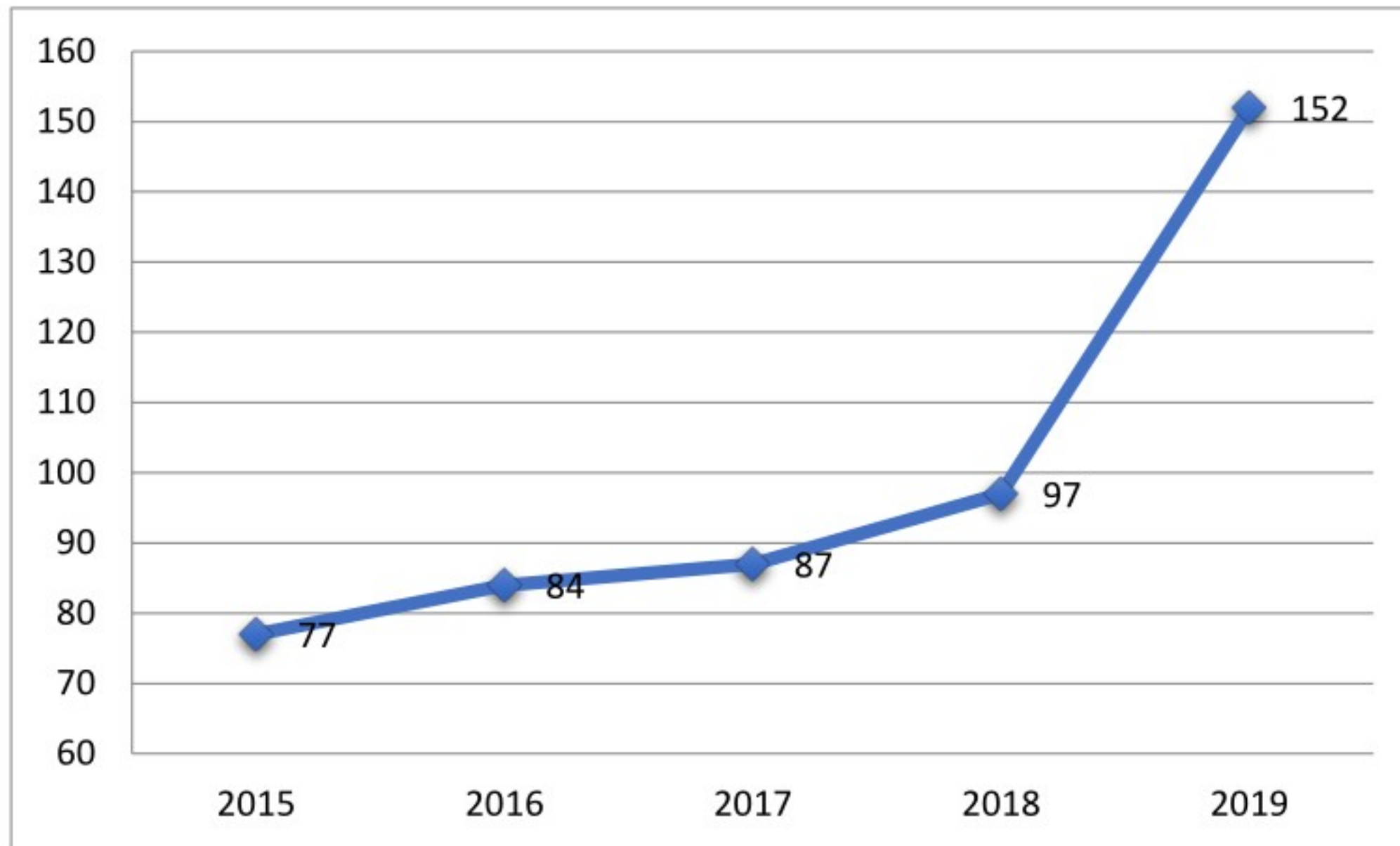


Рисунок 1.15 – Динаміка кількості непрацездатних мостів у 2015 – 2019 рр.

Починаючи з 1990 х кількість нових і реконструйованих мостів в Україні різко знизилася через брак фінансування. В результаті збільшення вагових навантажень і без проведення ремонтів стан бруківки інфраструктури стало різко погіршуватися. Тільки на Дніпрі «зависло» будівництво мостів в Києві і Запоріжжі.

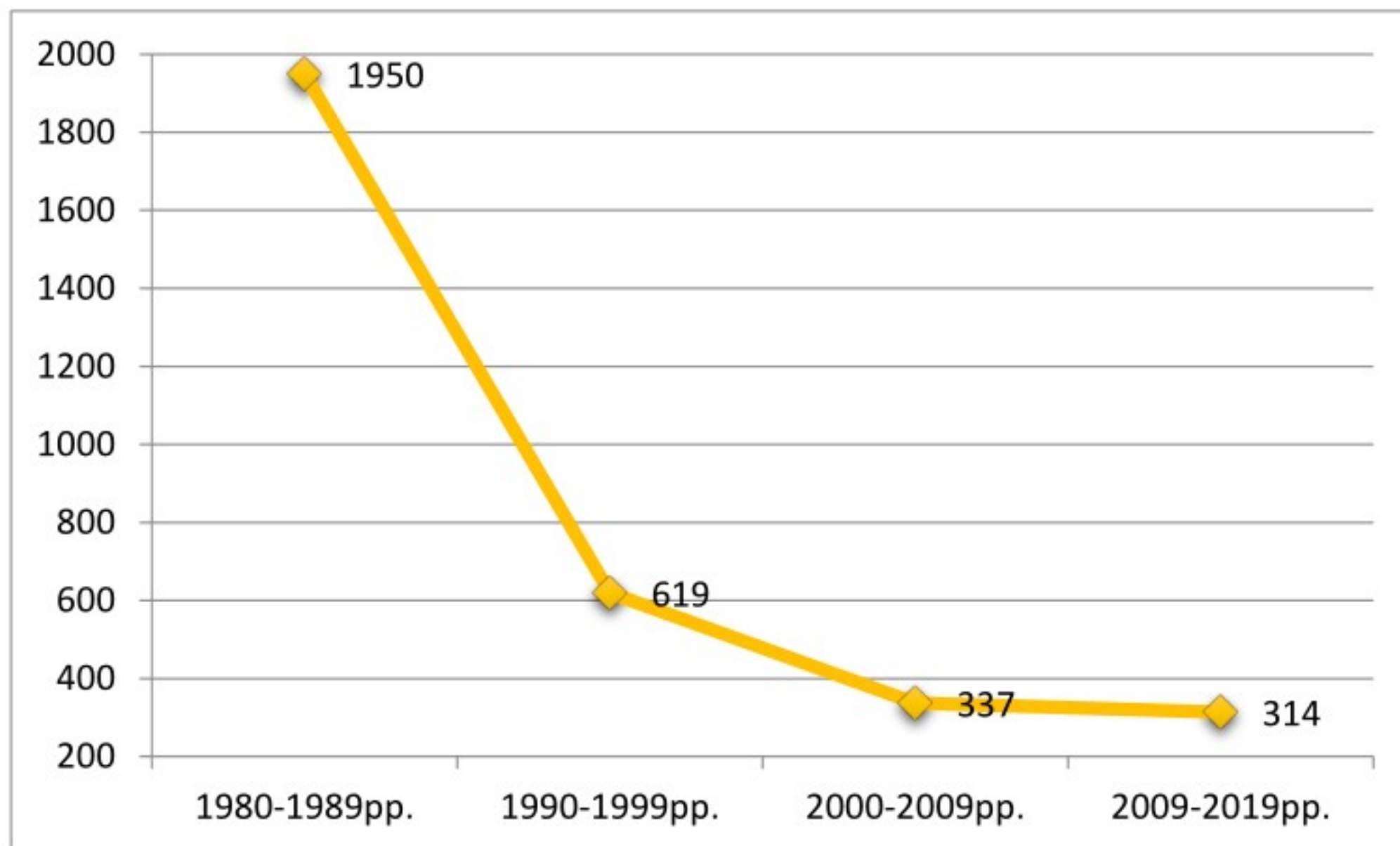


Рисунок 1.16 – Кількість побудованих та оновлених мостів в Україні за десятиліттями.



Головними мегапроєктами «Укравтодору» на 2021-2022 рр. є Запорізький і Кременчуцький мости через Дніпро, а також мости в Києві та Ямполі.

Запорізький міст. Запорізький міст являє собою два мости – вантовий (660 м) і балочний (340 м), – 27 штучних споруд і шість транспортних розв'язок загальною протяжністю 9 км. Тендер на це будівництво в лютому минулого року виграла турецька компанія Onur Taahhut. Кошторис проєкту – 11,9 млрд грн.

Активні роботи на споруді велися вже з другої половини 2020 року. До них залучили «Захарій» – найбільший плавкран у Європі. Рух балочним мостом відкрито в грудні 2020 року. На цей рік запланований запуск першого проїзду вантовим мостом. За умовами тендеру, міст має бути добудований до 31 грудня 2023 року. Будівництво йде з випередженням графіка.

Кременчуцький міст. Кременчуцький міст – 3 кілометровий вантовий міст через Дніпро. Об'єкт матиме 4 смуги руху: по дві в обидва боки. Тендер на будівництво моста в січні поточного року виграла турецька компанія Dogus Insaat Ve Ticaret, запропонувавши ціну в 11,25 млрд грн. Термін реалізації проєкту – три роки. Первинні роботи зі спорудження об'єкта почалися в травні. У вересні компанія Dogus початку монтаж бетонного заводу для будівництва моста.

Ямпільський міст. Цікаво, що Україна просуває свій «мосто PR» уже й на міжнародному рівні. За рахунок українського держбюджету планується побудувати міст через Дністер на кордоні з Молдовою в околицях міста Ямпіль. Довжина мостової переправи становитиме 1,3 км з пропускною спроможністю близько 5 тис. автомобілів на добу.

Загальна вартість проєкту, який реалізує компанія «Автострада», становить 3,4 млрд грн. Для будівництва моста буде потрібно 9 тис. т металоконструкцій та 16 тис. куб. м монолітного залізобетону. Первинні роботи на об'єкті вже почалися, їх повне завершення планується до кінця 2022 року.

Столичні переправи. Що стосується мостів довгобудів, то роботи в нашій країні ще багато:

- Подільсько Воскресенський міст у Києві;
- Дарницький залізнично автомобільний міст в Києві (недобудовані частина з'їздів та заїздів на лівому березі Дніпра).

Утім, і на цих об'єктах є істотні зрушення. Наприклад, на Подільсько Воскресенському переході тривають активні роботи з монтажу деформаційних швів і облаштування гідроізоляції, а також покриття проїзної частини прогонових споруд. Наступний етап – спорудження лінії метрополітену.

Також київська влада хоче взятися й за інші столичні мости через Дніпро. Ідеться про реконструкцію моста Патона зі збільшенням його пропускної здатності. Орієнтовно проєкт коштуватиме приблизно в 7 млрд грн і має бути завершений до 2025 року.

У 2004 році Державне підприємство «ДерждорНДІ імені М.П.Шульгіна» разом із Національним транспортним університетом розробив Аналітичну експертну систему управління мостами (далі АЕСУМ). Цей програмний комплекс є головним інструментом системи експлуатації мостів України на автомобільних дорогах загального користування. В ньому зберігаються інформаційні відомості (база даних) з обстеження стану мостів. Основне завдання програмного комплексу – це підтримка мостів у безпечному для експлуатації стані.

Програмний комплекс АЕСУМ перебуває у стані постійного розвитку та вдосконалення. На сьогодні функціонал програми спів розмірний з основними закордонними аналогами. База даних АЕСУМ містить близького 150 технічних параметрів стосовного кожного моста, в ній також зберігається детально інформація про окремі елементи мостів, таких як прогонові будови, опори, фундаменти.

Обстеження – важлива складова системи експлуатації мостів. Відомо, що витрати на обстеження окупаються за рахунок оптимізації витрат на проведення експлуатаційних заходів та вчасного їх виконання.

Однак, під час проведеного аналізу з'ясовано, що в Україні не витримується періодичність обстеження мостів, передбачена нормами, через недостатнє фінансування на цей вид робіт.

Для того, щоб не допустити аварійних ситуацій на мостах, а також для того, щоб приймати ефективні управлінські рішення щодо стратегії експлуатації мостів на мережі автомобільних доріг, необхідно мати дієві максимально наближені до достовірних, моделі прогнозування поточного стану мостів.

Представлено модель деградації моста, яка прийнята в Україні як нормативна та алгоритм адаптації її в програмний комплекс АЕСУМ з функцією визначати ймовірнісний прогнозований експлуатаційний стан мостів в автоматичному режимі. Це дає змогу навіть за умови невчасного виконання обстежень мати прогнозований стан у необхідний момент часу.

Для кожного елемента моста є можливість визначити залишковий ресурс з побудовою кривої деградації, що дає змогу спрогнозувати стан елементів споруди на певний період часу в майбутньому.

## **2 МЕТОДОЛОГІЯ ОБСТЕЖЕННЯ ТА ПАСПОРТИЗАЦІЇ МОСТОВИХ СПОРУД**

### **2.1 Аналіз причин виникнення аварій на мостових спорудах**

Мости складають незначну долю від загальної довжини шляхів сполучення, але їх стан значною мірою впливає на експлуатаційні якості доріг. Це обумовлене тим, що мости є концентраторами транспортних потоків. А забезпечити надійну та довговічну роботу мостів важче, ніж самих доріг, оскільки мости є складнішими інженерними спорудами та зазнають дії більш різноманітних навантажень та впливів. Крім сприйняття корисного навантаження та власної ваги прогонові будови зазнають динамічної дії тимчасового навантаження та вітру, поперечного тиску вітру, поздовжньої дії при гальмуванні або прискоренні транспортних засобів тощо. Опори, крім основних навантажень, зазнають тиску льоду, ударів плавматеріалу, навалу суден, а в сейсмічно небезпечних районах – дії землетрусів.

На жаль, аварії і руйнування будівельних конструкцій, будівель і споруд, в тому числі і транспортних споруд (і, зокрема, мостів), останнім часом стали звичайним явищем.

Аварія – це пошкодження, вихід із ладу, руйнування, що сталося з техногенних (конструктивних, виробничих, технологічних, експлуатаційних) або природних причин. Пошкодження – це дефект – відхилення від первісного рівня якості елементів та конструкцій споруди, що виник під час транспортування, монтажу, аварії та експлуатації.

Причини настання аварійних ситуацій мостових споруд можна зобразити у вигляді процентного співвідношення представленого на рисунку 2.1.

1) 29% аварій відбувається при будівництві або демонтажі елементів мостових конструкцій. Заходи ліквідації: розробка безпечних технологій по монтажу або демонтажу мостових конструкцій.

2) 27% аварій пов'язано з ростом швидкостей і інтенсивності руху транспортних потоків, що підвищило ймовірність ударів важкого транспорту о несучі елементи мостів, а також застосування більш легких конструкцій, особливо опор. Заходи ліквідації: висока дисципліна водіїв, пристрій потужних колесовідбивачами, хороша оглядовість на мосту, забезпечення максимальної рівності проїзної частини моста і ін.

3) 7% аварій пов'язано з перевантаженням прогонових будов мостів старої споруди через збільшення габаритів, ваги, швидкості та інтенсивності руху транспортних засобів. Заходи ліквідації: нагляд, своєчасний ремонт або реконструкція мостів.

4) 4% аварій пов'язані з пожежами на мостах. Однією з головних причин пожеж є збільшення перевезення горючих матеріалів транспортними засобами. Заходи ліквідації: протипожежні заходи.

5) 4% аварій пов'язані з дефектами основ і фундаментів, основною причиною яких є надмірні розмиви опор, які призводять до небезпечних загальних деформацій у вигляді крену, зсуву, осадки. Заходи ліквідації: нагляд, своєчасний ремонт або реконструкція.

6) 4% аварій відбуваються через руйнування зварних швів в зварних конструкціях прогонових будов старої споруди. Заходи ліквідації: нагляд і своєчасний ремонт або реконструкція.

7) 25% аварій пов'язані з природними катаклізмами, терактами, війнами.



Рисунок 2.1 – Гістограма причин аварій на мостах.

Спираючись на вище наведену гістограму можна сформулювати такі міркування щодо ймовірних програм розвитку в області обстеження і забезпечення підвищення безпеки мостових споруд:

- збір і систематизація інформації про аварії та руйнування транспортних споруд в нашій країні, встановлення і аналіз причин і наслідків руйнування транспортних споруд з оцінкою величини завданих збитків; побудова математичних моделей можливих сценаріїв настання аварійних ситуацій на транспортних спорудах;
- вивчення причин появи дефектів і пошкоджень споруд, їх систематизація з точки зору впливу на виникнення аварій;
- дослідження дійсної роботи несучих елементів споруд в залежності від умов їх експлуатації та режимів роботи з урахуванням спільної роботи з фундаментами, основами і підхідними насипами;
- дослідження зміни напружено деформованого стану в небезпечних зонах і вузлах споруди; при цьому слід враховувати можливу зміну напруженого стану внаслідок наявності дефектів і розвитку пошкоджень, впливу агресивних експлуатаційних середовищ, деструкції матеріалу, перерозподілу зусиль у статично невизначених системах;

- розробка методик і технологій діагностики і моніторингу споруд засобами неруйнівного контролю, розробка методик аналізу результатів діагностики міцності, ресурсу, оцінки ризику руйнування транспортних споруд; а також результатів моніторингу;
- розробка методик оцінки безпеки транспортних споруд, забезпечення захищеності транспортних споруд при зміні умов експлуатації, режимів навантаження, досягнутого рівня пошкодження;
- побудова розрахункових моделей деформування і руйнування конструкцій транспортних споруд з урахуванням впливу агресивних експлуатаційних середовищ, мінливих режимів навантаження з метою застосування їх для комп'ютерного аналізу поведінки транспортних споруд в часі в реальних умовах експлуатації до настання граничного стану і руйнування;
- розробка способів посилення та модернізації конструкцій з метою запобігання руйнування, розробка комп'ютерних моделей деформування і накопичення пошкоджень в конструкціях з посиленнями з метою порівняльного аналізу різних способів посилення;
- розробка інноваційних конструкцій споруд з використанням нових матеріалів, з метою забезпечення більшого опору руйнуванню або меншої тяжкості наслідків при руйнуванні;
- розробка розрахункових моделей можливих варіантів прогресуючого руйнування транспортних споруд з метою дослідження їх непроектного поведінки в різних ситуаціях;
- застосування інформаційних технологій: розробка банків даних по механічним характеристикам матеріалів, моделям впливу агресивних експлуатаційних середовищ, моделям навантаження, моделям деформування матеріалів і конструкцій, моделям настання граничних станів, сценаріїв руйнування, методам посилення, моделям поведінки посилених конструкцій споруд і так далі; розробка експертних систем для оцінки експлуатаційного

стану мостових споруд, прогнозування їх поведінки, оцінки надійності, безпеки, моделювання можливих сценаріїв руйнування і так далі.

Зниження аварійності мостових споруд може бути досягнуто підвищенням якості нормативної документації, проектних і будівельно-монтажних робіт, підвищенням якості утримання мостових споруд з урахуванням накопиченого досвіду проектування, будівництва та експлуатації, включаючи вивчення аварій які вже відбулися.

## **2.2 Обстеження та паспортизації мостових споруд**

Згідно постанови №407 Кабінету Міністрів України від 5.05.1997 р. всі об'єкти виробничого, громадського, складського та ін. призначення, інженерно-технічні споруди, а також інженерні мережі з метою забезпечення їх надійності, безпечної експлуатації та запобігання аваріям на них, підлягають проведенню робіт з паспортизації та технічного обстеження із залученням відповідних науково-дослідних і проектних організацій.

Обстеження процес отримання якісних та кількісних показників технічного стану моста або труби, елементів та конструкцій шляхом візуального огляду, інструментальних вимірювань в натурі та лабораторних досліджень. Обстеження є регламентною науково-технічною процедурою системи експлуатації транспортних споруд, метою якої є отримання геометричних, механічних та фізичних характеристик елементів і конструкцій, які вимагаються для технічної оцінки експлуатаційної придатності споруди.

Технічний стан споруди сукупність якісних та кількісних показників, що характеризують експлуатаційну придатність моста або труби та їх конструкцій виконувати проектні функції. [1]



Експлуатаційний стан споруди – технічний стан, що описується добіркою числових і неформальних лінгвістичних характеристик, які надаються у стандарті ДСТУ Н Б В.2.3 23:2012 Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. [2]

Паспортизація технічного стану будівлі (споруди) це обстеження, діагностика і оцінювання технічного стану об'єкта спеціалізованою організацією та визначення на цій основі категорії його технічного стану з подальшим складанням Паспорта технічного стану будівлі (споруди). Паспортизація будівель (споруд), як окремий вид роботи, дозволяється тільки після виконання обстежень на підставі аналізу отриманих при цьому даних.

Дефект відхилення якості, форми або фактичних розмірів елементів та конструкцій моста від вимог нормативної чи проектної документації, яке виникає при проектуванні, виготовленні та в результаті природного зносу конструкції. [1]

Багато мостів України експлуатується із пошкодженнями та дефектами. За даними натурних обстежень стану мостів, проведених різними організаціями, несучі конструкції мають такі основні дефекти: руйнування захисних покриттів і корозія металу сталевих мостів – 41 % обстежених мостів; сколювання, раковини і тріщини в бетоні – 65 %: корозія арматури – 40 %; карбонізація захисного шару бетону – 60 %.

Фактичний термін роботи залізобетонних конструкцій мостів – 25 30 років, після чого потрібні дорогі ремонтні роботи, що не відповідає потенціальним властивостям залізобетону як матеріалу. Основними причинами цього є корозія арматури і бетону. Конструкції мостів в основному схильні до крихкого руйнування, тобто до руйнування через розповсюдження дефектів типу тріщин. Процес руйнування в таких матеріалах не відбувається миттєво – від моменту утворення тріщини і до початку її критичного зростання минає певний час. Тому своєчасне виявлення таких дефектів є важливою задачею і разом з тим складною проблемою. Виявлення значної частини дефектів в мостах утруднено

внаслідок того, що металеві елементи покриті фарбами, в залізобетонних конструкціях арматура знаходиться в бетоні.

Обстеження мостів є однією із складових технічної експлуатації, якими забезпечується належний рівень надійності і довговічності.

Проблема забезпечення надійної та довговічної експлуатації мостів стає все актуальнішою. Це обумовлено такими факторами:

- зростає вік мостів;
- збільшується вага, інтенсивність руху та динамічні впливи на мостові конструкції;
- збільшується агресивність зовнішнього середовища.

Власник зобов'язаний провести планові обстеження споруд у строки, наведені в таблиці 2.1, якщо інші строки не встановлені попереднім актом обстеження, або рекомендаціями, які є результатом аварії на мосту, раптового руйнування визначального елемента споруди чи будь яких інших непередбачених подій, що суттєво погіршують технічний стан споруди.

Таблиця 2.1 Періодичність обстеження мостів

Міст	Вік моста, років				
	1-20	21-40	41-60	61-80	80, більше
	Періодичність обстеження, років				
Металевий, сталезалізобетонний	5	4	3	2	1
Залізобетонний	7	6	5	3	1

Обстеження моста проводиться згідно з програмою, розробленою виконавцем робіт і узгодженою з власником споруди. Програма робіт може коригуватися в процесі виконання обстеження, якщо цього вимагають отримані при обстеженні дані.

Дані, отримані в процесі обстеження, повинні відображати рівень деградації і тенденцію розвитку дефектів. Дані мають бути достатньо повні, щоб виконати класифікацію технічного стану споруди і оцінити вартість усунення дефектів.

Дефекти і пошкодження описуються в матеріалах обстежень із зазначенням можливих причин їх появи та прогнозу їх подальшого впливу на надійність та довговічність споруди. Найбільш небезпечні і характерні пошкодження і дефекти фотографуються.

Геодезична зйомка моста і його елементів проводиться для оцінки відповідності положення споруди в плані і профілі, зазначених у проектній, виконавчій або експлуатаційній технічній документації.

Визначення характеристик бетону рекомендується виконувати неруйнівними методами: склерометричним, ультразвуковим, радіоізотопним. [25]

Приймається, що елементи моста протягом життєвого циклу експлуатації знаходяться в одному з п'яти експлуатаційних станів, які наведено в таблиці 2.2 [3]

Таблиця 2.2 Класифікація експлуатаційних станів елементів

Експлуатаційний стан	Назва експлуатаційного стану	Узагальнена характеристика стану
Стан 1	Справний	Елемент відповідає всім вимогам проекту та чинних норм експлуатації
Стан 2	Обмежено справний	Елемент частково не відповідає вимогам проекту, проте не порушуються вимоги ані першої, ані другої груп граничних станів
Стан 3	Працездатний	Елемент частково не відповідає вимогам проекту, проте не порушуються вимоги першої групи граничних станів. Можливе часткове порушення вимог другої групи граничних станів, якщо це не обмежує нормального функціонування споруди

## Продовження таблиці 2.2

Стан 4	Обмежено працездатний	Можливе часткове порушення вимог першої групи граничних станів. Порушуються вимоги другої групи граничних станів. Споруда експлуатується в обмеженому режимі і вимагає спеціального контролю за станом її елементів
Стан 5	Непрацездатний	Елемент не відповідає вимогам першої групи граничних станів і з'ясовується неможливість їх задоволення, що свідчить про необхідність припинення експлуатації споруди
Примітка. Названі в таблиці граничні стани визначаються відповідно до ДБН В.1.2 14.		

Багатьма фахівцями доказано, що надійність, довговічність і технічний стан споруди, а також споживчі властивості залежать від правильності виконання видів робіт на всіх етапах життєвого циклу споруд. Тому управління цими показниками необхідно здійснювати послідовно на стадіях нормування, проектування, будівництва і експлуатації.

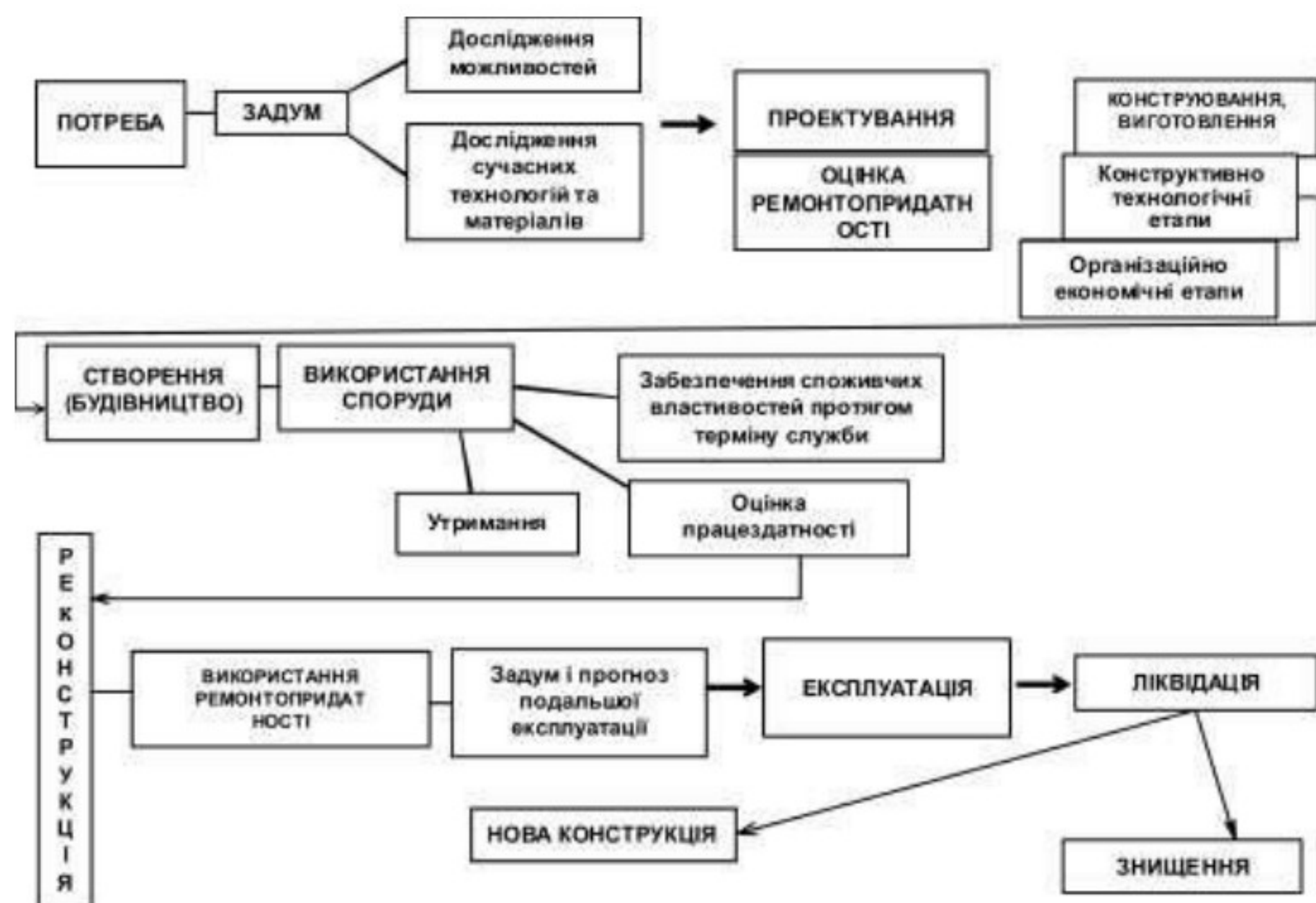


Рисунок 2.2 – Основні етапи життєвого циклу мостової споруди.

На стадії нормування задається рівень функціональних споживчих властивостей і інші обов'язкові вимоги. На стадіях проектування і будів

ництва заданий рівень реалізується при створенні конкретної споруди. На стадії експлуатації здійснюються необхідні заходи по постійній підтримці споживчих властивостей моста – це обстеження та паспортизація.

Залежно від кінцевої мети визначаються наступні види обстежень мостів:

1) Обстеження, що передують передачі в експлуатацію після закінчення будівництва нової споруди або після реконструкції існуючої. Метою такого обстеження є встановлення відповідності споруди проекту і вимогам чинних норм проектування і будівництва.

2) Планові обстеження мостів, що знаходяться в експлуатації (відповідно до таблиці 2.1). Планові обстеження складаються з попередніх і детальних обстежень.

Програмою попередніх обстежень передбачається:

ознайомлення з технічною документацією (проектною, виконавчою, експлуатаційною);

загальний огляд елементів моста, виявлення елементів із серйозними пошкодженнями;

складання виконавцем технічної програми на виконання робіт з обстеження.

До складу детальних обстежень входить:

обмірювання загальних розмірів конструкцій та їх перерізів, інструментальні вимірювання для визначення фізико механічних характеристик матеріалів;

геодезичні роботи;

огляд конструкцій із виявленням всіх дефектів та пошкоджень (зміщення в плані, осідання, крени, прогини тощо) з їх ескізуванням, фото та/або відеозйомкою;

визначення розмірів деформацій, ширини розкриття та глибини тріщин, перерізів арматури, товщини захисного шару бетону, відколів бетону, фактичного армування залізобетонних конструкцій:

визначення ступеня пошкодження арматури корозією, глибини та ступеня карбонізації бетону, концентрації хлоридів, електричного потенціалу;

виявлення розшарування металу поясних листів металевих балок;

виявлення розладу об'єднання залізобетонної плити зі сталевими балками в сталезалізобетонних мостах;

виявлення перекосу опорних частин;

оцінка провисання вузлів, розладу вузлів з'єднань, морозних руйнувань бетону, пошкодження водовідводу;

оцінка стану гідроізоляції, деформаційних швів, зрівняльних пристроїв, елементів мостового полотна, верхньої будови колії;

визначення ступеня розмиву русла та стану заплав;

оцінка стану дамб, укосів, траверс та конусів;

визначення місць накопичення бруду, води, снігу;

визначення умов та швидкості руху транспортних засобів на мосту та підходах тощо;

аналіз результатів у порівнянні з матеріалами попередніх обстежень та тривалих спостережень.

За результатами обстеження складається звіт з обстеження та паспорт на споруду (за його відсутності).

### 3) Спеціальні обстеження, які призначаються:

після дорожньо транспортної пригоди чи іншої техногенної аварії, що завдала шкоди елементам моста з ознаками загрозового руйнування визначального елемента споруди;

з ознаками загрозового руйнування елемента\елементів внаслідок стихійного лиха або інших непередбачених подій, що суттєво погіршують технічний стан споруди;

в усіх інших випадках, коли попередніх обстежень недостатньо для прийняття рішення про технічний стан моста.

Спеціальне обстеження призначають також для отримання даних, необхідних для складання технічного завдання на проект капітального ремонту або реконструкції.

Спеціальні обстеження містять всі роботи, передбачені плановими обстеженнями і додатково можуть включати:

тривалі високоточні геодезичні вимірювання деформацій, осідань, кренів;

інші роботи, які мають дослідницький характер;

натурні статичні та\або динамічні випробування.

4) Маршрутні обстеження, які виконуються з метою уточнення даних, що містять паспорти мостів (або складання паспортів у разі їх відсутності), чи для визначення можливості пропуску понаднормативних рухомих навантажень. Маршрутні обстеження передбачають роботи із збору даних, які дозволяють привести паспорт моста у відповідність з існуючим технічним станом, чи дані для визначення вантажопідйомності моста.

У польових документах при обстеженні повинні бути зазначені: дата проведення обстеження, назва споруди і елемента, що оглядається, дані про погоду на момент виконання робіт і можлива причина виникнення виявленого дефекту. Польові записи підписує особа, що виконувала обстеження.

Технічний стан мостів характеризується дефектами окремих конструкцій. Несуча здатність споруди напряму залежить від кількості і виду дефектів.

Можна виділити такі основні причини виникнення дефектів споруд (рис.2.3).



Рисунок 2.3 – Причини виявлення дефектів споруд.

Результатом проведення обстеження є:

схеми і відомості дефектів і пошкоджень з фіксацією їх місць і характеру;

опис, фотографії дефектних ділянок;

результати перевірки наявності характерних деформацій споруд або його елементів;

призначення контрольних перерізів і параметрів для моніторингу в процесі експлуатації (ширина розкриття тріщин, прогини і ін.);

уточнена конструктивна схема споруди;

уточнена схема місць розтинів, промірів, зондування, відбирання проб і т.д.;

оцінка впливу на роботу моста або труби споруд, розташованих в безпосередній близькості (водосховищ, гідротехнічних споруд, підпор великих водотоків і т.д.).



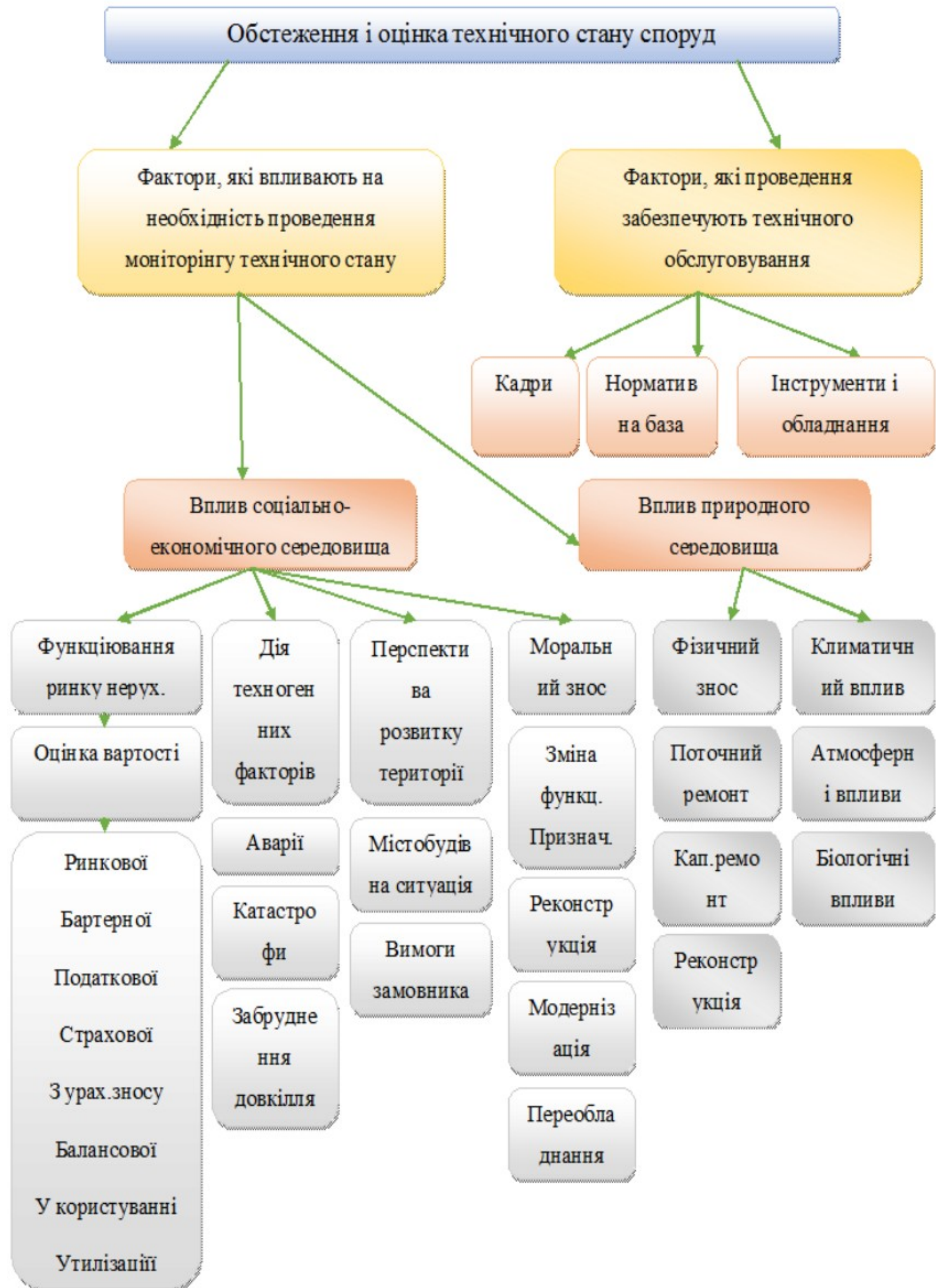


Рисунок 2.4 – Алгоритм обстеження і оцінки технічного стану споруд.

Ч. 2 ст.39 (2) Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» зобов'язує результати обстеження відображати в паспорті об'єкта будівництва, який складається в паперовій та електронній формі на об'єкт в цілому і передається протягом 10 днів з дати його складання замовнику.

Не допускається складання паспорта об'єкта на підставі проведення обстеження частин і окремих елементів.

Контролює дотримання порядку проведення обстеження органи держархбудконтролю. Невиконання обов'язкової паспортизації об'єкта тягне за собою відповідальність відповідно до законодавства.

Паспортизація може бути окремим видом робіт, результатом якого є складання або поновлення паспортів на споруди на визначеній умовами договору ділянці дороги. [1]

Технічна паспортизація в Україні проводиться в державних установах, підприємствах різного типу незалежно від форми власності. В процесі експлуатації під впливом агресивних факторів зовнішнього середовища, особливостей технологічних процесів відбувається зміна властивостей матеріалів і конструкцій, збільшується ризик порушення їх якості та нанесення шкоди навколишньому середовищу. Своєчасне виявлення й усунення дефектів і ушкоджень будівельних конструкцій є актуальною проблемою, тому що поява й розвиток тріщин свідчить про їхній незадовільний стан і може погіршити умови експлуатації споруди в цілому. Визначення причин появи й характеру розвитку тріщин дозволяє правильно вибрати методи їх усунення й забезпечити надійну роботу конструкцій.

Відомості і висновки, які отримані при періодичному обстеженні споруди спеціалізованою організацією, використовуються при заповненні Паспорта технічного стану будівлі споруди.

Паспорт є технічним документом власника споруди, в якому міститься зроблений на основі об'єктивних даних, що отримані спеціалізованою організацією у процесі виконання інструментальних обстежень, висновок, що періодично уточнюється, про придатність (або непридатність) будівель (споруд) в галузі зв'язку до подальшої експлуатації. Паспорт оформлюється власником будівлі (споруди) при прийнятті об'єкта в експлуатацію. Перший запис про технічний стан будівлі (споруди) заноситься в Паспорт власником будівлі (споруди) на основі Акта державної приймальної комісії про

прийняття в експлуатацію закінченого будівництвом об'єкта (Акт державної технічної комісії про готовність закінченого будівництвом об'єкта до експлуатації).

При виявленні споруд або їх конструктивних елементів у непридатному до нормальної експлуатації або аварійному стані (III та IV стани будівель (споруд) спеціалізована організація, що виконує обстеження, зобов'язана зробити відповідні записи в Паспорті із зазначенням термінів усунення дефектів та пошкоджень, а власник споруди повинен усунути їх у зазначені терміни.

За результатами паспортизації заповнюється електронна форма паспорта, яку за необхідності можна вивести на паперовий носій. Внесені в електронний паспорт дані можливо використовувати як вихідні для заповнення відповідної бази даних.

### **2.3 Прилади і інструменти, які застосовують при обстеженні**

В процесі обстеження будівельних конструкцій мостових споруд використовують спеціальні прилади та інструменти для отримання характеристик споруди, даних про поточний стан конструкцій. Перелік цих приладів може змінюватись залежно від конфігурації споруди, поставлених задач, геологічних умов. Основні прилади, які застосовують у більшості випадків наведені нижче.

1. Далекомір лазерний ручний. Зовні робота з далекоміром виглядає так: людина ставить прилад на рівну поверхню і вмикає. Прилад налаштовується та генерує лазерний промінь червоного кольору, спрямований у потрібну точку. Точка відображається на приймальному пристрої. Відстань від об'єкта до пристрою відразу відображається на дисплеї

далекоміра. Принцип роботи лазерного далекоміра наступний: прилад посилає імпульси, що відбиваються від мети. Потім вбудований мікропроцесор обчислює відстань виходячи з часу, яке минуло з відправлення імпульсу досі прийому його відбиття.

Переваги перед звичайною рулеткою:

- вимірювання може легко проводити одна людина;
- лазерним далекоміром можна виміряти і ті об'єкти, які неможливо виміряти звичайною рулеткою через перешкоди;
- лазерний далекомір вимірює швидше та з більшою точністю;
- оскільки лазерний промінь видимий, орієнтуючись на цю лінію, набагато зручніше проводити роботи: встановлювати вікна, підвіконня, вирівнювати підлоги, розвішувати картини тощо;
- лазерний далекомір може визначати як відстані, а й інші величини (площа, обсяг тощо. буд.).



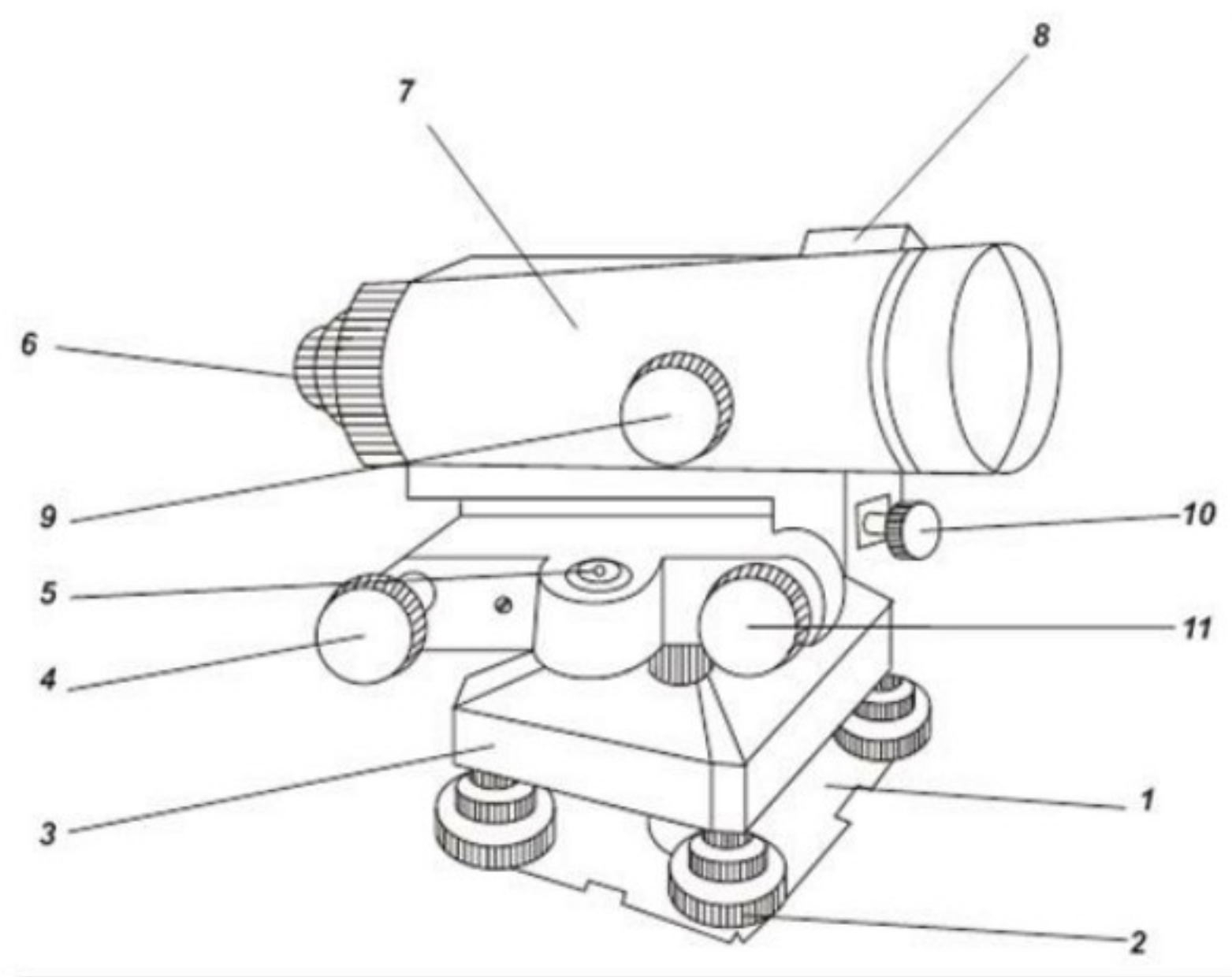
Рисунок 2.5 Далекомір лазерний ручний.

2. Рулетка вимірювальна металева. Рулетка для вимірювання складається з пластмасової чи металевої стрічки, на яких нанесені різні шкали завдовжки від 2 3 до 10 15 метрів. Ще стрічка має дуже цікаву увігнуту форму, яка додає жорсткості всієї конструкції. Стрічка або

вимірювальна лінійка одягнена в корпус з різних матеріалів, що підвищує її міцність, а на кінці розташований спеціальний гачок для фіксації тіла стрічки.

3. Цифрова фотокамера. Фотокамера призначена для фіксації реальної ситуації на споруді в проміжок часу, коли здійснюється обстеження. Після обробки отриманих даних, фотографії можуть бути представлені як доказ наявності дефектів та пошкоджень конструкцій та викладені у технічний звіт з обстеження споруди. Фотофіксація важлива при проведенні обстеження.

4. Нівелір та рейка нівелірна. Нівелір – геодезичний прилад для визначення перепадів висот між точками на земній поверхні та у відкритих і підземних гірничих виробках. Складається з штатива, зорової труби, пов'язаного з нею горизонтального рівня. Додаються також нівелірні рейки. За допомогою цих приладів можна визначити ухили моста і за результатами вимірювань скласти план нівелювання споруди. Це потрібно для того, щоб визначити чи правильно здійснюється водовідведення зі споруди, чи зберігається правильний за нормативними документами ухил мостового полотна.



1 – пружна пластина; 2 – підйомний гвинт; 3 – підставка; 4 – елеваційний гвинт; 5 – круглий рівень; 6 – кільце окуляра; 7 – зорова труба; 8

– циліндричний рівень; 9 – кремальєра; 10 – кріпильний гвинт; 11 – навідний гвинт;

Рисунок 2.6 – Конструкція нівеліру.

### 5. Електронний склерометр ОНІКС 2.5.

Вимірювач міцності ударно-імпульсний ОНІКС-2.5 (далі – прилад) призначений для визначення міцності цементних бетонів, розчинів і інших композиційних матеріалів методом ударного імпульсу по ДСТУ Б.В.2.7–220:2009 [25] при технологічному контролі виробів і конструкцій, обстеженні будівель і споруд, на будмайданчиках і гідротехнічних спорудах.

Прилад може застосовуватися для визначення міцності цегли, твердості, однорідності, щільності і пластичності різних композиційних матеріалів.

ОНІКС-2.5 – прилад з двопараметричним виміром міцності по ударному імпульсу і відскоку в діапазоні від 1 до 100 МПа.

Прилад призначений для роботи при температурі навколишнього середовища від мінус 10°C до +40°C і максимальної вологості 90% при температурі +25°C.

Прилад внесений до Держреєстру засобів вимірювань України під №30252–05.



Рисунок 2.7 Електронний склерометр ОНІКС 2.5.

Технічні характеристики:

- Діапазони вимірювання міцності, МПа від 1 до 100;
- Межі основної відносної похибки вимірювання міцності, %  $\pm 8,0$ ;
- Межі додаткової похибки вимірювання міцності при відхиленні робочої температури навколишнього середовища від меж нормальної області на кожні  $10^\circ \text{C}$  в межах робочого діапазону, не більше  $\pm 1,5$ ;
- Номінальне значення міцності робочої еквівалентної заходи, МПа, в межах  $24,5 \pm 2,5$ .

Принцип роботи приладу заснований на кореляції залежності параметрів ударного імпульсу від пружно-пластичних властивостей матеріалу, що контролюється.

Перетворення одержуваного електричного параметра в міцність або інший еквівалентний параметр проводиться за формулами:

$$V = U \cdot K_a \quad (2.1)$$

$$R = (a_2 \cdot V^2 + a_1 \cdot V + a_0) \cdot K_B \cdot K_c, \quad (2.2)$$

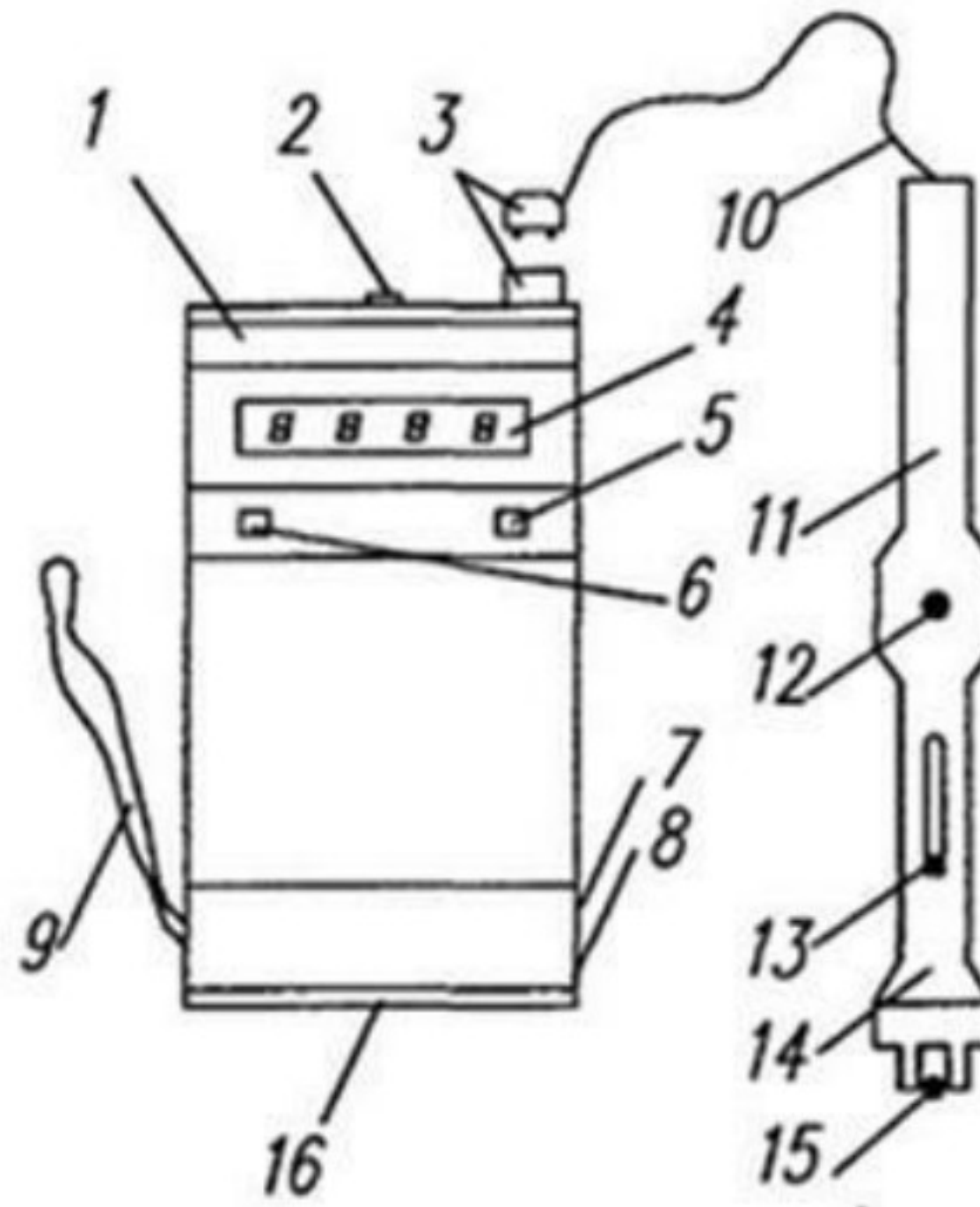
де  $V$  – умовна твердість матеріалу, МПа;  $U$  – еквівалент електричного параметра;  $R$  – міцність, МПа;

$K_a$  – коефіцієнт калібрування;

$K_B$  – коефіцієнт віку бетону (використовується тільки для бетонів);

$a_2, a_1, a_0$  – коефіцієнти градувальної характеристики матеріалу;

$K_c$  – коефіцієнт збігу, призначений для уточнення градувальної залежності за результатами випробувань методом відриву із сколюванням, випробувань кернів (ДСТУ Б.В.2.7–220:2009), а також враховує карбонізацію бетону та інші фактори.



1 – корпус вимірювача; 2 – вимикач живлення; 3 – роз'єм; 4 – індикатор; 5 – кнопка «калібрування»; 6 – кнопка «скидання»; 7 – потенціометр установки  $a_1$ ; 8 – потенціометр установки  $a_0$ ; 9 – ремінець; 10 гнучкий кабель; 11 – датчик склерометр; 12 – спускова кнопка; 13 – ручка взводу; 14 – опорне кільце; 15 – індентор; 16 – потенціометр зразка.

Рисунок 2.8 – Схема електронного склерометра ОНІКС 2.5.

Застосування неруйнівних методів контролю міцності бетону є вкрай затребуваним в практиці будівництва, оскільки дуже часто необхідно встановити клас бетону в конструкціях, для яких немає ніяких контрольних зразків. В такому випадку необхідно визначити міцність бетону у великій кількості конструкцій, для чого неруйнівний контроль набагато здешевлює обстеження – якщо порівнювати з суцільним випробуванням «напівруйнівним» методом відриву зі сколюванням або з вибурюванням циліндричних зразків із тіла конструкції.

І в той же час, процедура визначення міцності бетону неруйнівними методами є досить складною і відповідальною – при застосуванні спрощеної, неправильної процедури похибка визначення міцності може сягати 100%, і що є особливо небезпечним, може відхилятися у сторону завищення результату. Отже, існує великий ризик виникнення похибки, що пов'язана із



суб'єктивним фактором – наскільки ретельно дослідник проводить побудову градувальної залежності. Тому дуже важливим є виклик кваліфікованих спеціалістів, з великим досвідом застосування даних методів.

## 2.4 Аналіз результатів обстежень

Підсумковим, кінцевим результатом обстеження є оцінка технічного стану мостової споруди. Оцінка стану мостової споруди визначається шляхом всебічного аналізу даних, отриманих при обстеженні та випробуваннях, і дається за результатами комплексної оцінки показників її основних властивостей (довговічності і безпеки та ін.) з урахуванням результатів аналізу і класифікації наявних дефектів за категоріями.

Загальна оцінка стану мостової споруди (узагальнений показник стану споруди) використовується для визначення правильної стратегії ремонту, необхідної для забезпечення необхідного стану, а також для призначення режиму експлуатації споруди.

Необхідний стан споруди визначається комплексом нормованих значень основних показників, що характеризують здатність забезпечувати безпечну і тривалу роботу в заданих режимах під експлуатаційними навантаженнями, з дозволеними на даній ділянці дороги режимами руху.

Для правильної оцінки технічного стану мостової споруди всі наявні дефекти класифікуються. При масовому характері дефектів однотипні дефекти можуть об'єднуватися і класифікуватися групами.

При класифікації дефектів за категоріями слід оцінювати ступінь впливу дефекту на основні показники споруди, а також складність їх усунення, при цьому враховуються такі основні фактори:

розміри дефекту;

- кількість, масовість дефектів;
- час утворення дефекту;
- причина виникнення дефекту;
- вплив дефекту на пошкодження і розвиток інших дефектів в даному елементі або дефектів в інших елементах або конструкціях;
- швидкість розвитку дефекту;
- небезпека дефекту;
- зміна ступеня впливу дефекту на основні параметри споруди при подальшому розвитку дефекту;
- технічна можливість або економічна доцільність ремонту елемента або конструкції, до якої відноситься дефект;
- можливі методи усунення дефекту.

При виявленні легкоусувних небезпечних, критичних дефектів терміново вживаються всі необхідні заходи щодо виведення споруди з аварійного або предаварійного стану. Такі дефекти слід негайно усувати. Про наявність критичних дефектів Замовник повинен інформуватися негайно, після їх виявлення. Якщо легкоусувні критичні дефекти присутні в дефектній відомості в звітній документації про обстеження, то це може свідчити про недоліки утримання мостової споруди.

За результатами обстеження мостів і труб складаються і передаються замовнику такі документи:

- акт обстеження (за необхідності);
- технічний звіт;
- паспорт на споруду.

### 3 ТЕХНІЧНИЙ ЗВІТ З ОБСТЕЖЕННЯ СПОРУДИ

#### 3.1 Вихідні дані та загальні відомості про споруду

Мета обстеження:

- оцінка технічного стану будівельних конструкцій на об'єкті «Пішохідний міст через р. Верхня Хортиця вул. Героїв 37 го батальйону вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя»;
- видача рекомендацій щодо подальшої безпечної експлуатації існуючих будівельних конструкцій споруди.

В обсяги обстеження увійшли наступні конструктивні елементи споруди:

- мостове полотно;
- прогонові споруди;
- опори;
- підходи;
- укоси;
- русло.

Обстеження будівельних конструкцій виконувалося відповідно до вимог діючих нормативних документів.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані

Адреса об'єкта що обстежують	р. Верхня Хортиця, між вулицями Героїв 37 го батальйону й вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя
За призначенням	Пішохідний

Продовження таблиці 3.1

Клас наслідків споруди (відповідно до табл. 1 [26])	СС1
Нормативне навантаження	0,4т/м <sup>2</sup>
Схема, м	12,4
Довжина, м	12,4
Ширина, м	1,5
Підмостовий габарит, м	1,9
Вид матеріалу	Прокатна сталь

Характеристика майданчика розміщення об'єкта обстеження. Споруда розташована в Дніпровському районі міста Запоріжжя. Природно-кліматична характеристика майданчика розташування мосту, відноситься до II кліматичного району, й характеризується наступними умовами:

- температура найбільш холодної п'ятиденки, з забезпеченням 0,92 – мінус 21°C;
- абсолютна максимальна температура зовнішнього повітря – плюс 41°C;
- абсолютна мінімальна температура зовнішнього повітря – мінус 42°C;
- відносна вологість повітря у липні менше 65% в січні;

Згідно ДБН В.1.2 2:2006 «Навантаження і впливи»[11]:

- нормативне значення вітрового тиску для III району 0,5 кПА;
- нормативне значення снігового покриву для III району 1,2 кПА;
- глибина сезонного промерзання 0,9 м;
- сейсмічність району не вище до 6 балів.

Загальні відомості про конструктивні рішення. Споруда пішохідного мосту знаходиться в Дніпровському районі міста Запоріжжя, перетинає річку Верхня Хортиця, між вулицями Героїв 37 го батальйону й вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя.

Споруда розрахована на пропуск пішохідних потоків над річкою Верхня Хортиця.

Конструктивно міст вирішено по балковій нерозрізній схемі однопрогоновим, з обпиранням прогонових конструкції на з/б плити та з/б блоки опор. Повна довжина мосту по зовнішнім граням прогонової споруди становить 12,4 м. Ширина споруди по верху прогонної споруди – 1,5 м.

У плані міст розташований перпендикулярно до русла річки Верхня Хортиця. Споруда має горизонтальний поздовжній профіль.

Рух пішоходів здійснюється по одній смузі.

Покриття мосту — сталевий просічно витяжний лист.

Організований водовідвід з поверхні не запроєктовано. Водовідведення з поверхні відбувається за рахунок отворів у просічно витяжному листі покриття.

Штучне освітлення споруди відсутнє.

На момент обстеження споруд експлуатується. Функціональне призначення відповідає проекту.

Загальний вигляд мосту, наведено на рисунку 3.1, ситуаційний план наведено на рисунку 3.2, генплан наведено на рисунку 3.3.



Рисунок 3.1 Загальний вигляд пішохідного мосту через р. Верхня Хортиця, між вулицями Героїв 37 го батальйону й вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя.

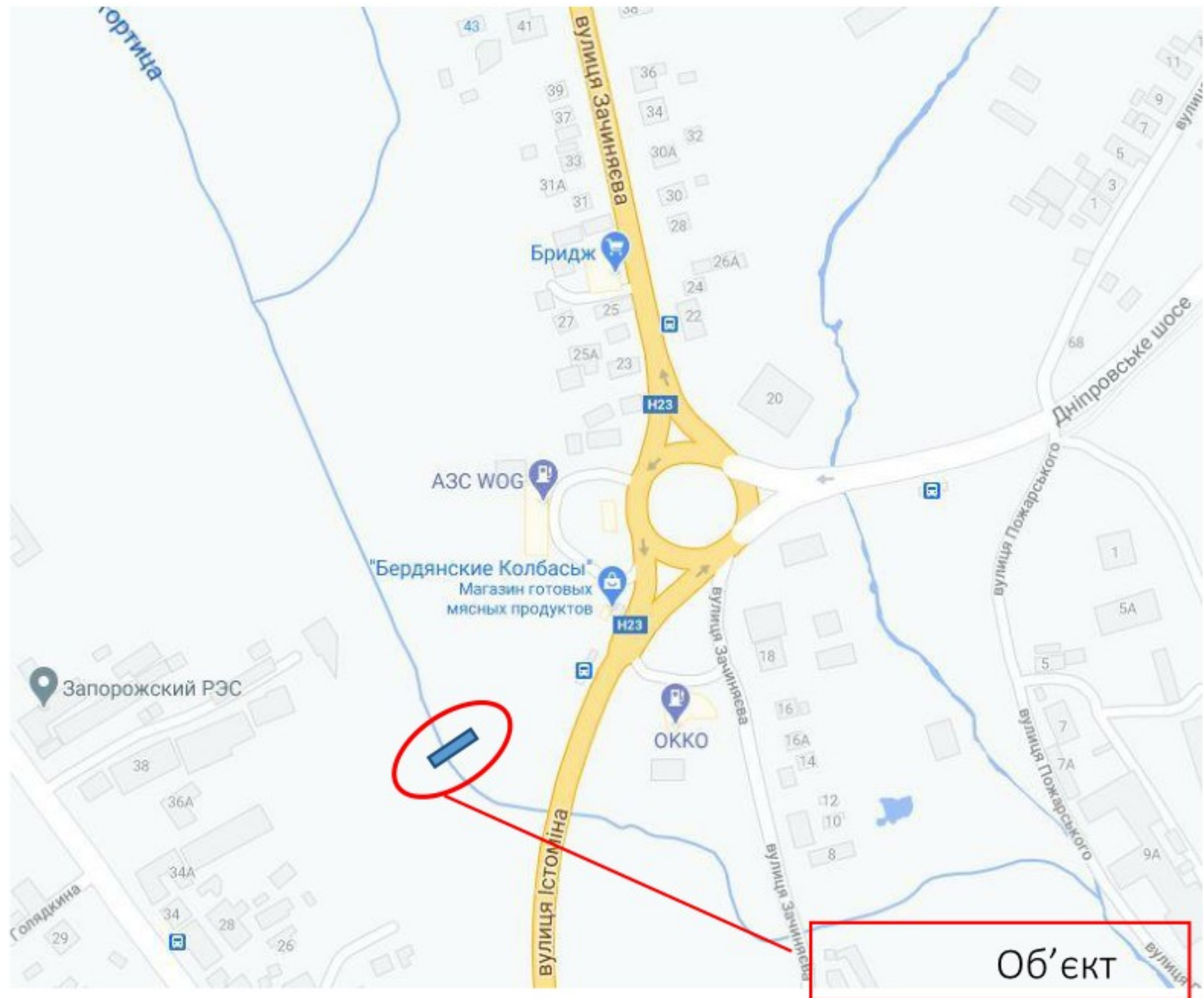


Рисунок 3.2 Ситуаційний план пішохідного мосту через р. Верхня Хортиця, між вулицями Героїв 37 го батальйону й вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя.



Рисунок 3.3 Генеральний план пішохідного мосту через р. Верхня Хортиця, між вулицями Героїв 37 го батальйону й вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя.

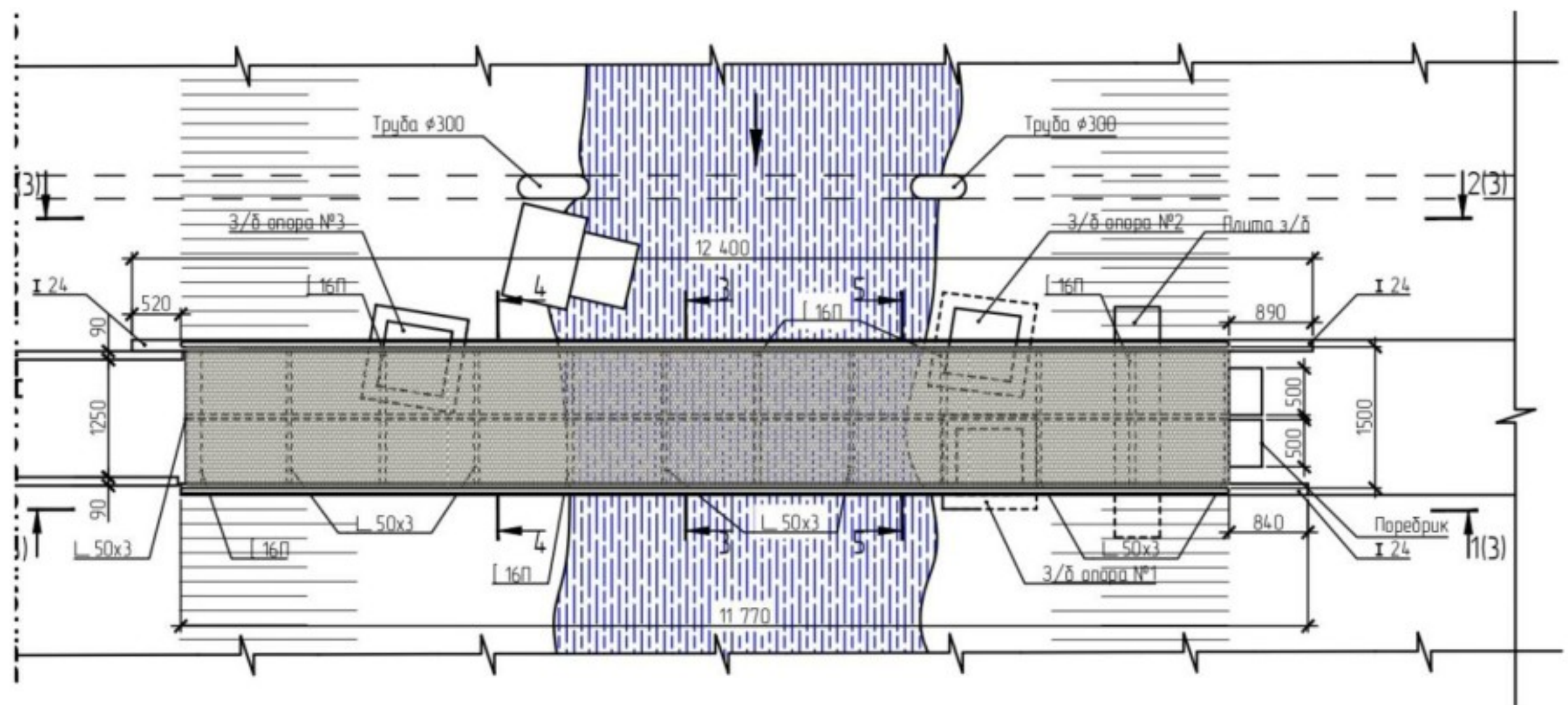


Рисунок 3.4 – План мостової споруди від зверху.

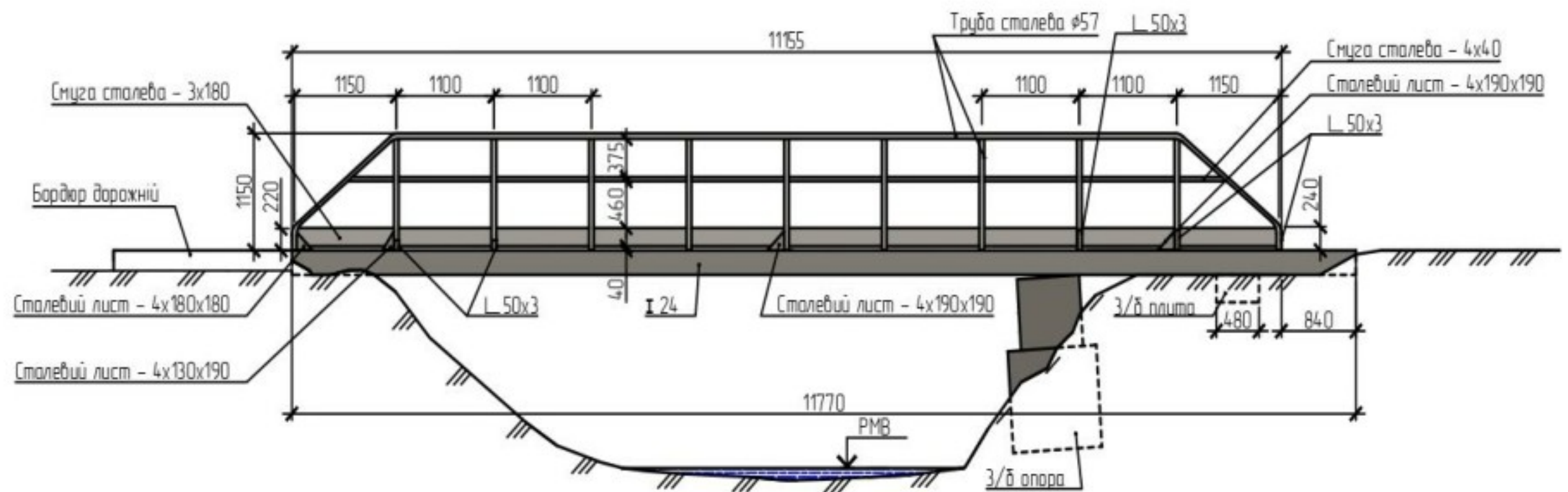


Рисунок 3.5 – План мостової споруди від збоку переріз 1 1.

Таблиця 3.2 Загальні відомості

1	Вид споруди	Пішохідний міст
2	Перешкода, що пересікається	Річка Верхня Хортиця
3	Найближчий населений пункт	м. Запоріжжя
4	відстань до нього Характеристика перешкоди: глибина; швидкість течії; напрямок течії (за ходом кілометражу); категорія автомобільної дороги; кількість колій залізниці	0,1 м 0,005 м/с Півн.Схід Півд.Захід

## Продовження таблиці 3.2

5	Підмостовий габарит:	1,9 м
6	Проектне навантаження	0,4т/м <sup>2</sup>
7	Довжина споруди, м:	12,4 м
8	Отвір моста, м	6,055 м
9	Габарит по висоті:	Не обмежений
10	Габарит по ширині: тротуар ліворуч за ходом кілометражу; тротуар праворуч за ходом кілометражу;	1,500 м
11	Поздовжня схема:	12,4 м
12	Ухили проїзної частини, ‰: поздовжній; поперечний	– 25,48 – 27,18 – 4,0 – 38,4
13	Покриття проїзної частини: перед спорудою; на споруді; за спорудою	асфальтобетон;  асфальтобетон
14	Тип водовідводу з проїзної частини: перед спорудою; на споруді; за спорудою	відсутній; за рахунок просічно витяжного листа покриття мосту; відсутній
15	Тип огорожі та її висота: на споруді; на підходах до споруди;	перильна огорожа 1,15 м відсутня



## Продовження таблиці 3.2

16	Тротуари на споруді (конструкція): ліворуч за ходом кілометражу;  праворуч за ходом кілометражу;  перильна огорожа (тип, висота)	сталевий витяжний лист;  сталевий витяжний лист;  металева, висотою 1,15 м.	просічно  просічно
17	Висота насипу, м: перед спорудою; за спорудою	насип відсутній; насип відсутній	
18	Тип регуляційних споруд: ліворуч з верхового боку; праворуч з верхового боку; ліворуч з низового боку; праворуч з низового боку	Регуляційні відсутні	споруди

Таблиця 3.3 Прогонові будови

Ч.ч.	Прогонова будова №1	
1	Статична схема тип конструкції	Балочна нерозрізна схема мосту, підсиленого фермою
2	Матеріал	сталь
3	Поздовжня схема	12,4 м
4	Номери прогонів, які перекриті прогоновими будовами такого типу	1
5	Тип опорних частин: рухомих; нерухомих	немає; плоскі

## Продовження таблиці 3.3

6	Спосіб поперечного об'єднання конструкції	Поперечні балки,
7	Поперечна схема, м	1,50
8	Товщина плити проїзної частини, мм (від до)	4 5 (просічно витяжний лист)
9	Кількість головних балок	2 шт.
10	Висота головних балок, м: у прогоні; на опорі	0,240 0,240
11	Кількість поперечних балок (діафрагм) у прогоні	6 шт.

Таблиця 3.4 Опори

Ч.ч	Опори №1,2	Устої
1	Тип конструкції опори та фундаменту	З/б плита 2400x480x270мм , З/б фундаментна опора з петлями й закладними деталями
2	Матеріал	З/бетон
3	Висота опори, м	0,27 м; 1,7 м
4	Схема опори, м	1,50

Програма і методи обстеження. Класифікація технічного стану споруди визначена у відповідності до ДСТУ Н Б В.2.3. 23:2012

Програмою обстеження передбачено виконання наступних робіт:

1. Загальне обстеження споруди, умов експлуатації.
2. Виконання обмірюваних робіт і складання креслень, які необхідні для проведення робіт з обстеження споруди.
3. Зовнішній огляд і виявлення пошкоджень, дефектів, геометричних характеристик конструкцій, а також відповідність вузлів сполучення вимогам норм проектування. Фотографування та виконання

необхідних ескізів пошкоджень, дефектів, а також інших невідповідностей вимогам будівельних норм за результатами зовнішнього огляду.

4. Вивчення результатів зовнішнього огляду та інструментального вимірювання.

5. Оцінювання технічного стану моста в цілому для рангування споруди за потребою експлуатаційних заходів.

Класифікація технічного стану споруди визначена у відповідності до ДСТУ Н Б В.2.3. 23:2012:

Експлуатаційний стан 1 – справний: елемент відповідає всім вимогам проекту та чинних норм експлуатації.

Експлуатаційний стан 2 – обмежено справний: елемент частково не відповідає вимогам проекту, проте не порушуються вимоги ані першої, ані другої груп граничних станів

Експлуатаційний стан 3 – працездатний: елемент частково не відповідає вимогам проекту, проте не порушуються вимоги першої групи граничних станів. Можливе часткове порушення вимог другої групи граничних станів, якщо це не обмежує нормального функціонування споруди.

Експлуатаційний стан 4 – обмежено працездатний: можливе часткове порушення вимог першої групи граничних станів. Порушуються вимоги другої групи граничних станів. Споруда експлуатується в обмеженому режимі і вимагає спеціального контролю за станом її елементів.

Експлуатаційний стан 5 – непрацездатний: елемент не відповідає вимогам першої групи граничних станів і з'ясовується неможливість їх задоволення, що свідчать про необхідність припинення експлуатації споруди.

В процесі обстеження будівельних конструкцій були використані наступні прилади та інструменти:

1. Далекомір лазерний ручний Leica Disto D2, зав. номер №204087, діапазон вимірювань (0,05 – 150,0)м, похибка  $\Delta=\pm 1,5$  мм.

2. Рулетка вимірювальна металева Р10УЗК, зав. номер №2109, діапазон вимірювань 0÷10000 мм, ціна поділки 1мм, 3 кл.,.
3. Цифрова фотокамера.
4. Рейка нівелірна РН-3, .
5. Нівелір НИ-3П, №0057.
6. Ударно-імпульсний вимірювач для контролю міцності бетону “Онiкс –2.5”

### 3.2 Оцінка технічного стану споруди

За результатами обстеження технічного стану споруди через р. Верхня Хортиця, між вулицями Героїв 37 го батальйону й вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя, складена відомість дефектів, в якій наведені основні дефекти та пошкодження, заходи по їх усуненню.

Таблиця 3.5 – Відомість дефектів.

№ п/п	Найменування дефектів та пошкоджень	Маркування відповідно до карти дефектів (рисунок 3.15 3.17)	Заходи щодо їх усунення
1. Мостове полотно			
1.	Деформація, недостатня жорсткість листа покриття мосту (Рисунок 3.6)	Д5	Замінити листи покриття мосту.

## Продовження таблиці 3.5

2.	Перильна огорожа мостової споруди не відповідає нормативним вимогам. (Рисунок 3.7)	Д8	Виконати огорожу згідно з ДСТУ Б В.2.3 11 2004.
3.	Відсутність освітлення на всій території споруди (Рисунок 3.6)	Д7	Встановити опору освітлення
4.	Корозія поверхні металевих конструкцій мосту (Рисунок 3.9)	Д2	Очистити елементи від продуктів корозії. Покрити захисною антикорозійною сумішшю й пофарбувати.
2. Прогонові будови			
5.	Проростання дерев та чагарників в безпосередній близькості до прогонових будов (Рисунок 3.10)	Д1	Провести вирубку зелених насаджень, що знаходяться на відстані менше ніж 3,0 метри від конструктивних елементів споруди.
6.	Корозія поверхні металевих конструкцій мосту (Рисунок 3.9)	Д2	Очистити елементи від продуктів корозії. Покрити захисною антикорозійною сумішшю й пофарбувати.

## Продовження таблиці 3.5

3. Опори			
7.	Розмив та зсув фундаментних блоків при підвищенні рівня річної води (Рисунок 3.11)	Д6	Встановлення фундаментних блоків в проектне положення, укріплення основи фундаментів
4. Фундаменти			
Ушкоджень споруди викликаних незадовільним станом фундаментом в ході обстеження було не виявлено.			
5. Підходи			
8.	Відсутність освітлення на всій території споруди (Рисунок 3.8)	Д5	Встановити опору освітлення
9.	Розмиття ґрунту підходів до мосту за відсутністю організованого водовідведення та належного покриття підходів до мосту (Рисунок 3.12)	Д9	Виконати організоване водовідведення на підходах до мосту
10.	Відсутність пандусу, належного підходу до мосту (Рисунок 3.13)	Д3	Встановити пандус на підході до мосту

## Продовження таблиці 3.5

6. Русло			
11.	Замулення, проростання рослинності, засмічення русла річки (Рисунок 3.14)	Д4	Розчистити русло від рослинності та сміття



Рисунок 3.6 Деформація, недостатня жорсткість листа покриття мосту



Рисунок 3.7 Перильна огорожа мостової споруди не відповідає нормативним вимогам



Рисунок 3.8 Відсутність освітлення по всій території споруди





Рисунок 3.9 Корозія поверхні металевих конструкцій мосту



Рисунок 3.10 Проростання дерев та чагарників в безпосередній близькості до прогонових будов



Рисунок 3.11 Розмив та зсув фундаментних блоків при підвищенні рівня річної води.



Рисунок 3.12 Розмиття ґрунту підходів до мосту за відсутністю організованого водовідведення та належного покриття підходів до мосту.



Рисунок 3.13 Відсутність пандусу, належного підходу до мосту.



Рисунок 3.14 Замулення, проростання рослинності, засмічення русла річки.

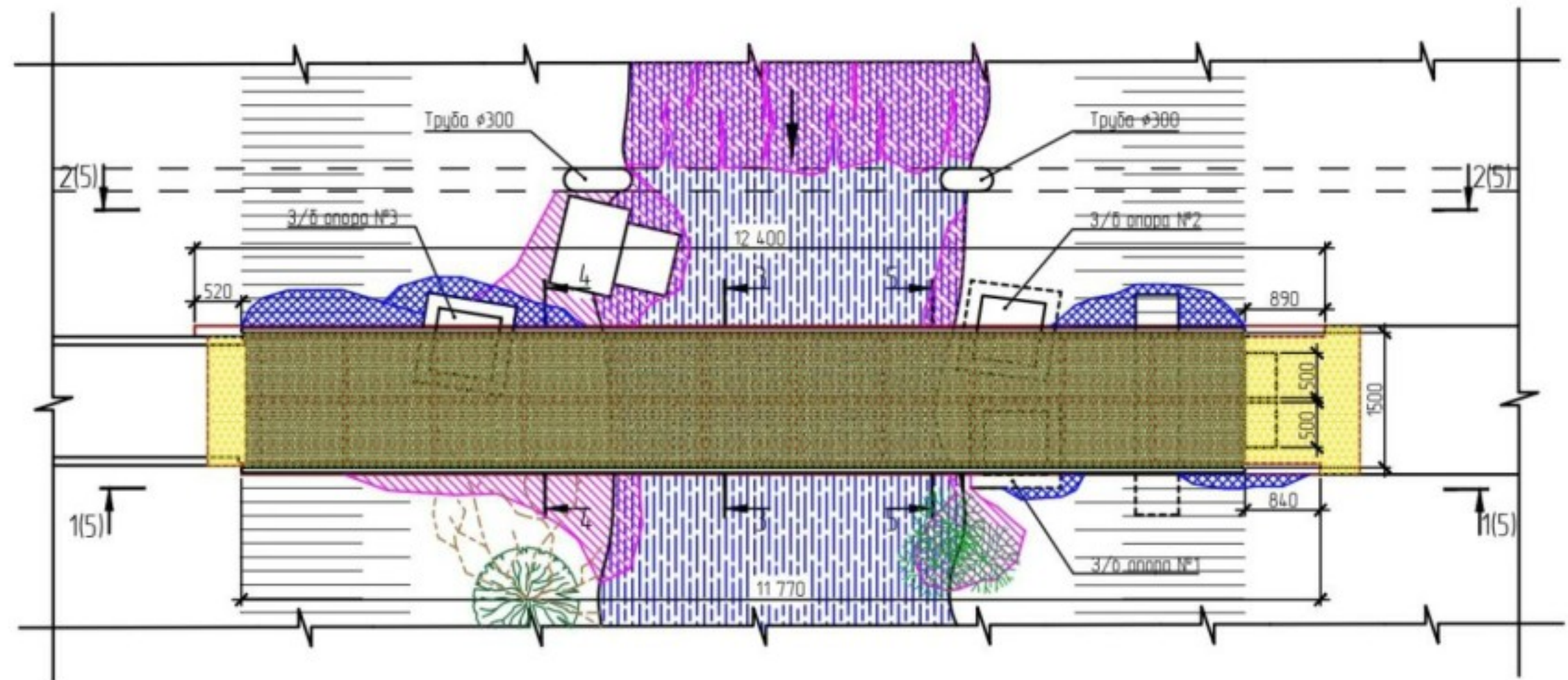


Рисунок 3.15 – Схема дефектів та пошкоджень мостової споруди план зверху.

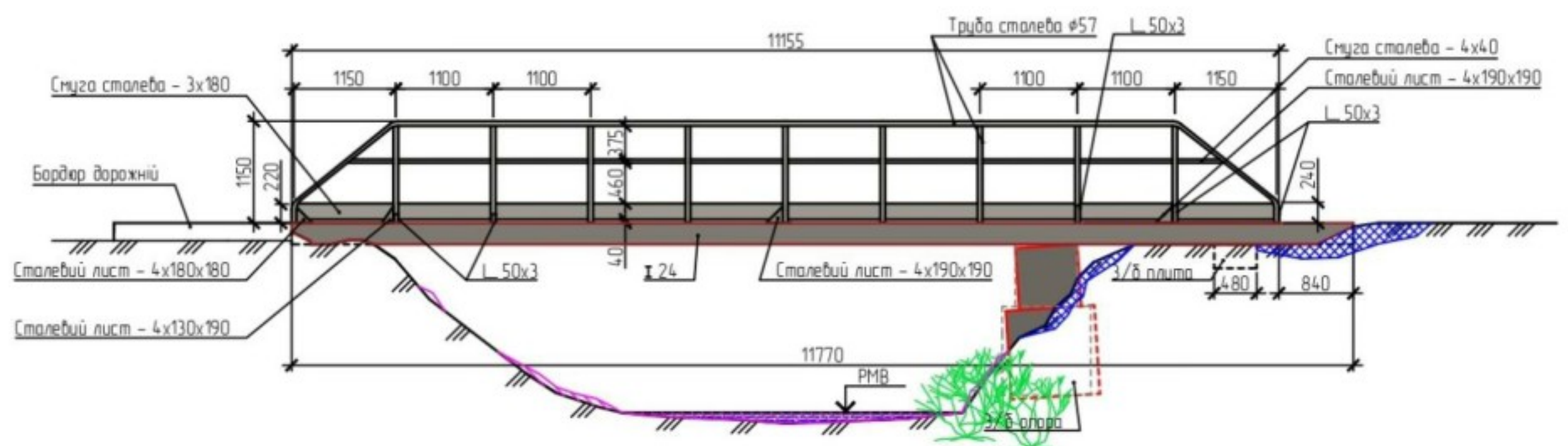


Рисунок 3.16 – Схема дефектів та пошкоджень мостової споруди вид збоку – переріз 1 1.


- Д1 -  Проростання дерев та чагарників в безпосередній близькості до прогонових будов
- Д2 -  Корозія поверхні металевих конструкцій мосту
- Д3 -  Відсутній підхід (пандус) до покриття мосту
- Д4 -  Замулювання, проростання рослинності, засмічення русла річки
- Д5 -  Деформація, не достатня жорсткість листа покриття мосту
- Д6 -  Розмив та зсув фундаментних блоків при підвищенні рівня річної води
- Д7 - Відсутність освітлення на всій території споруди
- Д8 - Перильна огорожа не відповідає нормативним вимогам
- Д9 -  Розмиття ґрунту підходів до мосту за відсутності організованого водовідведення та належного покриття підходів до мосту

Рисунок 3.17 – Умовні позначення дефектів та пошкоджень споруди.

Визначення міцності бетону проводилось для визначення стану основних бетонних конструктивних елементів. В ході обстеження було досліджено залізобетонні підпірні стіни. Вимірювання проводилися приладом “Онiкс –2.5” – ударно–iмпульсним вимірювачем для контролю міцності бетону.

ОНІКС 2.51 має двопараметричний метод визначення міцності (удар + відскік) і повний набір сервісних функцій. Прилад ОНІКС 2.51 призначений для оперативного контролю міцності бетону при технологічному контролі, обстеженні будівель і споруд, а також для контролю міцності цегли, легких бетонів, композиційних матеріалів, розчинних швів, штукатурки тощо.

Технічні характеристики приладу:

- Основні технічні характеристики
  - Діапазони вимірювання міцності, МПа від 1 до 100;
- Межі основної відносної похибки вимірювання міцності, %  $\pm 8,0$ ;
- Межі додаткової похибки вимірювання міцності при відхиленні робочої температури навколишнього середовища від меж нормальної області на кожні  $10^\circ \text{C}$  в межах робочого діапазону, не більше  $\pm 1,5$ ;
- Номінальне значення міцності робочої еквівалентної заходи, МПа, в межах  $24,5 \pm 2,5$

Сталевий пішохідний міст через р. Верхня Хортиця по вул. Героїв 37 го батальйону – вул. Зачиняєва спирається на збірні залізобетонні опори, що знаходяться на правому та лівому берегах річки. Міцність бетону на стиск опор сталевого пішохідного мосту на об'єкті визначалася неруйнівним методом згідно [25].

В результаті механічних вимірювань неруйнівним методом визначаються поодинокі величини iмпульсу відскоку ударного механізму від досліджуваної поверхні, при цьому поверхня досліджуваних конструкцій повинна бути найбільш наближена до плоскої. Для цього місця вимірювань міцності вибирали рівними, ретельно зачищали від пилу та бруду. Для

підвищення достовірності випробувань на кожній ділянці випробувань проводилося десять вимірювань, які входять в одну серію ударів.

Місця випробувань вибиралися довільно на ділянках (точках) споруди об'єкта, куди можливо було дістатися. Точки, на яких визначали міцність бетону на об'єкті, наведені на рис.( 3.18,3.19).



Рисунок 3.18 Зовнішній вигляд точок визначення міцності бетону на об'єкті.



Рисунок 3.19 Зовнішній вигляд точок визначення міцності бетону на об'єкті.

Результати визначення середньої міцності бетону становлять:

точка № 1 (на опорі мосту на правому березі річки) – 19,7МПа;

точка № 2 (на опорі мосту на лівому березі річки) – 19,4МПа.

Середня міцність бетону на стиск опор мосту відповідає наступним класам [27] та маркам (згідно діючих норм на період будівництва мосту):

опора мосту на правому березі річки (точка № 1) – С12/15 (М200);

опора мосту на лівому березі річки (точка № 2) – С12/15 (М200).

Таблиця 3.6 – Результати вимірювань

№ п/п	Тип конструкції, що досліджується	Місце розташування конструкції, що досліджується	Матеріал конструкції	Фактична характеристика міцності бетону конструкції, МПа	Міцність бетону конструкції згідно до проекту, МПа
1.	З/б блок	Опора №1	Залізобетон	19,7	19,65
2.	З/б блок	Опора №2	Залізобетон	19,4	19,65

Оцінка технічного стану споруди в цілому. Стан споруди пішохідного мосту через р. Верхня Хортиця, між вулицями Героїв 37 го батальйону й вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя, визначається відповідно до експертної експлуатаційної оцінки.

Таблиця 3.7 Відсотки зносу конструктивних елементів мосту

№ п/п	Конструктивний елемент споруди	Відсоток зносу конструктивного елементу	Категорія технічного стану конструктивного елементу
1	Мостове полотно	3	1
2	Прогонові будови	5	2
3	Опорні частини та опори	50	5

Продовження таблиці 3.7

4	Фундаменти	50	5
5	Підходи	10	3
6	Русло	5	2
Експлуатаційна оцінка споруди в цілому		3, працездатний	

Згідно з п.7 ДСТУ Н Б В.2.3 23:2012 експертна експлуатаційна оцінка є середньозваженим значенням визначення експлуатаційного стану груп конструктивних елементів споруди, що визначається відповідно до п.4.2 та Додатку А ДСТУ Н Б В.2.3 23:2012 на підставі аналізу дефектів та пошкоджень груп конструктивних елементів.

Експертна експлуатаційна оцінка (рейтинг) споруди в цілому визначається за формулою:

$$E = \frac{80(5 - \sum_{i=1}^{i=7} \alpha_i D_i)}{4} + 20 \quad (3.1)$$

де  $D_i$  – номер експлуатаційного стану групи конструктивних елементів споруди, що визначається за станом найбільш слабкого елемента в групі відповідно до відомості дефектів та класифікаційних таблиць експлуатаційних станів елементів моста згідно з додатком А ДСТУ Н Б В.2.3 23:2012:

$$D_1 = 1; D_2 = 2; D_3 = 5, D_4 = 5; D_5 = 3; D_6 = 2 \quad (3.2)$$

$$E = \frac{80(5 - (0,04 \cdot 1 + 0,4 \cdot 2 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,09 \cdot 3 + 0,02 \cdot 2))}{4} + 20$$

$$= 72$$



$\alpha_i$  – коефіцієнти впливу стану  $i$  го елемента на загальний стан споруди (нормалізовані коефіцієнти ваги),  $i = 1, 2, \dots, 7$ . Значення вагових коефіцієнтів надано в таблиці 7.1 ДСТУ Н Б В.2.3 23:2012.

$$\alpha_1 = 0,04; \alpha_2 = 0,4; \alpha_3 = 0,25; \alpha_4 = 0,15; \alpha_5 = 0,09; \alpha_6 = 0,02$$

Відповідно до рейтингу  $E=72$  (стан 3, обмежено справний, споруди «Пішохідного мосту через р. Верхня Хортиця, між вулицями Героїв 37 го батальйону й вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя», за таблицею 7.2 ДСТУ Н Б В.2.3 23:2012 ведуться планові обстеження, скорочуються терміни між періодичними оглядами, виконуються поточні ремонти. За необхідністю обмежується швидкість руху.

### **3.3 Висновки і рекомендації**

Як показують результати виконаного обстеження, виявлені дефекти і пошкодження будівельних конструкцій об'єкта «Пішохідний міст через р. Верхня Хортиця вул. Героїв 37 го батальйону вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя» і відсутність належної системи спостереження і технічного обслуговування.

В ході обстеження виконувалися обмірні роботи з уточненням габаритних розмірів і складу перетинів елементів, вироблялося зіставлення фактичної конструктивної схеми будови проектним рішенням, а також здійснювалося ескізування та фотозйомка виявлених дефектів і пошкоджень.

Розглянувши подані матеріали і на підставі аналізу результатів обстеження конструкцій об'єкту «Пішохідний міст через р. Верхня Хортиця вул. Героїв 37 го батальйону вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя», беручи до уваги характер і місця розташування дефектів і пошкоджень, стан

конструкцій, можна вважати, що запас міцності за несучою здатністю досліджуваної споруди в цілому на дату оцінки недостатній.

Таким чином, зроблено висновок, що споруда «Пішохідний міст через р. Верхня Хортиця вул. Героїв 37 го батальйону вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя», з огляду на характер ушкоджень та їх впливу на експлуатаційну придатність, знаходиться в цілому у працездатному стані (Стан 3) та підлягає подальшій експлуатації при проведенні планових обстежень, скороченні термінів між періодичними оглядами, виконанні поточних ремонтів. За необхідністю обмежується швидкість руху.

Для забезпечення експлуатаційної придатності та підвищення ресурсу пошкоджених конструкцій на об'єкті «Пішохідний міст через р. Верхня Хортиця вул. Героїв 37 го батальйону вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя», необхідно виконати наступні заходи:

- ліквідувати виявлені в ході обстеження дефекти та ушкодження;
- регулярно проводити загальні технічні огляди споруди;
- регулярно проводити догляд за прогоновими будовами, що передбачає прибирання (покриття і тротуарів, перил, огорожуючих елементів), несучих конструкцій, відведення води з цих елементів;
- у зимовий період періодичність робіт з догляду споруди повинна забезпечувати своєчасне прибирання снігу і льоду з прогонових будов;
- рекомендується встановити систему зовнішнього освітлення пішохідної частини споруди;
- виконувати роботи з ремонту окремих частин споруди, які не потребують великих витрат праці і матеріалів, наприклад, одиночна заміна елементів мостового полотна, часткове фарбування металевих конструкцій, перекриття тріщин накладками, та інші аналогічні роботи.

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ОБСТЕЖЕННЯ МОСТІВ**

Згідно п.4.1.3, 4.1.4 ДБН В.2.3 6:2009 Роботи з обстеження мостів і труб та їх випробування мають виконуватись з дотриманням вимог безпеки праці згідно з ДНАОП 6.1.00 1.03, ДНАОП 5.1.14 1.02 00, СНиП III 4, НПАОП 45.21 1.03, НПАОП 45.2 7.02.

Роботи з обстеження та випробування мостів і труб мають бути погоджені зі службою ДАІ відповідно до чинного законодавства.

Згідно п.5.3 НПАОП 63.21 1.07 00 [23] Ручні інструменти (віхи, рейки, триноги, ломи, лопати, сокири, пили та ін.), які використовуються під час зйомки місцевості та мають гострі кінці, треба переносити гострим кінцем вперед на відстані не ближче 5 м від того, хто йде попереду.

Під час промірів стрічкою металеві шпильки слід тримати горизонтально вістрям від себе в лівій руці разом з рукояткою стрічки. Необхідно обережно поводитися зі сталюю рулеткою або мірною стрічкою під час їх змотування і розмотування.

В процесі проведення зйомочних робіт на міських вулицях не дозволяється носити рейку на плечах.

Перед початком робіт на геодезичному знаку (сигналі піраміди) треба перевірити правильність виготовлення і міцність сходів, стрем'янок, поручнів, площадок, підлоги і вихідного люка. Всі неправильно виготовлені або порушені з'єднання слід негайно виправити, а ненадійні деталі (східці, перекладини, дошки та інше) замінити на нові. Слід перевіряти міцність старих сигнальних знаків. У цьому випадку, окрім зазначених вище деталей, слід уважно оглянути всі конструктивні його частини, особливо основи стовпів в місцях безпосереднього їх зіткнення з поверхнею землі.

На знаках, стовпи або інші частини яких підгнили, спостереження робити не дозволяється.

Згідно п.6.1 НПАОП 63.21 1.07 00 [23] Представник замовника, який відповідає за безпеку робіт, разом зі старшим групи вишукувального підрозділу мають перевірити міцність пристосувань для виконання обстеження і при їх надійності скласти і підписати відповідний акт.

Не дозволяється одночасне проведення робіт в двох та більше ярусах по одній вертикалі без наявності суцільного настилу, сіток та інших захисних пристроїв.

Обстеження існуючих споруд треба доручати досвідченим виконавцям зі стажем роботи не менше 5 років.

У разі обстеження споруд у безпосередній близькості від електричних проводів, які знаходяться під напругою, умови безпечної роботи мають погоджуватися замовником з власником електромережі та видаватися в установленому порядку наряд допуск відповідальним працівникам на виконання обстежувальних робіт.

Під час обстукування поверхні бетону, зварних швів і заклепок слід користуватися запобіжними окулярами зі склом, що не б'ється.

Не дозволяється працівникам проводити обстеження споруд, над якими проводяться роботи по антисептуванню.

Згідно п.6.2 НПАОП 63.21 1.07 00 [23] Обстеження геодезичних знаків має починатися з огляду з землі стану опорних стовпів біля основи знаку, углиб землі на 40 – 50 см і далі зорозво по всій поверхні стовпів, сходів, перехідних площадок, площадки спостерігача і верху знаку. Якщо опорні стовпи підгнили на величину більш ніж  $1/7$  їх діаметра, подальше обстеження слід припинити, і такі знаки підлягають зносу або ремонту опорних стовпів шляхом підведення до них залізобетонних, металевих чи просмолених дерев'яних пасинків.

Не дозволяється підійматися на геодезичні знаки:

стовпи яких підгнили на величину більш ніж  $1/7$  діаметра опорного стовпа;

що мають поламані сходи і сходові площадки, розсохлі деталі, в яких вилізли окремі цвяхи і порушена міцність кріплення ними хрестовин і вінців.

Під час переходу з площадки на площадку знака слід ретельно оглядати стан чергового сходового маршу, тримаючись при цьому руками не за сходові сходинки, а за стояки сходів.

Згідно п.6.3 НПАОП 63.21 1.07 00 [23] Не дозволяється ходіння по елементам штучних споруд, якщо вони не мають огорож. У разі необхідності проходу по неогородженим елементам штучних споруд слід користуватися запобіжними поясами, які задовольняють вимогам ГОСТ 12.4.089 86. Працюючі повинні мати вільними обидві руки і бути підстраховані вірвовкою для виконання доручених робіт. Запобіжні пояси повинні мати паспорти і через кожні 6 місяців випробуватись на статистичне навантаження (300 кг) протягом 5 хв. На поясі мають бути позначені його номер і дата випробування.

У разі застосування для обстеження мостів і шляхопроводів автовішок або інших пересувних оглядових пристосувань необхідно додержуватися вимог інструкції з безпеки експлуатації машин з такими оглядовими пристроями заводів виготовлювачів.

Не дозволяються роботи на висоті в місцях, які належним чином не обладнані риштованнями, при силі вітру понад 15 м/с, а також під час обстеження обледенілих елементів споруд, коли посипання піском або попелом не усуває небезпеку для працюючих.

Для огляду опор прольотні будови штучної споруди мають бути обладнані спусковими люками для сходження на підфермену площадку, розташованими в межах тротуарів. Люки слід закривати зверху дерев'яними, сталевими кришками або залізобетонними плитами.

Опори слід оглядати з колисок, підвішених до прольотних будов, або з приставних драбин на заплавній частині ріки, з човнів та інших плавучих засобів, на яких встановлюються вишки з площадками.

Ферми з їздою поверху слід оглядати з укладених по нижнім зв'язкам дощатих щитів. На фермах з їздою понизу щити для огляду слід укласти по верхніх зв'язках; для огляду верхніх поясів ферм слід підніматися по поперечним планкам, які завчасно мають нашиватися на опорні розкоси.

Огляд зовнішніх поверхонь залізобетонних прольотних будов слід виконувати з приставних драбин, колисок або риштовань.

У прольотних будовах з суцільними головними балками мають бути влаштовані проходи вздовж головних балок. Товщина дощок настилу має бути не менше 5 см.

Металеві прольоти великих мостів завдовжки понад 100 м мають оглядатися з візка, який складається з платформи і рухомих пристроїв, що забезпечують переміщення платформи в потрібному напрямку.

Шляхопроводи над залізничними коліями мають обстежуватися у вільний від руху поїздів час тільки після попередніх узгоджень з місцевими управліннями залізниць. У разі їх обстеження під час руху поїздів слід додержуватися заходів, що гарантують безперешкодний рух поїздів з установленою швидкістю і повну безпеку працівників.

Під час виконання робіт над водою, коли глибина водоймища перевищує 1,5 м, у безпосередній близькості від робочого місця має знаходитися наготові обладнаний рятувальними пристосуваннями човен з вартівими.

Під час виконання робіт у зимовий час або вологу погоду настили риштовань і стрем'янок мають очищатися від снігу, льоду, а також за необхідності посипатися піском або попелом.

Працюючі на риштованнях і настилах мають бути у спецвзутті з нековзною підошвою: взимку у валянках, а в інші пори року у взутті на гумовій підошві.

У разі виконання робіт на високих схилах, укосах насипів, конусів, дамб тощо крутіше 150 слід страхуватися вірвовкою, міцно прив'язаною до надійно закріплених предметів.

Під час обстеження водопропускних труб на існуючих автомобільних дорогах і залізницях не дозволяється заходити в ті з них, які знаходяться у аварійному стані (мають тріщини, осідання, зруйнування кілець, обвали тощо) або можуть бути затоплені водою.

Роботи по обстеженню труб мають проводитися групою у складі не менше двох чоловік.

Згідно з п.2.28 [24] особи, які зайняті виробництвом крупномасштабних топографічних зніманих, зобов'язані пройти інструктаж з техніки безпеки на польових топографо геодезичних роботах відповідно до певних умов місцевості, об'єктів зйомки і технічних засобів, які використовуватимуться при виконанні робіт. При виконанні топографо геодезичних робіт необхідно суворо дотримуватись правил техніки безпеки. Основними з них є наступні.

Сокира, молоток і другий реманент повинні бути добре насажені на гладкі, без тріщин дерев'яні ручки і розклинені клином. При роботі сокирою чи молотком слідкуйте, щоб ні поруч, ні напроти не було людей.

Перед перенесенням геодезичного приладу (теодоліта, нівеліра) до місця роботи чи після роботи в табір (на базу) слід перевірити, щоб футляри або ящики для пакування приладів мали добре закріплені ручки, лямки, ремені. Особа, яка несе прилад за плечима чи на плечі повинен бути одягнутий у верхньому одязі.

Вішки, штативи і другі предмети з гострими закінченнями слід переносити гострими частинами (кінцями) вперед. Сокири і шпильки землемірних стрічок переносьте до місця роботи і назад тільки в брезентовій чи з другої щільної тканини сумці (торбі).

При переходах вулицею забороняється нести рейки на плечах, їх слід переносити в руках складеними і певним чином закріпленими.

Не дозволяється залишати без нагляду прилади в межах дорожнього полотна.

У лісі слід працювати одягненим з покритою головою, бажано в шкіряному взутті. Під час переходів лісом і/чи густими кущами слідкуйте за тим, щоб відстань між йдучими однією стежкою була не менше 5м.

При наближенні грози слід припинити натурні виміри і перейти в закриті приміщення. Під час грози і сильному з буреломом вітрі ходити лісом забороняється. До початку грози слід вибрати місце для укриття з врахуванням напрямку вітру. Під час грози забороняється стояти під деревами, знаходитись коло громовідводів, високих предметів (стовпів, опор тощо) контактної сіті, високовольтних ліній електропередач і на пагорбах.

Пересікаючи вулицю, переконайтесь у повній безпеці. При цьому слід бути особливо обережними при переході через перехрестя вулиць чи доріг, уважно стежте за рухом транспорту, особливо на поворотах.

У сонячні дні працюйте тільки з покритою головою. У найбільш жаркі часи роботу на місцевості слід припинити (за вказівкою керівника практики) і перенести час роботи на ранні та вечірні часи.

Працюючи на вигоні на околиці села поряд с садибами бережіться собак.

При пораненнях, вивихах, засореннях очей тощо перша допомога потерпілому повинна бути надана, на місці. Співробітникам потерпілого слід прийняти всі міри, щоб його негайно відправити до медпункту бази (табору).

При виконанні геодезичних робіт треба дотримуватись протипожежних заходів.

Не дозволяється розводити вогнища біля помешкань, у лісі, у степу (на вигоні) з високим травостоєм у засушливий час року, поблизу дерев'яних споруд. Не кидайте непогашені недокурки чи сірники. На території табору паління дозволяється лише в спеціально відведеному для цього місці.

Категорично забороняється рубати дерева, кущі, ламати гілки, робити на деревах порізи, забивати цвяхи тощо.



Забороняється засмічувати водоймища і території, відведені для практики пляшками, залишками харчів, різними покидьками, целофановими пакетами тощо.

## ВИСНОВКИ

При аналізі існуючих систем управління станом мостових споруд в різних країнах відображена роль системи в забезпеченні їх збереження, відпрацюванні сучасних вимог до управління експлуатацією. Ці вимоги перш за все ув'язують систему управління експлуатацією мостів із системою збереження і подовження строку служби та дають можливість визначити шляхи удосконалення існуючої системи управління мостовими спорудами. На основі аналізу розглянутих систем можна констатувати, що Система управління мостами, яка впроваджена в Україні найбільш відповідає системі Bridgit 30, США, так як в нашій країні поки що рішення приймаються не на мережевому рівні, а на місцевому рівні (мала кількість мостів в окремій області). У зв'язку із обмеженим фінансуванням в Україні система використовує бюджетне фінансування «зверху вниз». Крім того система зручна ще тим, що вона передбачає експлуатацію непрофесійними користувачами. Дорожні організації, які експлуатують споруди в нашій країні повинні збирати всю інформацію по спорудам, не маючи поглибленої підготовки спеціаліста мостової галузі. При цьому Bridgit 30 використовує Марківську модель руйнування конструкцій, яку впроваджено в Україні [21]. Удосконалюючи нашу систему на основі концепції Bridgit необхідно шукати шляхи найбільш оптимальних стратегій експлуатації споруд не професійними спеціалістами на даному етапі.

Визначення експлуатаційного стану моста є важливою умовою для прийняття кваліфікованих рішень під час його утримання. Впровадження в Україні Аналітична експертна система управління мостами (АЕСУМ) зберігає дані моніторингу стану мостів, в ній виконуються необхідні процедури для підтримки їх в надійному і безпечному експлуатаційному стані.

Прийнята в Україні нормативна модель деградації мостів та розроблений алгоритм адаптації її в програмний комплекс АЕСУМ дають змогу визначити прогнозований експлуатаційний стан мостів. В умовах обмеженого фінансування і невчасного виконання обстежень у необхідний момент часу є змога отримати прогнозований експлуатаційний стан моста.

Зростаюча складність забезпечення надійної та довговічної експлуатації мостів вимагає принципово нових підходів до системи утримання мостів. При цьому виникає широке коло питань, які необхідно вирішувати.

1. Розробка нових вітчизняних матеріалів, конструкцій і технологій із гарантованими характеристиками, які б забезпечували необхідну довговічність мостових споруд. Дослідження для цих розробок необхідно виконувати з використанням високоінформативних методів технічної діагностики.

2. Контроль якості виконання будівельних робіт, перевірка придатності мостових конструкцій до довготривалої експлуатації при здачі об'єкта повинні проводитись із складанням технічного документа (паспорта) при використанні методів неруйнівного контролю, які б давали можливість контролювати ці параметри в процесі експлуатації.

3. Перевірка технічного стану мостів під час експлуатації, планування ремонтів і реконструкцій мостових споруд, попередження аварій на мостах.

4. Створення і впровадження в систему утримання мостів сучасного програмного комплексу з наповненням бази даних інформацією по всіх мостах.

Складність забезпечення надійної та довговічної експлуатації мостів вимагає принципово нових підходів до технічної діагностики мостів, перевірки технічного стану мостів під час експлуатації, планування ремонтів і реконструкцій транспортних споруд, попередження аварій на мостах. Використання сучасного діагностичного обладнання дозволяє максимально повно і об'єктивно оцінити реальний стан конструкцій та їх елементів, що

дає підставу для більш обґрунтованого прийняття рішення щодо ремонту або припинення подальшої експлуатації транспортної споруди.

Перевагою діагностичних приладів нового покоління є те, що крім традиційних візуальних обстежень вони дають змогу ефективно і швидко визначити фізико механічні характеристики матеріалів обстежуваних конструкцій. Ці прилади дозволять визначати:

- глибину і величину карбонізації бетону;
- вміст хлоридів в бетоні;
- місце розташування і діаметр арматури, глибину захисного шару;
- ймовірність та інтенсивність корозії арматури;
- поверхневу міцність бетону;
- водонепроникність бетону;
- товщину металевих елементів конструкцій;
- товщину захисного покриття металевих конструкцій.

Ефективна експлуатація споруд неможлива без постійної і систематичної роботи власників споруд з їх паспортизації. Крім даних, які відображають генеральні параметри споруд, паспорт передбачає внесення інформації, яку необхідно систематично відстежувати в часі – виникнення нових та розвиток існуючих дефектів. Складання відомості дефектів є основою для визначення вантажопідйомності та оцінки технічного стану споруди, від чого напряму залежить вартість ремонтних робіт.

Тривожним і загрозливим є той факт, що за останні 10 років постійно зростає кількість мостів, котрі потребують капітального ремонту. Відставання від плану капітальних ремонтів має тенденцію збільшуватись. Проблема, в першу чергу, – економічна. Розвиток та інтеграція економічної системи України в світові та європейські структури вимагає нових підходів в управлінні транспортними спорудами. Ця потреба є край нагальною в умовах обмеженого фінансування галузі. Будь які спроби оптимізувати видатки на ремонт і реконструкцію мостів натикаються на принципові перешкоди: відсутність систематизованої технічної інформації про стан мостів та методів

прогнозу ресурсу, відсутність науково обґрунтованої системи оптимізації витрат на експлуатацію і таке інше.

Є і інша сторона проблеми – соціальна. Експлуатація мостів в тому вигляді, як це має місце останні 10 років, призводить до зменшення строку їх служби, зниження надійності, збільшення ризику виникнення аварійних ситуацій.

Здійснення надійної і ефективної експлуатації мостів сьогодні неможливе без розвинутої інформаційної системи та автоматизації управління мостами, як це відбувається в розвинутих європейських країнах. Глобальною метою є автоматизація формалізованої оцінки технічного стану автодорожніх мостів та генерація експертних рекомендацій з планування порядку виконання робіт з утримання, ремонту та реконструкції мостів. Цієї глобальної мети може бути досягнуто виконанням програмним комплексом в автоматизованому режимі великої кількості функцій. Назвемо основні з них:

- Занесення, збереження та обробка всіх технічних даних стосовно споруд та їх елементів;
- Визначення несної здатності та вантажопідйомності елементів мостів;
- Визначення надійності елементів, прогноз переходу в наступний дискретний стан, прогноз залишкового ресурсу, визначення надійності після ремонту;
- Прогноз руслових деформацій;
- Пошук оптимальної стратегії експлуатації, генерація оптимальної стратегії фінансування капітальних та поточних ремонтів;
- Статистична база наукових розробок з експлуатації;
- Інформаційні і довідкові функції.

Методика послідовного обстеження розглянута на прикладі дослідження стану будівельних конструкцій об'єкта «Пішохідний міст через р. Верхня Хортиця вул. Героїв 37 го батальйону вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя».

Як показують результати виконаного обстеження, виявлені дефекти і пошкодження будівельних конструкцій об'єкта «Пішохідний міст через р. Верхня Хортиця вул. Героїв 37 го батальйону вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя» і відсутність належної системи спостереження і технічного обслуговування.

В ході обстеження виконувалися обмірні роботи з уточненням габаритних розмірів і складу перетинів елементів, вироблялося зіставлення фактичної конструктивної схеми будови проектним рішенням, а також здійснювалося ескізування та фотозйомка виявлених дефектів і пошкоджень.

Розглянувши подані матеріали і на підставі аналізу результатів обстеження конструкцій об'єкту «Пішохідний міст через р. Верхня Хортиця вул. Героїв 37 го батальйону вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя», беручи до уваги характер і місця розташування дефектів і пошкоджень, стан конструкцій, можна вважати, що запас міцності за несучою здатністю досліджуваної споруди в цілому на дату оцінки недостатній.

Таким чином, зроблено висновок, що споруда «Пішохідний міст через р. Верхня Хортиця вул. Героїв 37 го батальйону вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя», з огляду на характер ушкоджень та їх впливу на експлуатаційну придатність, знаходиться в цілому у працездатному стані (Стан 3) та підлягає подальшій експлуатації при проведенні планових обстежень, скороченні термінів між періодичними оглядами, виконанні поточних ремонтів. За необхідністю обмежується швидкість руху.

Для забезпечення експлуатаційної придатності та підвищення ресурсу пошкоджених конструкцій на об'єкті «Пішохідний міст через р. Верхня Хортиця вул. Героїв 37 го батальйону вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя», необхідно виконати наступні заходи:

- ліквідувати виявлені в ході обстеження дефекти та ушкодження;
- регулярно проводити загальні технічні огляди споруди;

- регулярно проводити догляд за прогоновими будовами, що передбачає прибирання (покриття і тротуарів, перил, огорожуючих елементів), несучих конструкцій, відведення води з цих елементів;
- у зимовий період періодичність робіт з догляду споруди повинна забезпечувати своєчасне прибирання снігу і льоду з прогонових будов;
- рекомендується встановити систему зовнішнього освітлення пішохідної частини споруди;
- виконувати роботи з ремонту окремих частин споруди, які не потребують великих витрат праці і матеріалів, наприклад, одиночна заміна елементів мостового полотна, часткове фарбування металевих конструкцій, перекриття тріщин накладками, та інші аналогічні роботи.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.3 6 2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження та випробування. [Чинні з 2009 11 11]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 48с.
2. ДБН В.2.3 14 2006 Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування. [Чинні з 2006 03 06]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2006. 214с.
3. ДСТУ Н Б В.2.3 23 2012 Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. [Чинні з 2013 12 01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. 55с.
4. Малишев О.М. Технічне обстеження та нагляд за безпечною експлуатацією будівель та інженерних споруд. Київ, 2007.708с.
5. Этин П. Ю. Диагностика и испытания мостов : учеб. метод. пособ. Гомель : БелГУТ, 2010. 65 с.
6. Коваль П.М. Вдосконалення системи утримання автодорожніх мостів України. *Дороги та мости*. Київ, 2009. Вип. 11. С. 133 145.
7. Еремін В.Г. Использование результатов мониторинга при управлении содержанием мостовых сооружений и оценке развития дефектов конструкций *Дороги и мосты*. 2011. №26/2. С. 212 230.
8. ВБН В.3.1 218 190 2004. Утримання мостових споруд на автомобільних дорогах загального користування. [Чинні з 2004 11 09]. Вид. офіц. Київ : Державна служба автомобільних дорог України «Укравтодор», 2004. 40с.
9. Посібник № 1 до ДБН В.2.3 6:2016 Мости та труби. Обстеження і випробування. [Чинні з 2016 01 01]. Вид. офіц. Київ : ДП «ДерждорНДІ», 2016. 69с.
10. ДСТУ Б В.2.6 193:2013. Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги проектування. [Чинні від 2014 01 01]. Вид. офіц. Київ, 2013. 70с.



11. ДБН В.1.2 2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. [Чинні з 2007 01 01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2006. 75с.
12. ДБН В.2.6 198:2014 Сталеві конструкції. Норми проектування. [Чинні з 2015 01 01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2014. 199с.
13. ДСТУ Б В.2.6 193:2013. Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги до проектування. [Чинні з 2014 01 01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. 46с.
14. ДСТУ Б В.1.2 3:2006 Прогини і переміщення вимоги проектування. [Чинні з 2007 01 01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2006. 12с.
15. ДБН В.2.3 14:16 Мости та труби. Правила проектування. [Чинні з 2007 01 01]. Вид. офіц. Київ : Державний комітет України з будівництва та архітектури, 2006. 187с.
16. ДСТУ Б.В.2.3 11 2004 Огородження дорожнє перильного типу. [Чинні з 2005 01 01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство будівництва, архітектури та житлово комунального господарства, 2006. 9с.
17. Дослідження стану мостових переходів на основі аналітичної експертної системи управління мостами. URL: <http://dorogimosti.org.ua/ua/doslidghennya stanu mostovih perehodiv na osnovi analitichnoyi ekspertnoyi sistemi upravlinnya mostami> (дата звернення: 15.07.2021).
18. Дороги і мости. Збірник наукових праць. URL: <http://dorogimosti.org.ua/ua> (дата звернення: 06.08.2021).
19. Братство втоми: як деградує мостова інфраструктура України. URL: <https://gmk.center/ua/posts/bratstvo vtomi yak degradiue mostova infrastruktura ukraini/> (дата звернення: 09.06.2021).
20. Види штучних споруд. Елементи мостового переходу і мостів. Основні визначення і позначення, що використовуються в мостах. URL: <https://studfile.net/preview/7516846/page:2/> (дата звернення: 23.06.2021).
21. Дослідження впливу деяких дефектів мостового полотна на технічний стан мостових споруд. URL: <https://dorndi.org.ua/ua/doslidghennya vplivu>

deyakih defektiv mostovogo polotna na tehnicniy stan mostovih sporud (дата звернення: 11.09.2021).

22. Лантух Лященко А.І. Проблеми створення національної системи експлуатації мостів. зб. тез.доп. «Сучасні проблеми проектування, будівництва та експлуатації споруд на шляхах сполучення». Київ, 1998. С. 138-145.

23. Боднар Л.П., Лантух Лященко А.І., Канін О.П., Коваль П.М., Фаль А.Є. Аналітична експертна система управління мостами. Досвід впровадження. *Дорожня галузь України*. Київ, 2011. № 7. С. 42-47.

24. НПАОП 63.21 1.07 00. Правила безпеки під час проведення вишукувань автомобільних доріг. [Чинні з 2000 28 12]. Вид. офіц. Київ : Державний департамент з нагляду за охороною праці, 2000. 46с.

25. ГКИНП 02 033 82. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. [Чинні з 1983 01 01]. Вид. офіц. Недра: Главное управление геодезии и картографии при совете министров СССР, 1982. 176с.

26. ДСТУ Б В.2.7 220:2009 Бетони. Методи визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю. [Чинні з 2010 01 09]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 17с.

27. ДСТУ 8855:2019 Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності). [Чинні з 2019 01 12]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2019. 13с.

28. ДСТУ Б В.2.7 176:2008 Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови. [Чинні з 2010 01 04]. Вид. офіц. Київ. Мінрегіонбуд України, 2010. 56с.