

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

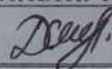
Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

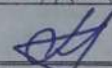
на тему:

РАЦІОНАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ ПІДСИЛЕННЯ Т-ПОДІБНИХ ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНИХ МОСТОВИХ БАЛОК УЛАШТУВАННЯМ НАКЛАДНОЇ МОНОЛІТНОЇ ПЛИТИ

Виконав: студент 2-го курсу, групи 1Б-23м
спеціальності 192 – «Будівництво
та цивільна інженерія»

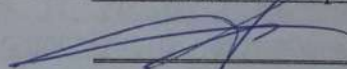
 Дикий С. В.

Керівник: к.т.н., доц. каф. БМГА

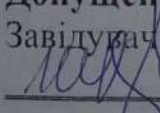
 Попов В. О.

«__» грудня 2024 р.

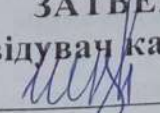
Опонент: к.т.н., доц. каф. ТЕ

 Степанов Д. В.

«__» грудня 2024 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри БМГА
 В. В. Швець
«__» грудня 2024 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет Будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра Будівництва, міського господарства та архітектури
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань 19 – Архітектура та будівництво
Спеціальність 192 – Будівництво та цивільна інженерія
Освітньо-професійна програма Промислове та цивільне будівництво

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри БМГА

Швець В. В.
“12” жовтня 2024 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Дикому Сергію Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) РАЦІОНАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ ПІДСИЛЕННЯ Т-ПОДІБНИХ ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНИХ МОСТОВИХ БАЛОК УЛАШТУВАННЯМ НАКЛАДНОЇ МОНОЛІТНОЇ ПЛИТИ

керівник роботи Попов Володимир Олексійович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “17” вересня 2024 року №310.

2. Строк подання магістрантом роботи 09.12.2024 р.

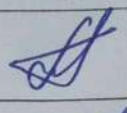
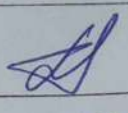
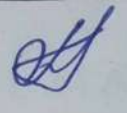
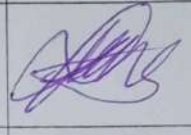
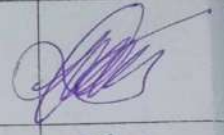
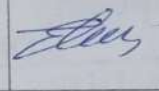
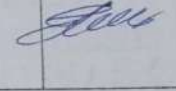
3. Вихідні дані до роботи: Фрагмент ситуаційного плану, карта місцевості, нормативна література, результати обстежень мостової споруди

4. Зміст текстової частини: Вступ (актуальність та інноваційність наукових досліджень, об'єкт, предмет, мета і задачі, практична значимість, методи досліджень, апробація). Розділ 1 Аналіз сучасного стану теорії та практики реконструкції автодорожніх балочних мостів (1.1 Мостові споруди та їх конструктивні особливості. Аналіз існуючих конструкцій автодорожніх балочних мостів з залізобетону. Основні конструктивні елементи балочних мостів, що виготовлені з Т-подібних балок. Використання монолітних накладних плит для підсилення автодорожніх мостів. Висновки за розділом 1). Розділ 2 Моделювання напружено-деформованого стану залізобетонного однопролітного автодорожнього мосту, що виготовлений з т-подібних мостових балок та підсилений накладною плитою (Опис роботи мостової конструкції. Вихідні дані для моделювання мостової конструкції. Аналіз напружено-деформованого стану мостової споруди. Висновки за розділом 2). Розділ 3 Конструктивні та технологічні пропозиції з улаштування накладних плит підсилення на мостових спорудах (Технологічні пропозиції з капремонту конструкцій мостової споруди. Опис конструкції підсилення Т-подібних балок. Опис конструкції підсилення прогонової будови. Рішення щодо конструкції дорожнього одягу та гідроізоляції. Антикорозійний захист конструкцій мосту. Висновки за розділом 3). Розділ 4 Технічна частина (Архітектурно-будівельні рішення мостової споруди. Організаційно-технологічні рішення). Розділ 5 Розділ 6 Економічна частина. Висновки. Список використаних джерел. Додатки

5. Перелік ілюстративно-графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Науково-дослідний розділ – 5-10 арк. (плакати, що ілюструють результати науково-дослідної роботи)

2. Архітектурно-будівельні рішення – 2-5 арк. (архітектурно-будівельні рішення мостових споруди).
 4. Організаційно-технологічні рішення – 2-4 арк. (Виконання демонтажних робіт. Влаштування монолітної плити. Календарний графік виконання робіт. Будівельний генеральний план).

6. Консультанти розділів роботи

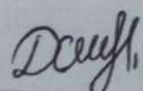
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Вступ, науковий розділ 1-3	Попов В. О., к.т.н., доцент кафедри БМГА		
Розділ 4. Технічна частина. Архітектурно-будівельні та конструктивні рішення	Попов В. О., к.арх., доцент кафедри БМГА		
Розділ 4. Технічна частина. Організаційно-технологічні рішення	Христич О. В., к.т.н., доцент кафедри БМГА		
Розділ 5. Економічна частина	Лялюк О. Г., к.т.н., доцент кафедри БМГА		

7. Дата видачі завдання 12.10.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

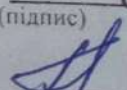
№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Складання вступу до МКР	14.10-17.10.24	викон.
2	Науково-дослідна частина	02.09-13.10.24	викон.
3	Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту	14.10-31.10.24	викон.
4	Організаційно-технологічні рішення	01.11-12.11.24	викон.
5	Економічна частина	13.11-24.11.24	викон.
6	Оформлення МКР	25.11-28.11.24	викон.
7	Подання МКР на кафедру для перевірки	29.11-30.11.24	викон.
8	Попередній захист	02.12-03.12.24	викон.
10	Опонування	04.12-13.12.24	викон.
11	Захист МКР	18.12-24.12.24	

Здобувач


(підпис)

Дикий С. І.
(прізвище та ініціал)

Керівник роботи


(підпис)

Попов В. О.
(прізвище та ініціал)

АНОТАЦІЯ

УДК 624.27

Дикий С. В., Раціональні конструкції підсилення Т-подібних попередньо напружених мостових балок улаштуванням накладної монолітної плити. Магістерська кваліфікаційна робота за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія». Вінниця: ВНТУ, 2024. 112 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 51 назв; рис.: 51; табл. 10; арк. граф. част.: 29.

Дана робота присвячена дослідженню раціональних конструкцій підсилення Т-подібних попередньо напружених мостових балок улаштуванням накладної монолітної плити.

У першому розділі проаналізовано існуючі мостові споруди та їх конструктивні особливості, розглянуто автодорожні балочні мости з залізобетону, основні конструктивні елементи балочних мостів, що виготовлені з Т-подібних балок. Також досліджено використання монолітних накладних плит для підсилення автодорожніх мостів.

У другому проведено моделювання напружено-деформованого стану залізобетонного однопролітного автодорожнього мосту, що виготовлений з Т-подібних мостових балок та підсилений накладною плитою.

У третьому розділі описано конструктивні та технологічні пропозиції з улаштування накладних плит підсилення на мостових спорудах.

У четвертому розділі розроблено рішення щодо реконструкції існуючого мосту через річку Удич на автодорозі Р-54 км 38+004 у Гайсинському районі Вінницькій області. Описано архітектурно-будівельні рішення існуючого мосту, фізико-географічні умови району будівництва, конструктивна схема існуючого мосту та технічний стан конструкцій. Наведені заходи по реконструкції конструктивної частини споруди мосту, його благоустрою, електроосвітлення. Також передбачені заходи щодо інженерного захисту території реконструкції та інклюзивності мостової споруди

Організаційно-технологічні рішення стосуються розроблення проекту організації робіт при реконструкції мостової споруди.

В п'ятому розділі складена кошторисна вартість реконструкції мостової споруди, розраховано основні показники ефективності інвестицій в проект.

Ключові слова: міст, пролітна будова, тротуарна частина, дефекти, пошкодження, накладна плита, порожниноутворювачі, безбордюрна конструкція, гідроізоляція.

ANNOTATION

Dyky S. V., Rational designs for strengthening T-shaped prestressed bridge beams by arranging an overlay monolithic slab. Master's qualification work in specialty 192 – "Construction and civil engineering". Vinnytsia: VNTU, 2024. 112 p.

In Ukrainian. Bibliography: 51 titles; fig.: 51; tab. 10; sheet. graphic part: 29.

This work is devoted to the study of rational designs for strengthening T-shaped prestressed bridge beams by arranging an overlay monolithic slab.

In the first section, existing bridge structures and their structural features are analyzed, reinforced concrete road girder bridges, the main structural elements of girder bridges made of T-shaped beams are considered. The use of monolithic overlay slabs for strengthening road bridges was also investigated.

In the second, the stress-strain state of a reinforced concrete single-span road bridge made of T-shaped bridge beams and reinforced with an overlay slab was simulated.

In the third section, constructive and technological proposals for the arrangement of overlay slabs for reinforcement on bridge structures are described.

In the fourth section, a solution is developed for the reconstruction of the existing bridge across the Udych River on the R-54 highway, km 38+004, in the Haisyn district of Vinnytsia region. The architectural and construction solutions of the existing bridge, the physical and geographical conditions of the construction area, the structural scheme of the existing bridge and the technical condition of the structures are described. Measures for the reconstruction of the structural part of the bridge structure, its landscaping, and electric lighting are presented. Also provided are measures for engineering protection of the reconstruction area and inclusiveness of the bridge structure

Organizational and technological solutions relate to the development of a project for organizing work during the reconstruction of the bridge structure.

In the fifth section, the estimated cost of the reconstruction of the bridge structure is compiled, the main indicators of the effectiveness of investments in the project are calculated.

Key words: bridge, span structure, pavement part, defects, damage, overlay slab, cavity formers, borderless construction, waterproofing.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ РЕКОНСТРУКЦІЇ АВТОДОРОЖНІХ БАЛОЧНИХ МОСТІВ	8
1.1 Мостові споруди та їх конструктивні особливості	8
1.2 Аналіз існуючих конструкцій автодорожніх балочних мостів з залізобетону	11
1.3 Основні конструктивні елементи балочних мостів, що виготовлені з Т-подібних балок	19
1.4 Використання монолітних накладних плит для підсилення автодорожніх мостів	23
Висновки за розділом 1	31
РОЗДІЛ 2 МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО ОДНОПРОЛІТНОГО АВТОДОРОЖНЬОГО МОСТУ, ЩО ВИГОТОВЛЕНИЙ З Т-ПОДІБНИХ МОСТОВИХ БАЛОК ТА ПІДСИЛЕНИЙ НАКЛАДНОЮ ПЛИТОЮ	33
2.1 Опис роботи мостової конструкції	34
2.2 Вихідні дані для моделювання мостової конструкції	36
2.3 Аналіз напружено-деформованого стану мостової споруди	38
2.4 Визначення теоретичних напруг і деформацій елементів мостової споруди від проектного навантаження	43
2.4.1 Оцінка втрат від попереднього напруження арматури прогонових плит	
2.4.2 Розрахунок прогонової плити на міцність похилих перерізів (на берегових опорах)	45
2.4.3 Розрахунок деформацій прогонової плити від проектних впливів	48
2.5 Перевірка міцності прогонових плит	53
2.5.1. Розрахунок прогонової плити за першою групою граничних станів за нормальними перерізами в прольоті (за методикою ДСТУ Б В.2.6-156:2010)	56

2.5.2 Розрахунок прогонової плити за першою групою граничних станів за нормальними перерізами в прольоті (за методикою розділу 3 ДБН В.2.3-14:2006)	58
Висновки за розділом 2	59
РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТИВНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОПОЗИЦІЇ З УЛАШТУВАННЯ НАКЛАДНИХ ПЛИТ ПІДСИЛЕННЯ НА МОСТОВИХ СПОРУДАХ	61
3.1 Існуючий стан мостової споруди	61
3.2 Технологічні пропозиції з капремонту конструкцій мостової споруди	61
3.3 Опис конструкції підсилення Т-подібних балок	62
3.4 Влаштування додаткових анкерів у прогонових балках	64
3.5 Опис конструкції підсилення прогонової будови в осях «1-3»	65
3.6 Конструкція монолітної прогонової плити в осях «0-1» та «3-4»	69
3.7 Рішення щодо конструкції дорожнього одягу та гідроізоляції	70
3.8 Влаштування плит на підходах	72
3.9 Антикорозійний захист конструкцій мосту	73
Висновки за розділом 3	74
РОЗДІЛ 4 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	76
4.1 Архітектурно-будівельні рішення	76
4.1.1 Фізико-географічні умови району будівництва	76
4.1.2 Характеристика існуючого мосту	77
4.1.3 Технічний стан конструкцій мосту	82
4.1.4 Заходи по реконструкції мосту	84
4.1.5 Благоустрій	85
4.1.6 Електроосвітлення	85
4.1.7 Інженерний захист територій і об'єктів	86
4.1.8 Інклюзивність споруди	86
4.1.9 Техніко-економічні показники	87
4.2 Організаційно-технологічні рішення	88

4.2.1 Характеристика умов проведення реконструкції та обґрунтування методів виконання БМР	88
4.2.2 Тимчасове водо- та електропостачанні	90
4.2.3 Тривалість будівництва та потреба в кадрах	90
4.2.4 Обґрунтування необхідності в тимчасових спорудах і майданчиках	91
4.2.5 Виконання робіт в зимовий період	92
4.2.6 Техніка безпеки та охорона праці	92
4.2.7 Безпека руху	94
Висновки за розділом 4	96
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	98
5.1 Розрахунок кошторисної вартості	98
5.2 Оцінювання економічної ефективності інноваційного проекту	100
5.3 Термін окупності інвестицій	101
Висновки за розділом 5	102
ВИСНОВКИ	104
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	107
ДОДАТКИ	113
ДОДАТОК А – Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	114
ДОДАТОК Б – Вихідні дані для розрахунку мостової споруди	115
ДОДАТОК В – Розрахунок прогонових попередньо напружених балок	116
ДОДАТОК Г – Вихідні дані для розрахунку, постійні впливи на прогонову плиту мостової споруди	122
ДОДАТОК Д – Кошториси	125
ДОДАТОК Е – Відомість графічної частини	136

ВСТУП

Актуальність теми. На сьогодні в Україні сформувався значний фонд мостових споруд, який є невід'ємною складовою транспортної інфраструктури країни. Ці споруди забезпечують зв'язок між населеними пунктами, економічними центрами та регіонами. Однак значний відсоток мостів, збудованих у радянський період, на сьогодні має критичні технічні недоліки. Результати комплексних обстежень, виконаних спеціалізованими організаціями, свідчать, що їх технічний стан не відповідає сучасним нормативним вимогам, зокрема стандартам безпеки та експлуатації [1-5].

У середині XX століття застосовували проектні рішення, широко орієнтовані на використання збірних залізобетонних, сталобетонних, балочних, аркових та фермових конструкцій. Як результат, значна частина мостів в Україні, зокрема в Подільському регіоні, є збірними балочними спорудами, які наразі потребують капітального ремонту чи реконструкції через їх моральну та фізичну старість [2-5].

Особливої уваги заслуговують тротуарні частини таких мостів, які є ключовими конструктивними елементами. У балочних мостах, виконаних за типовими радянськими проектами, тротуарна частина традиційно представлена збірними ребристими плитами, які змонтовані над крайніми несучими балками [6]. Практика експлуатації та дослідження цих споруд у різних регіонах України свідчить, що саме тротуарні плити є найбільш вразливими до кліматичних впливів і зношень. Вони часто виявляються в незадовільному стані через низьку увагу до їх обслуговування під час виконання поточних ремонтних робіт [7].

Мостові балки та тротуарні плити впливають на загальну експлуатаційну надійність мосту. Невідповідність цих елементів сучасним нормам знижує безпеку й функціональність транспортних об'єктів, що є критичним для регіонів із високою інтенсивністю руху [8-10]. Також аварійний стан тротуарних плит часто стає причиною повної непридатності мостової споруди для нормального використання. Практика експлуатації таких конструкцій показує, що підсилення

збірних накладних плит є економічно не вигідним і не забезпечує довготривалого результату. У більшості випадків оптимальним рішенням є демонтаж старих плит та будівництво нових тротуарних конструкцій, які відповідатимуть сучасним вимогам надійності та безпеки.

Отже, дослідження, спрямовані на пошук раціональних і економічно обґрунтованих рішень щодо підсилення мостових балок та розширення тротуарної частини балочних мостів, є надзвичайно актуальними. Вони дозволять підвищити експлуатаційну надійність таких споруд, покращити безпеку руху як для пішоходів, так і для транспортних засобів, а також продовжити термін служби мостів у цілому.

Мета дослідження. Визначення раціональної конструкції підсилення Т-подібних попередньо напружених мостових балок улаштуванням накладної монолітної плити.

Завдання:

- виконати аналіз існуючих конструкцій автодорожніх балочних мостів з залізобетону;
- визначити основні можливі методи реконструкції залізобетонних мостових споруд;
- дослідити типові конструкції монолітних накладних плит для підсилення автодорожніх мостів;
- виконати моделювання напружено-деформованого стану залізобетонного однопролітного автодорожнього мосту під дією комплексу кліматичних та технологічних навантажень, що виготовлений з Т-подібних мостових балок та підсилений накладною плитою на прикладі мосту через річку Удич на автодорозі Р-54 км 38+004 у Вінницькій області;
- надати конструктивні та технологічні пропозиції з улаштування накладних плит підсилення на мостових спорудах.

Об'єкт дослідження: існуючі надземні залізобетонні конструкції мостової споруди, а саме типові конструктивні рішення мостових балок та тротуарних частин мостів, які мають дефекти, пов'язані зі збірними ребристими плитами.

Предмет дослідження: методи та конструкції підсилення Т-подібних попередньо напружених мостових балок.

Інноваційність. Подальшого розвитку набули науково-практичні дослідження щодо раціональних методів реконструкції та вдосконалення конструкції балочних автодорожніх мостів, що досягається улаштуванням накладної монолітної плити для підсилення Т-подібних попередньо напружених мостових балок.

Практичне значення роботи полягає в тому, що запропонована конструкція підсилення прогонної будови та тротуарної частини у вигляді багатопорожнистої монолітної плити реалізована як один із заходів реконструкції існуючого автомобільного мосту у селі М'якохід Гайсинського району Вінницької області.

Особистий внесок магістранта: усі результати, наведені у магістерській кваліфікаційній роботі, отримані самостійно. У роботах, опублікованих у співавторстві, автору належать такі: [1] – обробка результатів зібраної інформації та розгляд типових дефектів та руйнувань збірних тротуарних плит пролітних будов мостів, а також способів підсилення тротуарних конструкцій.

Публікації:

За результатами магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано 1 тезу конференцій:

1. Попов В. О., Дикий С. В., Клімишина А. В. Залізобетонні накладні монолітні конструкції підсилення тротуарної частини балочних мостів. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Інноваційні технології в будівництві-2024», Вінниця, Вінницький національний технічний університет, 20.11.2024 – 22.11.2024 р. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2024/paper/viewFile/22555/18643>

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ РЕКОНСТРУКЦІЇ АВТОДОРОЖНІХ БАЛОЧНИХ МОСТІВ

1.1 Мостові споруди та їх конструктивні особливості

Автомобільні дороги, прокладаючись різноманітною місцевістю, часто перетинають інші дороги, залізниці або природні перешкоди (річки, яри, ущелини, гірські хребти, морські затоки). Мости є одним із видів інженерних споруд, які зводяться для забезпечення безперешкодного руху через природні або штучні перешкоди (рис. 1.1). Вони відрізняються від інших тим, що їх конструкції перекривають земляне полотно дороги. За своїм різновидом мостові споруди поділяються на [11]:

- мости – класичні споруди для перетину водних або інших перешкод;
- шляхопроводи – для перетину доріг або залізничних колій;
- віадуки – мости, що перетинають глибокі ущелини або яри;
- естакади – складні інженерні споруди, що застосовуються у дорожніх розв'язках та на ділянках зі складною геометрією.

До основних конструктивних елементів мостів належать: прогонові будови та опори (рис. 1.1). Прогонові будови виконують функцію перекриття простору між опорами. Вони сприймають навантаження від транспортних засобів та власної ваги, передаючи ці зусилля на опори. Опори ж, своєю чергою, передають навантаження через фундаменти на ґрунти основи.

Опори мосту поділяються на:

- берегові опори (устої), які з'єднують міст із підхідними насипами;
- проміжні опори (бики), які підтримують прогонові будови.

Для з'єднання дороги з мостом влаштовують підходи у вигляді земляних насипів або естакад.

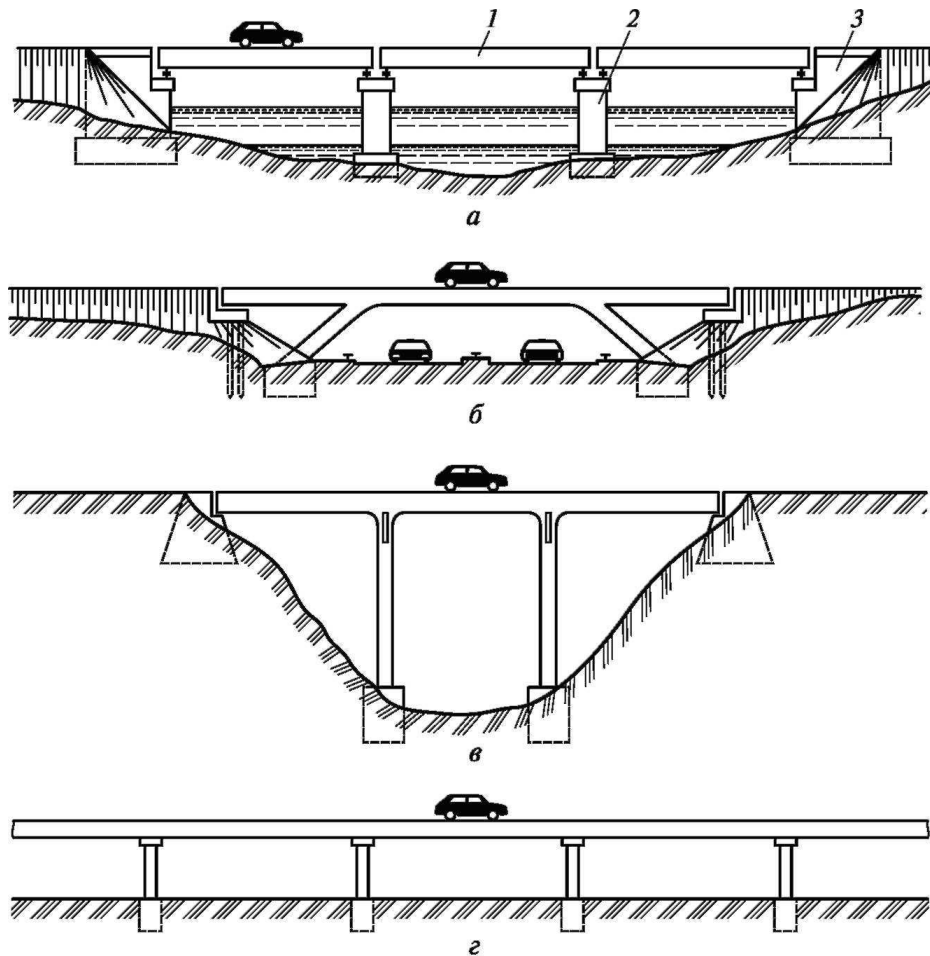


Рисунок 1.1 – Види мостових споруд:

а – міст, б – шляхопровід, в – віадук, естакада;

1 – прогонова будова, 2 – проміжна опора; 3 – берегова опора

Прогонові конструкції можуть складатися з балок, ферм, діафрагм (поперечних балок) та плити проїжджої частини. За статичною схемою прогонові конструкції [11, 12]: балкові, аркові, рамні, вантові, комбіновані (рис. 1.2). У разі необхідності, наприклад, на естакадах або в складних дорожніх розв'язках, прогоновим конструкціям надають складні форми, такі як спіралеподібні чи кільцеві. За матеріалом прогонової будови мости бувають металеві (сталь та алюмінієві сплави), залізобетон і бетон, природний камінь, цегла, дерево. Найпоширеніший варіант сучасних мостів – сталезалізобетонні (СТЗБ) прогонові будови. Залізобетонні, бетонні та сталезалізобетонні мости за влаштуванням плити можуть бути збірними, монолітними та збірно-монолітними.

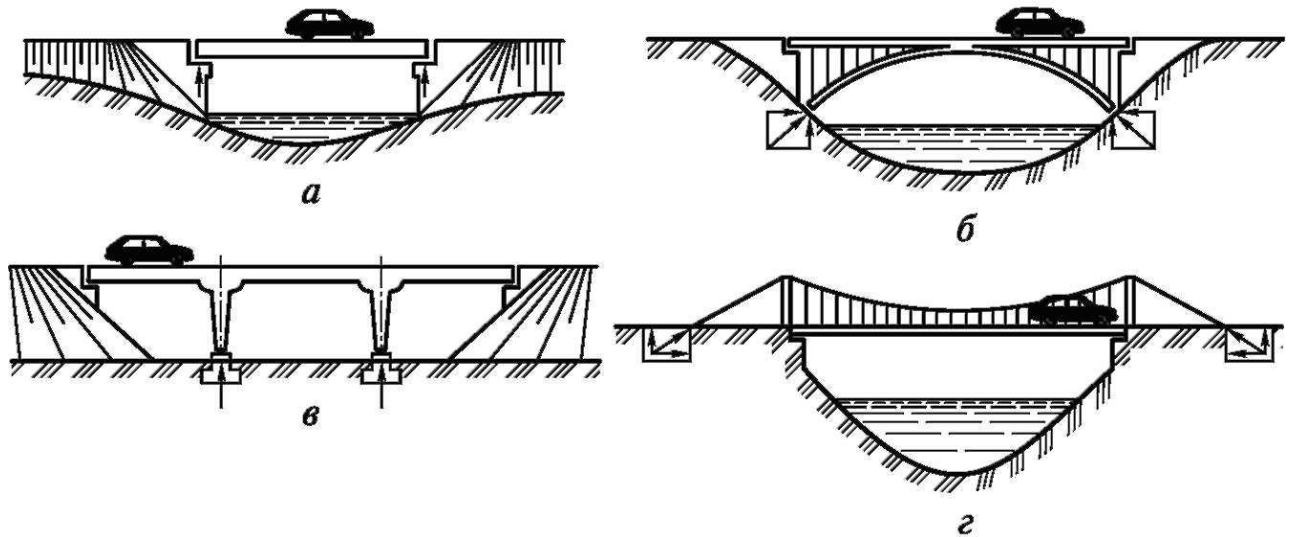


Рисунок 1.2 – Основні системи мостів:
а – балочна; *б* – арочна; *в* – рамна; *г* – підвісна

На констуктивні особливості мостів впливають також ширина проїзної частини та довжина мосту. Ширина проїзної частини визначає кількість смуг руху в обох напрямках і залежить від категорії дороги або магістралі, на якій розташований міст. Кількість смуг може варіюватися від двох до восьми і більше, залежно від інтенсивності руху та транспортних потреб. За довжиною мости класифікують на:

- малі мости – завдовжки до 25 м;
- середні мости – з довжиною від 25 до 100 м;
- великі мости – з довжиною більше 100 м. При цьому мости з довжиною менше 100 м, але з одним прольотом більше 60 м, також відносяться до великих мостів;
- позакласні мости – із загальною довжиною більше 500 м або з одним із прольотів, що перевищує 150 м (виконуються у вигляді вантових, підвісних, рамних або арочних конструкцій на магістральних дорогах високої категорії).

Таким чином, розміри та параметри мостів безпосередньо залежать від їх призначення, транспортного навантаження та технічних вимог до дорожньої інфраструктури, а також умов природних та техногенних перешкод.

1.2 Аналіз існуючих конструкцій автодорожніх балочних мостів з залізобетону

Найбільш поширеними автодорожніми мостами малих і середніх прольотів в Україні є споруди з розрізними залізобетонними балочними прогоновими будовами (рис. 1.3-1.5). До 50-х років XX століття, коли Україна була частиною Радянського Союзу, залізобетонні мости таких розмірів будували переважно монолітними конструкціями. Це були плитні мости довжиною від 2 до 6 м і ребристі – від 8 до 15 м. Основною перевагою цих мостів була їхня надійність та довговічність, проте будівництво ускладнювалося через складність забезпечення необхідної міцності бетону і трудомісткість опалубочних робіт [12].



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд моста через р. Сіверський Донець, м. Чугуїв

Починаючи з 60-х років XX століття, у будівництві автодорожніх і міських мостів віддавали перевагу розрізним прогоновим будовам, які склалися з балок і плит заводського виготовлення. У таких конструкціях плита проїжджої частини була частиною збірного елемента. Проекти прогонових будов залежно від прольотів передбачали плитні, плитно-ребристі та коробчаті конструкції постійної або змінної висоти [13].



Рисунок 1.4 – Міст через річку Коломак у селищі Чутове, Полтавська обл.



Рисунок 1.5 – Міст через річку Случ в селищі Миропіль Житомирського району

У 70-х роках ХХ століття для перекриття прольотів від 15 до 33 м почали активно застосовувати уніфіковані збірні попередньо напружені балки без діафрагм. З'єднання балок у просторову систему здійснювалося замонолічуванням арматурних випусків лише у плиті проїжджої частини [14].

Будівництво автодорожніх мостів поточковим методом із використанням збірних конструкцій значно прискорювало процес зведення малих і середніх мостів. Індустріалізація будівництва дозволяла виконувати більшу частину

арматурних і бетонних робіт на заводах, що підвищувало ефективність спорудження об'єктів.

Однак, збірні прогонові будови мають і певні недоліки. Досвід експлуатації показав, що їх довговічність є відносно низькою через велику кількість поздовжніх і поперечних швів, що призводить до поступового руйнування конструкцій під дією навантажень та природних чинників.

Історія розвитку збірно-монолітних конструкцій показує, що вони з'явилися пізніше за інші види. На початку 1940-х роках в Англії з'явилися конструкції плит і балок із частковим напруженням, у яких попередньо напружені елементи одночасно формували нижню поверхню конструкції та служили опалубкою для укладання монолітного бетону [11, 14]. Починаючи з 1949 року, такі конструкції активно використовували в Англії для реконструкції плитних прогонових будов мостів (рис. 1.6, а).

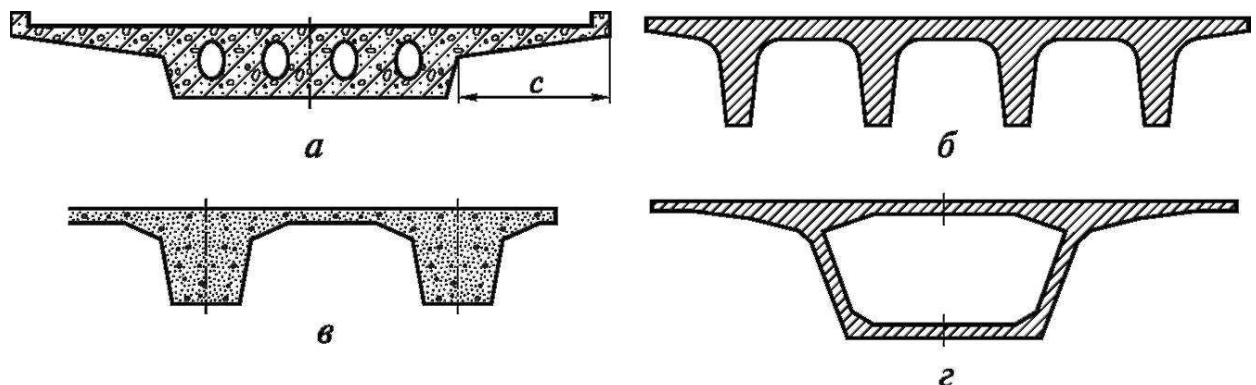


Рисунок 1.6 – Типи поперечних перерізів балочних залізобетонних мостів:

а – плитна; *б* – ребриста; *в* – плитно-ребриста; *г* – коробчата

У США найпоширенішою групою збірно-монолітних конструкцій є ребристі балочні мости (рис. 1.6, б). У таких мостах балки двотаврового перерізу встановлюють на певній відстані одна від одної та об'єднують монолітною плитою проїжджої частини. Аналогічні рішення застосовувалися і у Франції, де збудували мости з прогонами 20-30 м, що складаються з таврових попередньо напружених балок, об'єднаних монолітною плитою (рис. 1.6, б, в).

В Україні найпоширенішим типом збірно-монолітних конструкцій для будівництва розрізних прогонових будов мостів є плитні конструкції: пустотні, плитно-ребристі та коробчаті. Поперечні перерізи таких будов представлені різними варіантами: збірні елементи виконують у вигляді коритоподібних плит, перевернутих таврів із попередньо напруженою арматурою або пустотних плит. Для забезпечення сумісної роботи збірні елементи об'єднуються поперечною арматурою та бетоном омонолічування (рис. 1.7, а) У деяких випадках, щоб зменшити вагу прогонової будови, таврові елементи омонолічують на певній висоті (рис. 1.7, б) [14-16].

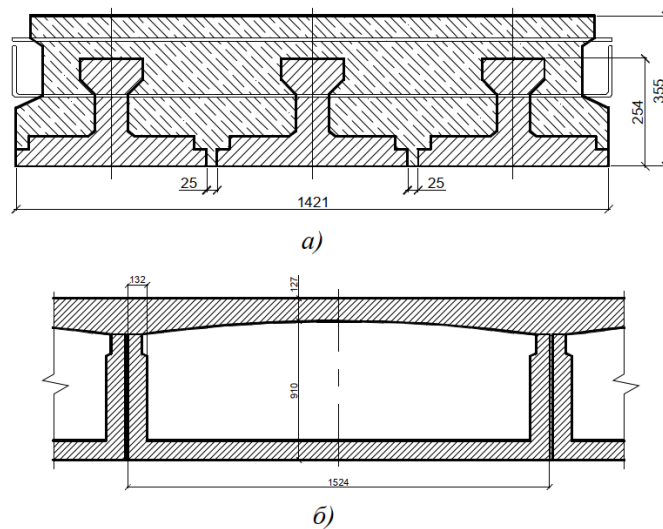


Рисунок 1.7 – Приклади поперечних перерізів плитних збірно-монолітних прогонових будов

Збірно-монолітні ребристі прогонові будови складаються з мінімальної кількості уніфікованих попередньо напружених елементів. Основними несучими елементами є збірні балки, які виготовляють прямолінійними, з прямокутним або двотавровим перерізом та попередньо напруженою арматурою (рис. 1.8). Під час влаштування монолітних діафрагм для забезпечення сумісної роботи ненапружену арматуру приварюють до випусків зі збірних балок або застосовують поперечний обтиск прогонових будов шляхом облаштування каналів у балках для подальшого пропуску поперечної напруженої арматури [17, 18].

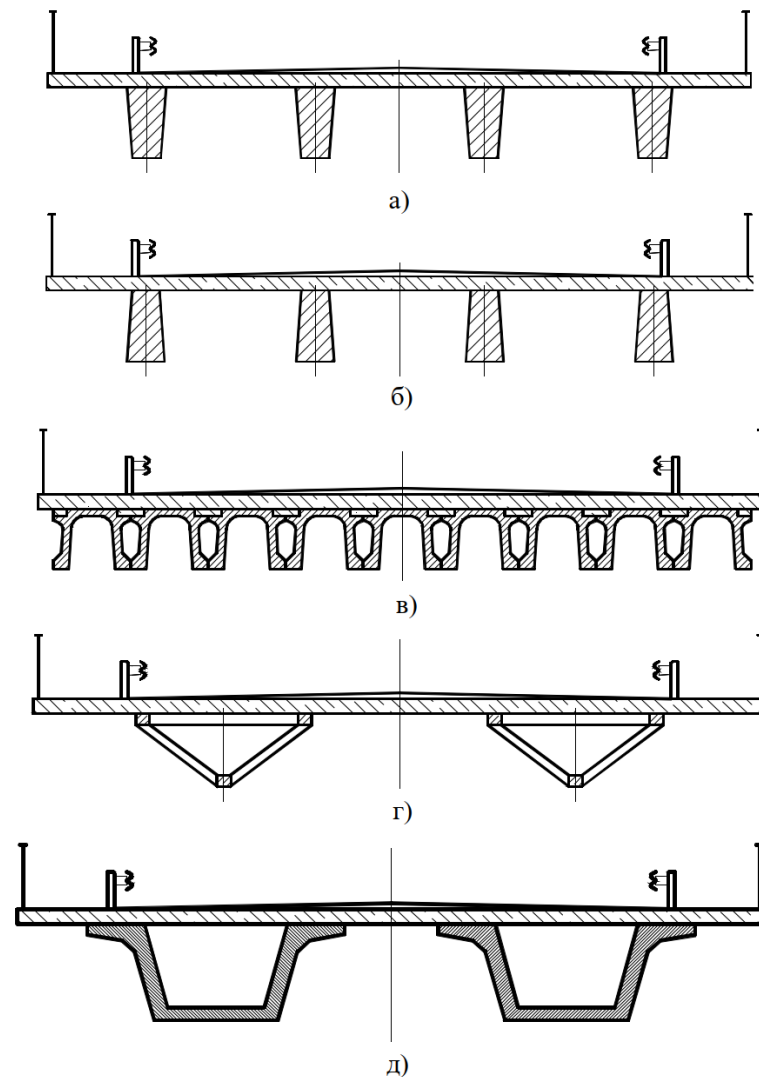


Рисунок 1.8 – Приклади поперечних перерізів прогонових будов мостів

Для мостів із прогонами 12-30 м найбільш раціонально використовувати збірні бездіафрагмові балки трапецієподібного перерізу (рис. 1.8, а, б). У такій конструкції збірні балки одночасно слугують ребрами прогонової будови та об'єднуються з монолітною плитою проїжджої частини. Об'єднання виконується за допомогою випусків арматурних каркасів або жорстких упорів, що забезпечують надійність і стійкість конструкції.

У випадку невеликих прольотів 12-18 м збірні балки зазвичай виготовляють із звичайним армуванням в касетних опалубках, які мають нерухомі борти (рис. 1.8, а). Для виймання готових балок такі опалубки мають технологічні ухили, що надає балкам трапецієподібної форми з розширенням у верхній частині. Основним недоліком таких балок є виникнення тріщин у бетоні

розтягнутої зони під дією експлуатаційного навантаження, що потребує збільшення розмірів балок для забезпечення міцності. Це, у свою чергу, призводить до збільшення їхньої власної ваги, що є недоліком.

При прогонах 18-33 м більш раціональним є застосування попередньо напружених балок. У цьому випадку доцільно використовувати трапецієподібний переріз з ширшою основою в нижній частині, що підвищує ефективність конструкції за рахунок оптимального розподілу навантажень. Також часто застосовуються збірно-монолітні конструкції з попередньо напруженими П-подібними балками (рис. 1.8, в). Основний їхній недолік полягає у складній формі поперечного перерізу, що ускладнює процес виготовлення таких балок. Крім того, великий об'єм залізобетону значно збільшує загальну вагу прогонової будови, що робить її менш економічно ефективною.

Для зменшення витрат матеріалів збірні прогони виготовляють у вигляді конструкцій типу структур (рис. 1.8, г) або попередньо напружених балок коробчатого перерізу (рис. 1.8, д). Основний недолік таких рішень – корозійні явища, що виникають від дії води, яка з часом затікає в балки через руйнування деформаційних швів.

Збірно-монолітні конструкції мостів є ефективним рішенням, яке дозволяє поєднувати індустриально виготовлені збірні елементи з монолітною плитою без поздовжніх та поперечних швів. Для підвищення ефективності конструкцій можливим є зменшення кількості збірних елементів у поперечному перерізі мосту (рис. 1.9).

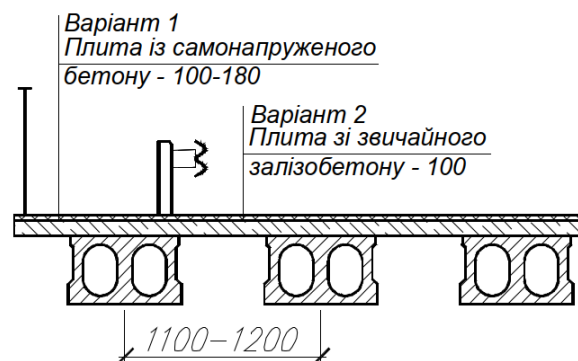


Рисунок 1.9 – Об'єднання монолітної плити зі збірними з/б елементами

Ці елементи об'єднують монолітною плитою товщиною 100 мм із звичайного бетону або 100-180 мм із самонапруженого залізобетону [14-16].

Одним із конструктивних рішень є використання збірних пустотних плит, об'єднаних монолітною плитою по верху (рис. 1.10). Це забезпечує просторову роботу конструкції та підвищує її довговічність.

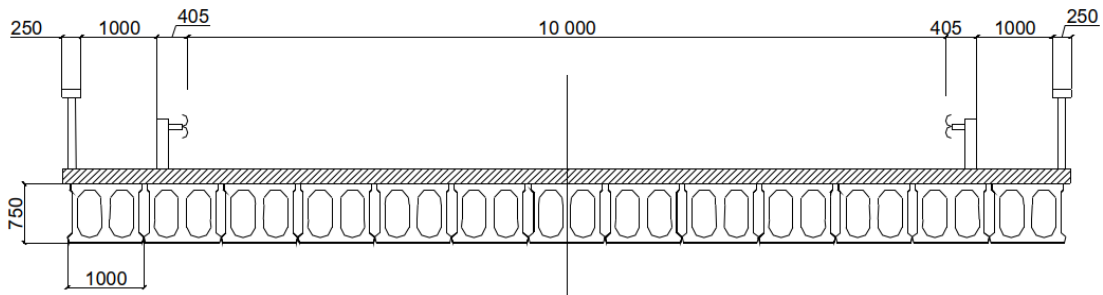


Рисунок 1.10 – Об'єднання монолітної плити зі збірними з/б пустотними плитами

Важливою особливістю збірно-монолітних будов є можливість поєднання збірних елементів заводського виготовлення з монолітною плитою підвищеної товщини. Це дозволяє реалізовувати різні варіанти поперечного перерізу мосту: з тротуарами на рівні плити, з підвищеними тротуарами або без них (рис. 1.11). Такі конструкції розроблені інститутом ДерждорНДІ [14].

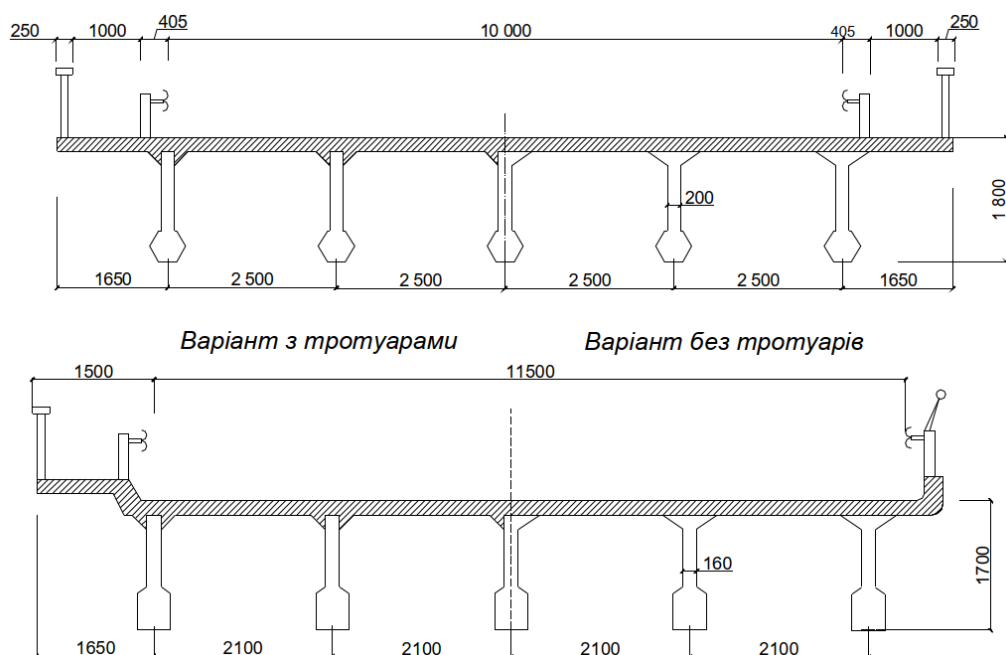


Рисунок 1.11 – Використання монолітної плити підвищеної товщини

Ще одним прикладом є рішення інституту ДерждорНДІ є використання збірних попередньо напружених балок з неповною полицкою товщиною 100 мм (замість традиційних 150 мм). На будівельному майданчику такі балки об'єднують монолітною плитою загальною товщиною 200 мм, створюючи просторову конструкцію з високою несучою здатністю (рис. 1.12) [18].

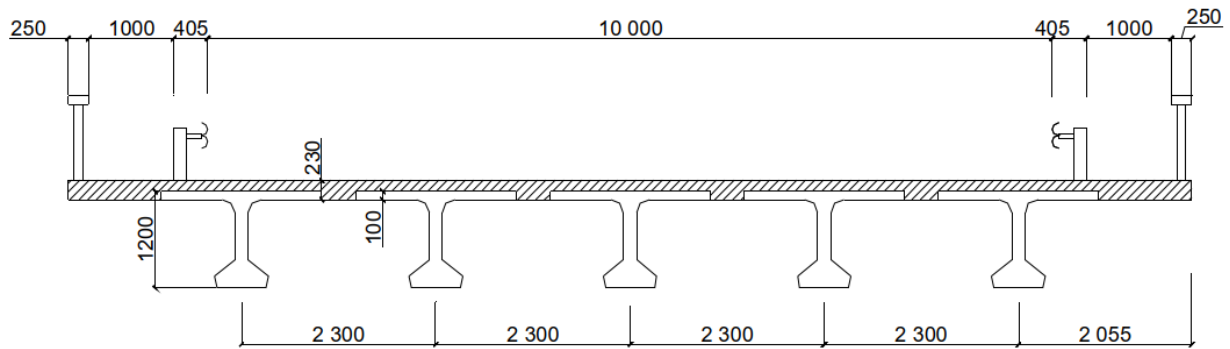


Рисунок 1.12 – Використання збірних попередньо напружених балок з неповною полицкою

Перспективними напрямками розвитку збірно-монолітних прогонових будов є:

- максимальне спрощення форми поперечного перерізу збірних балок для зручності виготовлення;
- виконання плити проїжджої частини повністю монолітною, що забезпечує цілісність конструкції;
- економічність завдяки оптимізації використання матеріалів;
- удосконалення технологій виготовлення та монтажу елементів на місці будівництва.

Таким чином, збірно-монолітні конструкції є ефективним рішенням для мостів різних прольотів, забезпечуючи поєднання індустріального виробництва та монолітного бетонування на місці, проте їхня ефективність залежить від типу балок, розмірів прольотів та оптимізації матеріалів для зменшення ваги конструкції.

1.3 Основні конструктивні елементи балочних мостів, що виготовлені з Т-подібних балок

На даний момент близько 43% мостових споруд на території України за конструктивною схемою – це збірні ребристі прольотні будови. Це пояснюється масовим застосуванням збірних попередньо напружених залізобетонних балок, зведених за типовими проектами [19].

Аналіз існуючих мостових конструкцій показав, що найчастіше використовуються балкові прольотні будови, які мають просту конструктивну схему та найбільшу ефективність при зведенні у збірному залізобетоні. Серед них виділяються два основні типи поперечних перерізів (рис. 1.12) [18]:

- П-подібні конструкції, що мають високу жорсткість та просторову стійкість (рис. 1.13);
- Т-подібні (таврові) конструкції, які характеризуються ефективним використанням матеріалу завдяки поєднанню плити та ребер жорсткості (рис. 1.14).

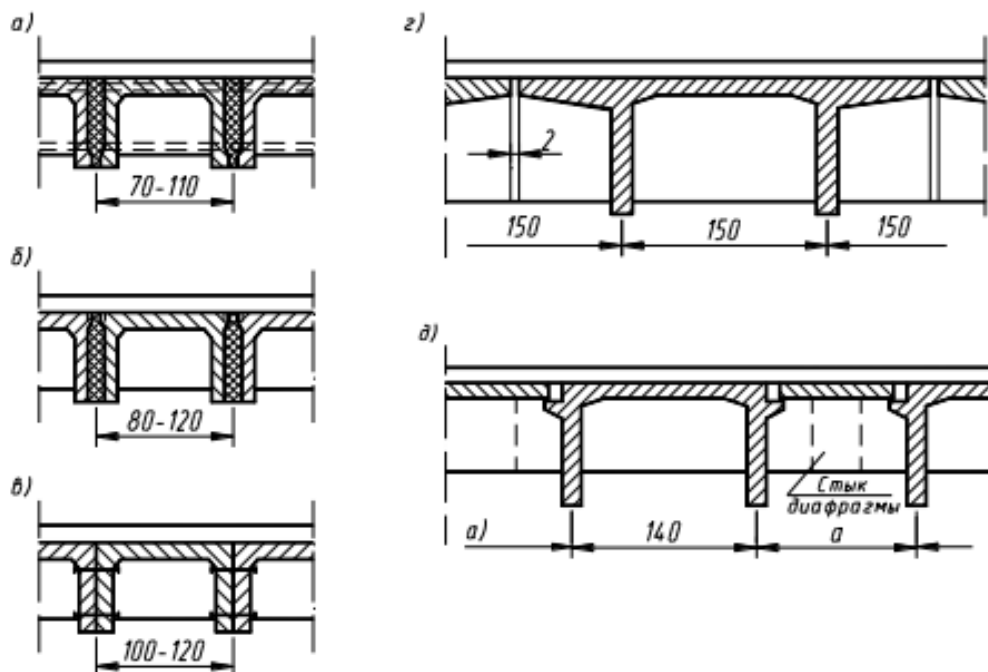


Рисунок 1.13 – П-подібні перерізи конструкції мостів

П-подібні бетонні конструкції набули розповсюдження у післявоєнні роки для зведення малих мостів. Сучасне їх призначення – несучі елементи проїздної частини балочних чи арочних мостів.

Більшого поширення набули Т-подібні перерізи конструкції мостів з діафрагмами (рис. 1.14, а-г) і без діафрагм (рис. 1.14, д-е) з ненапруженого і попередньо напруженого бетону [19].

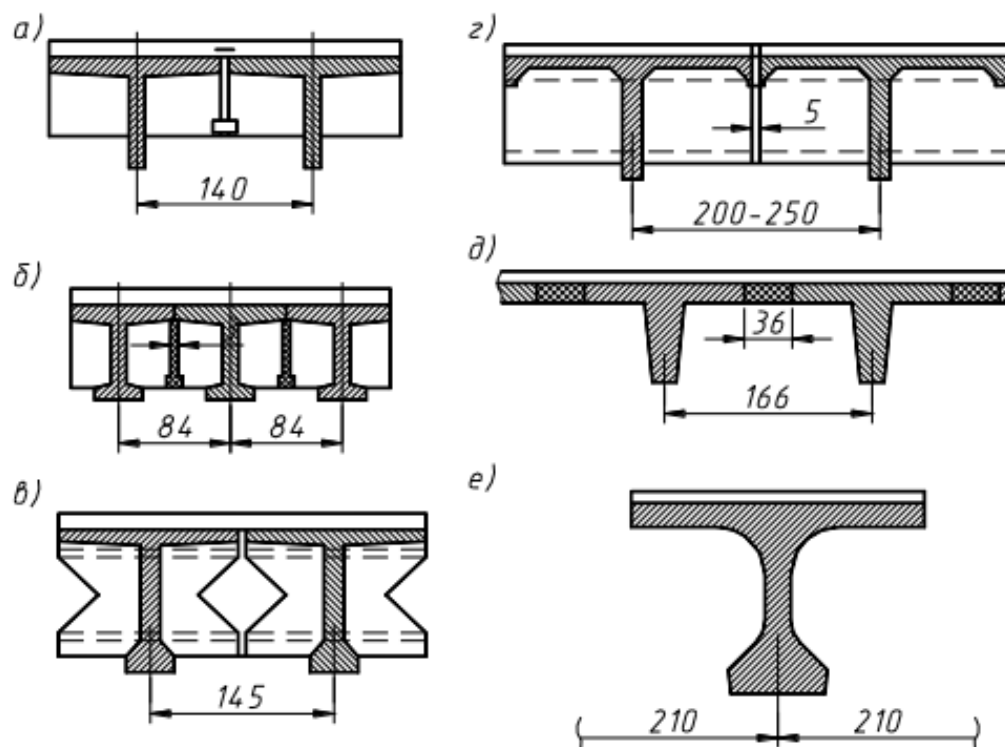


Рисунок 1.14 – Т-подібні перерізи конструкції мостів

Розглянемо найпоширеніші типові рішення бездіафрагмових Т-подібних прольотних будов [19-21]:

1) «Випуск 56 – доповнення» випущений для проектування автодорожніх споруд для прольотів 7,5; 10,0; 12,5 та 15,0 м (рис. 1.15). Запроектовані під нормативні навантаження Н-13 і НГ-60; Н-18 і НК-80. Габарити проїздної частини Г-6, Г-7 і Г-8 при ширині тротуарів 0,75 та 1,5 м. Бетон класу В20 (М250). Армування каркасами, сітками, хомутами зі сталі Ст-5 і Ст-3. Крок балок у поперечному напрямку прольоту – 1,66 м. Відсоток мостових споруд з балками даної серії становить 8,1 %.

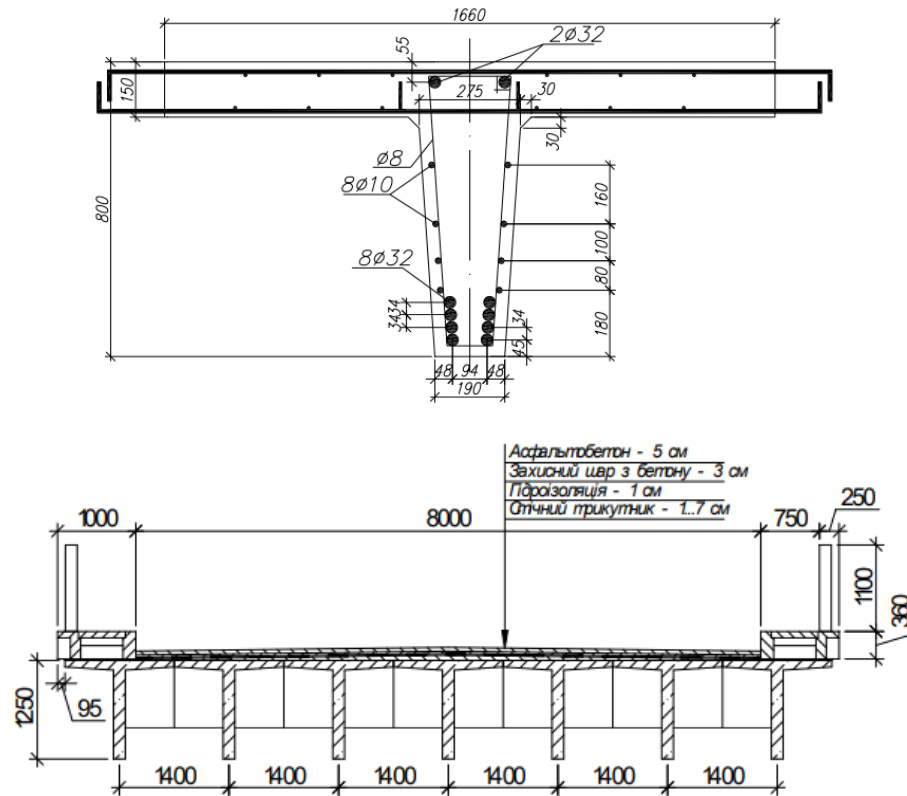


Рисунок 1.15 – Типові середні балки серії «Випуск 56 – доповнення»

2) Серія 3.503-14 інв. №710/5 (1974 р.) виготовляли з бетону класу В25 (М300). В якості робочі арматури прийнято попередньо напружені стержні класу А-III (рис. 1.16). Це дозволило знизити будівельну висоту конструкцій, що, у свою чергу, сприяє зменшенню ваги несучих елементів. Ця серія доцільна для прольотів довжиною до 40 м. Крок балок у поперечному напрямку прольоту – 1,66-1,70 м.

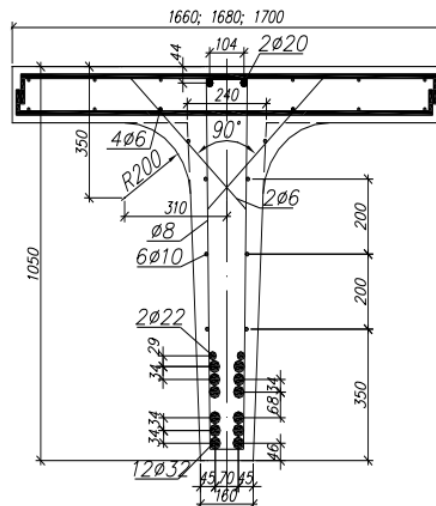


Рисунок 1.16 – Типові балки серії 3.503-14 інв. №710/5

3) Серія 3.503-12 (інв. №384/46) поділено на три випуски, які охоплюють розробку різних типів ребристих прольотних будов і балок (рис. 1.17):

- Випуск 18 передбачає конструкції ребристих прольотних будов завдовжки 12, 15, 18, 21, 24, 33 та 42 м.

- Випуск 19 містить балки довжиною 12, 15, 18, 21 та 24 м, які армовані горизонтальними пучками, а також балки довжиною 24 і 33 м з висотою 1,5 та 1,7 м, що армовані полігональними пучками з натягом пучків на упори.

- Випуск 20 охоплює балки довжиною 24, 33 та 42 м, які також армовані полігональними пучками.

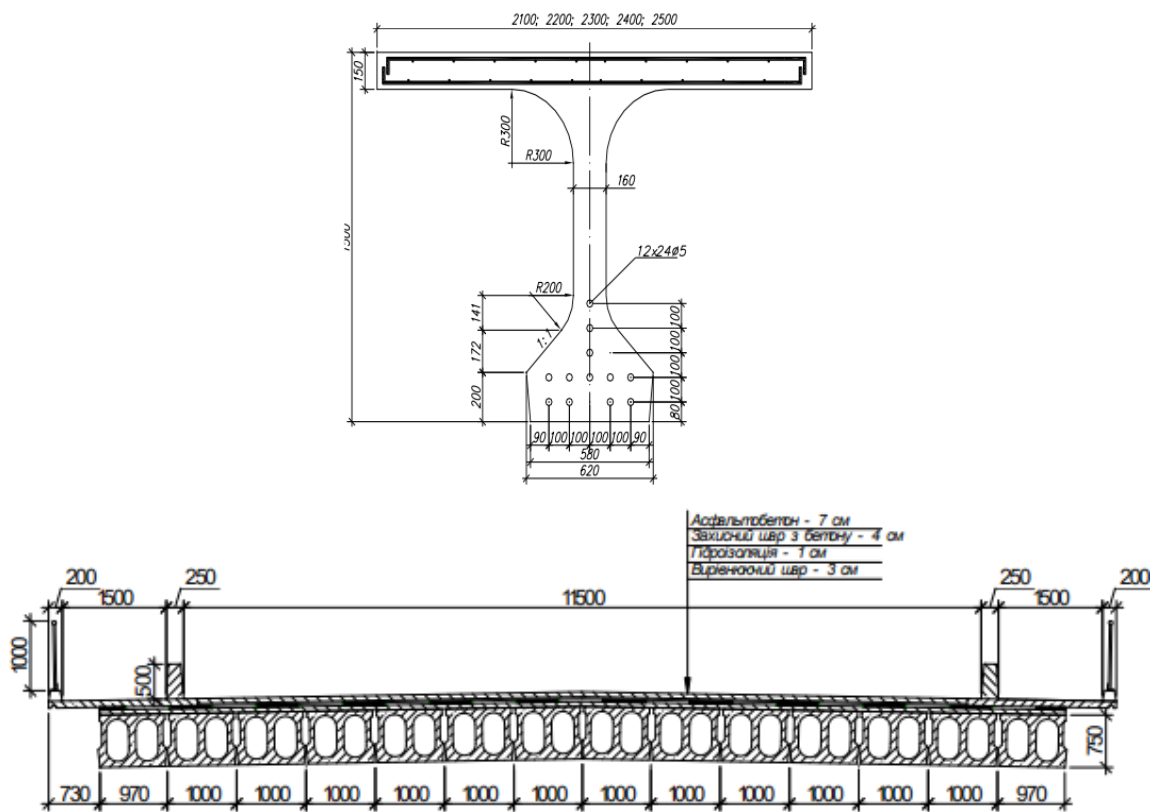


Рисунок 1.17 – Типові балки серії 3.503-12 (інв. №384/46)

Для виготовлення балок прольотних будов застосовують бетон марок 350, 400 та 500, що відповідає сучасним класам В-27,5, В-30 та В-40. Напружена арматура виконується у вигляді пучків дроту класу В-II діаметром 5 мм. Для прольотних будов з довжиною 12, 15, 18 та 21 м передбачено армування семидротовими пасмами діаметром 15 мм.

4) Відсоток розповсюдження типових проектів мостових споруд за типовими проектами вип. ВТП-15, ВТП-16 – 16,3 % (рис. 1.18-1.19).

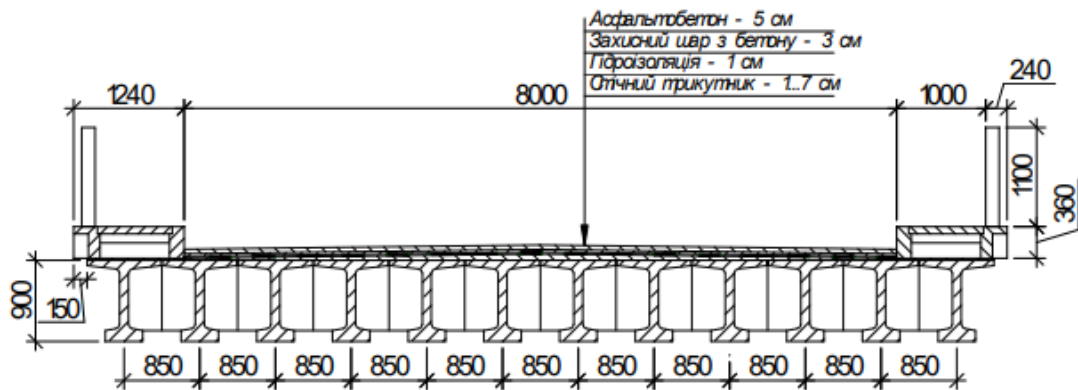


Рисунок 1.18 – Типові балки серії ВТП-16

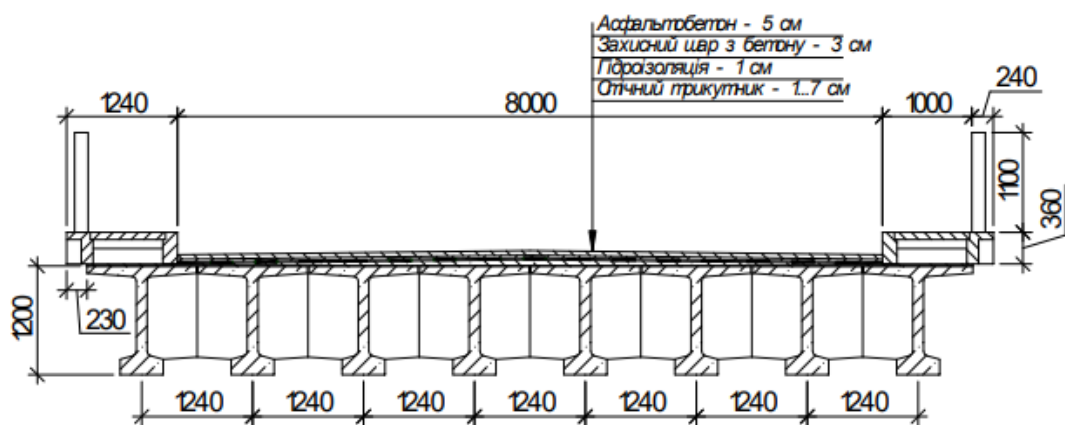


Рисунок 1.19 – Типові балки серії ВТП-15

1.4 Використання монолітних накладних плит для підсилення автодорожніх мостів

На автомобільних дорогах загального користування України на сьогодні експлуатується 16,1 тисяч мостів та шляхопроводів загальною довжиною 364 км. З них 1,9 тисяч розташовані на дорогах державного значення із загальною довжиною 72,5 км, а решта 14,2 тисяч – на дорогах місцевого значення, їх сумарна довжина становить 291,5 км.

За матеріалами спорудження 93% мостів виконані з кам'яних та залізобетонних конструкцій, серед яких 30% – монолітні, 5% – збірно-монолітні та 65% – збірні, 6% мостів є металевими (переважно залізничні мости), а 1% – це дерев'яні конструкції.

Інтенсивне зростання руху, підвищення вантажопідйомності транспортних засобів і недостатній рівень експлуатаційного утримання мостів створюють значну загрозу для безпеки транспорту. Більшість існуючих мостів і шляхопроводів в Україні були споруджені відповідно до технічних норм 1962 р., які сьогодні вже застаріли і не відповідають сучасним вимогам і новим нормативним документам, особливо в аспекті вантажопідйомності та габаритів проїзної частини. Також більшість мостів на дорогах місцевого значення не мають належного рівня благоустрою та заходів щодо безпеки руху. Це призводить до недостатньої пропускної здатності, а також порушень безпеки та комфорту руху. Через багаторічне використання без належного догляду та поточних ремонтів дані мостові споруди мають різні види пошкоджень, руйнувань, дефектів, корозії різних конструктивних частин мостової конструкції. Як наслідок, сьогодні багато малих мостів перебувають у занедбаному стані, мають численні дефекти та загалом демонструють незадовільний фізичний стан. Відповідно, малі мости потребують реконструкції, що включає розширення габариту, підсилення несучих конструкцій та забезпечення їх довговічності та надійності згідно з сучасними вимогами. Для цього особливу увагу приділяють розробці нових ефективних збірних попередньо напружених балок для збірно-монолітних мостів. А також, підсиленню існуючих мостових конструкцій монолітними накладними плитами.

Одним із найефективніших способів розширення мостових споруд є застосування залізобетонної накладної плити з консолями, яку влаштовують поверх існуючих балок без необхідності розширення чи реконструкції опор [22-24]. Основна перевага цього методу полягає у включенні накладної плити у сумісну роботу з існуючими балками, що значно покращує просторову роботу

прольотної будови. Це особливо актуально для збірних конструкцій, у яких є порушення поперечних зв'язків.

Загалом, влаштування накладної плити дозволяє вирішити ключові завдання реконструкції моста, зокрема:

- забезпечення необхідної ширини проїзної частини та тротуарів;
- підвищення поперечної жорсткості прольотної будови;
- підсилення існуючих балок для досягнення необхідної несучої здатності та жорсткості;
- поліпшення динамічних характеристик конструкції;
- заміна елементів мостового полотна, часто з усуненням дефектних деформаційних швів;
- підвищення комфортності та умов руху;
- надання мосту сучасного архітектурного вигляду.

Плоска монолітна накладна плита забезпечує надійну сумісну роботу з існуючими балками та спрощує технологію влаштування [25]. Однак для її застосування існують жорсткі рекомендації, що визначають раціональні межі використання залежно від типу прольотних будов. Так, у джерелах [22, 23] зазначається, що з урахуванням компенсації додаткової ваги за рахунок збільшення робочої висоти перерізу існуючих балок:

- для ребристих прольотних будов завдовжки 8-18 м допустимий виліт консолі до 3,0 м;
- для будов завдовжки 18–24 м – консолі не повинні перевищувати 2,0 м;
- для прольотів понад 24 м застосування накладної плити є нераціональним.

Щодо монолітних ребристих прольотних будов, влаштування накладної плити є неможливим, оскільки вона не забезпечує суттєвого збільшення висоти перерізу складеної балки, що унеможлиблює її ефективне підсилення.

Для прикладу розглянемо реконструкцію моста через р. Перга на км 205+612 автодороги Київ-Ковель-Ягодин (рис. 1.20).

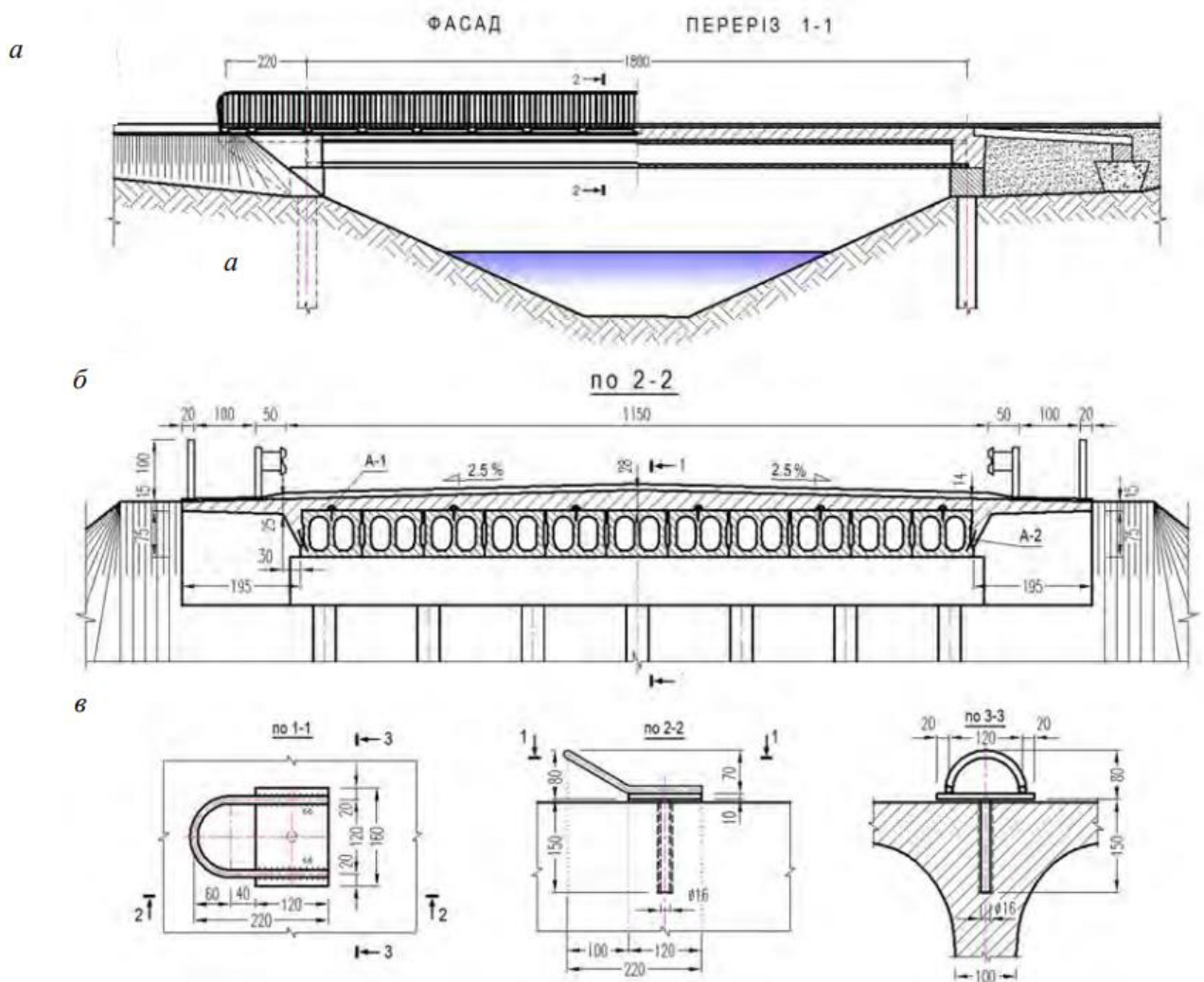


Рисунок 1.20 – Приклад реконструкції мосту через р. Перга: а – фасад і поздовжній переріз; б – поперечний переріз розширеного прольоту; в – анкери

Для забезпечення сумісної роботи накладної плити з існуючими плитами застосовуються клеєстержневі петльові анкери (рис. 1.20, в) [22].

Зовнішні бокові поверхні крайніх плит, які є відкритими або частково пошкодженими через корозію бетону, захищаються шляхом влаштування добетонуваних ребер з нахиленими поверхнями, які об'єднуються в нижній частині з плитами за допомогою П-подібних анкерів А-2 (рис. 1.20, б).

Підсилення плит для сприйняття нормованих тимчасових навантажень А15 і НК-100 виконується шляхом зміни статичної схеми: із балкової вільнообпертої на защемлену на опорах. Це досягається шляхом влаштування поперечних надопорних ребер. Для реалізації цього рішення над опорами:

1. Відкривають пустоти у плитах зверху;
2. Встановлюють додаткову надопорну арматуру;
3. Замонолічують відкриті ділянки пустот разом з ребрами одночасно з бетонуванням накладної плити.

На приопорних ділянках накладної плити встановлюють зварні сітки з надопорною арматурою, призначеною для сприйняття опорних згинальних моментів, що виникають після защемлення плит.

Таке конструктивне рішення дозволяє:

- Підвищити несучу здатність плит;
- Забезпечити їх сумісну роботу з накладною плитою;
- Поліпшити надійність і довговічність конструкції мостової споруди.

Іншим прикладом є реконструкції однопрольотного мосту через річку на автодорозі Т1806 (рис. 1.21).

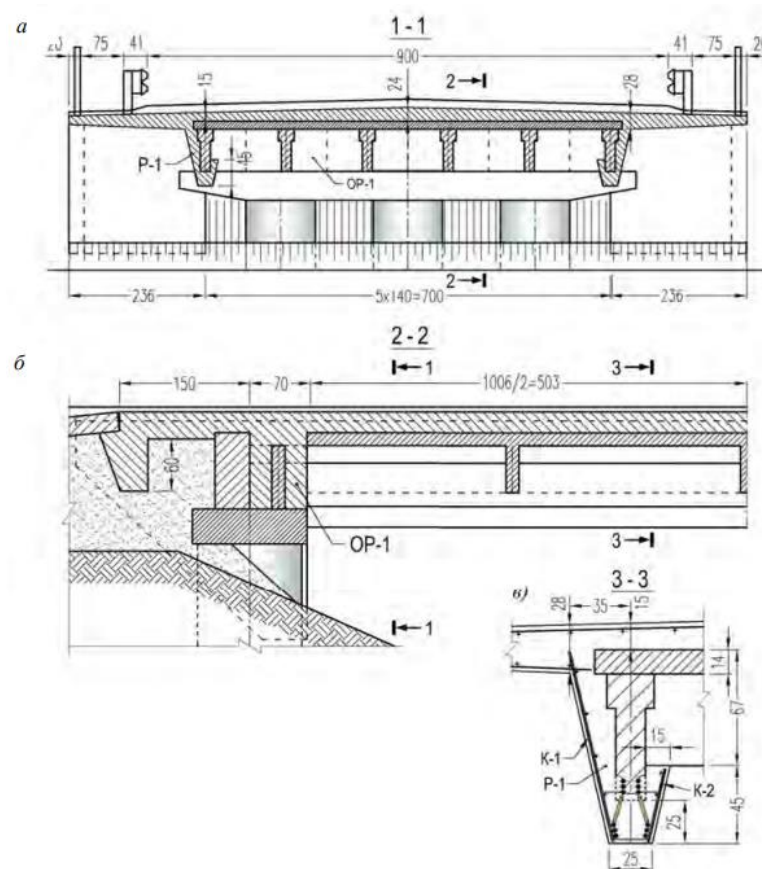


Рисунок 1.21 – Приклад реконструкції однопрольотного мосту через струмок на км 9+635 автодороги Т1806 Рівне-Млинів-Буськ-Перемишляни

Для розширення прольотної будови до габариту $\Gamma-9+2\times 0,75$ м було застосовано монолітну залізобетонну накладну плиту з консолями (рис. 1.21, а). Крайні балки підсилено шляхом добетонування знизу з додатковим армуванням, а відкриті кородовані фасадні поверхні захищено добетонуванням зовнішнього ребра Р-1 (рис. 1.21, а, в).

Крім цього, всі балки прольотної будови були підсилені зміною статичної схеми: з вільнообпертої **на** защемлену на опорах. Для цього влаштовані опорні ребра ОР-1 (рис. 1.21, б) у межах висоти балок і накладної плити. Ці ребра об'єднані з існуючим ригелем за допомогою клеєстержневих анкерів [22], що одночасно підсилює сам ригель. Торці існуючих балок вмонолічуються в опорні ребра, що перетворює статичну схему прольотної будови на рамну.

Для ліквідації надопорних деформаційних швів залізобетонна накладна плита видовжена на 1,5 м за межі опор (рис. 1.21 б). У її торці влаштоване поперечне ребро, яке забезпечує надійне обпирання перехідних плит (рис. 1.21, б). Таким чином, найбільше навантажені та пошкоджені крайні балки отримали подвійне підсилення:

1. Добетонуванням армованого поясу знизу.
2. Защемленням на опорах.

Ці заходи зі значним запасом забезпечили їх несучу здатність. Проміжні балки, які мають менше навантаження, були підсилені лише зміною статичної схеми з розрізної на защемлену на опорах.

Загалом, запропоноване конструктивне рішення реконструкції повністю виконало основні завдання:

- Забезпечило пропускну здатність.
- Підвищило безпеку та комфортність руху.
- Збільшило вантажопідйомність до рівня сприйняття нормованих тимчасових навантажень А15 і НК-100.

При реконструкції мосту через р. Серет на автодорозі регіонального значення Р-24 біля с. Лисівці Тернопільської обл. наявна прольотна будова була розширена до габариту $\Gamma-10+2\times 1,5$ м шляхом застосування збірно-монолітної

ребристої накладної плити з одночасним підсиленням опори № 3 (рис. 1.22, а). Розширення виконано за допомогою збірних накладних плит розмірами $6,06 \times 2,3$ м та висотою контурних ребер 30 см [26].

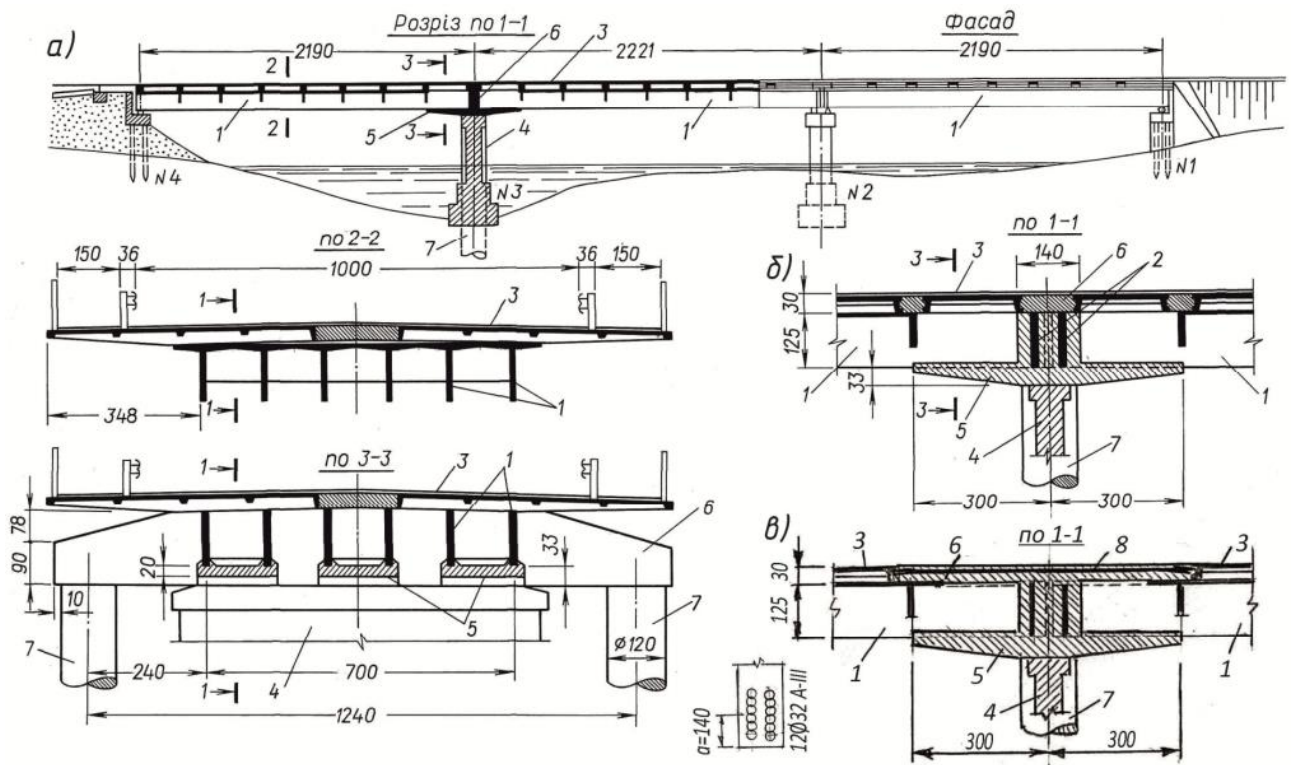


Рисунок 1.22 – Приклад реконструкції мосту через р. Серет на автодорозі Р-24 шляхом застосування збірно-монолітної ребристої накладної плити:

3 – ребристі накладні плити; 5 – нижня добетонована плита;

6 – добетонований ригель (монолітна вставка)

З'єднання плит виконане через замонолічені поперечні шви шириною 40 см. Додатково влаштовано монолітну поздовжню вставку у центральній частині прольоту, середньою шириною 1,98 м (рис. 1.22, а), що забезпечує надійну сумісну роботу елементів конструкції.

Таке рішення дозволило ефективно розширити прольотну будову, підвищити поперечну жорсткість, забезпечити необхідну ширину проїзної частини та тротуарів і одночасно посилити її несучу здатність без повної заміни основних конструкцій.

Основна ідея збірно-монолітного перерізу полягає у поєднанні індустріального виготовлення найбільш складних і трудомістких елементів на заводах або полігонах з виконанням менш складного елемента, такого як плита, безпосередньо на будівельному майданчику. Збірні елементи при цьому виконують роль риштування і часто опалубки для укладання бетону під час замонолічування. Після набору міцності бетон монолітної частини об'єднує збірні елементи в єдину робочу систему.

Аварійний технічний стан тротуарних плит часто призводить до аварійності та загальної непридатності мостових споруд для нормальної експлуатації. Досвід експлуатації показує, що економічно доцільно не підсилювати збірні накладні плити, а демонтувати їх і зводити нові тротуарні конструкції. Серед різноманітних конструктивних рішень для тротуарної частини мостів, які використовуються сьогодні, можна виділити найбільш поширені рішення для мостів з новими пролітними конструкціями (рис. 1.23) та мостів, пролітні конструкції яких підсилюються (рис. 1.24).

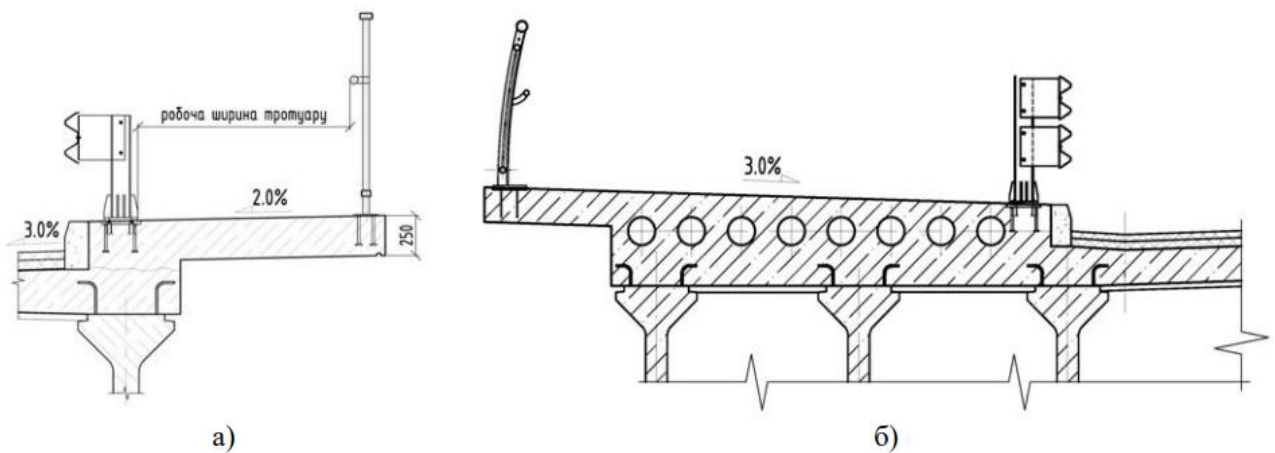


Рисунок 1.23 – Приклад тротуарних залізобетонних монолітних плит мостів:

а – консольна плита; б – плитноконсольна конструкція тротуару

До першої групи належать консольні (рис. 1.23, а) та плитно-консольні тротуарні конструкції (рис. 1.23, б), які застосовуються відповідно для вузьких і широких тротуарів. Обидва рішення можуть бути виготовлені як з бордюрним

каменем, так і без нього. У цю групу входять консольні залізобетонні монолітні плити (рис. 1.23, а), а також накладні полігональні або прямокутні плити з циліндричними порожнинами (рис. 1.23, б, в). До другої групи відносяться накладні монолітні плити різних конфігурацій (рис. 1.24) [1].

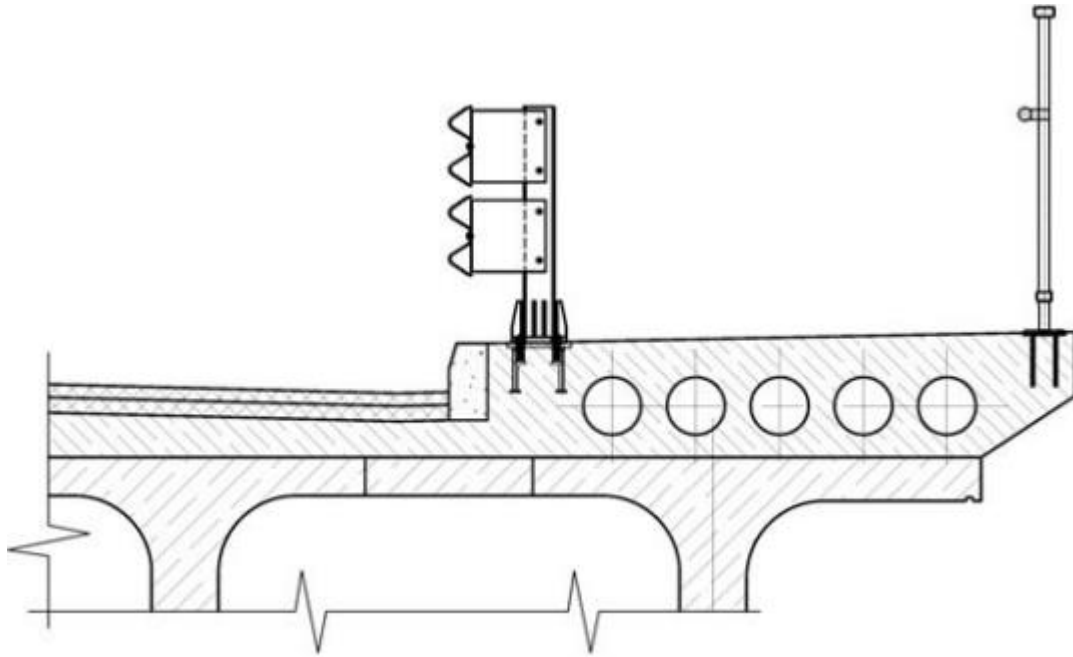


Рисунок 1.24 – Приклад полігональної накладної тротуарної плити з циліндричними порожнинами

Висновки за розділом 1

Проаналізовано існуючі конструкції автодорожніх балочних мостів з залізобетону, основні конструктивні елементи балочних мостів, що виготовлені з Т-подібних балок, та сучасні методи реконструкції мостових споруд.

Таким чином, найбільш поширеними типами прольотних будов мостів в Україні є плитні та балкові конструкції, що пояснюється їхньою простотою, економічністю та адаптивністю до збірного залізобетонного будівництва. Проте необхідність підсилення та реконструкції цих споруд через зростання навантажень та фізичне старіння залишається пріоритетним завданням для забезпечення надійності та довговічності мостових споруд України.

Розглянуто типові конструкції монолітних накладних плит для підсилення автодорожніх мостів.

Перевагами збірно-монолітних конструкцій є простота виготовлення та монтажу збірних елементів, легке поперечне об'єднання без складної опалубки, а також мала будівельна висота. Однак важливо враховувати і недоліки, серед яких значний загальний об'єм залізобетону у конструкціях такого типу.

Науково-практичні дослідження дали змогу детально проаналізувати типові конструктивні рішення тротуарних частин мостів. Для мостових споруд, тротуари яких мають дефекти, пов'язані зі збірними ребристими плитами, рекомендовано демонтувати ці елементи. Замість них доцільно зводити нові монолітні накладні конструкції полігональної форми, які забезпечують більшу міцність, довговічність та відповідність сучасним нормативним вимогам.

РОЗДІЛ 2

МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО ОДНОПРОЛІТНОГО АВТОДОРОЖНЬОГО МОСТУ, ЩО ВИГОТОВЛЕНИЙ З Т-ПОДІБНИХ МОСТОВИХ БАЛОК ТА ПІДСИЛЕНИЙ НАКЛАДНОЮ ПЛИТОЮ

Моделювання напружено-деформованого стану залізобетонного однопролітного автодорожнього мосту під дією комплексу кліматичних та технологічних навантажень, що виготовлений з Т-подібних мостових балок та підсилений накладною плитою виконаємо на прикладі мосту у селі М'якохід Гайсинського району Вінницької області. Міст через річку Удич на автодорозі загального користування державного значення Р-54 км 38+004 Краснопілка – Теплик – Бершадь – Саврань – Дубинове – (М-05) в межах Вінницької області є елементом транспортної інфраструктури, який забезпечує безперервне сполучення населеного пункту з іншими районами регіону. Його експлуатаційний стан напряду впливає на безпеку дорожнього руху, комфорт для водіїв і пішоходів, а також на пропускну здатність автомобільного транспорту.

В умовах постійного зростання інтенсивності руху транспорту та підвищення вагових навантажень на дорожню мережу потреба в капітальному ремонті мосту стає очевидною. Відсутність належного ремонту може призвести до збільшення аварійних ситуацій, зниження транспортної доступності, а також до збільшення витрат на подальше відновлення інфраструктури.

Додатково, чинні будівельні норми, зокрема ДБН В.1.2-15:2009 «Мости і труби. Навантаження і впливи», передбачають значно жорсткіші вимоги до надійності та довговічності мостових споруд у порівнянні з нормативами, які діяли під час початкового будівництва [27]. Це означає, що міст в його сучасному стані не відповідає сучасним стандартам і створює загрозу для учасників дорожнього руху.

Крім того, аналіз технічного стану мосту показує наявність значних пошкоджень [1].

2.1 Опис роботи мостової конструкції

Міст через річку Удич у селі М'якохід Гайсинського району Вінницької області являє собою 3-х прогонову мостову конструкцію, яка утворена (рис. 2.1):

- центральним прольотом через річку Удич, довжина 20,8 м;
- шістьма збірними Т-подібними залізобетонними мостовими балками перекриття, довжина 21,0 м, серія 3.503-12, випуск 19;
- еластомерними опорами та підферменниками;
- збірними залізобетонними ригелями Т-подібної форми, що виготовлені з 2-х напів ригелів $1200 \times 700(h) \times 6000$ мм за серією 3.503.1-105, обмонолічених по центру (ширина монолітної вставки 1000 мм, товщина – 150 мм);
- монолітними плитними ділянками – ростверками, 500×2100 мм (товщина $\times$ ширина), що виступають оголовками пальового фундаменту;
- розподільчим бетонним монолітним поясом, 400×1060 мм (товщина $\times$ ширина);
- системою паль-стійок (6 шт. на берегову опору), перерізом 350×350 мм. Палі обпираються на скельний ґрунт;
- береговими масивними опорами з гранітної кладки, товщиною не менше 1 м.

Крайні прольоти в осях «0-1» та «3-4» перекриті збірними залізобетонними плитами прямокутного перерізу (по 12 шт. на проліт), серія 3.503-41, вип. 2, розміри – $1000 \times 300(h) \times 6000$ мм.

У конструкції мостової споруди плити тротуарів опираються на різні опорні елементи залежно від їх розташування:

- Плити в осях «1» та «3» встановлюються на шафові стінки, які побудовані над ригелями.
- Плити в осях «0» та «4» спираються на лежневі опори, представлені балочними ростверками розміром 900 мм у ширину та 420 мм у товщину. Ці

опори об'єднують оголовки восьми опорних паль-стійок з перерізом 300×300 мм, які закладаються на скельному ґрунті (рис. 2.2).

Вісь дороги, що проходить через міст і збігається з віссю прогонових балок, утворює кут близько 84° з осями берегових опор, тобто вона не є строго перпендикулярною.

Дорожній одяг проїзної частини складається з двох шарів асфальтобетонного покриття загальною товщиною 110-140 мм (середнє значення – 125 мм). Для захисту від вологи передбачено гідроізоляційний шар, виконаний з бітумної обмазки.

Тротуарна частина побудована з використанням збірних тротуарних плит шириною 1060 мм, які укладаються поверх крайніх Т-подібних балок. Покриття тротуарів виконано з асфальтобетону товщиною 40 мм.

Ці характеристики конструкції свідчать про використання типових рішень, які можуть потребувати адаптації до сучасних нормативів під час реконструкції для забезпечення довговічності та безпеки експлуатації.

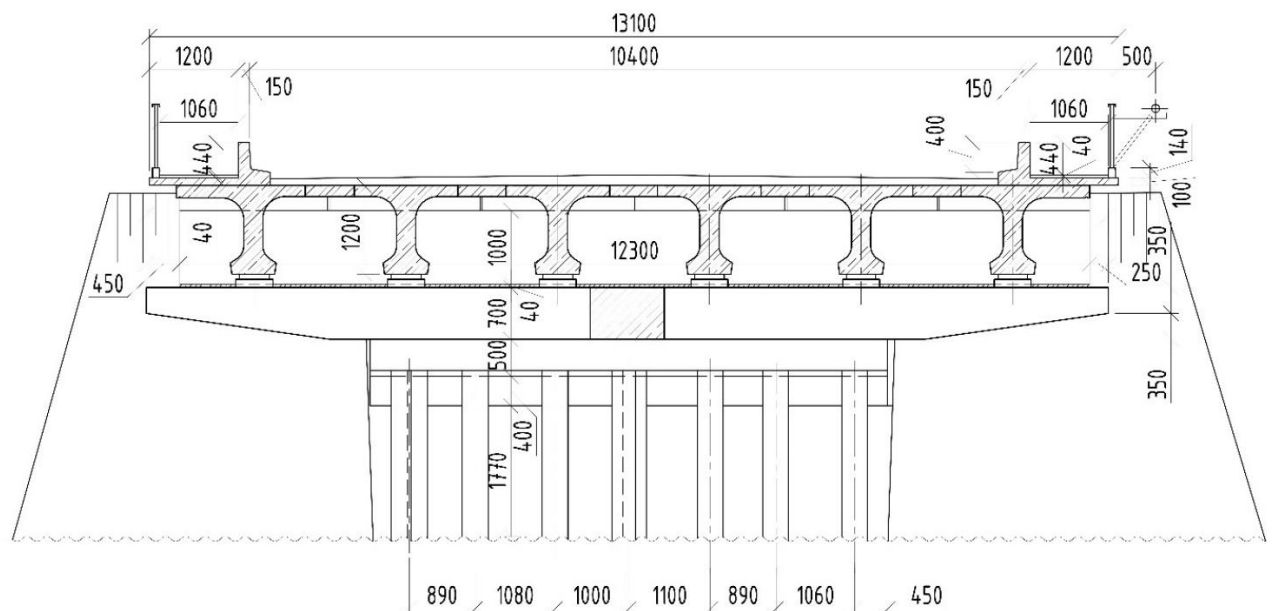


Рисунок 2.1 – Переріз мостової споруди в осях «1-3»

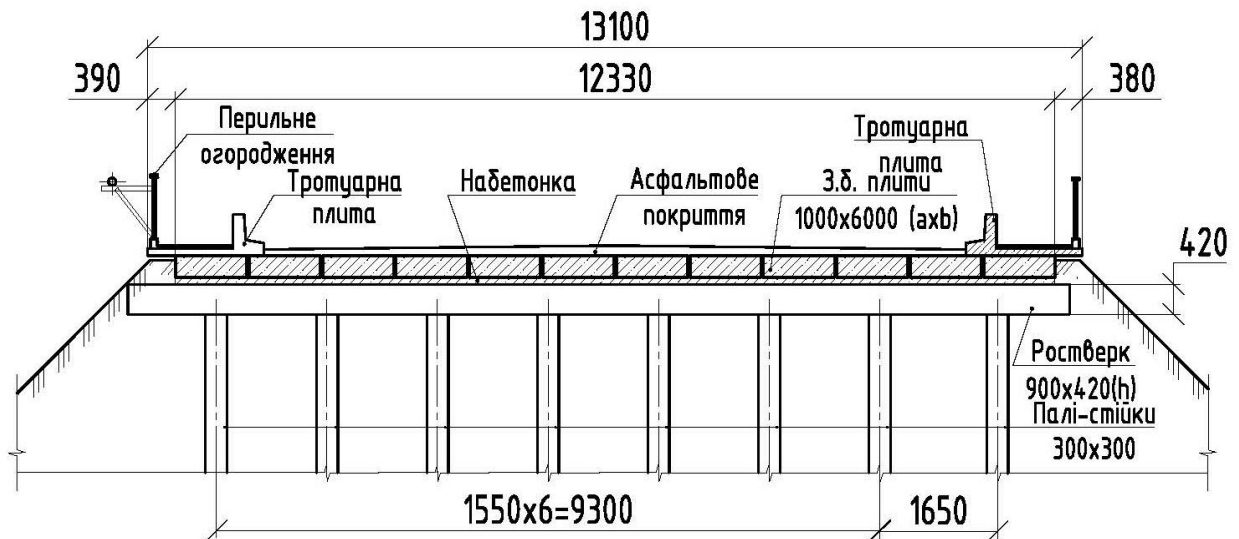


Рисунок 2.2 – Переріз мостової споруди в осях «0-1», «3-4»

2.2 Вихідні дані для моделювання мостової конструкції

Об'єкт перевірочних розрахунків – існуючі надземні залізобетонні конструкції мостової споруди через річку Удич на автодорозі Р-54 км 38+004 у селі М'якохид Гайсинського району Вінницької області.

Територія, де розташований міст, знаходиться у 2-му вітровому, 4-му сніговому та 3-му ожеледному районі та має наступні кліматичні характеристики: снігове навантаження – 1 400 Па; вітровий тиск – 450 Па; товщина стінки ожеледі – 19 мм [28].

Сейсмічність території – до 6 балів згідно з картою ЗСР-2004-А сейсмічного районування території України та [29].

Клас наслідків (відповідальності) споруди – СС-2 (середні наслідки) [30]. Відповідно, клас наслідків за ДБН В.2.3-22:2009 – II [4]. Тому приймаємо коефіцієнт надійності за відповідальністю для перекриття класу А $\gamma_r = 1,0$.

Прийняті в результаті інструментальних досліджень параметри армування залізобетонних прогонових конструкцій і клас бетону наведено в табл. 2.1-2.4.

Таблиця 2.1 – Параметри залізобетонних прогонових конструкцій

№	Конструкція	Переріз, мм	Клас бетону	Армування
1	Монолітні ростверки	2 100 x 500 (h)	B20 (C20/25)	не відоме
2	Збірні ригелі	1200 x 700(h)	B40 (C40/50)*	за серією 3.503.1-105
3	Прогонові плити	1 000 x 300	B35 (C35/45)*	за серією 3.503-41, вип. 2
4	Прогонові Т-подібні балки	за серією 3.503-12, випуск 19 – 26	B45 (C45/55)	за серією 3.503-12, випуск 19 – 26
5	Палі	-	B35 (C35/45)	-

*за результатами випробувань

Таблиця 2.2 – Міцнісні та деформаційні характеристики бетонів основних елементів мостової споруди

№	Характеристика	Бетон, значення величини				
		B20 (C16/20)	B25 (C20/25)	B35 (C30/35)	B40 (C32/40)	B45 (C35/45)
1	Елемент	Монолітні ростверки	Прогонові плити (серія), Збірні ригелі (серія)	Палі, прогонові плити, прогонові балки (серія)	Збірні ригелі (випробування)	Прогонові балки (випробування)
2	$f_{ck,prism}$, МПа	15	18,5	22	29	32
3	$R_b (f_{cd})$, МПа	10,5 (11,5)	13 (14,5)	17,5 (19,5)	20 (22)	22 (25)
4	f_{ctm} , МПа	1,9	1,9	2,6	2,8	3,2
5	$R_{bt} (f_{ctk, 0,05})$, МПа	0,85 (1,3)	0,95 (1,5)	1,15 (2,0)	1,25 (2,1)	1,3 (2,2)
6	$\varepsilon_{c3,cd}$, ‰	0,58	0,63	0,72	0,77	0,83
7	$\varepsilon_{cu3,cd}$, ‰	3,23	3,1	2,80	2,64	2,45
8	$E_b (E_{cd})$, ГПа	27,0 (20)	30,0 (23)	34,5 (27)	36,0 (28,5)	37,5 (30,5)
9	γ_c	1,3				

Таблиця 2.3 – Міцнісні та деформаційні характеристики не напруженої арматури елементів мостової споруди

№	Характеристика	Значення	
1	Арматура класу	A-I (A240)	A-III (A400, марка 25Г2С)
2	$R_{sn} (f_{yk})$, МПа	235 (240)	390 (400)
3	$R_s (f_{yd})$, МПа	210	350 (при $\sigma > 10$ мм)
4	$R_{sw} (f_{ywd})$, МПа	$= 0,8 \times R_s = 168$	$= 0,8 \times R_s = 280$
5	ε_{ud}	0,025	0,02
6	E_s , МПа	$2,06 \cdot 10^5$	$1,96 \cdot 10^5$
7	γ_s	1,05	1,1

Таблиця 2.4 – Міцнісні та деформаційні характеристики напруженої арматури Т-подібних балок

№	Характеристика	Значення
1	Арматура (канати) класу	K-7
2	Елемент	прогонові Т-подібні балки
3	f_{pk} , МПа	1470
5	$R_{sn} (f_{p0,1k})$, МПа	1335
6	$f_{pd} = f_{p0,1k} / \gamma_s$, МПа	1112
7	R_s , МПа	1055
8	ε_{uk} , ‰	0,014
9	E_p , МПа	$1,8 \cdot 10^5$
10	γ_s	1,2

Навантаження на мостову споруду:

- постійні: власна вага прогонової будови та вертикальних несучих елементів, перильного та бар'єрного огородження, конструкцій асфальтобетонного покриття;
- тимчасові навантаження, прийняті у відповідності до ДБН В.1.2-15:2009 [27], НК-100 та А-15, температурні, ожеледні та інші кліматичні впливи;
- нормативне корисне навантаження на тротуарну частину від натовпу людей – 400 кг/м².

Розрахунки виконано згідно діючих нормативів [4, 5, 27, 28, 14-32]. Аналітична методика перевірочних розрахунків залізобетонних конструкцій мостової споруди прийнята згідно з джерелом [33]. Перевірка міцності, окрім цього, додатково, виконана за методикою розділу 3 ДБН В.2.3-14:2006 [28].

2.3 Аналіз напружено-деформованого стану мостової споруди

Дослідження напружено-деформованого стану елементів мостової споруди показує, що найбільше навантаження припадає на:

- збірно-монолітні конструкції прогонової будови в осях «1-3»;
- прогонові плити в осях «0-1» та «3-4»;

- збірні ригелі, монолітні ростверки та палі.

Збірно-монолітна прогонова конструкція в осях «1-3», що складається зі збірних Т-подібних балок та монолітних вставок, працює в основному в поздовжньому напрямку. Плитна частина конструкції працює у поперечному напрямку між стійками прогонових балок.

Для розрахунку в поздовжньому напрямку збірно-монолітну прогонову будову умовно поділяють на балкові елементи таврового перерізу номінальною довжиною 21,0 м. Розрахунковий проліт дорівнює відстані між центрами еластомерних опор – $l_{01} = 20,5 \text{ (м)}$, а вантажна ширина таврового перерізу визначається як відстань між центрами монолітних ділянок $b_f' = 2050 \text{ мм}$.

Найбільш навантаженим елементом є умовна таврова балка, на яку діє колісне навантаження типу НК-100 (А-15). У найбільш несприятливому випадку колеса розташовуються безпосередньо над балкою (див. рис. 2.3, 2.4). Пролітні схеми тимчасових колісних навантажень НК-100 та А-15 наведені на рис. 2.5 та рис. 2.6.

Навантаження НК-100: чотирьохвісний візок із нормативним навантаженням на одну вісь $P_n = 245 \text{ кН}$ і коефіцієнтом надійності $\gamma_f = 1,0$.

Навантаження А-15: двовісний візок із нормативним навантаженням на одну вісь – $P_n = 9,81 \cdot 15 = 147,15 \text{ (кН)}$, доповнений смугою рівномірно розподіленого навантаження на площі шириною двох смуг під колесами – $V_n = 0,98 \cdot 15 = 14,7 \text{ (кН / м)}$. Кількість розрахункових смуг для навантаження А-15 визначається згідно з п. 8.3.4 ДБН В.1.2-15:2009 [27]. Розрахунок базується на співвідношенні габариту проїзної частини (10,4 м) до стандартної ширини смуги (3,5 м) із заокругленням до цілого числа:

$$10,4 \text{ м} / 3,5 \text{ м} = 2,97 = 2 \text{ розрахункових смуги (рис. 2.5).}$$

У разі розташування навантаження НК-100 або А-15 безпосередньо над умовною тавровою балкою ($b_f' = 2050 \text{ мм}$):

- в провіт між балками у несприятливому випадку припадає один ряд коліс;
- ширина колісної смуги становить 0,8 м для НК-100 і 0,6 м для А-15.

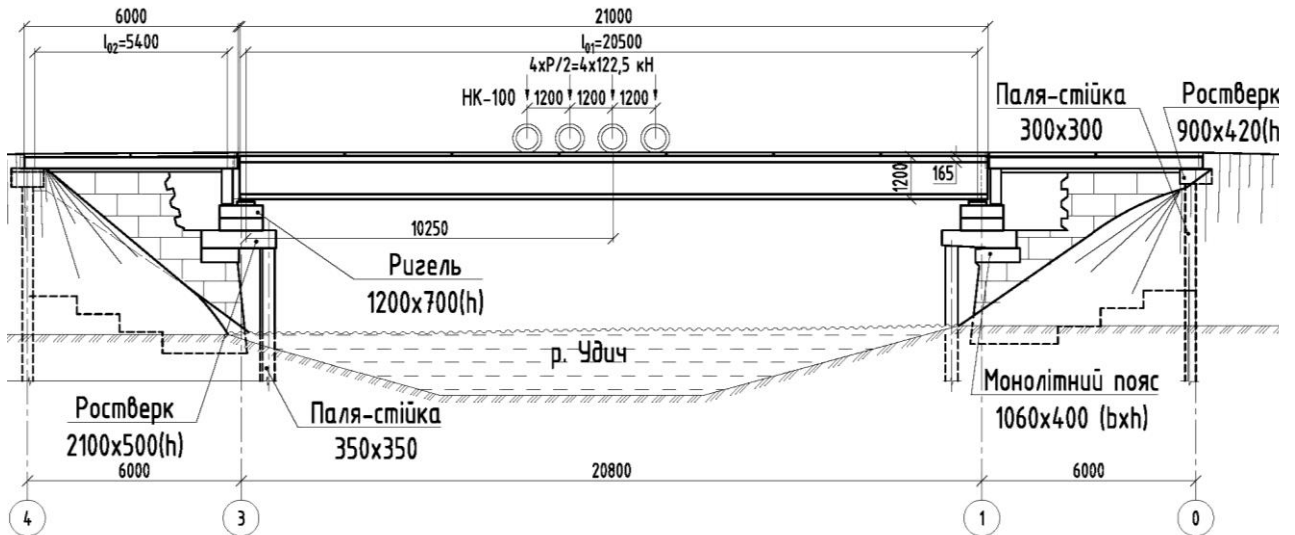


Рисунок 2.3 – Схеми прикладання тимчасового впливу НК-100 в прольоті балки

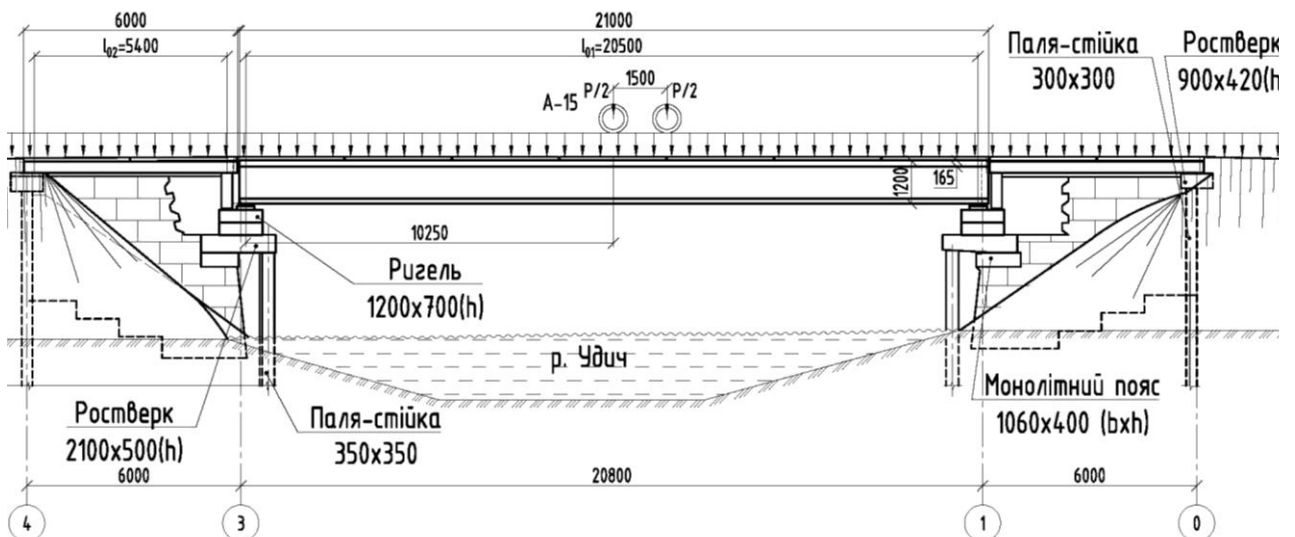


Рисунок 2.4 – Схеми прикладання тимчасового навантаження А-15 в прольоті балки

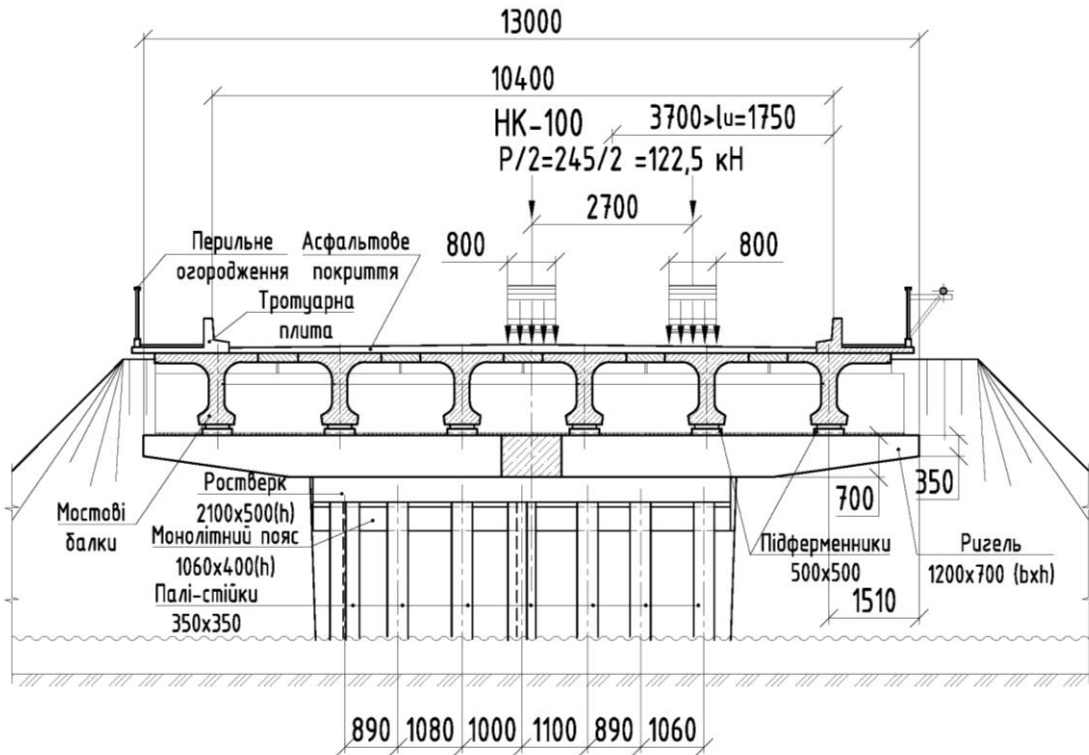


Рисунок 2.5 – Схеми прикладання тимчасового впливу НК-100 в перерізі мостової споруди в осях «1-3»

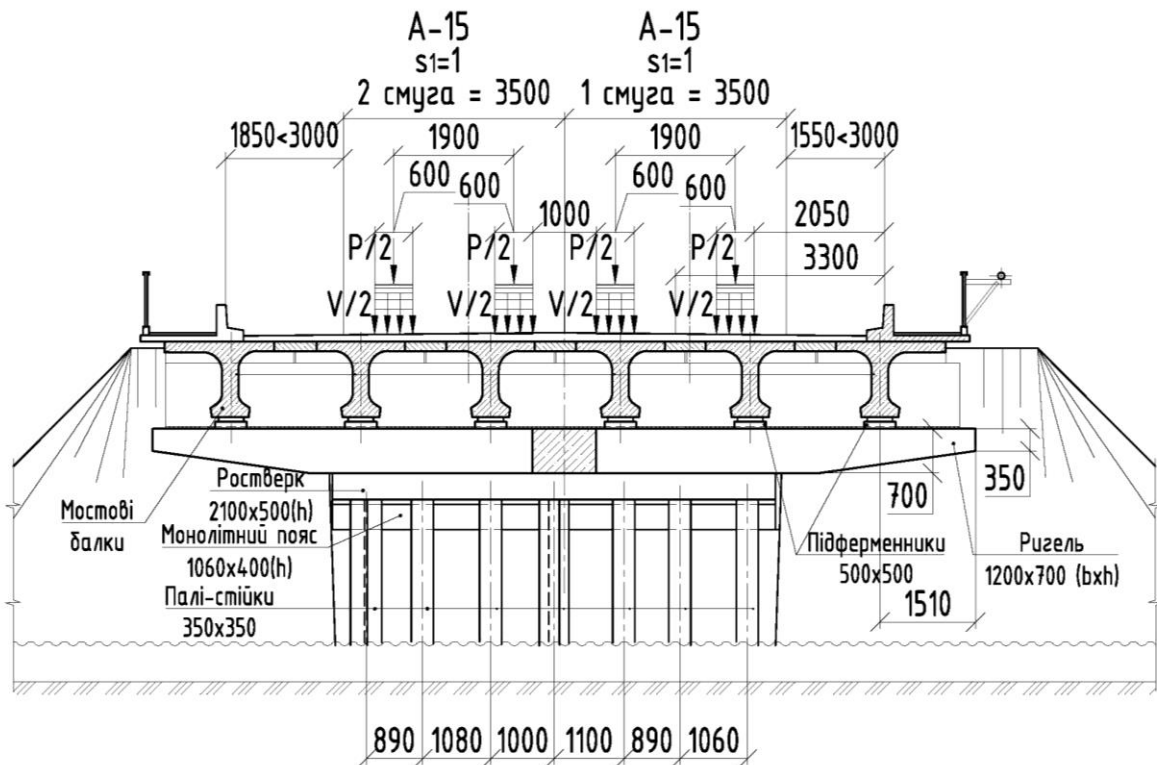


Рисунок 2.6 – Схеми прикладання тимчасового впливу А-15 в перерізі мостової споруди в осях «1-3»

Постійні та тимчасові впливи на балку мостової споруди наведено в Додатку Б роботи.

У розрахунках використовується спрощена модель, яка враховує відмінності у жорсткості плитної частини та основної балки. Через те, що жорсткість плитної частини завтовшки 150 мм у площині згину значно менша за жорсткість таврової балки з загальною висотою 1200 мм, можна припустити, що основна робота здійснюється безпосередньо балкою.

Для розрахунків прийнято модель однопролітної таврової балки з умовним розрахунковим перерізом, показаним на рис. 2.7.

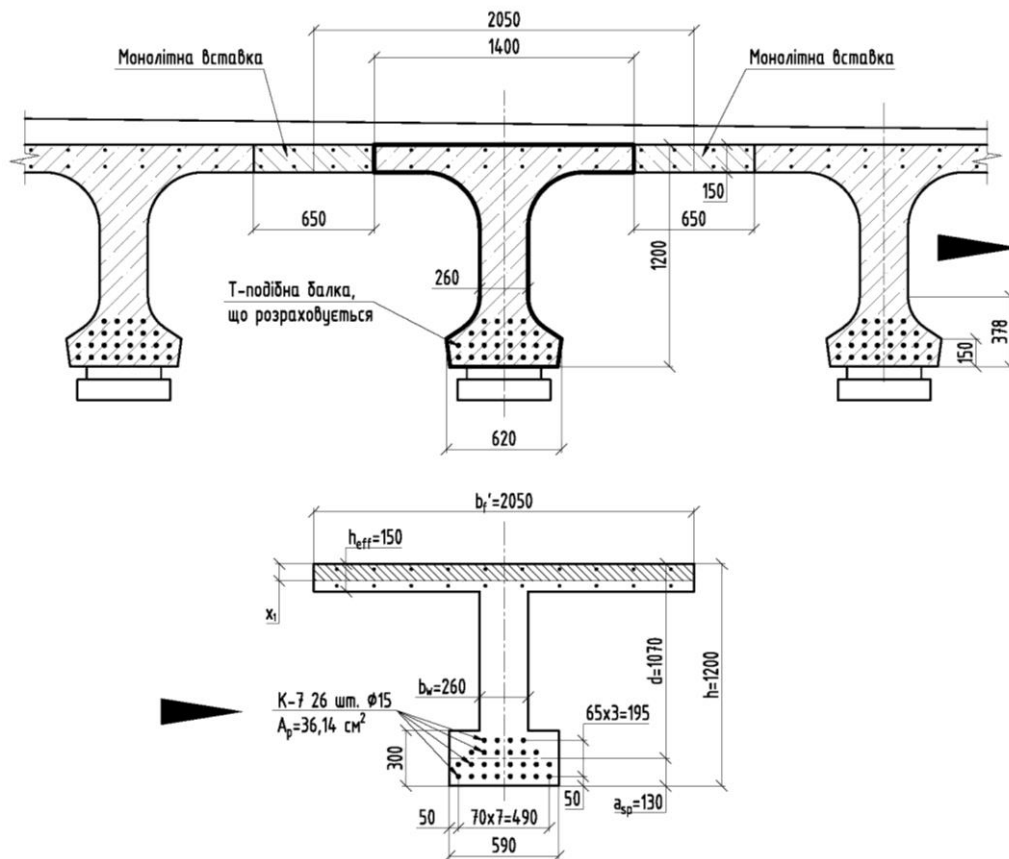


Рисунок 2.7 – Розрахунковий тавровий переріз балки

Умовні таврові балки аналізуються на основі двох основних типів тимчасових навантажень (рис. 2.8):

1. Навантаження НК-100: передбачає чотирьохвісний візок із нормативним навантаженням на вісь.

2. Навантаження А-15: двовісний візок із нормативним навантаженням на вісь і додатковим рівномірно розподіленим смуговим навантаженням.

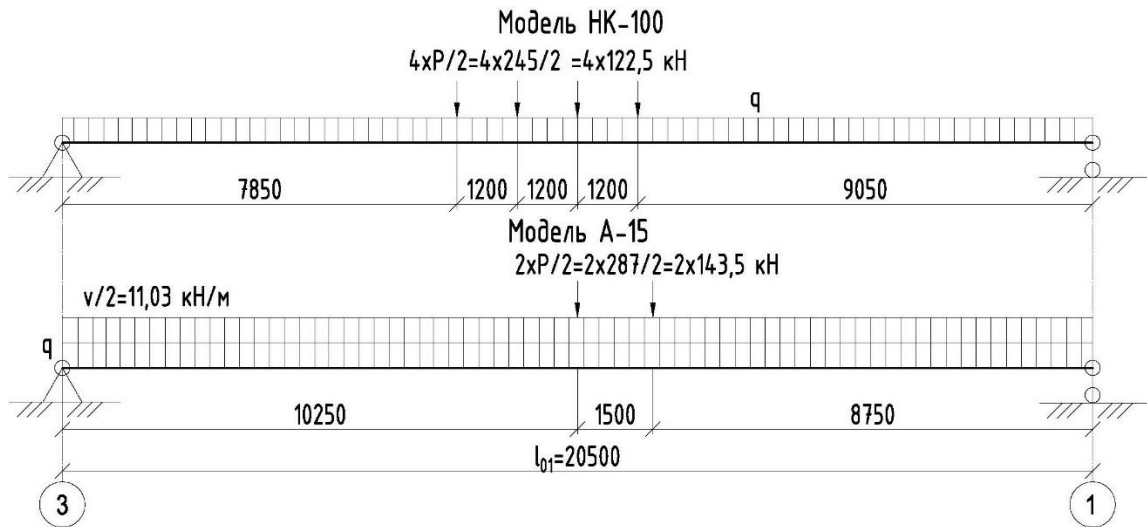


Рисунок 2.8 – Розрахункові схеми умовних таврових балок під дією тимчасових впливів (розрахункові значення): згори – НК-100; знизу – А-15

Розрахунок прогонових попередньо напружених Т-подібних балок наведено в Додатку В роботи. В результаті розрахунку визначено, що переріз балки достатній при впливі нормативних тимчасових навантажень НК-100 та А-15, а коефіцієнт використання перерізу становить 0,99.

2.4 Визначення теоретичних напруг і деформацій елементів мостової споруди від проектного навантаження

2.4.1 Оцінка втрат від попереднього напруження арматури прогонових плит

Втрата попереднього напруження арматури визначалася згідно з методикою, викладеною в розділі 3.3 ДСТУ Б В.2.6-156:2010 [34]. Основні етапи розрахунків:

- початковий натяг канатів К-7, відповідно до серії 3.503-12 (випуск 19), становить $\sigma_{sp} = 990 \text{ МПа}$;

- максимально можливе попереднє напруження канатів К-7 на стадії виготовлення механічним способом:

$$\sigma_{\max, P} = \min \begin{cases} 0,8 \cdot f_{pk} = 0,8 \cdot 1470 = 1176 \text{ (МПа)}, \\ 0,9 \cdot f_{p0,1k} = 0,9 \cdot 1335 = 1201,5 \text{ (МПа)}; \end{cases}$$

$$\sigma_{\max, P} = 1176 \text{ (МПа)}.$$

- втрати напруження через:

$$1. \text{ релаксацію} - \Delta\sigma_1 = 0,1 \cdot \sigma_{\max, P} - 20 = 0,1 \cdot 1176 - 20 = 97,6 \text{ (МПа)};$$

$$2. \text{ деформації сталевих форм} - \Delta\sigma_3 = 30 \text{ МПа};$$

$$3. \text{ миттєві деформації бетону} - \Delta\sigma_c(e) = 0,1 \cdot \sigma_{\max, P} = 0,01 \cdot 1176 = 11,76 \text{ (МПа)};$$

$$\Delta\sigma_{el} = E_p \cdot \left[\sum \frac{j \cdot \Delta\sigma_c(t)}{E_{cm}(t)} \right] = 1,8 \cdot 10^5 \cdot \frac{0,5 \cdot 11,76}{34,5 \cdot 10^3} = 30,7 \text{ (МПа)}. \quad (2.1)$$

4. в анкерах при заклинюванні у каналах анкерних пристроїв при умовно прийнятому обтисненні $\Delta l = 4 \text{ мм}$ та фактичній довжині плити $l = 21 \text{ м}$:

$$\Delta\sigma_4 = (\Delta l / l) \cdot E_p = (4 \cdot 10^{-3} / 21) \cdot 1,8 \cdot 10^5 = 34,3 \text{ (МПа)}.. \quad (2.2)$$

5. термічну обробку на стадії виготовлення за умови перепаду температур $\Delta t = 65^\circ \text{C}$ та коефіцієнті лінійного розширення бетону $\alpha_c = 1 \cdot 10^{-5}$:

$$\Delta\sigma_\theta = 0,5 \cdot E_p \cdot \alpha_c \cdot \Delta t = 0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot 10^{-5} \cdot 65 = 58,5 \text{ (МПа)}. \quad (2.3)$$

Сумарні втрати:

$$\sigma_{puls} = \sum \Delta\sigma_i = 97,6 + 30 + 30,7 + 34,3 + 58,5 = 251,1 \text{ (МПа)} > \sigma_{puls, \min} = 100 \text{ МПа} \quad (2.4)$$

Втрати через корозію арматури оцінено як 5% від початкового напруження:

$$\Delta\sigma_{corr} = 0,05 \cdot \sigma_{\max,P} = 0,05 \cdot 1176 = 58,8 \text{ (МПа)}. \quad (2.5)$$

Фактичне напруження в попередньо напруженій арматурі після всіх втрат:

$$\sigma_{\max,P} - (\sigma_{puls} + \Delta\sigma_{corr}) = 1176 - 310 = 866 \text{ (МПа)}. \quad (2.6)$$

Отримані результати підтверджують, що розрахункові значення втрат співпадають із даними виробника (контрольований натяг на 2-й день після виготовлення становить 931,9 МПа).

Загальне поздовжнє обтиснення перерізу плити з урахуванням втрат визначено як:

$$P = (\sigma_{\max,P} - (\sigma_{puls} + \Delta\sigma_{corr})) \cdot A_p = 866 \cdot 10^3 \cdot 3614 \cdot 10^{-6} = 3129 \text{ (кН)}. \quad (2.7)$$

Згинальний момент від попереднього напруження:

$$M_p = -P \cdot \left(d - \frac{x_{lu}' \cdot (1 + \lambda + \lambda^2)}{3 \cdot (\lambda + 1)} \right) = -3129 \cdot \left(1,07 - \frac{0,334 \cdot (1 + 0,743 + 0,743^2)}{3 \cdot (0,743 + 1)} \right) = -2889 \text{ (кН} \cdot \text{м)}, \quad (2.8)$$

де знак «мінус» вказує на вигин балки догори.

2.4.2 Розрахунок прогонової плити на міцність похилих перерізів (на берегових опорах)

А) Оцінка достатності висоти перерізу

Для умовної прогонової балки з розрахунковою довжиною $l_0 = 20,5 \text{ м}$, максимальна поперечна сила на опорі $V_{Ed} = Q_{\max} = 621 \text{ кН}$. Отже:

$$q = \frac{2 \cdot V_{Ed}}{L_0} = \frac{2 \cdot 621}{20,5} = 60,59 \text{ (кН/м)}. \quad (2.9)$$

Визначаємо величину поперечної сили, що діє в похилому перерізі:

$$V_{Ed}' = V_{Ed} - q \cdot z_{ins} = 621 - 60,58 \cdot 0,987 = 561,2 \text{ (кН)}, \quad (2.10)$$

$$\text{де } z_{ins} = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 1,07 = 0,963 \text{ (м)}.$$

Перевіряємо умову достатності розмірів перерізу без врахування обтиснення. Коефіцієнт зниження міцності в бетоні з тріщинами при зсуві:

$$\nu = 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \cdot (1 - 35 / 250) = 0,516. \quad (2.11)$$

Граничний опір бетону на зсув із урахуванням коефіцієнтів:

$$V_{rd,max} = 0,5 \cdot b_w \cdot d \cdot \nu \cdot f_{cd} = 0,5 \cdot 0,26 \cdot 1,073 \cdot 0,516 \cdot 17,5 \cdot 10^3 = 1259 \text{ (кН)}. \quad (2.12)$$

$$V_{Rd,max} = 1260 \text{ кН} > V_{Ed} = 621 \text{ кН}. \quad (2.13)$$

Умову (4.41) ДСТУ Б В.2.6-156:2010 [32] виконано, що підтверджує достатність висоти перерізу.

Б) Несуча здатність опорного перерізу

Визначено відсоток повздовжнього армування:

$$\rho_L = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{3614}{260 \cdot 1070} = 0,013 < 0,02. \quad (2.14)$$

Все попередньо напружене повздовжнє армування прогонових плит доходить до опори, а отже $A_{sl} = A_p = 3614 \text{ мм}^2$.

Середнє значення стискаючих напружень на опорі:

$$\left[\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 3129 \cdot 10^3 / 547\,480 \cdot 10^{-6} = 5,715 \text{ (МПа)} \right] > \left[0,2 \cdot f_{cd} = 5 \text{ (МПа)} \right], \quad (2.15)$$

де $N_{Ed} = P = 3129 \text{ кН}$ – зусилля попереднього напруження в арматурі з урахуванням всіх втрат;

$A_c = 547\,480 \text{ мм}^2$ – площа бетону розрахункового перерізу.

Приймаємо $\sigma_{cp} = 5 \text{ МПа}$. Тоді:

$$V_{\min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,432^{\frac{3}{2}} \cdot 22^{\frac{1}{2}} = 0,281 \text{ (МПа)}, \quad (2.16)$$

$$\text{де } k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{1070}} = 1,432;$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,3 = 0,138.$$

Поперечна сила, яка може бути сприйнята без урахування поперечного армування:

$$V_{Rd,c} = (V_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (0,281 + 0,15 \cdot 5) \cdot 260 \cdot 1070 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 = 286 \text{ (кН)}. \quad (2.17)$$

$$\begin{aligned} V_{Rd,c} &= \left[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_L \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d = \\ &= \left[0,138 \cdot 1,432 \cdot (100 \cdot 0,013 \cdot 22)^{1/3} + 0,15 \cdot 5 \right] \cdot 260 \cdot 1070 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 = 377 \text{ (кН)} \end{aligned} \quad (2.18)$$

Оскільки умова $(V_{Rd,c, \max} = 377 \text{ кН}) < (V_{Ed} = 621 \text{ кН})$ не виконана, необхідно врахувати вплив поперечного армування.

Для елементів із поперечним армуванням $\cot \theta = \{1...2,5\} = 1,0$ враховано ймовірну похилу тріщину під кутом $\theta = 45^\circ$. Тоді: $\tg \theta = 1 / \cot \theta = 1,0$;
 $z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 1070 = 963 \text{ (мм)}$; $\nu_1 = 0,6$, оскільки $f_{ck} = 22 \text{ МПа} < 60 \text{ МПа}$; площа

поперечного армування $A_{sw} = 1005 \text{ мм}^2$ при кроці $s = 100 \text{ мм}$, що враховується на довжині $c = d = 1070 \text{ (мм)}$ та відповідає куту $\theta = 45^\circ$. При $(0,25 \cdot f_{cd} = 0,25 \cdot 17,5 = 4,375 \text{ (МПа)}) < (\sigma_{cp} = 5 \text{ МПа}) < (0,5 \cdot f_{cd} = 0,5 \cdot 17,5 = 8,75 \text{ (МПа)})$, значення $\alpha_{cw} = 1,25$.

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot(\theta) = \frac{1005}{100} \cdot 963 \cdot 170 \cdot 10^{-3} \cdot 1,0 = 1645 \text{ (кН)}. \quad (2.20)$$

При цьому гранична поперечна сила:

$$V_{Rd, \max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) = 1,25 \cdot 260 \cdot 963 \cdot 0,6 \cdot 17,5 / (1+1) = 1643 \text{ (кН)} \quad (2.21)$$

Загальна несуча здатність перерізу $V_{Rd,s} = 1643 \text{ кН}$.

Умову $V_{Rd,s} = 1643 \text{ кН} > V_{Ed} = 621 \text{ кН}$ виконано, що свідчить про забезпечення міцності похилих перерізів Т-подібної балки.

2.4.3 Розрахунок деформацій прогонової плити від проектних впливів

Розрахунок деформацій прогонової Т-подібної балки виконується з урахуванням експлуатаційних навантажень. Для другої групи граничних станів розглядається вплив від тимчасового навантаження типу А-15, оскільки навантаження НК-100 враховується тільки при аналізі граничних станів першої групи. Навантаження та його компоненти

1) Тимчасове навантаження А-15:

- двовісний візок із нормативним навантаженням на одну вісь $P_n = 9,81 \cdot 15 = 147,15 \text{ (кН)}$;
- смуга рівномірно розподіленого навантаження $V_n = 0,98 \cdot 15 = 14,7 \text{ (кН / м)}$;
- при розрахунку за другою групою граничних станів коефіцієнт γ_f не враховується. Тому – квазіпостійна складова тимчасового навантаження (60% нормативного значення) буде:

$$P_{n1} = 0,6 \cdot (P_n / 2) \cdot (1 + \mu) = 0,6 \cdot 95,65 = 57,39 \text{ (кН)};$$

$$v_{n1} = 0,6 \cdot V_n / 2 = 0,6 \cdot 7,35 = 4,41 \text{ (кН / м)}. \quad (2.22)$$

2) Постійне навантаження:

- від дорожнього покриття (асфальтобетон товщиною 125 мм);
- загальне нормативне погонне навантаження від ваги прогонової конструкції

та покриття з вантажної ширини $b_f' = 2050 \text{ мм}$:

$$q_n = q_{n,6} + q_{n,a} = 17,5 + 6,28 = 23,78 \text{ (кН / м)}. \quad (2.23)$$

Епюри згинальних моментів і поперечних сил, отримані від експлуатаційних впливів, наведені на рис. 2.9. Найбільший згинальний момент від експлуатаційного навантаження: $M_{n, A-15} = 2026 \text{ кН} \cdot \text{м}$.

Необхідність визначення прогинів перевіряється за умовою:

$$\lambda_u > \lambda, \quad (2.24)$$

де λ_u – гранична гнучкість елемента;

λ – фактична гнучкість.

Фактичний відсоток армування для розтягнутої арматури у середині прольоту $\rho = 0,66\%$. Довідковий відсоток армування:

$$\rho_o = 10^{-3} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 10^{-3} \cdot \sqrt{22} = 0,0057 = 0,47\%. \quad (2.25)$$

$\rho = 0,66\% > \rho_o = 0,47\%$, а отже гранична гнучкість елемента:

$$\lambda_u = K \cdot \left[11 + 1,5 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{\rho_o}{\rho - \rho_o} + \frac{1}{12} \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \sqrt{\frac{\rho'}{\rho_o}} \right]. \quad (2.26)$$

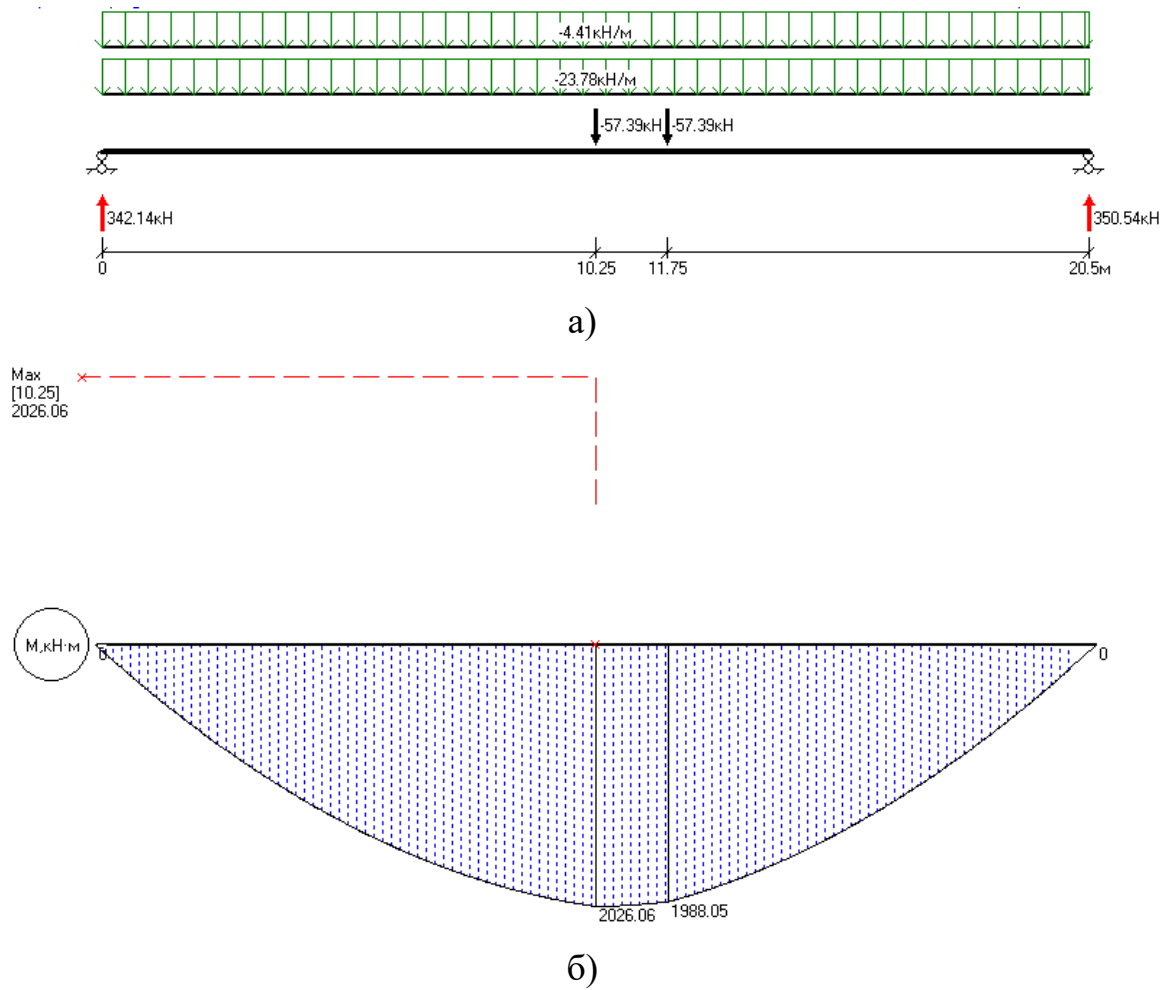


Рисунок 2.9 – Розрахунковий проліт найбільш навантаженої прогонової Т-подібної балки під дією експлуатаційних впливів:
а – розрахункова схема; б – епюра згинальних моментів

Фактична гнучкість елемента ρ' (відсоток армування стиснутої зони) для полочки шириною $b_f' = 2050$ мм:

$$\rho' = \frac{A_s'}{A_c} = \frac{1005 \cdot 100\%}{547\,480} = 0,183\%.$$

$$\lambda_u = 1,0 \cdot \left[11 + 1,5 \cdot \sqrt{22} \cdot \frac{0,47}{0,66 - 0,5} + \frac{1}{12} \cdot \sqrt{22} \cdot \sqrt{\frac{0,183}{0,47}} \right] = 24,9, \quad (2.27)$$

де $K = 1$ – балки прогонової будови вільно обперті по краях;

$A'_s = 1005 \text{ мм}^2$ – для прогонової плити серії 3.503-12, випуск 19.

Фактична гнучкість:

$$\lambda = \frac{L_0}{d} = \frac{20500}{1070} = 19,2. \quad (2.28)$$

Оскільки умова $\lambda = 19,2 < \lambda_u = 24,9$ виконується, розрахунок прогинів не потрібен. Розміри перерізу залізобетонної Т-подібної балки забезпечують достатню жорсткість конструкції щодо її прольоту.

Для більш детального аналізу роботи конструкції проведено розрахунок залежності «момент-кривизна» за допомогою деформаційного методу згідно з вимогами ДСТУ Б.В.2.6-156:2010 [32].

Графік залежності «момент-кривизна» для прогонової Т-подібної балки наведено на рис. 2.10. Числові дані, що використовувалися для побудови графіка, представлені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Зведені результати розрахунку

Номер кроку	Кривизна, $1/\text{г} \times 10^{-3}$, $1/\text{м}$	Момент, М, кНм
0	0	0
1	1.3	2044
2	2.5	3819
3	4.9	3986
4	7.8	4024
5	11	4043
6	14.3	4053
7	17.6	4057
8	20.7	4057
9	23.6	4054
10	26.2	4046

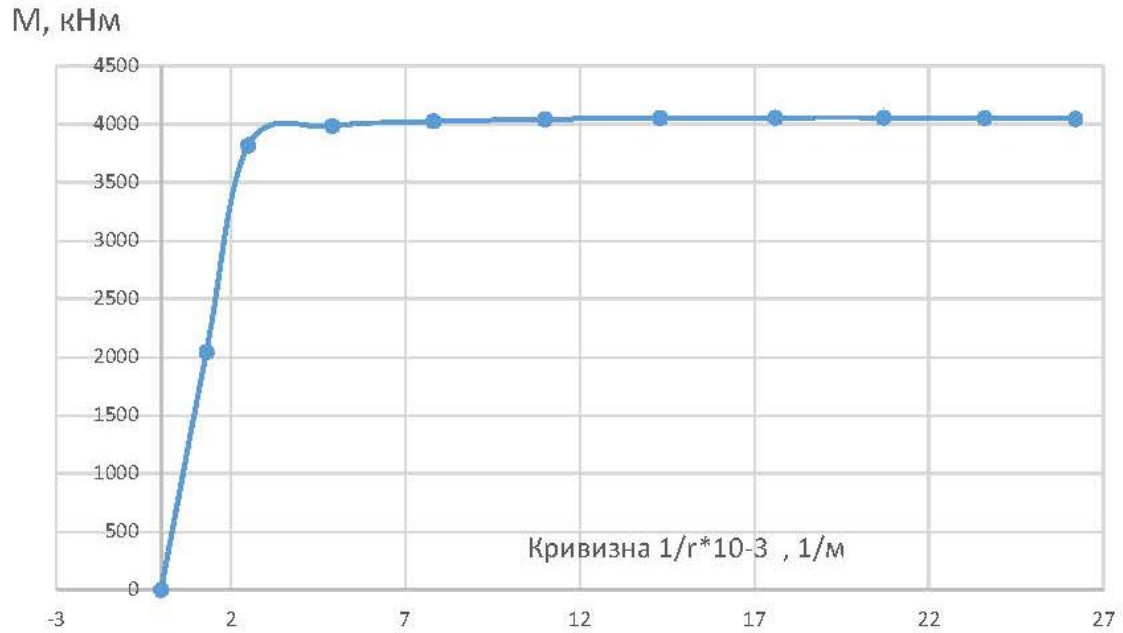


Рисунок 2.10 – Графік «момент-кривизна» напружено-деформованого стану прогонової Т-подібної балки

Кривизна елемента обчислюється за формулою:

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} = 0,0013 + 0 - 0,00159 = -0,00029 \text{ (м}^{-1}\text{)}, \quad (2.29)$$

де $1/r_1$ – кривизна плити від дії експлуатаційних постійних, квазіпостійних і тривалих навантажень, що складає $1/r_1 = 1,298 \cdot 10^{-3} = 0,0013 \text{ (м}^{-1}\text{)}$ (шляхом інтерполяції при згинальному моменті $M_{n, A-15} = 2026 \text{ кН} \cdot \text{м}$);

$1/r_2$ – кривизна обумовлена усадкою бетону, внаслідок відсутності даних про умови твердіння приймається $1/r_2 = 0$;

$1/r_3$ – кривизна елемента від постійної і тривалої дії попереднього напруження. Шляхом інтерполяції при згинальному моменті $M_p = -2452 \text{ кН} \cdot \text{м}$ $1/r_3 = -1,57 \cdot 10^{-3} = -0,00159 \text{ (м}^{-1}\text{)}$. Знак «–» показує, що попереднє обтиснення вигинає вісь елемента догори.

$$1/r = -0,00029 \text{ (м}^{-1}\text{)} < 0, \text{ тоді}$$

Т-подібна балка від дії постійних та квазіпостійних впливів під дією попереднього напруження канатів, має незначний зворотній вигин, фактично горизонтальна.

Коефіцієнт $k_m \approx 0,104$ визначаємо за приміткою до табл. 5.5 ДСТУ Б В.2.6-156:2010 [34].

Загальний прогин елемента визначається за формулою:

$$f = \frac{1}{r} \cdot k_m \cdot L_0^2 = -0,00029 \cdot 0,104 \cdot 20,5^2 = -13 \text{ (мм)}. \quad (2.30)$$

Гранично допустимий прогин мостової споруди згідно з п.6.3.2 ДБН В.2.3-22:2009 [4]:

$$f_u = \frac{1}{400} \cdot L_0 = \frac{20500}{400} = 51 \text{ (мм)}. \quad (2.31)$$

Оскільки фактичний прогин f менше гранично допустимого прогину f_u
 $f = -13 \text{ мм} < f_u = 51 \text{ мм}$, умову жорсткості виконано.

2.5 Перевірка міцності прогонових плит

Розрахункові схеми прогонових плит в прольоті та в поперечнику показані на рис. 2.11-2.14.

Вихідні дані для розрахунку, постійні впливи на прогонову плиту мостової споруди наведено в додатку Г.

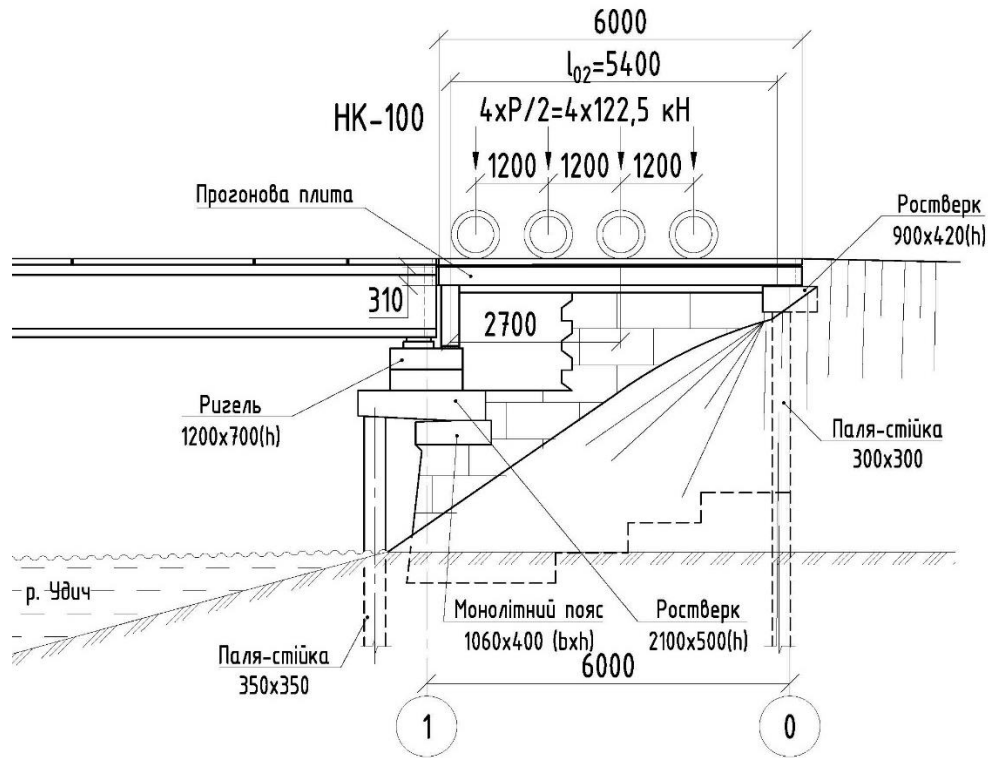


Рисунок 2.11 – Схеми прикладання тимчасового впливу НК-100 в прольоті плити

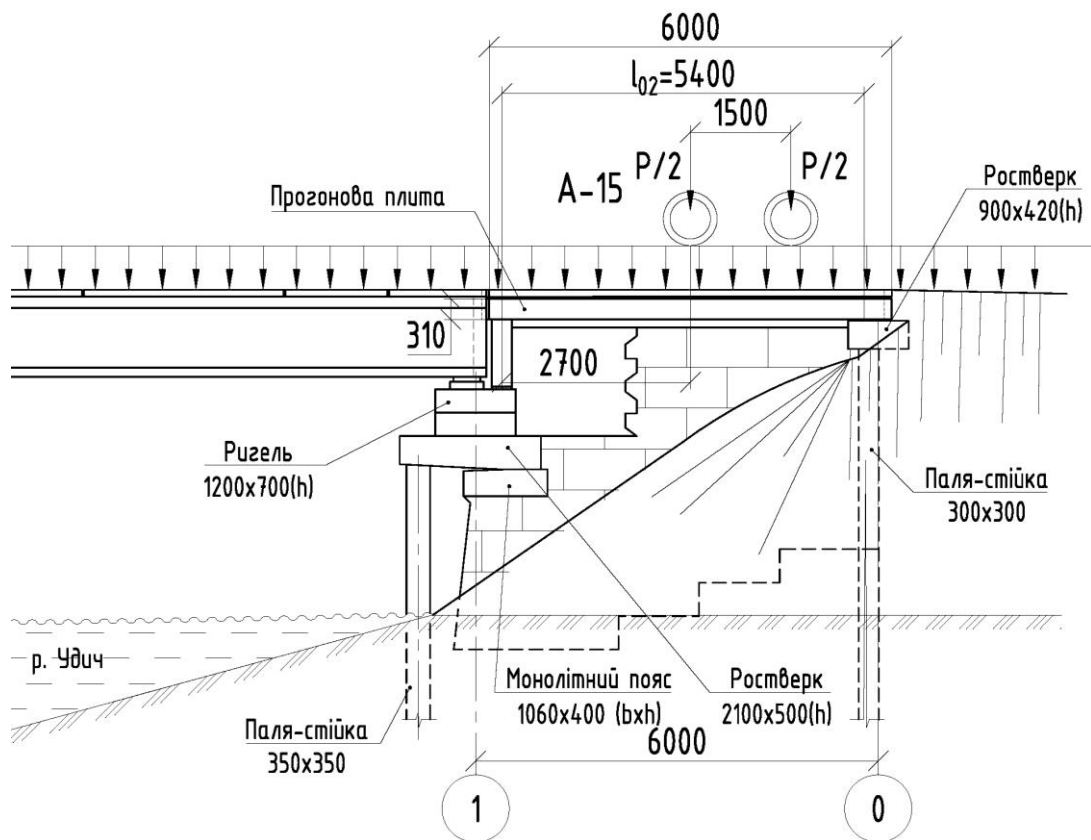


Рисунок 2.12 – Схеми прикладання тимчасового навантаження А-15 в прольоті плити

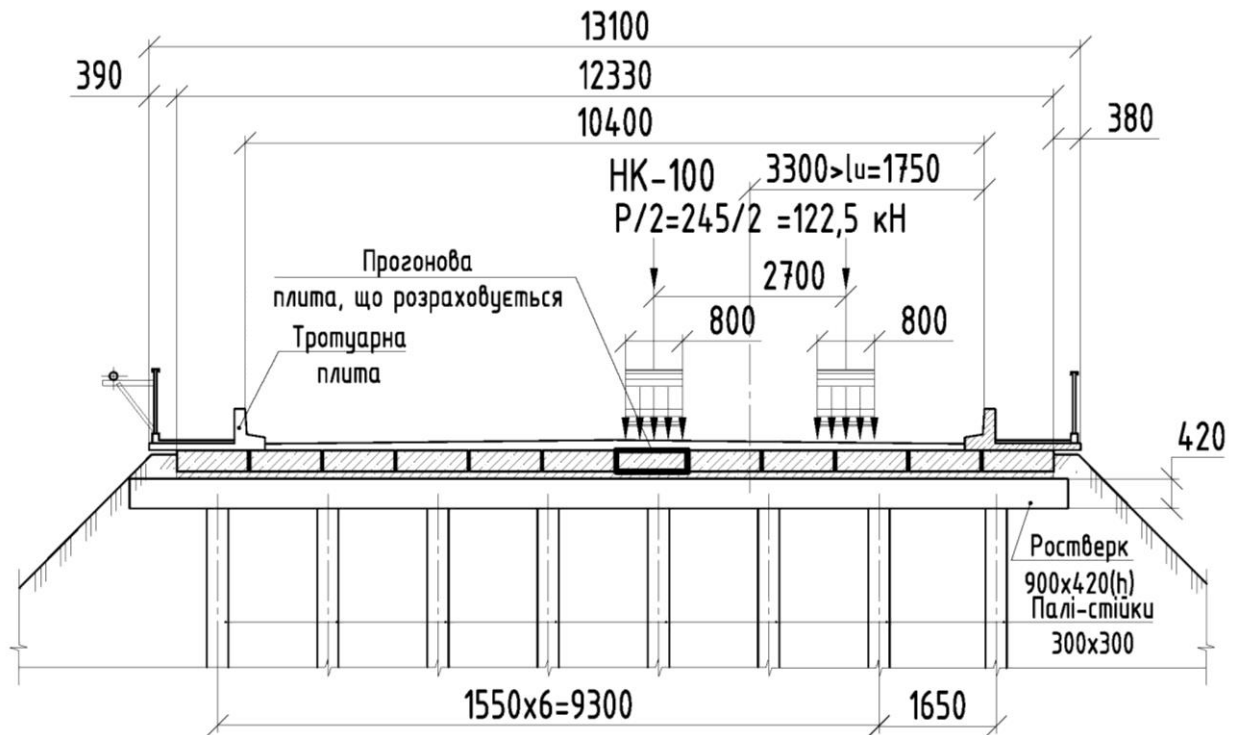


Рисунок 2.13 – Схеми прикладання тимчасового впливу НК-100 в перерізі мостової споруди в осях «0-1»

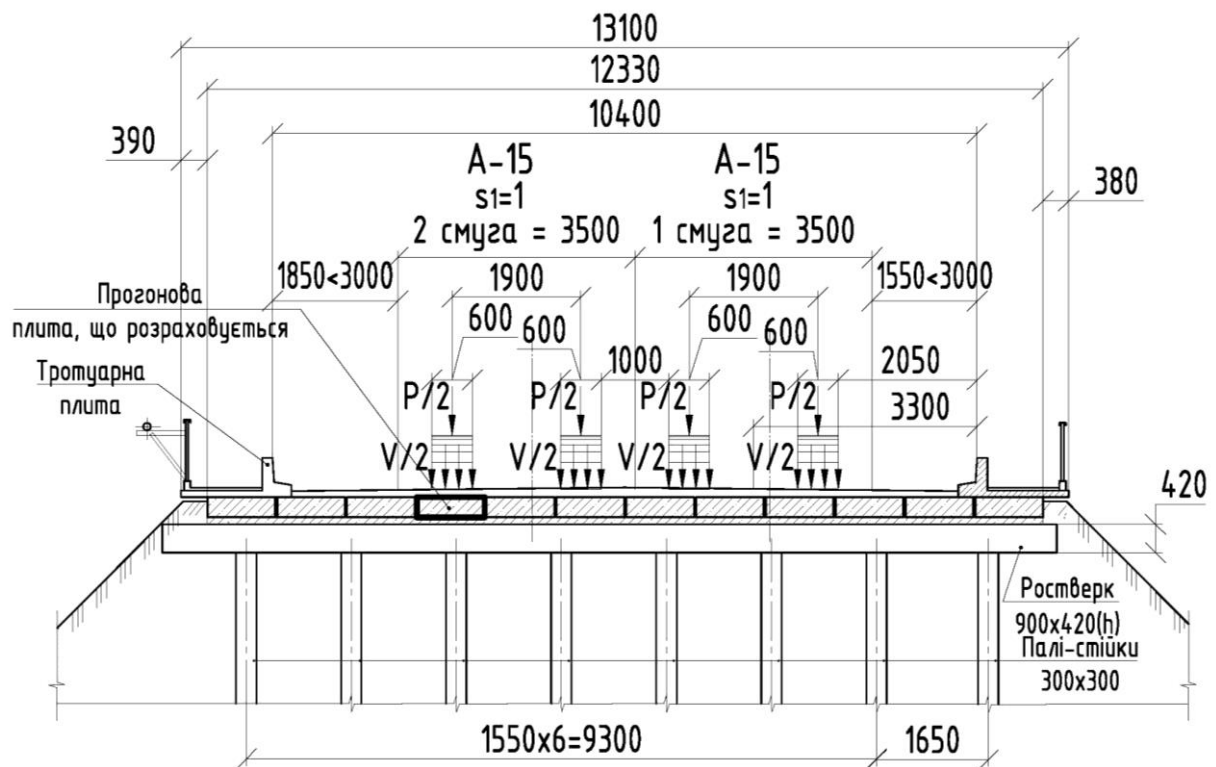


Рисунок 2.14 – Схеми прикладання тимчасового впливу А-15 в перерізі мостової споруди в осях «0-1»

2.5.1 Розрахунок прогонової плити за першою групою граничних станів за нормальними перерізами в прольоті (за методикою ДСТУ Б В.2.6-156:2010) [35].

Визначаємо відстань від центра ваги розтягнутої арматури до найбільш стиснутої точки перерізу балки $d = h - a_s = 300 - 40 = 260$ (мм). Ширина плити $b = 980$ мм.

Визначаємо граничну висоту стиснутої зони бетону:

$$x_{1,u} = \frac{d \cdot \varepsilon_{cu3,cd}}{\varepsilon_{cu3,cd} + \varepsilon_{s,0}} = \frac{260 \cdot 310 \cdot 10^{-5}}{(310 + 178) \cdot 10^{-5}} = 165 \text{ (мм)}, \quad (2.32)$$

де $\varepsilon_{s,0}$ – відносні деформації видовження арматури на межі текучості, визначаються за формулою:

$$\varepsilon_{s,0} = f_{yd} / E_s = 350 / 1,96 \cdot 10^5 \approx 178 \cdot 10^{-5}; \quad (2.33)$$

$f_{yd} = R_s = 350$ МПа – розрахункове значення опору розтягу арматури А-III (табл.3).

Визначаємо коефіцієнт λ за формулою:

$$\lambda = \frac{\varepsilon_{cu3,cd} - \varepsilon_{c3,cd}}{\varepsilon_{cu3,cd}} = \frac{(310 - 63) \cdot 10^{-5}}{310 \cdot 10^{-5}} = 0,797. \quad (2.34)$$

Перевіряємо достатність армування мінімальним конструктивним вимогам. Фактична площа армування нижньої зони $A_s = 2513$ мм². Площа перерізу бетону плити: $A_c = b \cdot d = 980 \cdot 260 = 254\,800$ (мм²).

З умов мінімального армування, коефіцієнт армування ρ повинен бути не меншим 0,5%:

$$\rho = (A_s / A_c) \cdot 100\% \geq \rho_{\min} = 0,5\%. \quad (2.35)$$

Фактичне значення:

$$(\rho = (2513 / 254\,800) \cdot 100\% = 0,99\%) > (\rho_{\min} = 0,5\%).$$

Умову виконано. Кількість розтягнутого стрижневого армування нижньої зони достатня.

Ведемо розрахунок як для плити з подвійним армуванням.

Визначаємо долю зусилля, яка може бути сприйнята бетоном в граничному

$$\text{стані: } F_c = \frac{(1 + \lambda) \cdot x_{lu} \cdot b \cdot f_{cd}}{2} = \frac{(1 + 0,797) \cdot 0,165 \cdot 0,98 \cdot 17,5 \cdot 10^3}{2} = 2542 \text{ (кН)}.$$

Визначаємо долю зусилля, яка може бути сприйнята стиснутою арматурою

$$\text{в граничному стані: } F' = f_{yd}' \cdot A_s' = 210 \cdot 10^3 \cdot 628 \cdot 10^{-6} = 132 \text{ (кН)}.$$

Обчислюємо загальну граничну несучу здатність стиснутої частини перерізу:

$$F_c + F' = 2542 + 132 = 2674 \text{ (кН)}.$$

Визначаємо долю зусилля, яка може бути сприйнята розтягнутою

$$\text{арматурою в граничному стані: } F = f_{yd} \cdot A_s = 350 \cdot 10^3 \cdot 2513 \cdot 10^{-6} = 880 \text{ (кН)}.$$

$$(F_c + F' = 2674 \text{ (кН)}) > (F = 880 \text{ (кН)}).$$

Умову виконано. Переріз заармовано раціонально. Несуча здатність перерізу встановлюється по розтягнутій арматурі.

Обчислюємо фактичну висоту стиснутої зони бетону:

$$x_1 = \frac{2 \cdot (F - F')}{(1 + \lambda) \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{2 \cdot (880 - 132) \cdot 10^3}{(1 + 0,797) \cdot 0,98 \cdot 17,5 \cdot 10^6} = 0,048 \text{ (м)}.$$

$$(x_1 = 0,048 \text{ м}) < (x_{lu} = 0,165 \text{ м}). \text{ Умову виконано.}$$

Визначаємо плече рівнодійної бетону до розтягнутої арматури:

$$a_c = \frac{x_1 \cdot (1 + \lambda + \lambda^2)}{3 \cdot (\lambda + 1)} = \frac{0,048 \cdot (1 + 0,797 + 0,797^2)}{3 \cdot (1 + 0,797)} = 0,022 \text{ (м)}.$$

Граничне значення згинального моменту, який може сприйняти переріз прогонової плити по арматурі:

$$M_u = F \cdot (d - a_c) = 880 \cdot (0,26 - 0,022) = 209 \text{ (кН} \cdot \text{м)}$$

$$(M \cdot \gamma_r = 426 \cdot 1,0 = 426 \text{ кН} \cdot \text{м}) > (M_u = 209 \text{ кН} \cdot \text{м}). \quad \text{Умову міцності не}$$

виконано. Переріз прогонових плит перевантажений.

Коефіцієнт використання перерізу 2,04.

2.5.2 Розрахунок прогонової плити за першою групою граничних станів за нормальними перерізами в прольоті (за методикою розділу 3 ДБН В.2.3-14:2006) [5]

Робоча висота перерізу $h_0 = d = h - a_s = 260 \text{ (мм)}$.

Фактична висота стиснутої зони бетону, виходячи з формули (3.18) ДБН В.2.3-14:2006:

$$\begin{aligned} x &= \frac{R_s \cdot A_s + R_p \cdot A_{sp} - R_{sc} \cdot A'_s - \sigma_{pc} \cdot A'_{sp}}{R_b \cdot b} = \\ &= \frac{350 \cdot 10^6 \cdot 2513 \cdot 10^{-6} + 0 - 210 \cdot 10^6 \cdot 628 \cdot 10^{-6} - 0}{17,5 \cdot 10^6 \cdot 0,98} = 0,044 \text{ (м)}. \end{aligned} \quad (2.36)$$

де:

- розтягнута не напружувана арматура класу А-III, $R_s = 350 \text{ МПа}$, $A_s = 2513 \text{ мм}^2$;

- розтягнута та стиснута напружувана арматура відсутні, $A_{sp} = 0$, $A'_{sp} = 0$;

- стиснута не напружувана арматура полиці розрахункового тавра $R_{sc} = R_s = 210 \text{ МПа}$ (табл. 3.14 ДБН В.2.3-14:2006); $A'_s = 628 \text{ мм}^2$.

Фактична відносна висота стиснутої зони бетону $\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{44}{260} = 0,169$.

Характеристика $\omega = 0,85 - 0,008 \cdot R_b = 0,85 - 0,008 \cdot 17,5 = 0,71$.

Напруження $\sigma_1 = R_s = 350 \text{ МПа}$; $\sigma_2 = 500 \text{ МПа}$.

Гранична відносна висота стиснутої зони бетону за формулою (3.16) ДБН В.2.3-14:2006 [5]:

$$\xi_y = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,71}{1 + \frac{350}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,71}{1,1}\right)} = 0,569.$$

$\xi = 0,169 < \xi_y = 0,569$. Умову п. 3.62 ДБН В.2.3-14:2006 виконано.

$$h_{01} = h_0 = 260 \text{ мм}.$$

Граничний згинальний момент, який може витримати переріз, знаходимо за формулою (3.17) ДБН В.2.3-14:2006 [5]:

$$M_u = R_b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) + R_{sc} \cdot A_s' \cdot (h_{01} - a_s') =$$

$$= 17,5 \cdot 10^3 \cdot 0,98 \cdot 0,044 \cdot (0,26 - 0,5 \cdot 0,044) + 210 \cdot 628 \cdot (0,26 - 0,032) = 209 \text{ (кН} \cdot \text{м)}.$$

$$(M \cdot \gamma_r = 426 \cdot 1,0 = 426 \text{ кН} \cdot \text{м}) > (M_u = 209 \text{ кН} \cdot \text{м}).$$

Умову міцності не виконано. Переріз прогонових плит перевантажений при навантаженнях НК-100 та А-15. Коефіцієнт використання перерізу 2,04. Крім того, переріз прогонових плит не може сприймати проектні впливи у вигляді тимчасового навантаження НК-80 та Н-30.

Висновки за розділом 2

Таким чином, аналіз напружено-деформованого стану мостової споруди дозволяє визначити основні навантажені елементи, уточнити параметри розрахункових схем та забезпечити їх відповідність сучасним нормативним вимогам.

Визначені в роботі розрахункові моделі враховують основні тимчасові впливи на таврову балку, забезпечуючи точність аналізу напружено-деформованого стану та створення запасу міцності під час проектування чи реконструкції.

Розрахунки показали, що:

1. Попередньо напружена арматура прогонових плит має достатній запас міцності після врахування всіх втрат.

2. Міцність похилих перерізів забезпечено, за умови врахування впливу поперечного армування.

Це дозволяє використовувати конструкцію з мінімальними коригуваннями при збереженні безпечної експлуатації.

Отримані результати дозволяють оцінити деформації конструкції та перевірити її відповідність нормативним вимогам щодо міцності та жорсткості.

За результатами моделювання виконано перевірочні розрахунки найбільш навантажених конструкцій мостової споруди через річку Удич на проектні навантаження.

Встановлено, що прогонові попередньо напружені Т-подібні балки, улаштовані в осях «1-3» мають достатню міцність за нормальними і похилими перерізами, жорсткість і тріщиностійкість для сприйняття проектних впливів НК-80 та Н-30. Окрім цього, балки мають резерв міцності для сприйняття навантажень НК-100 та А-15. Коефіцієнт використання перерізу 0,99.

Прогонові плити мостової споруди, улаштовані в осях «0-1» та «3-4» перевантажені, вимагають термінового підсилення або заміни.

Міцність інших будівельних конструкцій проїзної частини мостової споруди забезпечена.

При виконанні робіт з капітального ремонту рекомендується забезпечити зв'язність роботи прогонових конструкцій улаштуванням диску жорсткості у вигляді монолітної накладної плити.

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТИВНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОПОЗИЦІЇ З УЛАШТУВАННЯ НАКЛАДНИХ ПЛИТ ПІДСИЛЕННЯ НА МОСТОВИХ СПОРУДАХ

3.1 Існуючий стан мостової споруди

Прогонова будова мосту має трьохпролітну конструкцію. У межах осей «0-1» та «3-4» вона складається з дванадцяти збірних суцільних залізобетонних плит прямокутного перерізу, розроблених за типовим проєктом (серія 3.503-41, вип. 2). Розміри плит становлять 1000×300h×6000 мм.

У проміжному прольоті між осями «1-3» використовуються шість збірних Т-подібних залізобетонних балок типу Пр-21Г-7ук довжиною 21,0 м, виготовлених за типовим проєктом (серія 3.503.1-12, вип. 19). Між балками на всю їхню довжину передбачено монолітні залізобетонні вставки шириною 650 мм, що забезпечують цілісність конструкції.

По обидва боки мосту облаштовані тротуари шириною 1060 мм, виготовлені із збірних тротуарних плит. Уздовж осі «А» мосту встановлено трубу газопроводу діаметром Ø108 мм, яка закріплена на кронштейнах, прикріплених до перильного огороження, на відстані 500 мм від краю мосту.

Капітальний ремонт споруди виконується із частковим перекриттям руху, що дозволяє забезпечити мінімальні незручності для транспортного та пішохідного руху.

3.2 Технологічні пропозиції з капремонту конструкцій мостової споруди

Передбачено комплекс робіт, спрямованих на модернізацію конструкцій мосту та забезпечення їхньої відповідності сучасним вимогам. Заплановано влаштування нових опорних конструкцій для газової труби, які будуть консольно закріплені до стінки крайньої збірної Т-подібної балки по осі «А».

Конструкції встановлюватимуться з кроком приблизно 3 м уздовж балки, фіксуючись за допомогою чотирьох наскрізних шпильок М16 для кожної опори. Опорна система виконана у вигляді металевої просторової конструкції БК-1 із труб розміром 50×30×3, із внутрішніми з'єднаннями трубами 30×30×3. На кінці консолі розміщено вертикальну стійку з труби 60×60×4, яка безпосередньо підтримує газову трубу, закріплену за допомогою U-подібних хомутів розміром А120×171×60.

Серед інших заходів передбачено демонтаж існуючого перильного огороження, а також асфальтобетонного покриття та вирівнювального шару на проїзній частині мосту та підходах. Заплановано демонтаж пролітних конструкцій у межах осей «0-1» та «3-4», з подальшим їх повторним використанням як перехідних плит.

Для покращення експлуатаційних властивостей споруди передбачено ремонт Т-подібних збірних балок і монолітних вставок між ними. У проміжному прольоті (осі «1-3») буде влаштовано монолітну залізобетонну накладну плиту, тоді як у крайніх прольотах (осі «0-1» і «3-4») – нову монолітну прогонову плиту, що забезпечить надійність і довговічність конструкцій мосту.

3.3 Опис конструкції підсилення Т-подібних балок

А) Підсилення приопорних ділянок балок

Для відновлення несучої здатності приопорних ділянок крайніх балок за міцністю на зсув передбачено використання тканини з вуглецевого волокна SikaWrap® 230C, приклеєної епоксидним клеєм Sikadur®-330, а також анкерного джгута SikaWrap® FX-50 C. Підсилення виконується "сухим методом" відповідно до М 218-02071010-605:2006.

Для усунення дрібних дефектів, таких як раковини та вибоїни, застосовується тиксотропний клей Sikadur®-30 на основі епоксидної смоли з кварцовим піском. Тріщини з шириною розкриття більше 0,2 мм заповнюються методом ін'єктування епоксидною смолою Sikadur®-52 Injection.

Для ґрунтування і просочування анкерів використовується розчин на основі епоксидної смоли, тоді як тканина просочується епоксидною смолою. Вирівнювання поверхні тканини та переходів між підсиленими і непідсиленими ділянками виконується цементно-епоксидним розчином Sikagard-720 EpoCem. Захист поверхні забезпечується нанесенням двошарового покриття Sikagard-680 S Betoncolor.

Детальні конструктивні рішення підсилення наведені на рис. 3.1.

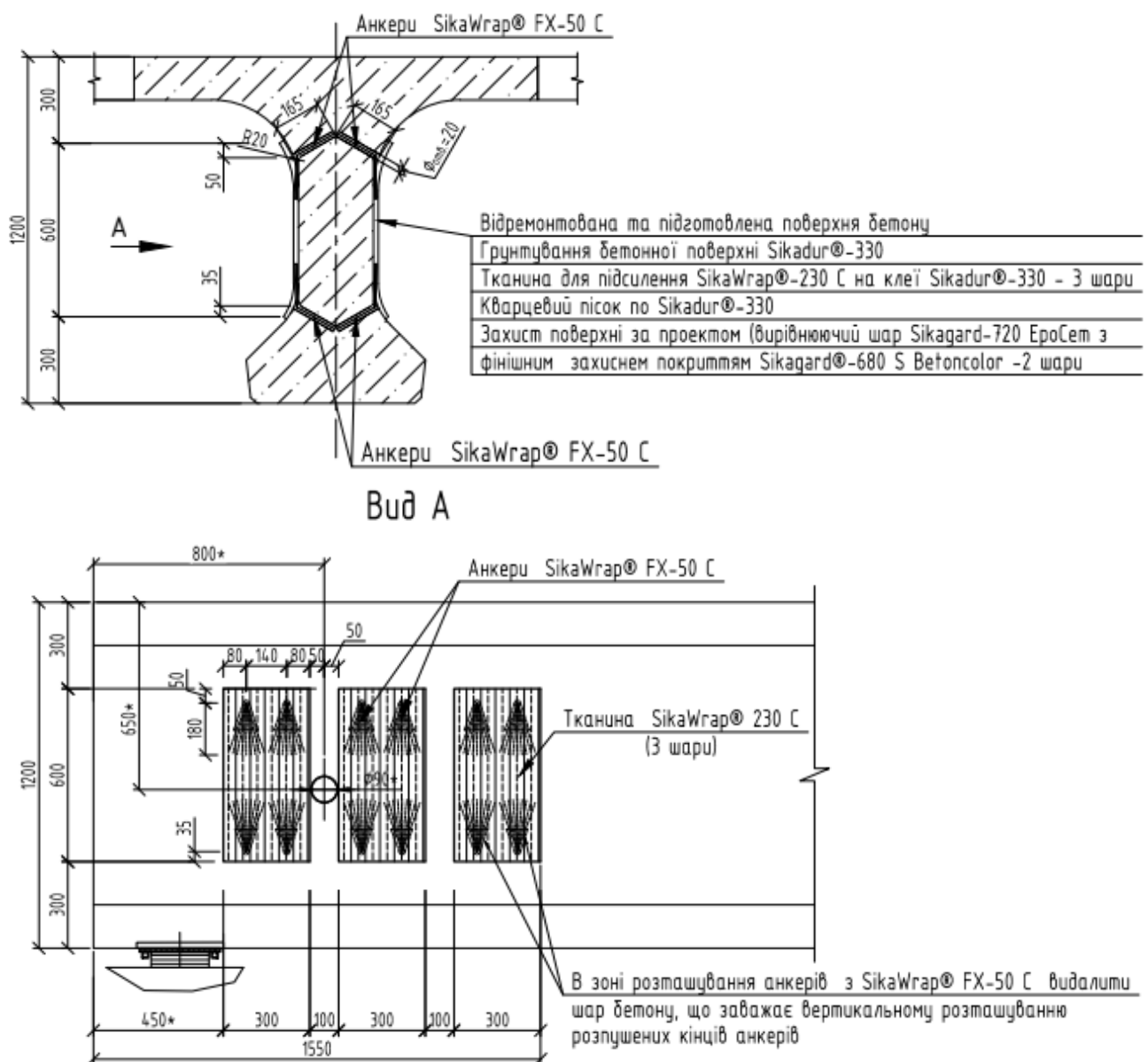


Рисунок 3.1 – Принциповий вузол підсилення ділянки Т-балок тканинами з вуглецевих волокон SikaWrap-230 C

Б) Ремонт тріщин та дефектів плитної частини

Тріщини шириною розкриття до 2 мм ремонтуються сумішами Sika Monotop 412 NFG та Sikadur 52 Injection з використанням адгезійного шару Sika Monotop-910N. На ділянках з оголеною арматурою застосовується тришаровий захист Sika FerroGard-903. Ділянки без оголення арматури ремонтуються сумішами Sika Monotop 412 NFG. Фінішне шпаклювання виконується матеріалами Sika Monotop-723N, Sikagard-702W Aquaphob, а також нанесенням двошарового фінішного покриття Sikagard-680S Betoncolor.

3.4 Влаштування додаткових анкерів у прогонових балках

Для забезпечення надійного зчеплення монолітної накладної плити з існуючими прогоновими балками мосту (в осях «1-3») передбачено влаштування нової системи анкерів.

Анкери виконуються зі стрижнів Ø16 мм класу А-III (марка 25Г2С за ГОСТ 5781-82) і вклеюються в заздалегідь просвердлені отвори за допомогою хімічного анкерного розчину на основі епоксидної смоли.

Крок розташування анкерів:

- 200 мм у прогонових балках;
- 400 мм у монолітних стиках між балками.

Анкери захищаються антикорозійним покриттям, а також обробляються адгезійним шаром для забезпечення довговічності конструкції. Деталі виконання зазначені на кресленнях (рис. 3.2).

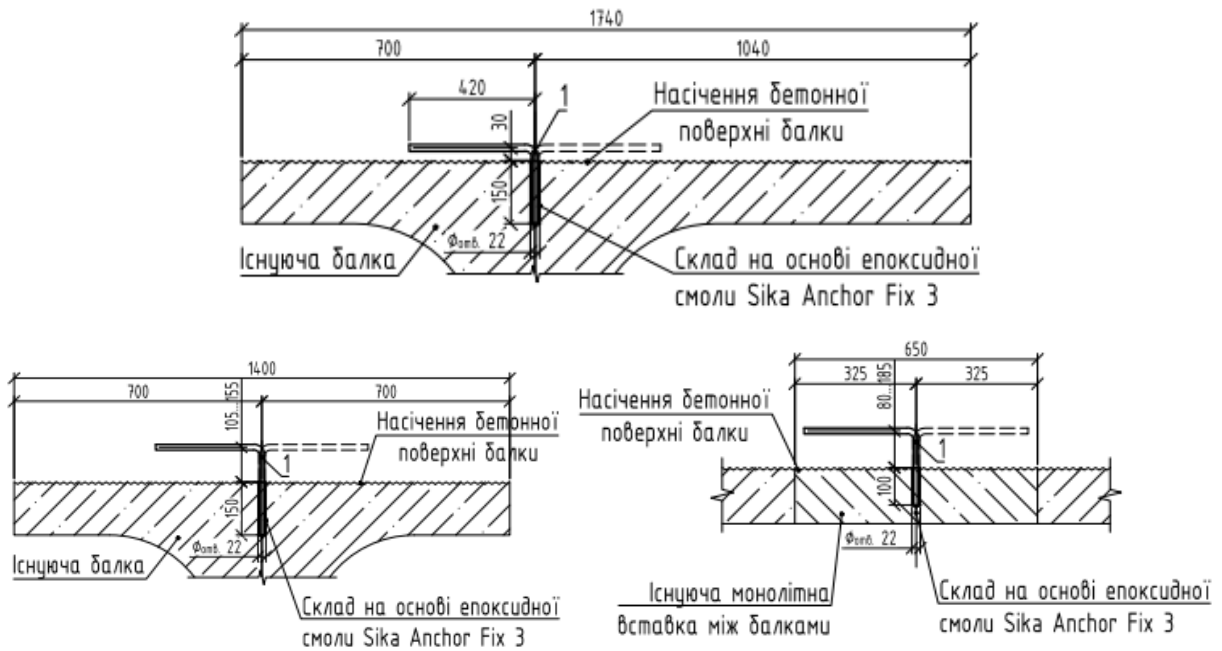


Рисунок 3.2 – Вклеювання додаткових анкерів в накладну плиту

3.5 Опис конструкції підсилення прогонової будови в осях «1-3»

Для забезпечення надійності прогонової будови в осях «1-3», вирівнювання поздовжнього профілю та ефективного відведення води з поверхні конструкції, передбачено влаштування монолітної залізобетонної плити товщиною 140–240 мм. Конструкція виконується з бетону класу С32/40 (В40) з характеристиками морозостійкості F200 і водонепроникності W8.

Монолітна плита включається у спільну роботу зі збірними балками завдяки:

- Анкерам, що вклеюються на епоксидному клеї у плити балок і в монолітні стики між балками.
- Обробці поверхні балок матеріалом, який забезпечує надійне зчеплення з новим бетоном плити.

Армування плити виконується окремими стержнями Ø16 мм класу А-III з кроком 200 мм у двох напрямках. Стержні зв'язуються між собою в'язальним дротом. У місцях, визначених розрахунком, влаштовується додаткова арматура Ø16 А-III з таким самим кроком.

Детальні конструктивні рішення наведені на рис. 3.3-3.5.

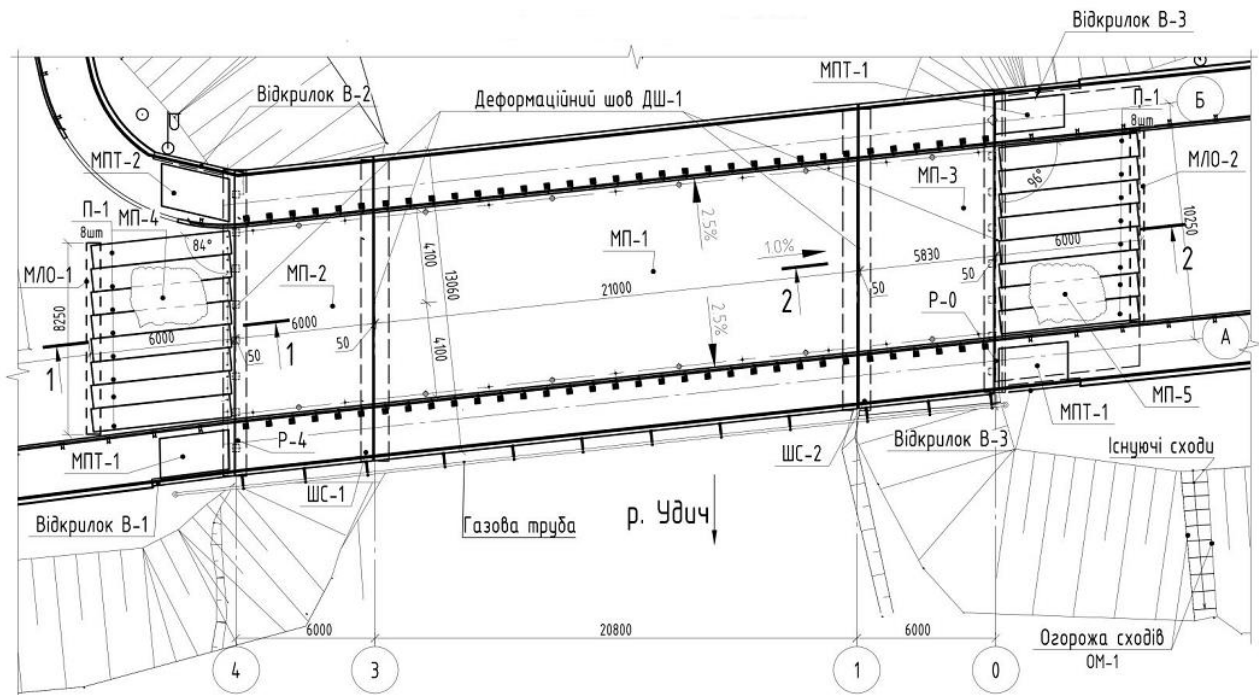


Рисунок 3.3 – Схема розташування плит: МП-1, МП-4, МП-5 – монолітна накладна плита; МП-2, МП-3 – монолітна прогонова плита; МЛО-1, МЛО-2 – монолітна лежнева опора; ШС-1, ШС-2 – монолітна шафова стінка

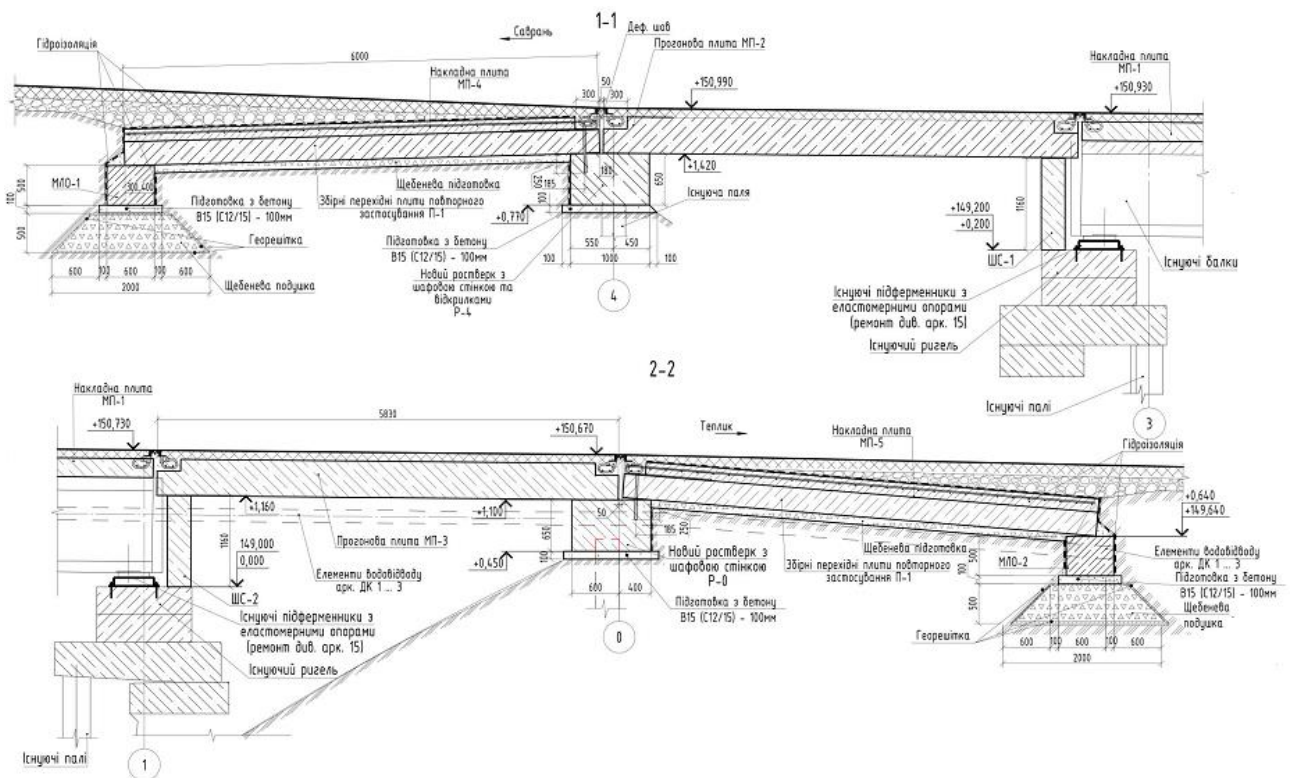


Рисунок 3.4 – Розрізи 1-1, 2-2

Тротуарна частина (рис. 3.6) проектується з урахуванням тимчасового навантаження від натовпу людей (3,92 кПа). Її рівень знаходиться вище за проїзну частину. Товщина тротуарної частини становить 445-490 мм. Армування здійснюється окремими стержнями Ø16 мм класу А-III у верхній і нижній зонах з кроком 200 мм у двох напрямках.

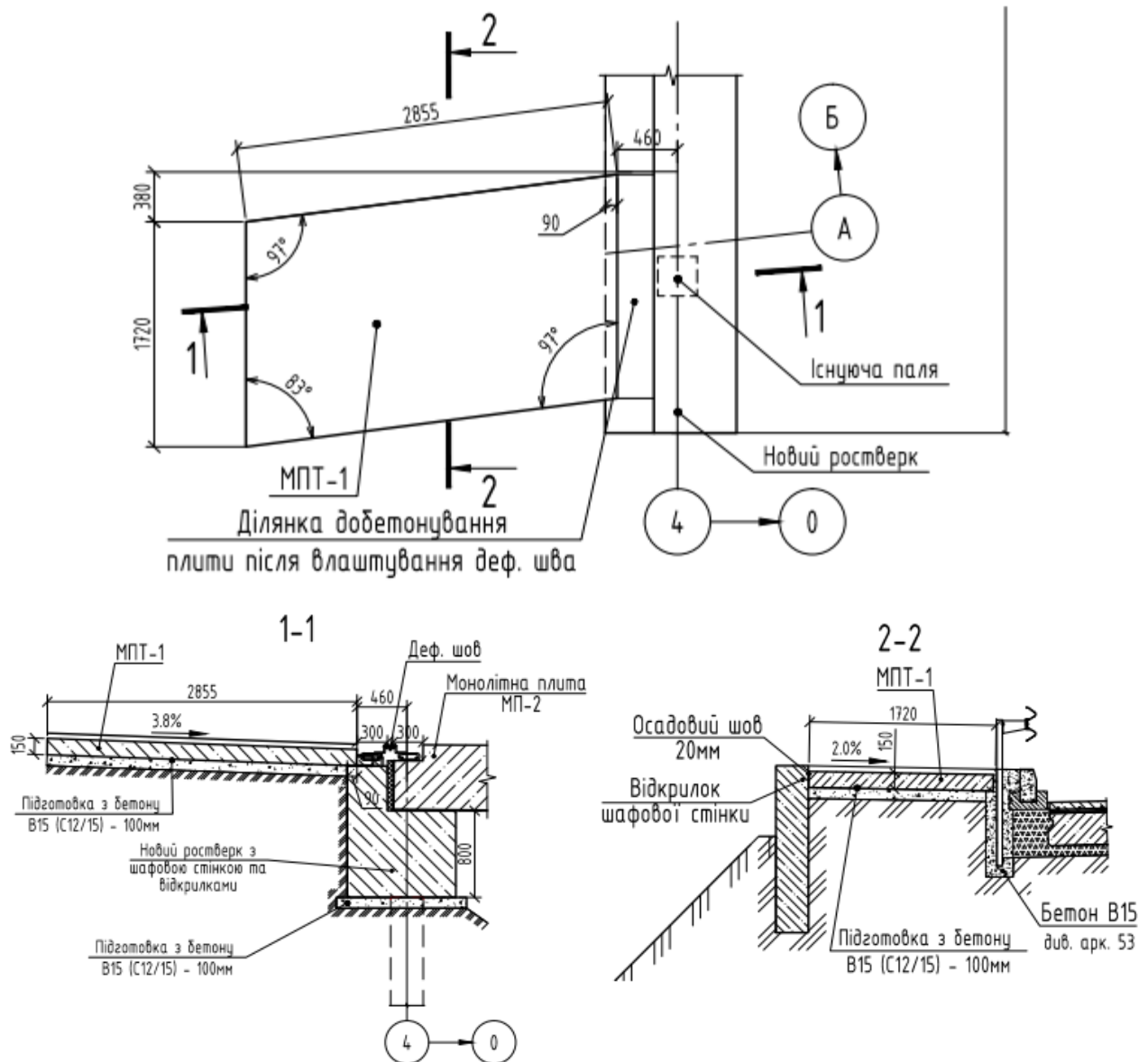


Рисунок 3.6 – Приклад влаштування монолітної перехідної тротуарної плити

Для зменшення ваги конструкції тротуарної частини перед бетонуванням укладаються поліетиленові труби, що створюють пустоти. Крім того, у

тротуарній частині передбачено закладні деталі для монтажу бар'єрного та перильного огородження.

3.6 Конструкція монолітної прогонової плити в осях «0-1» та «3-4»

У межах осей «0-1» та «3-4» планується влаштування нової монолітної прогонової плити, яка включає тротуарні частини. Товщина проїзної частини коливатиметься від 360 до 460 мм, тоді як тротуарні частини, розташовані вище проїзної, матимуть товщину 515–560 мм.

Проїзна частина монолітної плити буде армована окремими стержнями діаметром 16 мм класу А-III (А400) у верхній і нижній зонах з кроком 200 мм в обох напрямках. Для додаткової міцності у нижній зоні вздовж мосту передбачені стержні діаметром 20 мм класу А-III, розташовані з кроком 200 мм. Проектне положення верхньої арматури буде забезпечено за допомогою монтажних каркасів із арматури діаметром 12 мм класу А-I, встановлених із кроком 800 мм.

На приопорних ділянках плити передбачено поперечне робоче армування, виконане у вигляді каркасів із вертикальних стержнів діаметром 12 мм класу А-I з кроком 200 мм. Каркаси також розташовуються із кроком 200 мм.

Тротуарні частини армуватимуться окремими стержнями діаметром 16 мм класу А-III у верхній і нижній зонах із кроком 200 мм в обох напрямках. Для їхньої полегшення перед бетонуванням укладатимуться поліетиленові труби для формування пустот, а також закладні деталі для кріплення бар'єрного та перильного огородження.

Бетонування плити виконуватиметься із використанням бетону класу С32/40 (В40), морозостійкості F200, водонепроникності W8.

На початку та в кінці монолітних прогонових плит передбачено влаштування деформаційних швів для компенсації температурних та механічних впливів (рис. 3.7)

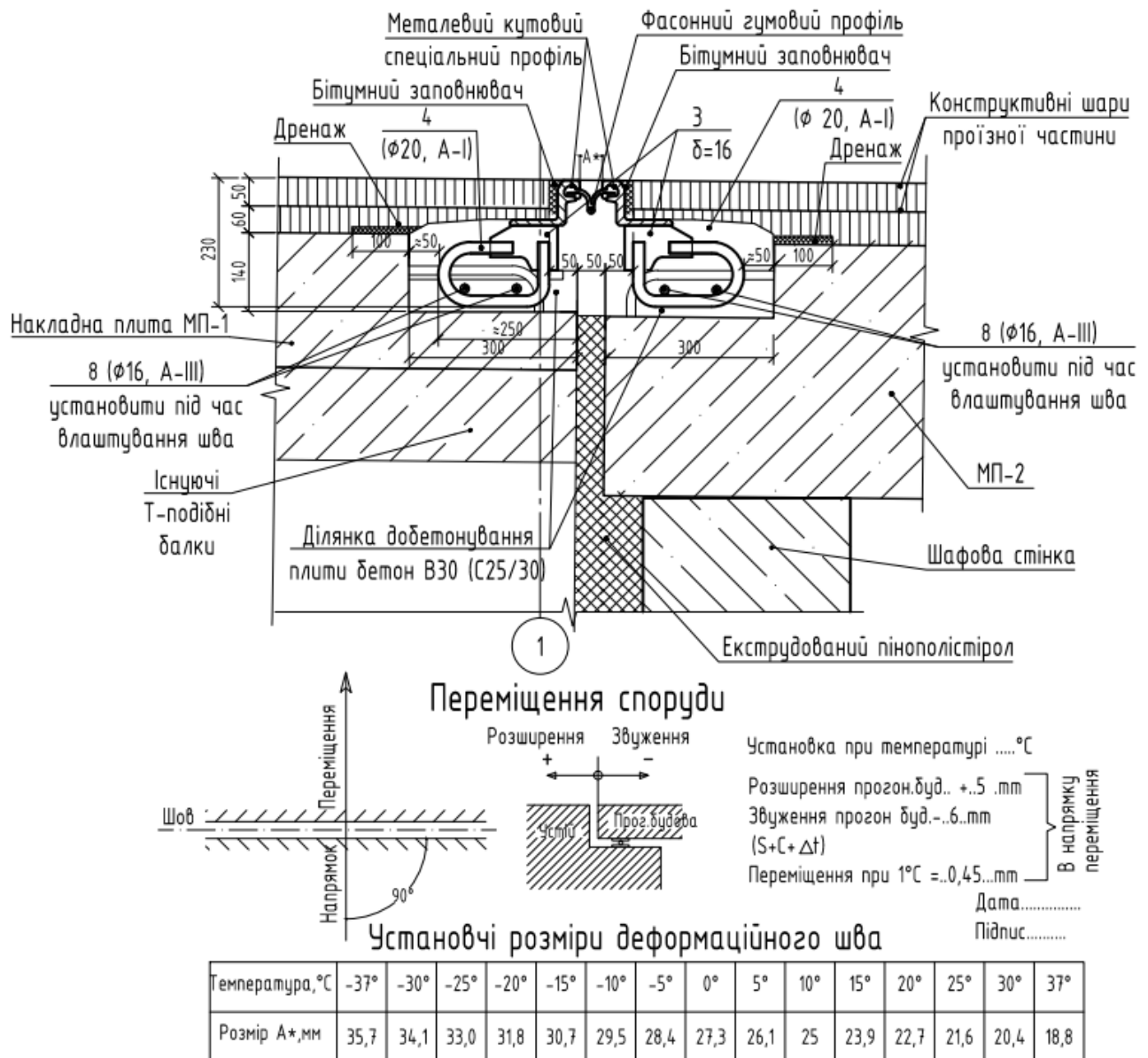


Рисунок 3.7 – Влаштування деформаційного шва

3.7 Рішення щодо конструкції дорожнього одягу та гідроізоляції

Дорожній одяг проїзної частини мосту запроектований як багатошаровий, із середньою проектною товщиною 110 мм. Він включає асфальтобетонне покриття та шар гідроізоляції, що забезпечує довговічність конструкції. Для тротуарної частини передбачене епоксидно-поліуретанове покриття, яке вирізняється стійкістю до ультрафіолетового випромінювання, атмосферних опадів, інших кліматичних чинників і механічних впливів.

Поперечний ухил проїзної частини мосту становить 25‰ і спрямований у бік тротуарів до осі водовідвідних трубок. Для тротуарів ухил прийнято на рівні 20‰ у напрямку проїзду, що сприяє ефективному водовідведенню. Ці ухили формуються шляхом встановлення балок на підферменники різної висоти, а також у процесі бетонування монолітної плити.

Гідроізоляція монолітних залізобетонних плит (МП-1, МП-2, МП-3) виконується із застосуванням сучасних матеріалів. Для проїзної частини мосту використовується сполучний шар Bond Coat 3, який забезпечує надійне зчеплення асфальтобетону з гідроізоляційною мембраною. Тротуарна частина отримує зносостійкий шар Safetrack SC, доповнений бокситовою крихтою фракції 0,6-1,8 мм як заповнювачем (рис. 3.8).

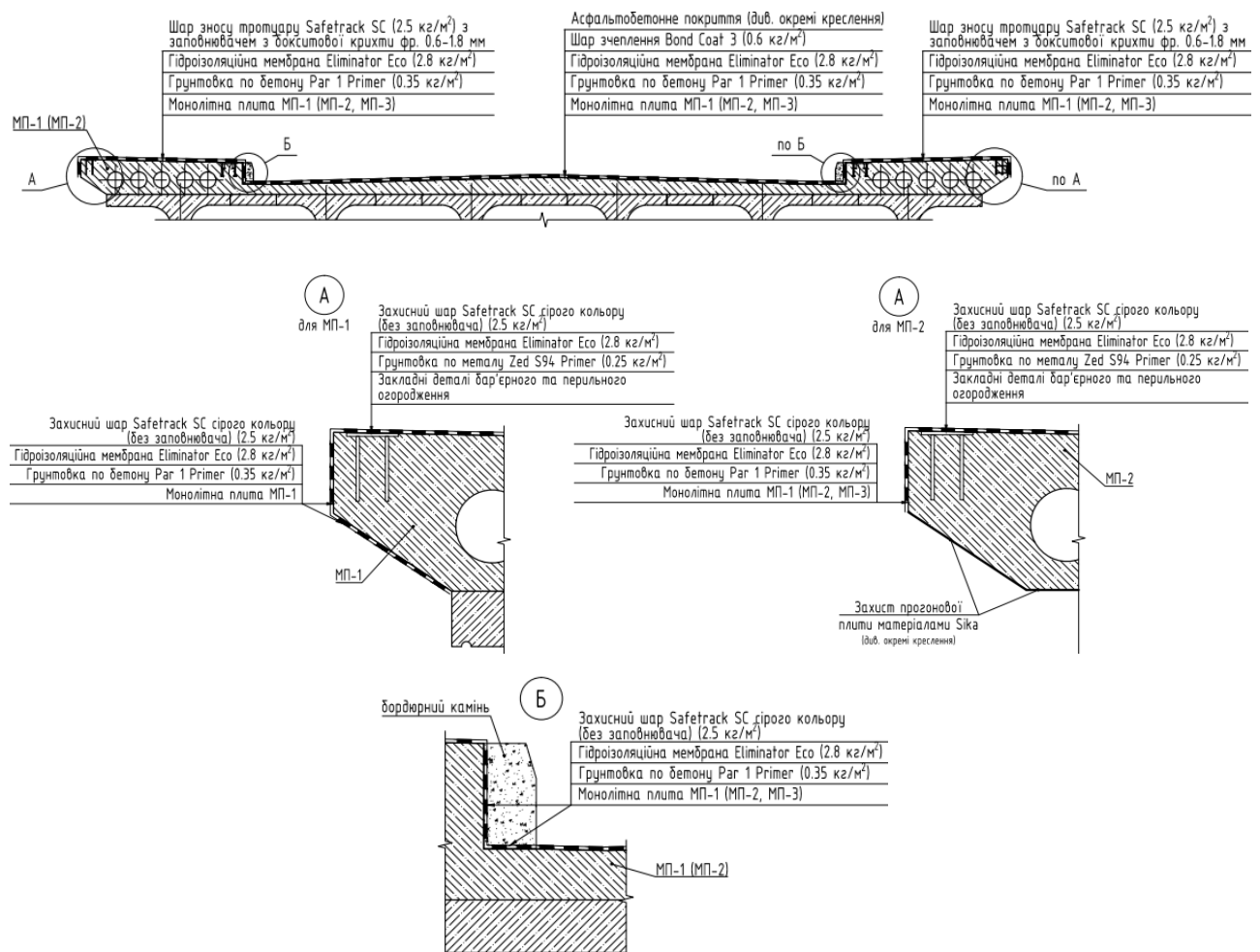


Рисунок 3.8 – Гідроізоляція монолітних залізобетонних плит

Для захисту вертикальних бордюрних та фасадних частин прогонової будови, горизонтальних і вертикальних поверхонь сталевих закладних деталей наноситься спеціальне покриття Safetrack SC сірого кольору, яке не містить заповнювача. Таке технічне рішення гарантує довговічність і надійність покриття в умовах експлуатації.

3.8 Влаштування плит на підходах

На момент обстеження мосту було встановлено, що об'єднання його з насипом підходів виконано без перехідних плит та шафових стінок. У зв'язку з цим проєкт капітального ремонту передбачає влаштування перехідних (під'їзних) плит та відповідних конструкцій.

Перехідні плити та лежневі опори. З обох боків мосту у якості перехідних плит заплановано використати збірні залізобетонні плити П-1, демонтовані з прольотів «0-1» та «3-4». Перед монтажем поверхні плит обробляються захисним розчином Sika FerroGard-903 і вирівнюються матеріалом Sika Monotop-723N. Анкерування плит виконується за допомогою анкерів Ø16 А-III, що встановлюються в попередньо просвердлені отвори Ø20 мм і закріплюються розчином Sika Anchor Fix 3. У разі наявності існуючих отворів Ø60 мм плити додатково анкеруються до ростверку одним анкером Ø22, закріпленим аналогічним чином.

Шпонки між плитами заповнюються арматурними каркасами з Ø12 А-III, які забезпечують проєктне положення накладної плити, після чого шпонки монолітяться бетоном класу B40 (C32/40), W8, F200. На поверхні збірних плит передбачено влаштування монолітної накладної плити товщиною 70–170 мм, яка об'єднує збірні елементи в спільну конструкцію. Для цього встановлюються анкери Ø12 А-III в отвори Ø16 мм з кроком 500 мм у шаховому порядку, що фіксуються розчином Sika Anchor Fix 3. Монолітна накладна плита армується стрижнями Ø16 А-III з кроком 200 мм в обох напрямках. Бетонування виконується бетоном класу C32/40 (B40), F200, W8.

Тротуарні плити на підходах передбачені плоскими, монолітними, залізобетонними, товщиною 150 мм. Їх армування виконується стрижнями Ø12 А-III, з кроком 200 мм в обох напрямках. Бетонування цих плит здійснюється бетоном класу C25/30 (B30), F200, W8.

З одного боку перехідні плити обпираються на монолітні ригелі, а з іншого – на монолітні лежневі опори типів МЛО-1 та МЛО-2. Лежневі опори мають прямокутний переріз (500×600 мм), виконані з бетону класу B30 (C25/30) і армуються просторовими каркасами з робочими стрижнями Ø16 А-III, розташованими з кроком 100 мм. Лежневі опори встановлюються на щебеневій подушці завтовшки 500 мм, підсиленій георешіткою.

3.9 Антикорозійний захист конструкцій мосту

Антикорозійний захист залізобетонних конструкцій виконується відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.6-145:2010 «Захист бетонних та залізобетонних конструкцій від корозії» та ДСТУ-Н Б В.2.6-186:2013 «Настанова щодо захисту будівельних конструкцій будівель та споруд від корозії». Проектом передбачено застосування трьохшарової системи лакофарбового покриття для захисту видимих поверхонь залізобетонних конструкцій (опор, шафових стінок, відкосних крил). Захист виконується із використанням матеріалів фірми Sika, що забезпечують надійну ізоляцію від корозійних впливів [36, 37].

Трьохшарова система захисту включає:

1. Шпаклювання: вирівнювання поверхонь цементно-полімерними шпаклівками, закупорювання пор, усунення усадочних тріщин, а також нерівностей, що залишилися після демонтажу опалубки.

2. Грунтування та гідрофобізація: обробка полімер-цементними сумішами та просочувальними матеріалами, що:

- зменшують капілярне водопоглинання;
- забезпечують високу адгезію до бетону;
- покращують стійкість до забруднення;

- перешкоджають росту плісняви та грибка.

Цей шар особливо важливий, оскільки мостова споруда постійно зазнає впливу води.

3. Фінішне покриття: нанесення композитних полімерних матеріалів, стійких до ультрафіолету, що забезпечують:

- високу стійкість до дифузії вуглекислого газу, уповільнюючи карбонізацію бетону;

- захист від атмосферних опадів та зовнішніх впливів.

Окрім цього, арматурні елементи монолітної плити мосту додатково покриваються антикорозійним шаром для захисту від впливу зовнішніх факторів.

Антикорозійний захист металоконструкцій. Металеві конструкції мосту, зокрема перильне та мостове огороження, захищаються від корозії методом гарячого цинкування відповідно до ДСТУ Б В.2.6-193:2013 «Захист металевих конструкцій від корозії» та ДСТУ-Н Б В.2.6-186:2013 [36, 37].

Гарячий метод цинкування забезпечує товщину цинкового покриття не менше 80 мкм, що ефективно запобігає корозії та забезпечує довговічність металоконструкцій навіть у складних кліматичних умовах.

Висновки за розділом 3

Запропоновані в проекті рішення з капітального ремонту та підсилення конструкцій мосту через річку Удич забезпечують відновлення його несучої здатності, довговічності та безпеки експлуатації відповідно до сучасних нормативних вимог. Основним завданням є приведення мостової споруди до технічного стану, що дозволяє приймати проектні навантаження НК-100 та А-15, забезпечення безпечного руху автотранспорту й пішоходів, а також покращення довговічності конструкцій.

Ключовим заходом є влаштування нової монолітної прогонової плити в осях «0-1» та «3-4», а також монолітної залізобетонної плити в осях «1-3», що працюватиме спільно зі збірними балками. Підсилення забезпечується анкерами з епоксидним кріпленням, що передають навантаження між плитою та балками. Це рішення дозволяє не лише підвищити міцність прогонових будов, але й покращити їхню жорсткість і зносостійкість.

Для відновлення несучої здатності приопорних ділянок Т-подібних балок застосовано сучасні композитні матеріали, зокрема тканину з вуглецевого волокна SikaWrap® 230C та епоксидні клеї. Це дозволяє компенсувати втрати міцності без значного збільшення ваги конструкцій.

Особливу увагу приділено ремонту тріщин, оголення арматури та пошкоджених ділянок. Використання матеріалів Sika Monotop, Sikadur і інших інноваційних сумішей забезпечує не лише відновлення пошкоджених зон, але й надає захист від корозії.

Також впроваджено заходи для покращення водовідведення, включно з системою деформаційних швів і організацією стоку дощових вод із тротуарів. Тротуари підсилено поліетиленовими трубами для зменшення ваги та покращення міцності.

Дорожній одяг проїзної частини спроектовано багатошаровим, із сучасною системою гідроізоляції та епоксидно-поліуретановим покриттям тротуарів, що забезпечує стійкість до кліматичних впливів.

Усі металеві елементи захищені методом гарячого цинкування, а залізобетонні поверхні – тришаровим антикорозійним покриттям.

Узагальнюючи, запропоновані рішення є комплексними, заснованими на застосуванні сучасних матеріалів і технологій. Вони дозволяють усунути всі дефекти мосту, забезпечити його функціональність на довгострокову перспективу, дотримуючись вимог економічності, екологічності та безпеки.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Архітектурно-будівельні рішення

4.1.1 Фізико-географічні умови району будівництва

Об'єкт реконструкції знаходиться в південно-східній частині Вінницької області, в межах населеного пункту с. М'якохід Гайсинського району Вінницької області. Детальне місце розташування мосту наведено на ситуаційній схемі (рис. 4.1).

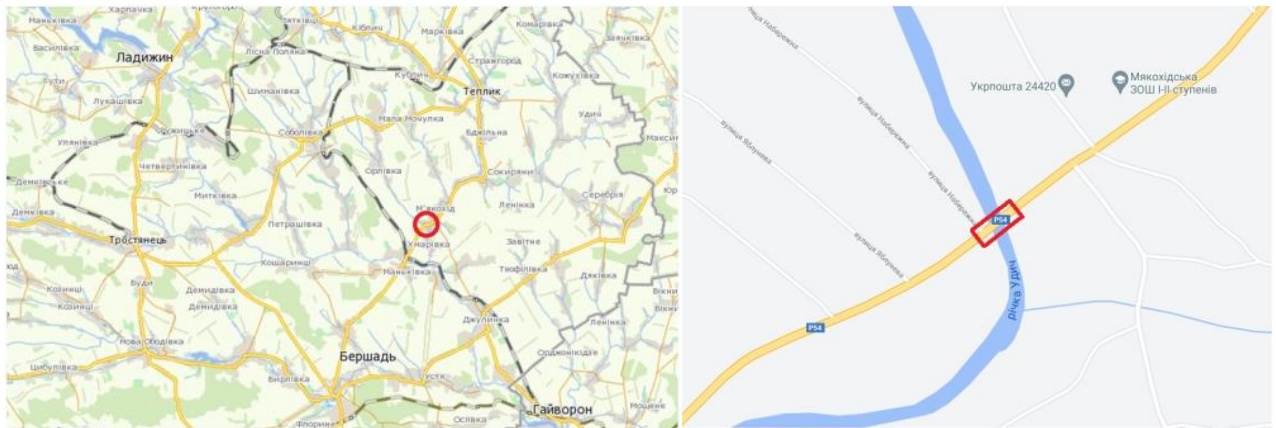


Рисунок 4.1 – Ситуаційна схема розташування мосту через річку Удич

Територія розташована в межах південного заходу Східноєвропейської рівнини, у лісостеповій зоні Подільсько-Придніпровського краю. Район характеризується рівнинно-похилим розчленованим рельєфом із густою гідрологічною мережею.

Об'єкт реконструкції знаходиться на заплавної і надзаплавній терасі річки Удич. Частина території піддається підтопленню, а на ділянці виявлено специфічні біогенні ґрунти. Інших небезпечних геологічних або інженерно-геологічних процесів не зафіксовано. Рельєф ділянки похилий у бік річки.

Абсолютні висоти поверхні землі на території реконструкції коливаються від 146,07 м до 151,03 м за Балтійською системою висот.

Об'єкт належить до I (Північно-Західного) архітектурно-будівельного кліматичного району за ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 [35]:

- тип клімату: помірно континентальний, із достатнім зволоженням і теплопостачанням;

- середньорічна температура повітря: $+7,3^{\circ}\text{C}$. Середні температури у січні становлять $-5,1^{\circ}\text{C}$ (мінімум $-36,0^{\circ}\text{C}$), у липні – $+18,7^{\circ}\text{C}$ (максимум $+38,0^{\circ}\text{C}$). Тривалість морозного періоду – 107 днів;

- середньорічна кількість опадів: 617 мм, з максимумом у червні-вересні;

- вітри: січень – західний напрямок, швидкість 3,9 м/с; липень – північно-західний напрямок, швидкість 3,0 м/с;

- нормативна глибина сезонного промерзання місцевих ґрунтів: суглинки й глини: - 0,79 м; супіски й пілуваті піски – 0,96 м; гравійні й великозерністі піски – 1,03 м; вВеликоуламкові ґрунти – 1,17 м.

Уздовж дороги ділянка вкрита асфальтобетоном, решта території – трав'яною рослинністю.

4.1.2 Характеристика існуючого мосту

Об'єкт реконструкції – мостова споруда, розташована в межах с. М'якохід. Міст є важливою складовою місцевої інфраструктури (на рис. 4.2). Відстань до найближчої житлової забудови становить не менше 55 м.



Рисунок 4.2 – Загальний вигляд проїзної частини, тротуарів та підходу зі сторони берегових опор «0» та «4»

Міст через річку Удич на км 38+004 автомобільної дороги Р-54 має трьохпролітну конструкцію з береговими та проміжними опорами. Основні технічні характеристики:

1. Прогонові будови в осях «0-1» та «3-4» (рис. 4.3) складаються із 12 збірних суцільних залізобетонних плит прямокутного перерізу (серія 3.503-41, вип. 2). Розміри плит: $1000 \times 300(h) \times 6000$ мм.



Рисунок 4.3 – Загальний вигляд прогонової будови з збірних суцільних залізобетонних плит прямокутного перерізу в осях «0-1»

2. Прогонові будови в осях «1-3» (рис. 4.4) складаються із 6 збірних Т-подібних залізобетонних балок (Пр-21Г-7ук, серія 3.503.1-12, вип. 19). Довжина балок

21,0 м. Між балками – монолітні залізобетонні вставки шириною 650 мм.

3. Берегові опори (осі «0» і «4») складаються із (рис. 4.5):

- 8 залізобетонних паль перерізом 300×300 мм;
- монолітних ростверків: $900(b) \times 420(h) \times 13200(L)$ мм;
- опори без шафових стінок.



Рисунок 4.4 – Загальний вигляд прогонової будови з збірних Т-подібних залізобетонних балок в осях «1-3» та опори по осі «1»



а)



б)

Рисунок 4.5 – Загальний вигляд берегової опори: а) по осі «0»; б) по осі «№3»

3. Геометрична схема мосту

- пролітна будова: $1 \times 6,0 \text{ м} + 1 \times 20,8 \text{ м} + 1 \times 6,0 \text{ м}$;
- довжина мосту: 33,10 м;
- габарит: $\Gamma-10,40 + 2 \times 1,06 \text{ м}$;
- висота мосту: 3,73 м (від рівня води до балок);
- висота опор до рівня води: 2350–2660 мм.

4. Проміжні опори (осі «1» і «3») складаються із:

- 7 паль перерізом 350×350 мм;
- монолітних ростверків: $2100(b) \times 500(h) \times 7000(L)$ мм, з монолітним поясом 400 мм поверх старих кам'яних опор.

5. Дорожній одяг:

- асфальтобетонне покриття товщиною 110-140 мм із гідроізоляцією;
- ширина проїзної частини: 10,4 м;
- тротуари шириною 1060 мм, покриті 40 мм асфальтобетону.

6. Конструктивна схема мостової споруди:

- Т-подібні балки обпираються на еластомерні опори з поліуретану через підферменники;
- прямокутні плити обпираються на шафову стінку ($300 \times 1000(h) \times 12550$ мм).

7. Водовідведення відбувається через поперечні та поздовжні ухили, 4 дощоприймачі, водовідвідні трубки між Т-подібними балками.

8. Деформаційні шви виконано закритого типу (рис. 4.6).



Рисунок 4.6 – Загальний вигляд та стан деформаційного шва по осі «3»

9. Перильне огороження: металева огорожа висотою 960 мм (рис. 4.7).



Рисунок 4.7 – Загальний вигляд та стан перильного огороження по осі «А» та труби газопроводу

10. Бар'єрне огороження: тротуарні плити висотою 400 мм.

11. Підходи до мосту виконано у наступному варіанті:

- насип висотою 5,0 м, укріплений трав'яним покриттям;

- ширина проїзної частини на підходах: 9,150-9,520 м;

- асфальтобетонне покриття завтовшки 120-180 мм;

- водовідведення – неорганізоване.

- бар'єрне огороження: тросове на залізобетонних стояках висотою 1200 мм.



Рисунок 4.8 – Загальний вигляд тротуарної плити по осі «Б» поблизу осі «0» та загальний стан сполучення тротуарної частини мосту з підходами

12. Додаткові елементи мостової споруди:

- газопровід Ø108 мм уздовж осі «А» на кронштейнах (500 мм від краю мосту);
- сходи шириною 1000 мм зі збірних залізобетонних маршів;
- електроосвітлення (дерев'яні та залізобетонні стовпи, освітлювальні ліхтарі).

Міст класифікується як середній за довжиною відповідно до п. 1.2 ДБН В.2.3-22:2009. Категорія дороги III, проектні навантаження: Н-30 та НК-80 [27].

4.1.3 Технічний стан конструкцій мосту

За результатами обстеження технічного стану міст знаходиться в непрацездатному стані згідно з класифікацією ДСТУ-Н Б.В.2.3-23:2012 [38].

Конструкція мосту має суттєві дефекти, які впливають на несучу здатність, довговічність і безпеку споруди:

- відсутність монолітної накладної плити;
- відсутність перехідних плит і укріплення відкосів на підходах;
- руйнування бетону підферменників;
- низька якість виконання монолітних залізобетонних конструкцій;
- деформаційні шви, що не відповідають нормам;
- пошкодження паль, ростверків, шафових стінок і ригелів;
- дефекти плит і Т-подібних балок;
- відсутність тротуарів на підходах;
- протікання води через неякісно встановлені водовідвідні трубки, що спричиняє корозію арматури;
- бар'єрне огородження не відповідає вимогам безпеки;
- відсутність гідроізоляції та пошкодження покриття тротуарів;
- пошкодження елементів перильного огородження;
- наноси ґрунту та розвиток рослинності на смугах безпеки.

Міцність бетону залізобетонних ригелів, плит і Т-подібних балок відповідає нормативам. Монолітні підферменники мають клас бетону нижче В7.5, що не відповідає вимогам.

Вантажопідйомність мосту на момент обстеження не відповідає чинним нормам. Основні причини:

- відсутність монолітної накладної плити та перехідних плит;
- руйнування бетону й оголення арматури несучих конструкцій;
- посилення вимог у сучасних нормах ДБН В.1.2-15:2009 порівняно зі СНиП 2.05.03-84 [27];
- збільшення планового навантаження на мостову споруду з НК-80 (Н-30) до НК-100 (А-15).

Габарит проїзної частини (Г-10,40 м) відповідає ДБН В.2.3-4:2015. Ширина тротуарів (1,06 м) не відповідає нормам (мінімальна необхідна ширина: 1,5 м, для маломобільних груп – 1,8 м) [6, 39].

За результатами перевірочних розрахунків прогонові плити (осі «0-1» і «3-4») перевантажені (коефіцієнт використання 2,04 при НК-100 та А-15), не працездатні при НК-80 та Н-30, вимагають термінового підсилення або заміни. Збірні залізобетонні ригелі (осі «1» і «3») сприймають навантаження НК-80, Н-30, НК-100, А-15, коефіцієнт використання 0,96. Т-подібні балки (осі «1-3») мають достатню міцність, жорсткість і тріщиностійкість для НК-80, Н-30. Резерв міцності дозволяє сприймати НК-100 та А-15, коефіцієнт використання 0,99.

Міцність проїзної частини забезпечена.

Міцність основи під опорами забезпечена завдяки наявності скельного ґрунту.

Отже, міст перебуває в непрацездатному стані. Основні несучі елементи – прогонові плити в осях «0-1» і «3-4» – перевантажені, що унеможливило сприйняття проектних і планових навантажень. Для відновлення працездатності споруди необхідно провести її підсилення або повну реконструкцію.

4.1.4 Заходи по реконструкції мосту

Міст потребує негайного капітального ремонту із передбаченням таких заходів:

1. Прогонові конструкції:

- підсилення балок в осях «1-3» і ригелів або використання проектних навантажень НК-80 (А-11) без підсилення;

- облаштування монолітної накладної плити для забезпечення зв'язності конструкцій.

2. Опори та підферменники:

- ремонт або заміна підферменників;
- ремонт залізобетонних конструкцій (ригелів, монолітних поясів).

3. Дорожнє полотно:

- облаштування переходів із мосту на підходи;
- організація водовідведення та дренажу;
- повна заміна покриття тротуарів із гідроізоляцією плит;
- розширення тротуарів до нормативної ширини.

4. Огородження:

- замінити перильне й бар'єрне огороження згідно з чинними нормами;
- облаштувати тротуари на підходах.

5. Тимчасові заходи:

- постійний нагляд і контроль руху;
- рішення щодо реконструкції або закриття мосту;
- запобігання аварійним ситуаціям через тимчасові заходи.

Ці заходи сприятимуть підвищенню безпеки, довговічності та відповідності мостової споруди сучасним вимогам експлуатації.

4.1.5 Благоустрій

Даним проектом передбачено низку заходів для забезпечення функціональності та естетичності мосту:

1. Тротуари: облаштування тротуарів для пішоходів і маломобільних груп населення з урахуванням нормативної ширини.

2. Дорожнє покриття: укладання суцільного асфальтобетонного покриття на проїзній частині та тротуарах.

3. Дорожні бордюри: встановлення бордюрних каменів між тротуаром і проїзною частиною з нормативним перевищенням.

4. Огородження:

- бар'єрне огороження для запобігання з'їзду транспортних засобів;
- перильне огороження для захисту пішоходів.

5. Електроосвітлення: перенесення існуючих опор, заміна кронштейнів і встановлення енергозберігаючих світильників.

6. Водовідведення: організація збору дощової води за допомогою труб та очищення в очисних спорудах.

7. Розмітка та знаки: нанесення дорожньої розмітки та встановлення знаків.

8. Очищення території:

- видалення будівельного сміття;
- зрізання та корчування чагарників;
- укріплення схилів.

4.1.6 Електроосвітлення

Проектом передбачено забезпечення мостової споруди та підходів належним освітленням відповідно до норм ДБН В.2.2-28:2018 [20]:

1. Опори освітлення:

- перенесення трьох опор уздовж осі «Б» у нові отвори;
- заміщення опор допускається в межах до 1 м від проектного розташування.

2. Світильники:

- установлення нових енергоефективних приладів потужністю до 0,5 кВт;
- заміна кронштейнів відповідно до карт виробника.

3. ЛЕП: відновлення за потреби.

4.1.7 Інженерний захист територій та об'єктів

Для забезпечення стійкості мостової споруди та екологічної безпеки передбачені такі заходи:

1. Контроль будівельних матеріалів: усі матеріали повинні мати сертифікати якості та пройти радіаційний контроль.

2. Укріплення схилів:

- використання шафових стінок для захисту від розмивів і зсувів;
- укріплення схилів шляхом засіву трав.

3. Земляне полотно:

- досипання ґрунту до проектного рівня, ущільнення та планування;
- засипання місць розмивів щебенем, піщано-гравійною сумішшю, або великоуламковим ґрунтом із пошаровим ущільненням;
- засипання виконується знизу вгору, без використання звичайного ґрунту.

4.1.8 Інклюзивність споруди

Проектні рішення тротуарної частини мосту враховують вимоги ДБН В.2.2-40:2018 [41] щодо забезпечення вільного переміщення маломобільних груп населення. Основні технічні рішення щодо інклюзивності споруди полягають у наступному:

1. Ширина тротуару становить 1,8 м і відповідає нормативній мінімальній ширині для маломобільних груп.

2. Покриття – рівне, тверде, безперервне, яке забезпечує комфортне пересування.

3. Огородження наявне і складається з:

- перильного огороження висотою 1,2 м для захисту пішоходів;
- бар'єрного огороження висотою 1,1 м із кроком стояків 1,0 м для додаткової безпеки.

Такі заходи сприяють підвищенню рівня безпеки та зручності для всіх учасників руху, особливо маломобільних груп населення.

4.1.9 Техніко-економічні показники

Основні технічні характеристики споруди після капремонту наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Основні технічні характеристики споруди після капремонту

Найменування	Од.вим.	Кількість	Примітки
Вид будівництва	Капітальний ремонт		
Категорія дороги, на якій розташована мостова споруда (з врахуванням перспективи)	III технічна категорія (табл. 4.1 ДБН В.2.3-4:2015)		
Клас навантаження	НК-80 та А-11 (п. 8.3 ДБН В.1.2-22:2009)		
Площа ділянки забудови (з підходами)	м ²	1320	
Розрахункова інтенсивність руху (з урахуванням перспективи)	авт./добу	1897	
Розрахункова швидкість руху	км/год	50	
Тип дорожнього покриття	Капітальний (Асфальтобетон)		
Тип мосту за довжиною (між крайніми торцями прогонових будов)	м	33,1 (середній)	
Довжина прогонів (по осях опор)	м	1х6,0+1х20,8+1х6,0 (трёхпрогоновий)	
Кількість смуг руху	од.	2 (по 3,5 м)	
Смуги безпеки	м	2 (по 0,6 м)	
Габарит (проїзна частина + тротуари)	м	Г-8,2+2х1,8	
Площа дорожнього покриття проїзної частини мосту з перехідними плитами	м ²	376,02	
Тротуар, тип покриття	Епоксидно-поліуретанове		
Кошторисна вартість будівництва	тис. грн.	19472,964	
В т.ч. БМР	тис. грн.	12862,312	
Загальна кошторисна трудомісткість	люд.-год	28465,04	
Нормативна трудомісткість	люд.-год.	22004	
Термін проведення будівництва	міс.	8	
Клас наслідків (відповідальності)	СС-2 (II)		
Проектна довжина ділянки	м	87,2	

4.2 Організаційно-технологічні рішення

Проект організації будівництва виконано відповідно до нормативних документів: ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва», ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві», ДСТУ-Н Б В.2.3-34:2016 «Настанова з виконання робіт при будівництві мостів та труб», ДСТУ-Н Б В.2.6-203:2015 «Настанова з виконання робіт при виготовленні та монтажі будівельних конструкцій» [41-44].

Основні організаційні рішення:

1. Вибір підрядної організації виконується на конкурсній основі відповідно до чинного законодавства.

2. Етапність робіт:

- роботи з капітального ремонту мосту заплановано виконати в одну чергу;
- пускові комплекси не виділяються, що забезпечує послідовне виконання робіт і введення споруди в експлуатацію в повному обсязі після завершення ремонту.

Це дозволить оптимізувати будівельний процес, мінімізувати строки виконання робіт і забезпечити дотримання вимог охорони праці та безпеки.

4.2.1 Характеристика умов проведення реконструкції та обґрунтування методів виконання БМР

Рух на мосту частково перекривається, організовується реверсивний рух по одній смузі із забезпеченням проходу для пішоходів.

Роботи виконуються почергово для кожної сторони мосту за узгодженою схемою організації руху.

Заміна прогонової будови у крайніх прольотах передбачає виконання робіт у чотири етапи:

I-й етап – підготовчі роботи та демонтаж:

1. Підготовка будівельного майданчика:

- улаштування тимчасових заїздів і огорожень;

- перенесення електроопор по осі «Б», встановлення енергоефективних світильників і кронштейнів для газової труби.

2. Демонтажні роботи:

- перильне огороження, дорожнє покриття, ухилоутворюючі шари, земляне полотно на підходах;
- суцільні збірні плити (осі «0-1» та «3-4»);
- дефектні шафові стінки й монолітні ростверки (осі «0» і «4»).

II-й етап – ремонт та монтаж нових конструкцій першої половини мосту:

1. Ремонт опор:

- підсилення кам'яної кладки, монолітних поясів на опорах «1» і «3»;
- ремонт паль, ростверків, ригелів.

2. Влаштування нових конструкцій:

- монолітні прогонові плити (осі «0-1» і «3-4»);
- накладна залізобетонна плита (осі «1-3»);
- лежневі опори, нові тротуарні плити, система водовідведення, деформаційні шви.

3. Завершення робіт на половині мосту:

- укладання асфальтобетонного покриття, встановлення огорожень.

III-й етап – демонтаж другої половини мосту:

- повторення демонтажних робіт аналогічно першій половині.

IV-й етап – ремонт і монтаж другої половини мосту:

- повторення всіх робіт із ремонту та монтажу конструкцій, виконаних на першій половині мосту.

Особливості організації будівельного процесу:

- Опалубка: для монолітної прогонової плити використовується система опалубки на спеціальних опорних вежах-стійках індивідуального виготовлення.
- Матеріали: будівельні матеріали постачаються з кар'єрів і підприємств, розташованих поблизу будмайданчика.
- Комунікації: всі роботи з електроопорами та мережами узгоджуються з власниками інженерних мереж.

Ремонт мосту організовано із застосуванням сучасних технологій та нормативних вимог. Чотириетапний підхід забезпечує безпеку руху та раціональне використання ресурсів. Технічні рішення гарантують якісну реконструкцію й ефективне функціонування мосту після завершення робіт.

4.2.2 Тимчасове водо- та електропостачання

Електропостачання забезпечується від існуючої електромережі. Для аварійних ситуацій передбачається використання мобільних дизельгенераторів.

Водопостачання:

- технічні потреби покриваються за рахунок води з р. Удич;
- питна вода – привозна.
- отримання ТУ на тимчасове водопостачання не передбачено.

4.2.3 Тривалість будівництва та потреба в кадрах

У кошторисному розрахунку визначено загальну трудомісткість – 28465,04 люд-год (у тому числі підготовчі роботи – 3460 люд-год).

Загальна нормативна тривалість виконання робіт з капітального ремонту визначена проектом організації будівництва.

Для виконання робіт прийнято:

- основна бригада у кількості 16 робітників;
- бригада для підготовчих робіт – 10 робітників.

Загальна тривалість виконання робіт становить:

$$T_6 = 28465,04 / (16 \times 8) = 222 \text{ (роб. дн.)}, \quad (4.1)$$

де 16 – кількість робітників основної бригади, чел.;

8 – тривалість зміни, год.

Отже, $T_6 = 222$ роб. дн., що становить 8,0 міс. при 30 робочих днях на місяць.

Трудомісткість підготовчих робіт становить 3460 люд-год, тоді

$$T_{п.р.} = 3460 / (10 \times 8) = 43,25 \text{ (роб. дн.)}, \quad (4.1)$$

де 10 – кількість робітників, чел.;

8 – тривалість зміни, год.

Отже, підготовчі роботи триватимуть 44 дні, тобто 1,5 міс. при виконанні бригадою у 10 робітників.

4.2.4 Обґрунтування необхідності в тимчасових спорудах і майданчиках

Для забезпечення будівельних робіт із капітального ремонту мостової споруди передбачено створення будівельного майданчика, який включає (табл. 4.2, ГЧ – Будівельний генеральний план):

- склади будівельних матеріалів;
- тимчасові споруди для обслуговування будівельних процесів;
- побутові приміщення для робітників.

Таблиця 4.2 – Перелік тимчасових споруд для бригади з 10 осіб:

Номенклатура приміщень	Площа, м ² , (не менше)
Гардеробна*	7,0
Душова	5,4
Умивальна	2,0
Сушильна для одягу та взуття*	2,0
Приміщення для обігрівання працюючих (захисту від сонячного випромінювання)*	1,0
Приміщення для відпочинку та вживання їжі	10
Туалет	1,0

*Позначені приміщення облаштовуються всередині одного побутового блоку, див. буд. генплан

Особливості облаштування будівельного майданчика:

1. Питна вода забезпечується установками для пиття, які відповідають нормам ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної

для споживання людиною».

2. Стоянка для будівельної техніки передбачена поза межами захисної смуги р. Удич відповідно до ст. 89 Водного кодексу України.

3. Схеми встановлення обладнання, розміщення будівельних машин і техніки представлено в будівельному генеральному плані (ГЧ).

Цей підхід дозволяє раціонально організувати будівельний процес, забезпечуючи комфортні умови для робітників і безпеку довкілля.

4.2.5 Виконання робіт в зимовий період

Проектом передбачено виконання робіт у весняно-літній період. Однак, якщо роботи відбуватимуться в зимовий період, необхідно дотримуватись таких вимог:

1. Нормативна база: ДБН А.3.1-5:2016; ДСТУ-Н Б В.2.3-34:2016; ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013 [41-44].

2. Особливі умови:

- земляні роботи взимку виконуються лише у виняткових випадках;
- під час низьких температур використовуються спеціальні добавки в бетон або методи теплового догляду за конструкціями.

4.2.6 Техніка безпеки та охорона праці

Рішення щодо ремонту мосту відповідають вимогам чинних нормативних документів, зокрема ДБН А.3.2-2-2009 «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення» [43].

Загальні вимоги з охорони праці та промислової безпеки:

1. Генпідрядник зобов'язаний розробити Проект виконання робіт (ПВР), включаючи заходи з безпеки, враховуючи місцеві умови.

2. Основні аспекти безпеки:

- організація безпечного виконання будівельно-монтажних робіт;
- контроль руху техніки й транспорту;

- огороження небезпечних зон: котлованів, риштувань, місць роботи техніки;

- організація освітлення зони робіт у темний час доби.

3. Особливу увагу звертають на:

- демонтаж і монтаж залізобетонних конструкцій;
- улаштування опалубки та арматурних каркасів;
- роботи з бетономонолітних конструкцій;
- роботи поблизу інженерних комунікацій (електромережі, лінії зв'язку).

Вимоги до безпеки:

- Допуск до роботи можливий лише після інструктажу та перевірки знань із питань безпеки.

- Сигналізація: усі небезпечні зони мають бути обладнані попереджувальними знаками й огороженнями.

- Робота з електрообладнанням: допускається використання тільки справних електроустановок із захисними кожухами. Напруга для ручних ламп: не вище 36 В (у вологих умовах – 12 В).

- Пожежна безпека: заборонено використання відкритого вогню поблизу паливозаправних місць.

- Захист працівників: робітники мають бути забезпечені індивідуальними засобами захисту (каски, респіратори, діелектричні рукавиці), а у зимові роботи – теплими приміщеннями для обігріву.

Додаткові заходи з безпеки:

1. Стропування вантажів виконувати тільки за спеціально призначені вузли або місця, зазначені виробником.

2. Контроль техніки: регулярна перевірка справності будівельних машин і механізмів.

3. Освітлення: щоглові ліхтарі, освітлювальні системи згідно з ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» [10] та ДСТУ Б А.3.2-15:2011 «Система стандартів безпеки праці. Норми освітлення будівельних майданчиків» [45].

4. Необхідно забезпечити оперативний зв'язок між керівниками робіт і операторами машин (радіо, звукові сигнали).

5. Будівельний майданчик має бути огорожений із встановленням попереджувальних знаків.

Відповідальність за виконання заходів із безпеки, охорони праці, пожежної безпеки, а також дотримання санітарних норм покладається на генпідрядну організацію.

Ці заходи спрямовані на зниження ризиків і забезпечення безпечних умов праці на будівельному майданчику.

4.2.7 Безпека руху

Міст розташований у населеному пункті с. М'якохід, де максимальна швидкість руху транспортних засобів, згідно з чинними Правилами дорожнього руху, становить 50 км/год. Усі проектні рішення узгоджені з умовами руху на суміжних ділянках дороги та відповідають правилам застосування технічних засобів організації дорожнього руху. Для забезпечення безпеки руху виконано вимоги Закону України «Про дорожній рух», чинних національних стандартів та положень ДБН В.2.3-22:2009 [4].

Проектом передбачено встановлення дев'яти дорожніх знаків, два з яких є знаками індивідуального проектування (ДЗІП), а сім – знаками типорозміру І, що кріпляться до металевих стійок із захистом від корозії згідно з ДСТУ Б В.2.6-193:2013 [46]. Встановлені знаки дублюють інформацію англійською мовою. Бар'єрне огороження виконується відповідно до ДСТУ Б В.2.3-12-2004 [47], із стримувальною здатністю не менше 280 кДж на мосту та 128 кДж на підходах. Огороження матиме висоту 1,1 м від проїзної частини, із кроком стояків 1,0 м, що забезпечує енергію поглинання удару згідно з нормативами.

Розмітка проїзної частини запроектована відповідно до ДСТУ 2587:2010 [48], із використанням пластику холодного нанесення, який містить світловідбивні мікрокульки, що забезпечують видимість розмітки на відстані 135 м у світлий час доби та 120 м у темний. Довговічність розмітки становить не

менше 18 місяців. Крім того, передбачено встановлення перильного огороження згідно з ДСТУ Б В.2.3-11-2004 [49].

На період ремонту мосту роботи організовані у чотири етапи, із почерговим перекриттям кожної половини мосту. Під час перших двох етапів рух транспорту здійснюється по одній смузі з реверсивним регулюванням, а пішоходи користуються існуючим тротуаром. На третьому та четвертому етапах аналогічно забезпечується рух транспорту по відремонтованій смузі, а пішоходи переходять на новий тротуар. Територія будівельного майданчика огорожена, обладнана відповідними дорожніми знаками та пробісковими маячками, які виконані у жовтих кольорах згідно з ДСТУ 8749:2017 [50].

Заплановані проектні заходи включають перенесення електроопор по осі «Б» біля осей «0» та «4», встановлення нових металевих кронштейнів для ліхтарів і сучасних освітлювальних приладів, а також улаштування опор для газової труби вздовж осі «А». Демонтажні роботи охоплюють видалення існуючого дорожнього одягу, асфальтобетонного покриття, вирівнюючого шару проїзної частини мосту, елементів земляного полотна на підходах, суцільних збірних плит в осях «0-1» та «3-4», а також демонтаж дефектних конструкцій, таких як шахові стінки й ростверки. Частина демонтованих плит буде використана повторно як перехідні.

Проектом передбачено підсилення кам'яної кладки на опорах «1» та «3» монолітною залізобетонною обіймою, ремонт елементів опор, паль, ростверків та ригелів, а також влаштування нових шафових стінок, ригель-ростверків, монолітних залізобетонних плит і тротуарних плит. Буде створена сучасна система водовідведення, встановлено деформаційні шви, захисні бар'єрні та перильні огороження, а також запроваджено нове дорожнє покриття з нанесенням розмітки й установленням дорожніх знаків.

Ці заходи забезпечать безпеку руху, покращать функціональність мосту та його відповідність сучасним стандартам.

Висновки за розділом 4

У даному розділі МКР визначено основні напрямки та архітектурно-будівельні рішення щодо реконструкції мостової споруди, а саме:

- перенесення електроопор по осі «Б» біля осей «0» та «4».
- Встановлення металевих кронштейнів кріплення ліхтарів та ефективних електроосвітлювальних приладів;
- влаштування нових опорних конструкцій для газової труби по осі «А»;
 - демонтаж існуючого дорожнього одягу та ухилоутворюючих шарів на підходах, асфальтобетонного покриття і вирівнюючого шару проїзної частини мосту і частини підходів, існуючого земляного полотна на підходах, перильного огородження, демонтаж суцільних збірних плит в осях «0-1» та «3-4» та складування їх з метою повторного використання як перехідних плит, демонтаж дефектних шахових стінок, монолітних ростверків по осях «0» та «4», оббивка паль по осі «0» до проектною відмітки зі збереженням арматури.
 - підсилення кам'яної кладки та монолітних поясів на опорах «1» та «3» монолітною залізобетонною обоймою.
 - ремонт елементів опор, паль, ростверків, ригелів по осях «1» та «3».
 - влаштування нових шафових стінок по осях «1» та «3».
 - влаштування нових ригель-ростверків та шафових стінок з відкритками по осях «0» та «4»;
 - влаштування нової монолітної залізобетонної прогонової плити в осях «0-1» та «3-4»;
 - ремонт Т-подібних збірних балок;
 - влаштування монолітної залізобетонної накладної плити в осях «1-3»;
 - алаштування нових лежневих опор та демонтованих збірних плит у якості перехідних плит;
 - влаштування монолітних з/б накладних плит над збірними перехідними плитами повторного застосування;
 - влаштування монолітних з/б тротуарних плит на підходах;

- встановлення сучасної системи водовідведення;
- улаштування деформаційних швів;
- улаштування захисного бар'єрного та перильного огороження;
- влаштування сучасної конструкції дорожнього покриття;
- влаштування розмітки та дорожніх знаків.

Результатом прийнятих рішень і рекомендацій по проекту організації будівництва є побудова генерального плану та календарного графіку виконання робіт. Загальна трудомісткість виконання робіт становить 28465,04 люд-год (у тому числі підготовчі роботи – 3460 люд-год). Для виконання робіт з капітального ремонту прийнято бригаду у кількості 16 робітників. Тривалість виконання – 8 місяців при роботі в одну зміну. Для підготовчих робіт прийнято бригаду в 10 робітників, які працюватимуть 44 дні.

Всі рішення з організації будівельного виробництва на об'єкті прийняті з врахування норм та є раціональними з точки зору організації праці, руху робітників, матеріалів, машин і механізмів.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Розрахунок кошторисної вартості

Для розрахунку кошторисної вартості реконструкції моста шляхом влаштування монолітної накладної плити дотримувалися вимог КНУ Настанова з визначення вартості будівництва і використовували кошторисну програму “АВК”.

Для визначення кошторисної розробляємо локальний кошторис за допомогою програмного комплексу АВК (Додаток Д) на основі: ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи (РЕКН), на монтаж обладнання; поточних кошторисних цін на матеріали, вироби та конструкції, загально виробничі витрати розраховані відповідно до Настанови.

Кошторисна вартість влаштування конструкцій враховує трудовитрати та заробітну плату будівельників та машиністів, кількість та вартість матеріальних ресурсів, експлуатацію будівельних машин та механізмів. Кошторисна вартість влаштування конструкцій визначається як сума прямих та загальновиробничих витрат.

Прямі витрати (ПВ) враховують в своєму складі заробітну плату робочих, вартість експлуатації будівельних машин та механізмів, вартість матеріалів, виробів та конструкцій.

Загальновиробничі витрати (ЗВВ) – це витрати будівельно-монтажної організації, які входять у виробничу собівартість будівельно-монтажних робіт. Усі затрати, які відносяться до ЗВВ, згруповані в три групи [51].

Загальні витрати інноваційного проекту представлені в таблиці 5.1, розраховуються у відсотках від кошторисної вартості робіт (значення приймається із локального кошторису Додаток Д).

Таблиця 5.1 – Перелік інноваційних витрат

Орієнтовна робота	Питома вага вартості роботи, %	Термін виконання роботи, міс.	Загальна вартість виконання роботи, тис. грн.
Формування інноваційної ідеї проекту	1	1	20,11
Вивчення інформаційних джерел, патентний пошук	0,2	1	4,02
Техніко-економічне обґрунтування	1,5	3	30,17
Проектування	2,5	4	50,28
Експертиза інноваційного рішення	1	1	20,11
Витрати на придбання патентів, ліцензій, ноу-хау, технологій	2	2	40,23
Виготовлення нового виробу	100	6	2011,394
Витрати на пусконаладжувальні роботи, комплексне освоєння проектних потужностей і досягнення техніко-економічних показників	3	1	60,34
Витрати на підготовку кадрів	5	2	100,57
Всього		21	2337,24

5.2 Оцінювання економічної ефективності інноваційного проекту

Показники комерційної ефективності проекту наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Показники комерційної ефективності проекту, тис. грн.

№	Показники	Рік						
		-1	0	1	2	3	4	5
1	Потік реальних грошей	-164,93	-2303,31	2744,31	2442,18	2142,50	1977,29	1848,05
2	Сальдо реальних грошей	-164,93	-1834,29	2744,31	2399,95	2100,27	1939,18	1814,06
3	Сальдо накопичених реальних грошей за п.2	-164,93	-1999,22	745,09	3145,03	5245,30	7184,48	8998,55
4	Коефіцієнт дисконтування при нормі дисконту 16%	1,16	1,00	0,86	0,74	0,64	0,55	0,48
5	Чиста поточна вартість (п.1×п.4)	-191,32	-2303,31	2365,78	1814,93	1372,61	1092,04	879,88
6	Інтегральний економічний ефект(накопичена чиста вартість) за п 5 ((t)+(t-1))	-191,32	-2494,63	-128,85	1686,09	3058,70	4150,74	5030,62

З таблиці 5.2 видно додатне сальдо накопичених реальних грошей на 1-2 році реалізації проекту.

Чисті грошові надходження визначаються за формулою:

$$NV = \sum_{t=0}^{T_p} NCF_t = \sum_{t=0}^{T_p} R_t - Z_t - N_t - K_t, \quad (5.1)$$

де NCF_t – чистий грошовий потік на t -ому році;

R_t – результат виручки у t -й рік;

Z_t – витрати у t -й рік;

N_t – податки у t -й рік;

K_t – інвестиції у t -й рік;

T_p – розрахунковий період.

$NV = 8686,09$ тис. грн.

Чиста поточна вартість

$$NPV = \sum_{t=0}^{T_p} NCF_t \cdot \eta_t = \sum_{t=0}^{T_p} (R_t - Z_t - N_t - K_t) \cdot \eta_t, \quad (5.2)$$

де η_t – коефіцієнт дисконтування.

Якщо $NPV > 0$, то проект можна рекомендувати до реалізації;

якщо $NPV < 0$, то проект необхідно відхилити;

$NPV = 0$, то в разі прийняття рішення про реалізацію проекту інвестори не отримають доходів на вкладений капітал.

$NPV = 5030,62$ тис. грн. Оскільки NPV та NV є додатними, тобто за розрахунковий період грошові надходження перевищують суму капітальних вкладень, що призведе до зростання доходів інвестора, то проект вважається ефективним.

5.3 Термін окупності інвестицій

Обрахуємо термін окупності:

$$\sum_{t=0}^{T_p} (P_t - B_t) \cdot \eta_t = \sum_{t=0}^{T_p} K_t \cdot \eta_t. \quad (5.3)$$

Розрахунок терміну окупності проведемо кумулятивним методом. Кумулятивний метод передбачає знаходження періоду окупності за формулою:

$$T = t + \frac{COF_t}{CIF_{t+1}}, \quad (5.4)$$

де COF_t – залишок інвестиційних витрат, не забезпечених доходами на початок t -го періоду, грн.;

CIF_t – чисті грошові надходження $(t + 1)$ -го періоду, грн.

Розрахунок представлений в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок простого терміну окупності кумулятивним методом, тис. грн.

Показник	Номер кроку розрахункового періоду						
	-1	0	1	2	3	4	5
Потік реальних грошей	-191,32	-2303,31	2365,78	1814,93	1372,61	1092,04	879,88
Кумулятивна	-191,32	-2494,63	-128,85	1686,09	3058,70	4150,74	5030,62

Як видно з таблиці 5.6 за показником залишку інвестиційних витрат, строк окупності даного проекту знаходиться між 1 та 2 роком (перехід від від'ємного до додатного залишку). Відповідно, за формулою (5.3) термін окупності буде дорівнювати:

$$T = 1 + 128,85 / 1814,93 = 1,07 \text{ років.}$$

Висновки за розділом 5

В даному розділі складена кошторисна документація на ремонт мостової споруди. В кошторисі пораховано:

- Кошторисна вартість $K_v = 2011,394$ тис. грн.

- Кошторисна заробітна плата ЗП = 466,847 тис. грн.
- Кошторисна трудомісткість Т = 6,622 тис. люд –год
- Вартість матеріалів – 1355,516 тис. грн.

Розраховали основні показники ефективності інвестицій в проект:

- Чисті грошові надходження – 8686,09 тис. грн.;
- Чиста поточна вартість – 5030,62 тис. грн.;
- Термін окупності, розрахований кумулятивним методом – 1,07 роки.

ВИСНОВКИ

1. Виконано аналіз існуючих конструкцій автодорожніх балочних мостів з залізобетону. До основних конструктивних елементів мостів належать: прогонові будови та опори. Встановлено, що найбільш поширеними автодорожніми мостами малих і середніх прольотів в Україні є споруди з розрізними залізобетонними балочними прогоновими будовами. Найпоширенішим типом збірно-монолітних конструкцій для будівництва розрізних прогонових будов мостів є плитні-ребристі П-подібного або Т-подібного (таврові) поперечного перерізу. За такою конструктивною схемою зведено близько 43% автодорожніх мостових споруд на території України. З них більше 60% зведено із збірних конструкцій серійного виготовлення в 50-70-і роки ХХ ст. і мають значний фізичний знос і не відповідність сучасним нормам.

2. Визначено основні можливі методи реконструкції залізобетонних мостових споруд, які полягають у переході від збірних до збірно-монолітних конструкцій. Важливою особливістю збірно-монолітних мостів є можливість поєднання збірних елементів заводського виготовлення з монолітною плитою підвищеної товщини. Перспективними напрямками розвитку збірно-монолітних прогонових будов є:

- максимальне спрощення форми поперечного перерізу збірних балок для зручності виготовлення;
- виконання плити проїжджої частини повністю монолітною, що забезпечує цілісність конструкції;
- економічність завдяки оптимізації використання матеріалів;
- удосконалення технологій виготовлення та монтажу елементів на місці будівництва.

3. Досліджено типові конструкції монолітних накладних плит для підсилення автодорожніх мостів. Влаштування накладної плити дозволяє вирішити ключові завдання реконструкції моста, зокрема:

- забезпечення необхідної ширини проїзної частини та тротуарів;

- підвищення поперечної жорсткості прольотної будови;
- підсилення існуючих балок для досягнення необхідної несучої здатності та жорсткості;
- поліпшення динамічних характеристик конструкції;
- заміна елементів мостового полотна, часто з усуненням дефектних деформаційних швів;
- підвищення комфортності та умов руху;
- надання мосту сучасного архітектурного вигляду.

4. Виконано моделювання напружено-деформованого стану залізобетонного однопролітного автодорожнього мосту під дією комплексу кліматичних та технологічних навантажень, що виготовлений з Т-подібних мостових балок та підсилений накладною плитою на прикладі мосту через річку Удич на автодорозі Р-54 км 38+004 у Вінницькій області. За результатами моделювання виконано перевірочні розрахунки найбільш навантажених конструкцій мостової споруди через річку Удич на проектні навантаження. Встановлено, що прогонові попередньо напружені Т-подібні балки мають достатню міцність за нормальними і похилими перерізами, жорсткість і тріщиностійкість для сприйняття проектних впливів НК-80 та Н-30. Окрім цього, балки мають резерв міцності для сприйняття навантажень НК-100 та А-15. Коефіцієнт використання перерізу 0,99.

5. Надано конструктивні та технологічні пропозиції з улаштування накладних плит підсилення на мостових спорудах. Монолітна плита включається у спільну роботу зі збірними балками завдяки: анкерам, що вклеюються на епоксидному клеї у плити балок і в монолітні стики між балками; обробці поверхні балок матеріалом, який забезпечує надійне зчеплення з новим бетоном плити.

Армування плити виконується окремими стержнями Ø16 мм класу А-III з кроком 200 мм у двох напрямках. Стержні зв'язуються між собою в'язальним дротом. У місцях, визначених розрахунком, влаштовується додаткова арматура Ø16 А-III з таким самим кроком.

Тротуарна частина (рис. 3.6) проектується з урахуванням тимчасового навантаження від натовпу людей (3,92 кПа). Її рівень знаходиться вище за проїзну частину. Товщина тротуарної частини становить 445-490 мм. Армування здійснюється окремими стержнями Ø16 мм класу А-III у верхній і нижній зонах з кроком 200 мм у двох напрямках. Для зменшення ваги конструкції тротуарної частини перед бетонуванням укладаються поліетиленові труби, що створюють пустоти. Крім того, у тротуарній частині передбачено закладні деталі для монтажу бар'єрного та перильного огороження.

6. Окреслено ключові напрями та архітектурно-будівельні рішення, які спрямовані на реконструкцію мостової споруди. До них належать перенесення та модернізація інженерних комунікацій, демонтаж і заміна пошкоджених елементів, зокрема дорожнього одягу, перильного огороження, монолітних ростверків, шахових стінок і паль, а також посилення конструкцій. Особливу увагу приділено влаштуванню нових прогонових будов і систем водовідведення, улаштуванню деформаційних швів, захисних огорожень та сучасного дорожнього покриття з розміткою.

Прийняті рішення передбачають значний обсяг робіт, включаючи будівництво нових залізобетонних елементів, тротуарних плит, ригель-ростверків, перехідних плит із попередньо демонтованих елементів, і встановлення сучасних дорожніх знаків. Загальна трудомісткість становить 28465,04 людино-годин, із яких 3460 відведено на підготовчі роботи. Для реалізації проекту залучено дві бригади: основну у складі 16 робітників із терміном виконання робіт у 8 місяців, та підготовчу у складі 10 робітників, що працюватиме протягом 44 днів.

7. Складена кошторисна документація на ремонт мостової. Загальна кошторисна вартість складає 2011,394 тис. грн, трудомісткість – 6,622 тис. люд-год. Термін окупності, розрахований кумулятивним методом, складає 1,07 роки. Таким чином, проект реконструкції мостової споруди є економічно обґрунтованим, із високим рівнем окупності та значним потенціалом для забезпечення довгострокової вигоди.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Попов В. О., Дикий С. В., Клімишина А. В. Залізобетонні накладні монолітні конструкції пі-дсилення тротуарної частини балочних мостів. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Інноваційні технології в будівництві-2024», Вінниця, Вінницький національний технічний університет, 20.11.2024 – 22.11.2024 р. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2024/paper/viewFile/22555/18643>
2. Попов В. О., Маєвська І. В., Попова А. В., Жиловський М. Я. Метод реконструкції балочних мостів без зупинки їх експлуатації улаштуванням нової збірно-монолітної пролітної будови . Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. Науково-технічний збірник. Вінниця, ВНТУ, 2021. Том 2. С. 5 – 15. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/35576>
3. ДСТУ 9181:2022. Настанова з оцінювання та прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. [Чинний від 01.01.2023]. [На заміну ДСТУ-Н Б.В.2.3-23:2012]. Вид. офіц. К., ДП «УкрНДНЦ», 2022. 28 с. (Національний стандарт України).
4. ДБН В.2.3-22:2009. Мости та труби. Основні вимоги проектування. [На заміну ДБН В.2.3-14:2006]. [Чинний від 2009- 11-11]. Вид. офіц. К.: Мінрегіонбуд України, 2009. 44 с. (Національні стандарти України).
5. ДБН В.2.3-14:2006. Мости та труби. Правила проектування. [На заміну СНиП 2.05.03-84]. [Чинний від 2006-05-06]. Вид. офіц. К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. 217 с. (Національні стандарти України).
6. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво із змінами. [Чинний від 01.04.2016]. Вид. офіц. К. Мінрегіонбуд України, 2015. 91 с. (Державні будівельні норми України).
7. Попов В. О., Лазар Г. М. Залізобетонні асиметричні балочні мости. Матеріали ІІІ науково-технічної конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2023) ВНТУ, Вінниця, 14-23 березня 2023 р. : Збірник

доповідей, 2023. С. 1382–1385. URL:
<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/allfbtegp/all-fbtegp-2023/paper/view/17703/14732>

8. Попов В. О., Войцехівський О. В. Раціональний метод розширення габариту вузьких сталезалізобетонних мостів з неповним перекриттям руху. Матеріали міжнародної конференції «Впровадження інноваційних матеріалів і технологій при проектуванні, будівництві та експлуатації об'єктів транспортної інфраструктури в рамках програми «Велике Будівництво», Київ, 24-25.11.2022. Збірник доповідей, 2023. С. 166-171. URL: <https://drive.google.com/file/d/1-kUn6INFk-1P8u0dhA5sKsMBvoHZ6WSv/view>

9. Попов В. О., Войцехівський О. В., Стінський О. В. Порівняння ефективності методів реконструкції сталезалізобетонних однопролітних мостів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. Науково-технічний збірник. Вінниця, ВНТУ, 2023. Том 1. С. 20 – 28. URL: <https://stmkvb.vntu.edu.ua/index.php/stmkvb/article/view/794>.

10. Voitsehivskiy O., Popov V. The effective method of strengthening of reinforced concrete beam bridges by arrangement of the horizontal steel-concrete cover system. Proceedings of FIB Symposium, China, Shanghai, 2020. P. 1258 – 1264.

11. Види штучних споруд на автомобільних і міських дорогах. URL: https://vuzlit.com/1087176/vidi_shtuchnih_sporud_avtomobilnih_miskih_dorogah

12. Лучко Й. Й., Распопов О. С. Будова та експлуатація штучних споруд: підручник. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. В. Лазаряна, 2011. 880 с.

13. Вяткін К. І. Проектування та реконструкція дорожньо-транспортних споруд : конспект лекцій для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія. Харків : ХНУМГ ім. Бекетова О. М. 2018. 100 с.

14. Коваль П. М., Фаль А. Є., Стоянович С. В. Ефективні конструкції залізобетонних збірно-монолітних прогонових будов автодорожніх мостів з використанням попередньо напружених балок. Вісник Національного

університету "Львівська політехніка", 2010. №664 : Теорія і практика будівництва. С. 44–52.

15. Коваль П. М., Фаль А. Є. Дослідження просторової роботи збірно-монолітних прогонових будов мостів. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Випуск 3. Вісник РДТУ. Рівне: Вид-во РДТУ. С. 168–171.

16. Коваль П. М., Фаль А. Є., Полюга Р. І. Перспективи збірно-монолітних залізобетонних конструкцій прогонових будов мостів. Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка" Теорія і практика будівництва, 2000. –№409. С. 107–113.

17. Shmukler V., Babaev V. New constructive solutions for building of transport construction facilities. MATEC Web of conferences, 2017. Vol. 116. 02004. 19 p. URL:

https://www.researchgate.net/publication/318319368_New_constructive_solutions_for_building_of_transport_construction_facilities

18. V. Babaev, I. Ievzerov, S. Evel etc. Rational Design of Structural Building Systems. DOM publishers, Berlin/Germany, 2019. 384 p. URL: <https://dom-publishers.com/collections/handbuchund-planungshilfe/products/rational-design-for-structural-building-systems>

19. Семенюк Д. В., Бережна К. В. Аналіз типових проектів балочних прольотних будов мостів масового будівництва. Секція «Мости, конструкції та будівельна механіка» Збірник наукових праць 84-ї міжнародної наукової конференції студентів університету (11-15 квітня 2022 року)/ ХНАДУ. Харків, 2022. С. 90-99.

20. Страхова Н.Є., Голубєв В.О., Ковальов П.М., Тодоріка В.В. Експлуатація і реконструкція мостів. К., 2002. 408 с.

21. Полюга Р.І. Робота залізобетонних автодорожніх мостів в умовах малоциклових навантажень. Дороги і мости. Київ, 2008. Вип. 8. С. 222-229.

22. Кваша В. Г., Салійчук Л. В., Тузяк А. А. Особливості реконструкції залізобетонних однопрольотних малих мостів. Вісник Національного університету "Львівська політехніка", 2013. № 755 : Теорія і практика будівництва. С. 152–156.

23. Кваша В.Г. Досвід ремонту та реконструкції мостів України. Вісник Теорія і практика будівництва. Львів: Вид-во нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2006. № 562. С. 38-49.

24. Рачкевич В. С., Кваша В. Г. Експлуатаційний стан та ефективні системи відновлення збірних залізобетонних прольотних будов з багаторядовою каркасною арматурою. Зб. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Рівне: НУВГП, 2009. Вип. 18. С. 521-533.

25. Кваша В. Г., Салійчук Л. В., Рачкевич В. С. Розширення прольотної будови автодорожнього моста з її підсиленням зміною статичної схеми без влаштування деформаційних швів. Зб. Дороги і мости. К.: ДерждорНДІ, 2008. Вип. 9. С. 106-111.

26. Кваша В. Г., Салійчук Л. В., Стечишин С. М., Обвалення розширеного збірно-монолітною накладною плитою прольоту моста після 30 років експлуатації. Вісник ХНАДУ, Вип. 86, 2019. Т. I. С. 121-132.

27. ДБН В.1.2-15:2009. Споруди транспорту. Навантаження та впливи. Мости та труби. [Чинні від 2010-03-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 71 с.

28. ДБН В.1.2.-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. [Чинний від 2007-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінбуд України, 2006. 59 с.

29. ДБН В.1.1.12:2014. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівництво в сейсмічних районах України. [Чинні від 2017-11-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2017. 53 с.

30. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. [Чинні від 2022-09-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 41 с.

31. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. [Чинні від 2020-06-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2020. 71 с.

32. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого

бетону. Правила проектування. [Чинні від 2011-06-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 123 с.

33. ДСТУ Б В.2.6-3:2006. Прогини і переміщення. Вимоги проектування. [Чинний від 2007-01.01]. Вид. офіц. Київ : Мінбуд України, 2006. 15 с.

34. Войцехівський О.В., Журавський О.Д., Байда Д.М. Розрахунок залізобетонних конструкцій з використанням спрощених діаграм деформування матеріалів (за ДСТУ Б.В.2.6-156:2010) Частина 1. Розрахунок за I групою граничних станів. К.: КНУБА, 2017. 168 с.

35. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-11-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 123 с.

36. ДСТУ Б В.2.6-193:2013. Захист металевих конструкцій від корозії. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. 70 с.

37. ДСТУ Б В.2.6-145:2010. Захист бетонних та залізобетонних конструкцій від корозії. [Чинний від 2011-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 56 с.

38. ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. [Чинний від 2013-12-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013. 28 с.

39. ДБН В.2.3-5:2018. Вулиці та дороги населених пунктів. [Чинний від 2018-09-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2015. 58 с.

40. ДБН В 2.2-28-2018. Природнє і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2018. 137 с.

41. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. [Чинні від 2022-09-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 75 с.

42. ДСТУ-Н Б В.2.6-203:2015. Настанова з виконання робіт при виготовленні та монтажі будівельних конструкцій. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=63372

43. ДСТУ-Н Б В.2.3-34:2016. Настанова з виконання робіт при будівництві

мостів і труб. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=64101

44. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2012-04-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2012. 122 с.

45. ДБН А.3.1-5-2016. Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міненергобуд України, 2016. 52 с.

46. ДСТУ Б А.3.2-15:2011. Система стандартів безпеки праці. Норми освітлення будівельних майданчиків. [Чинний з 2012-12-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2012. 31 с.

47. ДСТУ Б В.2.3-12-2004. Споруди транспорту. Огородження дорожнє металеве бар'єрного типу. Загальні технічні умови. Київ: Державний комітет україни з будівництва та архітектури, 2004. 22 с.

48. ДСТУ 2587:2010. Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні вимоги. Методи контролювання. Правила застосування. [Чинний від 2011-04-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2011. 60 с.

49. ДСТУ Б В.2.3-11-2004. Споруди транспорту. Огородження дорожнє перильного типу. Загальні технічні умови. [Чинний від 2005-01-01]. Вид. офіц. Київ : Державний комітет України з будівництва та архітектури, 2004. 14 с.

50. ДСТУ 8749:2017. Безпека дорожнього руху. Огородження та організація дорожнього руху в місцях проведення дорожніх робіт. [Чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. ДП «УкрНДНЦ», 2017. 41 с.

51. Лялюк О. Г., Маєвська І. В. Техніко-економічне обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах будівельних спеціальностей : навчальний посібник. Вінниця : ВДТУ, 2003. 84 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

ПРОТОКОЛ

ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Рациональні конструкції підсилення Т-подібних попередньо напружених
мостових балок улаштуванням накладної монолітної плити

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
 (БДР, МКР)

Підрозділ: кафедра БМГА, ФБЦЕІ
 (кафедра, факультет)

Керівник: Попов В.О., доцент
 (прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

Turnitin	
Оригінальність, %	89
Загальна схожість, %	11

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☒ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи (додається)

Автор: *Дікий*
 (підпис)

Дикий С.В.
 (прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Робота прийнята перевіркою на плагіат.
МКР дозвільна до захисту

Особа, відповідальна за перевірку

Блащук
 (підпис)

Блащук Н.В.
 (прізвище, ініціали)

ДОДАТОК Б

Вихідні дані для розрахунку мостової споруди

А) Постійні впливи на балку мостової споруди.

- власна вага умовної таврової балки з урахуванням монолітних ділянок площею перерізу $A_{tot} = 0,7 \text{ м}^2$ на 1 м.п. довжини, нормативне значення: $q_{n,б} = 0,7 \cdot 1 \cdot 2,5 \cdot 10 = 17,5 \text{ (кН / м.п.)}$, розрахункове значення: $q_{p,б} = q_{n,б} \cdot \gamma_f = 17,5 \cdot 1,25 = 21,9 \text{ (кН / м.п.)}$, (де $\gamma_f = 1,25$, табл. 6.2 ДБН В.1.2-15:2009);

- рівномірно розподілене навантаження від тиску дорожнього покриття (асфальтобетон середньою товщиною 125 мм, разом з напальною гідроізоляцією з вантажної ширини $b_f' = 2050 \text{ мм}$, нормативне значення: $q_{n,a} = 2,05 \cdot 0,125 \cdot 1 \cdot 2,45 \cdot 10 = 6,28 \text{ (кН / м.п.)}$, розрахункове значення: $q_{p,a} = q_{n,a} \cdot \gamma_f = 6,28 \cdot 2,0 = 12,56 \text{ (кН / м.п.)}$, (де $\gamma_f = 2,0$, табл. 6.2 ДБН В.1.2-15:2009).

Загальне погонне навантаження від постійних впливів з вантажної ширини $b_f' = 2050 \text{ мм}$:

Нормативне $q_n = q_{n,б} + q_{n,a} = 17,5 + 6,28 = 23,78 \text{ (кН / м.)}$.

Граничне $q = q_{p,б} + q_{p,a} = 21,9 + 12,56 = 34,46 \text{ (кН / м.)}$.

Б) Тимчасові впливи на балку мостової споруди.

- навантаження від тимчасового впливу НК-100 на одне колесо, враховуючи динамічний коефіцієнт, $1 + \mu = 1$ (табл. 17.2 ДБН В.1.2-15:2009), $P_n / 2 \cdot (1 + \mu) \cdot \gamma_f = 245 / 2 \cdot 1 \cdot 1 = 122,5 \text{ (кН)}$;

- навантаження від тимчасового впливу А-15 ($\gamma_f = 1,5$, $1 + \mu = 1,3$) на 1 колесо — $(P_n / 2) \cdot (1 + \mu) \cdot \gamma_f = (147,15 / 2) \cdot 1,3 \cdot 1,5 = 143,5 \text{ (кН)}$ та смуга рівномірно розподіленого навантаження $(V_n / 2) \cdot \gamma_f = (14,7 / 2) \cdot 1,5 = 11,03 \text{ (кН / м.)}$. Оскільки відстань між тандемами А-15 має бути не менше 20 м, що значно перевищує половину довжини вільного прольоту прогонової будови $l_{01} / 2 = 20,5 / 2 = 10,25 \text{ (м)}$, у розрахунковий проліт ($l_{01} = 20,5 \text{ м}$) попадає 1 тандем по довжині (рис. 44) для розрахунку пролітних будов та 2 тандеми по довжині для розрахунку ригелів (тандеми над ригелями).

ДОДАТОК В

Розрахунок прогонових попередньо напружених балок

А) Вихідні дані для розрахунку прогонових попередньо напружених балок

Розглядається типова прогонова середня Т-подібна балка, виготовлена за серією 3.503-12, випуск 19. Переріз та армування балок прийняті за серією. Робоче (нижнє) армування плити являє собою 22 шт. попередньо напружених канати К-7 діаметром 15 мм. Номінальна площа дротів в 1-му канаті $A_{sp1k} = 139 \text{ мм}^2$. Загальна площа попередньо напруженого розтягнутого армування в центрі прольоту – $A_{sp} = n \cdot A_{sp1k} = 26 \cdot 139 = 3614 \text{ (мм}^2\text{)}$. Клас бетону за результатами інструментальних досліджень – В45. Клас бетону за серією 3.503-12 – В35. В бік запасу приймаємо менше значення – В35 (С30/35).

Відстань від центра ваги нижнього (першого) ряду розтягнутої попередньо напружуваної арматури 8 канатів К-7 площею $A_{sp1} = 8 \cdot 139 = 1112 \text{ (мм}^2\text{)}$ до нижнього обрізу ребра $a_{s1} = 50 \text{ мм}$; відстань від центра ваги другого ряду розтягнутої попередньо напруженої арматури (8 канатів К-7) площею $A_{sp2} = 8 \cdot 139 = 1112 \text{ (мм}^2\text{)}$ до нижнього обрізу ребра $a_{s2} = 115 \text{ мм}$; відстань від центра ваги третього ряду розтягнутої попередньо напруженої арматури (6 канатів К-7) площею $A_{sp3} = 6 \cdot 139 = 834 \text{ (мм}^2\text{)}$ до нижнього обрізу ребра $a_{s3} = 180 \text{ мм}$; відстань від центра ваги четвертого ряду розтягнутої попередньо напруженої арматури (4 канати К-7) площею $A_{sp4} = 4 \cdot 139 = 556 \text{ (мм}^2\text{)}$ до нижнього обрізу ребра $a_{s4} = 245 \text{ мм}$.

Загальна відстань від центра ваги розтягнутої арматури до нижнього обрізу ребра

$$a_{sp} = \frac{\sum_{i=1}^4 A_{spi} \cdot a_{si}}{A_{sp}} = \frac{1112 \cdot 50 + 1112 \cdot 115 + 834 \cdot 180 + 556 \cdot 245}{3614} = 130 \text{ (мм)} \text{ (див. рис. 2.7).}$$

Епюри згинальних моментів та поперечних сил від розрахункових (граничних) значень навантажень показані на рис. В.1, рис. В.2.

Найбільший згинальний момент від граничних (розрахункових) навантажень складає: при тимчасовому навантаженні НК-100: $M_{НК-100} = 4028 \text{ кН}\cdot\text{м}$; гранична поперечна сила дорівнює $Q_{НК-100} = 613 \text{ кН}$ (рис. В.1). При тимчасовому навантаженні А-15: $M_{А-15} = 3753 \text{ кН}\cdot\text{м}$, $Q_{А-15} = 621 \text{ кН}$ (рис. В.2). Подальші розрахунки для перевірки граничних станів першої групи ведемо по таких розрахункових даних: $M_{\max} = M_{НК-100} = 4028 \text{ кН}$, $Q_{\max} = Q_{А-15} = 621 \text{ кН}$.

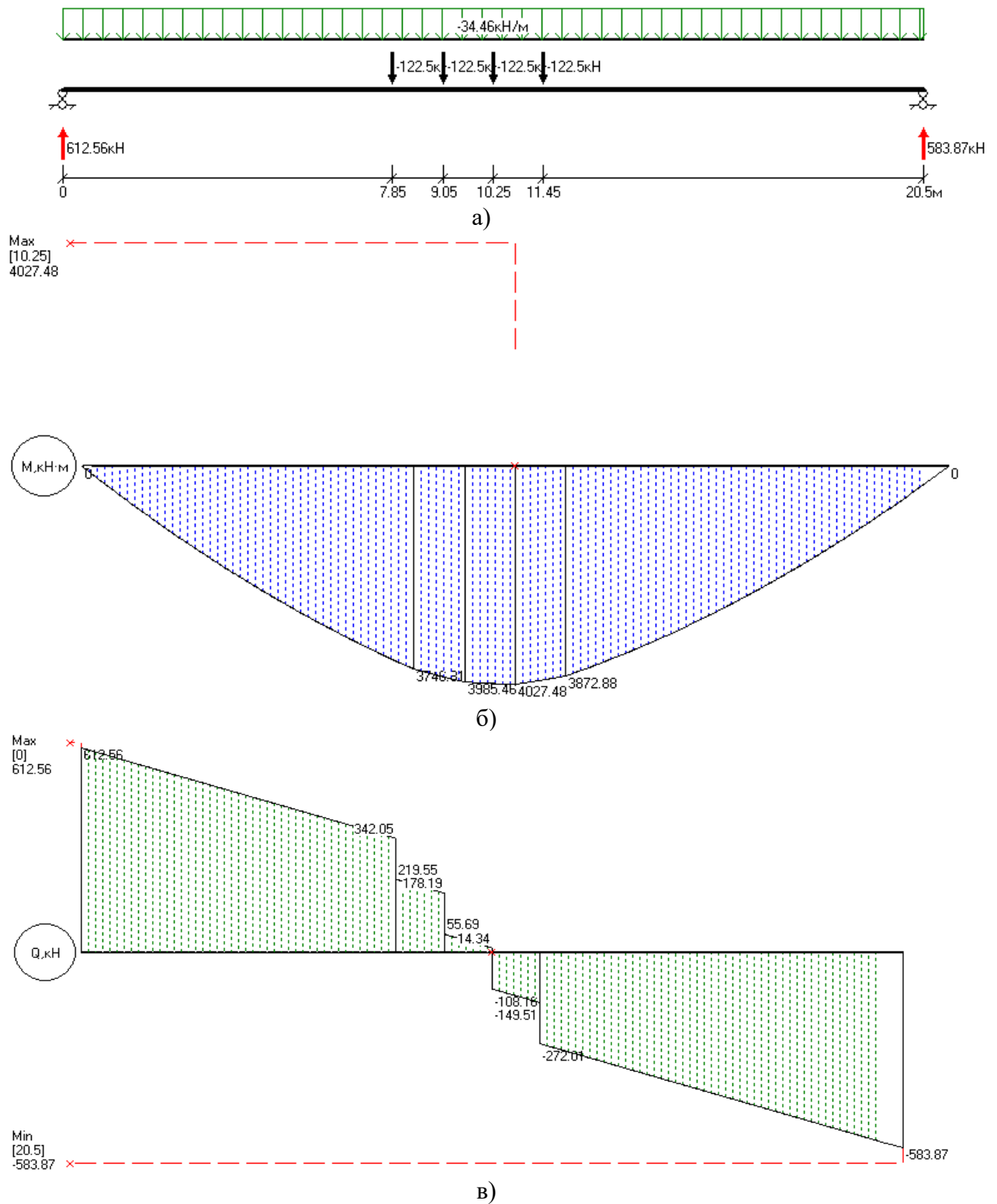


Рисунок В.1 – Розрахунковий проліт найбільш навантаженої умовної таврової балки під дією тимчасового впливу НК-100: а – розрахункова схема; б – епюра згинальних моментів, в – епюра поперечних сил

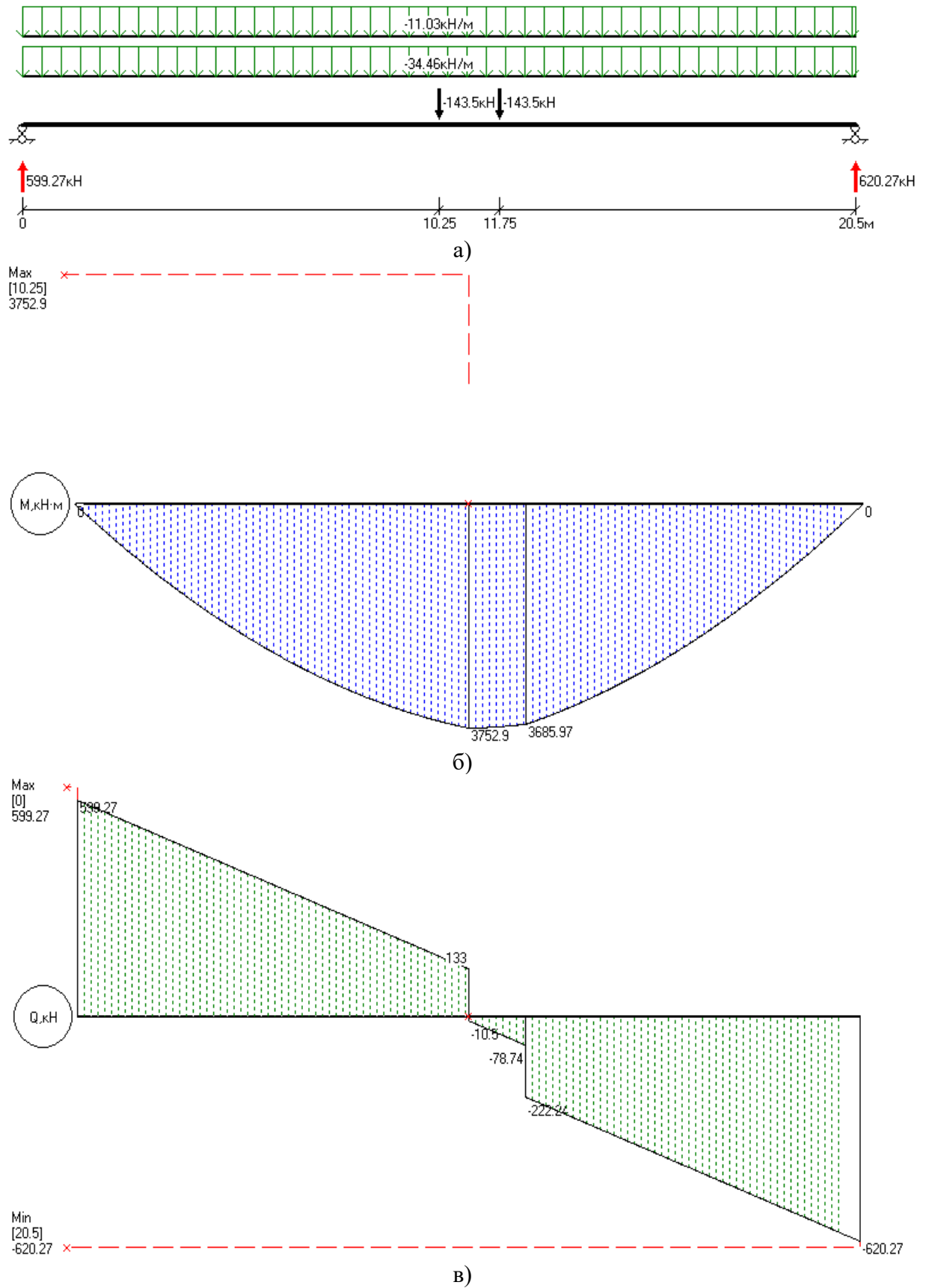


Рисунок В.2 – Розрахунковий проліт найбільш навантаженої умовної таврової балки під дією тимчасового впливу А-15: а – розрахункова схема; б – епюра згинальних моментів, в – епюра поперечних сил

Б) Розрахунок умовної таврової балки прогонової будови за першою групою граничних станів за нормальними перерізами в прольоті (за методикою ДСТУ Б В.2.6-156:2010).

Визначаємо відстань від центра ваги розтягнутої арматури до найбільш стиснутої точки перерізу балки $d = h - a_{sp} = 1200 - 130 = 1070$ (мм).

Ефективна висота полицки умовного таврового перерізу рівна товщині плитної частини $h_{eff} = 150$ мм.

Визначаємо ефективну ширину верхньої (стиснутої) полицки розрахункового тавра: $b_{eff}' = b_w + 12 \cdot h_{eff} = 260 + 12 \cdot 150 = 2060$ (мм) $> b_f' = 2050$ мм. У подальших розрахунках приймаємо менше значення $b_{eff}' = b_f' = 2050$ мм.

Визначаємо граничну висоту стиснутої зони бетону:

$$\chi_{1,u} = \frac{d \cdot \varepsilon_{cu3,cd}}{\varepsilon_{cu3,cd} + \varepsilon_{p,0}} = \frac{1070 \cdot 280 \cdot 10^{-5}}{(280 + 617) \cdot 10^{-5}} = 334 \text{ (мм)},$$

де $\varepsilon_{p,0}$ – відносні деформації видовження попередньо напружуваної арматури, визначаються за формулою,

$$\varepsilon_{p,0} = f_{pd} / E_p = 1112 / 1,8 \cdot 10^5 \approx 617 \cdot 10^{-5};$$

$f_{pd} = 1112$ МПа – розрахункове значення опору розтягу канату К-7 (табл. 3).

Визначаємо коефіцієнт λ за формулою:

$$\lambda = \frac{\varepsilon_{cu3,cd} - \varepsilon_{c3,cd}}{\varepsilon_{cu3,cd}} = \frac{(280 - 72) \cdot 10^{-5}}{280 \cdot 10^{-5}} = 0,743.$$

Міцність розтягнутої попередньо напружуваної арматури канатів К-7 площею $A_{sp} = 3614$ мм²:

$$f_{pd} \cdot A_{sp} = 1112 \cdot 10^3 \cdot 3614 \cdot 10^{-6} = 4018 \text{ (кН)}.$$

Приймаємо, у запас міцності, $f_{cd} = R_b = 17,5$ МПа для бетону В35 умовної таврової балки.

Міцність бетону полицки розрахункового тавра:

$$f_{cd} \cdot b_f' \cdot h_{eff} \cdot (1 + \lambda) / 2 = 17,5 \cdot 10^3 \cdot 2,05 \cdot 0,15 \cdot (1 + 0,743) / 2 = 4690 \text{ (кН)}.$$

$$(f_{pd} \cdot A_{sp} = 4018 \text{ кН}) < (f_{cd} \cdot b_f' \cdot h_{eff} \cdot (1 + \lambda) / 2 = 4690 \text{ кН}).$$

Нейтральна вісь в момент руйнування по арматурі знаходиться в полиці розрахункового тавра. Елемент можна розглядати як прямокутний.

Перевіряємо достатність армування мінімальним конструктивним вимогам. Фактична площа армування нижньої зони $A_{sp} = 3614$ мм². Площа перерізу розрахункового тавра зі стінкою $b_w' = 260$ мм (рис. 2.7):

$$A_c = b_f' \cdot h_{eff} + b_w' \cdot (d - h_{eff}) = 2050 \cdot 150 + 260 \cdot (1073 - 150) = 547\,480 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Площа стиснутого армування полицки за серією 3.503-12, випуск 5-4 – 10 шт. діаметром 8 мм класу А-I (А240), що улаштовані з кроком 200 мм в верхньому та нижньому рядах полиці (всього 20 стрижнів): $A_s' = 1005$ мм². Відстань від центра ваги арматурних стрижнів до верху перерізу - $a_s' = h_{eff} / 2 = 150 / 2 = 75$ (мм).

З умов мінімального армування, коефіцієнт армування ρ (з урахуванням площі армування стиснутої зони) повинен бути не меншим 0,1%:

$$\rho = (A_{sp} / A_c) \cdot 100\% \geq \rho_{\min} = 0,1\%.$$

Фактичне значення ρ :

$$(\rho = (3614 / 547\,480) \cdot 100\% = 0,66\%) > (\rho_{\min} = 0,5\%).$$

Умову виконано. Кількість розтягнутого армування балочного перерізу достатня.

Визначаємо фактичну висоту стиснутої зони бетону:

$$x_1 = \frac{2 \cdot f_{pd} \cdot A_{sp}}{(1 + \lambda) \cdot b_f' \cdot f_{cd}} = \frac{2 \cdot 1112 \cdot 10^3 \cdot 3614 \cdot 10^{-6}}{(1 + 0,743) \cdot 2,05 \cdot 17,5 \cdot 10^3} = 0,128(м) < h_{eff} = 0,150 м.$$

Перевіряємо умову

$$x_1 < x_{1,u},$$

$$(x_1 = 0,128 м) < (x_{1,u} = 0,334 м).$$

Умову виконано. Переріз армовано раціонально. Несуча здатність перерізу встановлюється по розтягнутій арматурі.

Граничне значення згинального моменту, який може сприйняти переріз прогонової конструкції умовної таврової балки по арматурі:

$$\begin{aligned} M_u &= A_{sp} \cdot f_{pd} \cdot \left(d - \frac{x_1 \cdot (1 + \lambda + \lambda^2)}{3 \cdot (\lambda + 1)} \right) = \\ &= 3614 \cdot 10^{-6} \cdot 1112 \cdot 10^3 \cdot \left(1,07 - \frac{0,128 \cdot (1 + 0,743 + 0,743^2)}{3 \cdot (0,743 + 1)} \right) = 4074 (кН \cdot м). \end{aligned}$$

Розрахунковий момент від дії зовнішніх сил $M = M_{\max} = 4074 кН \cdot м$.

$$(M \cdot \gamma_r = 4028 \cdot 1,0 = 4028 кН \cdot м) < (M_u = 4074 кН \cdot м).$$

Умову міцності виконано. Переріз балки достатній при впливі нормативних тимчасових навантажень НК-100 та А-15.

Коефіцієнт використання перерізу 0,99.

В) Розрахунок умовної таврової балки прогонової конструкції за першою групою граничних станів за нормальними перерізами в прольоті (за методикою розділу 3 ДБН В.2.3-14:2006).

На попередньому етапі розрахунків було доведено, що стиснута зона бетону знаходиться в полиці умовної таврової балки. Тому переріз розраховується, як прямокутний.

Робоча висота перерізу $h_0 = d = h - a_{sp} = 1200 - 130 = 1070 (мм)$.

Фактична висота стиснутої зони бетону, виходячи з формули (3.18) ДБН В.2.3-14:2006:

$$\begin{aligned} x &= \frac{R_s \cdot A_s + R_p \cdot A_{sp} - R_{sc} \cdot A_s' - \sigma_{pc} \cdot A_{sp}'}{R_b \cdot b_f'} = \\ &= \frac{0 + 1112 \cdot 10^6 \cdot 3614 \cdot 10^{-6} - 210 \cdot 10^6 \cdot 1005 \cdot 10^{-6} - 500 \cdot 10^6 \cdot 0}{17,5 \cdot 10^6 \cdot 2,05} = 0,106(м). \end{aligned}$$

де:

- розтягнута не напружувана арматура класу А-III, $R_s = 350 МПа$, $A_s = 0$;
- розтягнута напружувана арматура у вигляді двадцяти двох канатів К-7 діаметром 15 мм, $R_p = 1112 МПа$, $A_{sp} = 3614 мм^2$;

- стиснута попередньо напружувана арматура – відсутня ($A_{sp}' = 0$),
 $\sigma_{pc} = R_{pc} = 500 \text{ МПа}$ (п. 3.38 ДБН В.2.3-14:2006);

- стиснута не напружувана арматура полиці розрахункового тавра $R_{sc} = R_s = 210 \text{ МПа}$
 (див. табл. 3.14 ДБН В.2.3-14:2006); $A_s' = 1005 \text{ мм}^2$ (див. серію 3.503-12, випуск 19 – 10 шт. діаметром 8 мм класу А-І (А240), що улаштовані з кроком 200 мм в верхньому та нижньому рядах сіток полиці (всього 20 стрижнів). Захисний шар верхнього та нижнього рядів – 30 мм.

Оскільки $x = 0,106 \text{ м} = 106 \text{ мм}$, трохи більше конструктивної величини захисного шару бетону стиснутої арматури $a_s' = 75 \text{ мм}$. Тому у розрахунках, в бік запасу, вважаємо, що стиснута арматура нижнього ряду полицки Т-подібної балки, яка, фактично є розтягнутою, не включається в роботу на сприйняття проектного згинального моменту на стиск.

При цьому, висоту стиснутої зони слід уточнити:

$$x = \frac{R_p \cdot A_{sp} - R_{sc} \cdot A_s' / 2}{R_b \cdot b_f'} = \frac{1112 \cdot 10^6 \cdot 3614 \cdot 10^{-6} - 210 \cdot 10^6 \cdot 1005 \cdot 10^{-6} / 2}{17,5 \cdot 10^6 \cdot 2,05} = 0,109 \text{ (м)}.$$

Уточнене значення $x = 0,109 \text{ м} = 109 \text{ мм} < a_{s2}' = 120 \text{ мм}$. Тому попередні маркування були правильними. Умовний тавровий переріз працює як прямокутний, армований стиснутим армуванням площею $A_s' / 2 = 2010 / 2 = 1005 \text{ (мм}^2\text{)}$ та розтягнутим попередньо напруженим армуванням.

Фактична відносна висота стиснутої зони бетону $\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{109}{1070} = 0,101$.

Характеристика $\omega = 0,85 - 0,008 \cdot R_b = 0,85 - 0,008 \cdot 17,5 = 0,71$.

Напруження $\sigma_1 = R_p + 500 - \sigma_p = 1112 + 500 - 500 = 1112 \text{ МПа}$; $\sigma_2 = 500 \text{ МПа}$.

Гранична відносна висота стиснутої зони бетону за формулою (3.16) ДБН В.2.3-14:2006:

$$\xi_y = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,71}{1 + \frac{1112}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,71}{1,1}\right)} = 0,397.$$

$\xi = 0,101 < \xi_y = 0,397$. Умову п. 3.62 ДБН В.2.3-14:2006 виконано.

Граничний згинальний момент, який може витримати переріз, знаходимо за формулою (3.17) ДБН В.2.3-14:2006:

$$M_u = R_b \cdot b_f' \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) + R_{sc} \cdot A_s' \cdot (h_{01} - a_{s1}') + \sigma_{pc} \cdot A_{sp}' \cdot (h_0 - a_{sp}').$$

Як було доведено вище, фактична висота стиснутої зони бетону $x = 109 \text{ мм}$ менше за величину захисного шару стиснутого армування нижнього ряду $a_{s2}' = 120 \text{ мм}$.
 $h_{01} = h_0 = 1070 \text{ мм}$.

Тому, граничний момент, який може витримати переріз:

$$\begin{aligned} M_u &= R_b \cdot b_f' \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) + R_{sc} \cdot \left(A_s' / 2\right) \cdot (h_{01} - a_{s1}') = \\ &= 17,5 \cdot 10^3 \cdot 2,05 \cdot 0,109 \cdot (1,07 - 0,5 \cdot 0,109) + \frac{210 \cdot 1005 \cdot (1,07 - 0,03)}{2} = 4080 \text{ (кН} \cdot \text{м)}. \\ (M \cdot \gamma_r &= 4028 \cdot 1,0 = 4028 \text{ кН} \cdot \text{м}) < (M_u = 4080 \text{ кН} \cdot \text{м}). \end{aligned}$$

Умову міцності виконано. Переріз балки достатній при впливі нормативних тимчасових навантажень НК-100 та А-15.

Коефіцієнт використання перерізу 0,99.

ДОДАТОК Г

Вихідні дані для розрахунку, постійні впливи на прогонову плиту
мостової споруди

А) Вихідні дані для розрахунку

Номінальна ширина плити – 1 м. Фактична ширина – 980 мм. Товщина плити – 300 мм. Плита – суцільного прямокутного перерізу. Робоче повздовжнє армування за серією 3.503-41, вип. 2, нижнє – 8 шт. стрижнів діаметром 20 мм класу А-III, верхнє – 8 шт. стрижнів діаметром 10 мм класу А-I.

Розглядається умовна плита розрахунковою довжиною $l_{02} = 5,4$ м, яка сприймає навантаження від асфальтобетонного дорожнього покриття та корисного тимчасового навантаження НК-100 (А-15). Розрахунковий переріз умовної прямокутної балки показаний на рис. Г.1.

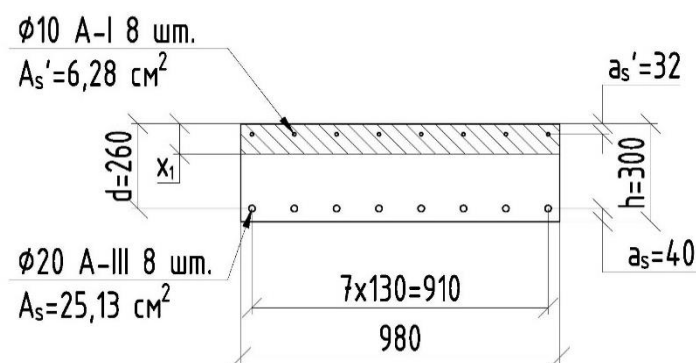


Рисунок Г.1 – Розрахунковий прямокутний переріз прогонової плити в осях «0-1»

Прийнято, що плита шарнірно обперта по шафовій стінці та по береговій опорі у вигляді балочного розтерка на системі паль-стійок. Площа розтягнутого (нижнього) армування $A_s = 2513$ мм². Відстань до центра ваги робочого армування від низу перерізу $a_s = 40$ мм. Площа стиснутого (верхнього) армування $A'_s = 628$ мм². Відстань до центра ваги робочого армування від низу перерізу $a'_s = 32$ мм.

Епюри згинальних моментів та поперечних сил від розрахункових (граничних) значень навантажень показані на рис. Г.2, рис. Г.3.

Б) Постійні впливи на прогонову плиту мостової споруди.

- власна вага плити за серією – 4,25 т, нормативне рівномірно розподілене по довжині навантаження: $q_{n,пл} = 4,25 \cdot 10 / 5,4 = 7,87$ (кН / м.п.), розрахункове значення $q_{p,пл} = q_{n,пл} \cdot \gamma_f = 7,87 \cdot 1,25 = 9,84$ (кН / м.п.), (де $\gamma_f = 1,25$, табл. 6.2 ДБН В.1.2-15:2009);

- рівномірно розподілене навантаження від тиску дорожнього покриття (асфальтобетон середньою товщиною 125 мм, разом з напальною гідроізоляцією з вантажної ширини $b = 1000$ мм, нормативне значення: $q_{n,a} = 1 \cdot 0,125 \cdot 1 \cdot 2,45 \cdot 10 = 3,07$ (кН / м.п.), розрахункове значення: $q_{p,a} = q_{n,a} \cdot \gamma_f = 3,07 \cdot 2,0 = 6,14$ (кН / м.п.), (де $\gamma_f = 2,0$, табл. 6.2 ДБН В.1.2-15:2009).

Загальне погонне навантаження від постійних впливів з вантажної ширини $b = 1000 \text{ мм}$:

Нормативне $q_n = q_{n,пл} + q_{n,a} = 7,87 + 3,07 = 10,94 \text{ (кН / м)}$.

Граничне $q = q_{p,б} + q_{p,a} = 9,84 + 6,14 = 15,98 \text{ (кН / м)}$.

Оскільки ширина колеса умовного візка (800 мм – для НК-100 та 600 мм – для А-15) менше номінальної ширини плити, тимчасові впливи на плиту аналогічні навантаженню на прогонові Т-подібні балки:

- розрахункове навантаження від тимчасового впливу НК-100 на одне колесо:
 $P_n / 2 \cdot (1 + \mu) \cdot \gamma_f = 122,5 \text{ кН};$

- розрахункове навантаження від тимчасового впливу А-15 на 1 колесо –
 $(P_n / 2) \cdot (1 + \mu) \cdot \gamma_f = 143,5 \text{ кН}$ та смуга рівномірно розподіленого навантаження
 $(V_n / 2) \cdot \gamma_f = 11,03 \text{ кН / м}.$

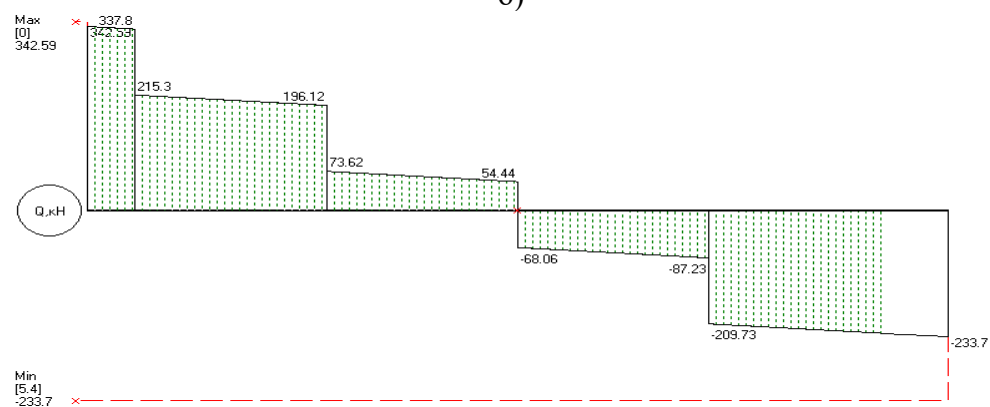
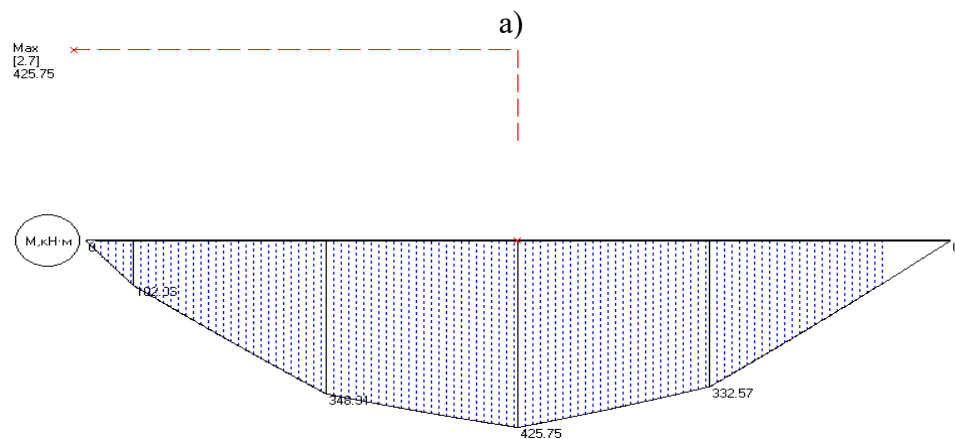
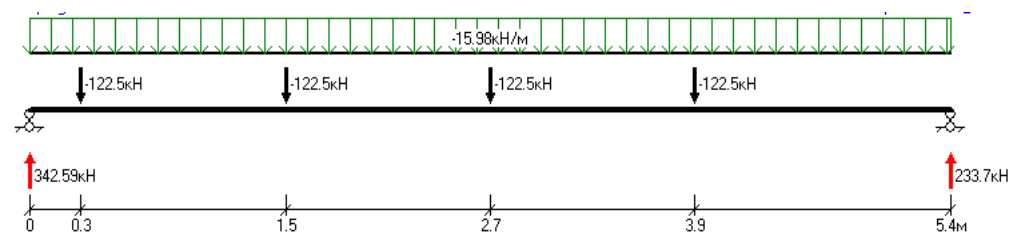


Рисунок Г.2 – Розрахунковий проліт найбільш навантаженої прогонової плити під дією тимчасового впливу НК-100: а – розрахункова схема; б – епюра згинальних моментів, в – епюра поперечних сил

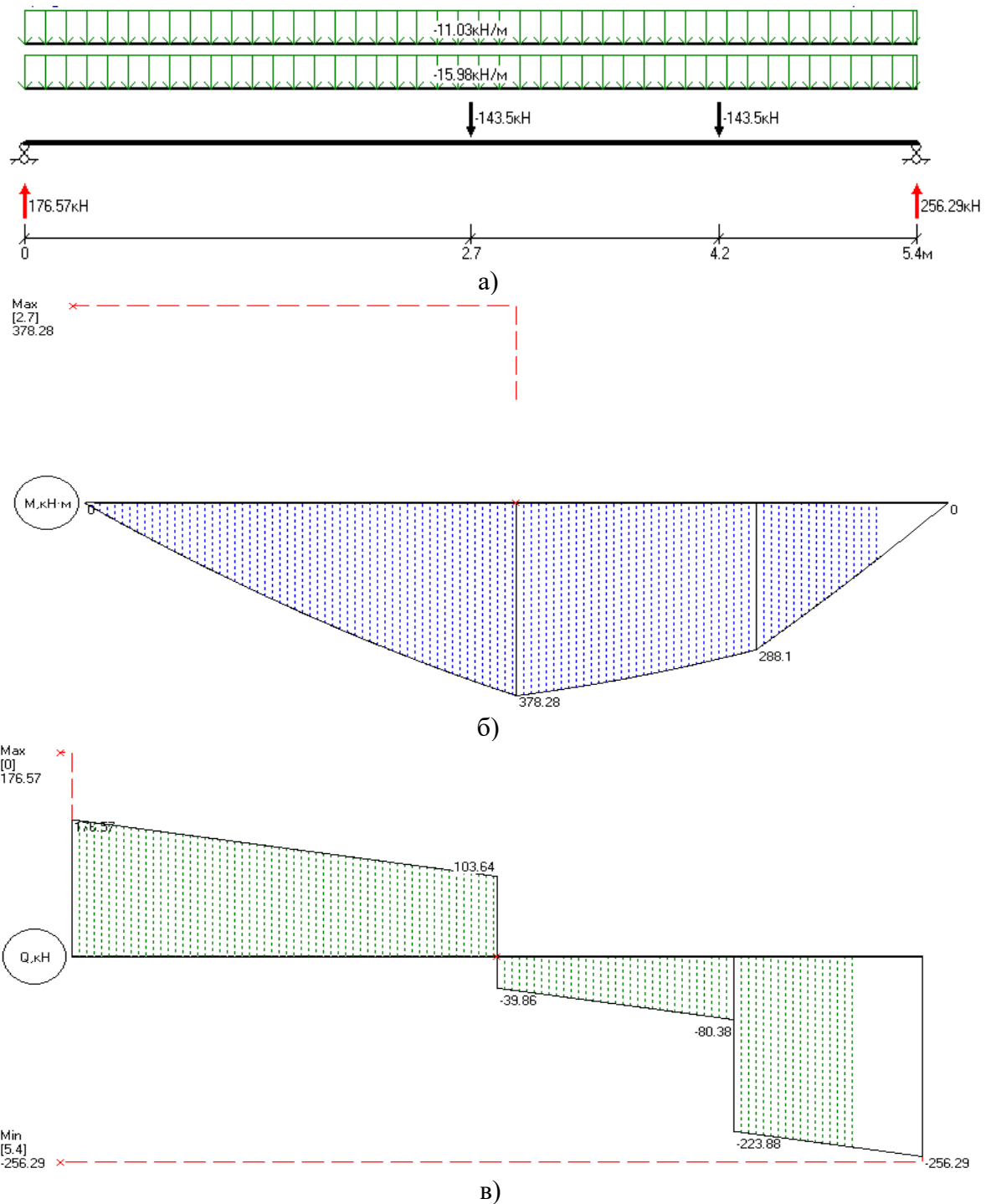


Рисунок Г.3 – Розрахунковий проліт найбільш навантаженої прогонової плити під дією тимчасового впливу А-15: а – розрахункова схема; б – епюра згинальних моментів, в – епюра поперечних сил

Найбільший згинальний момент від граничних (розрахункових) навантажень складає: при тимчасовому навантаженні НК-100: $M = 426 \text{ кН}\cdot\text{м}$; гранична поперечна сила дорівнює $Q = 343 \text{ кН}$ (рис. 56). При тимчасовому навантаженні А-15: $M_{A-15} = 379 \text{ кН}\cdot\text{м}$, $Q_{A-15} = 257 \text{ кН}$ (рис. 57). Оскільки $M > M_{A-15}$, $Q > Q_{A-15}$, подальші розрахунки для перевірки граничних станів першої групи ведемо тільки за тимчасовим впливом НК-100, як більш невигідним.

Капітальний ремонт мосту через р. Удич на км 38+004 автомобільної дороги загального користування державного значення Р-54 Краснопілка - Теплик – Бершадь – Саврань - Дубинове - (М-05), Вінницька область
В.56-10-20

Локальний кошторис на будівельні роботи № 3-1-3
на Ремонт мостової споруди (монолітна накладна плита МП-1, монолітні прогонові плити МП-2, МП-3)
Штучні споруди (Міст через р.Удич)

Основа:
креслення (специфікації) № Зведена відомість обсягів робіт по мосту,
розділи 4.1, 4.2, 4.3

Кошторисна вартість 2011,394 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 6,62264 тис.люд.-год.

Кошторисна заробітна плата 466,874 тис. грн.
Середній розряд робіт 4,0 розряд

Складений в поточних цінах станом на "12 травня" 2021 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										тих, що обслуговують машини	
					заробітної плати	в тому числі заробітної плати			в тому числі заробітної плати	на одиницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	E46-25-1	Розділ 1. Вклеювання анкерів в існуючі балки для об'єднання з монолітною накладною плитою Заповнення отворів клеєм Sika Anchor fix 3, глибина 150 мм Д 22 мм Свердління кільцевими алмазними свердлами з застосуванням охолоджувальної рідини /води/ в залізобетонних конструкціях вертикальних отворів глибиною 200 мм, діаметром до 20 мм	100шт	8,16	<u>13546,41</u> 3860,86	<u>2422,14</u> 1972,13	110539	31505	<u>19765</u> 16093	<u>55,6000</u> 31,9308	<u>453,7</u> 260,56

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	E46-25-17 к=5	Додається або вилучається на кожні 10 мм зміни глибини свердління кільцевими алмазними свердлами з застосуванням охолоджувальної рідини /води/ в залізобетонних конструкціях вертикальних отворів діаметром до 20 мм	100шт	-8,16	<u>2170,87</u> 218,74	<u>138,74</u> 112,96	-17714	-1785	<u>-1132</u> -922	<u>3,1500</u> 1,8290	<u>-25,7</u> -14,92
3	ЕН6-11-1 ДСТУ-Н Б Д.2.4- 21:2012 м ч п.4.4 Н2=1, 15 Н5=1,15	Установлення в готові гнізда із заробленням анкерів довжиною до 1 м	т	0,7752	<u>23848,29</u> 23672,30	<u>175,99</u> 59,52	18487	18351	<u>136</u> 46	<u>383,2950</u> 0,7073	<u>297,13</u> 0,55
4	& C111-186-198	Арматура Ф16 А-III (марка 25Г2С) (з урахуванням нарізання)	тонна	0,7752	<u>23719,93</u> -	- -	18388	-	- -	- -	- -
5	& C1633-124ВД-11 варіант 1	Клей для анкерування та кріплення /хімічний анкер Sika Anchor Fix3	л	30,1	<u>2987,25</u> -	- -	89916	-	- -	- -	- -
6	ДН4-4-1 тех.ч п.5.1.1 к=1,2 к=1,2	Антикорозійний захист арматури[при виконанні робіт на одній половині проїзної частини дороги, з рухом транспорту по другій половині з інтенсивністю більше 150 автомобілів за добу]	10 м2	23,85	<u>856,48</u> 856,48	- -	20427	20427	- -	<u>13,0800</u> -	<u>311,96</u> -
7	& C1633-46ВД-417	Адгезійний та антикорозійний засіб Sika Monotop-910	кг	477	<u>57,89</u> -	- -	27614	-	- -	- -	- -
8	E30-16-2	Розбивання шпонки в Т-балках	100м3	0,016	<u>710458,32</u> 274942,21	<u>435516,11</u> 152455,54	11367	4399	<u>6968</u> 2439	<u>4016,1000</u> 2385,7452	<u>64,26</u> 38,17
9	РН20-41-1	Навантаження сміття екскаваторами на автомобілі-самоскиди, місткість ковша екскаватора 0,25 м3.	100 т	0,0384	<u>1881,45</u> 174,80	<u>1706,65</u> 593,98	72	7	<u>65</u> 23	<u>3,3100</u> 8,5540	<u>0,13</u> 0,33
10	C331-34-3	Перевезення будівельного сміття самоскидами на відстань 157 км	т	3,84	<u>701,79</u> -	<u>701,79</u> -	2695	-	<u>2695</u> -	- -	- -
		Разом прямі витрати по розділу 1					281791	72904	<u>28497</u> 17679		<u>1101,48</u> 284,69

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн. ----- Всього по розділу 1					281791 180390 90583 51873 202,38 20535 333664 333664				
11	ЕД30-96-1	Розділ 2. Армування та бетонування монолітної накладної плити МП-1 <i>Бетонування плит прогонових будов</i>	1 м3	68,4	<u>283,48</u> 97,03	<u>179,96</u> 46,38	19390	6637	<u>12309</u> 3172	<u>1,4600</u> 0,6116	<u>99,86</u> 41,83
12	& С1424-11612-B41	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В40 (С32/40), W8, F200 з мікроармуванням базальтовою фіброю	м3	69,768	<u>4215,22</u> -	- -	294087	-	- -	- -	- -
13	& С1424-111-471	Базальтова фібра Technobasalt 12 мм	кг	205,2	<u>115,12</u> -	- -	23623	-	- -	- -	- -
14	ЕД30-95-1	<i>Армування плит прогонових будов</i>	т	6,7277	<u>7280,20</u> 5145,54	<u>1880,09</u> 544,99	48979	34618	<u>12649</u> 3667	<u>79,4800</u> 6,4980	<u>534,72</u> 43,72
15	& С111-186-117 варіант 1	Арматура Ф10 А-I	тонна	0,39752	<u>18368,93</u> -	- -	7302	-	- -	- -	- -
16	& С111-186-119	Арматура Ф16 А-III (марка 25Г2С)	тонна	6,33016	<u>18368,93</u> -	- -	116278	-	- -	- -	- -
17	ЕД30-94-1	<i>Улаштування і розбирання елементів опалубки</i>	1м2 опал	58,9	<u>528,62</u> 523,70	<u>4,92</u> 1,53	31136	30846	<u>290</u> 90	<u>7,8800</u> 0,0182	<u>464,13</u> 1,07
18	& С112-261-112	Елементи опалубки з кріпленням	тонна	0,02945	<u>46389,75</u> -	- -	1366	-	- -	- -	- -

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
19	& C112-261-114	Дерев'яна щитова опалубка	м2	5,04184	<u>264,79</u> -	-	1335	-	-	-	-
20	& C112-261-113	Мастило ДОКА-ТРЕНН	кг	8,599	<u>46,39</u> -	-	399	-	-	-	-
21	ДН4-4-1 тех.ч п.5.1.1 к=1,2 к=1,2	Нанесення адгезійного та антикорозійного шару[при виконанні робіт на одній половині проїзної частини дороги, з рухом транспорту по другій половині з інтенсивністю більше 150 автомобілів за добу]]	10 м2	22,68	<u>856,48</u> 856,48	-	19425	19425	-	<u>13,0800</u> -	<u>296,65</u> -
22	& C1633-46ВД-417	Адгезійний та антикорозійний засіб Sika Monotop-910	кг	453,6	<u>57,89</u> -	-	26259	-	-	-	-
Разом прямі витрати по розділу 2							589579	91526	<u>25248</u> 6929		<u>1395,36</u> 86,62
Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн.							589579 472805 98455 55836 216,37 21955 645415				

Всього по розділу 2							645415				
23	ЕН6-11-7 ДСТУ-Н Б Д.2.4- 21:2012 т ч п.4.4 Н2=1, 15 Н5=1,15	Розділ 3. Закладні деталі плити МП-1 Установлення закладних деталей вагою до 5 кг (ЗД-3)	т	0,0224	<u>67608,66</u> 16406,54	<u>175,99</u> 59,52	1514	368	<u>4</u> 1	<u>265,6500</u> 0,7073	<u>5,95</u> 0,02
24	ЕН22-11-6	Укладання трубопроводів із поліетиленових труб діаметром 200 мм	1000м	0,204	<u>58014,47</u> 25260,96	<u>30626,01</u> 8378,90	11835	5153	<u>6248</u> 1709	<u>404,2400</u> 134,9706	<u>82,46</u> 27,53

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
25	& C113-135-11	Труба ПВХ РЕ40 SDR26-225x8.6	м	206,04	<u>394,91</u> -	-	81367	-	-	-	-
26	ЕН22-11-3	Укладання трубопроводів із поліетиленових труб діаметром 110 мм	1000м	0,00512	<u>27811,52</u> 19626,59	<u>7555,80</u> 2875,87	142	100	<u>39</u> 15	<u>310,4000</u> 45,6354	<u>1,59</u> 0,23
27	& C113-135-12	Труба ПВХ РЕ40 SDR21-110x5.6	м	5,1712	<u>150,00</u> -	-	776	-	-	-	-
		Разом прямі витрати по розділу 3					95634	5621	<u>6291</u> 1725		<u>90</u> 27,78
		Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн.					95634 83722 7346 4326 17,2 1745 99960				

		Всього по розділу 3					99960				
28	ЕД30-96-1	Розділ 4. Армування та бетонування монолітної прогонової плити МП-2 Бетонування плит прогонових будов	1 м3	35,9	<u>283,48</u> 97,03	<u>179,96</u> 46,38	10177	3483	<u>6461</u> 1665	<u>1,4600</u> 0,6116	<u>52,41</u> 21,96
29	& C1424-11612-B41	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В40 (С32/40), W8, F200 з мікроармуванням базальтовою фіброю	м3	36,618	<u>4215,22</u> -	-	154353	-	-	-	-
30	& C1424-111-471	Базальтова фібра Technobasalt 12 мм	кг	107,7	<u>115,12</u> -	-	12398	-	-	-	-
31	ЕД30-95-1	Армування плит прогонових будов	т	4,3756	<u>7280,20</u> 5145,54	<u>1880,09</u> 544,99	31855	22515	<u>8227</u> 2385	<u>79,4800</u> 6,4980	<u>347,77</u> 28,43

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
32	& C111-186-117	Арматура Ф10 А-I	тонна	0,1063	<u>18368,93</u>	-	1953	-	-	-	-
					-	-			-	-	-
33	& C111-186-134	Арматура Ф12 А-I	тонна	0,53648	<u>18368,93</u>	-	9855	-	-	-	-
					-	-			-	-	-
34	& C111-186-119	Арматура Ф16 А-III (марка 25Г2С)	тонна	3,0451	<u>18368,93</u>	-	55935	-	-	-	-
					-	-			-	-	-
35	& C111-186-121	Арматура Ф20 А-III (марка 25Г2С)	тонна	0,6877	<u>18368,93</u>	-	12632	-	-	-	-
					-	-			-	-	-
36	ДН4-4-1 тех.ч п.5.1.1 к=1,2 к=1,2	Нанесення адгезійного та антикорозійного шару[при виконанні робіт на одній половині проїзної частини дороги, з рухом транспорту по другій половині з інтенсивністю більше 150 автомобілів за добу]]	10 м2	15,577	<u>856,48</u> 856,48	-	13341	13341	-	<u>13,0800</u>	<u>203,75</u>
						-			-	-	-
37	& C1633-46ВД-417	Адгезійний та антикорозійний засіб Sika Monotop-910	кг	311,54	<u>57,89</u>	-	18035	-	-	-	-
					-	-			-	-	-
		Разом прямі витрати по розділу 4					320534	39339	<u>14688</u>		<u>603,93</u>
									4050		<u>50,39</u>
		Разом будівельні роботи, грн.					320534				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.					266507				
		всього заробітна плата, грн.					43389				
		Загальновиробничі витрати, грн.					24633				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.					95,54				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					9694				
		Всього будівельні роботи, грн.					345167				

		Всього по розділу 4					345167				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Розділ 5. Закладні деталі плити МП-2									
38	ЕН6-11-7 ДСТУ-Н Б Д.2.4- 21:2012 т ч п.4.4 Н2=1, 15 Н5=1,15	Установлення закладних деталей вагою до 5 кг (ЗД-3)	т	0,0096	<u>67608,66</u> 16406,54	<u>175,99</u> 59,52	649	158	<u>2</u> 1	<u>265,6500</u> 0,7073	<u>2,55</u> 0,01
39	ЕН22-11-6	Укладання трубопроводів із поліетиленових труб діаметром 200 мм	1000м	0,0548	<u>58014,47</u> 25260,96	<u>30626,01</u> 8378,90	3179	1384	<u>1678</u> 459	<u>404,2400</u> 134,9706	<u>22,15</u> 7,4
40	& С113-135- 11	Труба ПВХ РЕ40 SDR26-225x8.6	м	55,348	<u>394,91</u> -	- -	21857	-	- -	- -	- -
41	ЕН22-11-3	Укладання трубопроводів із поліетиленових труб діаметром 110 мм	1000м	0,00512	<u>27811,52</u> 19626,59	<u>7555,80</u> 2875,87	142	100	<u>39</u> 15	<u>310,4000</u> 45,6354	<u>1,59</u> 0,23
42	& С113-135- 12	Труба ПВХ РЕ40 SDR21-110x5.6	м	5,1712	<u>150,00</u> -	- -	776	-	- -	- -	- -
		Разом прямі витрати по розділу 5					26603	1642	<u>1719</u> 475		<u>26,29</u> 7,64
		Разом будівельні роботи, грн.					26603				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.					23242				
		всього заробітна плата, грн.					2117				
		Загальновиробничі витрати, грн.					1245				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.					4,95				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					503				
		Всього будівельні роботи, грн.					27848				

		Всього по розділу 5					27848				
		Розділ 6. Армування та бетонування монолітної прогонової плити МП-3									
43	ЕД30-96-1	Бетонування плит прогонових будов	1 м3	34,5	<u>283,48</u> 97,03	<u>179,96</u> 46,38	9780	3348	<u>6209</u> 1600	<u>1,4600</u> 0,6116	<u>50,37</u> 21,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
44	& C1424-11612-B41	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В40 (С32/40), W8, F200 з мікроармуванням базальтовою фіброю	м3	35,19	<u>4215,22</u> -	- -	148334	-	- -	- -	- -
45	& C1424-111-471	Базальтова фібра Technobasalt 12 мм	кг	103,5	<u>115,12</u> -	- -	11915	-	- -	- -	- -
46	ЕД30-95-1	Армування плит прогонових будов	т	4,0267	<u>7280,20</u> <u>5145,54</u>	<u>1880,09</u> <u>544,99</u>	29315	20720	<u>7571</u> <u>2195</u>	<u>79,4800</u> <u>6,4980</u>	<u>320,04</u> <u>26,17</u>
47	& C111-186-117	Арматура Ф10 А-I	тонна	0,1063	<u>18368,93</u> -	- -	1953	-	- -	- -	- -
48	& C111-186-134	Арматура Ф12 А-I	тонна	0,53648	<u>18368,93</u> -	- -	9855	-	- -	- -	- -
49	& C111-186-119	Арматура Ф16 А-III (марка 25Г2С)	тонна	2,72523	<u>18368,93</u> -	- -	50060	-	- -	- -	- -
50	& C111-186-121	Арматура Ф20 А-III (марка 25Г2С)	тонна	0,65872	<u>18368,93</u> -	- -	12100	-	- -	- -	- -
51	ДН4-4-1 тех.ч п.5.1.1 к=1,2 к=1,2	Вартість опалубки включена в комплект орендованих матеріалів та конструкцій (кошторис на Спеціальні допоміжні засоби) Нанесення адгезійного та антикорозійного шару[при виконанні робіт на одній половині проїзної частини дороги, з рухом транспорту по другій половині з інтенсивністю більше 150 автомобілів за добу]]	10 м2	15,24	<u>856,48</u> <u>856,48</u>	- -	13053	13053	- -	<u>13,0800</u> -	<u>199,34</u> -
52	& C1633-46ВД-417	Адгезійний та антикорозійний засіб Sika Monotop-910	кг	304,8	<u>57,89</u> -	- -	17645	-	- -	- -	- -
		Разом прямі витрати по розділу 6					304010	37121	<u>13780</u> <u>3795</u>		<u>569,75</u> <u>47,27</u>
		Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн.					304010 253109 40916				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Загальновиробничі витрати, грн. трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн. ----- Всього по розділу 6					23229 90,08 9141 327239 327239				
53	ЕН6-11-7 ДСТУ-Н Б Д.2.4- 21:2012 т ч п.4.4 Н2=1, 15 Н5=1,15	Розділ 7. Закладні деталі плити МП-3 Установлення закладних деталей вагою до 5 кг (ЗД-3)	т	0,0096	<u>67608,66</u> 16406,54	<u>175,99</u> 59,52	649	158	<u>2</u> 1	<u>265,6500</u> 0,7073	<u>2,55</u> 0,01
54	ЕН22-11-6	Укладання трубопроводів із поліетиленових труб діаметром 200 мм	1000м	0,0548	<u>58014,47</u> 25260,96	<u>30626,01</u> 8378,90	3179	1384	<u>1678</u> 459	<u>404,2400</u> 134,9706	<u>22,15</u> 7,4
55	& С113-135- 11	Труба ПВХ РЕ40 SDR26-225x8.6	м	55,348	<u>394,91</u> -	- -	21857	-	- -	- -	- -
56	ЕН22-11-3	Укладання трубопроводів із поліетиленових труб діаметром 110 мм	1000м	0,00512	<u>27811,52</u> 19626,59	<u>7555,80</u> 2875,87	142	100	<u>39</u> 15	<u>310,4000</u> 45,6354	<u>1,59</u> 0,23
57	& С113-135- 12	Труба ПВХ РЕ40 SDR21-110x5.6	м	5,1712	<u>150,00</u> -	- -	776	-	- -	- -	- -
		Разом прямі витрати по розділу 7					26603	1642	<u>1719</u> 475		<u>26,29</u> 7,64
		Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн.					26603 23242 2117 1245 4,95 503 27848				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

		Всього по розділу 7					27848				
58	ЕД30-94-1	Розділ 8. Опалубка для плит МП-2, МП-3 <i>Улаштування і розбирання елементів опалубки</i>	1м2 опал	179,6	<u>535,19</u> 523,70	<u>4,92</u> 1,53	96120	94057	<u>884</u> 275	<u>7,8800</u> 0,0182	<u>1415,25</u> 3,27
59	& С191-142-В12	З урахуванням обертовості Двотавр 12	тонна	0,552	<u>22769,92</u> -	- -	12569	-	- -	- -	- -
60	& С191-142-В13	Труба 150х80х6	тонна	0,41704	<u>24167,66</u> -	- -	10079	-	- -	- -	- -
61	& С191-142-В14	Клинчасті вставки 40*100*100	шт	20	<u>10,96</u> -	- -	219	-	- -	- -	- -
62	& С191-142-В15	Дерев'яні підпірки	м3	0,1	<u>4792,30</u> -	- -	479	-	- -	- -	- -
63	& С112-261-114	Дерев'яна щитова опалубка	м2	89,8	<u>264,79</u> -	- -	23778	-	- -	- -	- -
64	Е46-8-2	<i>Влаштування вирівнюючої підбетонки 30-50мм</i>	м3	1	<u>2416,92</u> 1959,81	<u>134,37</u> 45,45	2417	1960	<u>134</u> 45	<u>34,7300</u> 0,5400	<u>34,73</u> 0,54
65	С1424-11624 варіант 1	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В25 [М350], крупність заповнювача більше 10 до 20 мм	м3	1,02	<u>3797,02</u> -	- -	3873	-	- -	- -	- -
		Разом прямі витрати по розділу 8					149534	96017	<u>1018</u> 320		<u>1449,98</u> 3,81
		Разом будівельні роботи, грн.					149534				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.					52499				
		всього заробітна плата, грн.					96337				
		Загальновиробничі витрати, грн.					54716				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.					212,25				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					21538				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Всього будівельні роботи, грн.					204250				

		Всього по розділу 8					204250				
		Разом прямі витрати по кошторису					1794288	345812	<u>92960</u>		<u>5263,08</u>
									<u>35448</u>		<u>515,84</u>
		Разом будівельні роботи, грн.					1794288				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.					1355516				
		всього заробітна плата, грн.					381260				
		Загальновиробничі витрати, грн.					217106				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.					843,72				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					85614				
		Всього будівельні роботи, грн.					2011394				

		Всього по кошторису					2011394				
		Кошторисна трудомісткість, люд.год.					6622,64				
		Кошторисна заробітна плата, грн.					466874				

Склав _____ Дикий
 [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив _____ Попов
 [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

ДОДАТОК Е

Відомість графічної частини

Ар-куш	Найменування	Примітка
1	Актуальність теми, мета, завдання	
2	Об'єкт дослідження. Предмет дослідження. Інноваційність. Практичне значення роботи. Зовнішній вигляд існуючої мостової споруди	
3	Аналіз сучасного стану теорії та практики реконструкції автодорожніх балочних мостів	
4	Аналіз сучасного стану теорії та практики реконструкції автодорожніх балочних мостів (продовження)	
5	Аналіз сучасного стану теорії та практики реконструкції автодорожніх балочних мостів (продовження)	
6	Аналіз сучасного стану теорії та практики реконструкції автодорожніх балочних мостів (продовження)	
7	Аналіз сучасного стану теорії та практики реконструкції автодорожніх балочних мостів (продовження)	
8	Аналіз сучасного стану теорії та практики реконструкції автодорожніх балочних мостів (продовження)	
9	Аналіз сучасного стану теорії та практики реконструкції автодорожніх балочних мостів (продовження)	
10	Аналіз сучасного стану теорії та практики реконструкції автодорожніх балочних мостів (продовження)	
11	Моделювання напружено-деформованого стану залізобетонного однопролітного автодорожнього мосту	
12	Моделювання напружено-деформованого стану залізобетонного однопролітного автодорожнього мосту (продовження)	
13	Моделювання напружено-деформованого стану залізобетонного однопролітного автодорожнього мосту (продовження)	
14	Схема розташування мостової споруди. Технічний стан мостової споруди	
15	План існуючого мосту та загальний вигляд	
16	Фасад існуючого мосту	
17	Поперечний переріз існуючого мосту між осями «1-3». Типовий поперечний переріз існуючого мосту між осями «0-1» та «3-4»	
18	Повздовжній розріз проектного мосту. Схема демонтажу конструкцій існуючого мосту	
19	Розріз пролітної частини мосту та конструкція дорожнього одягу в осях «1-3» (варіант 1. Існуючі Т-подібні балки з монолітною накладною плитою)	
20	Розріз пролітної частини мосту в осях «0-1» та «3-4» (варіант 2. П-плити плити h=300мм, монолітна накладна плита)	
21	Рішення тротуарної плити	

22	План мосту. Розріз 1-1	
23	Розріз 2-2. Розріз 3-3. Розріз 4-4. Розріз 5-5	
24	Схеми розташування плит. Розріз 1-1. Розріз 2-2	
25	Монолітна плита МП-1. Розрізи. Армування. Закладні деталі. Каркас. Опалубочне креслення. Відомості витрат матеріалів. Специфікації	
26	Виконання демонтажних робіт	
27	Влаштування монолітної плити	
28	Календарний графік виконання робіт	
29	Будівельний генеральний план	

Актуальність теми. Мостові споруди є важливою частиною транспортної інфраструктури України, забезпечуючи зв'язок між населеними пунктами та економічними центрами. Проте значна частина мостів, збудованих у радянський період, має критичні технічні недоліки, що не відповідають сучасним вимогам безпеки та експлуатації. Зокрема, збірні балочні конструкції, поширені в Україні, потребують реконструкції через фізичне та моральне старіння.

Особливо проблемними є тротуарні частини мостів та прогонні будови, які часто виявляються пошкодженими через кліматичні впливи та недостатнє обслуговування. Їхній незадовільний стан знижує загальну надійність споруд, погіршує водовідведення та створює ризики для пішоходів. Водночас відновлення старих плит є економічно не вигідним і не забезпечує довговічності. Оптимальним рішенням є демонтаж пошкоджених елементів і будівництво нових конструкцій. Також раціональними є рішення щодо підсилення окремих конструктивних елементів мостів.

Дослідження раціональних рішень для підсилення та розширення прогонних частин мостів є актуальним завданням. Вони дозволяють підвищити безпеку та надійність споруд, адаптувати їх до сучасних нормативів і продовжити термін експлуатації, що важливо для розвитку транспортної інфраструктури країни.

Мета дослідження. Визначення раціональної конструкції підсилення Т-подібних попередньо напружених мостових балок улаштуванням накладної монолітної плити.

Завдання:

- виконати аналіз існуючих конструкцій автодорожніх балочних мостів з залізобетону;
- визначити основні можливі методи реконструкції залізобетонних мостових споруд;
- дослідити типові конструкції монолітних накладних плит для підсилення автодорожніх мостів;
- виконати моделювання напружено-деформованого стану залізобетонного однопролітного автодорожнього мосту під дією комплексу кліматичних та технологічних навантажень, що виготовлений з Т-подібних мостових балок та підсилений накладною плитою на прикладі мосту через річку Удич на автодорозі Р-54 км 38+004 у Вінницькій області;
- надати конструктивні та технологічні пропозиції з улаштування накладних плит підсилення на мостових спорудах.

Об'єкт дослідження: існуючі надземні залізобетонні конструкції мостової споруди, а саме типові конструктивні рішення мостових балок та тротуарних частин мостів, які мають дефекти, пов'язані зі збірними ребристими плитами.

Предмет дослідження: методи та конструкції підсилення Т-подібних попередньо напружених мостових балок.

Інноваційність. Подальшого розвитку набули науково-практичні дослідження щодо раціональних методів реконструкції та вдосконалення конструкції балочних автодорожніх мостів, що досягається улаштуванням накладної монолітної плити для підсилення Т-подібних попередньо напружених мостових балок.

Практичне значення роботи полягає в тому, що запропонована конструкція підсилення прогонної будови та тротуарної частини у вигляді багатопорожнистої монолітної плити реалізована як один із заходів реконструкції існуючого автомобільного мосту у селі М'якохід Гайсинського району Вінницької області.



Рис. 1. Зовнішній вигляд існуючої мостової споруди

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ РЕКОНСТРУКЦІЇ АВТОДОРОЖНІХ БАЛОЧНИХ МОСТІВ

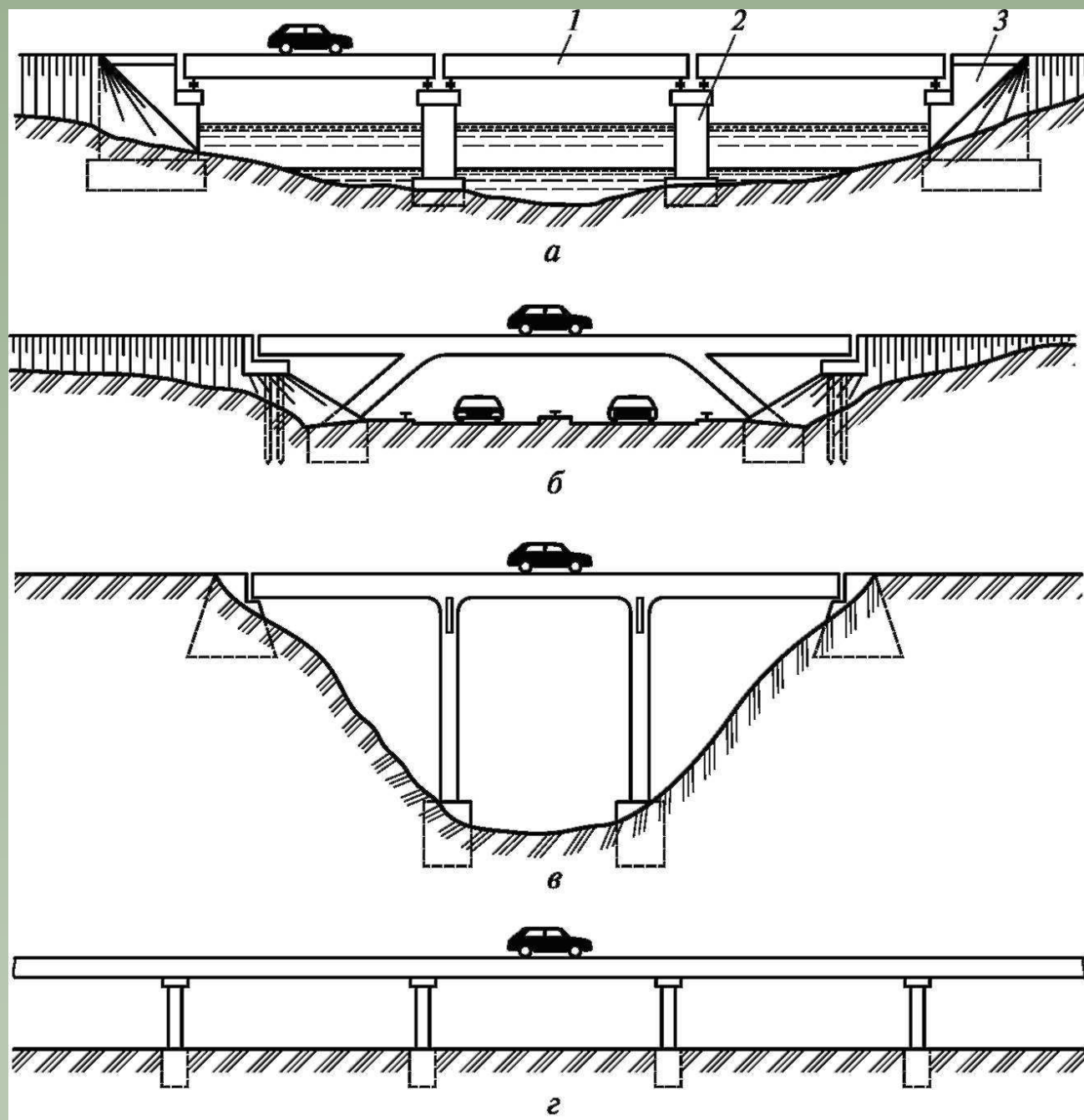


Рис. 1.1 – Види мостових споруд: а – міст,
б – шляхопровід, в – віадук, естакада; 1 – прогонова
будова, 2 – проміжна опора; 3 – берегова опора

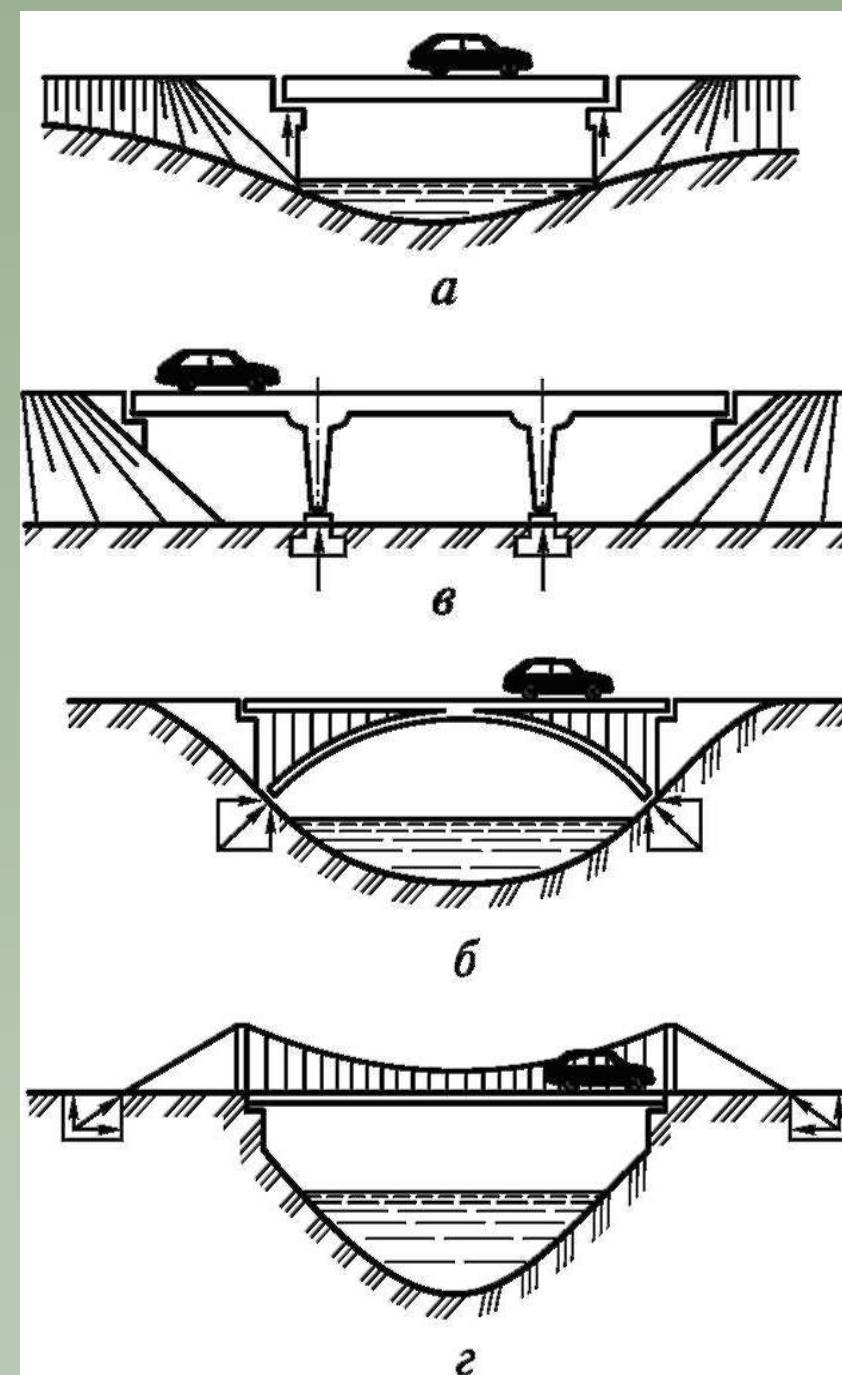


Рис. 1.2 – Основні системи мостів:
а – балочна; б – арочна; в – рамна;
г – підвісна

Найбільш поширеними автодорожніми мостами малих і середніх прольотів в Україні є споруди з розрізними залізобетонними балочними прогоновими будовами (рис. 1.3-1.5).

Починаючи з 60-х років ХХ ст., у будівництві автодорожніх і міських мостів віддавали перевагу розрізним прогоновим будовам, які склалися з балок і плит заводського виготовлення. У таких конструкціях плита проїжджої частини була частиною збірного елемента. Проекти прогонових будов залежно від прольотів передбачали плитні, плитно-ребристі та коробчаті конструкції постійної або змінної висоти (рис. 1.6).

Недоліки. Досвід експлуатації показав, що їх довговічність є відносно низькою через велику кількість поздовжніх і поперечних швів, що призводить до поступового руйнування конструкцій під дією навантажень та природних чинників.



Рис. 1.3 – Загальний вигляд моста через р. Сіверський Донець, м. Чугуїв



Рис. 1.4 – Міст через річку Коломак у селищі Чутове, Полтавська обл.



Рис. 1.5 – Міст через річку Случ в селищі Миропіль Житомирського району

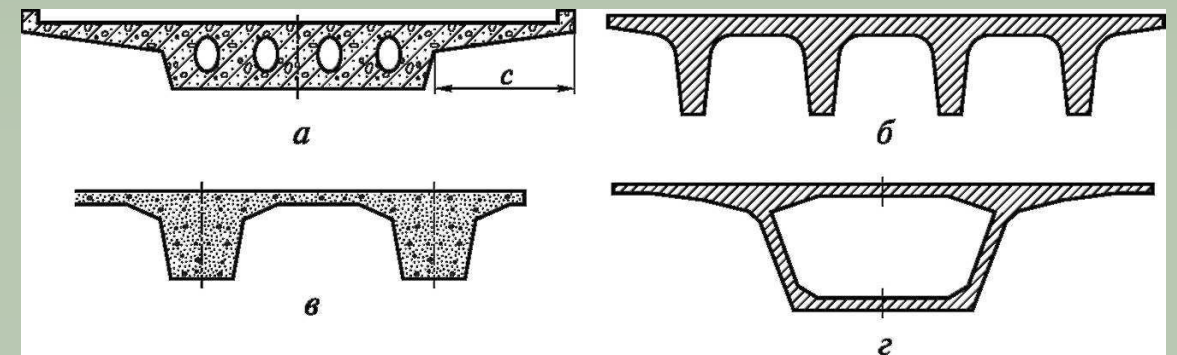


Рис. 1.6 – Типи поперечних перерізів балочних залізобетонних мостів: а – плитна; б – ребриста; в – плитно-ребриста; г – коробчаті

В Україні найпоширенішим типом збірно-монолітних конструкцій для будівництва розрізних прогонових будов мостів є плитні конструкції: пустотні, плитно-ребристі та коробчаті. Поперечні перерізи таких будов представлені різними варіантами: збірні елементи виконують у вигляді коритоподібних плит, перевернутих таврів із попередньо напруженою арматурою або пустотних плит. Для забезпечення сумісної роботи збірні елементи об'єднуються поперечною арматурою та бетоном омонолічування (рис. 1.7, а) У деяких випадках, щоб зменшити вагу прогонової будови, таврові елементи омонолічують на певній висоті (рис. 1.7, б).

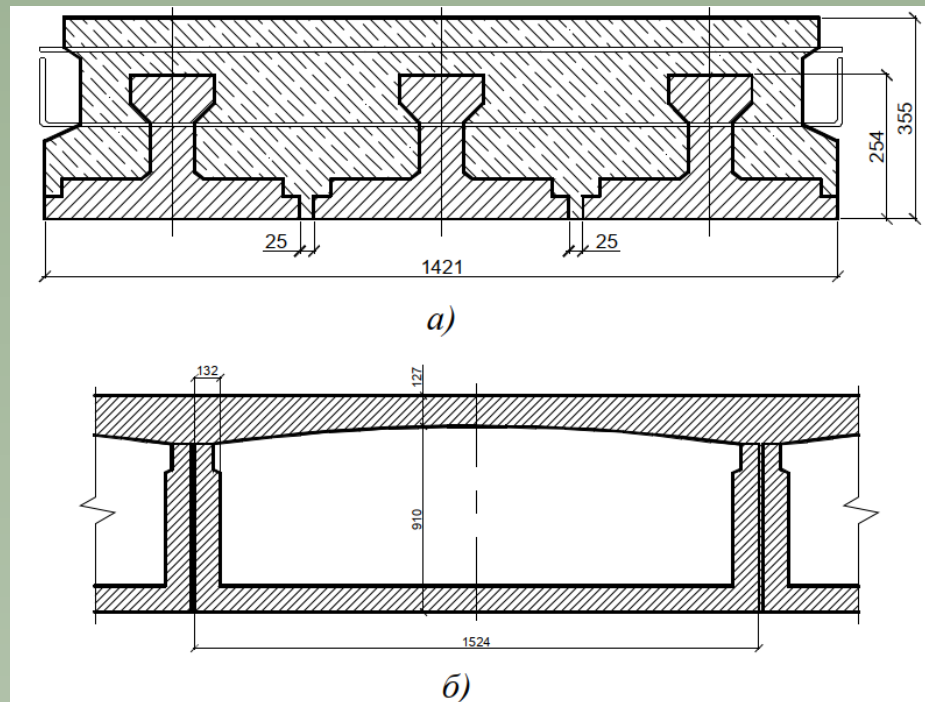


Рис. 1.7 – Приклади поперечні перерізів плитних збірно-монолітних прогонових будов

Основними несучими елементами є збірні балки, які виготовляють прямолінійними, з прямокутним або двотавровим перерізом та попередньо напруженою арматурою (рис. 1.8):

- для мостів із прогонами 12-30 м найбільш раціонально використовувати збірні бездіафрагмові балки трапецієподібного перерізу (рис. 1.8, а, б);
- для невеликих прольотів 12-18 м збірні балки виготовляють із звичайним армуванням в касетних опалубках, які мають нерухомі борти (рис. 1.8, а);
- при прогонах 18-33 м більш раціональним є застосування попередньо напружених балок трапецієподібного перерізу з ширшою основою в нижній частині, П-подібними балками (рис. 1.8, в);
- для зменшення витрат матеріалів збірні прогони виготовляють у вигляді конструкцій типу структур (рис. 1.8, г) або попередньо напружених балок коробчатого перерізу (рис. 1.8, д).

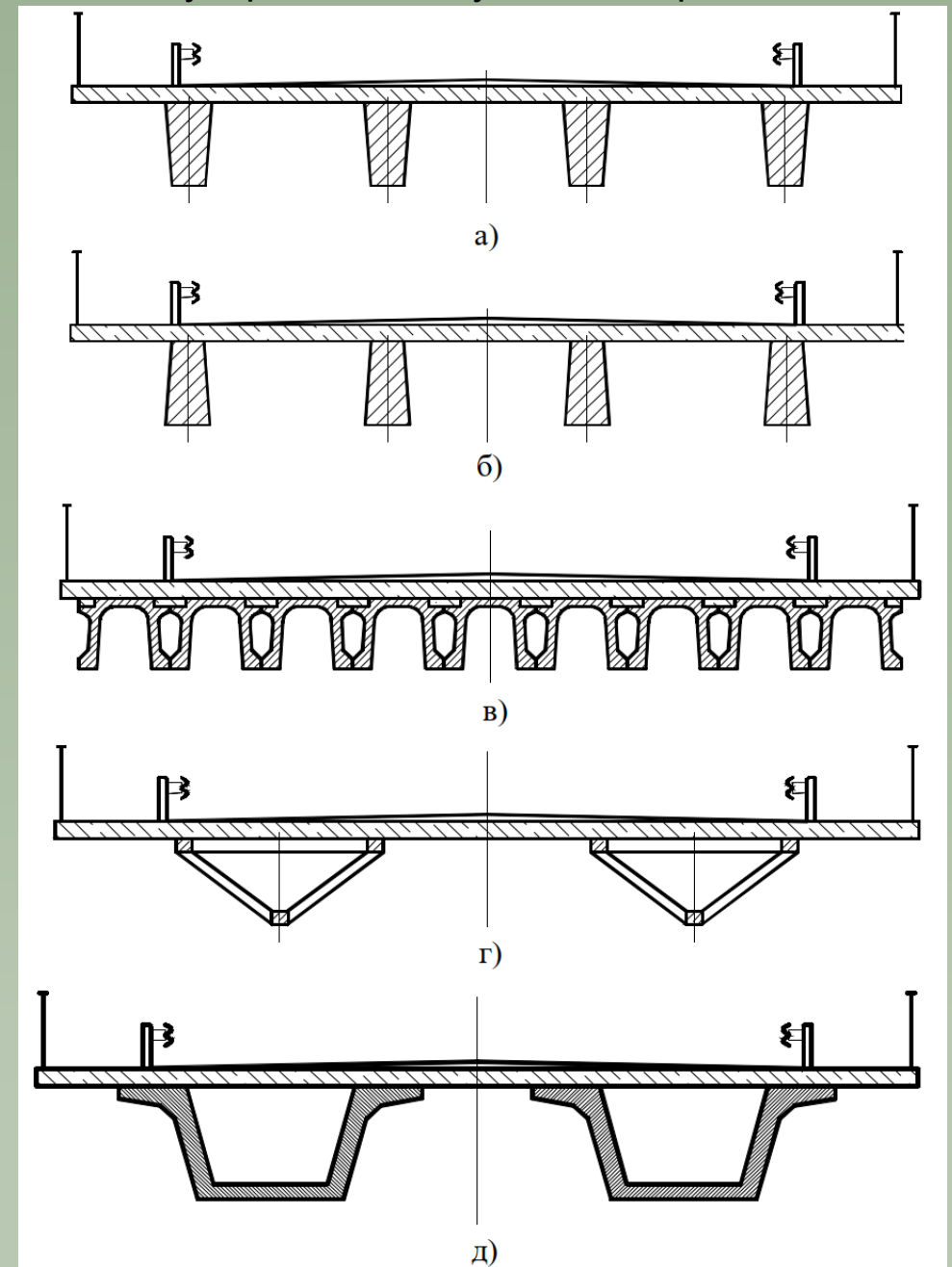


Рис. 1.8 – Приклади поперечних перерізів прогонових будов мостів

Збірно-монолітні конструкції мостів є ефективним рішенням, яке дозволяє поєднувати індустріально виготовлені збірні елементи з монолітною плитою без поздовжніх та поперечних швів. Для підвищення ефективності конструкцій можливим є зменшення кількості збірних елементів у поперечному перерізі мосту (рис. 1.9). Ці елементи об'єднують монолітною плитою товщиною 100 мм із звичайного бетону або 100-180 мм і самонапруженого залізобетону.

Одним із конструктивних рішень є використання збірних пустотних плит, об'єднаних монолітною плитою по верху (рис. 1.10). Це забезпечує просторову роботу конструкції та підвищує її довговічність.

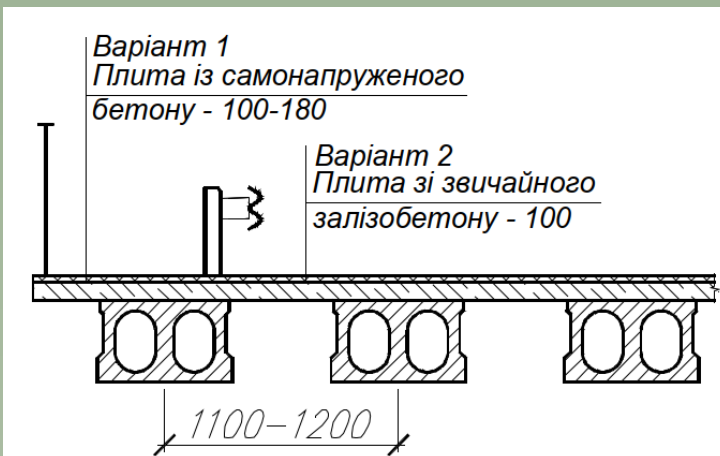


Рис. 1.9 – Об'єднання монолітної плити зі збірними з/б елементами

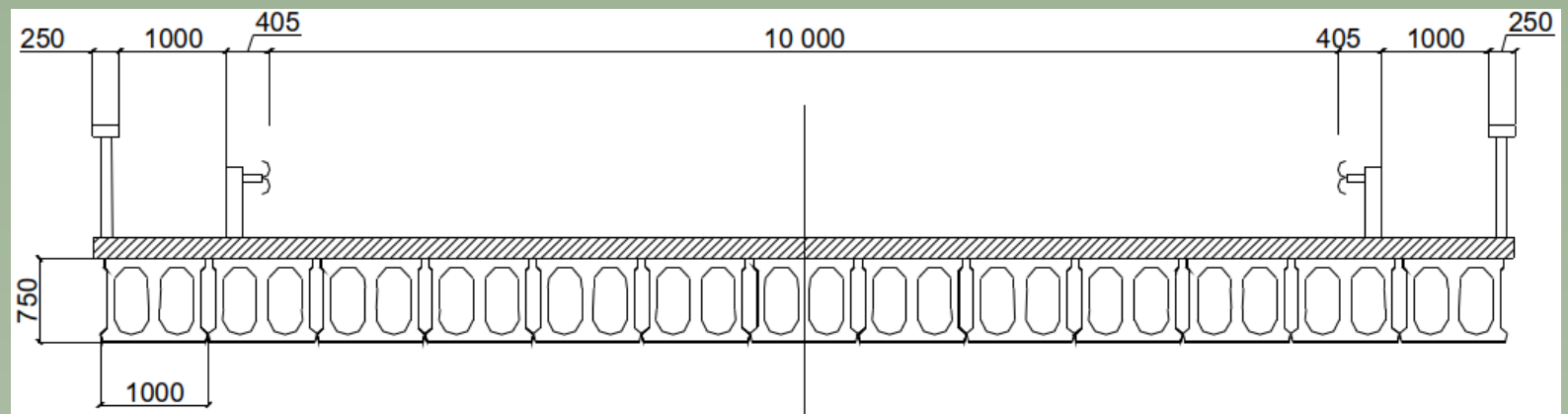


Рис. 1.10 – Об'єднання монолітної плити зі збірними з/б пустотними плитами

Поєднання збірних елементів заводського виготовлення з монолітною плитою підвищеної товщини дозволяє реалізовувати різні варіанти поперечного перерізу мосту: з тротуарами на рівні плити, з підвищеними тротуарами або без них. Такі конструкції розроблені інститутом ДерждорНДІ (рис. 1.11).

Збірні попередньо напружені балки з неповною полчкою товщиною 100 мм (замість традиційних 150 мм) на будівельному майданчику об'єднують монолітною плитою загальною товщиною 200 мм, створюючи просторову конструкцію з високою несучою здатністю (рис. 1.12).

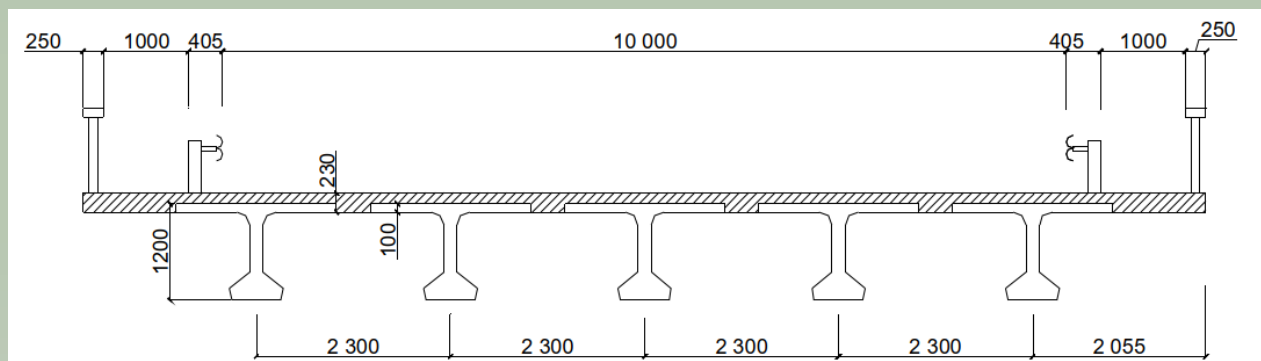


Рис. 1.12 – Використання монолітної плити підвищеної товщини

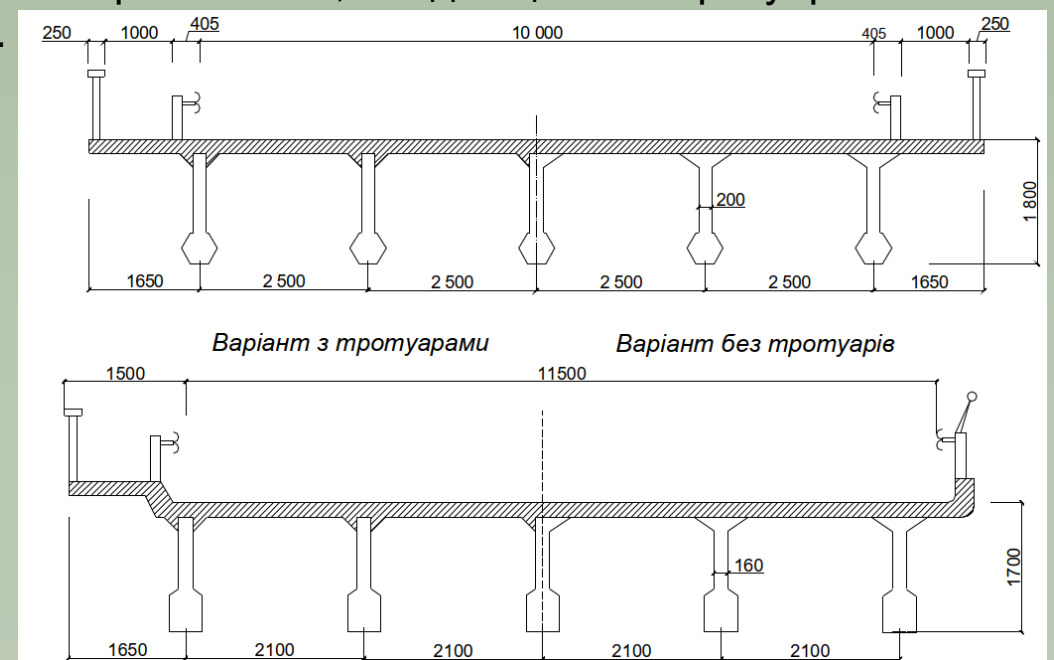


Рис. 1.11 – Використання збірних попередньо напружених балок з неповною полчкою

На даний момент близько 43% мостових споруд на території України за конструктивною схемою – це збірні ребристі прольотні будови. Це пояснюється масовим застосуванням збірних попередньо напружених залізобетонних балок, зведених за типовими проектами. Найчастіше використовуються балкові прольотні будови, які мають просту конструктивну схему та найбільшу ефективність при зведенні у збірному залізобетоні. Серед них виділяються два основні типи поперечних перерізів:

- П-подібні конструкції, що мають високу жорсткість та просторову стійкість (рис. 1.13);
- Т-подібні (таврові) конструкції, які характеризуються ефективним використанням матеріалу завдяки поєднанню плити та ребер жорсткості (рис. 1.14). Більшого поширення набули Т-подібні перерізи конструкції мостів з діафрагмами (рис. 1.14, а-г) і без діафрагм (рис. 1.14, д-е) з ненапруженого і попередньо напруженого бетону.

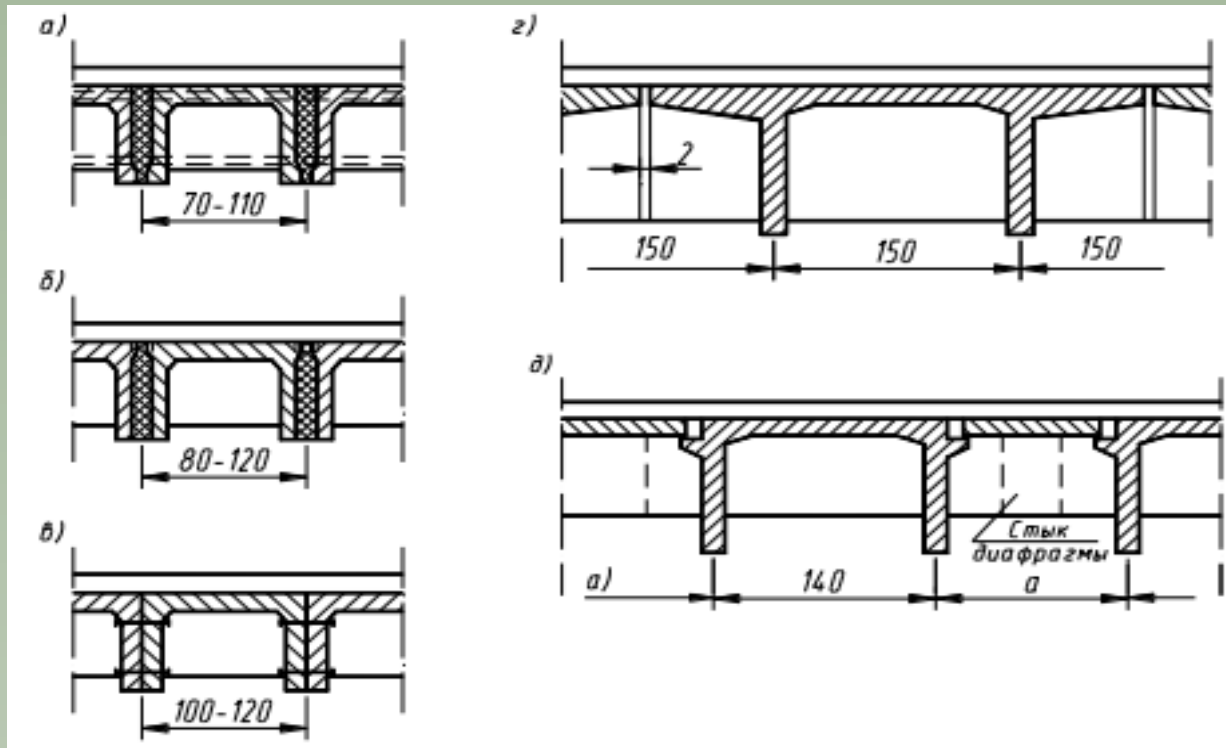


Рис. 1.13 – П-подібні перерізи конструкції мостів

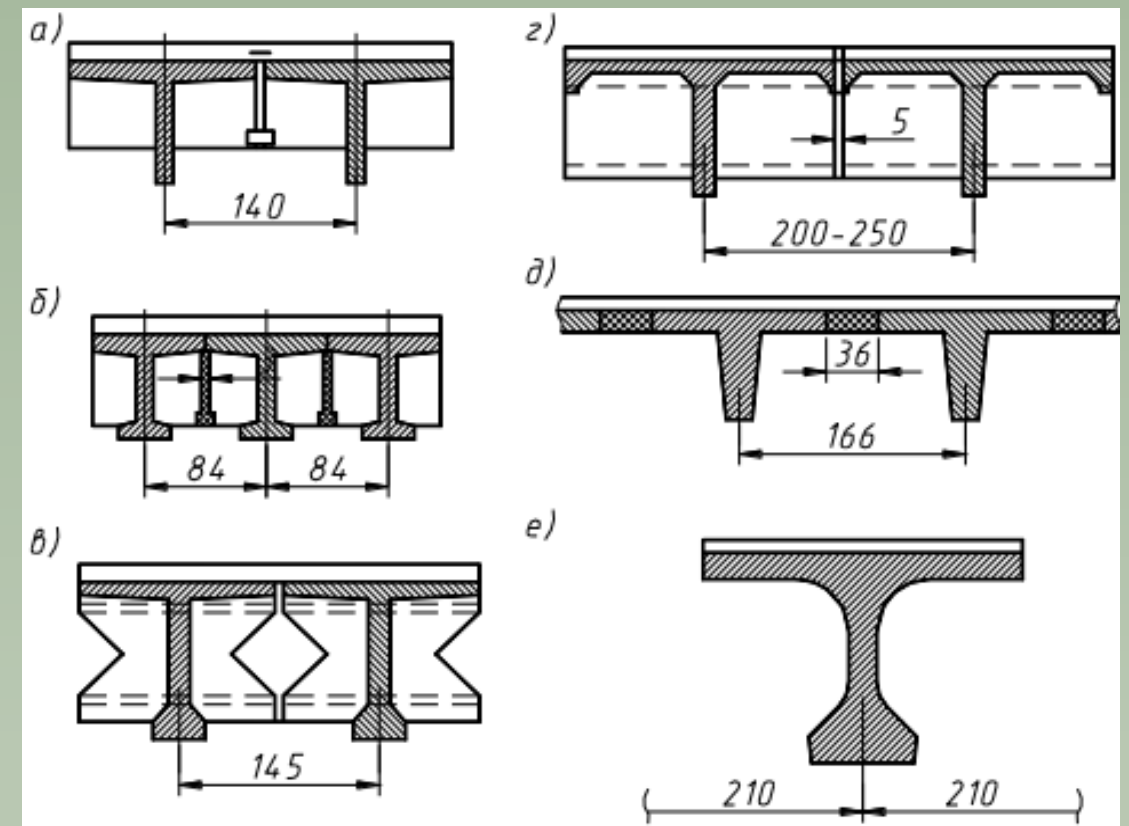


Рис.1.14 – Т-подібні перерізи конструкції мостів

Розглянемо найпоширеніші типові рішення бездіафрагмових Т-подібних прольотних будов:

- 1) «Випуск 56 – доповнення» (рис. 1.15);
- 2) Серія 3.503-14 інв. №710/5 (рис. 1.16);
- 3) Серія 3.503-12 (інв. №384/46) (рис. 1.17);
- 4) Типові проекти вип. ВТП-15, ВТП-16 (рис. 1.18-1.19).

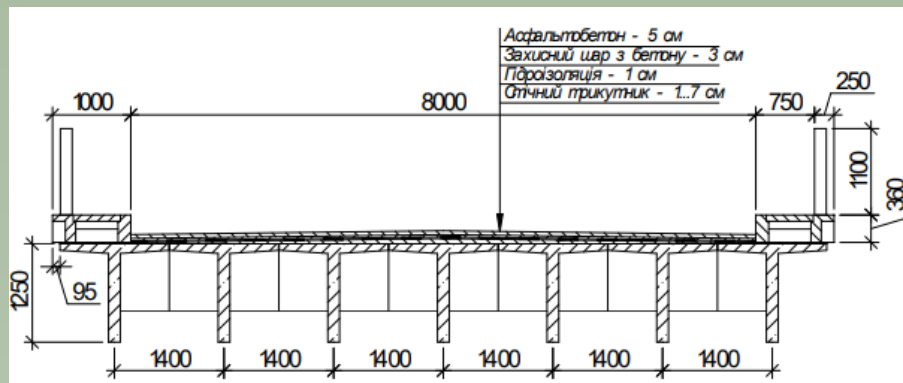
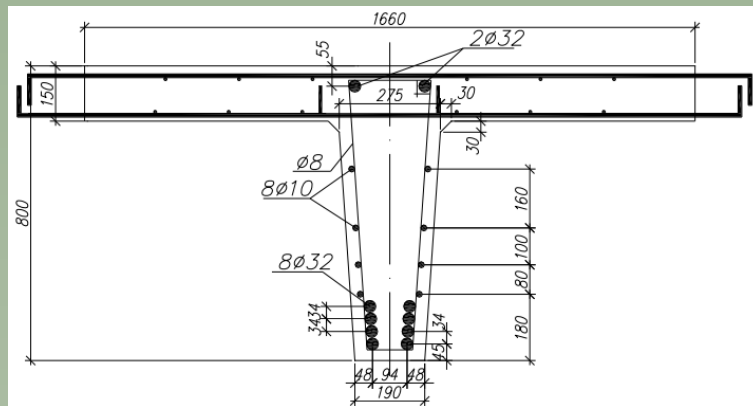


Рис. 1.15 – Типові середні балки серії
«Випск 56 – доповнення»

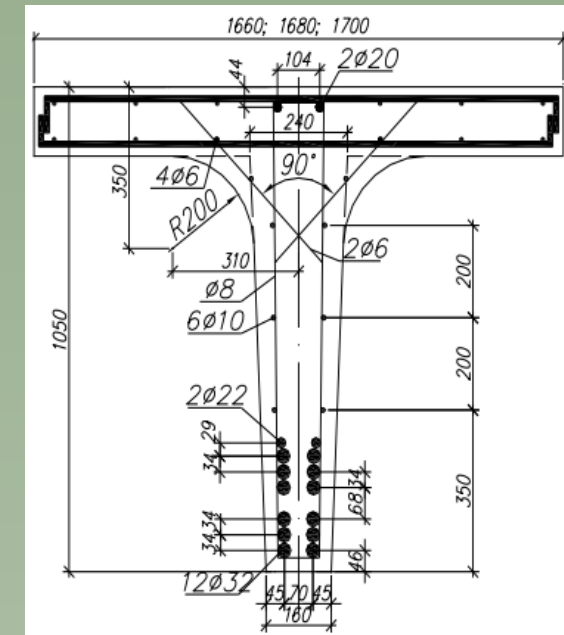
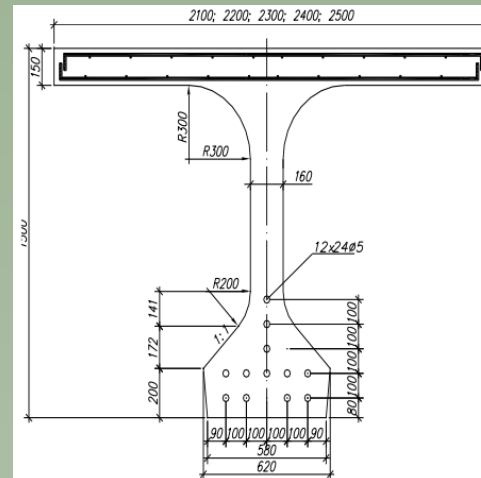


Рис.1.16 – Типові балки серії 3.503-14 інв. №710/5

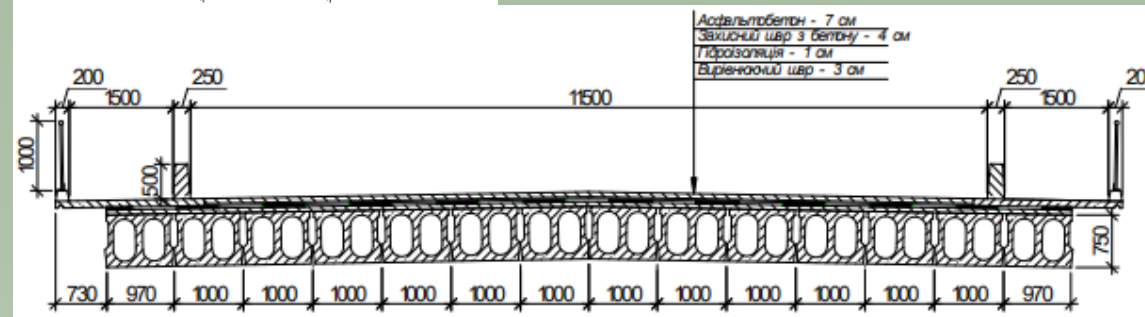


Рис. 1.17 – Типові балк серії 3.503-12 (інв. №384/46)

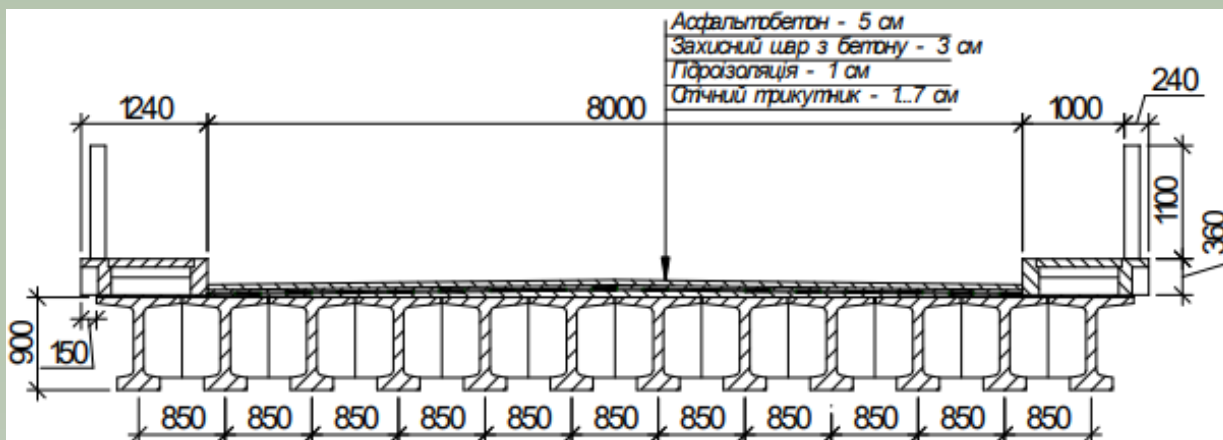


Рис. 1.18 – Типові балки серії ВТП16

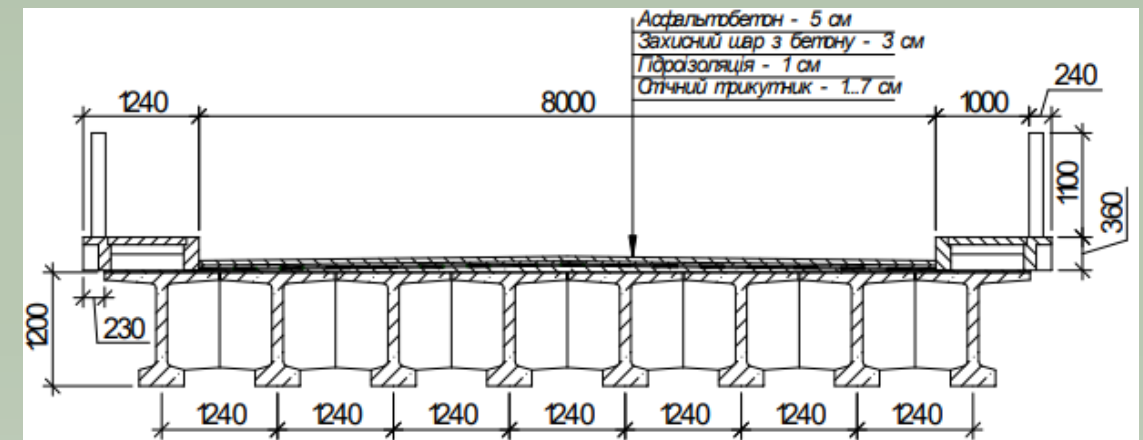


Рис. 1.19 – Типові балки серії ВТП-15

Використання монолітних накладних плит для підсилення автодорожніх мостів

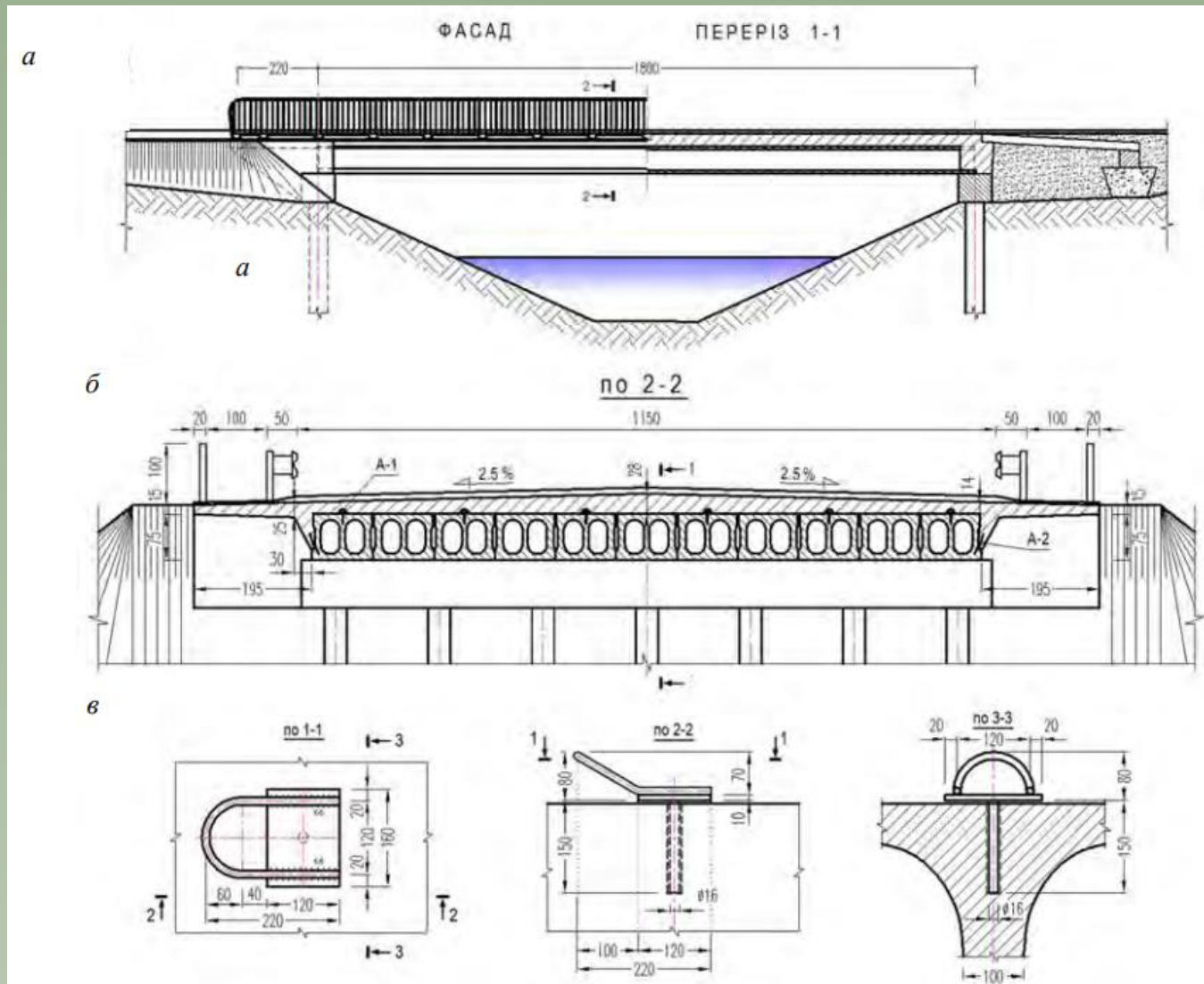


Рис. 1.20 – Приклад реконструкції мосту через р. Перга:
а – фасад і поздовжній переріз; б – поперечний переріз
розширеного прольоту; в – анкера

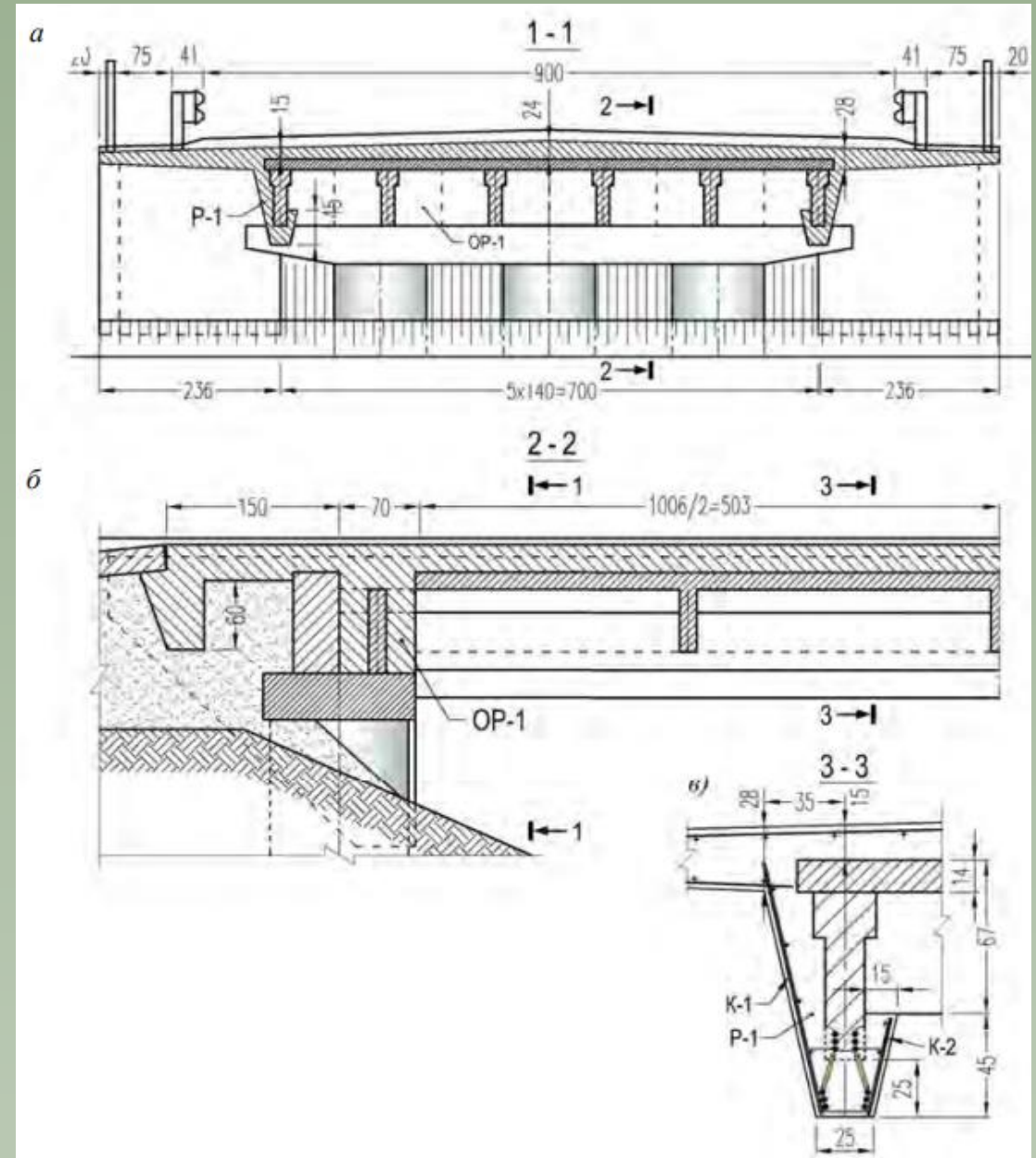


Рис. 1.21 – Приклад реконструкції однопрольотного
мосту через струмок на км 9+635 автодороги Т1806
Рівне-Млинів-Буськ-Перемишляни

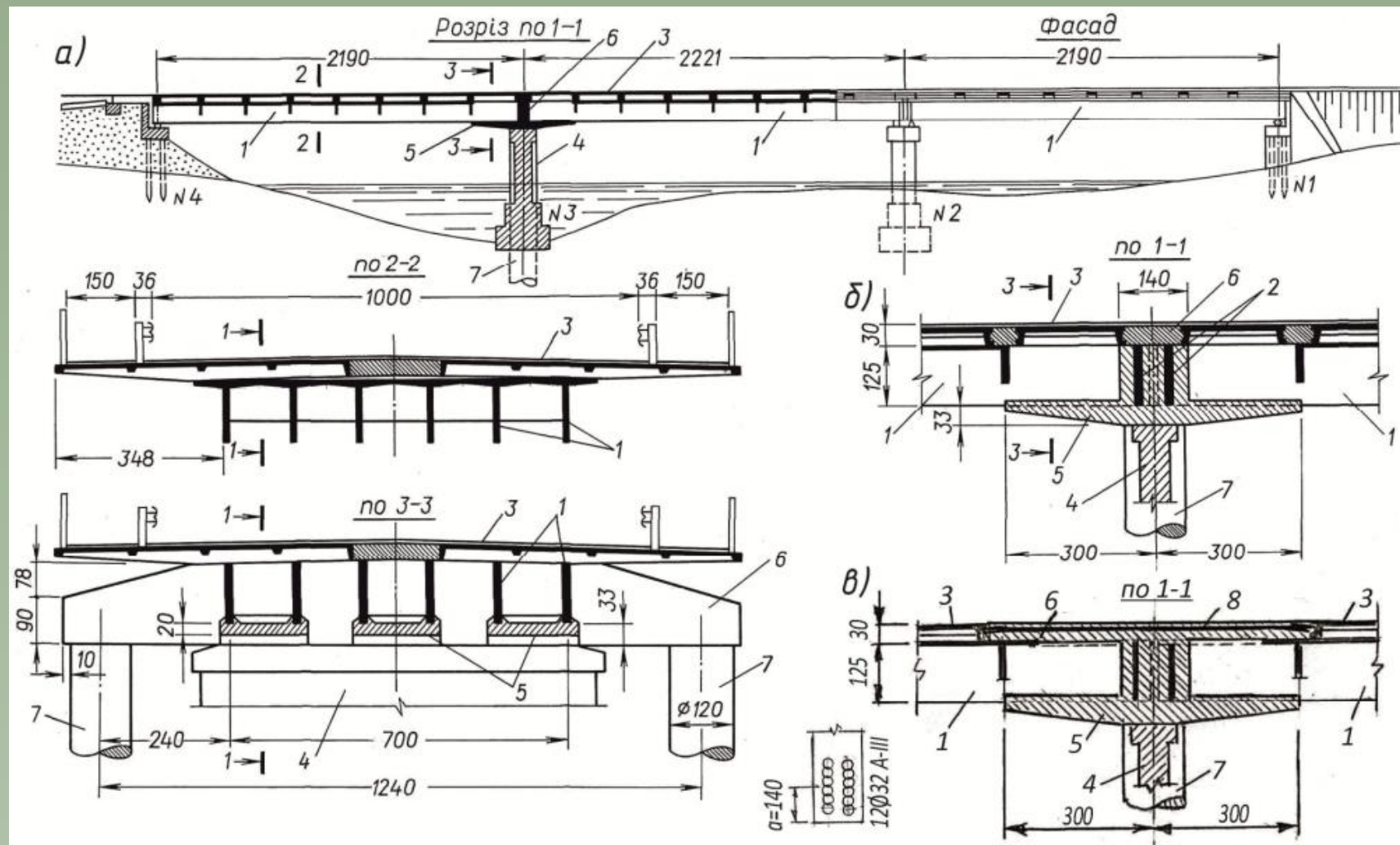


Рис. 1.22 – Приклад реконструкції мосту через р. Серет на автодорозі Р-24 шляхом застосування збірно-монолітної ребристої накладної плити: 3 – ребристі накладні плити; 5 – нижня добетонірована плита; 6 – добетонований ригель (монолітна вставка)

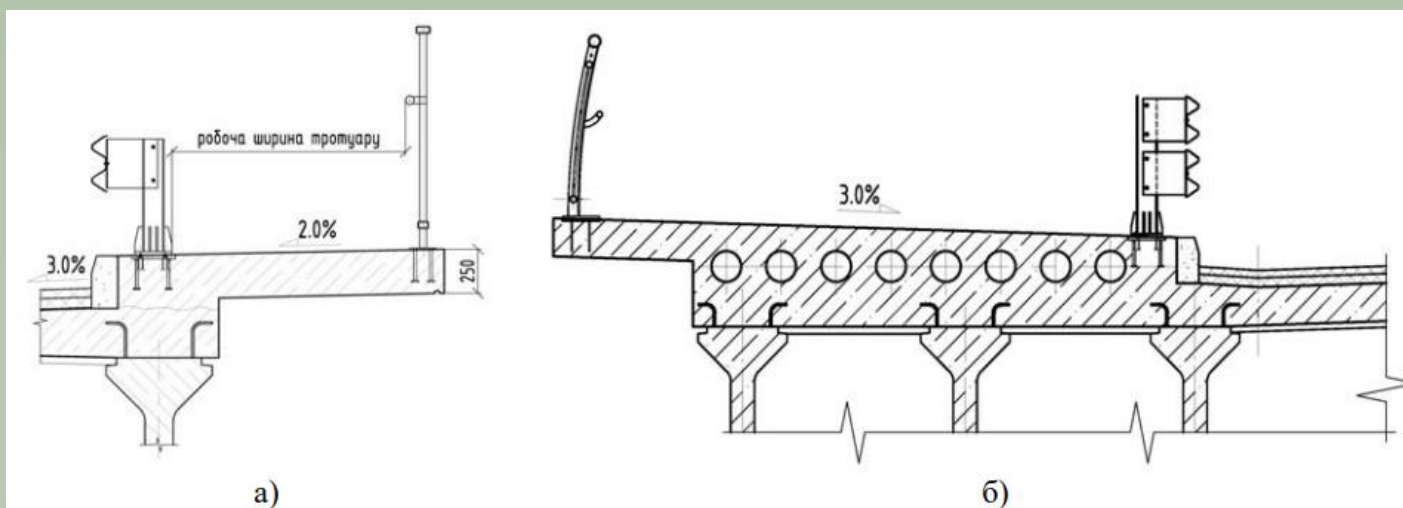


Рис. 1.23 – Приклад тротуарних залізобетонних монолітних плит мостів:
а – консольна плита; б – плитноконсольна конструкція тротуару

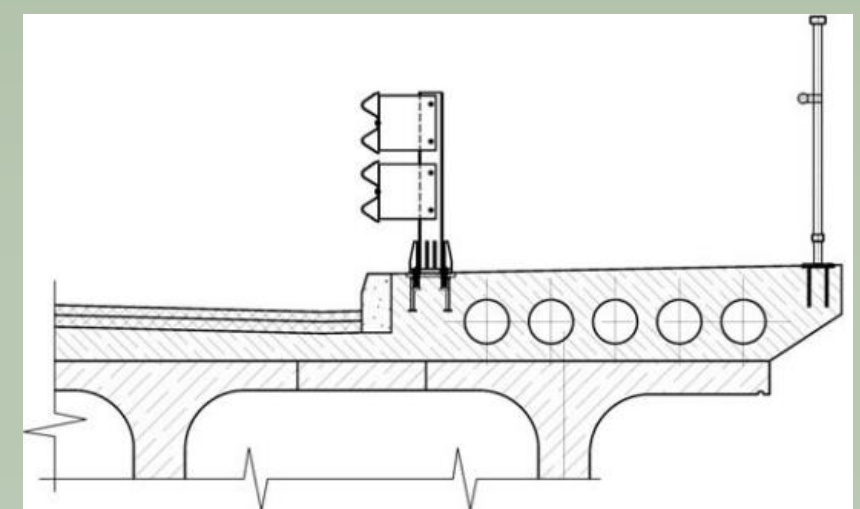


Рис. 1.24 – Приклад полігональної накладної тротуарної плити з циліндричними порожнинами

МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО ОДНОПРОЛІТНОГО АВТОДОРОЖНЬОГО МОСТУ

Загальні відомості про споруду

Міст через р. Удич на км 38+004 автомобільної дороги загального користування державного значення Р-54 Краснопілка - Теплик - Бершадь - Саврань - Дубинове - (М-05), Вінницької області являється продовженням земляного насипу автодороги Р-54 та слугує зв'язком між протилежними берегами річки. За даними Паспорта рік зведення мостової споруди – 1988 р. Дані про проектні організації, поточні чи капітальні ремонти мосту відсутні.

Технічні параметри мосту

- повна довжина мосту (між крайніми торцями прогонових будов): 33,1 м;
за довжиною, згідно з п. 1.2 ДБН В.2.3-22:2009, міст відноситься до **середніх**;
- габарит: Г- 10,40 + 2х1,06 м; геометрична схема мосту: 1х6,0+1х20,8+1х6,0 м;
- висота – 3,73 м від рівня води до низу мостових балок пролітних будов;
- прогонові будови – в осях «0-1» та «3-4» – збірні суцільні залізобетонні плити прямокутного перерізу довжиною 6,0 м (плити сполучення), в осях «1-3» – збірні Т-подібні залізобетонні балки довжиною 21,0 м.
- проміжні опори по осях «1» та «3» – залізобетонні палеві однорядні, фундаменти глибокого залягання, з шафовими стінками;
- берегові опори по осях «0» та «4» – палеві, однорядні, без шафових стінок;
- категорія дороги – III;
- проектні навантаження: Н-30 та НК-80.
- фактична виміряна інтенсивність руху станом на 22.10.20 - 1701 авт/добу приведена до легкових автомобілей на добу.

Розрахунковий поперечник мостової споруди в найневигіднішому стані для прогонових конструкцій в осях «1-3»

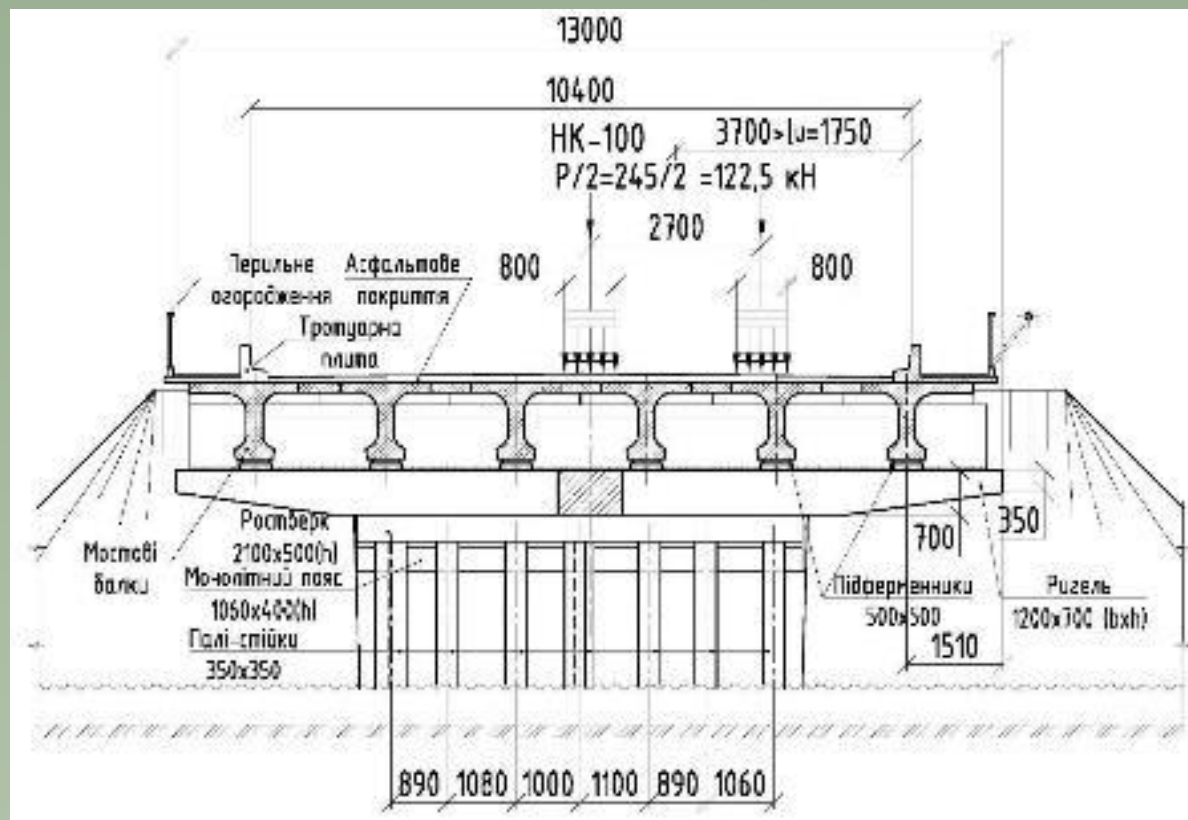


Рис. 2.1 – Схема прикладання тимчасового впливу НК-100 в перерізі мостової споруди в осях «1-3»

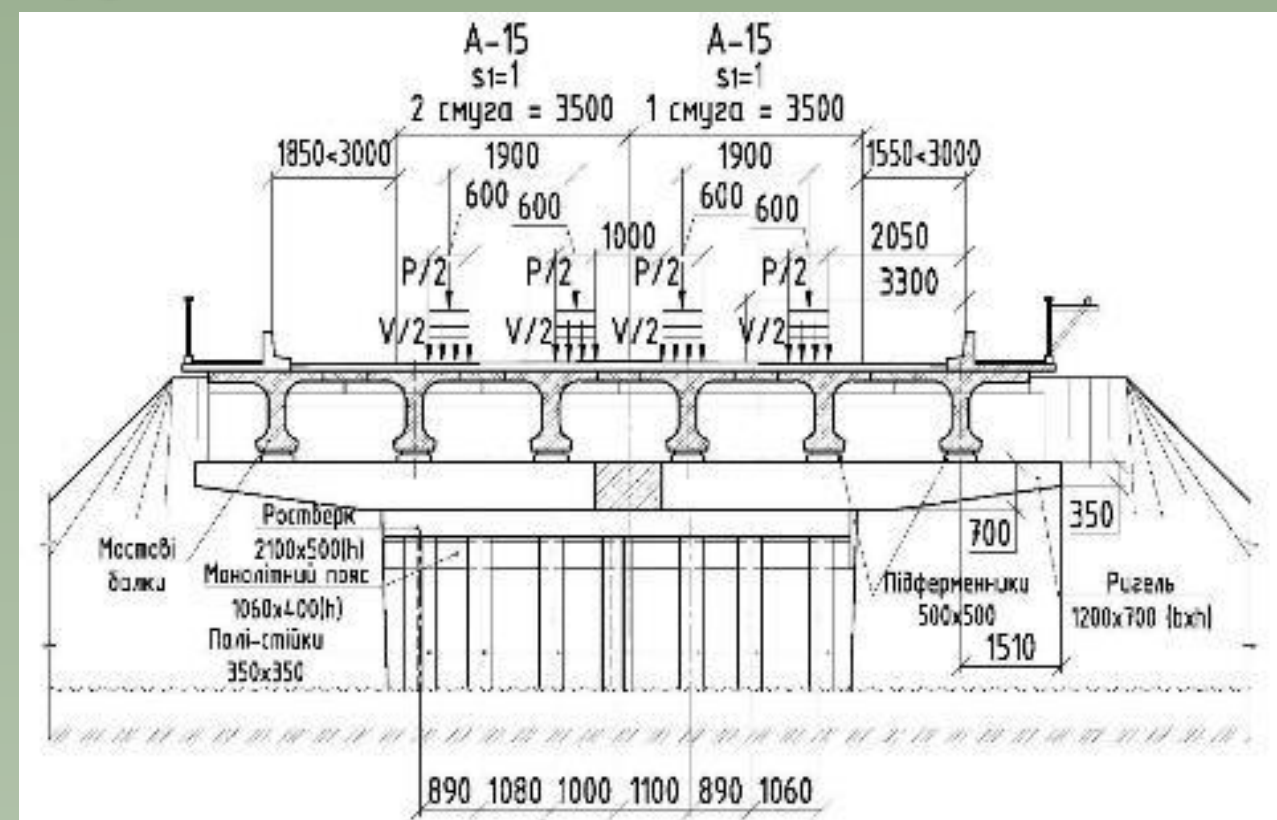


Рис. 2.2 – Схема прикладання тимчасового впливу А-15 в перерізі мостової споруди в осях «1-3»

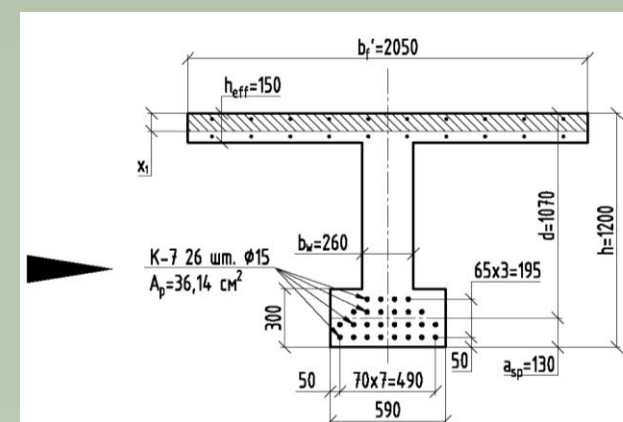
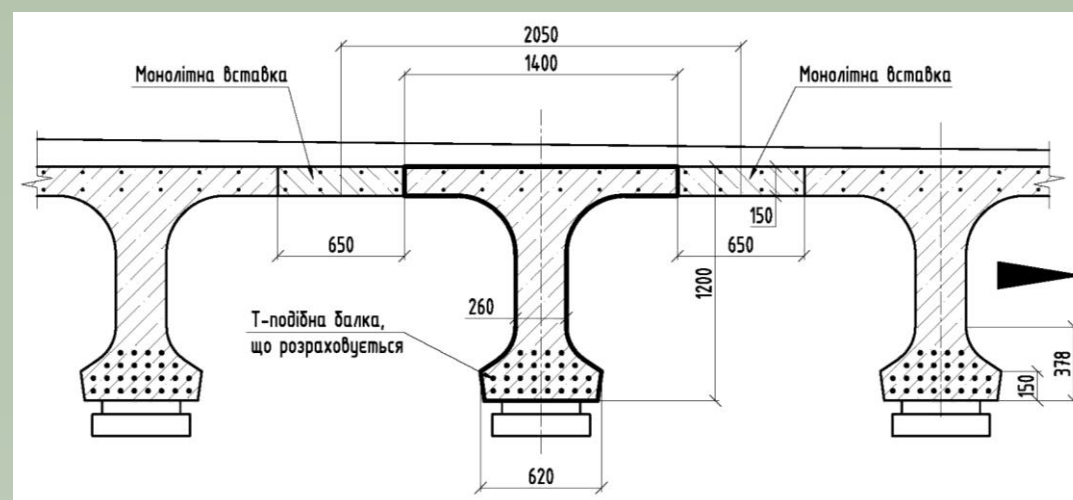


Рис. 2.3 – Розрахунковий тавровий переріз балки

Розрахунковий поперечник мостової споруди в найневигіднішому стані для прогонових конструкцій в осях «0-1»

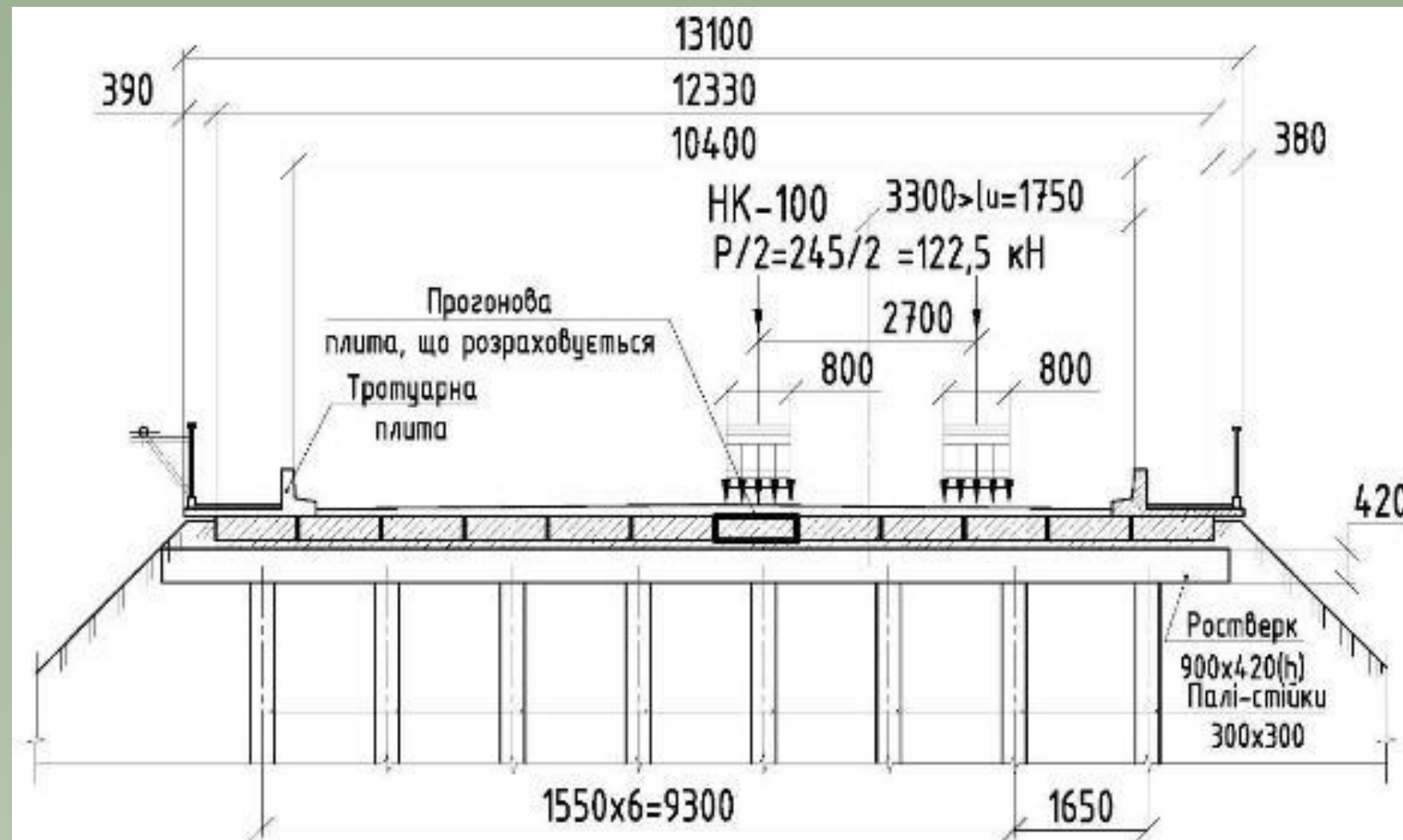


Рис. 2.3 – Схема прикладання тимчасового впливу НК-100 в перерізі мостової споруди в осях «0-1»

ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

Схема розташування мостової споруди

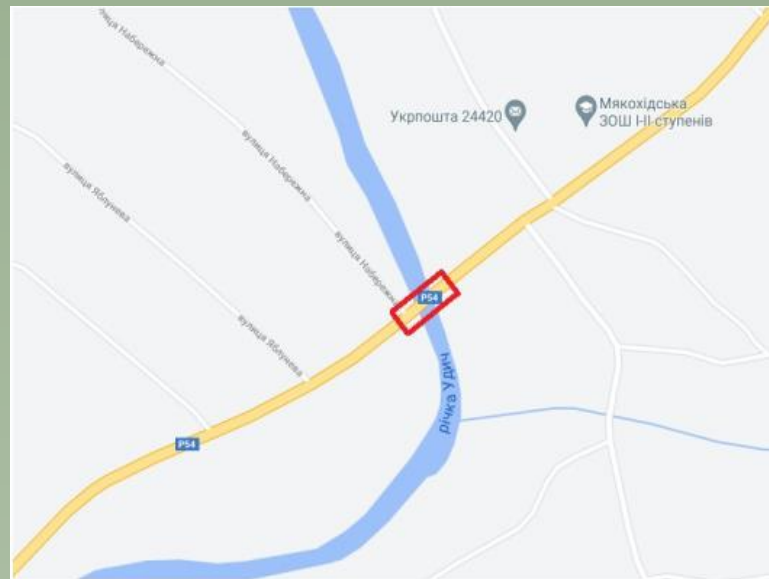
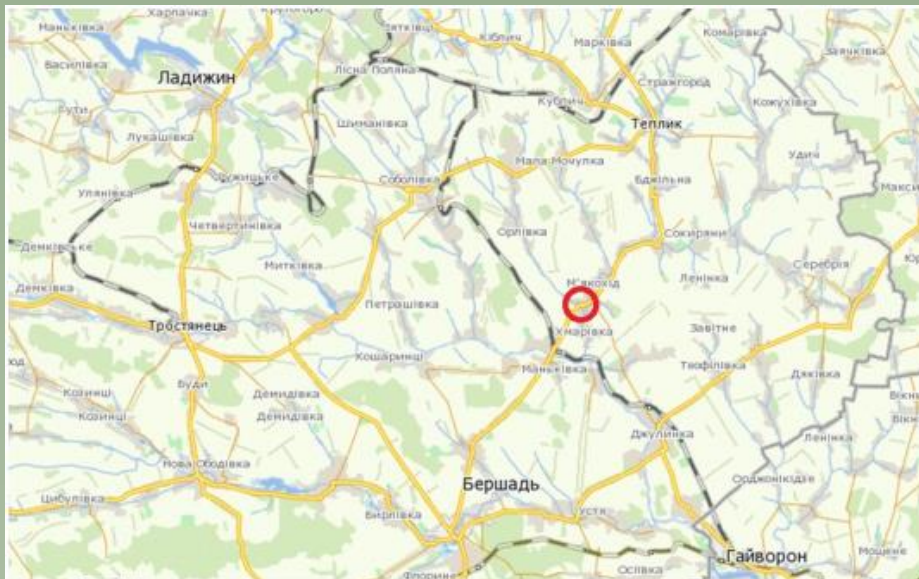


Рис. 4.5 – Загальний вигляд берегової опори



Рис. 4.6 – Загальний вигляд та стан деформаційного шва по осі «3»



Рис. 4.3 – Загальний вигляд прогонової будови з збірних суцільних залізобетонних плит прямокутного перерізу в осях «0-1»

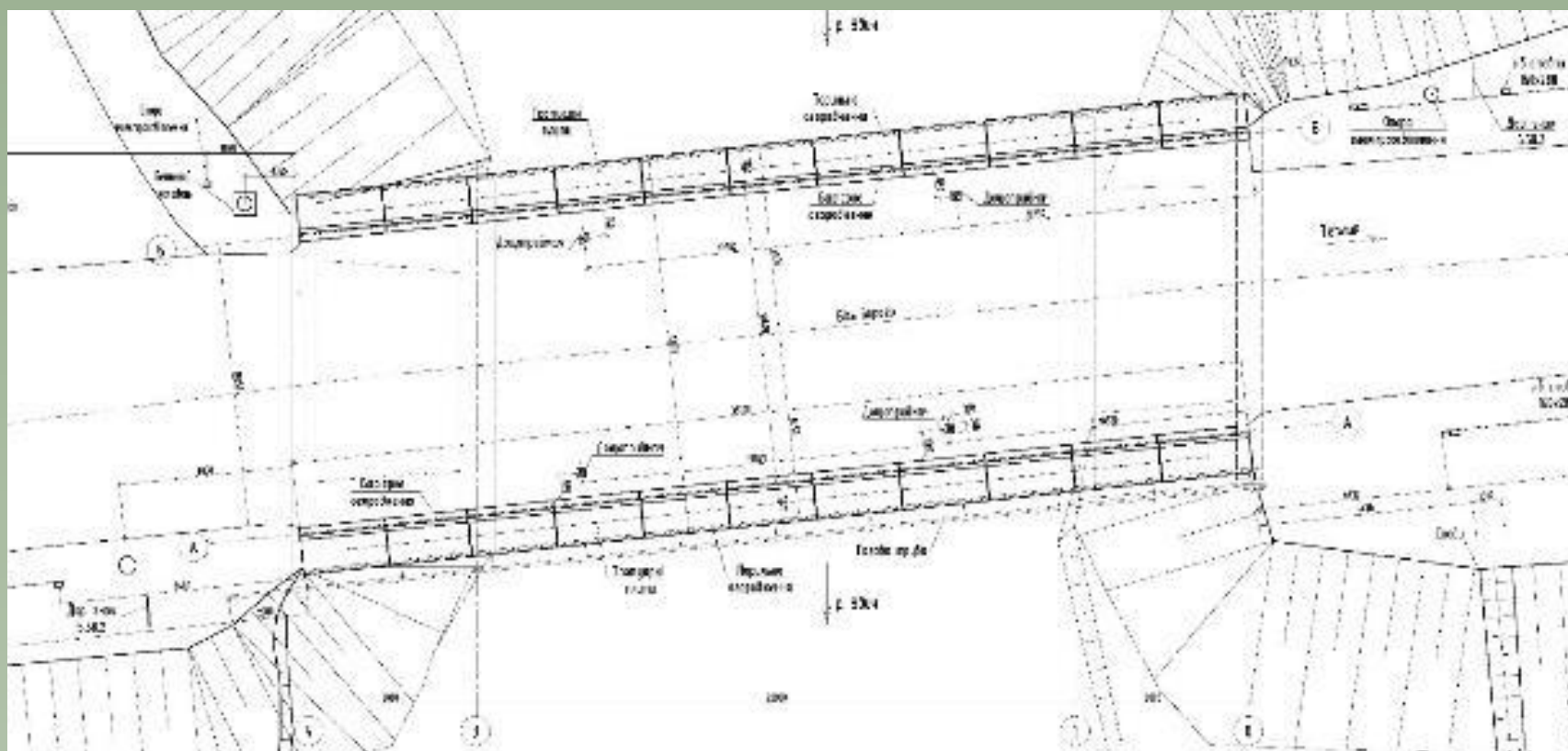


Рис. 4.4 – Загальний вигляд прогонової будови з збірних Т-подібних залізобетонних балок в осях «1-3» та опори по осі «1»

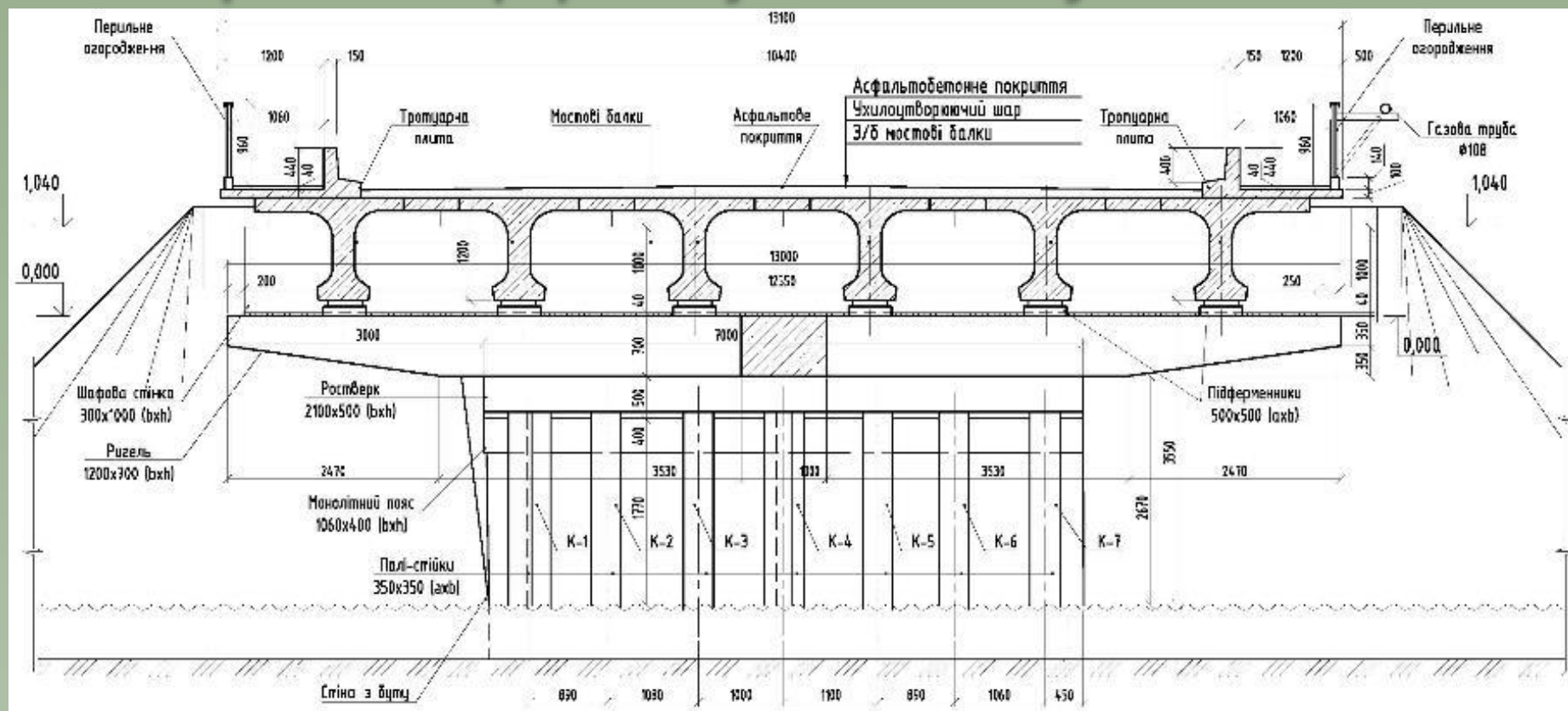


Рис. 4.8 – Загальний вигляд тротуарної плити по осі «Б» поблизу осі «0»

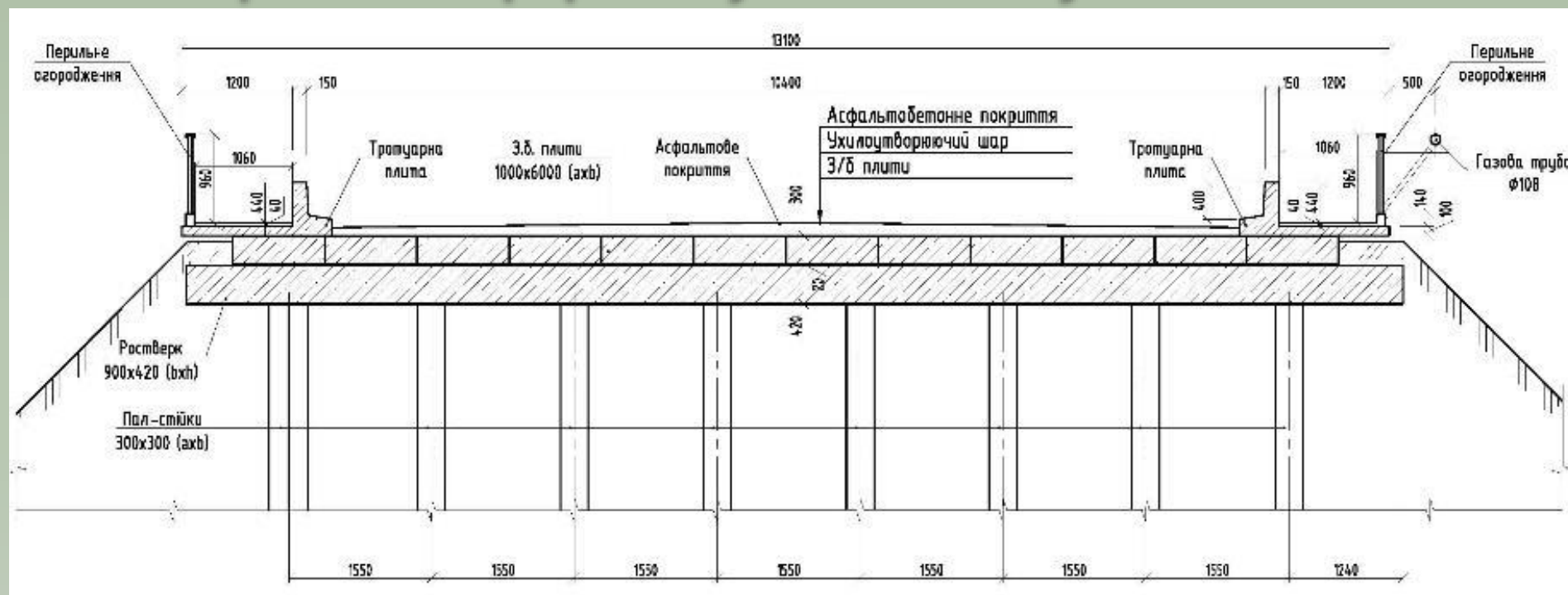
План існуючого мосту та загальний вигляд



Поперечний переріз існуючого мосту між осями «1-3»



Типовий поперечний переріз існуючого мосту між осями «0-1» та «3-4»



Повздовжній розріз проектного мосту

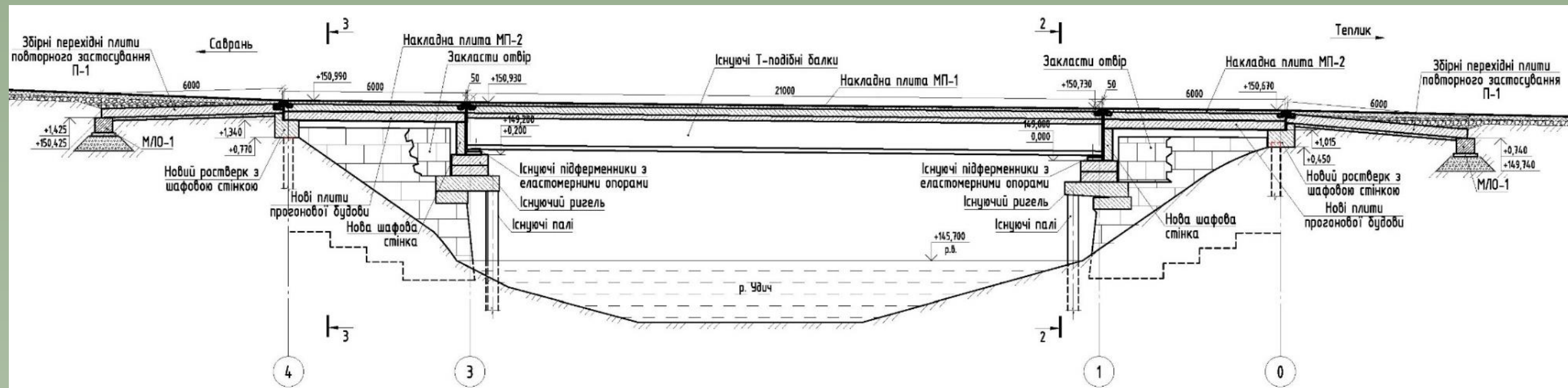
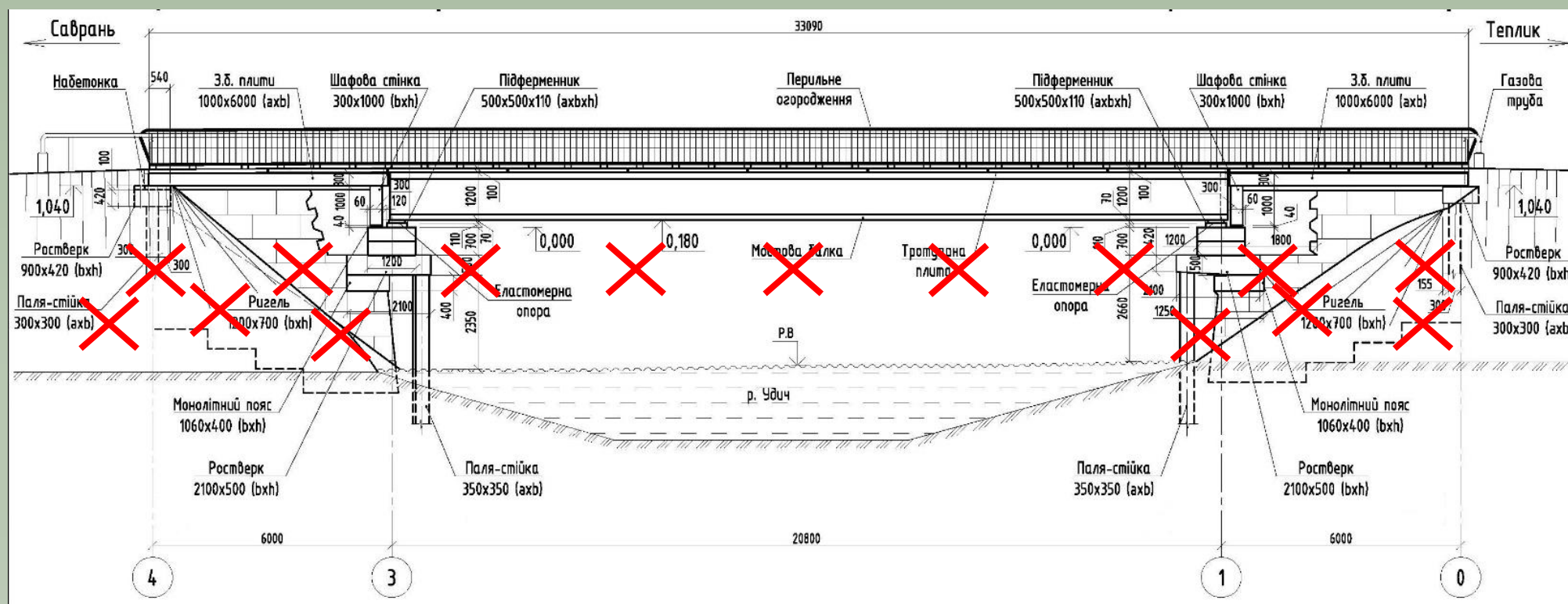
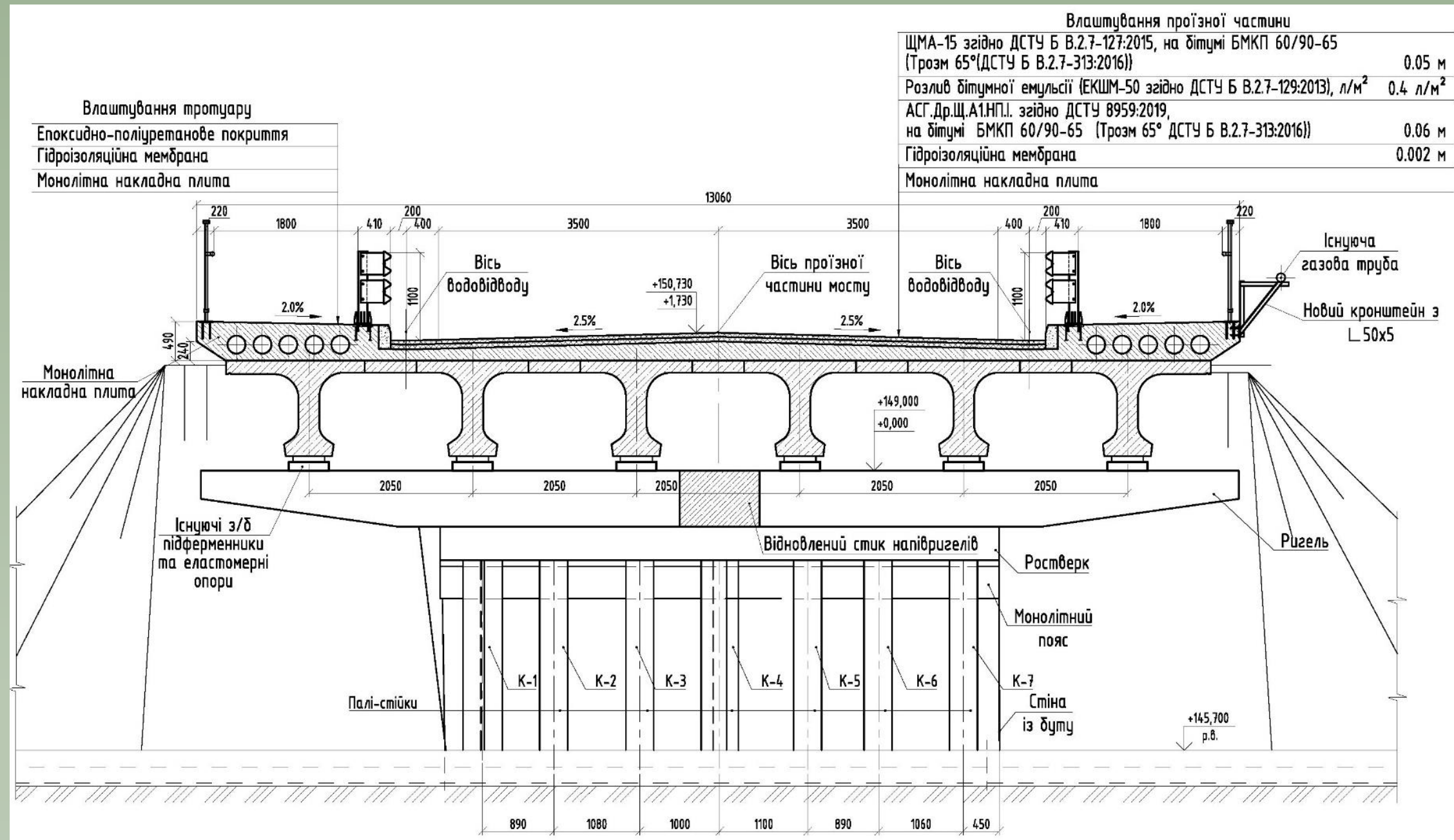


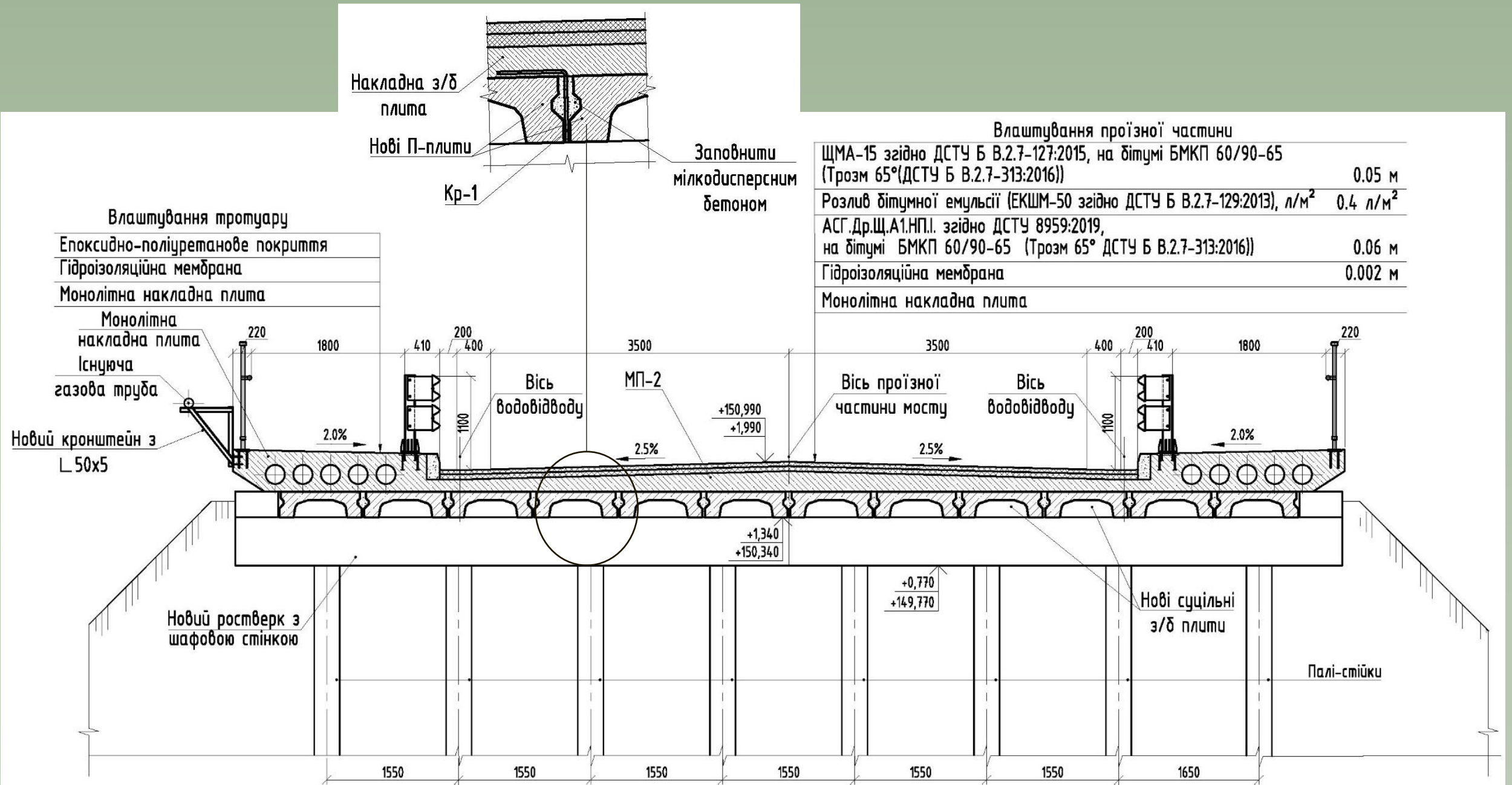
Схема демонтажу конструкцій існуючого мосту



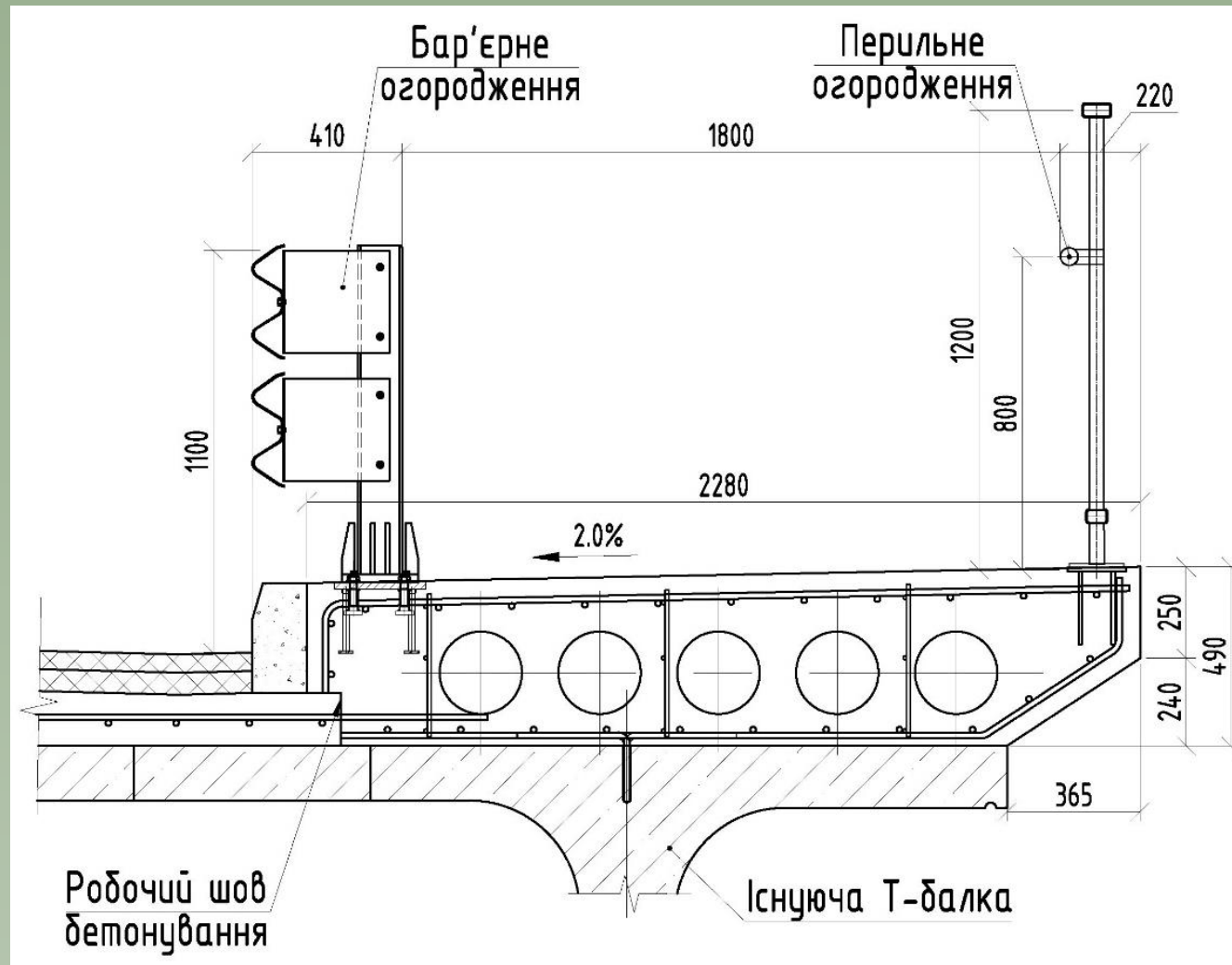
Розріз пролітної частини мосту та конструкція дорожнього одягу в осях «1-3» (варіант 1. Існуючі Т-подібні балки з монолітною накладною плитою)



Розріз пролітної частини мосту в осях «0-1» та «3-4» (варіант 2. П-плити плити $h=300\text{мм}$, монолітна накладна плита)

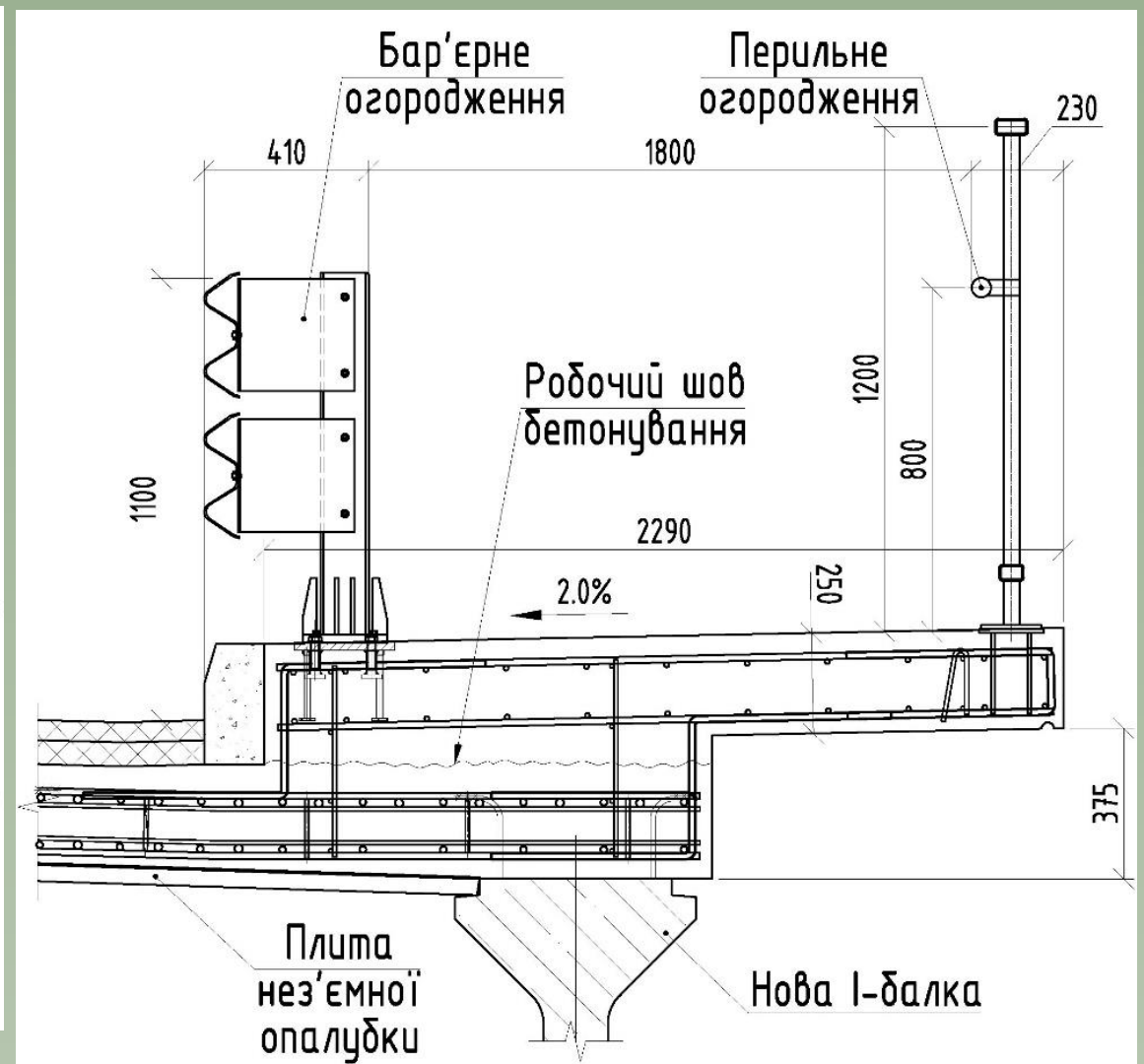


Рішення тротуарної плити



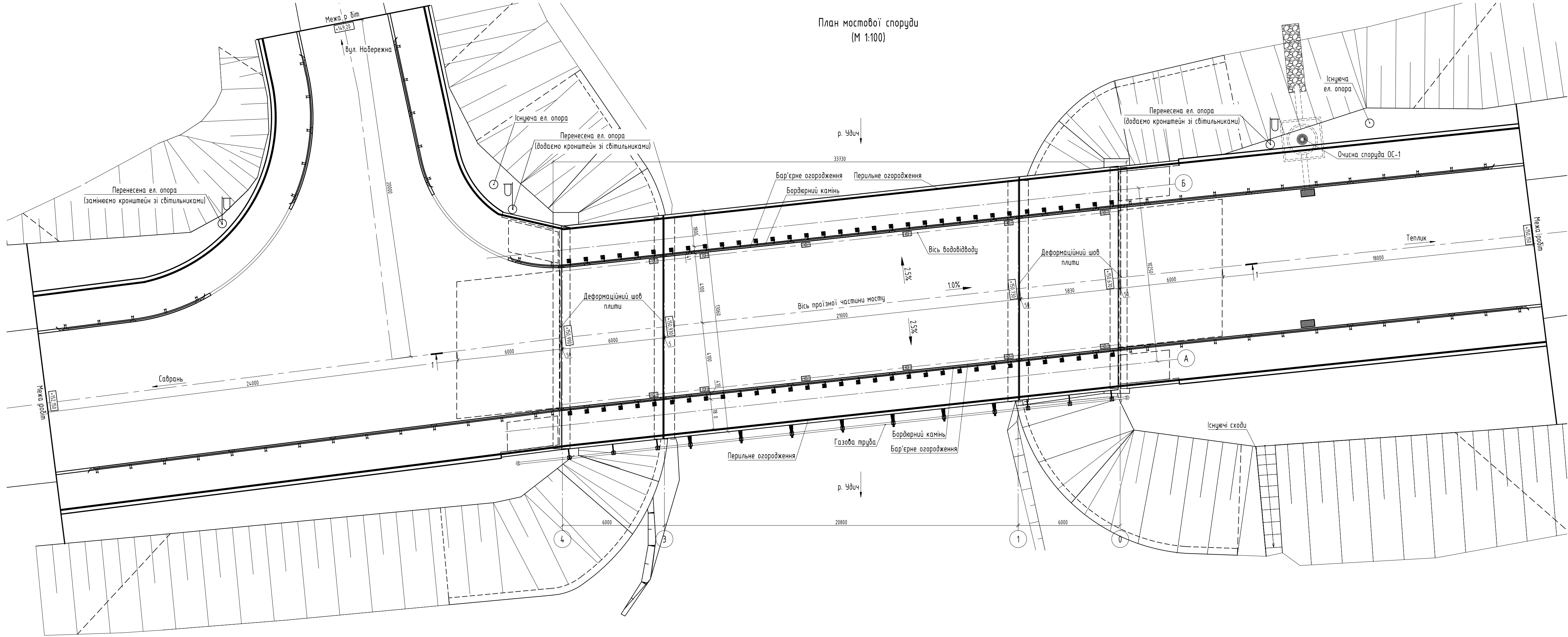
Варіант 1

Конструктивне рішення тротуарного звису монолітної накладної плити при використанні існуючих Т-балок

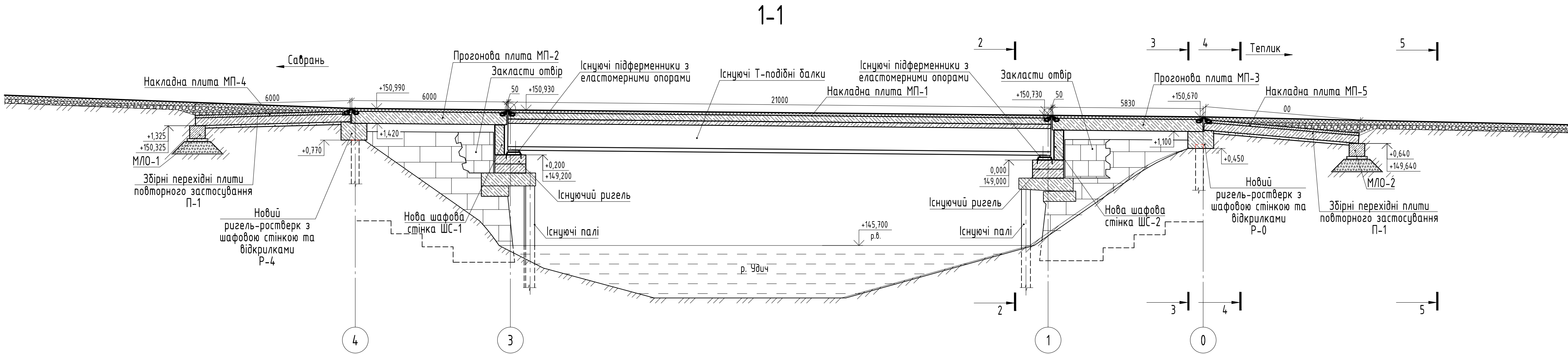


Варіант 2

Конструктивне рішення тротуарного звису монолітної прогонової плити при використанні нових І-балок



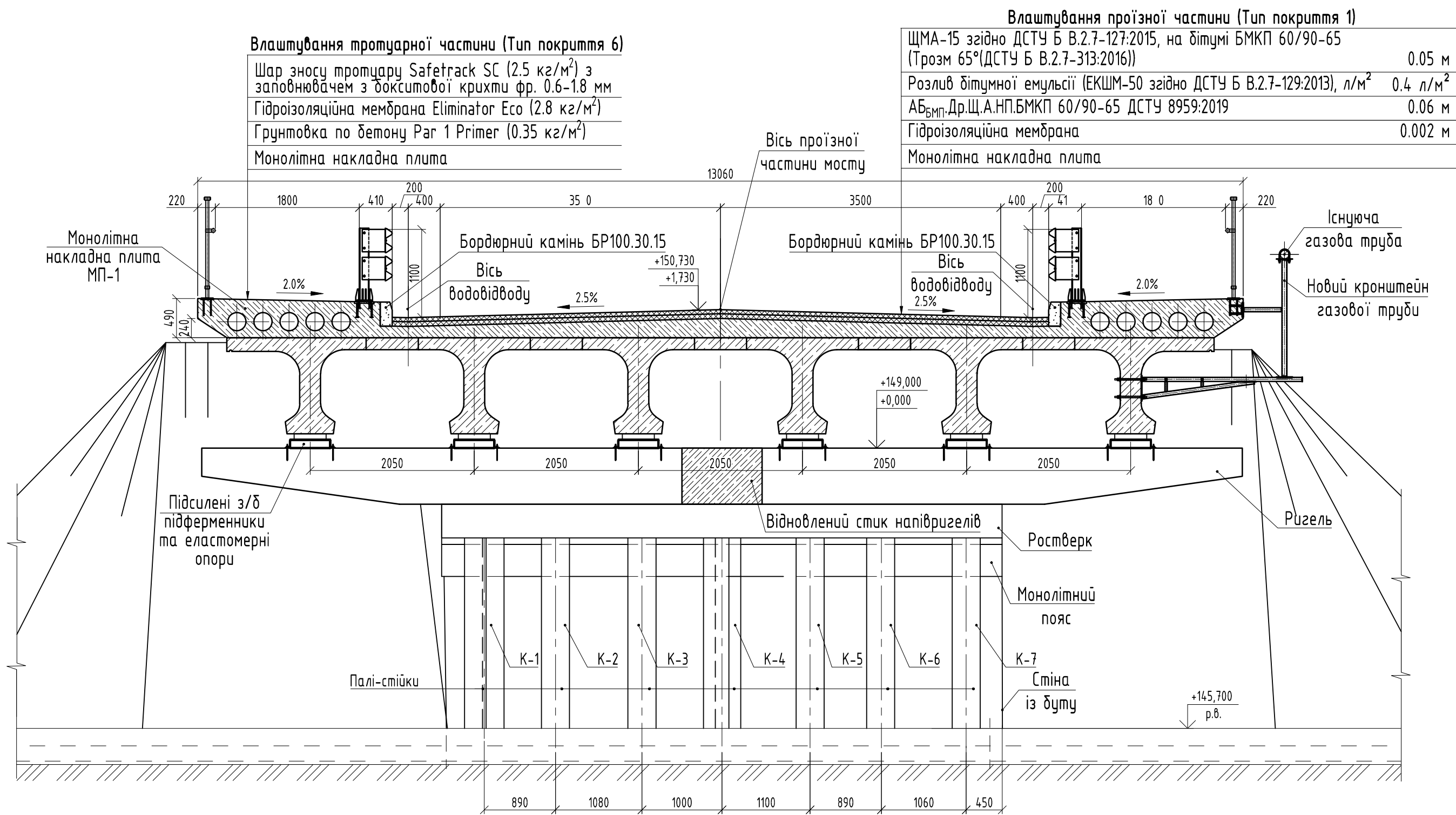
Проектні дані	Ухил	0.038				
	Відмітка по осі проїзду мосту, м	152.150				
	Відстань, м	30,500				
	Ухил	0.035				
Фактичні дані	Відмітка по осі проїзду мосту, м	151.980				
	Відстань, м	30,500				
	Ухил	0.035				
	Відстань, м	30,500				



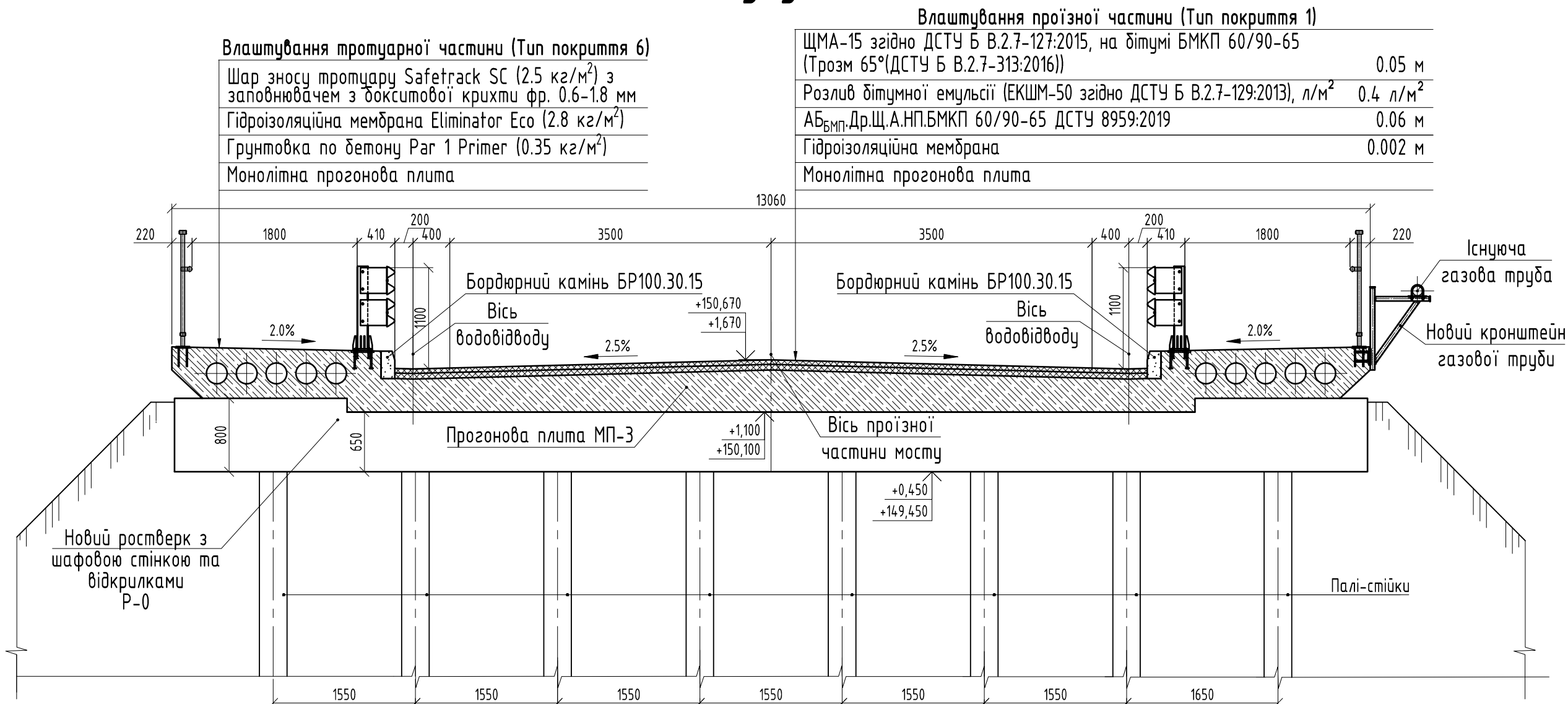
1. За умовний рівень .000 прийнято верхній обріз ригеля по осі "І" мостової споруди, що відповідає абсолютній відмітці +149.000 м.

						08-11МКР.008-АБ			
						міст через р. Удич на автодорозі Р-54 км 38+004, с. Мякохид, Гайсинський р-н, Вінницька обл.			
Зм.	Коль.	Лист	№ док	Підпис	Дата	Рациональні конструкції підсилення Т-подібних попередньо напружених мостових балок улаштуванням накладної монолітної плити			
Розробив	Димко С.В.					План мостової споруди. Розріз 1-1			
Перевірив	Попов В.О.								
Керівник	Попов В.О.								
Нарк контроль	Масвська І.В.								
Рецензент	Степанов Д.В.					ВНТУ, зр. 16-23м			
Затвердив	Швець В.В.								

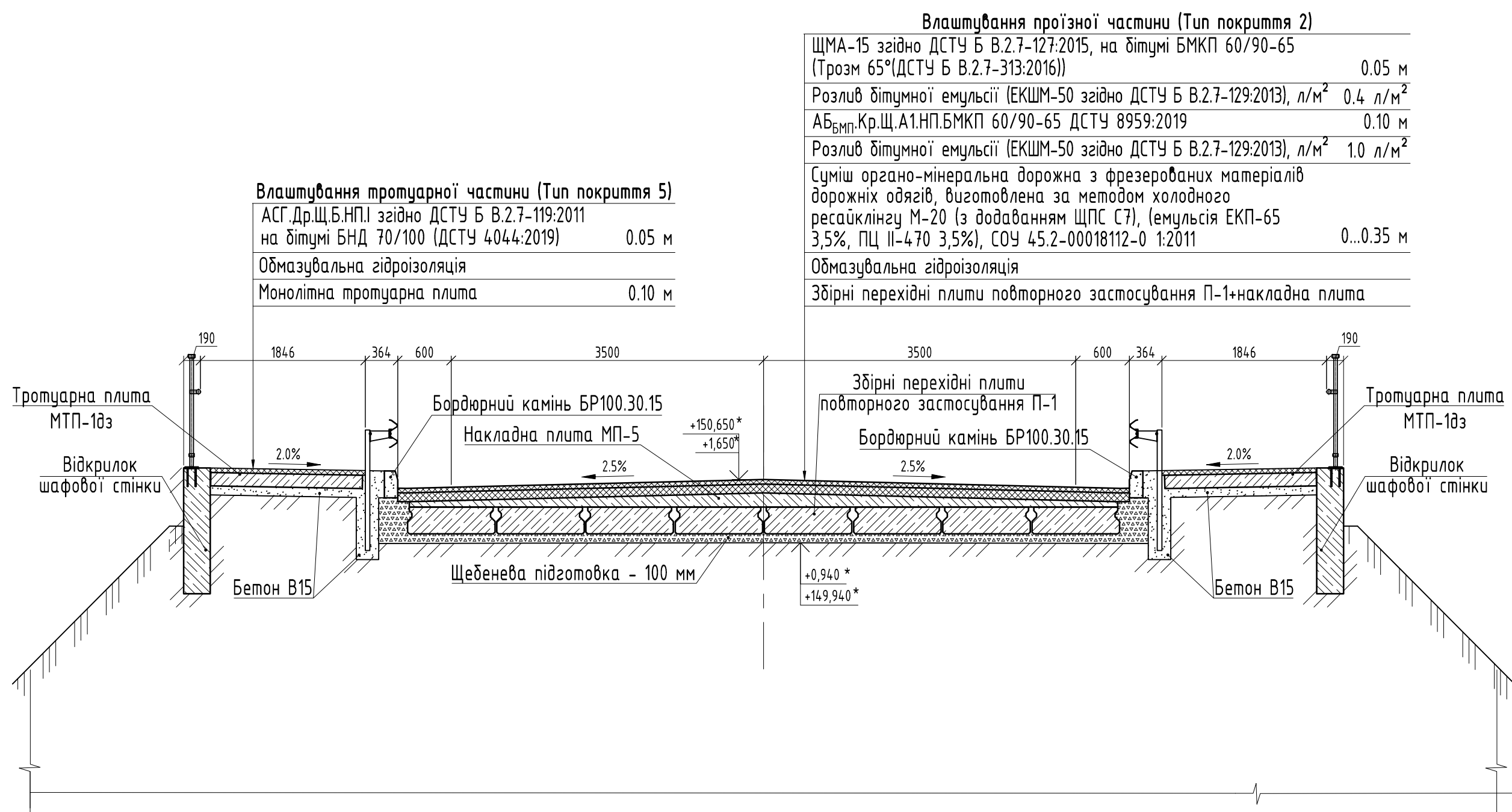
2-2



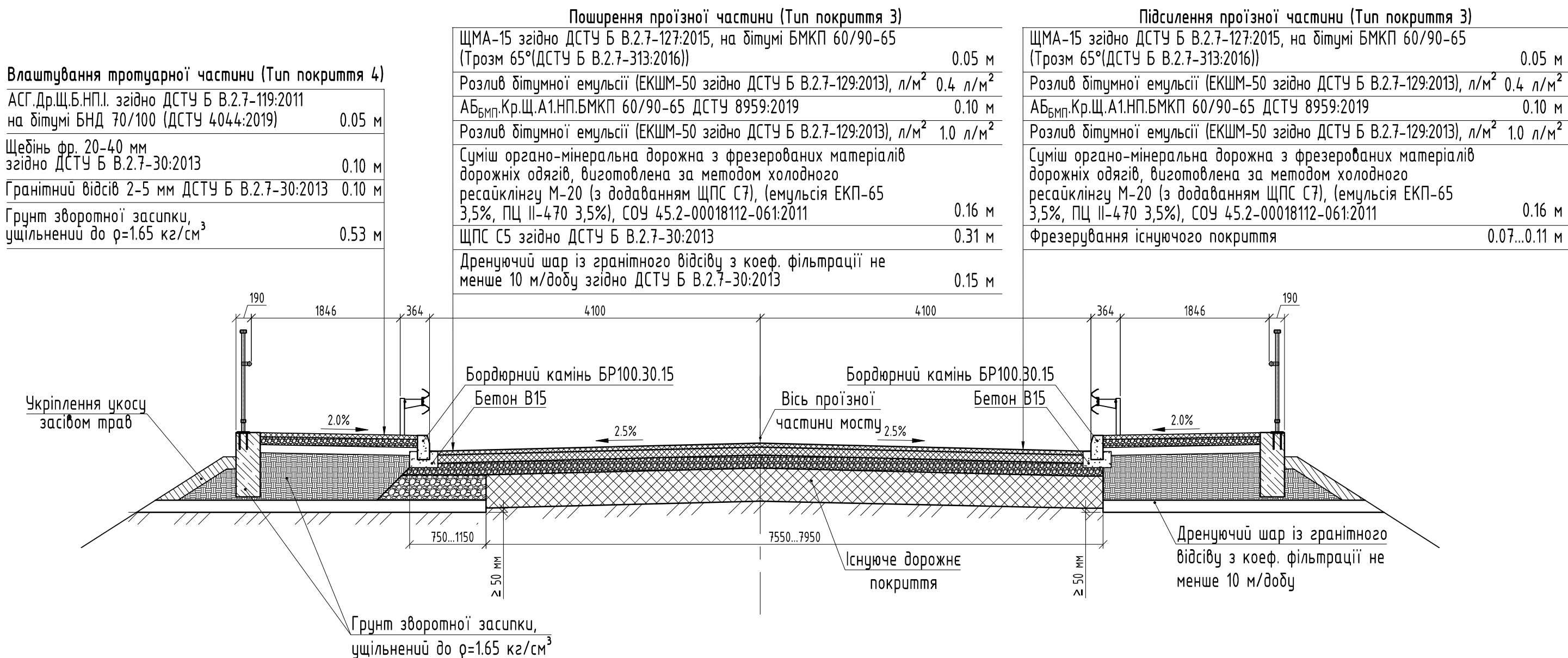
3-3



4-4



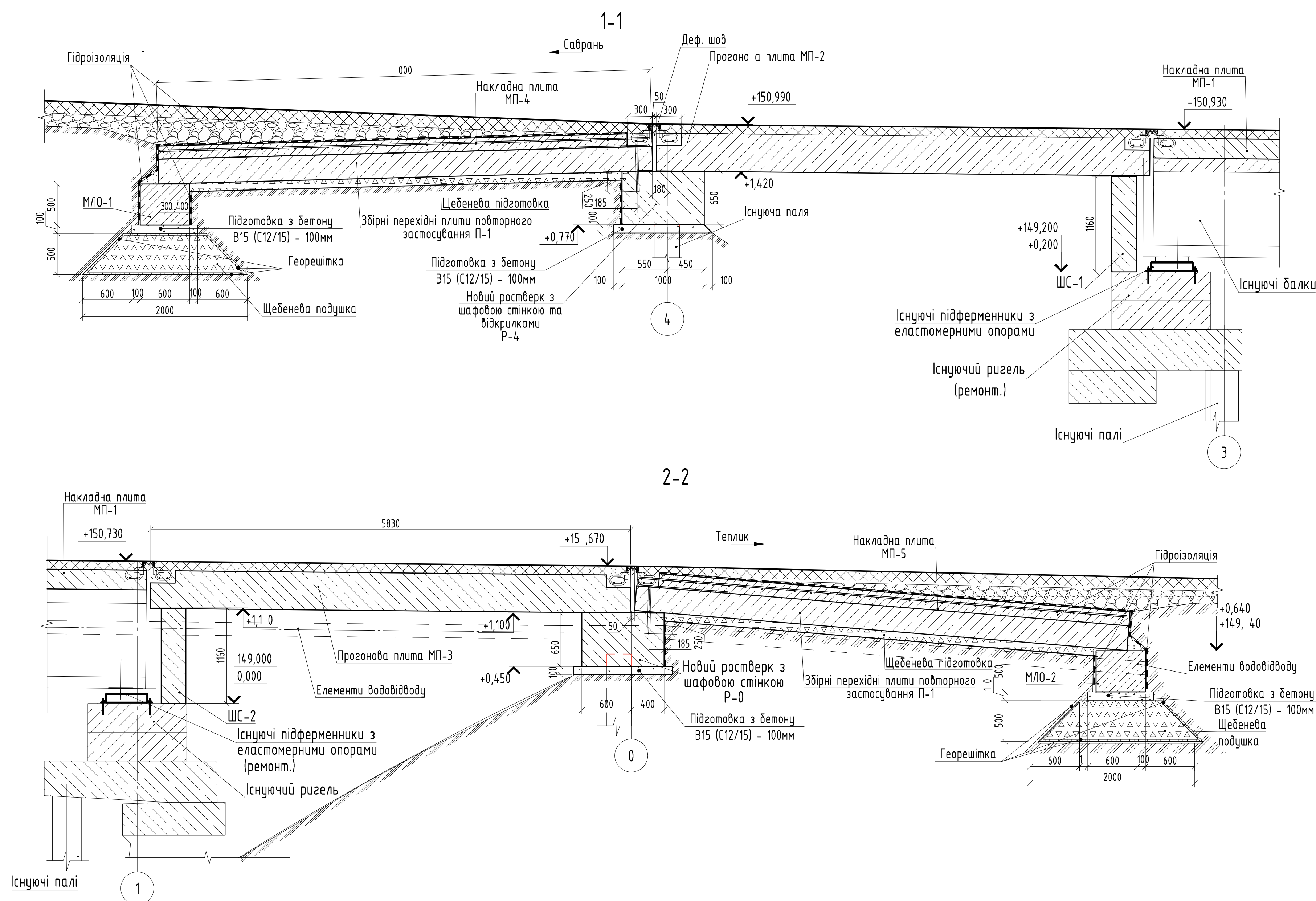
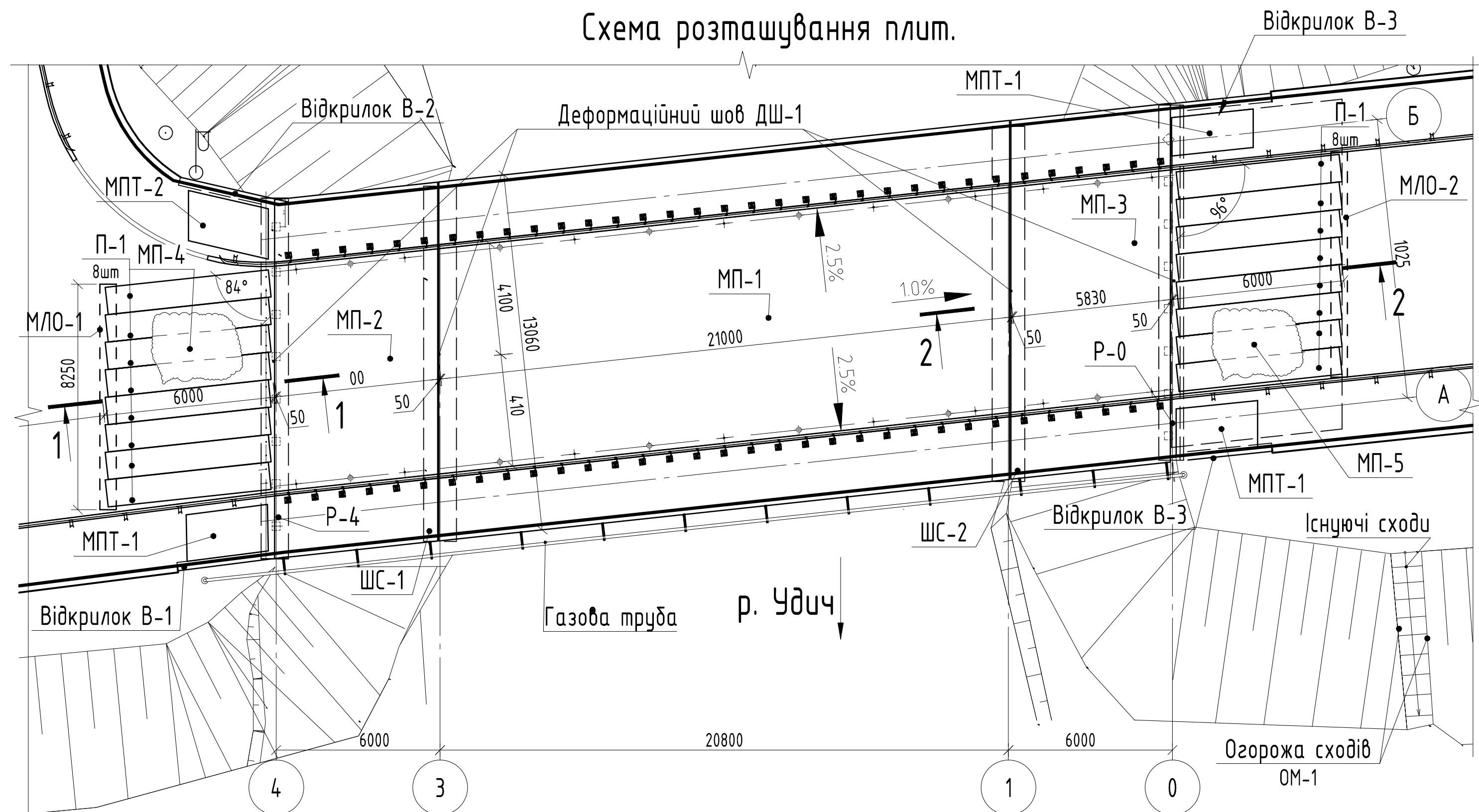
5-5



1. Цей аркуш надано разом з аркушами К5.
2. За умовний рівень 0.000 прийнято верхній обріз ригеля по осі "ІІ" мостової споруди, що відповідає абсолютній відмітці +149.000 м.
3. * Змінний рівень по ухилу перехідних плит.

						08-11МКР008-АБ		
						міст через р. Удич на автодорозі Р-54 км 38+004, с. Мяхохід, Гайсинський р-н, Вінницька обл.		
Зм.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	Рациональні конструкції підсилення Т-подібних поперечно напружених мостових балок улаштуванням накладної монолітної плити	Сторін	Аркуш
Розробив	Дижко С.В.						п	2
Перевірив	Попов В.О.							8
Керівник	Попов В.О.							
Нач. контроль	Масляк І.В.							
Рецензент	Степанов Д.В.					Розріз 2-2, Розріз 3-3, Розріз 4-4, Розріз 5-5		
Затвердив	Шевчак В.В.						ВНТУ, гр. 15-23м	

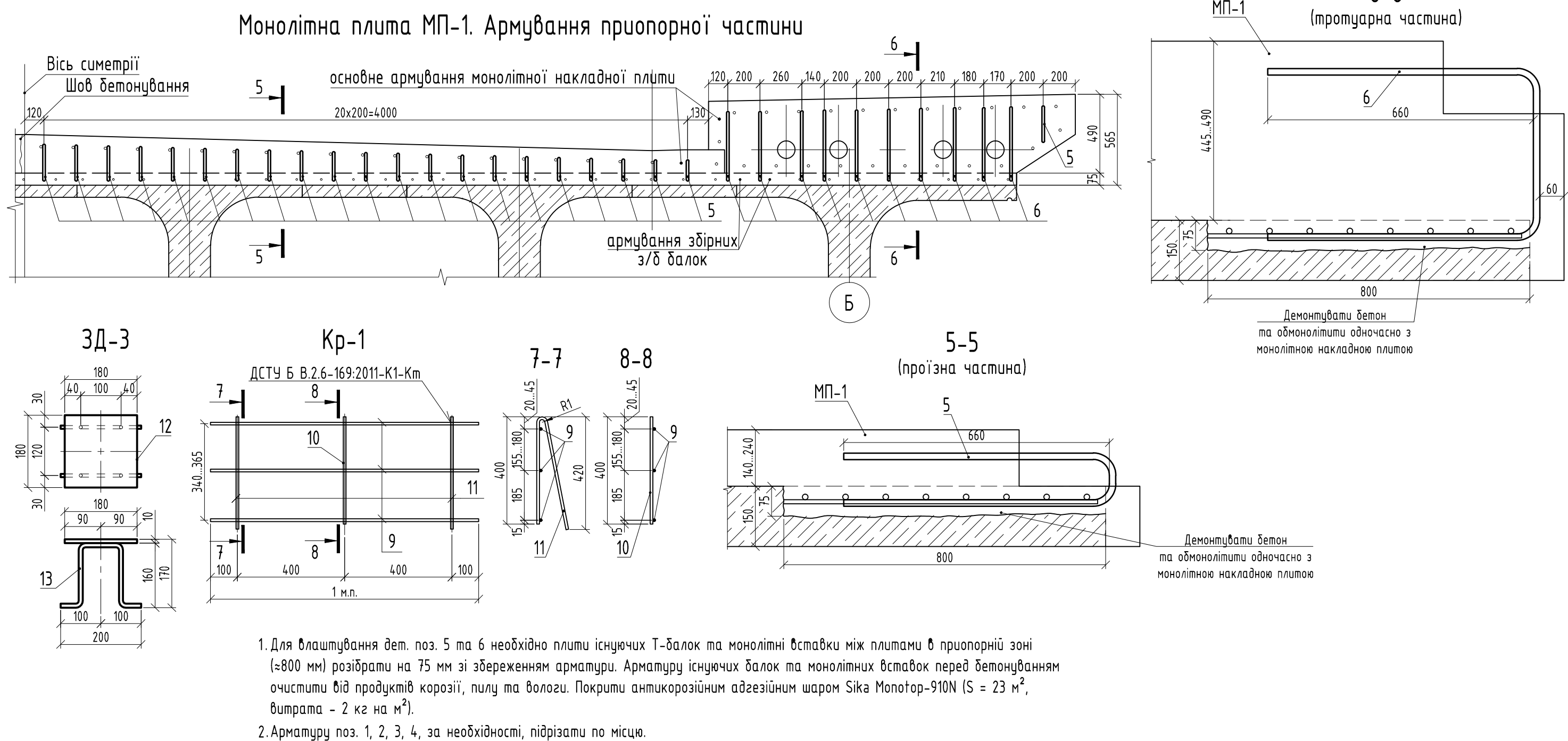
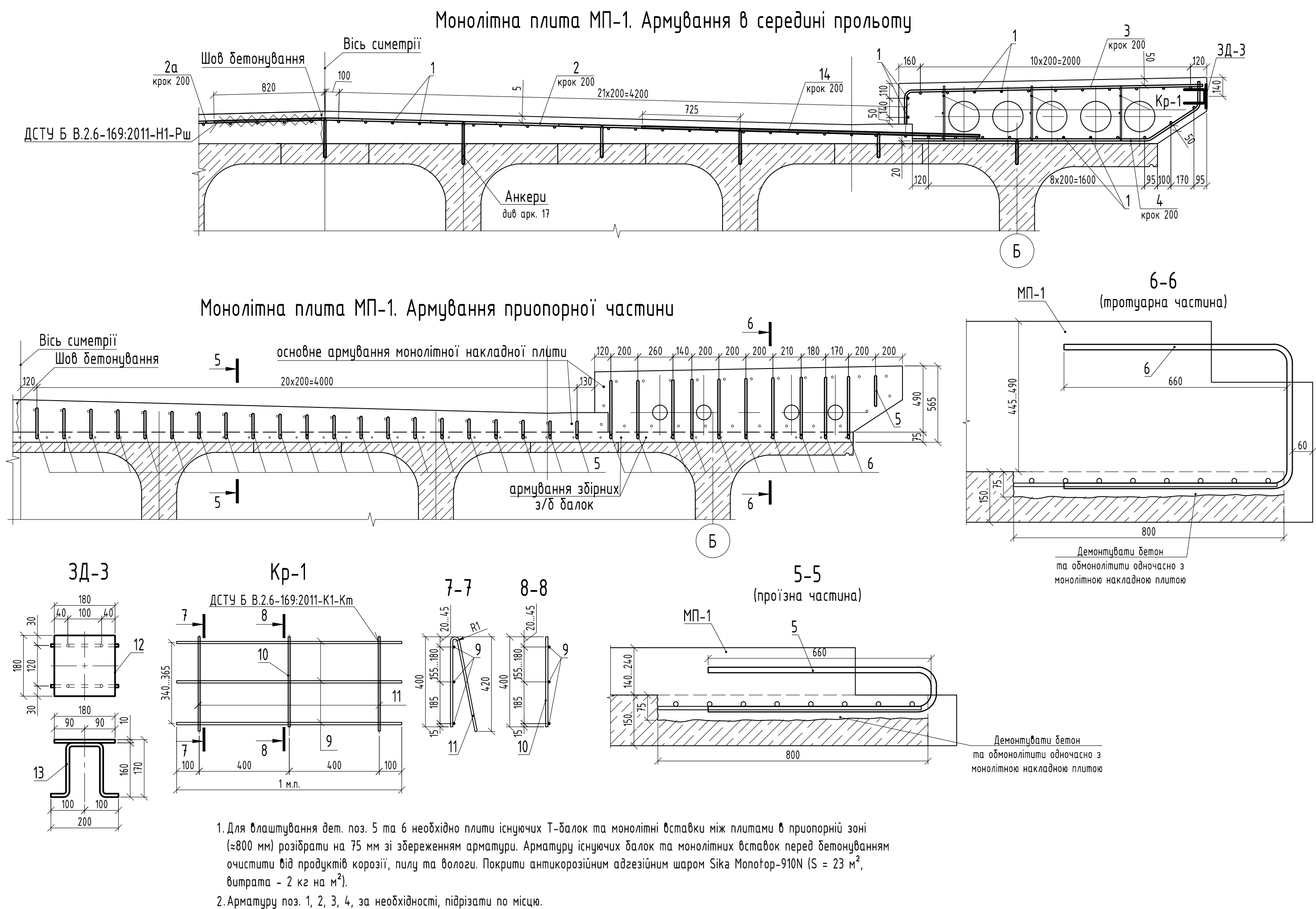
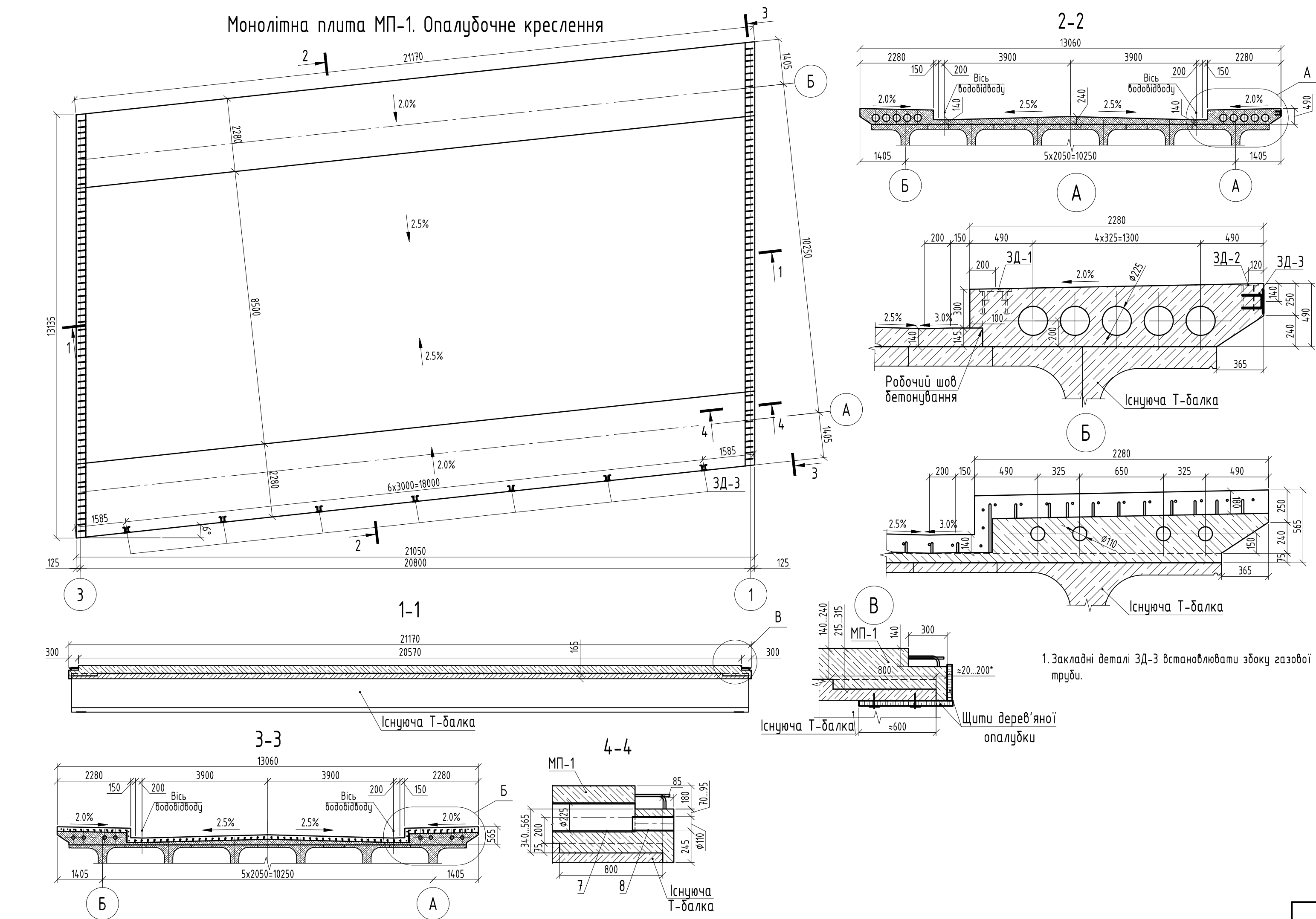
Специфікація елементів мосту та підходів до мосту



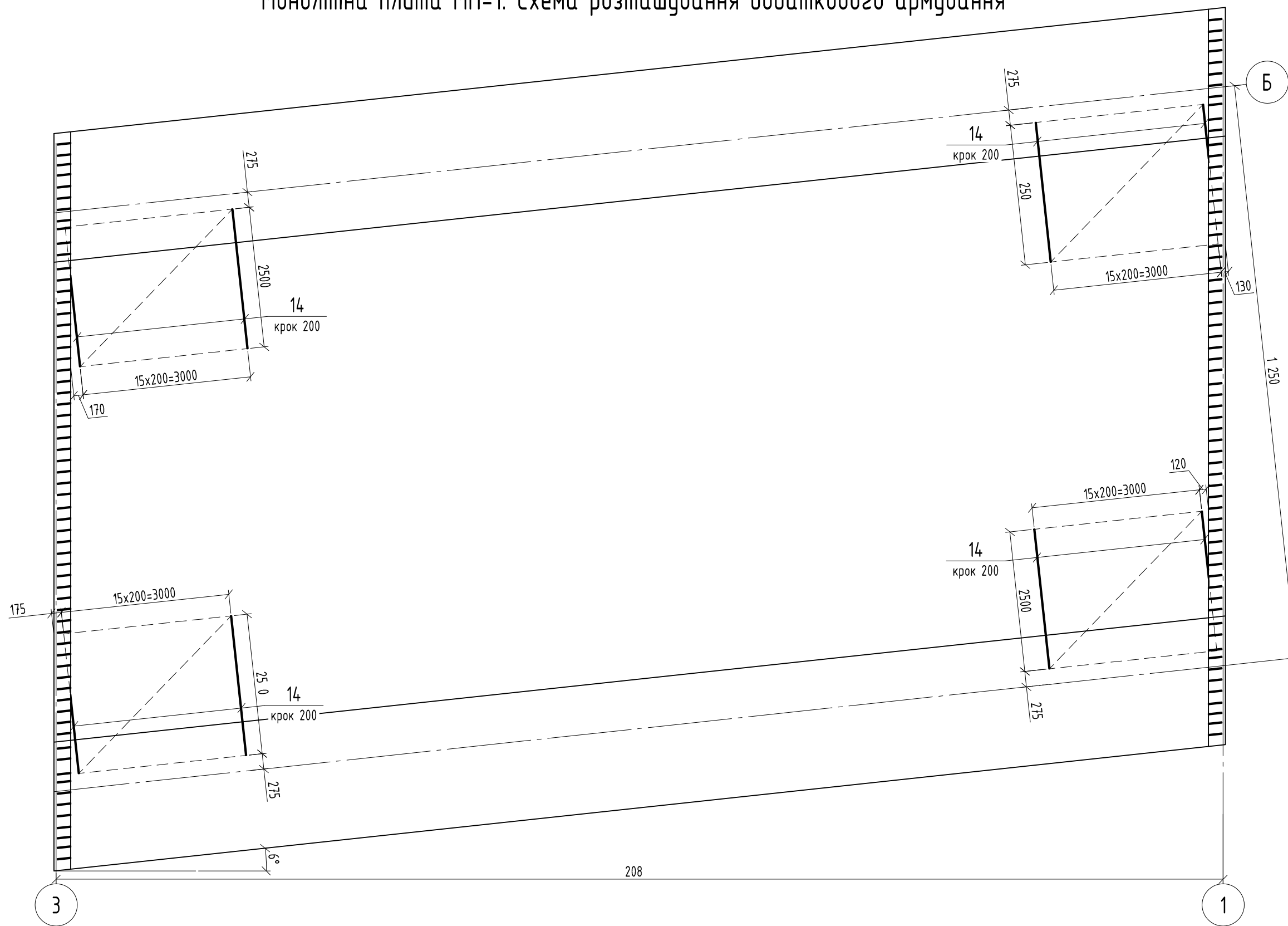
Поз.	Позначення	Найменування	К-ть	Маса од., кг	Примітки
МП-1	див. арк. 4	Монолітна накладна плита МП-1	1		
МП-2		Монолітна прогонова плита МП-2	1		
МП-3		Монолітна прогонова плита МП-3	1		
МП-4		Монолітна накладна плита МП-4	1		
МП-5		Монолітна накладна плита МП-5	1		
МЛО-1		Монолітна лежнева опора МЛО-1	1		
МЛО-2		Монолітна лежнева опора МЛО-2	1		
ШС-1		Монолітна шафова стінка ШС-1	1		
ШС-2		Монолітна шафова стінка ШС-2	1		
Р-0		Ригель-ростверк з шафовою стінкою	1		
Р-4		Ригель-ростверк з шафовою стінкою	1		
МПТ-1		Монолітна плита тротуарна	3		
МПТ-2		Монолітна плита тротуарна	1		
В-1		Відкрилок шафової стінки	1		
В-2		Відкрилок шафової стінки	1		
В-3		Відкрилок шафової стінки	2		
П-1		Плита збірна	16		Повторного використання
		Матеріали:			
		Щебенева подушка: щебінь фрак 20-40, м ³	23.40		для 2 плит та 2 леж. опор та 4 тротуарних плит
		Георешітка (комірка 16x16мм, h=50мм), м ²	88.00		
		Засипка георешітки бітумом, м ³	141		
		Підготовка: бетон В15 (С12/15)	6. 9		
		Обмазувальна гідроізоляція (бітумно-лаксна мастика), м ²	137.4		
ДШ-1		Деформаційний шов Mauger D 80, м.п	52.24		

1. За умовний рівень 0,000 прийнято верхній зріз існуючого ригеля мастової споруди по осі "1", що відповідає абсолютній відмітці 149,0 м по землю.
2. Роботи у виконувати в дві черги, з влаштуванням швів бетонування конструкцій по осі проїзної частини. Роботи з облаштування підків розпочинають тільки після влаштування основних монолітних конструкцій мастової споруди та гідроізоляції їх поверхню, що контактує з ґрунтом.
3. При влаштуванні цегельної подушки та бетонної підготовки під монолітні легяні опори особливу увагу звернути на належне ущільнення ґрунту основи. Щобевну подушку укріпити двохосовим георештвом. Комірки георештти заглибити відсівом.
4. Поверхню нахальної плити, що контактує з ґрунтом захистити обов'язковою гідроізоляцією за 2 рази.
5. Дозволяється замість бетонної підготовки влаштувати щобевну підготовку з просочуванням цементним розчином з наступним влаштуванням 'одонепроникної' пілі шляхом просочування бітумною мастикою.
6. Специфікацію елементів деф. шва див. окремі креслення.

						08-11МКР.008-АБ		
						міст через р. Удич на автодорозі Р-54 км 38+004, с. Мяхойів, Гаїсинський р-н, Вінницька обл.		
Ек.	Кільк.	Лист	№ док	Підпис	Дата	Рациональні конструкції підсилення Т-подібних перерізів напружених мастбових балок улаштуванням накладної монолітної плити		
Розробив	Лихий СВ					Степан	Архус	Архусів
Перевірив	Полов В.О.					п	з	в
Керував	Полов В.О.							
Начк контролю	Масюк ІВ					Схеми розташування плит. Розріз 1-1. Розріз 2-2.		
Рецензент	Степанюк ДВ					ВНТУ, гр. 16-23м		
Затвердив	Швець ВВ							



Монолітна плита МП-1. Схема розташування додаткового армування



1. Арматуру поз. 14, за необхідності, підрізати по місцю або підігнути у тіло плити.

Відомість витрат сталі, кг

Марка елементу	Вироби арматурні				Вироби закладні						
	Арматура класу			Всього, кг	Арматура класу		Прокат марки		Всього, кг		
	A-I	A-III (марка 25Г2С)	A-III (марка 25Г2С)		C235						
	ГОСТ 5781-82	ГОСТ 5781-82	ГОСТ 5781-82		ДСТУ 8540:2015						
	φ10	Всього	φ16		Всього	φ10	Всього	-10		Всього	
МП-1	397.52	397.52	6152.74	152.74	6550.2	4	2	4.62	17.78	17.78	22.40
Всього	397.52	397.52	6152.74	152.74	6550.2	4	2	4.62	17.78	17.78	22.40

Відомість деталей

Поз.	Ескіз
2	
3	
4	
5	
6	
13	

- Позиції із знаком "к" див. разом із відомістю деталей.
- Закладні деталі ЗД-1 та ЗД-2.
- Бетонування прогонової плити виконувати разом з влаштуванням закладних деталей ЗД-1, ЗД-2 та ЗД-3.
- Стикування арматурних стержнів по поз. 1 виконувати внапісок. Стики виконувати врозбіжку. В одному перерізі стиків ати не більше 50% стержнів. Поз. 1 виконувати зі стержнів довжиною 12000 мм та 9920 мм.
- Всі перетини основного армування з'єднувати за допомогою в'язального дроту в шахо ому порядку. Всі перетини стержнів біля країв плити повинні бути з'єднані за допомогою в'язального дроту.
- Гідроізоляцію поверх накладної плити виконувати згідно ТК.
- Перед бетонуванням монолітної накладної плити, очистити та обробити осно ну арматуру антикорозійним покриттям Sika Monotop 910-N (S = 203.8 м², витрата – 2 кг на м²).
- Влаштування монолітної накладної плити виконувати в 2 черги. Стикування арматури поз. 2 та 2а виконувати зборанням.

Специфікація на монолітну накладну плиту МП-1

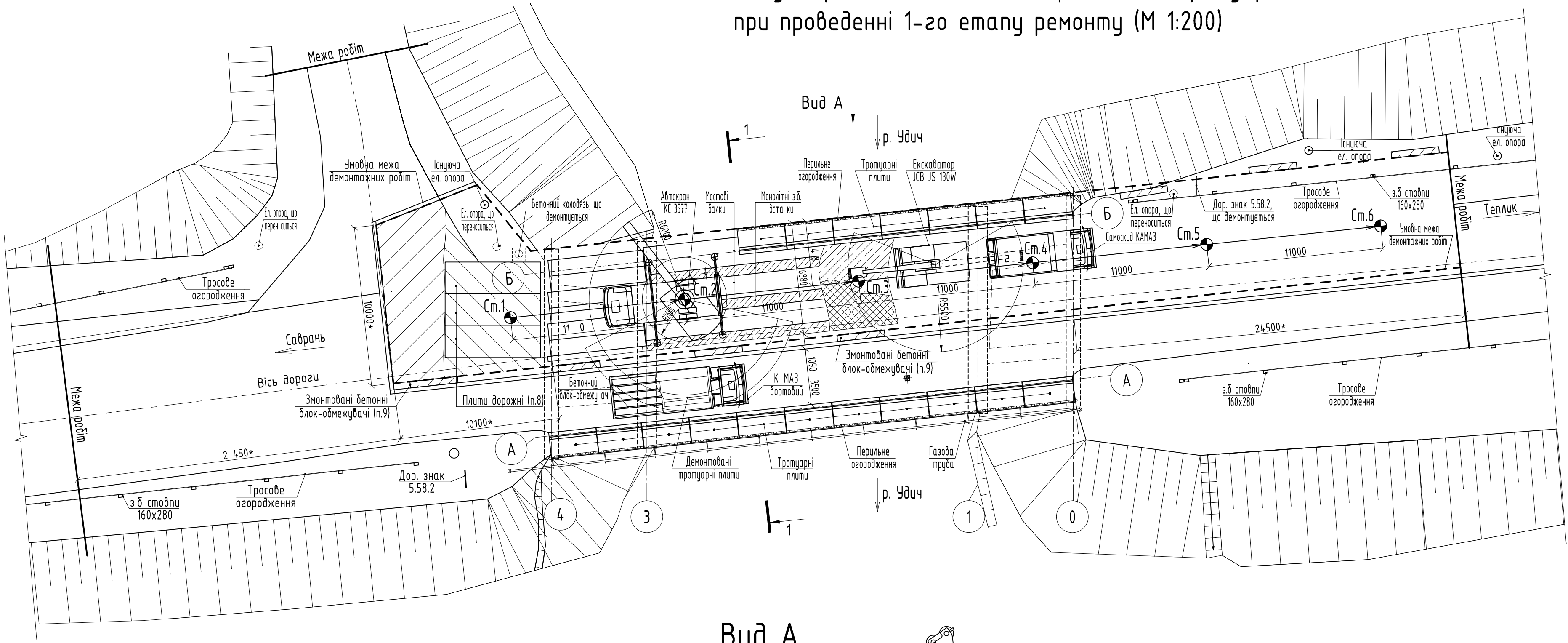
Марка	Позначення	Найменування	Кіл.	Маса од., кг	Примітки
Кр-1	Цей арк.	Каркас Кр-1, l=125.4 м.п.		3.17	397.52
ЗД-3	Цей арк.	Закладна деталь ЗД-3	7	3.20	22.40
Деталі					
1	ГОСТ 5781-82	Ф16 А-III, l=21920 мм (12000+9920 мм)	92	34.63	3185.9
2*	ГОСТ 5781-82	Ф16 А-III, l=5670 мм	106	8.96	949.76
2а	ГОСТ 5781-82	Ф16 А-III, l=4850 мм	106	7.66	811.96
3*	ГОСТ 5781-82	Ф16 А-III, l=2460 мм	106	3.89	412.34
4*	ГОСТ 5781-82	Ф16 А-III, l=2395 мм	106	3.78	400.68
5*	ГОСТ 5781-82	Ф16 А-III, l=1484..1579 мм	84	2.34..2.49	202.86
6*	ГОСТ 5781-82	Ф16 А-III, l=1784..1814 мм	40	2.82..2.87	113.80
7	ДСТУ EN 12201-2:2018	PE40 SDR2 -225x8.6, l=20400 мм	10		
8	ДСТУ EN 12201-2:2018	PE40 SDR21-110x5.6, l=320 мм	16		
14	ГОСТ 5781-82	Ф16 А-III, l=2500 мм	64	3.95	252.80
Матеріали					
		Бетон В40 (C32/40), W8, F200			68.4 м³
		Sika Monotop-910N (антикорозійний захист арматури та адгезійний шар)			453.6 кг

Специфікація арматурних виробів

Поз.	Поз. дет.	Найменування	Кільк.	Маса 1 дет, кг	Маса виробу, кг
Кр-1	9	Ф10 А-I, ГОСТ 5781-82, l=1000 мм	3	0.62	3.17
	10	Ф10 А-I, ГОСТ 5781-82, l=400 мм	1	0.25	
	11	Ф10 А-I, ГОСТ 5781-82, l=860 мм	2	0.53	
ЗД-3	12	-10x180, ДСТУ 8540:2015, l=180мм	1	2.54	3.20
	13*	Ф10 А-III, ГОСТ 5781-82, l=530 мм	2	0.33	

08-11МКР.008-К6					
міст через р. Удич на автодорозі Р-54 км 38+004, с. М'якохін, Гайсинський р-н, Вінницька обл.					
Зм.	Коль.	Лист	№ док.	Підпис	Дата
Розробив	Дикий С.В.				
Перевірив	Попов В.О.				
Картиник	Попов В.О.				
Нарк контроль	Масвська І.В.				
Рецензент	Степанів Д.В.				
Затвердив	Шевць В.В.				
Рациональні конструкції підсилення Т-подібних попередньо напружених мастових балок улаштуванням накладної монолітної плити			Склад	Архив	Архив
Монолітна плита МП-1. Розрізи. Армuvання. Закладні деталі. Каркас. Опалубочне креслення. Відомості витрат матеріалів. Специфікації			п	4	8
ВНТУ, гр. 16-23м					

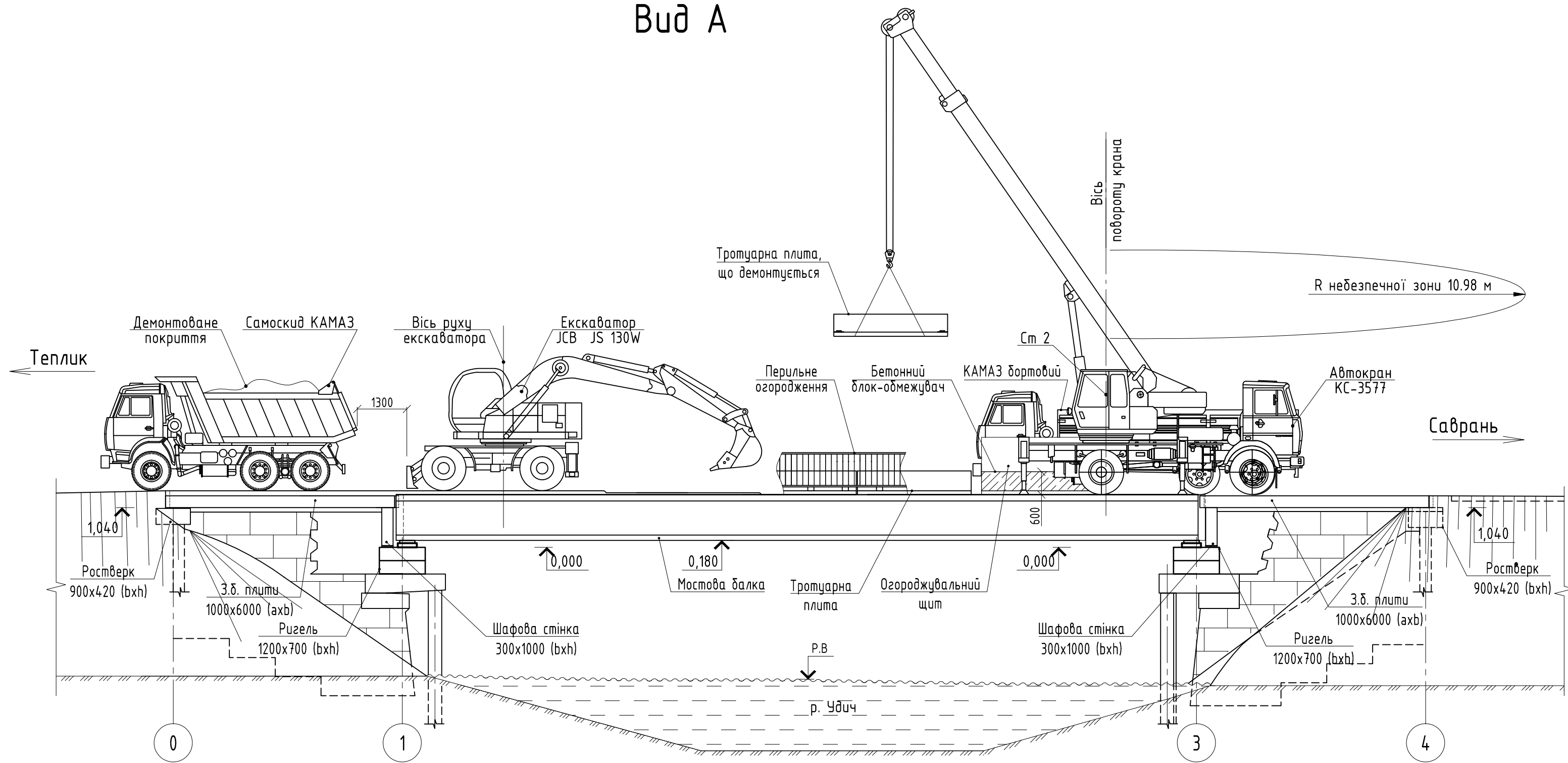
Схема демонтажу асфальтобетонного покриття та тротуарних плит при проведенні 1-го етапу ремонту (М 1:200)



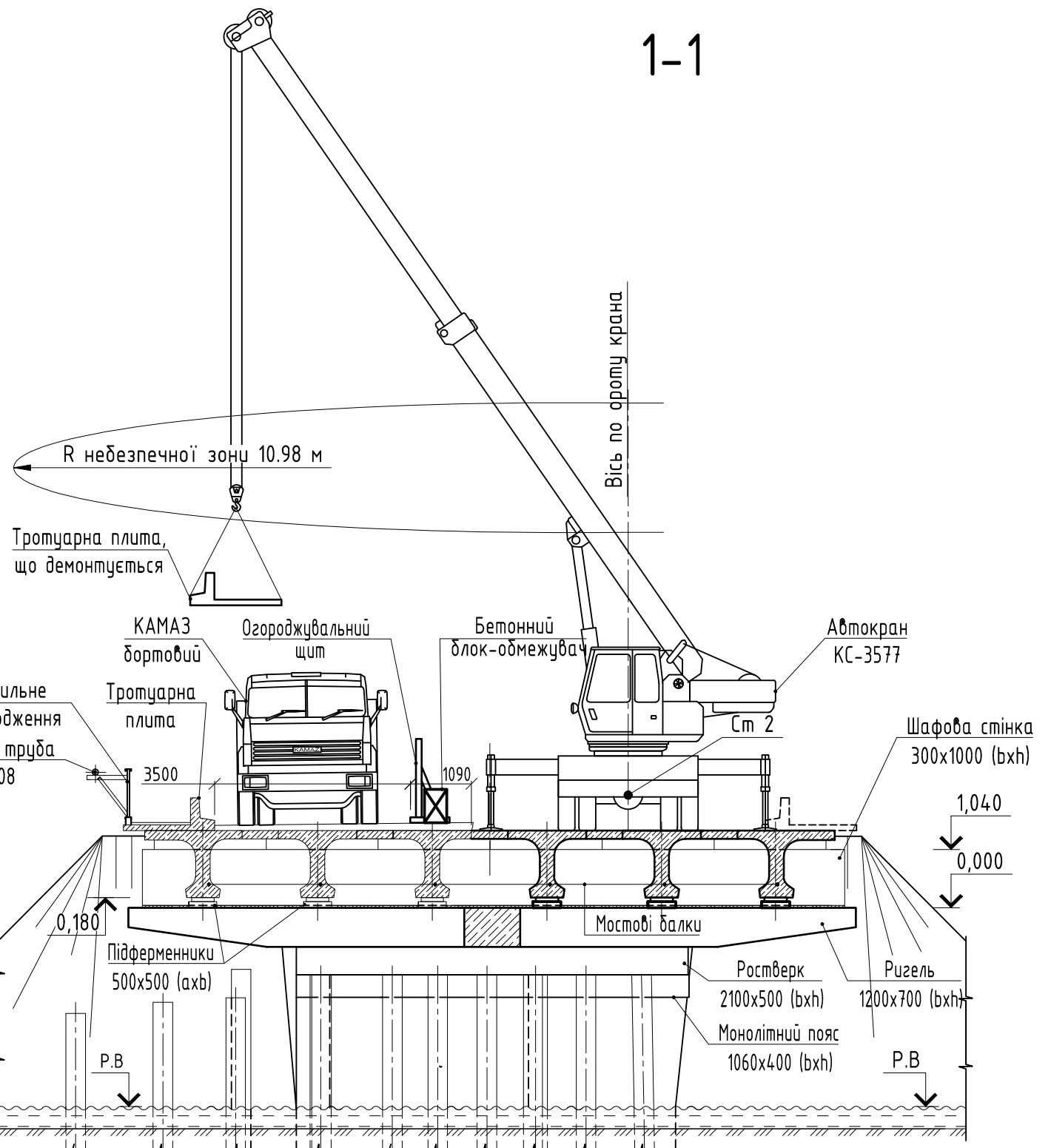
Умовні позначення:

- Ст.№ - місце стоянки автокрана КС-3577;
- умовна межа дорожньо-ремонтних робіт;
- робочий рух автокрана КС-3577;
- асфальтобетонне покриття;
- гідроізоляція;
- фрезерування існуючого дорожнього покриття товщиною 9 см;
- демонтаж дорожнього покриття;
- * - розміри уточнити по місця.

Вид А



1-1



Відомість демонтажу існуючих конструкцій

Найменування виду робіт	1-й етап ремонту	2-й етап ремонту
Мостова споруда		
Демонтаж ухилювального та вирівнювача шару, асфальтобетонного покриття	S=193 м², tсер=130 мм	S=166 м², tсер=130 мм
Демонтаж перильного огороження (h=1000 мм)	L= 33,5 м.п.	L= 33,5 м.п.
Демонтаж металевих кронштейнів газової труби	-	m= 7 ,0 кг
Демонтаж тротуарних плит	V=0,804*11 (шт)=8,84 м³	V=0,804*11 (шт)=8,84 м³
Демонтаж з.б. плит 1,0x6,0 м	V=1,8*12 (шт)=21,60 м³	V=1,8*12 (шт)=21,60 м³
Демонтаж частини шарових стінок	V=2,0*2 (шт)=4,0 м³	V=1,9*2 (шт)=3,8 м³
Демонтаж частини ригелів	V=3,1+2,6=5,7 м³	V=2,7+2,5=5,2 м³
Підходи		
Демонтаж тросового огороження	L=31,8 м.п.	L=39,6 м.п.
Демонтаж з.б. сто пів 1 0x280 мм	V=0,05*9=0.45 м³	V=0,05*10=0.5 м³
Демонтаж асфальтобетонного покриття	S=88,0 м²	S=85,5 м²
Фрезерування асфальтобетонного покриття	S=160,0+200,0=360 м²	S=135,0+115,0=250 м²
Часткове розбирання земляного полотна (для влаштування дорожніх плит ПАГ-14)	S=75,0 м²	S=75,0 м²

Схема стропування тротуарних плит

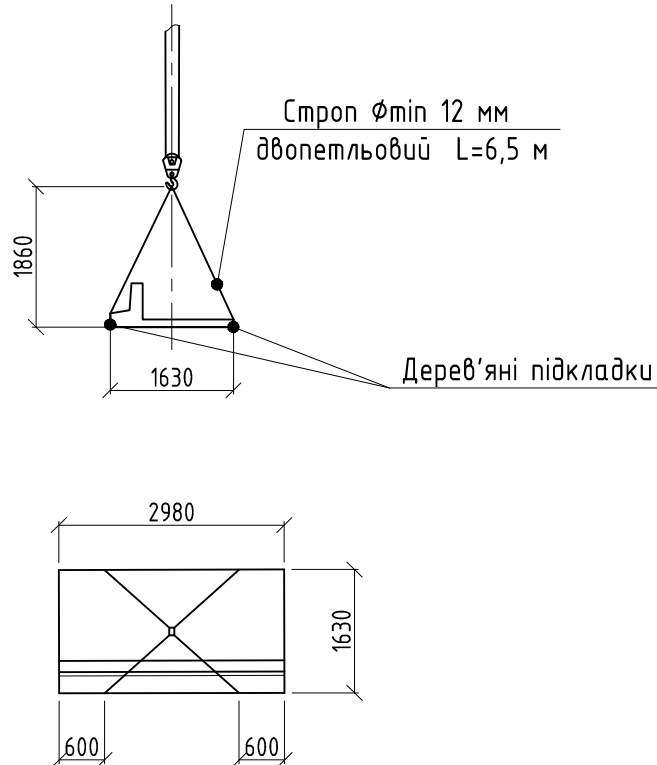
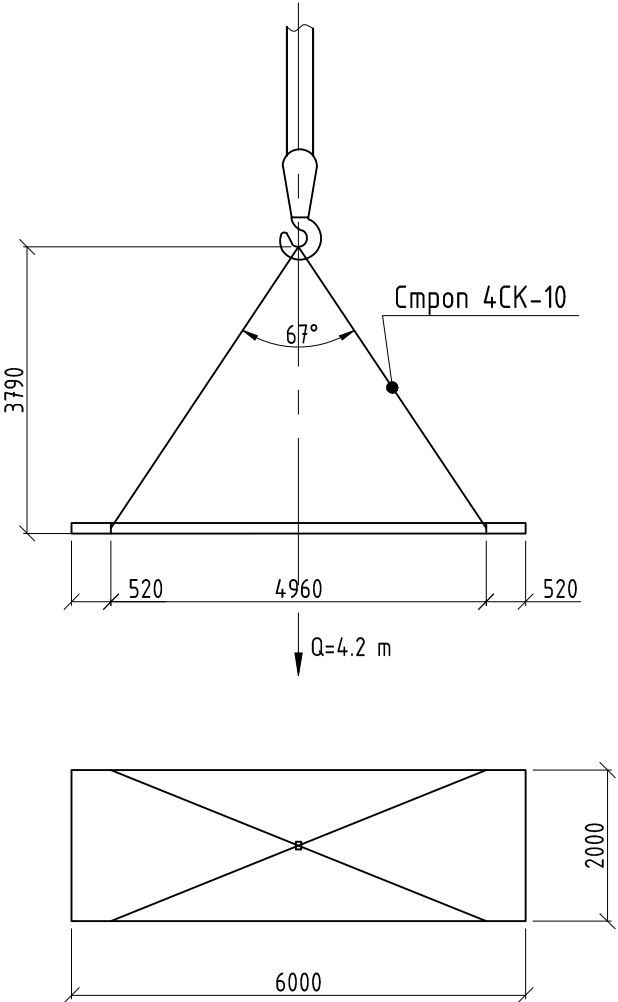


Схема стропування дорожніх плит



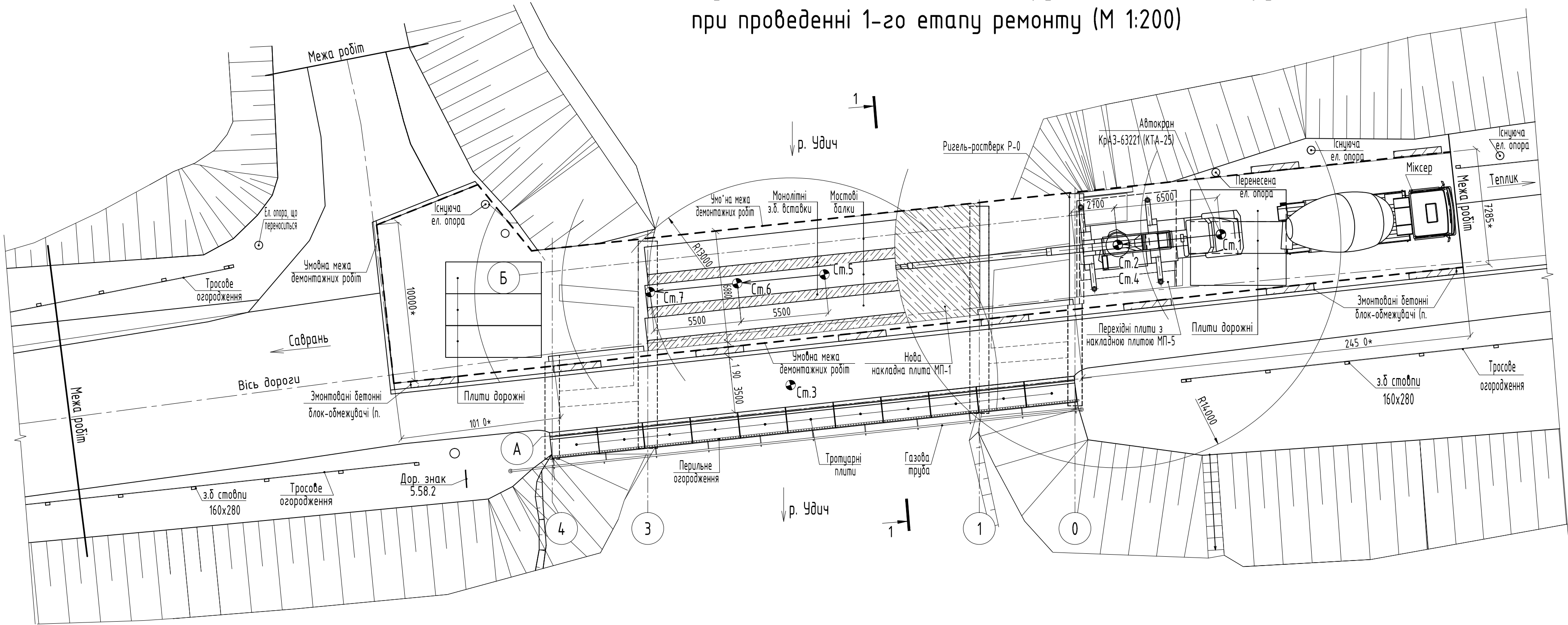
Вказівки з демонтажу асфальтобетонного покриття, тротуарних плит та наземних огорожувальних конструкцій при проведенні 1-го етапу ремонту:

- По осі "Б", біля осей "0" та "4", перенести існуючі ел. опори поза межі демонтажних робіт (3 шт). Взяти тимчасові технічні умови на перенесення електрифікаційних опор.
 - Виконати демонтаж з.б. стовпів 16 x280 мм (V=0,05*9= .45 м³) на підходах.
 - Демонтувати тросове огороження на підходах (L=31,8 м.п.) та бетонний колодязь.
 - Виконати демонтаж існуючого дорожнього знаку 5.58.2 (1 шт).
 - Виконати фрезерування дорожнього одязу та ухилювального шару на підходах в межах демонтажних робіт.
 - Виконати демонтаж асфальтобетонного покриття, гідроізоляції і вирівнювача шару проїзної частини мосту і частини підходів.
 - Виконати часткове розбирання існуючого земляного полотна у частині підходів , де влаштовуються тимчасові дорожні плити ПАГ-14.
 - Тимчасово влаштувати дорожні плити ПАГ-14 по шару щедню (h=150 мм) для заїзду важкої техніки (2,0 x 6,0 м - 6 шт).
 - Виконати монтаж тимчасових обмежувальних бетонних блоків та огороження (11 шт).
 - Виконати демонтаж перильного огороження (металеві секції).
 - Виконати демонтаж тротуарних плит (11 шт).
 - Виконати демонтаж існуючих з.б. плит 1,0x6,0 м (12 шт), що повторно використовуються в якості перехідних плит.
 - Встановити тимчасові щити - уловлювачі для розбитого бетону, що демонтується.
 - Демонтувати частини існуючих шарових стінок по осям "3" та "1".
 - Демонтувати частини існуючих ригелів по осям "0" та "4".
 - Після виконання демонтажу конструкцій 2-х етапів ремонту, в межах перекриття руху , виконати демонтаж існуючого тросового огороження, з.б. стовпів та фрезерування дорожнього одязу на підходах до вказаних меж робіт. Під час цих демонтажних робіт, виконати місцеве тимчасове перекриття смуги руху.
- УВАГА! В межах вулиці прокладені інженерні комунікації. Роботи проводити в присутності представників організації, що експлуатують дані комунікації. Перенесення електричних опор погодити з власниками ЕМ.
- Примітки:
1.Цей арк. дивись з арк. 2. 5.
2.Усі роботи з демонтажу виконувати із дотриманням вимог ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислової безпеки у будівництві. Основні положення".
3.Організацію та контроль будівельно-монтажних робіт здійснювати у відповідності до вимог ДБН А.3.1-5-2016.

- Примітки:
1.Усі роботи з демонтажу виконувати із дотриманням вимог ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислової безпеки у будівництві. Основні положення".
2.Організацію та контроль будівельно-монтажних робіт здійснювати у відповідності до вимог ДБН А.3.1-5-2016.

						08-11МКР.008-П05			
						міст через р. Удич на автодорозі Р-54 км 38+004, с. М'якохії, Голицинський р-н, Вінницька обл.			
Зм.	Коль.	Лист	№ док	Підпис	Дата	Рациональні конструкції підсилення Т-подібних попередньо напружених мостових блоків улаштуванням накладної монолітної плити	Спадя	Аркуш	Аркушів
Розробив	Доклад	С.В.					п	5	8
Перевірив	Харистин	О.В.							
Карфник	Попов	В.О.							
Нарк контроль	Масвська	І.В.							
Рецензент	Степанов	Д.В.							
Затвердив	Швець	В.В.							
Проведення демонтажних робіт							ВНТУ, гр. 16-23ч		

Схема бетонування монолітних з.б. конструкцій мостової споруди при проведенні 1-го етапу ремонту (М 1:200)



1-1

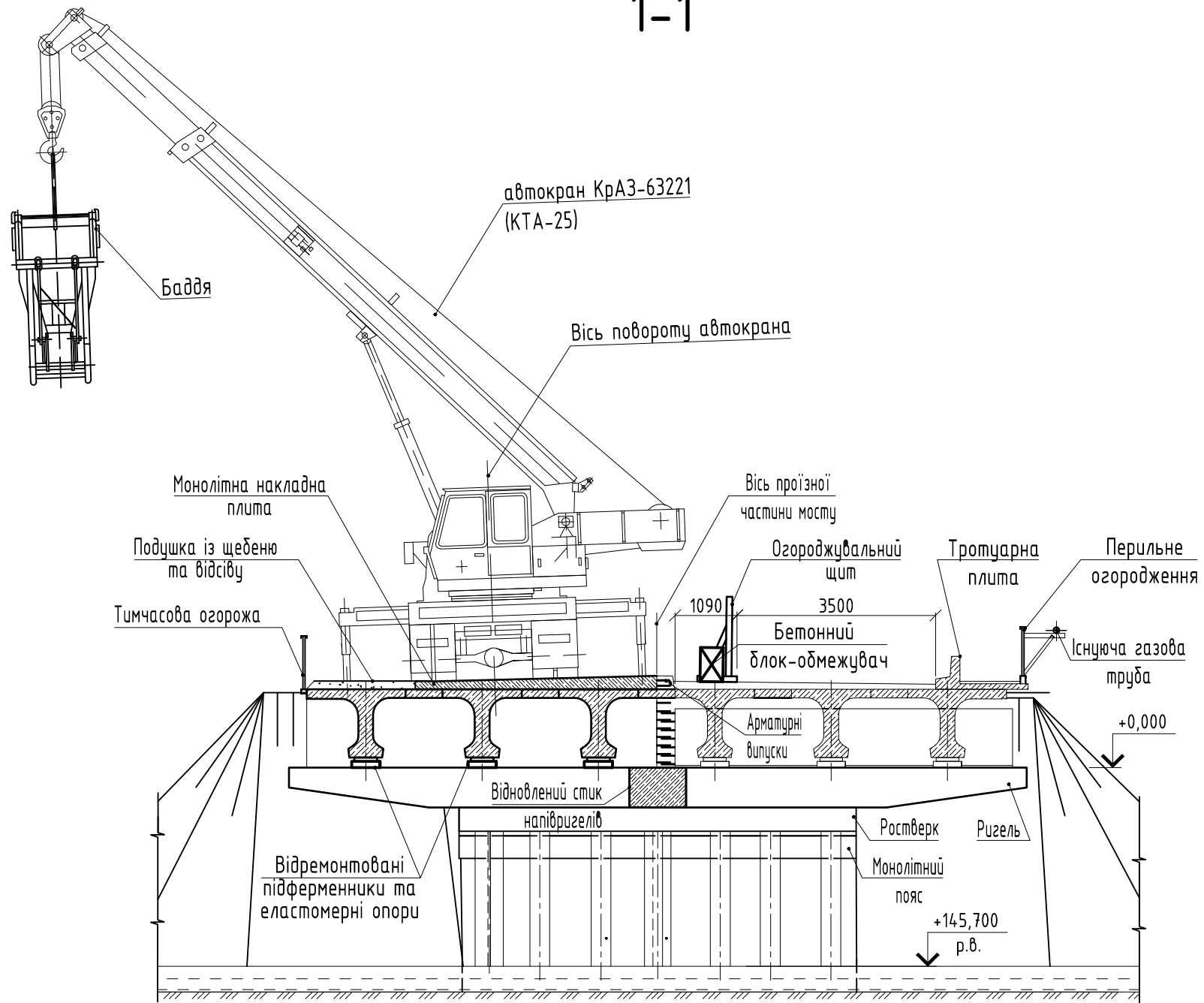
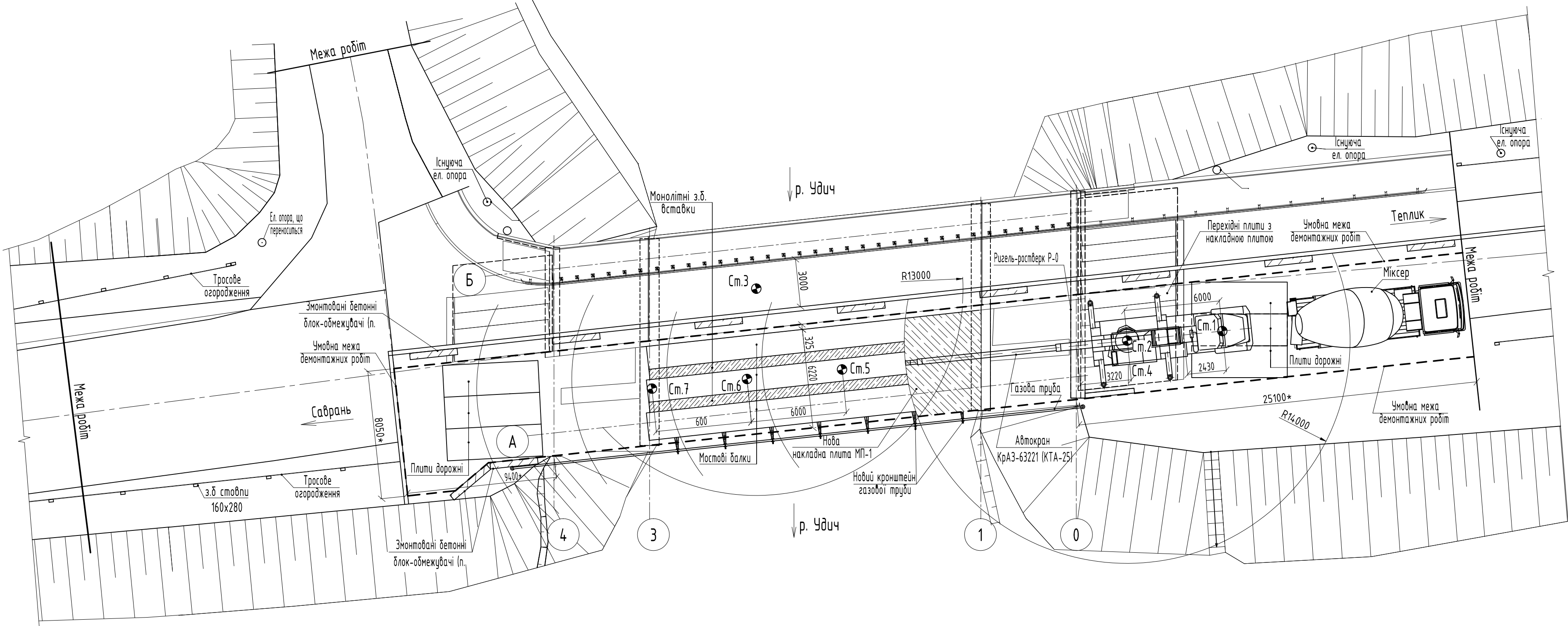


Схема бетонування монолітних з.б. конструкцій мостової споруди при проведенні 2-го етапу ремонту (М 1:200)



Вантажно-підйомні характеристики автокрана КРАЗ-63221 (КТА-25)

Виліт, м	Довжина стр. 9,7 м	Довжина стр. 15,7 м	Довжина стр. 21,70 м	Довжина стр. 30,7 м
2,5	25,00			
4,5	17,00	10,00		
6,5	8,00	8,00	5,00	
8,5		5,00	5,00	
10		3,80	3,80	1,35
12		2,30	2,30	0,95
14		1,50	1,50	0,50
16			1,00	0,40
18			0,50	0,25

Вказівки з монтажу та ремонту монолітних з.б конструкцій мостової споруди :

1. Роботи з монтажу та ремонту монолітних конструкцій поділяються: роботи на мостовій споруді та підходах і роботи під мостовою спорудою. Роботи на мостовій споруді виконуються в 2 етапи: попередньо перекриваючи смугу руху автотранспорту. Деякі роботи під мостовою спорудою можливо виконувати одночасно із роботами над мостовою спорудою.

Перелік робіт над мостовою спорудою при проведенні 1-го етапу ремонтних робіт згідно схем :

- Виконати розчищення території під технологічний майданчик.
- Виконати планування території технологічного майданчика бульдозером.
- Перенести тимчасові обмежувальні бетонні блоки та дорожні плити згідно умовних меж монтажних робіт.
- Виконати бетонування частини нового залізобетонного ригеля-ростверка із шафовою стінкою Р-0 та відкритком по осі "0".
- Виконати монтаж частини монолітної лежневої опори та перехідних плит (повторного використання у кількості 4 шт) із накладною плитою МП-5 поблизу осі "0".
- Виконати підсилення приопорних ділянок Т-подібних балок прогонової будови в осях "1"- "3".
- Виконати ремонт існуючих монолітних з.б. вставок між мостовими балками ремонтними сумішами.
- Монтаж частини нової накладної плити МП-1 над мостовими балками.
- Влаштувати частину нової монолітної шафової стінки по осі "1".
- Виконати бетонування частини монолітної плити прогонової будови з накладною плитою МП-3 в осях "0"- "1".
- Влаштувати частину нової монолітної шаф ої стінки по осі "3".
- Виконати бетонування частини нового залізобетонного ригеля-ростверка Р-4 із шафовою стінкою та відкритком по осі "4".
- Виконати бетонування частини монолітної плити прогонової будови з накладною плитою МП-2 в осях "3"- "4".
- Виконати монтаж частини монолітної лежневої опори та перехідних плит (повторного використання у кількості 4 шт) із накладною плитою МП-4 поблизу осі "4".
- Влаштувати тротуарні плити на підходах.

Перелік робіт над мостою спорудою та на підходах при проведенні 2-го етапу ремонтних робіт аналогічний переліку 1-му етапу.

- Перелік робіт під мостовою спорудою:
- Виконати підсилення кам'яної кладки берегових опор по осях "1", "3" залізобетонною об'ємною торкрет-установкою згідно креслень. Відно цих цілісність дutoвої кладки мостових опор (закласти отвори) на цементно-піщаному розчині.
 - Виконати ремонт існуючих монолітних поясів, ростверків, ригелів, перехідних плит повторного використання та паль-стіжок по осях "1", "3".
 - Після ремонту бетонних поверхонь, провести захист від карбонізації поверхонь однокомпонентним водно-дисперсійним ґрунтуванням та нанести 2 шару захисного покриття на основі метакрилових смол.
 - В нових з.б конструкціях виконати додатковий антикорозійний захист арматурних виробів.
 - Відновити стики напібригелів згідно креслень, попередньо демонтувавши існуючий бетон стиків ($V=2 \times 0,84 \approx 1,68 \text{ м}^3$).
 - Підсилення приопорних ділянок Т-балок тканинами із вулцецевих долокон.
 - Виконати підсилення підферментків по осям "1" та "3".

Примітки:

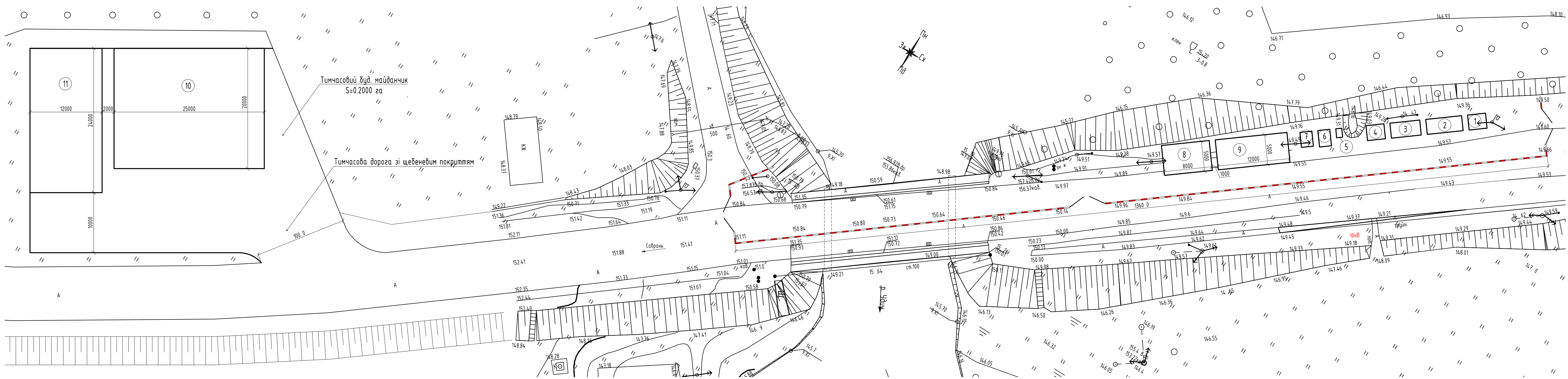
- Для бетонування монолітних прогонових плит МП-2, МП-3 необхідно використовувати збірну опалубку.
- Перед загальним бетонуванням необхідно влаштувати арматуру у проектне положення.
- Доставку бетонної суміші на будмайданчик здійснювати мобільним автобетонозмішувачем (міксером) обсягом 4...8 м³. У межах будмайданчику бетонну суміш необхідно подавати автокраном у бадді або використовувати переставні стрічкові конвеєри.
- Склад бетонної суміші, її приготування, правила приймання, види контролю і транспортування повинні відповідати ДСТУ Б В.2.7-96-2000.
- Усі роботи з монтажу виконувати із дотриманням вимог ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення".
- Організація та контроль будівельно-монтажних робіт здійснювати у відповідності до вимог ДБН А.3.1-5-2016.

Умовні позначення:

- См.№ - місце стоянки автокрана КРАЗ-63221 (КТА-25);
- умовна межа монтажних робіт;
- бетонний блок-обмежувач з огороджувальним щитом;
- робочий рух автокрана КРАЗ-63221 (КТА-25);
- монолітна з.б. накладна плита МП-1, що монтується;

						08-116ДРМК.008-П08			
						міст через р. Чудич на автодорозі Р-54, км 38+004, с. Мякохія, Гайсинський р-н, Вінницька обл.			
Зм.	Коль.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	Рациональні конструкції підсилення Т-подібних попередньо напружених мостових балок улаштуванням накладної монолітної плити	Склад	Архш	Архш
Розробил		Лист	СВ.				П	6	8
Перевірив		Христин	О.В.						
Карбоник		Попов	В.О.						
Нарк контроль						Влаштування монолітної плити	ВНТУ, гр. 16-23м		
Рецензент		Степанов	Д.В.						
Затвердив		Шевць	В.В.						

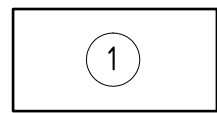
Будівельний генеральний план М1:300



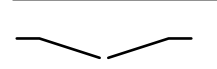
Експлікація тимчасових приміщень

№ поз.	Найменування	Площа, м²	Прим.
1	Духова з умивальним 2,5х3,0 м	7,50	
2	Побутові приміщення 2,5х 3,0 м	15,00	
3	Побуто в приміщення 2,5х3,0 м	12,50	
4	Приміщення для сушіння одягу та взуття 2,5х3,0 м	7,50	
5	Біотуалет 1,5х1,0 м	1,50	
6	Матеріально-технічний склад 2,0х2,75 м	5,50	
7	Матеріально-технічний склад 2,0х2,5 м	5,00	
8	Склад для опалубки, рихтування, ремонтних матеріалів 8,0х5,0 м	40,00	
9	Арматурний склад 12,0х5,0 м	60,00	
10	Майданчик для споряди колісної техніки 20,0х25,0 м	500,00	
11	Майданчик для складування конструкцій 12,0х24,0 м	288,00	

Умовні позначення



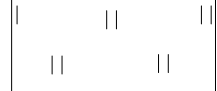
- тимчасове приміщення



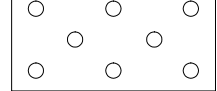
- тимчасові ворота;



- тимчасове огороження



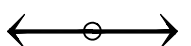
- права.



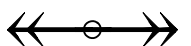
- AIC;



- дepeвa;



- опоры ЛЭП (220В, 380В);



- опоры ЛЭП (10кВ);

- ЛЕП (10кВ);

1. Об'єктом відбудови надбудови будуть розроблений в рамках ПВР.
2. Капітальний ремонт мосту виконується в 2 черги з перекриттям 1 смуги руху поперемінно.
3. Перекриття смуги руху виконуються згідно схем дорожнього руху під час кап. ремонту (див. ПЗ).
4. Всі технічні рішення перенесення стовпів електроопівлення та інших опор електричних мереж погодити з власником мереж перед початком виконання БМР.
5. Електричне живлення буд. майданчика погодити з місцевим РЕС. Перед початком БМР, підрядник має взяти тижасові ТУ для підбуд. буд. майданчика під час розроблення ПВР.
6. Площа ділянки забудови (з під'їздами) - 1320 м².
7. Для розміщення тимчасового будівельного майданчика виділено земельну ділянку площею 0,2000 га з земель конунального ласності.
8. **Увага!** Після виконання БМР виконати рекультивуацію земельної ділянки під буд. майданчком, що розташ а поза межами дороги:
 - деонтаж тмчасових плит, щебеневих підсіпок;
 - вирівнювання майданчику;
 - засів трав.

						08-11МКР.008-П0Б			
						міст через р. Удич на автодорозі Р-54 км 38+004, с. М'якохіїв, Гайсинський р-н, Вінницька обл.			
	Зм	Кільк.	Лист	№ док	Підпис	Дата			
Розробник			Діаки С.В.				Рациональные конструкции подсиления Т-подобных поперечных нагруженных мостовых балок улаштуванням накладної монолітної плити	Складя	Аркуші
Перевірив			Христич О.В.					п	7
Керівник			Палав В.О.						8
Норм. контроль			Маєвська І.В.						
Рецензент			Степанюк Д.В.				Будівельний генеральний план	ВНТЧ, зр. 16-23ж	
Замовив			Швець В.В.						

ВІДГУК
керівника магістерської кваліфікаційної роботи

студента (ки) _____ Дикого Сергія Володимировича
(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему _____ Рациональні конструкції підсилення Т-подібних попередньо напружених мостових балок улаштуванням накладної монолітної плити

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена розробці ефективного конструктивного рішення підсилення прогонових будов існуючих мостових споруд, виготовлених зі збірних попередньо напружених Т-подібних мостових балок шляхом улаштування над плитною частиною балок суцільної накладної армованої монолітної плити та дослідженню поведінки підсиленої пролітної будови під дією комплексу кліматичних та колісних динамічних навантажень від рухомого складу. Зміст та наповнення МКР, в основному, відповідає завданню. Актуальність магістерської роботи обґрунтовується необхідністю розробки ефективних рішень з підсилення широко розповсюджених на сьогодні в Україні збірних прогонових будов мостових споруд, зведених у минулому, які зазнали численних дефектів і пошкоджень протягом тривалої експлуатації для підвищення несучої здатності та суттєвого подовження терміну їх експлуатації.

В науковій частині роботи проведено ґрунтовний узагальнюючий аналіз наукових та нормативних джерел за напрямком раціонального проектування підсилення мостових споруд. Для забезпечення зв'язності роботи плити підсилення та збірних конструкцій автором запропоновано використання анкерів, що вклеюються в конструкції дефектних збірних елементів.

У інженерній частині роботи розроблено архітектурно-будівельні рішення з підсилення існуючої мостової споруди через р. Удич на дорозі регіонального значення Р-54, використовуючи запропонований у науковій частині метод. Розроблені два розділи проекту у складі архітектурно-будівельної та організаційно-технологічної частин.

Наукові дослідження та їх інженерно-технічне впровадження виконувалися магістрантом самостійно на доброму рівні. Магістрант, в основному, володіє матеріалом із проектування мостових споруд та методами з їх підсилення, вміє збирати, опрацьовувати та узагальнювати науковий матеріал та матеріали нормативних документів. Результати магістерської кваліфікаційної роботи опубліковані у науковій праці та апробовані на міжнародній науково-технічній конференції «Інноваційні технології в будівництві», Вінниця, 2024.

У роботі виявлені такі недоліки, які не носять принципового змісту:

- розрахунки виконано аналітичним способом, не достатнє використання спеціалізованих програмних продуктів для моделювання роботи підсиленої мостової конструкції під навантаженням;

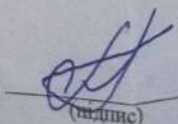
- наявні незначні недоліки в оформленні пояснювальної записки та графічного матеріалу.

Дослідження, виконані автором, в рамках МКР, за напрямком розробки раціональних конструктивних рішень підсилення збірних прогонових будов мостових споруд, виготовлених з попередньо напружених Т-подібних мостових балок улаштуванням накладної армованої монолітної плити виконувалися вчасно, у відповідності до затвердженого календарного плану. Рівень підготовки магістранта достатній, відповідає вимогам освітньої програми за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» ОП «Промислове та цивільне будівництво». Магістрант заслуговує оцінки «С» (75 балів) та присвоєння йому ступеня магістра будівництва.

**Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи**

Доц. каф. БМГА, к.т.н

(посада, науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Володимир ПОПОВ

(ініціали, прізвище)

ВІДГУК ОПОНЕНТА
на магістерську кваліфікаційну роботу

здобувача Дикого Сергія Володимировича
(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: Рациональні конструкції підсилення Т-подібних попередньо
напружених мостових балок улаштуванням накладної монолітної плити

Магістерська кваліфікаційна робота Дикого С. В. присвячена питанню технологічних особливостей зведення надземних залізобетонних конструкцій мостової споруди, а також типових конструктивних рішень тротуарних частин мостів, які мають дефекти, пов'язані зі збірними ребристими плитами. Робота має актуальність, відповідає поставленій меті. Вміст роботи складається з п'яти основних розділів.

Перший розділ присвячений аналізу існуючих конструкцій автодорожніх балочних мостів з залізобетону та конструктивним елементам балочних мостів, що виготовлені з Т-подібних балок. Вивчено також питання методики проведення реконструкції мостових споруд за допомогою типових конструкцій монолітних накладних плит для підсилення автодорожніх мостів.

У другому розділі магістром проведено моделювання напружено-деформованого стану залізобетонного однопролітного автодорожнього мосту, що виготовлений з Т-подібних мостових балок та підсилений накладною плитою. Третій розділ присвячений розробці конструктивним та технологічним пропозиціям з улаштування накладних плит підсилення на мостових спорудах.

Четвертий розділ містить архітектурні, конструктивні, технологічні та організаційні рішення проведення реконструкції конструкції мосту. П'ятий розділ роботи присвячено розрахунку основних економічних показників ефективності інноваційного проекту, визначення кошторисної вартості проведення реконструкції мостової споруди.

Виявлені такі основні недоліки роботи:

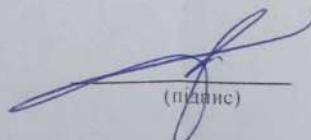
- у третьому розділі наведено мало посилань на інформаційні та літературні джерела;
- не достатньо представлені графічні матеріали, які стосуються другого та третього розділу роботи;
- на календарному графіку виконання робіт відсутні графіки руху машин і механізмів, постачання матеріалів.

Висновки: магістерська кваліфікаційна робота Дикого Сергія Володимировича є завершеною науковою роботою, відповідає вимогам до кваліфікаційних робіт на здобуття наукового ступеня магістра зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія за освітньо-професійною програмою підготовки «Промислове та цивільне будівництво», а її автор заслуговує на оцінку «А».

Опонент

Доц. каф. ТЕ, к.т.н.

(посада, науковий ступінь, вчене звання)



(підпис)

Д. В. Степанов

(ініціали, прізвище)