

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

(повне найменування інституту, назва факультету (назначення))

Кафедра Будівництва, міського господарства та архітектури

(повна назва кафедри (приміщення, поштова адреса))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Рациональні залізобетонні монолітні проїзні опори автомобільних шляхопроводів і мостів»

Виконав: студент 2-го курсу, групи 1БМ-23м _____
спеціальності

192 Будівництво та цивільна інженерія

(цифра і назва спеціальності)

10.12.24р. М.С.

Агарков М. С.

(прізвище та ініціали студента)

Керівник: к.т.н., доцент каф. БМГА

В.О.

(прізвище та ініціали)

« 10 » грудня 2024 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. ТЕ

Н.В.

(прізвище та ініціали)

« 11 » 12 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри БМГА

В.В. Пивець

к.е.н., доц

Будівництва та

інженерії

2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 рік

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 Міське будівництво та господарство

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри БМГА
Швець В.В.
«18» 03 2024 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Агарков Михайло Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту(роботи) Рациональні залізобетонні монолітні проїзні опори автомобільних шляхопроводів і мостів

керівник роботи Попов Володимир Олексійович, к.т.н., доц. каф. БМГА,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від « » 20 року №

2. Строк подання магістрантом роботи 06.11.2024

3. Вихідні дані до роботи: Архітектурна концепція та конструктивне рішення – залізобетонний багатопролітний шляхопровід над залізничними коліями, що планується до зведення поблизу вокзалу у м. Вінниці. Прогонова будова в осях «2-3» - сталезалізобетонна, в інших прольотах - залізобетонна. Проміжні опори про осях «1-6», «8» - класичні, без проїзду, опора по осі «7» - із наскрізним проїздом. Призначення – для забезпечення безперебійного транспортування вантажів, пасажирів та переміщення пішоходів над залізничними коліями. Розглянути виключно конструкцію опор. Пролітну будову розглядати при зборі навантажень на опору. Габаритні розміри: проліт між стійками опори – до 15 м, габарит по дві смуги руху у два боки по 3,5 м + тротуари з кожного боку. Шляхопровід встановлюються на міській дорозі. Навантаження – колісне, візки НК-100, А-15, натовп пішоходів, кліматичні.

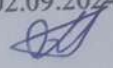
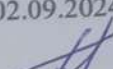
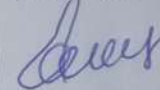
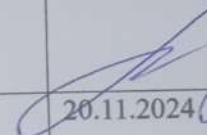
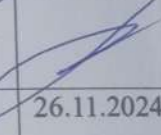
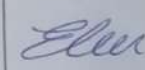
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, у якому відобразити актуальність теми, мету, наукову новизну, практичне значення, задачі, об'єкт та предмет досліджень. Науково-дослідна частина, що складається з трьох розділів: Розділ 1, у якому слід виконати аналіз стану питання з конструювання шляхопроводів, взагалі, та залізобетонних опор, зокрема, питання класифікації мостів і шляхопроводів, питання раціональних способів зведення споруд, методи оптимізації, аналіз нормативних і літературних джерел по темі МКР; Розділ 2, у якому слід виконати скінчено-елементне моделювання напружено-деформованого опори шляхопроводу з проїздом на прикладі реальної споруди, що планується до зведення у м. Вінниці з урахуванням технологічних колісних та кліматичних впливів; Розділ 3 – Конструктивні пропозиції зі зведення опор з проїздом. Технологічні пропозиції щодо зведення опор з проїздом. Розділ 4 – Інженерний, в якому відобразити на конкретному прикладі наукові напрацювання у обсязі архітектурно-будівельних та організаційно-технологічних рішень. Розділ 5 – Економічний, у якому дослідити економічний ефект запропонованих конструктивних рішень

опор шляхопроводів з наскрізним проїздом у порівнянні з класичним способом зведення опори (без проїзду). Висновки, в яких відобразити основні наукові та практичні результати виконаної роботи.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Плакати, що відображають: 1 — тему, мету та задачі роботи, наукову новизну, практичне значення; 2, 3, 4 — класифікація опор шляхопроводів, стан питання з проектування проміжних класичних опор залізобетонних шляхопроводів і мостів та опор з наскрізним проїздом; 5 — результати моделювання; 6 — 7 конструктивні та технологічні пропозиції; 8 — Результати економічних розрахунків; 9 — Висновки з МКР. Графічна частина розділу 4 має містити основні архітектурно-будівельні та організаційно-технологічні рішення.

6. Консультанти розділів роботи:

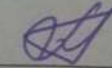
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Вступ, Розділ 1	Попов В.О., доц. каф. БМГА	02.09.2024 	13.10.2024 
Розділ 2, Розділ 3	Попов В.О., доц. каф. БМГА	02.09.2024 	13.10.2024 
Розділ 4. Інженерна частина. Архітектурно-будівельні рішення	Смоляк В.В., доц. Каф. БМГА	14.10.2024 	07.11.2024 
Організаційно-технологічна частина	Кучеренко Л.В., доц. Каф. БМГА	08.11.2024 	19.11.2024 
Розділ 5. Економіка	Лялюк О.Г., доц. каф. БМГА	20.11.2024 	26.11.2024 

7. Дата видачі завдання 02.09.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Складання вступу до МКР	14.10.-17.10.24	
2	Науково-дослідна частина	2.09 – 13.10.24	
3	Містобудівні рішення та Архітектурно-будівельні рішення	14.10 – 07.11.24	
4	Організаційно-технологічні рішення	08.11 – 19.11.24	
5	Економічна частина	20.11 – 26.11.24	
6	Оформлення МКР	27.11 – 29.11.24	
7	Подання МКР на кафедру для перевірки	30.11 – 02.12.24	
8	Попередній захист	03.12 – 05.12.24	
9	Рецензування	06.12 – 10 – 12.24	

Магістрант  Агарков М.С.

Керівник роботи  Попов В.О.

АНОТАЦІЯ

УДК 624.21.09, 624.271, 625.7

Агарков М. С. Раціональні залізобетонні монолітні проїзні опори автомобільних шляхопроводів і мостів. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія», освітня програма – «Міське будівництво та господарство». Вінниця : ВНТУ, 2024. 114 с.

Укр. мовою. Бібліогр.: 17 назв; рис. 33; табл. 8.

Ця магістерська кваліфікаційна робота присвячена дослідженню вирішення складної містобудівної ситуації за допомогою раціональної монолітної проїздної опори, яка забезпечує ефективне планування мостових переходів у умовах обмеженого простору.

Запропонована раціональна форма опори дозволяє вирішити складне завдання, яке часто виникає при плануванні міст шляхом прокладання дороги-дублеру під пролітною будовою шляхопроводу. Шляхом скінчено-елементного моделювання було виявлено найбільш небезпечні впливи на опору, локалізацію найбільш напружених ділянок, параметри армування. Розроблено та верифіковано методику конструювання опори шляхом встановлення раціональних меж геометричних параметрів колон, ригелів, ростверків та їх армування.

Розроблена інженерно-конструкторська частина роботи у складі архітектурних, конструкторських та технологічних рішень опори з проїздом реального шляхопроводу, що планується до зведення у місті Вінниці, реалізує на практиці наукові напрацювання. Економічна частина роботи підтверджує ефективність запропонованих принципових рішень наскрізних опор.

Магістерська кваліфікаційна робота містить 15 аркушів графічної частини.

Ключові слова: міст, шляхопровід, пролітна будова, проміжна опора, колона, деформаційний шов, напружено-деформований стан, наскрізний проїзд, методика раціонального проектування.

ABSTRACT

UDK 624.21.09, 624.271, 625.7

Aharkov M. S. Rational Reinforced Concrete Monolithic Drive-Through Piers for Road Overpasses and Bridges. Master's Qualification Thesis in Specialty 192 – Construction and Civil Engineering, Educational Program – Urban Construction and Management. Vinnytsia: VNTU, 2024. 114 pages. Language: Ukrainian. Bibliography: 17 references; illustrations: 33; tables: 8.

This master's thesis is dedicated to studying the solution of a complex urban planning situation through the use of a rational monolithic bearing support, which ensures effective planning of bridge crossings in confined spaces.

The proposed rational shape of the support allows solving a challenging problem that frequently arises during city planning, namely, the construction of a bypass road under the span structure of a bridge. Through finite element modeling, the most critical impacts on the support were identified, as well as the localization of the most stressed areas and the reinforcement parameters.

A methodology for designing the support was developed and verified by establishing rational limits for the geometric parameters of the columns, beams, pile caps, and their reinforcement.

The engineering-design section of the thesis includes architectural, structural, and technological solutions for the drive-through pier of a real overpass planned for construction in the city of Vinnytsia, embodying the scientific findings in practice. The economic section of the thesis confirms the efficiency of the proposed design solutions for drive-through piers.

The master's qualification thesis includes 15 sheets of graphical materials.

Keywords: bridge, overpass, span structure, intermediate pier, column, expansion joint, stress-strain state, drive-through opening, rational design methodology

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ ПРОЕКТУВАННЯ МОСТОВИХ ОПОР....	14
1.1 Стислий огляд автодорожніх мостів та шляхопроводів	14
1.1.1 Сучасна класифікація автодорожніх мостів і шляхопроводів	16
1.1.2 Відміність мостів і шляхопроводів	22
1.1.3 Світова практика проектування мостових споруд.	23
1.1.4 Сучасні нормативні документи з проектування автодорожніх мостів	27
1.2 Основи розрахунку і проектування автодорожніх мостів і шляхопроводів. Поняття мостового габариту, або габариту проїзду	29
1.3 Огляд будівельних конструкцій мостових опор та опор шляхопроводів	29
1.4 Опис принципового конструктивного рішення стандартної опори шляхопроводу	33
1.4.1 Основні компоненти масивної опори	33
1.4.2 Основні компоненти багатостоякових мостових опор	34
1.5 Проблема переміщення транспорту під опорами шляхопроводів і мостів	35
1.6 Висновки за розділом 1	36
РОЗДІЛ 2 МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ОПОРИ ШЛЯХОПРОВОДУ ІЗ ПРОЇЗДОМ	38
2.1 Стислий опис планувального рішення фрагмента шляхопроводу із проїздом під опорою	38
2.2 Опис роботи фрагмента конструкції шляхопроводу під навантаженням	39
2.3 Збір навантажень на фрагмент шляхопроводу із проїздом під опорою	39
2.3.1 Технологічні навантаження від рухомого складу та натовп у пішоходів	39
2.3.2 Кліматичні впливи і сейсмічні впливи	40
2.4 Моделювання роботи опори шляхопроводу із проїздом	41
2.4.1 Опис розробленої моделі	41
2.4.2 Аналіз стану основних конструктивних елементів	42

	7
2.5 Висновки за розділом 2	49
РОЗДІЛ 3 АРХІТЕКТУРНІ І КОНСТРУКТИВНІ ПРОПОЗИЦІЇ З ПРОЕКТУВАННЯ ОПОР ШЛЯХОПРОВОДІВ З ПРОЇЗДОМ	51
3.1 Зовнішній вигляд та архітектурне рішення опори з проїздом	51
3.2 Конструктивне рішення опори з проїздом	53
3.2.1 Опис конструкції фундаментів	53
3.2.2 Опис конструкції колон і ригелів	56
3.3 Недоліки опор шляхопроводів із проїздом	57
3.4 Висновки за розділом 3	58
РОЗДІЛ 4 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	61
4.1 Містобудівні та архітектурно-будівельні рішення	61
4.1.1 Опис конструктивного рішення фрагмента шляхопроводу в осях «4-9», в зоні впливу колони з проїздом	63
4.1.2 Детальний опис конструктивного рішення опори з проїздом	64
4.1.3 Опис навантажень на опору з проїздом	66
4.1.4 Розрахунок ригеля опори шляхопроводу по осі «7»	69
4.2 Організаційно-технологічні рішення	80
4.2.1 Технологічна карта на виконання земляних робіт	80
4.2.1.1 Вихідні дані та область застосування	80
4.2.1.2. Визначення складу робіт	80
4.2.1.3 Визначення об'ємів робіт	80
4.2.1.4 Вибір методів та технології виконання робіт, машин, механізмів, інструмента та пристосувань	81
4.2.1.5 Калькуляція працевитрат та заробітної плати	85
4.2.1.6 Технологічний розрахунок та графік виконання робіт	85
4.2.1.7 Вказівки по виконанню робіт та техніці безпеки	86
4.2.1.8 Техніко-економічні показники	89
4.2.1.9 Потреба в матеріально-технічних ресурсах	89
4.2.2 Технологічна карта на зведення монолітної частини	91

	8
4.2.2.1 Бетонні роботи	91
4.2.2.2 Вибір транспорту, вибір крана, подача та укладання бетонної суміші	92
4.2.2.3 Техніко-економічні показники	97
4.2.2.4 Розрахунок обсягів робіт при зведенні монолітних колон підтримки мосту	97
4.2.2.5 Монтажні характеристики баштового крана	99
4.2.2.6 Контроль якості	102
4.3 Висновки за розділом 4	103
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	105
5.1 Розрахунок кошторисної вартості опори шляхопроводу із проїздом	105
5.2 Розрахунок кошторисної вартості стандартної опори без проїзду	106
5.3 Визначення узагальнених вартісних показників	107
5.4 Розрахунок економічного ефекту	108
5.5 Висновки за розділом 5	108
ВИСНОВКИ	110
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	112
ДОДАТКИ	115
Додаток А Протокол перевірки на текстові запозичення	115
Додаток Б Локальний кошторис на будівельні роботи	117
Додаток В Відомість графічної частини	135

ВСТУП

Актуальність теми. Відомо, що в Україні, внаслідок тривалих воєнних дій автотранспортна система відіграє ключове значення для забезпечення функціонування економіки держави, загалом, та для підтримання обороноздатності, зокрема [1]. Проектно-конструкторські та будівельні роботи з модернізації морально застарілої автодорожньої системи держави, яка не вже давно не відповідає вимогам сучасних норм з вантажопідйомності та пропускної здатності, що були розпочаті у довоєнний період в рамках програми Президента «Велике будівництво», через зрозумілі економічні чинники, нажаль, не були завершені та поставлені на паузу до завершення бойових дій [2 – 3]. Отже, перед науковцями та проектувальниками постає складне завдання з реконструкції старих та будівництва нових транспортних артерій держави в умовах обмеженого фінансування. Найбільш конструктивно складним та відповідальним структурним елементом автодороги є мости, мостові переходи та шляхопроводи. Ці споруди лінійної транспортної інфраструктури створюють для подолання автомобільною дорогою різноманітних перешкод (річок, озер, залізничних колій, інших автомобільних доріг) [1 – 4]. В умовах обласних та районних центрів України часто проблемними ділянками, що утруднюють транспортне сполучення міста, є численні та розгалужені залізничні колії, які іноді розрізають територію міста на декілька частин. Водночас, залізничні шляхи, разом з автодорогами, також входять у загальну транспортну систему держави, та є її критичними інфраструктурними об'єктами. Тому потрібним і актуальним є такі проектно-організаційні та технологічні рішення при будівництві нових шляхопроводів через залізничні колії, які б забезпечили не тривалу зупинку експлуатації залізниці.

На сьогодні в Україні переважну більшість загального фонду автодорожніх мостів та шляхопроводів на дорогах національного значення складають балочні одно- або багато пролітні споруди, що спираються на ґрунтову основу через опори, які містять поширення в верхній частині у вигляді капітелей або ригельних систем

[2]. Тіло проміжних опор, виходячи з вимог раціонального проектування, будується максимально компактним у плані, але достатньо надійним через великі динамічні впливи збоку рухомого складу. Часто тіло проміжних опор являє собою масивну конструкцію у формі паралелепіпеда, або систему окремих циліндричних чи колон, встановлених з регулярним кроком поперек осі пролітної будови. Таким чином, на сьогодні, питання проектування раціональних опорних систем мостів та шляхопроводів є доцільним і актуальним.

З огляду на це магістерська кваліфікаційна робота присвячених аналізу поведінки під навантаженням конструкцій мостів, мостових переходів та шляхопроводів та їх основних конструктивних елементів. Основна увага зосереджена на проміжних опорах шляхопроводів із наскрізним отвором для забезпечення безперешкодного проїзду автомобільного транспорту в умовах складної містобудівної ситуації [1 – 4].

Мета роботи полягає у пошуку нових конструктивних форм опор шляхопроводів для організації наскрізного проїзду та для загального покращення міських містобудівних ситуацій за загальносвітовою тенденцією безбар'єрного урбанізованого простору, яка притаманна більшості обласних та районних центрів України, з урахуванням потреб маломобільних груп населення та оптимізації їх конструкції для забезпечення їх безвідмовної експлуатації протягом встановленого терміну служби.

Задачі дослідження:

- проаналізувати сучасні вимоги нормативно-технічної документації та стандартів щодо проектування, виготовлення та експлуатації опор шляхопроводів та мостів, аналіз нормативних умов та вимог щодо безбар'єрного пересування та інклюзивності;
- вивчити сучасний вітчизняний та світовий досвід за напрямом досліджень;
- розробити концепції раціональної архітектурної форми проміжної опори із наскрізним проїздом для багатопролітних шляхопроводів;

- вивчити вплив зовнішніх кліматичних та технологічних факторів на роботу опор з проїздом. Дослідження має на меті визначити умови експлуатації мостових опор для подальшого моделювання напружено-деформованого стану;
- розробити моделі напружено-деформованого стану конструкції опори з проїздом на прикладі реальної споруди, аналіз небезпечних перерізів;
- розробити конструктивні рекомендації та методики проектування опори з проїздом.

Об'єктом дослідження є нові проміжні залізобетонні опори багатопролітних шляхопроводів та мостів із наскрізним проїздом.

Предметом дослідження є архітектуна форма та напружено-деформований стан опори з проїздом під дією комплексу кліматичних та технологічних навантажень від рухомого складу.

Новизна роботи полягає у:

- запропонованій методології вирішення складних містобудівних ситуацій, які виникають при проектуванні нових шляхопроводів шляхом улаштування опори з наскрізним проїздом;
- розробці нової конструктивної форми опори шляхопроводу із наскрізним проїздом у формі літери «П», надземна частина якої являє собою дві колони із капітелями у вигляді усічених пірамід та ригеля прямокутного перерізу;
- розробці методики аналізу напружено-деформованого стану запропонованої опори з проїздом з урахуванням спільної надземної та підземної частин опори;
- локалізації найбільш небезпечних перерізів основних компонентів надземної частини запропонованої опори з проїздом (колон та ригелів) та пропозиціях щодо їх раціональне армування.

Практичне значення роботи полягає у:

- розробленні інженерних рішень щодо раціональної конструкції опори з проїздом, включаючи підбір армування небезпечних перерізів колон і ригеля;

- розробленні практичних рекомендацій щодо компонування надземної частини опори з проїздом, включаючи підбір раціональних співвідношень між конструктивними компонентами опори (колонами та ригелем).

Методи досліджень. Для аналізу містобудівної ситуації використано принципи раціонального розпланування міської території, принципи інклюзивності та безбар'єрності міського середовища. Для аналізу напружено-деформованого стану моделей опори шляхопроводу із наскрізним проїздом використано класичні методи будівельної механіки, опору матеріалів, статистичний метод обробки даних моделювання та метод скінчених елементів.

Апробація результатів магістерської роботи

Основні результати магістерської кваліфікаційної роботи доповідалися на Міжнародній науково-технічній конференції Інноваційні технології в будівництві (2024) та на LIII науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця (2024).

Публікації.

За матеріалами магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано дві друкованих праці, ще одна праця подана до опублікування:

Агарков М.С., Попов В.О., Аврамчук О.А. Раціональне архітектурно-планувальне рішення мостових переходів в умовах складної містобудівної ситуації / М.С. Агарков, В.О. Попов, О.А. Аврамчук // Тези доповіді на Міжнародній науково-технічній конференції "Інноваційні технології в будівництві" (2024). ВНТУ. – 2024. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2024/paper/viewFile/22323/18505>

Попов В.О. Технологія улаштування великопролітних мостових конструкцій методом насування / В.О. Попов, Д.М. Байда, М.С. Агарков // Матеріали LIII науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2024) : збірник доповідей. – Вінниця : ВНТУ, 2024. – С. 1354–1359. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/view/832/1453/2726-1>

Стаття, що подана до редакції та готується до публікації:

Попов В.О. Моделювання напружено-деформованого стану опор шляхопроводу із прорізом для проїзду автотранспорту для раціонального проектування / В.О. Попов І.В. Маєвська, А.В. Попова, М.С. Агарков // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. Науково-технічний збірник. Вінниця, ВНТУ, 2024-2. Загальний обсяг статті – 19 с.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ ПРОЕКТУВАННЯ МОСТОВИХ ОПОР

1.1 Стислий огляд автодорожніх мостів та шляхопроводів, як будівельних систем

Мости — це ключові інженерні споруди, які відіграють визначальну роль у забезпеченні цілісності транспортних мереж як окремих країн, так і цілих континентів. Мости, в основному, будуються над водними перешкодами (річками, озерами, затоками, проливами) (рис. 1.1). З огляду на постійне зростання інтенсивності руху і ваги вантажних перевезень, що супроводжують розвиток сучасних держав, виникає нагальна потреба не лише у будівництві нових мостів, але й у модернізації та відновленні існуючих. Це дослідження присвячено аналізу даної проблематики, з акцентом на важливості мостів для забезпечення безперервного руху транспорту та пішоходів, що є невід'ємною складовою технічного прогресу і розвитку транспортної інфраструктури.

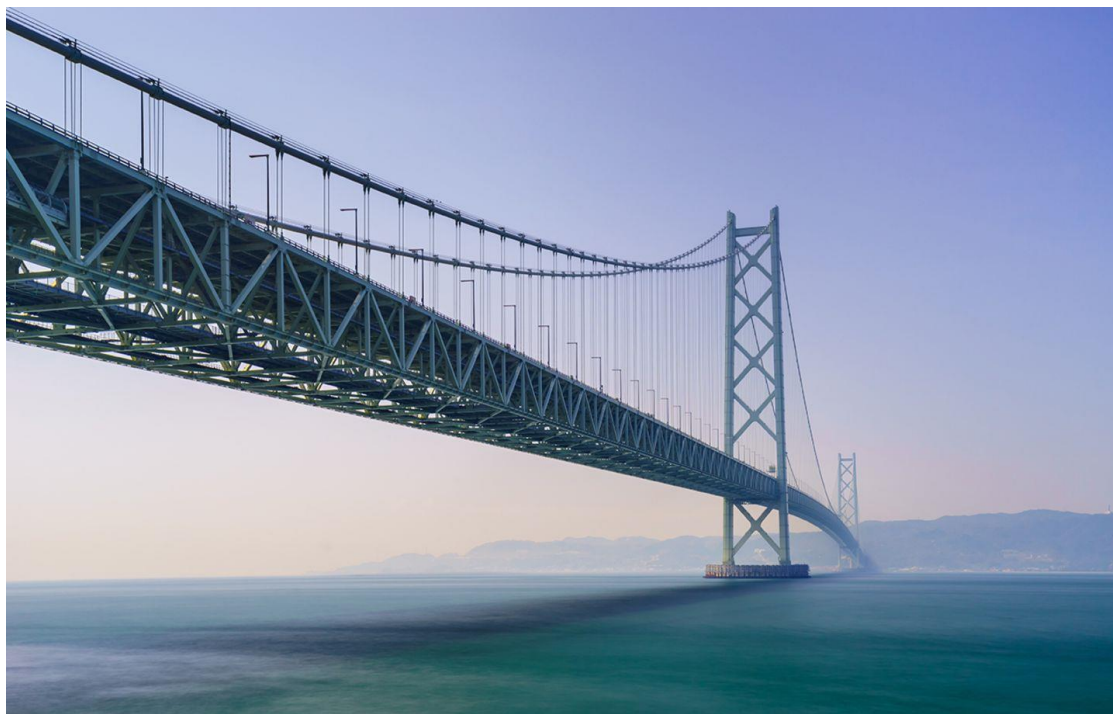


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд сучасної мостової споруди

Шляхопроводи — це інженерні споруди, які забезпечують перетин транспортних потоків на різних рівнях, дозволяючи уникнути перешкод і заторів, особливо в умовах інтенсивного руху (рис. 1.2). Вони є важливою частиною транспортної інфраструктури, оскільки дозволяють ефективно організувати рух на перетинах автомобільних доріг, залізниць або інших шляхів. Завдяки шляхопроводам значно підвищується безпека та пропускна здатність транспортних мереж, знижуються ризики аварійних ситуацій та зменшуються затримки на перехрестях.

Крім того, шляхопроводи є важливими для екологічних і економічних аспектів транспортування, оскільки знижують викиди забруднювальних речовин, скорочуючи час очікування на перехрестях, і зменшують витрати на паливо.

Враховуючи зростаючу інтенсивність руху в багатьох країнах, шляхопроводи стають критично важливими елементами для забезпечення безперервного та безпечного функціонування транспортної системи.



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд шляхопроводу

1.1.1 Сучасна класифікація автодорожніх мостів і шляхопроводів

Мости

А) Мости класифікують за такими ознаками:

- за призначенням,
- за матеріалом, з якої конструюється пролітна будова,
- за загальною довжиною,
- за шириною проїзної частини,
- за застосованому типу опор і пролітних будов,
- по виду використаного матеріалу,
- за розташуванням рівня проїзду,
- за розрахунковою схемою роботи мосту (статичною системою),
- за забезпеченістю пропуску високих вод і льодоходу,
- за характером перетину перешкоди [3].

Б) За призначенням розрізняють мости:

- 1) автодорожні – для пропуску всіх видів транспортних засобів і пішоходів, що рухаються по автомобільних дорогах;
- 2) залізничні – для пропуску залізничних поїздів;
- 3) міські – для пропуску всіх видів міських транспортних засобів (автомобілів, тролейбусів, трамваїв, метро) і пішоходів;
- 4) пішохідні – тільки для пропуску пішоходів;
- 5) суміщені – для пропуску автомобілів і залізничних поїздів;
- 6) спеціальні – для пропуску трубопроводів, силових кабелів тощо [3, 8].

В) За матеріалом пролітної будови мости бувають:

- з залізобетону;
- з дерева;
- з каменю;
- зі сталі, алюмінію чи інших металів та сплавів;
- полімерні;
- комбіновані, в тому числі, сталі залізобетонні [3, 8].

Г) За загальною довжиною мости бувають:

- завдовжки до 25 м, – малі;
- від 25 до 100 м – середні;
- завдовжки більше 100 м – великі. Мости довжиною менше 100 м, у яких хоча б один з проліт більше 60 м, також, відносяться до великих мостів.
- - позакласні. До таких споруд відносять мости довжиною більше 500 м або якщо один з прольотів більше 150 м. Це унікальні споруди, як правило, вантові, підвісні, рамні або арочні мости з чотирма і більш смугами руху [3].

Д) За шириною проїзної частини розрізняють мости з однаковою або різною кількістю смуг руху в обох напрямках. Кількість смуг руху залежить від категорії дороги або магістралі, на яких знаходиться міст. Загальна кількість сміг може складати від двох до восьми.

Е) За типом опорних систем розрізняють мости [3]:

- на жорстких опорах (рис. 1.2, а, б). Ці мости передають навантаження від пролітної будови на ґрунт через конструкції фундаментів. До переваг таких споруд слід віднести малі осідання опор з часом;

- на плавучих опорах (понтонні мости), (рис. 1.2, в). Ці мостові споруди передають навантаження безпосередньо на водну поверхню. Розрізняють наплавні мости на понтонах або мости на опорних баржах. До недоліків таких споруд відносять значні горизонтальні зміщення та вертикальні осідання. Рівень проїзної частини мостів залежить від рівня води, який постійно змінюється.

Ж) За типом взаємного положення пролітної будови і опор мости поділяють на:

- нерухомі мости. Пролітна будова таких споруд завжди займає по відношенню до опор незмінне положення (див. рис. 1.2, а);

- розвідні, мости, в яких для пропуску суден влаштовують спеціальний розвідний проліт (або прольоти) шляхом повороту частини пролітної будови, чи одного прольоту, відносно опор відносно горизонтальної осі у вертикальній

площині (див. рис. 1.2, б). Бувають розвідні мости, у яких проліт піднімається на необхідну висоту по напрямних без повороту [3].

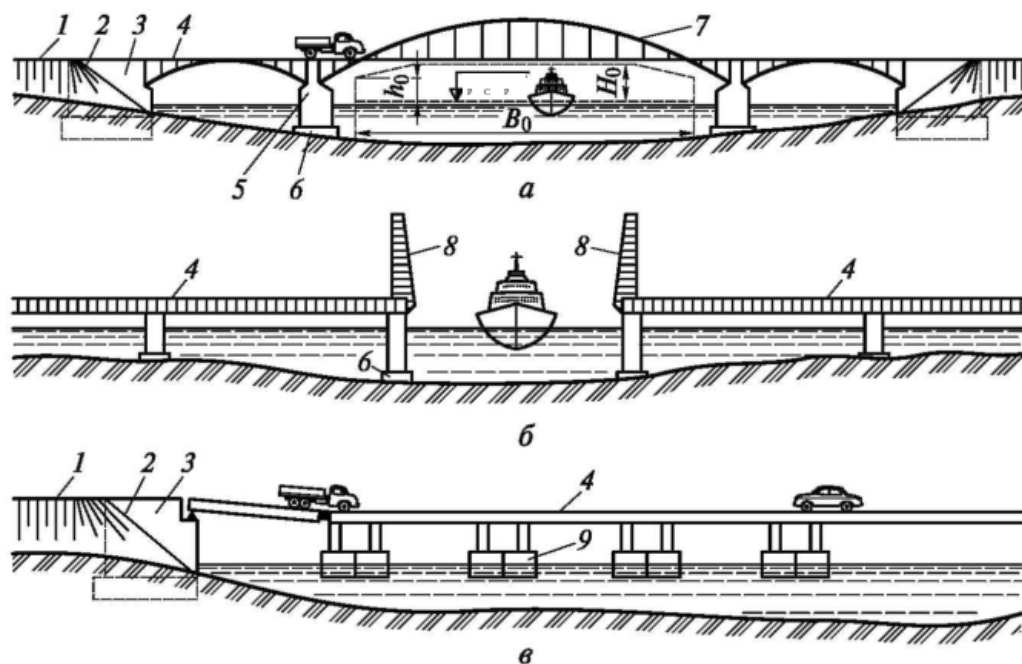


Рисунок 1.3 – Види мостів за типом опор і пролітних будов:

1 – насип підходу; 2 – конус насипу; 3 – засада; 4 – пролітна будова з їздою зверху; 5 – проміжна опора; 6 – фундамент опори; 7 – пролітна будова з їздою посередині; 8 – розвідна пролітна будова; 9 – плавуча опора наплавного моста

К) За рівнем розташування проїзної частини відносно опорних систем і пролітних будов мости бувають із рухом:

- по верху мостових конструкцій. Тут проїзна частина розташована над конструкціями опор пролітної будови (рис. 1.3, а);
- по низу мостових конструкцій. При цьому проїзна частина знаходиться в рівні основи пролітної споруди (рис. 1.3, б);
- по середині мостових конструкцій, коли проїзна частина знаходиться в середній по висоті частині пролітної будови (рис. 1.3, в).

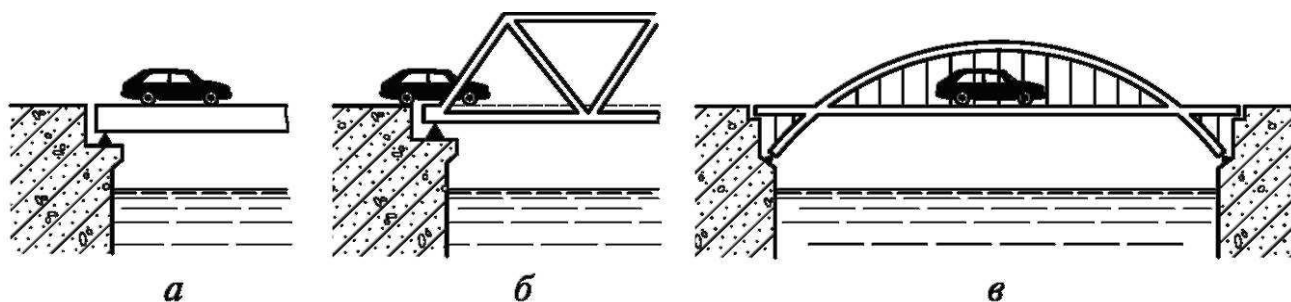


Рисунок 1.4 – Рівні розташування проїзної частини мостів:

а – їзда поверху; б – їзда понизу; в – їзда посередині

Л) За розрахунковою схемою роботи мосту (статичною системою) розрізняють мости:

- балочні розрізні та не розрізні (рис. 1.4, а), а, також, консольні мости. Пролітні будови при цьому схожі на перекриття будинків. У мостових опорах таких споруд від дії вертикальних навантажень виникають тільки вертикальні опорні реакції;

- арочні (рис. 1.4, б), рамні (рис. 1.4, в), підвісні (рис. 1.4, г) мости. В таких спорудах при дії вертикальних навантажень виникають похилі за напрямком. Горизонтальна складова таких реакцій називається розпором;

- комбіновані системи, в яких поєднуються системи перших двох груп, при цьому способи таких поєднань різноманітні [3, 8].

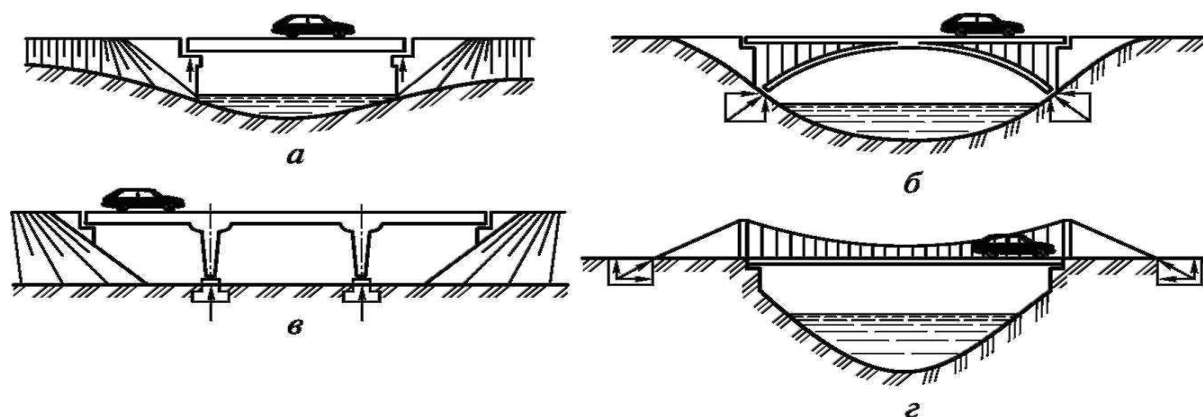


Рисунок 1.5 – Основні конструктивні системи (схеми) мостів: а – балочна;

б – арочна; в – рамна; г – підвісна

М) За розташуванням пролітних будов відносно горизонту водної поверхні:

- висоководні мости. Пролітні будови таких мостів знаходяться над рівнем річки, озера чи моря, на відмітці, що забезпечує пропуск паводкових вод і льодоходу;

- низьководні тимчасові мости. Пролітні будови цих споруд можуть затоплюватись при проході високих вод;

- підводні мости. Пролітні будови таких споруд розташовуються під водою на глибині, що забезпечує рух автомобілів убрід. Підводні мости застосовуються з метою забезпечення скритності їх положення і підвищення їх живучості на час військових дій.

Н) За значенням автомобільні дороги, на яких збудовано мостову споруду, мости бувають:

- мости на дорогах приватних територій;
- мостит на відомчих (технологічних) дорогах;
- мости на вулицях міст та інших населених пунктів;
- мости на дорогах загального користування державного та місцевого значення [3].

Шляхопроводи класифікуються аналогічно мостам, з деякими відмінностями, зумовленими їх специфікою. Ось ключові аспекти сучасної класифікації шляхопроводів:

А) За матеріалом будівництва:

- кам'яні. Використовуються рідко через високу вартість і складність у будівництві;
 - дерев'яні. Тимчасові або допоміжні конструкції, використовуються рідко в сучасних умовах;
 - бетонні. Міцні й довговічні, підходять для невеликих та середніх шляхопроводів;
 - залізобетонні. Найпоширеніший тип, поєднує міцність заліза та довговічність бетону;

- сталобетонні. Комбінують сталь і бетон, забезпечуючи високу міцність для великих споруд [4].

Б) За призначенням розрізняють шляхопроводи:

- автодорожні. Використовуються для пропуску автомобільного транспорту;
 - Комбіновані. Можуть поєднувати автомобільний транспорт із трамваями або метрополітеном;
 - пішохідні шляхопроводи. Призначені лише для пішоходів або велосипедистів, часто з'єднують різні частини міських інфраструктур [4].

В) За значенням шляхопроводи бувають наступних типів:

- на дорогах державного значення. Шляхопроводи на головних транспортних магістралях;
- на дорогах регіонального і місцевого значення. Менш інтенсивні транспортні потоки, менші розміри шляхопроводів;
- міські шляхопроводи. Частина міської інфраструктури, можуть бути як автодорожні, так і пішохідні [4].

Г) За конструктивною схемою:

- балочні шляхопроводи. Найпоширеніші конструкції, що використовують балки як основні елементи;
- арочні шляхопроводи. Міцні й надійні, особливо для великих прольотів;
- плитні шляхопроводи. Використовують плити як основні несучі елементи;
- підвісні шляхопроводи. Застосовуються для великих прольотів, часто мають складну конструкцію [4].

Д) За розміром конструкції:

- малі шляхопроводи. Менші за розмірами, використовуються на локальних дорогах;
- великі шляхопроводи. Конструкції, що перекривають значні відстані або обслуговують інтенсивний трафік [4].

В цій науковій роботі основна увага приділена автомобільним мостам і шляхопроводам, сконструйованим зі збірно-монолітних балок та плит, що формують прогонову будову, відому як ортотропні плити.

1.1.2 Відмінність мостів і шляхопроводів

Міст – транспортна споруда, призначена для перепуску через перешкоди потоків рейкового, автомобільного транспорту, пішоходів та комунікацій різного призначення. **Шляхопровід** – транспортна споруда (міст) над залізницею, автомобільною дорогою або вулицею.

Відмінність між мостами та шляхопроводами полягає в їх призначенні, конструктивних особливостях та функціональності. Мости призначені для здолання перепон, таких як річки, канали, долини або інші дороги, забезпечуючи проїзд транспорту і пішоходів через ці перешкоди. Шляхопроводи, а зазвичай мова йде про транспортні шляхопроводи, призначені для організації руху транспорту, що проходить над або під іншими транспортними шляхами, такими як дороги, залізниці або пішохідні доріжки, що дозволяє уникнути перетворення зворотного руху. Конструктивні особливості також відрізняються: мости можуть мати різні конструктивні форми (аркові, балкові, підвісні тощо) і зазвичай розраховані на значні навантаження та динамічні впливи від транспорту, тоді як шляхопроводи часто мають простішу конструкцію, оскільки їхнє основне призначення — забезпечити вертикальне відділення транспортних потоків. Вони можуть бути реалізовані у формі естакад або тунелів. Щодо функціональності, мости є складнішими інженерними об'єктами, які потребують більш детального проектування та обліку географічних умов, в той час як шляхопроводи, зазвичай, проектуються з урахуванням основної мети — зменшити затори та підвищити безпеку руху, тому вони можуть бути менш складними, але більше спрямованими на інтеграцію у вже існуючу транспортну мережу. Таким чином, хоча обидва типи споруд виконують важливі транспортні функції, їх призначення та конструкція суттєво відрізняються.

1.1.3 Світова практика проектування мостових споруд.

Проектування мостових споруд у світі базується на багаторічному досвіді, інженерних досягненнях та інноваціях. Основні принципи проектування враховують як технічні, так і економічні аспекти, безпеку, естетичні характеристики та вплив на навколишнє середовище. Найбільш відомими прикладами таких шедеврів інженерії та архітектури є: Золоті ворота (Golden Gate Bridge) (рис. 1.6), США; міст Тауер (Tower Bridge), Великобританія; (Bhumibol Bridge), Таїланд; міст через затоку Кінг (Millau Viaduct), Франція

А) Золоті ворота.



Рисунок 1.6 – Золоті ворота (Golden Gate Bridge), США

Золоті ворота є одним із найвідоміших мостів у світі та символом Сан-Франциско. Його довжина складає близько 2,7 км, а основний прольот— 1,28 км. Міст спроектований інженером Джозефом Страсом, а його яскраво-оранжевий колір, відомий як "International Orange", допомагає мосту виділятися в тумані, що часто опускається на цей район. Золоті ворота з'єднує місто Сан-Франциско з округом Марін і забезпечує важливий транспортний коридор.

Б) Міст Тауер

Міст Тауер (рис. 1.7) є одним з найвідоміших символів Лондона. Він поєднує райони Лондона, розташовані на обох берегах річки Темзи. Архітектура мосту поєднує готичний стиль з елементами вікторіанської епохи. Міст має два підйомні вежі, які можуть підніматися, щоб пропустити великі судна, що проходять по Темзі. З моменту відкриття міст став важливим транспортним вузлом і туристичною атракцією.



Рисунок 1.7 – Міст Тауер (Tower Bridge), Великобританія

В) Міст через річку Чаопрайя

Міст Бхумібола є важливим елементом транспортної інфраструктури Бангкока і має дві основні арки, що підносяться до висоти 240 метрів. Цей міст також відомий як "Міст Мілленіум" і поєднує райони, що розташовані на обох берегах річки Чаопрайя (рис. 1.8). Унікальний дизайн мосту включає в себе елементи тайської культури, і він став важливим символом столиці. Міст має не

лише функціональне призначення, а й виконує естетичну роль у міському ландшафті.



Рисунок 1.8 – Міст через річку Чаопрайя (Bhumibol Bridge), Таїланд

Г) Міст через затоку Кінг

Мілло Віадук (рис. 1.9) є найвищим мостом у світі, його висота досягає 343 метри, що перевищує навіть висоту Ейфелевої вежі. Міст був спроектований інженером Мішелем Віалле та є частиною автомагістралі A75, що з'єднує Париж і Монпельє. Унікальна конструкція моста має ефективну аеродинамічну форму, що дозволяє зменшити вплив вітру. Міст не лише виконує важливу транспортну функцію, але й є архітектурною пам'яткою, яка привертає туристів з усього світу.

Особливістю мосту є його пілони, які виготовлені з бетону і підтримують дорожнє полотно за допомогою сталевих канатів. Найвищий пілон має висоту 245 метрів, а разом з дорожнім полотном конструкція сягає 343 метрів.

Міст отримав численні нагороди за інноваційний дизайн і стійкість до навантажень.



Рисунок 1.9 – Міст через затоку Кінг (Millau Viaduct), Франція

Д) Міст Брукліна (Brooklyn Bridge), США

Міст Брукліна (рис. 1.10) з'єднує Бруклін і Манхеттен через річку Іст-Рівер. Це один з найстаріших підвісних мостів у США і є важливим символом Нью-Йорка.



Рисунок 1.10 – Міст Брукліна (Brooklyn Bridge), США

Міст спроектував інженер Джон А. Роеблінг, а його син Вошингтон Роеблінг завершив будівництво після смерті батька. Загальна довжина мосту складає приблизно 1,834 метри, і він відомий своїми великими сталевими тросами та готичними вежами. Міст Брукліна не лише є важливим транспортним маршрутом, а й популярним місцем для прогулянок і туризму, з яких відкривається захоплюючий вид на горизонт Нью-Йорка.

1.1.4 Сучасні нормативні документи з проектування автодорожніх мостів

Питання проектування мостів і шляхопроводів регламентовані на сьогодні низкою нормативних документів, які описують основні вимоги проектування, особливості збору навантажень і впливів, а, також, власне, правила проектування. Серед цих нормативних джерел слід особливо виділити:

1) ДБН В.1.2-15:2009 «Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи» [5] – регламентує правила визначення навантажень і впливів, які слід враховувати при проектуванні об'єктів автодорожнього господарства (компонентів дорожнього автомобільних доріг, мостів, труб, шляхопроводів, естакад...) і тим самим гарантувати безпечну експлуатацію протягом проектного строку служби зазначених споруд.

2) ДБН В.1.202:2006 «Навантаження і впливи. Норми проектування» [6] – доповнює інформацію (1) в частині вітрового районування. Служить для збору снігових навантажень при розгляді розрахункової ситуації, коли мостова споруда не експлуатується. Вивчається студентом для розуміння основних понять та визначень щодо навантажень і впливів.

3) ДБН В.1.2-14-2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд» [7] - визначає клас наслідків (відповідальності об'єкта дорожнього господарства (наприклад, мосту, ділянки автодороги, що проектується, водопропускних труб під автодорогою тощо). Коефіцієнт надійності γ_n , який визначається за класом наслідків (відповідальності)

для мостових споруд та інших споруд на автодорожніх шляхах не визначається, а замінюється на коефіцієнт надійності γ_r (галузеві автодорожні вимоги). Вивчається студентом для розуміння основних понять та визначень щодо надійності будівель і споруд.

4) ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України» [8] - визначає сейсмічність території забудови (згідно з місце розташуванням за індивідуальним завданням). Дозволяє оцінити сейсмічність будівельного майданчика в залежності від категорії ґрунтових умов (таблиця 6.6 норм [8]), містить додаткові рекомендації та вимоги щодо проектування транспортних споруд при сейсмічності будівельного майданчика рівним 7, або вище (Розділ 8 [30]).

5) ДБН В.2.3-14:2006 «Мости та труби. Правила проектування» [9]. Містить основні відомості по моделюванню і розрахунку сталевих і залізобетонних мостових споруд. Містить інформацію щодо збору навантажень на мостові споруди (розділ 2), яка втратила чинність та замінена на стандарт [9]. Містить, також, понятійну базу, яка розширює базові терміни і визначення, наведені у нормах (6) та (7).

6) ДБН В.2.3-22:2009 «Мости та труби. Основні вимоги проектування» [10]. Норматив встановлює основні правила проектування нових і реконструкцію існуючих мостів та труб, дозволяє оцінити проектний строк служби споруди, або її частини, вимоги по надійності, описує можливі граничні стани, вимоги до розрахункових схем, а також, вимоги, щодо планувальних рішень мостів, основні вимоги до конструкцій мостів, допустимі та рекомендовані габаритні розміри, окреслює загальні конструктивні вимоги до автотранспортних споруд.

7) ДБН В.2.3-4:2015 «Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво» [11] із змінами [12]. Містить відомості по основних термінах та визначеннях об'єктів автомобільної дороги, категорійності автомобільних доріг, проїзних та тротуарних габаритів та загальні правила проектування доріг

1.2 Основи розрахунку і проектування автодорожніх мостів і шляхопроводів. Поняття мостового габариту, або габариту проїзду

Розрахунок і проектування автодорожніх мостів та шляхопроводів – це складний і багатоступеневий процес, який потребує врахування різних факторів для забезпечення безпеки, міцності, довговічності й зручності конструкції. Перш за все, необхідно розрахувати навантаження, які впливатимуть на конструкцію протягом усього її експлуатаційного періоду. Згідно з чинними нормами [10] при розрахунку враховують постійні та змінні навантаження : до постійних належать вага самої конструкції пролітної будови, опор, дорожнього покриття, бар'єрів, перил та інших елементів, а змінні навантаження зумовлені рухомим транспортом, погодними умовами, такими як вітер, сніг і дощ, а також сейсмічними явищами та температурними змінами.

Особливо важливо правильно оцінити вплив рухомого транспорту, оскільки міст має витримувати інтенсивне навантаження від різних типів автомобілів. Визначення навантажень відбувається на основі спеціальних норм і стандартів, які враховують тип мосту, його призначення, місцевість, а також максимальну кількість транспорту, що рухатиметься по ньому.

Ключовим поняттям у проектуванні мостових споруд є **габарит проїзду**, або **мостовий габарит** – це просторові розміри, необхідні для забезпечення вільного проїзду транспортних засобів. Він включає ширину проїжджої частини, розміри тротуарів (якщо вони передбачені), бар'єри, а також необхідну висоту для проїзду транспортних засобів. Габарит проїзду визначає мінімальні розміри мосту, необхідні для безпечного та комфортного руху транспорту, і встановлюється відповідно до національних та міжнародних стандартів, зокрема з урахуванням перспективного збільшення транспортного потоку.

Проектування також включає вибір типу конструкції: мости можуть бути балковими, арковими, підвісними, консольними, а кожен тип має свої особливості розрахунку, які враховують характер навантажень та місцеві умови. Важливо

забезпечити стійкість та міцність опор, які триматимуть прольоти, адже опори повинні витримувати як вагу конструкції, так і навантаження від рухомого транспорту, а також вплив природних факторів, таких як вода або вітер. При цьому враховуються властивості матеріалів: наприклад, сталеві чи залізобетонні конструкції дозволяють зменшити вагу мосту, одночасно забезпечуючи високу міцність і стійкість.

Таким чином, розрахунок і проектування мостових споруд базується на чітко визначених нормативних вимогах, детальних розрахунках навантажень і продуманому виборі матеріалів та конструктивних рішень. Ці заходи спрямовані на створення довговічних та безпечних мостових споруд, що задовольняють усі вимоги експлуатації та відповідають високим стандартам якості й надійності.

1.3 Огляд будівельних конструкцій мостових опор та опор шляхопроводів

Будівельні конструкції мостових опор та опор шляхопроводів включають різні типи опор, кожен з яких виконує свої функції в залежності від умов експлуатації, навантажень, що діють на міст, і особливостей місцевості. Одним із найбільш поширених типів є **масивні опори**, які вирізняються великими розмірами та значною вагою (рис. 1.11). Такі опори зазвичай виготовляються з монолітного залізобетону, що забезпечує їм високу міцність і стійкість. Їх використовують у випадках, коли на міст діють значні вертикальні та горизонтальні навантаження, наприклад, на високих мостах або в умовах інтенсивного транспортного руху. Масивні опори здатні витримувати вагу великих прогонів, а також вплив вітрових і сейсмічних навантажень. Масивні опори мають важливу особливість: вони забезпечують рівномірний розподіл навантажень від мостового полотна на фундамент, що особливо важливо у складних геологічних умовах, таких як пухкі або нестабільні ґрунти. Для забезпечення їхньої довговічності застосовують спеціальні технології, такі як антикорозійні покриття та добавки до бетону, які підвищують його морозостійкість і вологостійкість.

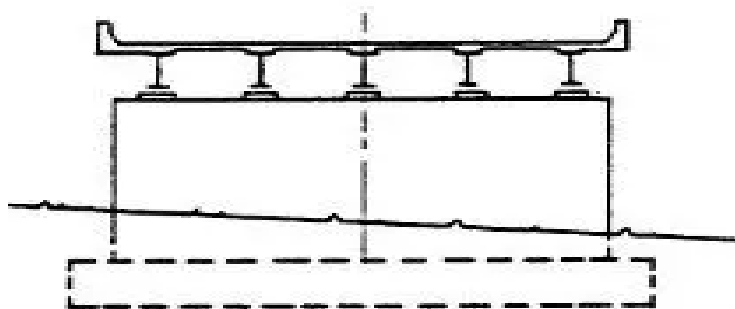


Рисунок 1.11 – Масивна опора шляхопроводу (*solid wall pier*)

Опори колонного типу є менш масивними, порівняно з монолітними опорами, і складаються з однієї або декількох колон (рис. 1.12). Їх використовують для полегшення загальної конструкції мосту, коли велика масивна основа не є необхідною. Колонні опори дозволяють зменшити витрати на будівництво і є зручними у випадках, коли необхідно зменшити перешкоди для річок або доріг під мостом. Завдяки своїй формі, такі опори часто використовуються на середньої висоти мостах і забезпечують оптимальне співвідношення між стійкістю та легкістю конструкції.

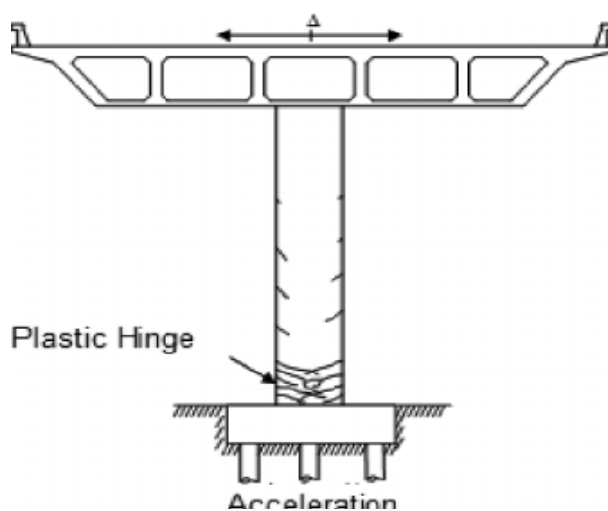


Рисунок 1.12 – Опора колонного типу (*single-column pier*)

Багатоколонні системи опор є наступним кроком у розвитку колонних опор, але з більшою кількістю колон, що підсилює їх стійкість і дозволяє ефективніше розподіляти навантаження. (рис. 1.13). Такі опори є зручними для будівництва в умовах нерівного рельєфу або на ділянках з підвищеним рівнем

сейсмічної активності, оскільки багатоколонна конструкція рівномірно передає навантаження на фундамент і сприяє зменшенню ризику руйнування під час землетрусів. Багатоколонні опори також дозволяють оптимізувати використання матеріалів, забезпечують міцну та довговічну основу для мосту.

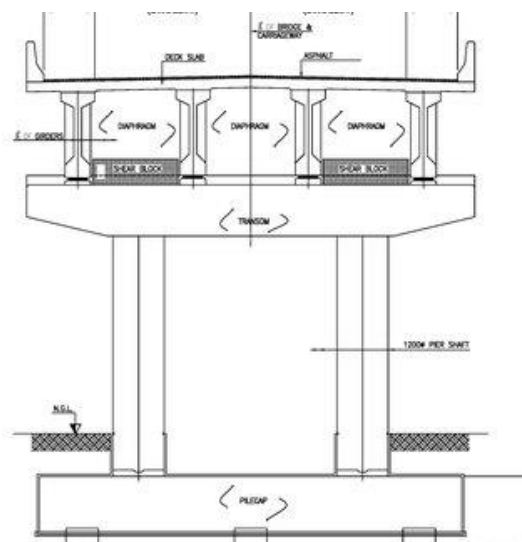


Рисунок 1.13 – Багатоколонна система опор (*multi-column pier system*)

Комбіновані системи опор поєднують масивну частину та колонну частину, що надає їм високої стійкості та здатності витримувати різнопланові навантаження. Такі системи складаються з основи, яка підтримує нижню частину мосту, та колонної частини, яка підтримує проїжджу частину. Комбіновані опори особливо корисні для великих та довгих мостів, де важливо поєднати масивність і гнучкість конструкції. Вони дозволяють зменшити загальну вагу конструкції без втрати міцності, що є важливим для зниження вартості будівництва та експлуатації мосту.

Загалом, кожен тип опори має свої переваги і призначення, що дозволяє проектувальникам обирати оптимальний варіант залежно від вимог проекту, особливостей місцевості та технічних характеристик мосту або шляхопроводу.

1.4 Опис принципового конструктивного рішення стандартної опори шляхопроводу

1.4.1 Основні компоненти масивної опори

Основні конструктивні елементи масивної опори шляхопроводу включають фундаменти, масивну опору, ригель, підферменники та опорні частини. Їх призначення та функції наступні:

- *фундаменти* – це основа опори, яка передає навантаження від конструкції шляхопроводу на ґрунт. Фундамент сприймає всі вагові та динамічні навантаження, стабілізує опору та забезпечує рівномірний розподіл зусиль на ґрунт, що запобігає осіданню та нахилам.
- *масивна опора* – основний вертикальний елемент, який підтримує конструкцію та сприймає навантаження від ригелів і підферменників. Масивна опора забезпечує жорсткість і стійкість конструкції, переносячи навантаження на фундамент і водночас захищаючи шляхопровід від деформацій, спричинених погодними умовами чи транспортними навантаженнями.
- *ригель* – горизонтальний елемент, що об'єднує верхні частини масивних опор. Ригель забезпечує зв'язок між окремими опорами, розподіляючи навантаження на конструкцію, а також підсилює стійкість і запобігає горизонтальним переміщенням шляхопроводу.
- *підферменники* – елементи, які підтримують основну ферму або прогони моста, передаючи навантаження від них на опору. Вони допомагають розподілити тиск і забезпечують міцність з'єднання між прогонами й опорами, що дозволяє конструкції витримувати динамічні навантаження.
- *опорні частини* – місце контакту прогонових будов з масивною опорою. Опорні частини дозволяють поглинати вертикальні й горизонтальні переміщення, викликані температурними змінами чи навантаженнями від транспорту. Вони також забезпечують плавне переміщення прогони щодо опори, запобігаючи зсувам і руйнуванню.

Кожен з цих елементів забезпечує стабільність та довговічність шляхопроводу, працюючи в комплексі для підтримання та рівномірного розподілу навантаження на конструкцію.

1.4.2 Основні компоненти багатостоякових мостових опор

Багатостоякові мостові опори відрізняються від масивних тим, що замість суцільного тіла, виготовленого з бутобетону або іншого важкого матеріалу, вони складаються з кількох стійок-колон. *Фундаменти* таких опор забезпечують стабільність та розподіл навантаження на ґрунт, але в цьому випадку вони можуть бути більш легкими й гнучкими, адже розраховані на окремі колони, а не на монолітну конструкцію. *Колони* із залізобетону виконують роль основних вертикальних елементів, які підтримують ригелі та передають навантаження від них на фундамент. Це дозволяє зменшити вагу та об'єм матеріалів, а також забезпечує конструкції легкість і прозорість, що важливо для естетики та зниження тиску на ґрунт.

Ригелі, що з'єднують колони між собою, виконують функцію горизонтальних зв'язків, розподіляючи навантаження по всій конструкції та витримуючи вертикальні та горизонтальні зусилля. На ригелі спираються *підферменники*, що підтримують прогонові конструкції, допомагаючи рівномірно розподілити навантаження на колони й захистити опори від надмірних зусиль, які спричиняє рух транспорту. Зони контакту між прогоновими конструкціями та опорами, відомі як *опорні частини*, компенсують переміщення, спричинені температурними змінами чи рухом, і захищають конструкцію від надмірного тиску і зсувів.

Таким чином, багатостоякові опори є більш легкими та економічними, ніж масивні, забезпечують достатню жорсткість і стабільність з меншими витратами на матеріали та монтаж.

1.5 Проблема переміщення транспорту під опорами шляхопроводів і мостів

Проблема переміщення транспорту під опорами шляхопроводів і мостів виникає через те, що вертикальні опорні конструкції можуть значно обмежувати або унеможлиблювати рух транспорту вздовж основного напрямку дороги або річки. Зокрема, автомобільний та річковий транспорт стикаються з низкою труднощів, які впливають на ефективність та безпеку перевезень.

Для автомобільного транспорту вертикальні опори, що підтримують шляхопроводи чи мости, можуть розташовуватися прямо в межах потенційного проїзду, розділяючи полоси або перекриваючи доступ для проїзду транспорту з великими габаритами. Це обмежує ширину проїзної частини під конструкцією і змушує водіїв маневрувати або робити об'їзд. Така ситуація часто призводить до зниження швидкості потоку транспорту та створює потенційні місця для заторів, особливо під час годин пік. Виникає додатковий ризик аварійних ситуацій, коли водії через обмежений простір змушені різко змінювати смугу або знижувати швидкість. Крім того, опори можуть перешкоджати прокладанню додаткових смуг або розширенню існуючих доріг, що обмежує можливості модернізації інфраструктури в густонаселених районах, де транспортне навантаження є високим.

Для річкового транспорту проблема ускладнюється ще більше. Опори, що встановлені у воді або на березі вздовж напрямку річки, можуть обмежувати ширину суднового проходу та висоту мосту, ускладнюючи безпечне проходження під мостом. Судна великого розміру, особливо ті, що мають високий надводний борт, ризикують зачепити міст, якщо висота недостатня. Опори також створюють перешкоди під час маневрування в умовах течії, яка може відхиляти судно вбік, збільшуючи ризик зіткнення з опорою, особливо в умовах поганої видимості або сильного вітру. Це потребує від капітанів суден підвищеної уваги, точних розрахунків і додаткових заходів безпеки.

Через обмежений простір під мостом річкові судна можуть втрачати можливість пересування певними маршрутами, що змушує їх здійснювати додаткові обходи,

витрачаючи більше часу і пального. У свою чергу, це може негативно впливати на річкову логістику, зменшуючи ефективність перевезень вантажів та пасажирів. При проектуванні нових мостів та шляхопроводів ця проблема часто враховується, і деякі опорні конструкції розміщуються так, щоб залишати ширші проходи, але це не завжди можливо з технічної чи економічної точки зору.

Таким чином, проблема переміщення транспорту під опорами мостів і шляхопроводів – це багатогранне питання, яке потребує врахування різних факторів, як-от габарити транспорту, транспортні потоки, навігаційні умови та економічну доцільність. Оптимальні рішення, такі як встановлення підйомних чи розвідних мостів, рідко використовуються через їхню високу вартість і складність експлуатації, що ще раз підкреслює важливість детального планування при створенні мостових конструкцій.

1.6 Висновки за розділом 1

Оптимізація опор мостів та шляхопроводів є важливим аспектом сучасного проектування, оскільки вона безпосередньо впливає на безперешкодний рух транспорту під цими конструкціями. У сучасних умовах, коли зростає обсяги автомобільного та річкового транспорту, забезпечення достатнього простору для проїзду стає пріоритетним завданням для інженерів.

По-перше, конструктивна оптимізація опор дозволяє уникнути створення вузьких місць, що можуть призводити до заторів та аварійних ситуацій. Вільний проїзд під мостом чи шляхопроводом забезпечує кращу організацію транспортного потоку, що, в свою чергу, знижує ризик затримок і покращує загальну ефективність транспортних маршрутів. При цьому, важливо враховувати не лише ширину, а й висоту проходу, оскільки великогабаритні транспортні засоби, такі як вантажівки чи автобуси, потребують значного простору для безпечного маневрування.

По-друге, пролітна будова мосту або шляхопроводу має потенціал служити не лише як конструктивний елемент, але й як захист для транспорту, що рухається під ним, від атмосферних опадів. Це може суттєво покращити умови руху, адже водії

та пасажери не піддаються впливу дощу, снігу чи граду, що забезпечує додатковий комфорт і безпеку. Захист від опадів також має позитивний вплив на саму дорожню поверхню, зменшуючи ризик ковзання і, відповідно, аварійних ситуацій.

Крім того, оптимізація опор сприяє підвищенню довговічності конструкцій. Зменшення навантажень на опори завдяки їх оптимальному розташуванню та конструктивним характеристикам може призвести до зниження витрат на обслуговування і ремонт мостів та шляхопроводів. Це особливо актуально для регіонів із суворими погодними умовами, де часті атмосферні явища можуть прискорити знос конструкцій.

Також варто зазначити, що естетичний аспект проектування мостів і шляхопроводів не слід недооцінювати. Правильно спроектовані опори, які враховують потреби транспорту під ними, можуть стати не лише функціональними елементами, але й важливими архітектурними об'єктами, що прикрашають міський ландшафт. Естетика конструкції, що гармонійно вписується в навколишнє середовище, може підвищити цінність як самої інфраструктури, так і прилеглих територій.

Отже, оптимізація опор мостів та шляхопроводів є комплексним процесом, що вимагає врахування багатьох факторів: від функціональності та безпеки до естетики та довговічності. Впровадження таких рішень дозволить значно покращити транспортну інфраструктуру, забезпечуючи комфортні умови для всіх користувачів.

РОЗДІЛ 2 МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ОПОРИ ШЛЯХОПРОВОДУ ІЗ ПРОЇЗДОМ

2.1 Стислий опис планувального рішення фрагмента шляхопроводу із проїздом під опорою

Через складну містобудівну ситуацію, особливо в обласних і районних центрах України, виникає необхідність створення проїздів у тілі опор шляхопроводів. Хоча проектувальники намагаються уникати таких рішень за рахунок оптимізації опорної системи, цього не завжди вдається досягти. Така ситуація виникає, зокрема, коли під шляхопроводом потрібна дорога-дублер, яка займає нижній рівень, або коли існуючі транспортні мережі та інженерні комунікації неможливо перенести. У таких випадках проектувальникам доводиться застосовувати нестандартні рішення для опор із наскрізним проїздом, які мають бути не лише міцними та довговічними, але й естетично привабливими. Метою цієї роботи є пошук раціонального та естетичного рішення для таких опор та обґрунтування їхньої надійності.

Перебором із урахуванням довготривалих факторів та ризиків, обумовлених складністю містобудівної ситуації, а також, після консультацій із фахівцями Департаменту патрульної поліції Національної Поліції України у якості основного було обрано варіант двохопорної системи із безконсольним ригелем (опора у вигляді перевернутої літери «П» із одним спільним проїздом для обох смуг руху проїзду).

Такий варіант забезпечує високий рівень оглядовості учасникам дорожнього руху в рівні проїзду, однак є найбільш складним у виготовленні та матеріаломістким.

2.2 Опис роботи фрагмента конструкції шляхопроводу під навантаженням

Проектований шляхопровід у м. Вінниці конструктивно являє собою декілька різнотипних за конструкцією та принциповою роботою під навантаженням частин, розділених деформаційними швами, а саме:

- рамної сталезалізобетонної частини шляхопроводу в осях «1-4» над залізничними коліями, що складається з центрального прольоту довжиною 110 м, та двох крайніх прольотів довжиною по 63 м;
- балкової збірно-монолітної залізобетонної частини шляхопроводу, яка складається з двох незалежних частин в осях «0-1» та «4-9», які виконані за збірно-монолітною технологією,
- двох конструктивно подібних ділянок підходів у вигляді земляних споруд у підпірних стінках.

У подальшому розглядається виключно багатопролітна залізобетонна збірно-монолітна частина в осях «4-9».

Конструкція шляхопроводу через залізничні колії з підходами знаходиться на території населеного пункту м. Вінниці.

2.3 Збір навантажень на фрагмент шляхопроводу із проїздом під опорою

2.3.1 Технологічні навантаження від рухомого складу та натовпу пішоходів

Згідно з прийнятими проектними рішеннями на прогонові будови фрагментів шляхопроводу в «4-9» впливають:

- постійні навантаження (власна вага прогонової будови, опор шляхопроводу, вага шафових стінок, перехідних плит, вага перильного та бар'єрного огородження, зусилля попереднього напруження в канатах прогонових балок, вага конструкцій дорожнього одягу і гідроізоляції проїзної частини товщиною 110 мм, навантаження від покривної системи тротуарів Sika товщиною 5 мм), вага щитів незйомної опалубки для бетонування плитної частини (залізобетонні плити товщиною 45 мм);

- тимчасові навантаження, що прийняті у відповідності до чинних норм [10], які складаються з навантаження на проїзну частину (НК-100 та А-15) та тимчасове навантаження на технологічні проходи від натовпу людей, яке складає 400 кг/м^2 .

2.3.2 Кліматичні впливи і сейсмічні впливи

Опори шляхопроводу піддаються різноманітним кліматичним і сейсмічним впливам, які можуть суттєво впливати на їхню довговічність, стабільність і безпеку.

Кліматичні фактори включають температурні коливання, які можуть призводити до теплових деформацій матеріалів. Замороження і розмерзання води, що проникає в пори бетону або стики конструкцій, викликають їх руйнування через ефект морозного розширення. Дощі, особливо у поєднанні з кислотними опадами, можуть спричиняти корозію сталевих елементів та вимивання компонентів бетону. Вітер створює додаткові динамічні навантаження, які особливо небезпечні для високих опор. У районах з рясними снігопадами навантаження від снігу та льоду можуть перевищувати проектні норми, що викликає ризик механічних пошкоджень.

Сейсмічні впливи становлять особливу загрозу для опор шляхопроводів у сейсмічно активних регіонах. Землетруси створюють коливання ґрунту, які можуть викликати нестабільність фундаменту, зсув ґрунту або пошкодження основних конструкцій через перевищення їх розрахункових міцностей. Резонансні явища, що виникають через частотну відповідність коливань ґрунту і конструкції, також можуть призвести до руйнування.

Вплив кліматичних і сейсмічних чинників потребує врахування в процесі проектування, зокрема застосування стійких до корозії матеріалів, армованих конструкцій, антисейсмічних опор і дренажних систем для відведення води. Це забезпечує надійність і безпеку шляхопроводів навіть за складних природних умов.

2.4 Моделювання роботи опори шляхопроводу із проїздом

2.4.1 Опис розробленої моделі

Для вирішення складного науково-практичного завдання з раціонального проектування проїзної опори шляхопроводу з проїздом було розроблено її скінчено-елементну модель засобами програми «Lira-САПР» (рис. 2.1).

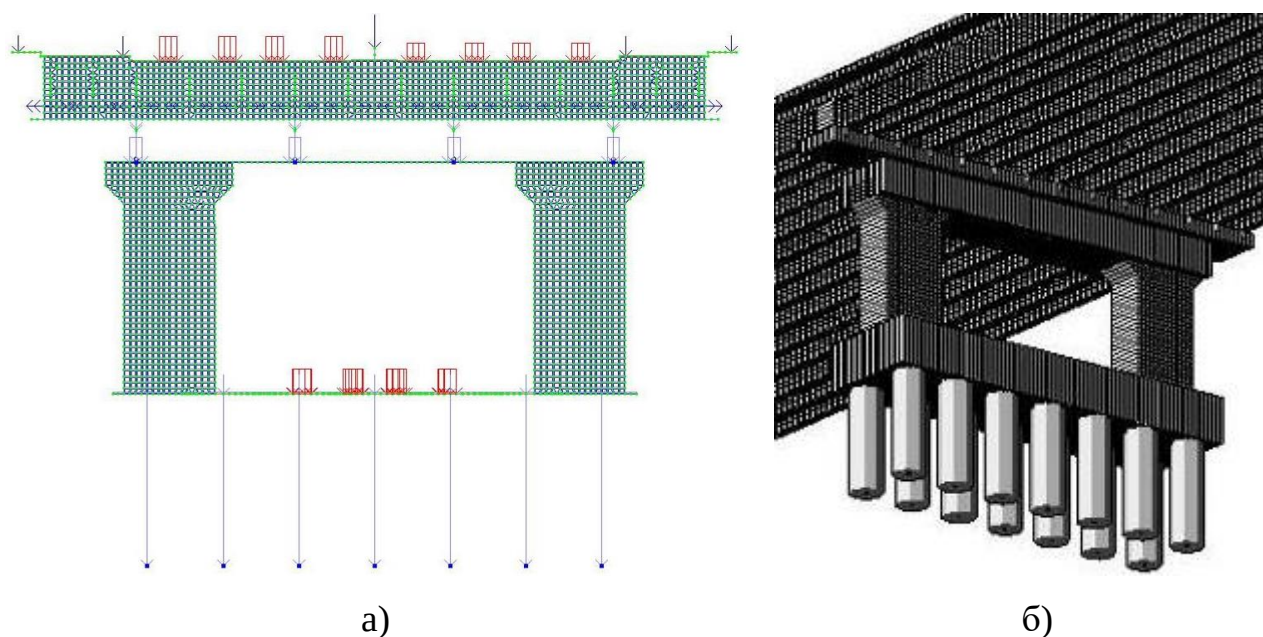


Рисунок 2.1 – Фрагмент розрахункової моделі шляхопроводу: а – пластинчато-стрижнева скінчено-елементна модель під дією тимчасового впливу 4 х А-15 на шляхопроводі та 2 х А-15 у проїзді, б – її тривимірне відображення.

Розрахунок напружено-деформованого стану фрагмента шляхопроводу виконаний шляхом деталізованого моделювання основних елементів у вигляді тривимірної моделі за допомогою програмного комплексу «Lira-САПР», що є комп'ютерною системою для структурного аналізу та проектування, яка базується на методі скінчених елементів у формі можливих переміщень.

Модель фрагмента шляхопроводу поблизу опори з проїздом прийнята у вигляді просторової системи, що складається із пластинчатих елементів, які

імітують роботу монолітної плитної частини, консольних звисів тротуарної плити, монолітних діафрагм, монолітних ростверків, стійок та ригелів опор шляхопроводу, елементи збірних І-подібних прогонових балок, а також, стрижневих елементів, що імітують роботу паль, підферменників, еластомерних опор, зв'язкових елементів між пластинчастими конструкціями для компенсації геометричної неоднорідності, окремих ригелів. Для спрощення моделі введені певні ідеалізації форми компонентів шляхопроводу.

2.4.2 Аналіз стану основних конструктивних елементів

Товщина пластинчастих скінчених елементів плити проїзної частини прийнята сталою, 250 мм; товщина пластинчастих елементів консольного звису тротуарної частини – 250 мм; пластини опорної частини діафрагми – 600 мм; пластини стінок діафрагм проміжних опор – 1200 мм, крайніх опор – 600 мм; пластинчасті елементи ригеля опори шляхопроводу по осі «7» – 1500 мм; пластини стінок, верхньої та нижньої полиць збірних попередньо-напружених балок – 160 мм; пластини колон опори шляхопроводу по осі «7» – 1800 мм.

Класи бетонів для більшості будівельних конструкцій шляхопроводу, а саме: пролітних будов, перехідних плит, діафрагм прийняті згідно з рекомендаціями [10] від C35/40 (B40) до C45/50 (B50). У бік запасу при розрахунках вважаємо всі конструкції виготовлені з класу C35/40 (B40). Палі згідно з проектними рішеннями виготовлені з класу бетону C30/35 (B35). Фізико-механічні характеристики пластинчастих та стрижневих елементів моделі. Модуль пружності знижуємо, в бік запасу, згідно з рекомендаціями методичної літератури. Для всіх пластинчастих елементів $E_{B40} = 0,7 \cdot E_{cd}(B40) = 20 \cdot 10^9 \text{ Па}$, для стрижневих елементів паль $E_{B35} = 18,9 \cdot 10^9 \text{ Па}$. Коефіцієнт Пуассона $\nu = 0,2$, густина $R_0 = 2,5 \text{ т / м}^3$. Крок дискретизації пластинчастої моделі – 100 x 100 мм. Характеристики стрижневих елементів моделі (палі).

Характеристики стрижневих елементів опори по осі «7», що моделюють нерухомі у повздовжньому напрямку опорні частини. Переріз стрижневих

елементів – 620 x 620 мм, висота 128 мм із гумовою подушкою діаметром ~500 мм, товщиною 80 мм. Модуль пружності гуми знижуємо, в бік запасу, згідно з рекомендаціями методичної літератури: $E_{elastic} = 5 \cdot 10^9$ (Па), коефіцієнт Пуассона для твердої гуми $\nu = 0,5$, густина – $R_0 = 1,4$ т / м³.

При моделюванні розглянуто два варіанти роботи паль – з обпиранням на скельний ґрунт (паля – стійка) та при обпиранні на пружний ґрунт (висяча паля).

При виконанні розрахунків напружено-деформованого стану основних несучих конструкцій, якими є всі елементи опори по осі «7» (клас А), було враховано коефіцієнт надійності за відповідальністю за [10, табл. 4.1] $\gamma_r = 1,05$.

На опорі шляхопроводу по осі «7» чинять постійні гравітаційні впливи: власна вага опори, вага прогонової будови, частина ваги перехідних конструкцій в рівні ростверків, вага покриття автодорожньої частини (дорожній одяг) та тротуарів у обох рівнях, вага ізоляційних матеріалів, вага перильного та бар'єрного огорожень, вага стовпів електроосвітлення, вага мереж, що прокладені по прогоновій будові, вага незйомної опалубки, із відповідними коефіцієнтами надійності, що прийняті у відповідності до [5]. Ці навантаження змодельовані корисним навантаженням, прикладеним до пластинчастих елементів прогонових конструкцій.

До тимчасових впливів, які діють на опору по осі «7» згідно з [5] слід віднести: рухомі колісні навантаження НК-100 та А-15, які діють в межах проїзної частини на прогонову будову, навантаження від натовпу пішоходів в межах тротуарів (та проїзної частини, коли колісні впливи відсутні), а, також, кліматичні впливи. НК-100 – чотирьохосний екіпаж з нормативним навантаженням на 1 вісь $P_n = 245$ кН з коефіцієнтом надійності $\gamma_f = 1,0$. А-15 – двовісний візок з нормативним навантаженням на 1 вісь – $P_n = 147,15$ кН + смуга рівномірно розподіленого навантаження на $V_n = 14,7$ кН / м по двом смугам в створі рух коліс. Кількість розрахункових смуг (4 шт.) навантаження А-15 визначено згідно з [8], шляхом ділення габариту проїзду на 3,5 м та заокругленням до цілого. Найбільш

невигідним для опори шляхопроводу по осі «7» є розташування умовних візків А-15 колісних навантажень безпосередньо над опорою. Тимчасове навантаження на тротуарну частину від натовпу пішоходів, прийняте до розрахунку, складає 3,92 кПа, коефіцієнт надійності $\gamma_f = 1,4$ [5]. Інші тимчасові впливи – кліматичні. Для м. Вінниці згідно з [6] – вітровий тиск, 3-й вітровий район $q_{wf} = 0,5 \text{ кПа}$; сніговий тиск, 4-й вітровий район $q_{sf} = 1,4 \text{ кПа}$ (не враховується разом з технологічними впливами, як взаємо виключаючі); товщина кірки ожеледі – 19 мм для 3-го ожеледного району (враховується тільки на металоконструкції бар’єрного та перильного огорожень).

Далі розглянуто поведінку надземних конструкцій опори по осі «7». Дослідження пальового поля опори шляхопроводу по осі «7» із визначенням раціональної глибини залягання підшви палів та оптимальної форми пальового поля не розглядалося.

Розрахунки потрібного армування ригельної системи, колон та ростверків опори шляхопроводу з проїздом виконані за методикою, викладеною у розділі 3 [10].

А) Розрахунок ригеля опори шляхопроводу з проїздом.

Шляхом порівняння було встановлено, що комплекс динамічних навантажень від візків А-15 викликає більші значення внутрішніх моментних факторів, ніж навантаження від екіпажу НК-100, тому у подальшу розглядалися тільки ці впливи.

Розподіл згинальних моментів в елементах ригеля опори шляхопроводу по осі «7» при найбільш не вигідному розташуванні візків тимчасових впливів 4 х А-15 показані на рис. 2.2. Локалізація найбільш напружених ділянок ригеля при цьому добре прослідковується (ділянка ригеля, що межує з внутрішнім краєм капітелей опорних колон. Розрахунковий згинальний момент у ригелі в напрямку глобальної осі Ох при урахуванні комбінації навантажень із тимчасовим впливом від рухомого навантаження 4 х А-15 з урахуванням натовпу пішоходів складає $M_{x, \max} = +1100 \text{ кН} \cdot \text{м} / \text{м.л.}$ (пролітний момент) та $M_{x, \min} = -1700 \text{ кН} \cdot \text{м} / \text{м.л.}$ (опорний момент).

Ці моменти впливають відповідно на нижнє і верхнє армування ригеля по осі «7» (поперек осі ригеля). Те саме у робочому напрямку по осі Оу: $M_{y, \max} = +2730 \text{ кН} \cdot \text{м} / \text{м.л.}$,

$M_{y, \min} = -3010 \text{ кН} \cdot \text{м} / \text{м.п.}$ Робочим напрямком для ригеля опори по осі «7» є напрямок по осі Oy (вздовж ригеля, поперек осі шляхопроводу).

Конструкції ригеля згідно з рекомендаціями [10, 13] запроектована з бетону класу C35/40 (B40).

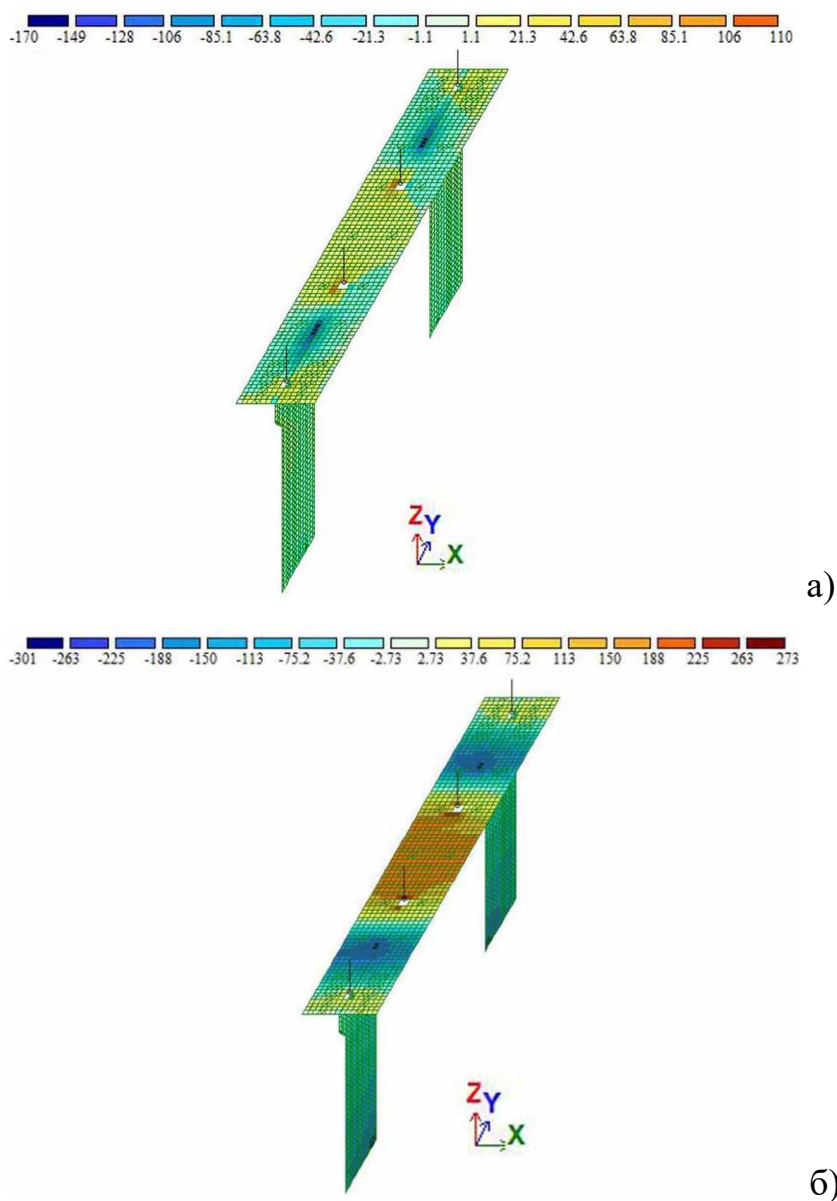


Рисунок 2.2 – Згинальні моменти надземної частини опори шляхопроводу з проїздом при комбінацій навантажень із тимчасовими рухомими навантаженнями А-15: а – M_x , б – M_y , тм/м.п.

Згідно з виконаними розрахунками за методикою граничних станів першої та другої груп за [10, 14, 13] виявлено, що основне робоче армування верхньої та

нижньої зон розрахункового прямокутного перерізу шириною 1 м ригеля в напрямку осі $0x$ повинно бути виготовлене у вигляді стрижнів діаметром 25 мм. Крок та схема розташування показані на рис. 2.3,а). Згідно з виконаними розрахунками потрібне з умов міцності, жорсткості і тріщиностійкості робоче армування нижньої зони розрахункового прямокутного перерізу шириною 1 м в напрямку осі $0y$ – стрижні діаметром 32 мм класу А400. Крок та схема розташування показані на рис. 2.3,б).

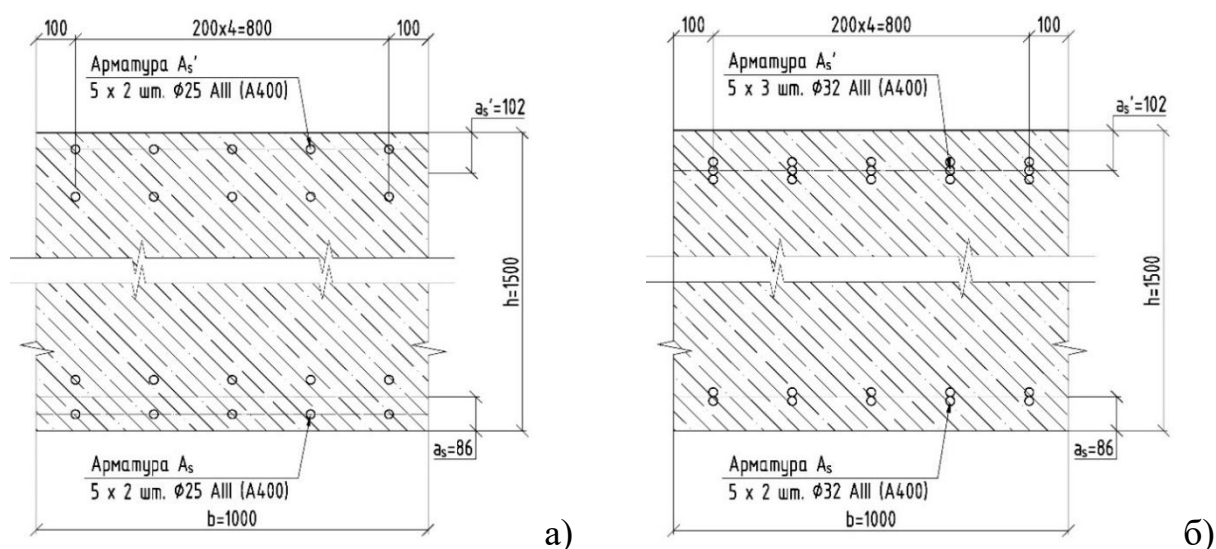


Рисунок 2.3 – Визначене за розрахунком армування 1 м.п. ригеля опори шляхопроводу з проїздом: а – армування по $0x$ (поперек осі ригеля, вздовж шляхопроводу), б – те саме у робочому напрямку, вздовж ригеля.

Б) Розрахунок колон опори шляхопроводу з проїздом.

Перебором варіантів впливів розрахункових комбінацій виявлено найбільш не вигідний варіант завантаження колон опори шляхопроводу по осі «7». Цим варіантом виявилася комбінація навантажень із урахуваннями тимчасових рухомих впливів при найбільш не вигідному розташуванні візків 4 х А-15 (шляхопровід) та 2 х А-15 (у проїзді) безпосередньо над ростверками, тобто, аналогічно не вигідному завантаженню ригеля. Розподіл силових та моментних факторів у колонах наведено на рис. 2.4.

Розрахунками виявлено, що пластинчасті скінченні елементи, в яких виникають максимальні за модулем стискаючі напруження інтенсивністю $N_{y, \min} = -9,46 \text{ МПа}$ розташовані в основі колон опори шляхопроводу з проїздом із внутрішнього боку в перерізах поблизу ростверків, а, також, у перерізах, розташованих безпосередньо під капітелями.

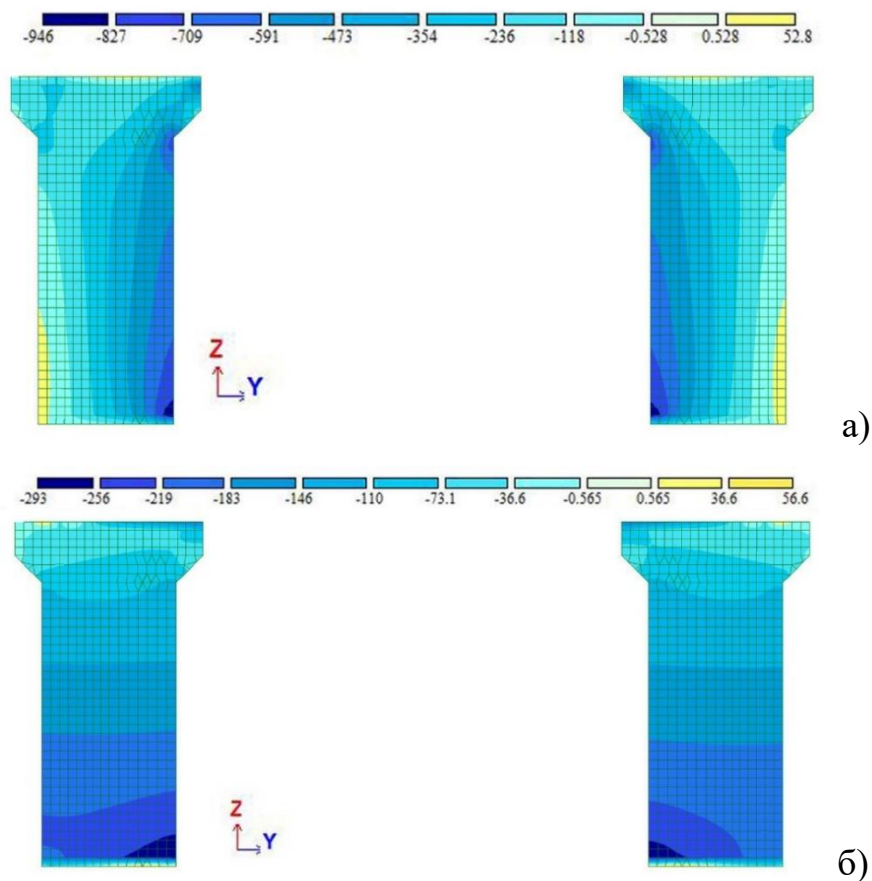


Рисунок 2.4 – Розподіл осьових напружень в колонах опори шляхопроводу з проїздом при комбінації навантажень із тимчасовими рухомими навантаженнями 4 х А-15 в рівні пролітної будови та 2 х А-15 у проїзді над ростверками: а – N_y , т/м², б – M_y , тм/м.п.

Зазначені напруження мають сприйматися бетонним каменем та арматурою колони. З урахуванням моментної складової, стискаючі напруження значно більші

$$N_{c, \min} = -1,47 \cdot 10^3 \text{ т} / \text{м}^2 = -14,7 \text{ МПа}.$$

Умова міцності при стиску:

$$|N_{e, \min}| \leq f_{cd} \quad (2.1)$$

Оскільки $(|N_{e, \min}| = 14,7 \text{ МПа}) < (f_{cd} = 20 \text{ МПа})$, найбільш напружених (стиснутих) волокон перерізу колони опори по осі «7» забезпечена.

На зовнішній поверхні опори шляхопроводу локалізовані ділянки із розтягувальними напруженнями (див. рис. 2.4,а) – $N_{y, \max} = +0,528 \text{ МПа}$. Ці напруження мають сприйматися виключно арматурою. З урахуванням моментної складової ці напруження збільшуються до величини – $N_{e, \max} = +4,74 \text{ МПа}$.

Загальна товщина скінченого елемента розтягнутого волокна $\Delta = 0,2 \text{ м}$. Загальна ширина скінченого елемента розтягнутого волокна $b = 1,8 \text{ м}$.

Рівнодійна напружених розтягнутих волокон в цій зоні визначається за виразом (2.2):

$$R_y = N_{e, \max} \cdot b \cdot \Delta, [\kappa\text{Н}] \quad (2.2)$$

Підставляючи дані у формулу (2.2) отримуємо $R_y = 4,74 \cdot 10^6 \cdot 1,8 \cdot 0,1 = 853 (\kappa\text{Н})$.

Виходимо з припущення, що бетонний камінь не може сприймати розтягувальні напруження, а ці напруження мають сприйматися виключно арматурою. Прийняте, з конструктивних міркувань, армування масивних колон у зоні розтягу за мінімальним відсотком армування – стрижні діаметром 32 мм класу А400, 8 шт., $A_s = 6434 \text{ мм}^2$.

Фактичні напруження у розтягнутій верхній арматурі:

$$\sigma_x = R_x \cdot \gamma_r / A_s = 853 \cdot 10^3 \cdot 1,05 / 6434 \cdot 10^{-6} = 140 (\text{МПа}) \quad (2.3)$$

Допустимі напруження у арматурі А-III $f_{yd} = 350 \cdot 10^3 \text{ МПа}$.

$(\sigma_x = 140 \text{ МПа}) < (f_{yd} = 350 \cdot 10^3 \text{ МПа})$. Умову виконано. Міцність розтягнутого армування найбільш навантаженої колони проїзної мостової опори забезпечено.

Крім наведених у п. А) і Б) результатів розрахунків, було виконано комплексне оцінювання міцності похилих перерізів всіх надземних конструктивних елементів опори шляхопроводу із проїздом, оцінено величини деформацій та тріщиностійкість, а, також, оцінено коефіцієнти надійності найбільш важливих конструктивних елементів опори.

Прогини ригеля опори шляхопроводу з проїздом від експлуатаційних впливів не перевищують 30 мм, що менше запасу (150 мм), врахованого при проектуванні проїзного прорізу.

Розрахунками встановлено наступне. Міцність ригеля опори шляхопроводу у м. Вінниці по осі «7», виходячи з умови улаштування армування, у кількості не менше зображеного на рис. 2.3, забезпечена. При цьому коефіцієнт використання перерізу не перевищує 0,773.

Міцність колон опори з проїздом перерізом у плані 3 x 1,8 м забезпечена при улаштуванні рівномірного проектного армування із кроком 200 мм діаметром 32 мм класу А400 по зовнішньому контуру колони. При цьому коефіцієнт використання перерізу не перевищує 0,735.

Розрахунки за другою групою граничних станів фрагментів шляхопроводу в осях «4-9» в зоні проїзної опори доводять наступне. Прогини ригеля опори шляхопроводу з проїздом від експлуатаційних впливів не перевищують 30 мм, що менше запасу (150 мм), врахованого при проектуванні проїзного прорізу.

2.5 Висновки за розділом 2

Деталізованим моделюванням напружено-деформованого стану пропонованого конструктивного рішення опори шляхопроводу з проїздом методом скінчених елементів для реальної проектованої споруди шляхопроводу у м. Вінниці встановлено найбільш небезпечні ділянки основних конструктивних компонентів опори. Для ригелів напруженими ділянками є фрагменти поблизу внутрішніх обрізів капітелей колон, для колон – внутрішні та зовнішні ділянки поблизу

ростверків, для ростверків, подібно ригелям, ділянки поблизу внутрішніх обрізів колон та серединний переріз. Встановлено, також, що для проїзних опор найбільш небезпечним виявилася комбінація впливів із тимчасовим впливом рухомих навантажень А-15 одночасно у проїзді та на шляхопроводі, безпосередньо над опорою. При цьому не вигідна кількість смуг навантажень А-15 встановлюється за максимально можливою величиною кількості смуг руху в рівні шляхопроводу і проїзду. Ці висновки можна розповсюдити також на конструктивно подібні проїзні пори інших шляхопроводів.

Зазначений аналіз моделей споруди дозволив підібрати раціональні конструктивні параметри ригелів, колон та ростверків. При моделюванні встановлено, що висота та ширина перерізу ригеля обумовлюється, в основному, транспортним проїзним габаритом, раціональна довжина колон співставна з висотою ригеля, що слід помножити на коефіцієнт (1,5 ... 2,0).

Методика раціонального проектування проміжної опори шляхопроводу з проїздом описана на прикладі реальної споруди, що проектується у м. Вінниці. Клас наслідків (відповідальності) споруди шляхопроводу – СС-3 (значні наслідки) [7]. За [10] клас відповідальності споруди – І (шляхопроводи та естакади завдовжки понад 600 м). На рис. 3.1 показано містобудівну ситуацію в зоні проектованої проміжної опори шляхопроводу, а на рис. 3.2 показано пропонуване архітектурне рішення. Добре видно, що проектований проїзд повинен перетнути тіло опори по осі.

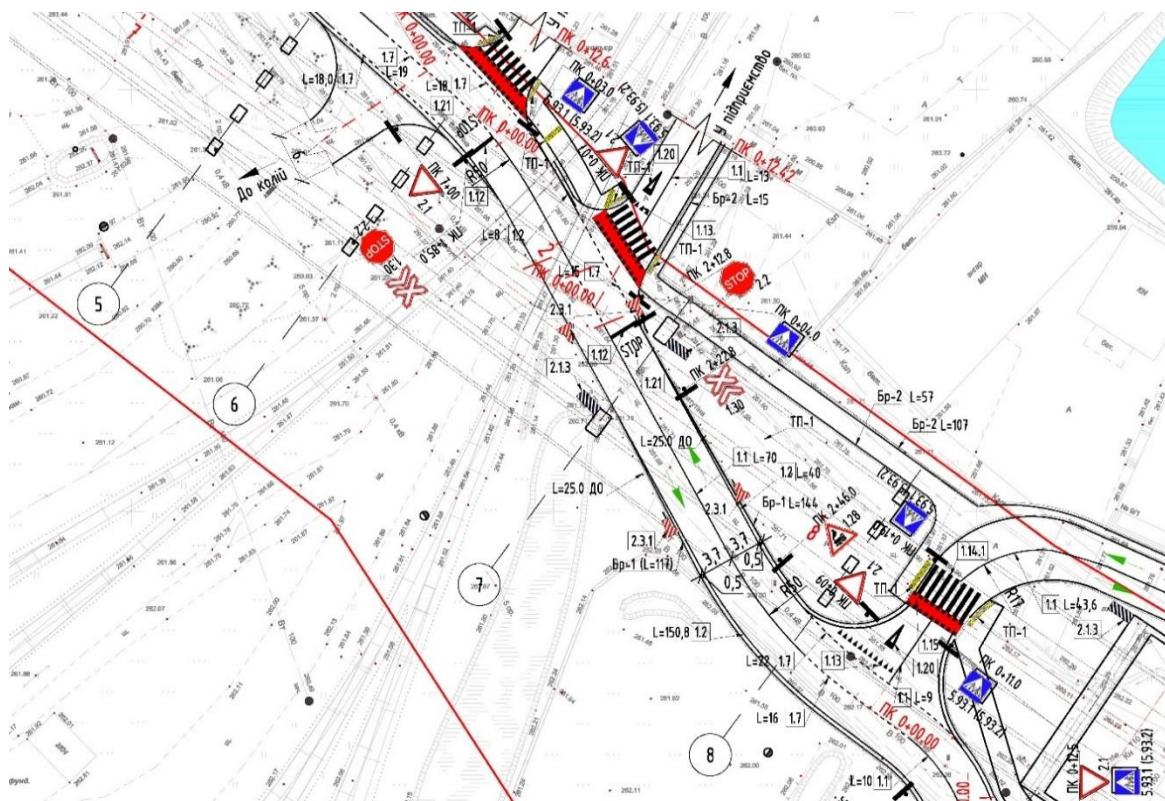


Рисунок 3.1 – Містобудівна ситуація під проєктованим шляхопроводом над залізничними коліями (показано тонкими лініями) у м. Вінниці в осях «5-9».

Опора по осі «7» – з наскрізним проїздом.



Рисунок 3.2 – Пропоноване архітектурне рішення фрагмента в осях «5-9» проєктованого шляхопроводу над залізничними коліями у м. Вінниці, включаючи проміжну опору з наскрізним проїздом.

Складна містобудівна ситуація пояснюється збігом не вигідних факторів, а саме, наявністю декількох близько розташованих залізничних колій та трьох стрілкових систем колій, організація проїзду через які заборонені технічними умовами АТ «Укрзалізниця» та відповідними нормативними документами.

На зазначені вище містобудівні складнощі накладається складність та неоднорідність інженерно-геологічних умов майданчика забудови, що утруднює проєктування опор шляхопроводу та їх фундаментів.

Таким чином, опора по осі «7» в верхньому рівні повинна сприймати навантаження від пролітної будови, а в нижньому рівні забезпечувати можливість проїзду автотранспорту по двохсмуговій автомобільній дорозі.

Типові опори шляхопроводу (наприклад, опора по осі «8», що зображена на передньому плані (рис. 3.2) спроектовані у вигляді чотирьох колон прямокутного перерізу, об'єднані в рівні оголовків ригельною системою. Ригелі, в свою чергу,

сприймають навантаження від нерозрізної залізобетонної монолітної прогонової будови у вигляді довгомірної ортотропної ребристої плити з балок, діафрагм та накладної плитної конструкції. Опори передають навантаження на плитні ростверки, а ті, в свою чергу, на пальове поле.

3.2 Конструктивне рішення опори з проїздом

3.2.1 Опис конструкції фундаментів

Пальовий фундамент є одним із найефективніших рішень для опор шляхопроводів завдяки його здатності забезпечувати надійність, стабільність і довговічність конструкції навіть у складних геотехнічних умовах. Він дозволяє ефективно передавати навантаження від конструкції на глибші шари ґрунту, які мають вищу несучу здатність, що робить його незамінним на ділянках зі слабкими або нестабільними верхніми шарами ґрунту, такими як торфи, мулисті піски або глини. Пальовий фундамент також забезпечує високу стійкість до нерівномірного осідання, оскільки палі можуть бути встановлені на різну глибину залежно від геологічних умов.

Крім того, пальові фундаменти ефективні в умовах високого рівня ґрунтових вод, де традиційні стрічкові чи плитні фундаменти можуть бути недостатньо надійними через ризик розмивання. Палі також здатні витримувати значні динамічні навантаження, що особливо актуально для шляхопроводів, які піддаються вібраціям і впливу руху транспорту. У сейсмічно активних зонах палі забезпечують додаткову стабільність завдяки проникненню в глибокі шари ґрунту, які менш схильні до зсувів.

З технічної точки зору, пальовий фундамент може бути виконаний у різних варіантах: забивні палі, буронабивні чи гвинтові палі, що дозволяє адаптувати конструкцію під конкретні умови місцевості. Крім того, використання пальового фундаменту скорочує обсяг земляних робіт і дозволяє зменшити вплив на

навколишнє середовище під час будівництва. Саме завдяки цим властивостям паливий фундамент є оптимальним вибором для опор шляхопроводів у широкому спектрі умов.

Подальший опис пропозицій стосовно конструкції фундаментів описаний на прикладі проїзної опори шляхопроводу, що проектується у м. Вінниці.

На рис. 3.3 наведений приклад плану пального фундаменту опори шляхопроводу по осі «7». На рис. 3.4 – поздовжній розріз по фундаменту.

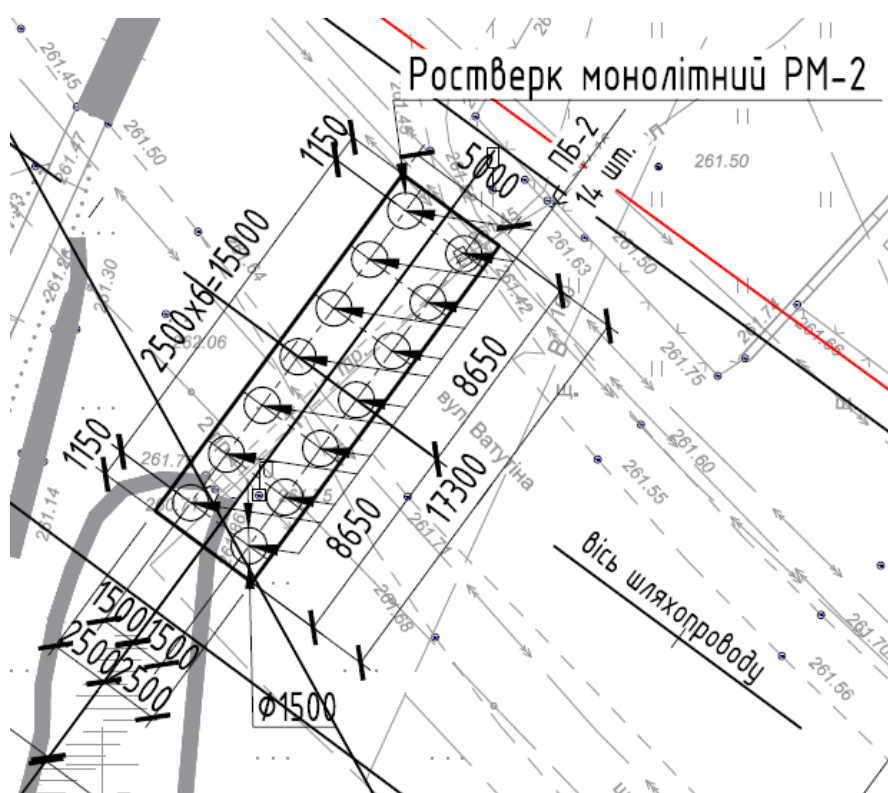


Рисунок 3.3 – План пального фундаменту по осі «7»

Прийняті бурові палі, що влаштовуються під захистом обсадної труби, діаметром 1500 мм довжиною 20,5 м. Палі у кількості 14 шт. влаштовуються у два ряди з кроком 2,5 м (рис. 3.4). Діаметр та довжина палей встановлена розрахунками із врахуванням геологічної ситуації.

Згідно з цими міркуваннями пропонується така методологія конструювання ростверків:

- 1) Призначають конструктивну висоту ростверків, які повинні бути на 20 – 40% товщими за висоту ригеля.
- 2) Розраховують та раціонально розташовують пальове поле за таким загальним принципом – під стійками – згущене багаторядне поле, в зоні проїзду – розріджене.

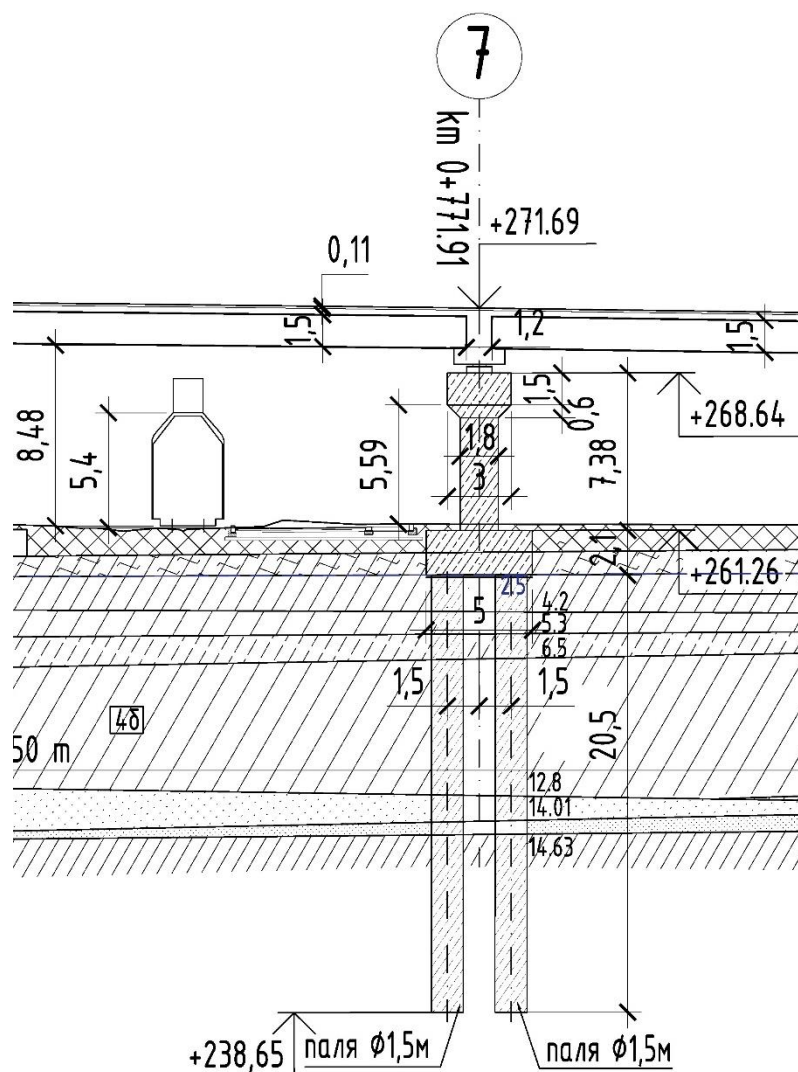


Рисунок 3.4 – Поздовжній переріз опори по фундаменту по осі «7»

Оскільки плитний ростверк являє собою жорстку основу дороги проїзду необхідно улаштовувати перехідні плити, які мають одним боком спиратись на ростверки опори, а іншим – на лежневі опори.

Перехідні плити доцільно приймати напівзаглибленого типу, що перекривають автодорожню і тротуарні частини. Робоче армування перехідних плит слід розташовувати у повздовжньому напрямку. Поперек прольоту армування перехідних плит – конструктивне.

Лежневі опори доцільно проектувати на щебеневій подушці товщиною 500 мм, підсиленої георешіткою. Переріз лежневих опор – прямокутний, 500 x 600 (h) мм, з бетону класу В30 (С25/30). Рекомендована робоче армування лежневі опори улаштовуються вздовж осі, двохрядне, згори та знизу.

3.2.2 Опис конструкції колон і ригелів

А) Конструкції ригелів

Конструкції ригеля для проїздних опор шляхопроводу слід проектувати прямокутним. Бетон згідно з рекомендаціями [9, 13] слід обирати не нижче класу С25/30. Для розглянутого прикладу обрано бетон класу С35/40 (В40). Згідно з виконаними у п. 2.4.2 розрахунками виявлено, що основне робоче армування верхньої зони розрахункового прямокутного перерізу шириною 1 м ригеля в напрямку вздовж шляхопроводу, поперек ригеля повинно бути виготовлене у вигляді стрижнів діаметром 25 мм класу А400, улаштованих з кроком 200 мм у два ряди. Нижнє армування – стрижні діаметром 25 мм класу А400, улаштовані з кроком 200 мм у два ряди (див. рис. 2.3,а). Згідно з виконаними у п. 2.4.2 розрахунками потрібне з умов міцності, жорсткості і тріщиностійкості робоче армування нижньої зони розрахункового прямокутного перерізу шириною 1 м в напрямку осі 0у (вздовж ригеля, поперек осі шляхопроводу) – спарені по висоті стрижні діаметром 32 мм класу А400, улаштовані з кроком 200 мм, в верхній зоні

– трійки стрижнів діаметром 32 мм класу А400, улаштовані з кроком 200 мм (див. рис. 2.3,б).

Пропонується така методологія підбору раціональних параметрів ригелів:

- 1) Виходячи з габариту проїзду вантажного транспорту та кількості смуг руху проїзду встановлюють висоту та ширину потрібного прорізу в опорі, Лп. Цей параметр слід погодити з Національною поліцією України.;
- 2) За визначеною на попередньому етапі шириною проїзду слід обчислити висоту ригеля, яка складає за результатами модельних розрахунків та рекомендацій науковців повинна складати $(1/6 \dots 1/8)$ від Лп;
- 3) Ширину перерізу ригеля встановлюють за міцнісними розрахунками за методикою граничних станів;
- 4) Наприкінці підбирають бетон та арматуру ригеля згідно з вимогами [10, 9 ... 13] та виконують остаточне конструювання.

Б) Конструкції колон.

Пропонується така методологія підбору раціональних параметрів колон опор з проїздом:

- 3) Призначають довжину колони (розмір у площині рами опори), що має бути співставна з висотою ригеля, яку слід помножити на коефіцієнт $(1,5 \dots 2,0)$;
- 4) Розраховують ширину ствола колони, яка повинна бути на 20-30% менше ширини ригеля;
- 5) Різницю ширини ригеля та ствола колони компенсує капітель колони, яку рекомендується проектувати у вигляді зрізаної піраміди, більшою основою встановленою догори, безпосередньо над стволом колони;
- 6) Довжину колони у плані визначають з умов міцності і жорсткості П-подібної рами опори з проїздом;
- 7) Наприкінці підбирають бетон та арматуру ствола та капітелей колон згідно з вимогами [10, 9 ... 13] та виконують остаточне конструювання.

3.3 Недоліки опор шляхопроводів із проїздом

Опори шляхопроводів із проїздом мають низку недоліків, які зумовлюють їх високу вартість, складність у будівництві та експлуатації.

Одним із ключових недоліків є значна вартість будівництва, яка обумовлена великими обсягами використання матеріалів, зокрема бетону високої марки та армувальних конструкцій. Для таких опор часто потрібні спеціальні матеріали з підвищеною міцністю чи антикорозійними властивостями, а також застосування дорогих технологій для їхнього монтажу. Це призводить до збільшення вартості проекту загалом.

Ще одним суттєвим недоліком є складність опалубки, яка вимагає виготовлення спеціальних опалубних форм для точного відтворення складної геометрії опори, з урахуванням капітелі. Ці опалубки мають бути достатньо міцними, щоб витримувати вагу бетону, і водночас забезпечувати легке зняття після застигання конструкції. Процес виготовлення та монтажу такої опалубки є трудомістким і потребує висококваліфікованого персоналу, що збільшує трудозатрати та вартість робіт.

Зведення опор із проїздом також є складним через їхні великі розміри та масу. Це вимагає використання потужної будівельної техніки, включаючи крани великої вантажопідйомності, бурильні установки для фундаментів, а інколи навіть спеціальних плавучих платформ, якщо шляхопровід будується над водоймами. Така складність монтажу підвищує ризики виникнення технологічних помилок і потребує ретельного контролю якості на всіх етапах.

Крім того, через складність конструкції збільшується тривалість будівництва, що може викликати незручності для транспортного потоку та підвищує витрати на організацію будівельного майданчика. Усі ці фактори разом роблять опори шляхопроводів із проїздом менш привабливими для будівництва в порівнянні з іншими типами опор, якщо немає особливих технічних чи містобудівних вимог.

3.4 Висновки з а розділом 3

Зведення опор шляхопроводів із наскрізним проїздом з впровадженням інноваційних рішень дозволяє оптимізувати використання простору під мостом і створює можливості для додаткових функціональних зон, з урахуванням чинних вимог інклюзивності та безбар'єрного пересування, що особливо актуально у міських умовах. Конструювання таких опор рекомендується виконувати у наступній послідовності:

- 1) Виходячи з габариту проїзду вантажного транспорту та кількості смуг руху проїзду встановлюють висоту та ширину потрібного прорізу в опорі, Лп. Цей параметр слід погодити з Національною поліцією України.
- 2) За шириною проїзду призначають висоту ригеля, яка складає $(1/6 \dots 1/8)$ від Лп.
- 3) Ширина перерізу ригеля встановлюється за міцнісними розрахунками за методикою граничних станів.
- 4) Призначають довжину колони (розмір у площині рами опори), що має бути співставна з висотою ригеля, яку слід помножити на коефіцієнт $(1,5 \dots 2,0)$.
- 5) Розраховують ширину ствола колони, яка повинна бути на 20-30% менше ширини ригеля;
- 6) Різницю ширини ригеля та ствола колони компенсує капітель колони, яку рекомендується проектувати у вигляді зрізаної піраміди, більшою основою встановленою догори, безпосередньо над стволом колони;
- 7) Призначають конструктивну висоту ростверків, які повинні бути на 20 – 40% товщими за висоту ригеля.
- 8) Для проїзних опор рекомендується пальові фундаменти, які забезпечують стійкість споруди навіть у складних ґрунтових умовах, що підвищує її довговічність та надійність.
- 9) Розраховують та раціонально розташовують пальове поле за таким загальним принципом – під стійками – згущене багаторядне поле, в зоні проїзду – розріджене.

10) Проектують монолітні перехідні плити напівзаглибленого типу, які сприяють плавному розподілу навантажень, зменшуючи вплив осадок і деформацій на основну конструкцію.

11) Підбирають бетон та арматуру конструктивних компонент опори згідно з вимогами [10, 9 ... 13]. Клас бетону компонент опори повинен бути не нижче С25/30. Рекомендований клас робочого армування – А400.

Усі ці рішення спільно дозволяють не лише продовжити строк служби шляхопроводу, але й знизити експлуатаційні витрати, підвищуючи її економічну ефективність. Однак важливо враховувати, що впровадження таких рішень потребує ретельного проектування, високої кваліфікації виконавців та відповідних технічних засобів для реалізації, що може ускладнити процес будівництва та підвищити його вартість.

РОЗДІЛ 4 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Архітектурно-будівельні рішення

Запроектований автодорожній шляхопровід через залізничні колії у створі вул. Академіка Янгеля та вул. Левка Лук'яненка у м.Вінниці має чотири смуги руху (по дві в кожному напрямку) та вело-пішохідні доріжки з обох боків.

Ширина шляхопроводу змінна - від 22,1м до 26,1м. По довжині шляхопровід складається з центральної мостової багатопролітної ділянки, довжиною 425 м та, примикаючих до неї, земляних споруд з підпірними стінами змінної висоти. Висота підпірних стін збільшується від рівня перехрестя проїздної частини по вул. Академіка Янгеля на початку шляхопроводу до рівня центральної мостової частини, та зменшується в напрямку вул. Левка Лук'яненка до закінчення шляхопроводу на рівні перехрестя з кільцевим рухом. У місті примикання земляних споруд до центральної мостової частини влаштовано деформаційні шви.

За конструктивною схемою мостову центральну частину шляхопроводу виконано рамно-балковою. Рамна сталезалізобетонна ділянка мосту в осях «1-4» проходить над залізничними коліями, є трьохпрольотною із головним центральним прольотом довжиною 110 м та примикаючими прольотами по 63 м. Несучі конструкції - сталеві балки двотаврового перерізу. Балкова ділянка від вул. Академіка Янгеля в осях «0-1» однопролітна, має вигляд залізобетонної ортотропної збірно-монолітної плити довжиною 33 м, складається із залізобетонних і-подібних балок висотою 1,5 м (збірні конструкції) та верхньої об'єднуючої плити товщиною 250 мм (монолітна конструкція). Балкова ділянка від вул. Левка Лук'яненка до центральної частини мосту в осях «4-9» п'ятипролітна, має вигляд залізобетонної ортотропної збірно-монолітної плити, загальною довжиною 156 м.

П'ять прольотів, починаючи від сталезалізобетонної частини, мають довжини: 33 м, 20 м, 36 м, 34 м, 33 м. Кожний прольот складається із збірних конструкцій у вигляді і-подібних балок висотою 1,5 м, які з'єднані монолітною силовою плитою

товщиною 250 мм (в межах проїжджої частини). Між конструктивними частинами шляхопроводу влаштовано деформаційні шви.

Конфігурація шляхопроводу в плані складна, зі змінним напрямком, на поворотах має радіусні ділянки із зміною висот в поперечному профілі на початку та на закінченні мостової частини шляхопроводу по осям "0" та "9" (див. арк.АР-3, АР-5). З огляду на складну конфігурацію в плані, фасади шляхопроводу виконано у вигляді розгорток від початку опорової конструкції (підпірної стіни) від вул. Академіка Янгеля до закінчення опорової конструкції по вул. Левка Лук'яненка. Позначення точок розгортки виконано на Плані-схемі шляхопроводу (див. арк.-ГЧ-3) та на Головних фасадах (див. арк. ГЧ-6, ГЧ-7).

Фасад підмостової поверхні шляхопроводу виконано на арк. ГЧ-8. Повздовжній розріз 1 – 1 проходить по центру смуги проїжджої частини від початку опорової конструкції від вул. Академіка Янгеля до закінчення опорової конструкції по вул. Левка Лук'яненка.

Об'ємно-планувальне рішення шляхопроводу складається із трьох об'ємів: центральної мостової частини та примикаючих до неї під'їзних шляхів на штучно зведених підйомах по зростаючих підпірних стінах. Підпірні стіни створюють загальний вигляд масивних опорних "тримаючих" об'ємів з обох боків, до яких кріпиться видовжена мостова частина.

Масивність опорних частин шляхопроводу підкреслює витонченість пролітної частини, створюючи загальне враження легкості та невагомості моста. Ритм підтримуючих рядів колон між прольотами та монолітні балки з арочним примиканням на опорах з боків центральної частини мосту над залізничними коліями, візуально акцентують увагу на головній композиційній домінанті моста - точки сприйняття якої розташовані вздовж залізничних шляхів. Саме цей центральний прольот, що обрамляється арочними балками буде найбільш активно споглядатись при в'їздах та виїздах з міста на курсуючих потягах. Арочні плавні лінії на опорах балок та тонкі опорні елементи - створюють враження "літаючого" у повітрі полотна дороги, що відривається від масивних опор.

4.1.1 Опис конструктивного рішення фрагмента шляхопроводу в осях «4-9», в зоні впливу колони з проїздом

Залізобетонна балочна частина шляхопроводу в осях «4-9» являє собою багатопролітну нерозрізну збірно-монолітну конструкцію довжиною в осях 156 м у вигляді ортотропної збірно-монолітної плити, сформованої двома діафрагмами, улаштованими по осях «4», «5», «6», «7», «8» та «9», до яких приєднано збірні залізобетонні І-подібні збірні попередньо напружені балки (14 шт.) довжиною 31.68 м, 18.8 м, 34.8 м, 32,8 м та 31,3 м (у прольотах, відповідно, «4-5», «5-6», «6-7», «7-8», «8-9»), плитною частиною товщиною в межах автодороги 250 мм. Плитна частина діафрагм забезпечує передачу навантажень від балок до опорних частин.

Плитна частина прогонової споруди в осях «4-9», а, також, опорна (плитна) частина діафрагм по осях «4», «5», «6», «7», «8» та «9» мають двобічні ухили у напрямку від осі дороги до тротуарів.

Плитна монолітна та збірна балочна частина прогонової будови шляхопроводу в осях «4-9» зв'язані за рахунок арматурних Г-подібних випусків з І-подібних балок.

Згадана конструкція спирається на систему опорних частин стаканного типу (по 4 опори по осях «4», «5», «6», «7», «8» та «9» відповідно). Опори стаканного типу по осі «7» не рухомі у повздовжньому напрямку, по інших осях («4», «5», «6», «8» та «9» - рухомі.

Опори стаканного типу, у свою чергу, спираються на проміжну опору шляхопроводу по осях «4», «5», «6», «7», «8» та масивну монолітну залізобетонну опору по осі «9», яка межує з конструкціями підпірних стінок підходів вздовж вул. Левка Лук'яненка.

Конструкція опори по осі «4» - колоно-ригельного типу. Опора виконана у вигляді чотирьох колон прямокутного перерізу 2,3 (2,5) м x 1,5 м, які спираються на плитні ростверки, що передають навантаження від опори на куц буронабивних

паль діаметром 1,5 м (20 шт.) типу ПБ-2. Над колонами улаштовано монолітний залізобетонний ригель шестикутного перерізу.

Конструкції опор по осях «5», «6», «8» - конструктивно подібні, також, колонно-ригельного типу. Опори виконані у вигляді чотирьох колон прямокутного перерізу 1,8 м х 1,2 м, які спираються на плитні ростверки товщиною 1,5 м, що передають навантаження від опори на куц буронабивних паль діаметром 800 мм (14 шт.) типу ПБ-1.

Конструкція опори по осі «7» розроблена на основі рекомендацій, наведених у розділі 3. Ця опора колоно-ригельного типу є найбільш навантаженою опорою всієї опорної системи прогонової будови в осях «4-9» (див. п.п. 4.2.1). Опора виконана у вигляді двох колон, які спираються на плитні ростверки, що передають навантаження від опори на куц буронабивних паль. Поверх колон виконано капітальне поширення у вигляді зрізаної піраміди по 600 мм у всі боки. На капітелі спирається посилений залізобетонний ригель. Ця опора шляхопроводу забезпечує проїзд під ригелем поверх ростверків.

Опора по осі «9» являє собою масивну стіну товщиною 2,6 м, вісь якої перпендикулярна осі дороги. Стіна спирається на плитні ростверки палевих фундаментів товщиною 1,5 м, які об'єднують куц буронабивних паль типу ПБ-1 діаметром 800 мм довжиною близько 20 м у кількості 22 шт. Опора по осі «9» має шафову стінку на яку спираються перехідні конструкції.

4.1.2 Детальний опис конструктивного рішення опори з проїздом

Конструкція опори по осі «7» у вигляді «П»-подібної рами колоно-ригельного типу законструйована за пропонованою у розділі 3 методикою. Для конкретного шляхопроводу у м. Вінниці вона є найбільш навантаженою опорою всієї опорної системи фрагмента шляхопроводу в осях «4-9» через потребу передачі на фундамент горизонтальних складових навантажень від усього фрагмента. Для сприйняття навантажень від надземних конструкцій опори та передачі їх на ґрунтову основу запроектовано дві колони прямокутного перерізу 3,0 х 1,8 м, які спираються

на плитні ростверки товщиною 2,1 м, що передають навантаження від опори на куш з чотирнадцяти буронабивних паль діаметром 1500 мм. Ростверки прийняті суцільними, для уникнення надмірних навантажень на оголовки паль та для перерозподілу гальмівних та інерційних сил від рухомого складу. Поверх колон виконано капітальне поширення у вигляді зрізаної піраміди (рис. 4.1). На капітелі спирається посилений залізобетонний ригель перерізом 3 х 1,5 (h) м. Розміри ригеля прийняті для забезпечення проїзного габариту під ригелем. Опора шляхопроводу по осі «7» забезпечує рух автотранспорту під ригелем та над ростверками. Таким чином, конструкція опори по осі «7», із урахуванням ростверків, являє собою замкнену «О»-подібну геометричну фігуру, яка суттєво зменшує негативні горизонтальні впливи на ґрунт. Проектований та розрахунковий перерізи опори з проїздом показані на рис. 4.1 та рис. 4.2 відповідно.

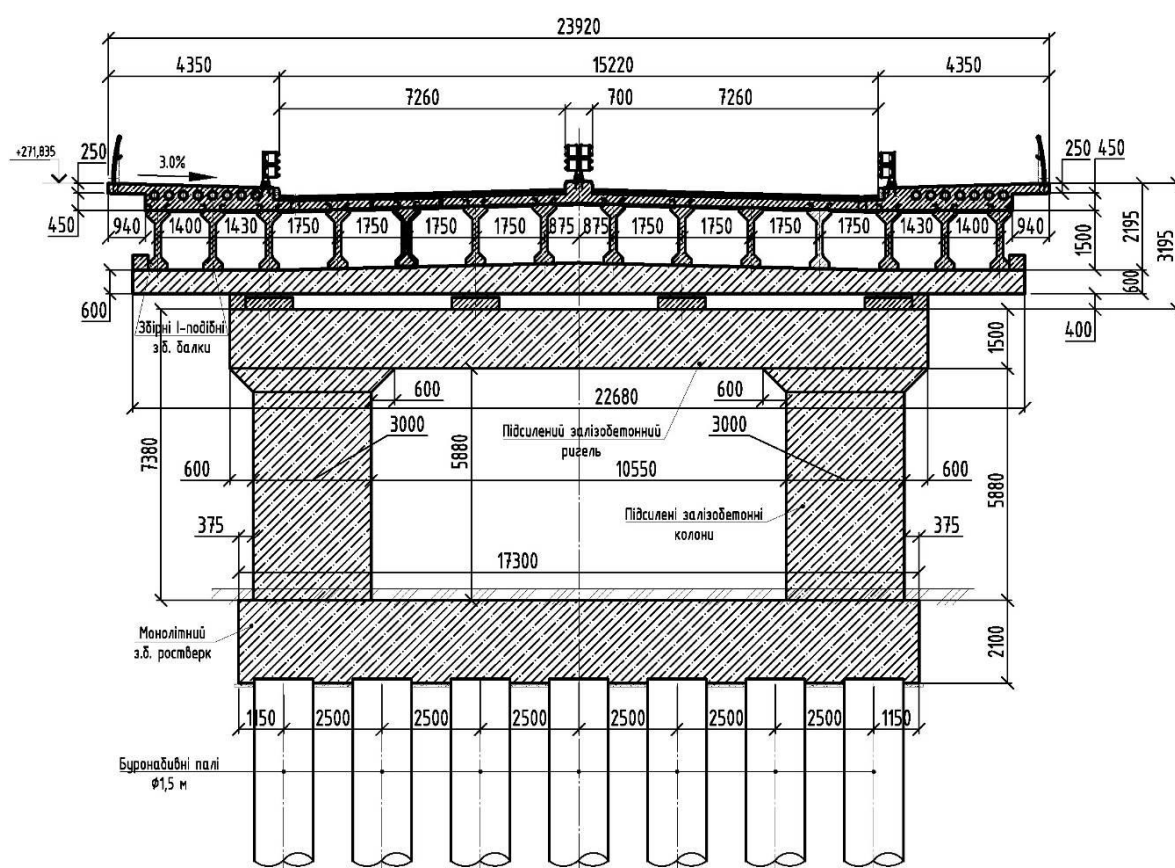


Рисунок 4.1 – Проектований переріз шляхопроводу по опорі по осі «7».

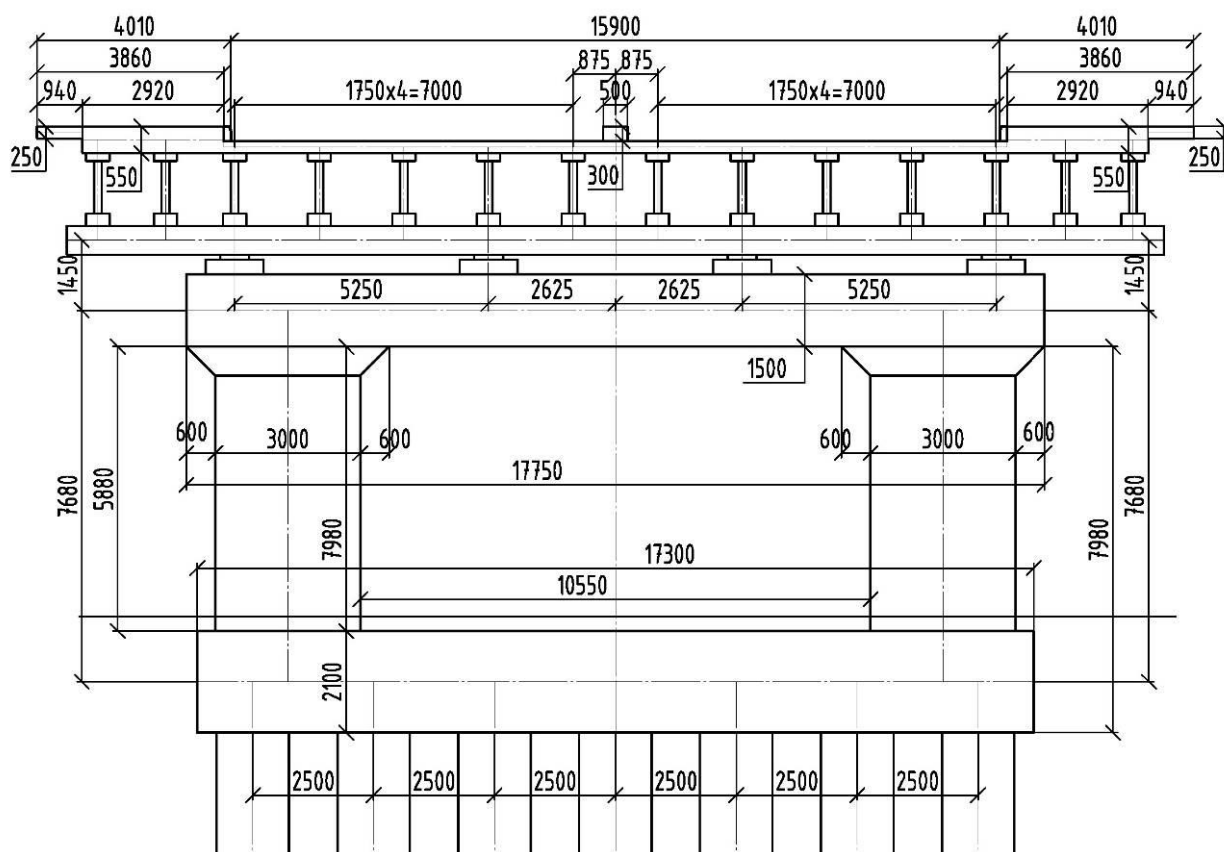


Рисунок 4.2 – Спрощений розрахунковий переріз шляхопроводу по осі «7», прийнятий для моделювання.

Опора по осі «7» сприймає всі горизонтальні інерційні впливи, кількість колон для забезпечення великого вільного простору для облаштування проїзду, там менша (усього дві). Крім того, до опори «7» примикають перехідні конструкції, а ростверки опори в проміжку між колонами сприймають навантаження від рухомого складу проїзду між вул. Зерова та вул. Складською.

4.1.3 Опис навантажень на опору з проїздом

Навантаження на палі опори шляхопроводу по осі «7» викликані постійними і тимчасовими впливами. Виходячи з правил будівельної механіки за лініями впливу, найбільші вертикальні впливи на опору «7» будуть у випадку, якщо візки тимчасових впливів НК-100 та А-15 будуть розташовані безпосередньо над опорою. Окремо розглянуто варіант тільки постійних впливів, без урахування ваги

натовпу пішоходів та колісного навантаження НК-100 та А-15. В результаті порівняння встановлено, що найгірший вплив на опори чинять тимчасові навантаження А-15 (чотири розрахункових візки в перерізі шляхопроводу, з яких два тандеми взяті із коефіцієнтом поєднання $s = 1$, ще два – $s = 0,75$), а, також, два розрахункових візки А-15 у проїзді над ростверками, див. табл. 4.1. Можливі варіанти впливів, отримані шляхом просторового скінчено-елементного моделювання, показані на рис. 4.3. Конструктивно прийнято по осі «7» – 14 паль діаметром 1500 мм, об'єднані плитним ростверком товщиною 2,1 м. Через неоднорідність геологічних умов наведено два можливих варіанти зусиль у палях (палі-стійки та висячі палі – у дужках).

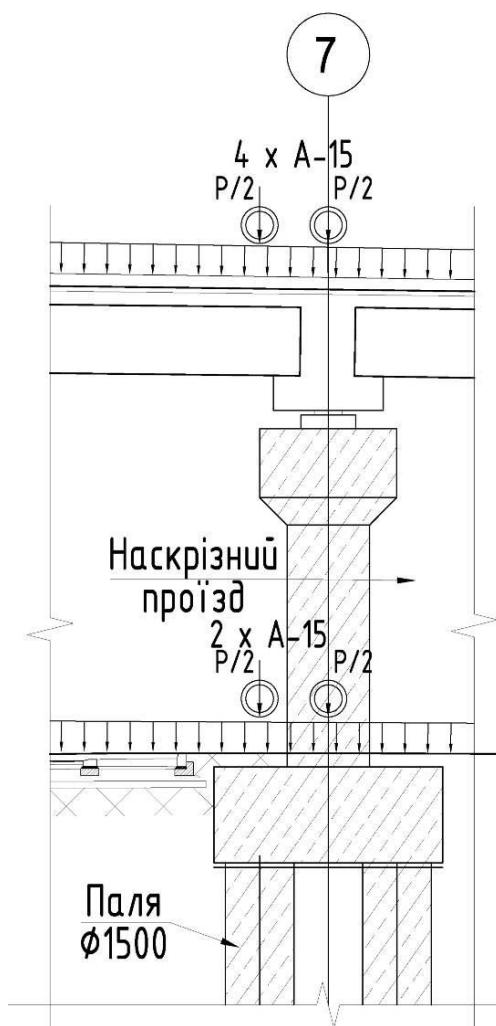


Рисунок 4.3. – Схема навантажень на палі опори по осі «7» шляхопроводу при невідгідному розташуванні візків А-15

Від згаданих комбінацій навантажень в головах крайніх паль виникають горизонтальні зусилля. Розрахункові значення: на опорі по осі "7" – 153 кН (140 кН) від сил інерції при гальмуванні (комбінація 4хА-15) – вздовж шляхопроводу), рис 4.3. Експлуатаційне значення – 119 кН (98 кН). Від НК-100 – 70 кН (45 кН), тільки розрахункове. При постійних впливах розрахункові зсувні зусилля в рівні голови найбільш навантаженої палі опори шляхопроводу по осі "7" – 46,7 кН (20 кН), експлуатаційне – 36,1 кН (15 кН), див. табл 4.1.

Таблиця 4.1 – Навантаження на палі опори шляхопроводу з проїздом від різних комбінацій впливів по осі «7».

№	Опора шляхо- проводу, паля	Опис навантаження	Максимальні внутрішні зусилля на 1 палю	
			$N, кН$, від граничних впливів	$N_e, кН$, від експлуатаційних впливів
	З урахуванням обпирання вістря на скельний ґрунт (паля-стійка)			
1.1	Вісь «7»	Візок А-15 (4 смуги)	-7 920	-5 990
1.2		Візок НК-100	-5 840	-
1.3		Постійні	-5 460	-4 210
	(З урахуванням роботи паль, як висячих)			
2.1	Вісь «7»	Візок А-15 (4 смуги)	(-4 650)	(-3 790)
2.2		Візок НК-100	(-3 940)	(-)
2.3		Постійні	(-3 520)	(-2 710)

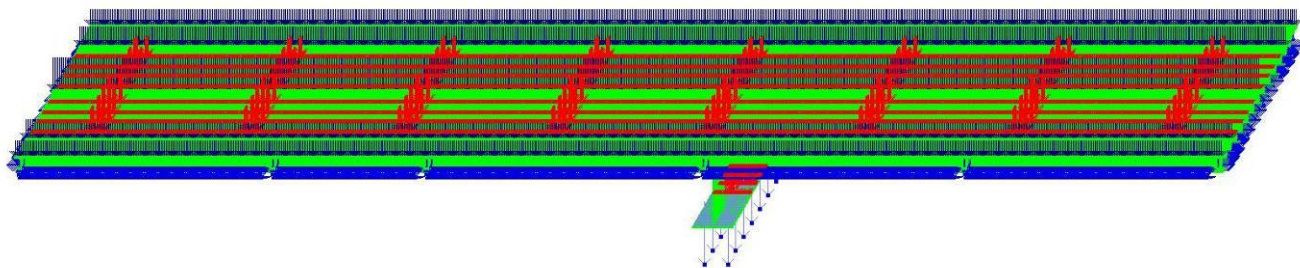


Рисунок 4.4 – Модель фрагмента шляхопроводу в осях «4-9» з варіантом прикладання колісних впливів 4 х А-15 над опорою «7» та 2 х А-15 у проїзді над ростверком. Відстань між тандемами візків ~ 20 м.

4.1.4 Розрахунок ригеля опори шляхопроводу по осі «7»

Ізополя згинальних моментів в елементах ригеля опори шляхопроводу по осі «7» при найбільш не вигідному розташуванні візків тимчасових впливів 4 х А-15 показані на рис. 2.2. Робочим напрямком для ригеля опори по осі «7» є напрямок по осі 0у (вздовж ригеля, поперек осі шляхопроводу).

З рис. 4.9 а) видно, що розрахунковий згинальний момент у ригелі в напрямку глобальної осі Ох (вздовж шляхопроводу) при тимчасовому впливі від рухомого навантаження 4 х А-15 з урахуванням натовпу пішоходів складає $M_{x, \max} = +1100 \text{ кН} \cdot \text{м} / \text{м.п.}$

Розрахунковий згинальний момент в повздовжньому напрямку складає $M_{x, \min} = -1700 \text{ кН} \cdot \text{м} / \text{м.п.}$ Ці моменти впливають відповідно на нижнє і верхнє армування ригеля по осі «7» (поперек осі ригеля). Те саме у робочому напрямку по осі Оу (впливає на армування вздовж ригеля), рис. 4.9,б): $M_{y, \max} = +2730 \text{ кН} \cdot \text{м} / \text{м.п.}$, $M_{y, \min} = -3010 \text{ кН} \cdot \text{м} / \text{м.п.}$

З рис. 4.10,а) видно, що розрахунковий пролітний згинальний момент у ригелі опори шляхопроводу по осі «7», в напрямку глобальної осі Ох (вздовж

шляхопроводу) при тимчасовому впливі від рухомого навантаження НК-100 без урахування натовпу пішоходів складає $M_{x, \max} = +971 \text{ кН} \cdot \text{м} / \text{м.п.}$

Розрахунковий опорний згинальний момент в повздовжньому напрямку на ділянках поблизу країв капітелей колон складає $M_{x, \min} = -1390 \text{ кН} \cdot \text{м} / \text{м.п.}$

Ці моменти впливають відповідно на нижнє і верхнє армування ригеля опори шляхопроводу по осі «7» (поперек осі ригеля). Те саме по осі Oy (впливає на армування вздовж осі ригеля), рис. 4.10,б): $M_{y, \max} = +2020 \text{ кН} \cdot \text{м} / \text{м.п.}$, $M_{y, \min} = -214 \text{ кН} \cdot \text{м} / \text{м.п.}$

Порівнюючи значення згинальних моментів за двома зазначеним схемами навантажень бачимо, що згинальні моменти у повздовжньому і поперечному напрямках для ригеля опори шляхопроводу по осі «7» більші для варіанта завантаження рухомими впливами 4 х А-15 з урахуванням натовпу пішоходів, тому у подальшому цей варіант розглядаємо як робочий.

Робочим напрямком для ригеля опори шляхопроводу по осі «7» є робота у просторі між колонами, тобто, у напрямку осі Oy. Конструкція ригеля виготовляється з бетону класу В40.

А) Розрахунок повздовжнього армування ригеля по Ox (вздовж шляхопроводу).

Опалубна схема розрахункового фрагмента ригеля по осі «7» у не робочому напрямку (поперек ригеля) показана на рис. 4.6. Основне робоче армування верхньої зони розрахункового прямокутного перерізу шириною 1 м ригеля в напрямку осі Ox (вздовж шляхопроводу) – стрижні діаметром 25 мм класу А-III (А400), улаштовані з кроком 200 мм у два ряди. $A'_s = 4908 \text{ мм}^2$. Нижнє армування – стрижні діаметром 25 мм класу А-III (А400), улаштовані з кроком 200 мм у два ряди. $A_s = 4908 \text{ мм}^2$ (рис. 4.11).

Розраховуємо переріз на вплив моменту $M_{x, \max} = +1100 \text{ кН} \cdot \text{м} / \text{м.п.}$

Визначаємо відстань від центра ваги розтягнутої (нижньої) арматури ригеля до найбільш стиснутої точки перерізу $d = h - a_s = 1500 - 86 = 1414 (\text{мм})$.

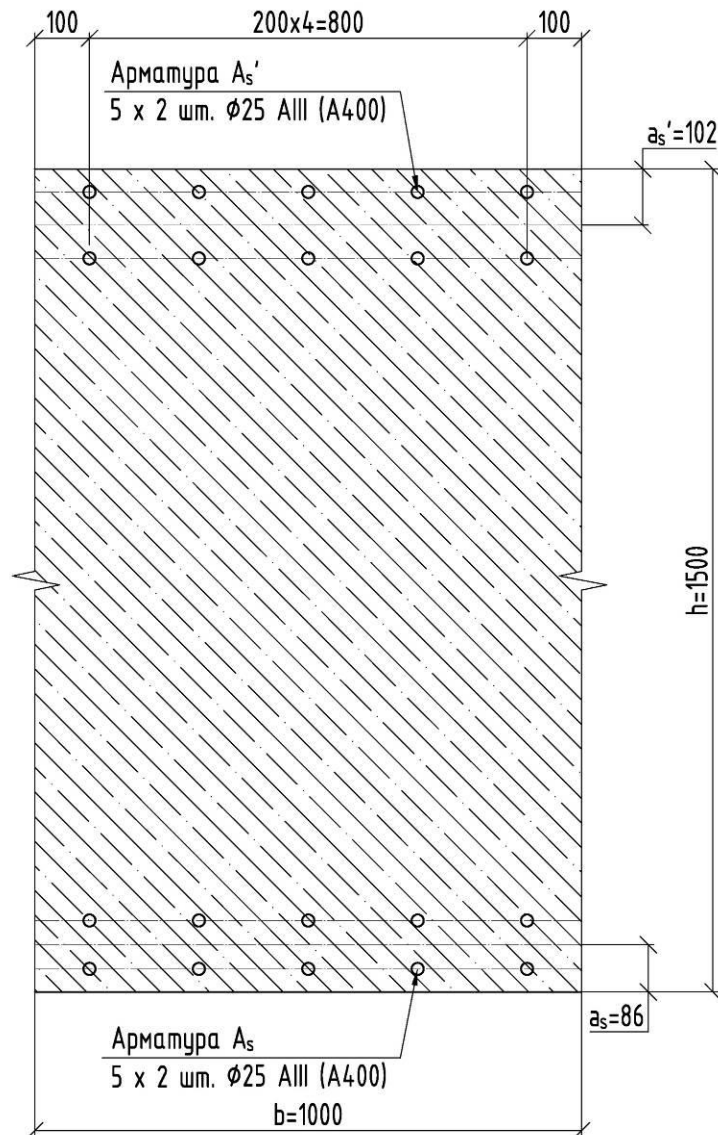


Рисунок 4.5 – Розрахунковий переріз ригеля по осі «7» для армування по 0х (поперек осі ригеля, вздовж шляхопроводу).

Визначаємо граничну висоту стиснутої зони бетону:

$$x_{1,u} = \frac{d \cdot \varepsilon_{cu3,cd}}{\varepsilon_{cu3,cd} + \varepsilon_{s,0}} = \frac{1414 \cdot 264 \cdot 10^{-5}}{(264 + 178) \cdot 10^{-5}} = 844 \text{ (мм)},$$

Розрахункова площа перерізу бетону: $A_c = b \cdot d = 1000 \cdot 1458 = 1414\,000 \text{ (мм}^2\text{)}.$

З умов мінімального армування конструкцій ригеля у не робочому напрямку, коефіцієнт армування ρ (з урахуванням тільки площі армування розтягнутої зони) повинен бути не меншим 0,1%:

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

Фактичне значення ρ :

$$(\rho = (4908 / 1414\,000) \cdot 100\% = 0,347\%) > (\rho_{\min} = 0,1\%).$$

Умову виконано. Кількість армування ригеля у не робочому напрямку з умов мінімального армування достатня.

Визначаємо фактичну висоту стиснутої зони бетону без урахування армування стиснутої зони:

$$x_1 = \frac{2 \cdot f_{yd} \cdot A_s}{(1 + \lambda) \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{2 \cdot 350 \cdot 10^3 \cdot 4908 \cdot 10^{-6}}{(1 + 0,708) \cdot 1,0 \cdot 20 \cdot 10^3} = 0,1(\text{м}) = 100(\text{мм}).$$

Звідси випливає, що верхній ряд верхньої арматури, розташована на відстані $a_{s1}' = 42 \text{ мм}$ від верхнього обрізу ригеля, є стиснутим, а нижній ряд – розтягнутим, оскільки $(a_{s1}' = 42 \text{ мм}) < (x_1 = 100 \text{ мм}) < (a_{s2}' = 163 \text{ мм})$.

Уточнюємо значення висоти стиснутої зони бетону x_1 .

Доля зусилля, яка може бути сприйнята стиснутою частиною верхньої арматури арматурою ригеля по осі «7» в граничному стані:

$$f_{yd}' \cdot A_{s1}' = 350 \cdot 10^3 \cdot 2454 \cdot 10^{-6} = 858,9(\text{кН}).$$

Зусилля, яке може бути сприйняте розтягнутою арматурою ригеля по осі «7» в граничному стані: $f_{yd} \cdot A_s = 350 \cdot 10^3 \cdot 4908 \cdot 10^{-6} = 1717,8(\text{кН})$.

Уточнена висоту стиснутої зони бетону:

$$x_1 = \frac{2 \cdot (f_{yd}' \cdot A_{s1}' - f_{yd} \cdot A_s)}{(\lambda + 1) \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{2 \cdot (1717,8 - 858,9) \cdot 10^3}{(0,708 + 1) \cdot 1,0 \cdot 20 \cdot 10^6} = 50(\text{мм}).$$

$(a_s = 0,042 \text{ м}) > (x_1' = 0,050 \text{ м})$. Умову виконано. Верхній ряд верхньої арматури розтягнутий.

Перевіряємо умову

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

$$(x_1 = 50 \text{ мм}) < (x_{1u} = 844 \text{ мм})$$

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

Граничне значення згинального моменту, який може сприйняти переріз ригеля по арматурі в напрямку 0х:

$$M_{ux} = A_s \cdot f_{yd} \cdot \left(d - \frac{x_1 \cdot (1 + \lambda + \lambda^2)}{3 \cdot (\lambda + 1)} \right) =$$

$$= 4908 \cdot 10^{-6} \cdot 350 \cdot 10^3 \cdot \left(1,414 - \frac{0,050 \cdot (1 + 0,708 + 0,708^2)}{3 \cdot (0,708 + 1)} \right) = 2391 \text{ (кН} \cdot \text{м)}.$$

$$(M_x \cdot \gamma_r = 1100 \cdot 1,05 = 1155 \text{ кН} \cdot \text{м}) < (M_{ux} = 2391 \text{ кН} \cdot \text{м}).$$

Умову міцності виконано. Коефіцієнт використання перерізу – 0,48.

Розраховуємо переріз на вплив моменту $M_{x, \min} = -1700 \text{ кН} \cdot \text{м} / \text{м.п.}$

Визначаємо відстань від центра ваги розтягнутої (верхньої) арматури до найбільш стиснутої точки перерізу ригеля по осі «7»

$$d' = h - a_s' = 1500 - 102 = 1398 \text{ (мм)}.$$

Визначаємо граничну висоту стиснутої зони бетону на опорі:

$$x_{1,u}' = \frac{d' \cdot \varepsilon_{cu3,cd}}{\varepsilon_{cu3,cd} + \varepsilon_{s,0}} = \frac{1398 \cdot 264 \cdot 10^{-5}}{(264 + 178) \cdot 10^{-5}} = 835 \text{ (мм)},$$

Розрахункова площа перерізу бетону :

$$A_c' = b \cdot d' = 1000 \cdot 1398 = 1\,398\,000 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

З умов мінімального армування, коефіцієнт армування ρ (з урахуванням тільки площі армування розтягнутої зони) ригеля у не робочому напрямку повинен бути не меншим 0,1%:

$$\rho = \left(A_s' / A_c' \right) \cdot 100\% \geq \rho_{\min} = 0,1\%.$$

Фактичне значення ρ :

$$(\rho = (4908 / 1\,398\,000) \cdot 100\% = 0,35\%) > (\rho_{\min} = 0,1\%).$$

Умову виконано. Кількість армування перерізу ригеля по осі «7» з умов мінімального армування достатня.

Визначаємо фактичну висоту стиснутої зони бетону без урахування армування стиснутої зони:

$$x_1' = \frac{2 \cdot f_{yd} \cdot A_s'}{(1 + \lambda) \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{2 \cdot 350 \cdot 10^3 \cdot 4908 \cdot 10^{-6}}{(1 + 0,708) \cdot 1,0 \cdot 20 \cdot 10^3} = 0,010 (м) = 100 (мм).$$

Звідси випливає, що нижній ряд нижньої арматури, розташована на відстані $a_{s1} = 42$ мм від нижнього обрізу ригеля, є стиснутим, а верхній ряд - розтягнутим, оскільки $(a_{s1} = 42 \text{ мм}) < (x_1' = 100 \text{ мм}) < (a_{s2} = 130 \text{ мм})$. Тому розрахунковий переріз ригеля необхідно розраховувати, як прямокутний, з подвійним армуванням.

Уточнюємо значення x_1' .

Доля зусилля, яка може бути сприйнята стиснутою (нижньою) арматурою в граничному стані: $f_{yd} \cdot A_{s1} = 350 \cdot 10^3 \cdot 2454 \cdot 10^{-6} = 858,8 (кН)$.

Зусилля, яке може бути сприйняте розтягнутою (верхньою) арматурою в граничному стані: $f_{yd}' \cdot A_s' = 350 \cdot 10^3 \cdot 4908 \cdot 10^{-6} = 1718,8 (кН)$.

Уточнене значення висоти стиснутої зони бетону:

$$x_1' = \frac{2 \cdot (f_{yd}' \cdot A_s' - f_{yd} \cdot A_{s1})}{(\lambda + 1) \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{2 \cdot (1718,8 - 858,8) \cdot 10^3}{(0,708 + 1) \cdot 1,0 \cdot 20 \cdot 10^6} = 0,050 (мм).$$

$(a_s = 0,042 \text{ м}) < (x_1' = 0,05 \text{ м})$. Ситуація після перерахунку не змінилася.

Остаточна $x_1' = 0,05 \text{ м}$.

Перевіряємо умову $x_1' < x_{1,u}'$,

$$(x_1' = 50 \text{ мм}) < (x_{1,u}' = 835 \text{ мм})$$

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

Граничне значення від'ємного згинального моменту, який може сприйняти переріз ригеля по арматурі в напрямку 0х:

$$M_{ux}' = A_s' \cdot f_{yd} \cdot \left(d' - \frac{x_1' \cdot (1 + \lambda + \lambda^2)}{3 \cdot (\lambda + 1)} \right) =$$

$$= 4908 \cdot 10^{-6} \cdot 350 \cdot 10^3 \cdot \left(1,398 - \frac{0,05 \cdot (1 + 0,708 + 0,708^2)}{3 \cdot (0,708 + 1)} \right) = 2364 \text{ (кН} \cdot \text{м)}.$$

$$\left(|M_x' \cdot \gamma_r| = |-1700 \cdot 1,05| = 1785 \text{ кН} \cdot \text{м} \right) < \left(M_{ux}' = 2364 \text{ кН} \cdot \text{м} \right).$$

Умову міцності виконано. Коефіцієнт використання перерізу – 0,755.

Б) Розрахунок поздовжнього армування ригеля по 0у (вздовж ригеля).

Опалубна схема розрахункового фрагмента ригеля показана на рис. 4.7.

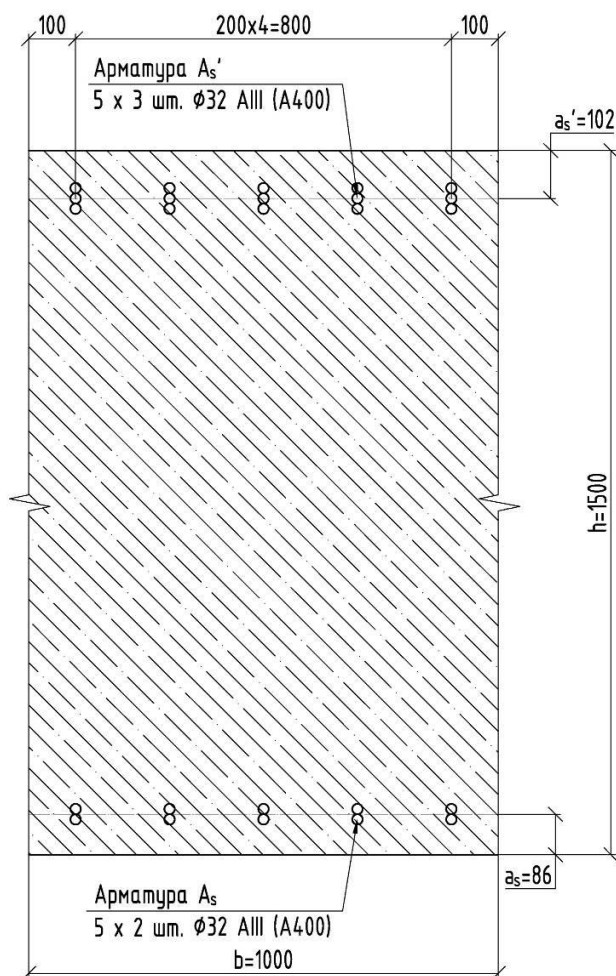


Рисунок 4.6 – Розрахунковий фрагмент перерізу ригеля по осі «7» шириною 1 м для армування по 0у (вздовж осі ригеля, поперек осі шляхопроводу)

Згідно з проектною документацією основне робоче армування нижньої зони розрахункового прямокутного перерізу шириною 1 м в напрямку осі 0у (вздовж ригеля, поперек осі шляхопроводу) – спарені по висоті стрижні діаметром 32 мм класу А-ІІІ (А400), улаштовані з кроком 200 мм, в верхній зоні – трійки стрижнів діаметром 32 мм класу А-ІІІ (А400), улаштовані з кроком 200 мм $A_s = 8042 \text{ мм}^2$, $A'_s = 12063 \text{ мм}^2$.

Розраховуємо переріз на вплив моменту $M_{y, \max} = +2730 \text{ кН} \cdot \text{м} / \text{м.п.}$

Визначаємо відстань від центра ваги розтягнутої (нижньої) арматури до найбільш стиснутої точки перерізу плити $d = h - a_s = 1500 - 86 = 1414 (\text{мм})$.

Визначаємо граничну висоту стиснутої зони бетону:

$$x_{l,u} = \frac{d \cdot \varepsilon_{cu3,cd}}{\varepsilon_{cu3,cd} + \varepsilon_{s,0}} = \frac{1414 \cdot 264 \cdot 10^{-5}}{(264 + 178) \cdot 10^{-5}} = 844 (\text{мм}),$$

Розрахункова площа перерізу бетону: $A_c = b \cdot d = 1000 \cdot 1414 = 1\,414\,000 (\text{мм}^2)$.

З умов мінімального армування, коефіцієнт армування ρ (з урахуванням тільки площі армування розтягнутої зони) повинен бути не меншим 0,5%:

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

Фактичне значення ρ :

$$(\rho = (8042 / 1\,414\,000) \cdot 100\% = 0,57\%) > (\rho_{\min} = 0,5\%).$$

Умову виконано. Кількість армування перерізу ригеля по осі «7» з умов мінімального армування достатня.

Визначаємо фактичну висоту стиснутої зони бетону без урахування армування стиснутої зони:

$$x_1 = \frac{2 \cdot f_{yd} \cdot A_s}{(1 + \lambda) \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{2 \cdot 350 \cdot 10^3 \cdot 8\,042 \cdot 10^{-6}}{(1 + 0,708) \cdot 1,0 \cdot 20 \cdot 10^3} = 0,164(\text{м}) = 164(\text{мм}).$$

Звідси випливає, що верхня арматура, розташована на відстані $a_s' = 102 \text{ мм}$ від верхнього обрізу плити, є стиснутою, оскільки $(x_1 = 164 \text{ мм}) > (a_s' = 102 \text{ мм})$. Тому розрахунковий переріз ригеля по осі «7» слід розраховувати, як прямокутний, з подвійним армуванням. Оскільки загальна кількість верхньої (стиснутої) арматури більше кількості нижньої арматури у запас можна вважати, що $x_1 = 102 \text{ мм}$.

Перевіряємо умову $x_1 < x_{1,u}$,

$$(x_1 = 102 \text{ мм}) < (x_{1u} = 844 \text{ мм})$$

Умову виконано. Переріз ригеля по осі «7» заармовано раціонально. Несуча здатність перерізу встановлюється по розтягнутій арматурі.

Граничне значення згинального моменту, який може сприйняти переріз ригеля по осі «7» по арматурі в напрямку 0у:

$$\begin{aligned} M_{uy} &= A_s \cdot f_{yd} \cdot \left(d - \frac{x_1 \cdot (1 + \lambda + \lambda^2)}{3 \cdot (\lambda + 1)} \right) = \\ &= 8042 \cdot 10^{-6} \cdot 350 \cdot 10^3 \cdot \left(1,414 - \frac{0,102 \cdot (1 + 0,708 + 0,708^2)}{3 \cdot (0,708 + 1)} \right) = 3856 (\text{кН} \cdot \text{м}). \\ (M_y \cdot \gamma_r &= 2730 \cdot 1,05 = 2867 \text{ кН} \cdot \text{м}) < (M_{uy} = 3856 \text{ кН} \cdot \text{м}). \end{aligned}$$

Умову міцності виконано. Коефіцієнт використання перерізу – 0,75.

Розраховуємо переріз на вплив моменту $M_{y, \min} = -3010 \text{ кН} \cdot \text{м} / \text{м.п.}$

Визначаємо відстань від центра ваги розтягнутої (верхньої) арматури до найбільш стиснутої точки перерізу плити $d' = h - a_s' = 1500 - 102 = 1398 \text{ (мм)}$.

Визначаємо граничну висоту стиснутої зони бетону на опорі:

$$x_{1,u}' = \frac{d' \cdot \varepsilon_{cu3,cd}}{\varepsilon_{cu3,cd} + \varepsilon_{s,0}} = \frac{1398 \cdot 264 \cdot 10^{-5}}{(264 + 178) \cdot 10^{-5}} = 835 \text{ (мм)},$$

Розрахункова площа перерізу бетону: $A_c' = b \cdot d' = 1000 \cdot 1398 = 1\,398\,000 \text{ (мм}^2\text{)}$

З умов мінімального армування ригеля по осі «7», коефіцієнт армування ρ (з урахуванням тільки площі армування розтягнутої зони) повинен бути не меншим 0,5%:

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

Фактичне значення ρ :

$$(\rho = (12\,063 / 1\,398\,000) \cdot 100\% = 0,86\%) > (\rho_{\min} = 0,5\%).$$

Умову виконано. Кількість армування ригеля по осі «7» з умов мінімального армування достатня.

Визначаємо фактичну висоту стиснутої зони бетону без урахування армування стиснутої зони:

$$x_1' = \frac{2 \cdot f_{yd} \cdot A_s'}{(1 + \lambda) \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{2 \cdot 350 \cdot 10^3 \cdot 12063 \cdot 10^{-6}}{(1 + 0,708) \cdot 1,0 \cdot 20 \cdot 10^3} = 0,247 \text{ (м)} = 247 \text{ (мм)}.$$

Звідси випливає, що нижня арматура, розташована на відстані $a_s = 86 \text{ мм}$ від нижнього обрізу ригеля, є стиснутою, тобто працює разом з бетоном, оскільки $(x_1' = 247 \text{ мм}) > (a_s = 86 \text{ мм})$. Тому розрахунковий переріз ригеля по осі «7» необхідно розраховувати, як прямокутний, з подвійним армуванням.

Доля зусилля, яка може бути сприйнята стиснутою арматурою ригеля по осі «7» в граничному стані: $f_{yd}' \cdot A_s' = 350 \cdot 10^3 \cdot 12\,063 \cdot 10^{-6} = 4\,222 \text{ (кН)}$.

Зусилля, яке може бути сприйняте стиснутою арматурою ригеля по осі «7» в граничному стані: $f_{yd} \cdot A_s = 350 \cdot 10^3 \cdot 8042 \cdot 10^{-6} = 2814 \text{ (кН)}$.

Уточнюємо висоту стиснутої зони бетону:

$$x_1 = \frac{2 \cdot (f_{yd}' \cdot A_s' - f_{yd} \cdot A_s)}{(\lambda + 1) \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{2 \cdot (4222 - 2814) \cdot 10^3}{(0,708 + 1) \cdot 1,0 \cdot 20 \cdot 10^6} = 0,082 \text{ (м)}.$$

$$(a_s = 0,086 \text{ м}) > (x_1' = 0,082 \text{ м}).$$

Умову не виконано. Тільки половина нижнього армування стиснуте.

Таким чином, у бік запасу, приймаємо $x_1' = a_s = 0,086 \text{ м}$.

Перевіряємо умову $x_1' < x_{1,u}'$,

$$(x_1' = 86 \text{ мм}) < (x_{1,u}' = 835 \text{ мм})$$

Умову виконано. Переріз ригеля по осі «7» заармовано раціонально. Несуча здатність перерізу встановлюється по розтягнутій арматурі.

Граничне значення від'ємного згинального моменту, який може сприйняти ригель по осі «7» у робочому напрямку 0у:

$$M_{uy}' = A_s' \cdot f_{yd} \cdot \left(d' - \frac{x_1' \cdot (1 + \lambda + \lambda^2)}{3 \cdot (\lambda + 1)} \right) =$$

$$= 12063 \cdot 10^{-6} \cdot 350 \cdot 10^3 \cdot \left(1,398 - \frac{0,086 \cdot (1 + 0,708 + 0,708^2)}{3 \cdot (0,708 + 1)} \right) = 5745 \text{ (кН} \cdot \text{м)}.$$

$$\left(|M_y' \cdot \gamma_r| = |-3010 \cdot 1,05| = 3161 \text{ кН} \cdot \text{м} \right) < \left(M_{uy}' = 5745 \text{ кН} \cdot \text{м} \right).$$

Умову міцності виконано. Коефіцієнт використання перерізу – 0,551.4.2.

4.2 Організаційно-технологічні рішення

4.2.1 Технологічна карта на виконання земляних робіт

4.2.1.1 Вихідні дані та область застосування

Дана технологічна карта розробляється на виконання земляних робіт при спорудженні каркасно-монолітного шляхопроводу. Роботи по розробці ґрунту у котловані виконуються екскаватором ЭО-3221.

4.2.1.2 Визначення складу робіт

До складу робіт, що розглядаються технологічною картою, входять:

- планування площ бульдозером;
- розробка ґрунту екскаватором у транспортні засоби;
- добір ґрунту вручну;
- транспортування ґрунту самоскидами;
- зворотна засипка;
- ущільнення ґрунту.

4.2.1.3 Визначення об'ємів робіт

Об'єм розробки ґрунту у котловані:

$$V_{\text{котл.}} = 2,55 \cdot (26 \cdot 21,6 + 29,7 \cdot 25,4 + (29,7 + 26,0) \cdot (25,4 + 21,6)) / 6 = 1671,9 \text{ м}^3.$$

Об'єм розробки ґрунту у в'їздній траншеї:

$$V_{\text{в'їзд.тр}} = 17 \cdot 2,55 / 2 + 119 \cdot 2,55 = 325,125 \text{ м}^3.$$

Загальний об'єм ґрунту, що розробляється:

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{котл.}} + V_{\text{в'їзд.тр}} = 1671,9 + 325,125 = 1997,025 \text{ м}^3.$$

Об'єм недобору ґрунту:

$$V_{\text{недобору}} = F_{\text{заг}} \cdot \delta_{\text{недобору}} = (14,12 + 70,2 + 119) \cdot 0,15 = 203,32 \text{ м}^3.$$

Об'єм ручного добору:

$$V_{\text{добору}} = V_{\text{недобору}} = 203,32 \text{ м}^3.$$

Об'єм зворотної засипки:

$$V_{\text{звор. засипки}} = (V_{\text{заг}} - (V_{\text{фунд.}} + V_{\text{підв.}})) \cdot (1 + K_{\text{розп.}}) = \\ = (1997,025 - (1684,8)) \cdot (1 + 0,18) = 368,43 \text{ м}^3.$$

Об'єм вивезеного ґрунту:

$$V_{\text{вивез. ґрунту}} = V_{\text{заг.}} \cdot (1 + K_{\text{розп.}}) = 1997,025 \cdot (1 + 0,18) = 2356,5 \text{ м}^3,$$

$$M_{\text{вивез. ґрунту}} = V_{\text{заг.}} \cdot \rho = 1997,025 \cdot 1,94 = 3874,2 \text{ т.}$$

Об'єм привезеного ґрунту:

$$V_{\text{привез. ґрунту}} = V_{\text{звор. засипки}} = 368,43 \text{ м}^3,$$

$$M_{\text{привез. ґрунту}} = (368,43 / 1,18) \cdot 1,94 = 605,72 \text{ т.}$$

$$V_{\text{ущільнення ґрунту, } V_{\text{ущільнення}}} = V_{\text{звор. засипки}} = 368,43 \text{ м}^3.$$

$$\text{вручну, } V_{\text{ущільнення вручну}} = 0,25 \cdot 368,43 = 92,11 \text{ м}^3.$$

$$\text{механізоване } V_{\text{ущільнення мехнізоване}} = 0,75 \cdot 368,43 = 276,32 \text{ м}^3.$$

4.2.1.4 Вибір методів та технології виконання робіт, машин, механізмів, інструмента та пристосувань

Для розробки ґрунту, $V_{\text{заг}} = 1997,025 \text{ м}^3$, рекомендована місткість ковша в залежності від об'ємів земляних робіт таблиця 6 [17] складає $0,5 \text{ м}^3$.

По приведеним даним по [17] таблиця 60 підібрано екскаватор, обладнаний оберненою лопатою марки ЭО-3221 з наступними технічними параметрами:

Місткість ковша, м	0,5
Глибина копання, м	8,4
Висота розвантаження, м	7,2
Радіус копання, м	11,6
Радіус розвантаження, м	8,5
Потужність двигуна, кВт (к.с)	55 (75)
Тиск у гідросистемі, МПа	28
Швидкість переміщення, км/год	13,8
Тривалість циклу (кут повороту 90°), сек	15
Тривалість циклу екскавації, сек	26,4
Маса, т	13,8

Весь ґрунт, що виймається при розробці котловану, підлягає вивезенню за межі будівельного майданчика на відстань 2 км. Після зведення стін і влаштування перекриття над цокольним поверхом, об'єм ґрунту, що необхідний для засипання проміжку між відкосами та стінкою фундаментів, завозиться назад і пошарово вивантажується з транспортних засобів безпосередньо у пазухи. Об'єм ґрунту що переміщується складає 1997,025 м³. По таблиці 38 [17] приймаємо автосамоскиди МАЗ-503Б з такими технічними характеристиками:

Вантажопідйомність, т	7,0
-----------------------	-----

Габаритні розміри:

довжина, м	5,92
------------	------

ширина, м	2,6
-----------	-----

висота, м	2,55
-----------	------

Об'єм кузова, м ³	5
------------------------------	---

Радіус повороту, м	7,0
--------------------	-----

Висота завантаження, м	2,15
------------------------	------

Тривалість розвантаження з маневруванням, хв	1,8
--	-----

Середня швидкість:

поза містом, км/год	25
---------------------	----

у межах міста, км/год	19
-----------------------	----

Зворотна засипка пазух котловану ґрунтом виконується за допомогою бульдозера ДЗ-42, з наступними характеристиками, по таблиці 53 [17]:

Базовий трактор	ДТ-75-С2
-----------------	----------

Тяговий клас, т	3
-----------------	---

Потужність, кВт	75
-----------------	----

Бульдозерне обладнання відвал:

довжина, м	2,52
------------	------

висота, м	0,8
-----------	-----

кут різання, °	55
----------------	----

висота піднімання, м	0,6
----------------------	-----

Швидкість переміщення, км/год	10,8
Габаритні розміри:	
довжина, м	4,55
ширина, м	2,52
висота, м	2,3
Маса, т	6,86

При розробці ґрунту в котловані екскаватором ЭО-3221 на основі умови $V=3 \cdot 11,6=34 > V_{\text{котл.}}=29,7$ м вибираємо схему розробки з поздовжньо-торцевим переміщенням екскаватора. Весь ґрунт, що розробляється екскаватором, вивозиться. Після зведення фундаментів, стін та перекриття цокольного поверху необхідний об'єм ґрунту для зворотної засипки завозиться автосамоскидами.

Виконаємо розрахунок змінної експлуатаційної продуктивності екскаватора:

$$PE=(3600 \cdot t_{зм} \cdot q \cdot K_{нап} \cdot K_v)/t_{ц} \quad (4.1)$$

$$PE=(3600 \cdot 8,2 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,65)/26,4=290,7 \text{ м}^3/\text{зм}, \text{ (у транспортні засоби)}$$

$$K_{нап}=1 \text{ (Таблиця 14 [17])}.$$

$$K_v=0,65 \text{ (Таблиця 41 [17])}.$$

$$t_{ц}=26,4 \text{ с (90}^\circ\text{) (Таблиця 69 [17])}.$$

Розраховуємо відстані для складання схеми забою екскаватора:

довжина робочого пересування:

$$\ell_n \leq R_{kv\max} - R_{kv\min}, \quad (4.2)$$

найбільший радіус копання на рівні дна котловану:

$$R_{kv\max}=R_k - m \cdot h_k \quad (4.3)$$

де R_k – радіус копання, м;

m – крутість укосу котловану;

h_k – середня глибина котловану, м.

$$R_{kv\max}=11,6 - 0,5 \cdot 2,55=10,32 \text{ м},$$

найменший радіус копання на рівні дна котловану:

$$R_{kv\min}=m \cdot h_k + 0,67, \quad (4.4)$$

$$R_{kv\min}=0,5 \cdot 2,55 + 0,67=1,95 \text{ м},$$

$$\ell_n = 10,32 - 1,95 = 8,37 \text{ м},$$

$$\text{Приймаємо } \ell_n = 8 \text{ м},$$

Найбільша відстань від осі екскаватора до нижньої кромки бокового забою при лобовій проходці:

$$R_{т. \text{ нижн.}} = \sqrt{(R_{кв\max})^2 - \ell_n^2}, \quad (4.5)$$

$$R_{т. \text{ нижн.}} = \sqrt{(10,32^2 - 8^2)} = 6,5 \text{ м},$$

найбільша ширина торцевої проходки при руху екскаватора по прямій:

$$B_{т. \text{ нижн.}} = 2 \cdot R_{т. \text{ нижн.}} \quad (4.6)$$

$$B_{т. \text{ нижн.}} = 2 \cdot 6,5 = 13 \text{ м},$$

найбільша відстань від осі екскаватора до верхньої кромки бокового забою при торцевій проходці:

$$R_{т. \text{ верх.}} = R_{т. \text{ нижн.}} + m \cdot h_k, \quad (4.7)$$

$$R_{т. \text{ верх.}} = 6,5 + 0,5 \cdot 2,55 = 7,8 \text{ м},$$

найбільша ширина торцевої проходки при руху екскаватора по прямій:

$$B_{т. \text{ верх.}} = 2 \cdot R_{т. \text{ верх.}} \leq 2 \cdot \sqrt{(R_k^2 - \ell_n^2)} \quad (4.8)$$

$$B_{т. \text{ верх.}} = 2 \cdot 7,8 = 15,6 \text{ м} < 2 \cdot \sqrt{(11,6^2 - 8^2)} = 16,8 \text{ м},$$

найбільша ширина кожної наступної торцевої проходки:

$$B_{т. \text{ наст.}} = B_{т. \text{ верх.}} - m \cdot h_k, \quad (4.9)$$

де $R_{ст}$ – найбільший радіус різання на рівні стоянки екскаватора:

$$B_{т. \text{ наст.}} = 15,6 - 0,5 \cdot 2,55 = 14,3 \text{ м}.$$

Кількість ковшів, що завантажуються у кузов автосамоскида:

$$M = Q / (q \cdot K_e) \quad (4.10)$$

де Q – вантажопід'ємність транспортної одиниці або геометрична місткість кузова самоскида, т (м^3);

q – вага ґрунту, що завантажується у ковш екскаватора або геометрична місткість ковша, т (м^3);

$$M = 5 / (0,5 \cdot 0,8) = 12,5 \text{ ковшів}$$

тривалість завантаження однієї машини (технічна кількість циклів екскавації від завантаження до завантаження за одну хвилину):

$$nt=60/t_{\text{ц}}, \quad (4.11)$$

$$nt=60/26,4=2,27 \text{ цикл/хв}$$

$$t_n=M/(nt \cdot K_t), \quad (4.12)$$

$$t_n=12,5/(2,27 \cdot 0,75)=7,3 \text{ хв}, \quad K_t=0,75 - \text{таблиця 13 [17]}.$$

Тривалість циклу знаходиться за формулою:

$$T_{\text{ц}}=t_n+2 \cdot L \cdot 60/V_{\text{сер}}+t_{\text{рм}}+t_{\text{м}}, \quad (4.13)$$

де $V_{\text{сер}}=19$ – швидкість пересування самоскида таблиця 39 [17], км/год;

$t_{\text{м}}=1,33$ – тривалість маневрування при завантаженні, таблиця 38 [17] хв;

$t_{\text{рм}}=1,8$ – тривалість розвантаження з маневруванням, таблиця 38 [17] хв;

$L=2$ – відстань транспортування ґрунту, км.

$$T_{\text{ц}}=7,3+2 \cdot 2 \cdot 60/19+1,33+1,8=23,06 \text{ хв}$$

Кількість транспортних одиниць при роботі екскаватора:

$$N_{\text{тр}}=T_{\text{ц}} \cdot \mu / t_n = 24,22 \cdot 1/7,3 = 3,15 - \text{приймаємо 3 машини МАЗ 503Б.}$$

4.2.1.5 Калькуляція працевитрат та заробітної плати

Калькуляція працевитрат та заробітної плати на земляні роботи складена в програмному комплексі АВК5 і подана в додатку Б.

4.2.1.6 Технологічний розрахунок та графік виконання робіт

Технологічний розрахунок виконання земляних робіт наведено в таблиці 4.2, графік виконання робіт – в графічній частині.

Таблиця 4.2 – Технологічний розрахунок виконання робіт

П. п. калькуляції або ДБН	Назва процесів з обґрунтуванням по ДБН	Одиниця виміру	Об'єм робіт	Трудомісткість на всю роботу, $\frac{\text{люд} - \text{зм}}{\text{маш} - \text{зм}}$		Склад ланки (бригади)		Протяжність роботи в добах	Кількість змін за добу
				нормативна	прийнята	Профес.	Кількість		

						розряд (середній розряд)			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E1-30-2	Планування площ бульдозерами	1000 м ²	2,45	$\frac{1}{0,16}$	0,5	5	1	0,5	1
E1-17-14	Розроблення грунту з навантаженням на автомобілі- самоскиди екскаваторами	1000 м ³	1,997	5,51 22,75	22	2	1	11	2

Продовження таблиці 4.2

E1-169-2	Розробка ґрунту вручну	100 м ³	2,03	43,59 5,62	42	2	7	3	2
C311-1	Перевезення ґрунту до 1 км	т	3874	$\frac{1}{23,24}$	24	5	3	4	2
C311-1	Перевезення ґрунту до 1 км	т	605,72	$\frac{1}{3,63}$	6	5	3	1	2
E1-71-2	Засипка траншей і котлованів бульдозерами	1000 м ³	3,68	$\frac{1}{3,04}$	3	5	1	1,5	2
E1-134-1	Ущільнення ґрунту пневматичними трамбівками	100 м ³	2,76	6,33 1,765	6	3	3	1	2

4.2.1.7 Вказівки по виконанню робіт та техніці безпеки

Виробництво земляних робіт в зоні розміщення підземних комунікацій (електрокабелі, газопроводи) допускається тільки з письмового дозволу організації, що відповідає за експлуатацію цих комунікацій. До дозволу повинен прикладатись план (схема) з вказівками розміщення і глибини закладання.

До початку робіт потрібно встановити знаки, які вказують місце розміщення підземних комунікацій.

При наближенні до ліній підземних комунікацій, земляні роботи повинні виконуватись під наглядом майстра чи виконроба, а в безпосередній близькості від комунікацій, крім цього, під наглядом працівників організації, що відповідальні за експлуатацію цих комунікацій.

Розробка ґрунту механізованим способом в цих умовах дозволяється на відстані 2 м від бокової стінки і не менше 1м над верхом труби, кабелю, споруди. Залишений ґрунт доробляється вручну.

При розробці котловану на місцях руху людей і транспорту, навколо місця виконання робіт встановлюють суцільну огорожу висотою 1.2м із системою освітлення.

Потрібно до початку розробки ґрунту відвести поверхневі ґрунтові води.

До початку робіт потрібно зробити під'їзні шляхи до будівельного майданчика.

Під'їзди, проходи, вантажно–розвантажувальні ділянки і робочі місця потрібно систематично очищувати від снігу і криги, будівельного сміття, в зимовий час дороги посипати піском, шлаком чи золою.

Проходи для робочих, які розміщені на відкосах з уклоном більше 20° повинні бути обладнані драбинами з перилами.

Робочі місця в темний період повинні бути освітлені.

Усі роботи виконуються у відповідності з календарним графіком виробництва робіт, щоб запобігати суміщенню процесів не запроектованих графіком.

Зворотна засипка пазух між фундаментами і відкосами котловану виконується залишками ґрунту, що залишились при розробці котловану. Засипку виконують шарами товщиною 20 – 30 см з наступним ущільненням електротрамбівками та катками.

На основі [16] при виконанні земляних робіт слід дотримуватись наступних вимог по техніці безпеки:

- для проходу робочих в котлован потрібно встановлювати приставні драбини;

- забороняється встановлення і рух будівельних машин та автотранспорту в межах призми обвалення ґрунту виїмки без кріплень;
- зоні дії робочих органів землерийних машин (екскаваторів, бульдозерів), виробництво інших робіт і знаходження людей заборонено;
- за станом відкосів виїмок необхідно вести систематичний нагляд, оглядати ґрунт перед початком кожної зміни. При появі тріщин слід приймати міри проти раптового обвалу ґрунту, передчасно евакуювати робочих з небезпечних місць;
- кожен землерийну машину потрібно обладнати звуковою сигналізацією;
- екскаватори під час роботи повинні встановлюватись на спланованій ділянці і закріплюватись інвентарними упорами. Заборонено використовувати з цією метою башмаки, каміння, колоди та інші предмети;
- при роботі екскаватора забороняється виконувати будь-які роботи з боку забою і знаходитись людям в радіусі дії екскаватора плюс 5 м;
- завантаження ґрунту на автомобілі за допомогою екскаватора повинно виконуватись з боку заднього або бокового борту машини;
- очищувати підняті кузови автосамоскидів потрібно скребками чи лопатами з подовженою рукояткою. Робочі, які виконують очищення, повинні знаходитись на землі;
- завантаження вантажів на бортові автомобілі навалом допускається тільки до рівня бортів кузова;
- при завантаженні автомобілів екскаваторами чи кранами, водію та іншим особам заборонено знаходитись в кабіні автомобіля, не захищеного козирком.

4.2.1.8 Техніко-економічні показники

Відомість з обсягу трудовитрат, виробітку та витрат на оплату праці.

Таблиця 4.3 – Техніко-економічні показники

№ п/п	Показник	Од. виміру	Кількість
1	Тривалість виконання робіт Т	зм	30
2	Трудовіткість виконання робіт, Трзаг	люд·зм	103,5
3	Працевитрати на 1м ³ ґрунту	люд·зм	0,05
4	Виробіток в зміну, В	м ³ /зм	19,29
5	Вартість витрат праці, Зпл	грн.	18783,99

4.2.1.9 Потреба в матеріально-технічних ресурсах

Потреба в матеріально-технічних ресурсах складено на основі рекомендацій [15].

Таблиця 4.4 – Потреба в матеріально-технічних ресурсах

Матеріал напівфабрикат	Од. вим	Екскаватор		Бульдозер		Самоскид		Загальні потреби
		На 1 год.	Всього	На 1 год.	Всього	на 1000 м ³ ґрунту	Всього	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Дизельне пальне	кг	8	1920	9,8	156,8	559	2453	4529,8
Бензин	кг	0,04	9,6	0,05	0,8	-	-	10,4
Дизельне мастило	кг	0,36	86,4	0,44	7,04	28	123	216,44

Індустріальне мастило	кг	0,02	48	0,01	0,16	-	-	48,16
Веретенне мастило	кг	0,05	12	-	-	-	-	12
Нігрол	кг	0,03	7,2	0,03	0,48	4,41	19,0	26,68
Автол	кг	0,05	12	0,02	0,32	-	-	12,32
Солідол	кг	0,21	50,4	0,15	2,4	5,59	24,5	77,3
Графітна мазь	кг	0,05	12	-	-	-	-	12
Канатна мазь	кг	0,1	2,4	0,3	4,8	-	-	7,2
Керосин	кг	0,06	144	0,03	0,48	-	-	144,48
Обтиральні матеріали	кг	0,03	7,2	0,02	0,32	-	-	7,52
Компресорне мастило	кг	0,05	12	-	-	-	-	12
Сталевий канат на 1000м ³ ґрунту	м	12,5	54,86	0,07	0,31	-	-	55,17

Таблиця 4.5 – Потреба в машинах, механізмах, обладнанні, інвентарі та інструментах

№ пп.	Найменування	Тип	Марка	Кількість
1	Екскаватор		ЭО-3221	1 од.
2	Бульдозер на базі трактора	ДТ-75-С2	ДЗ-42	1 од.
3	Пневмотрамбівка		ПТ-6	3 од.
4	Автосамоскид	МАЗ	503Б	3 од.
5	Теодоліт	-	-	1 комплект
6	Нівелір	-	-	1 комплект
7	Рулетка (металева L=20 м)	ГОСТ 7502-69	РЗ-20	1 шт.

8	Візирка	-	-	1 шт.
9	Метр складний металевий	-	-	3 шт.
10	Дошки (II гатунок)	$\delta = 20$ мм	-	1 м³.
11	Цвяхи (100 мм)	-	-	2 кг
12	Лопата	ГОСТ 3620-76	ЛКО-2	7 шт.
13	Лопата підбиральна	ГОСТ 3620-76	ЛП-2	7 шт.
14	Сокира	-	А-2	1 шт.
15	Ножівка по деревині	ТУ-14-1-302-72	НШ	1 шт.
16	Лом (звичайний)	ГОСТ 1405-72	ЛО-24	1 шт.

4.2.2 Технологічна карта на зведення монолітної частини

4.2.2.1 Бетонні роботи

На технологічній карті показана схема подачі бетону, а також технологічні схеми і процеси. Перед укладанням бетонної суміші повинні бути виконані наступні роботи: перевірена наявність закріплювачів, забезпечення необхідної товщини захисного шару бетонної опалубки, прийнята за актом арматура, очищені випуски робочої арматури від налиплого бетону, підготовлений робочий шов бетонування. Виконано вхідний контроль якості бетонної суміші. Доставка на об'єкт бетонної суміші забезпечується автобетонозмішувачами. Бетонна суміш подається до місця бетонування:39 в бадді (бункери) за допомогою баштових або самохідних кранів (у вертикальних конструкціях), бетононасосів (в горизонтальних конструкціях до); При температурі зовнішнього повітря нижче -10°C безпосередньо перед бетонуванням щільно армованих конструкцій з арматурою каркаса діаметром більше 24 мм необхідно прогріти арматурний каркас в опалубному блоці.

Випуски залізобетонних конструкцій повинні бути закриті або ізольовані на висоту (довжину) не менше 0,5 м. Процес підготовки робочого шва в зоні контакту

"старого" бетону плити перекриття і "свіжого" бетону колони здійснюється шляхом очищення поверхні старих бетонних плит (перед монтажем арматурного каркаса) від карбонатної плівки металевою щіткою, або компресором високого тиску (7 бар); при температурі повітря нижче -15°C рекомендується прогрівати бетон робочого шва (безпосередньо перед подачею першої порції бетонної суміші) через спеціальне вікно в нижній частині опалубки теплим повітрям від повітрянагрівача. Під час вхідного контролю якості бетонної суміші слід особливо стежити за паспортними даними бетону (відповідність В/Ц = 0,5, тобто не більше 0,55) і процесом додавання 0,2-0 суперпластифікатора на місці перед вивантаженням суміші 4% від маси цементу. При подачі бетонної суміші в блок обсадної колони бетононасосом, обладнаним маніпулятором, в зимових умовах необхідно виконувати додаткові операції з технічного обслуговування механізму і бетоноводів. Загальні вимоги до монтажу бетоноводів: вертикальні або похилі ділянки бетонування повинні розташовуватися не ближче 7-8 м від стаціонарного або пересувного бетононасоса; уникати різких поворотів, особливо використання колін з кутом 90° .

4.2.2.2 Вибір транспорту, вибір крана, подача та укладання бетонної суміші

Вибір типу кранів залежить від: конфігурації і розмірів споруди; габаритних розмірів, ступеня укрупнення, маси і розташування конструкцій, що монтуються; прийнятого способу монтажу м. Попередньо необхідно вибрати пристрої попереднього навантаження, що впливають на монтажну масу елемента і висоту підйому. Для баштових кранів визначають: монтажну масу елемента m ; необхідну висоту підйому h гака крана; необхідну мінімальну довжину стріли. При зведенні одноповерхових будівель стріловими кранами (з прогоном в прольотах) конструкції можна встановлювати за кілька проходів монтажними комплектами, до яких можна підібрати відповідні крани. Такими комплектами є: фундаментні блоки; колони; балки або ферми разом з плитами покриття; стінові панелі. При

виборі стрілового крана слід враховувати, що його вантажопідйомність змінюється в широкому діапазоні і залежить від трьох факторів: прийнятої довжини стріли; вильоту гака і використання аутригерів (для автомобільних і пневмоколісних кранів). Ці фактори враховуються в кривих вантажопідйомності, наведених у довідковій літературі. Монтажна маса елемента зазвичай визначається для найбільш важких, віддалених і високо розташованих елементів і розраховується як сума мас елемента, що монтується (або укрупненого блоку) і маси закріпленого на елементі захватного пристрою і оснастки (риштування, сходи, захвати і т.д.) Необхідна висота підйому гака (рис. 1, а) визначається технологією подачі елемента до опори: Для подачі бетонної суміші використовується стріловий баштовий кран. т

Необхідна висота підйому гака крана:

$$H_{кр} = H_0 + H_{зп} + H_{Elm} + H_{ст} \quad (4.14)$$

Де, H_0 - висота установки елемента, що монтується;

$H_{зп}$ - запас висоти між опорою і низом елемента, що монтується, число для нього, приймається в межах 0,5 ... 1 м з умов безпечної роботи;

H_{Elm} - висота елемента, що монтується;

$H_{ст}$ - висота лінії проектної висоти захоплення вантажу до центру гака крана, м

$$H_{ст} = 27 + 0.5 + 3 + 2.5 = 33 \text{ м} \quad (4.15)$$

Необхідна висота гака $H_{тр}$ (м) визначається з умови підйому найбільш високо розташованого елемента. Вантажопідйомність крана приймається за найбільшою монтажною масою елемента за формулою, при цьому перевіряється відповідність необхідного вантажного моменту вантажному моменту обраного крана. Необхідний вантажний момент. Після визначення розрахункових параметрів монтажних кранів за їх технічними характеристиками підбираються такі машини, робочі параметри яких задовольняють розрахунковим, дорівнюють їм або незначно

перевершують їх. Тип монтажного крана вибирають у два етапи. Спочатку приймають технічно прийнятні варіанти, а потім, порівнюючи техніко-економічні показники, вибирають найкращий варіант

Необхідний виліт гака визначається виходячи з передбачуваного місця стоянки крана. Якщо не потрібно подавати гак крана в глибину будівель вище раніше змонтованих конструкцій, то елементи (фундаменти, колони, крокви, ферми, стінові панелі) можна монтувати на мінімальний виліт гака. Необхідний виліт стріли.

$$L_{cr\ tr} = b + a^2 + c \quad (4.16)$$

Де, b - ширина прогонової будови; a - ширина підкранової колії;

c - відстань від краю будівлі до поворотної частини крана;

$$L_{cr\ tr} = 6 + 6^2 + 26.7 = 35.7 \text{ м}$$

Необхідний момент навантаження

$$M_{tr} = (Q_{\exists l} + Q_{str}) \cdot L_{cr\ tr} \quad (4.17)$$

Де, $Q_{\exists l}$ - маса ванни крана;

Q_{str} - вага тросів;

$L_{cr\ tr}$ - необхідний виліт стріли крана;

$$M_{tr} = (5.9 + 1) \cdot 35.7 = 246.33 \text{ т}\cdot\text{м}$$

Вибір баштового крана КБМ-401П-08

Вантажопідйомність - 10 т, з максимальним вильотом стріли - 6,3 т Максимальний виліт стріли - 25 м

Висота підйому гака - 35,4 м T

$$c = t_r + 2t_c + 2t_p + t_y \quad (4.18)$$

Де, t_r - час завантаження бетонної суміші; t_c - час стропування / стропування;

t_p - час подачі краном-баддю бетонної суміші; t_y - час укладання бетонної суміші;

$$T_c = 1,5 + 2 \cdot 1,5 + 2 \cdot 2 + 3 = 11,5 \text{ хв}$$

Продуктивність змінного ковша

$$P_c = 60 \cdot V \cdot T \cdot K_v \cdot T_c \quad (4.19)$$

Де, V - об'єм бетонної суміші, що завантажується в кран ковшем; T - тривалість зміни;

K_v - коефіцієнт використання крана в часі (для крана з двигуном внутрішнього згоряння без виносних опор);

T_p - тривалість робочого циклу;

$$P_c = 60 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0,78 \cdot 11,5 = 66,01 \text{ м}^3 / \text{хв}$$

Визначаємо фактичну тривалість роботи ковша:

$$T = V \cdot P_c = 2234,34 / 66,01 = 38 \text{ дні}$$

Згідно з обраними методами виконання робіт, проводимо підрахунок трудомісткості робіт, визначаємо витрати машинного часу і необхідні матеріально-технічні ресурси.

Мінімальний склад бригади приймаємо відповідно до ЄНіРами для відповідних видів робіт.

Витрати праці на роботи, які не враховані у відомості обсягів робіт, орієнтовно розраховуються в розмірі 20% від витрат на основні роботи.

Трудомісткість робіт, які не включені до номенклатури, приймаємо у відсотковому відношенні до трудомісткості загальнобудівельних робіт на всю будівлю.

На основі календарного плану формуємо графік потреби в машинах з вказівкою термінів початку і завершення робіт кожного механізму, що відображено на аркуші з графічною частиною.

В таблиці 4.6 наведено розрахунок автомоб. транспорту, відомість механізмів та машин.

Таблиця 4.6 Відомості машин та механізмів

Найменування технічних засобів	Марка	Технологічн і потреби на бригаду, шт	Технічна характеристика
1	2	3	4
Автобетонозмішувач	Камаз 5513	3	V=4м3
Кран баштовий	КБ-408	1	вант\під. 10 т виліт стріли 35 м
Автосамоскид	МАЗ 941	1	Швидкість руху 65 км\год. Дорожній просвіт- 300мм
Автомобіль-напівпричеп	Краз 222	2	Маса-17,45 т. Швидкість руху 75 км\год. Дорожній просвіт 295мм
Автомобіль-напівпричеп	МАЗ-941	1	вант\під. 20т. Колія 1860мм

4.2.2.3 Техніко-економічні показники

В таблиці 4.7 наведено трудовитрати, обсяги виконання робіт та тривалість будівництва.

Таблиця 4.7 Техніко-економічні показники

Найменування показника	Од. Вим.	Кількість
1	2	3
Тривалість будівництва	Дні	270
Трудовитрати	Люд.-дні Маш.-зміни	1681,06 469,32
Загальний обсяг монтажних робіт	Ел.	1475,94
Виробіток на робітника	м ³ /зм.	8,3

4.2.2.4 Розрахунок обсягів робіт при зведенні монолітних колон підтримки мосту

Вихідні дані:

Кількість колон (N): 135 шт.

Тривалість виконання робіт (T): 37 днів.

Виробіток: 0,77 люд.-зм/шт.

Графік виконання робіт з розподілом процесів на етапи:

Влаштування арматурних каркасів.

Монтаж сталевих закладних деталей.

Влаштування опалубки.

Бетонування колон.

Розбирання опалубки.

Загальна трудомісткість: 104,31 люд.-зм.

Машиномісткість: 4,99 маш.-зм.

Розрахунок обсягів робіт:

1. Щоденний обсяг робіт (колон/день):

Розрахунок здійснено за формулою:

2. Трудомісткість (люд.-зм):

Загальну трудомісткість розраховано за формулою:

3. Щоденні людські ресурси (люд.-зм/день):

Розрахунок кількості люд.-зм, необхідних для виконання щоденного обсягу робіт:

4. Машиномісткість (маш.-зм):

Загальна машиномісткість визначена за наданими даними:

Щоденне використання машин:

Етапи виконання робіт:

Влаштування арматурних каркасів колон:

Обсяг: 136 шт.

Трудовозатрати: 1343,33 люд.-год.

Тривалість: 4 дні.

Використовується комплексна бригада: 5 осіб (арматурники та підсобники).

Монтаж сталевих закладних деталей:

Обсяг: 232 шт.

Трудовозатрати: 8,41 люд.-год.

Тривалість: 2 дні.

Влаштування опалубки колон:

Обсяг: 701,8 м².

Трудовозатрати: 44,74 люд.-год.

Тривалість: 11 днів.

Бетонування колон:

Обсяг: 70,2 м³.

Трудовозатрати: 19,3 люд.-год.

Тривалість: 6 днів.

Розбирання опалубки колон:

Обсяг: 701,8 м².

Трудовозатрати: 18,43 люд.-год.

Тривалість: 9 днів.

4.2.2.5 Монтажні характеристики баштового крана

Для виконання робіт рекомендується використовувати баштовий приставний кран КБ 676 з горизонтальною стрілою. Основні технічні характеристики крана:

- Робочий виліт стріли: 40,4 м.
- Вантажопідйомність: 3,987 т.
- Розташування: кран встановлено з лівого боку від входу в будівлю.

Зазначений кран має оптимальні параметри для робіт на будівельному об'єкті з вказаними вами вимогами.

Баштовий приставний кран КБ 676 є універсальним та надійним інструментом для виконання будівельних завдань. Завдяки своїй конструкції він забезпечує високу точність виконання операцій навіть в умовах обмеженого простору. Використання такого крана дозволяє суттєво скоротити час будівельних робіт, підвищити їх ефективність та забезпечити безпечні умови праці для персоналу.

Особлива увага приділяється підтримці стабільності крана під час виконання робіт, що забезпечується використанням сучасних технологій і матеріалів у його виготовленні.

Рекомендується уточнити всі деталі та переконатися, що вибраний кран відповідає конкретним умовам робіт і може забезпечити безпечне та ефективне виконання завдань на будівництві.

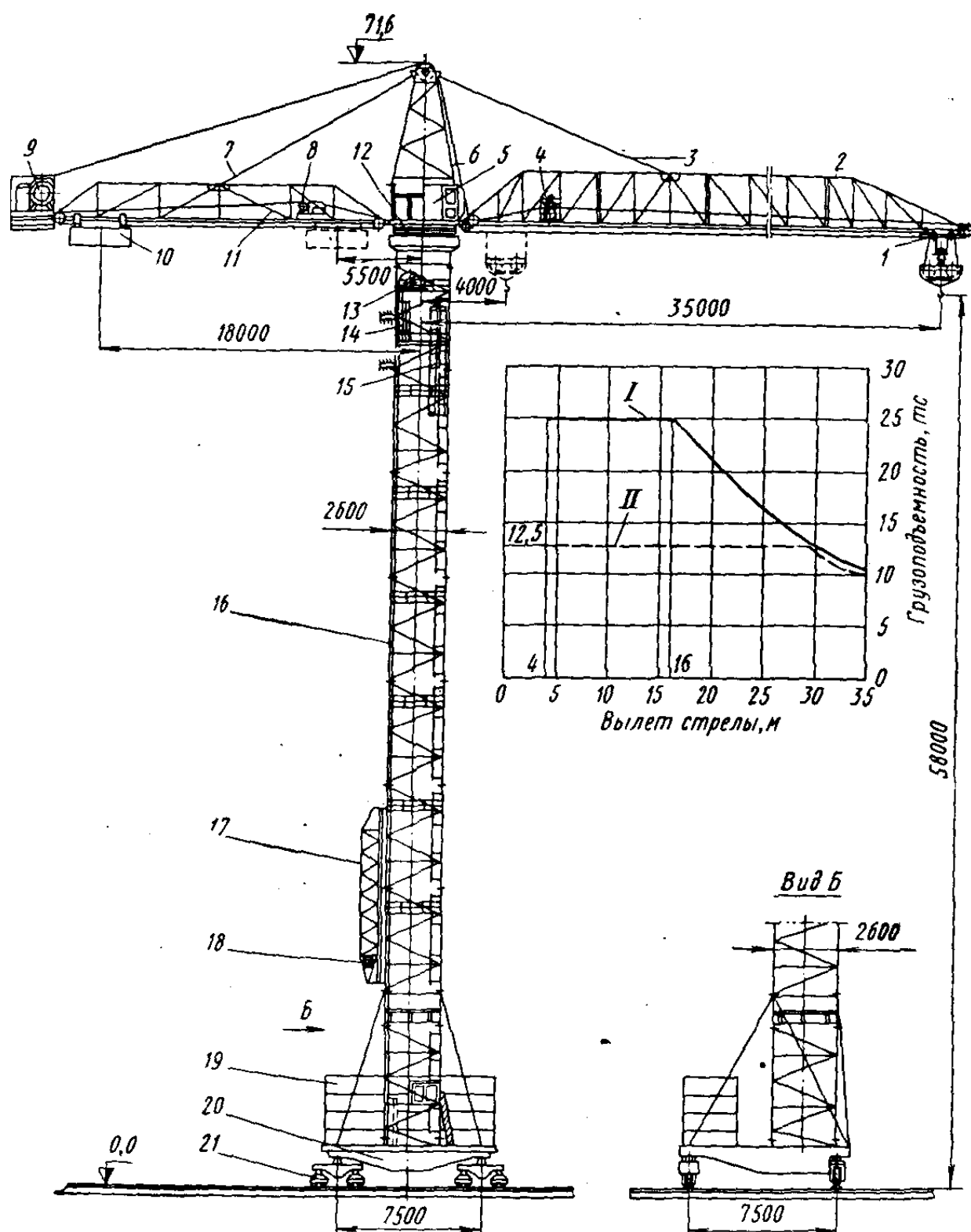


Рисунок 4.1 – Баштовый кран КБ 676-2

Таблиця 4.7 Технічні характеристики баштового крану

Характеристики	Величина
Вантажний момент, м	320,0
Вантажопідйомність	
- максимальна, т	12,5
- при максимальному вильоті, т	5,6
Виліт:	
- максимальний, м	50,5
- мінімальний, м	3,5
Висота підйому гака	
- максимальна, м	120,0
Висота настінної опори, м	48,75
Швидкість:	
- підйому вантажу, м/хв	35,0
- підйому гака, м/хв	100,0
- вантажного візка, м/хв	36,7
Частота обертання, м/хв	0,6
База, м	7,5
Маса загальна, т	267,1
Потужність, кВт	157,0

Для монтажу крана КБ-676 на будівельному майданчику виконується влаштування залізобетонного фундаменту. У процесі збільшення висоти вежі крана між сьомою і восьмою секціями вставляється заставна рама, яку потім з'єднують зв'язками кріплення вежі із будівлею. Приставний кран складається за допомогою автомобільного крана з вантажопідйомністю 10 т (зібрання ходової частини, секцій вежі, оголовка і стріли), а далі використовується монтажна стійка.

Зона обслуговування крана визначена радіусом, який відповідає максимальному вильоту стріли $R_p=40,40$ м. Межа монтажно́ї зони розташована вздовж периметра будівлі на відстані, що відповідає висоті падіння вантажу 75 м, що прийнято рівним 7,3 м. Зона роботи підйомника обмежена відстанню 7 м від його контуру. Небезпечні зони для доріг включають ділянки під'їздів та підходів у межах зазначених зон, де можуть перебувати люди, що не беруть участь у спільній роботі з краном, а також здійснюється рух транспортних засобів або працюють інші механізми.

4.2.2.6 Контроль якості

Здійснення контролю якості відповідає встановленим нормативам. У процесі виконання робіт впроваджуються вхідний, операційний та приймальний контроль.

Вхідний контроль виробів і матеріалів включає огляд та перевірку на повноту, а також перевірку відповідності документації, що супроводжує їх. Результати вхідного контролю фіксуються в журналах оцінки якості робіт, провідний начальник ділянки відповідає за цей вид контролю.

Операційний контроль полягає в систематичному спостереженні та перевірці відповідності проведених робіт вимогам стандартів. Операційний контроль здійснюється відповідальною особою серед виконавців робіт (інженер-технік або майстер). Результати цього контролю документуються відповідно до вимог нормативних документів.

Приймальний контроль проводиться після завершення окремих етапів робіт або при прийманні завершених конструкцій, з оцінкою придатності конструкцій до подальшої експлуатації. Згідно з вимогами нормативів, приймальний контроль може здійснюватися:

- виконавцем робіт, який веде постійний операційний контроль якості виконуваних робіт;
- керівником проєкту;

- замовником через технічний нагляд;
- проектною організацією через авторський нагляд;
- позавідомчою експертизою за вибірковим принципом.

Прийняті роботи фіксуються актом на приховані роботи, в якому вказуються номери робочих креслень, відступи від проекту та підстави для таких відступів.

4.3 Висновки за розділом 4

В технічній частині роботи розроблено архітектурний та конструктивний розділи реального будівельного об'єкта, який планується до будівництва у м. Вінниці – автодорожній шляхопровід над залізничними коліями. Для проектування опори по осі «7» використано конструктивні рекомендації та пропозиції, розроблені у науковій частині роботи (розділ 3).

Виконано загальний технічний опис конструкції шляхопроводу та докладний опис конструкції опори з проїздом. Для цієї опори виконані аналітичні розрахунки міцності з підбором армування найбільш небезпечних перерізів ригеля, як завантаженої частини опори. Розрахунками встановлено, що міцність ригеля прямокутного перерізу 3 x 1, 5 м забезпечена при улаштуванні проектного армування в робочому напрямку в нижній зоні – спарені стрижні діаметром 32 мм класу А-III (А400), улаштовані з кроком 200 мм, в верхній зоні – трійки стрижнів діаметром 32 мм класу А-III (А400), улаштовані з кроком 200 мм. При цьому коефіцієнт використання перерізу не перевищує 0,773.

Стосовно фундаментів опори із проїздом, встановлено, що міцність розтерків товщиною 2,1 м забезпечена за умови улаштування проектного армування – верхньої та нижньої зон у вигляді сіток зі стрижнів діаметром 32 мм класу А-III (А400) з кроком 100 мм у напрямку коротшої сторони та спарених із кроком 200 мм у довшому напрямку. При цьому коефіцієнт використання перерізу не перевищує 0,658.

Несуча здатність бурових паль під найбільш завантаженої опору залізобетонної частини шляхопроводу по осі «7» при дії вертикального

навантаження забезпечена при їх кількості 14 шт., діаметрі 1500 мм та довжині 20,5 м від нижнього обрізу ростверків. Клас бетону для палі С30/35 (В35). Армування паль прийняте конструктивно 16 ... 20 шт. Ø32 А400С по периметру, полярно симетрично.

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Для оцінки ефективності запропонованих інженерно-конструкторських рішень, розроблених на основі наукових досліджень, викладених у розділах 2 і 3 магістерської кваліфікаційної роботи було виконано економічні розрахунки двох варіантів опор шляхопроводу – з проїздом, що пропонується для широкого використання в умовах складної містобудівної ситуації та класичної, без проїзду.

5.1 Розрахунок кошторисної вартості опори шляхопроводу із проїздом

Вартість будівництва опори з проїздом була розрахована на основі чинних будівельних нормативів, з урахуванням витрат матеріалів і праці на виконання робіт з бетонування, робіт з монтажу арматурних каркасів, витрат на застосування антикорозійних матеріалів, а також встановлення конструктивних елементів проїзної частини. Значну частку витрат становить використання високоякісних матеріалів, таких як базальтова фібра, антикорозійні покриття, а також збільшені витрати на арматурні заготовки великого діаметра, які забезпечують стійкість конструкції.

Розрахунки наведені у додатку Б

Основні результати економічного розрахунку запропонованої опори (з проїздом):

Загальна вартість матеріалів та будівельно-монтажних робіт на зведення опори з проїздом (без ПДВ) – 7 365 116 грн.

В тому числі, вартість матеріалів та виробів (без ПДВ) – 5 528 654 грн.

Заробітня плата (без ПДВ) – 1 431 962 грн.

Загальновиробничі витрати (без ПДВ) – 666 291 грн.

Загальна вартість опори з проїздом (без ПДВ) – 8 031 408 грн.

Загальна трудомісткість – 11 208 люд.-днів.

Опора з проїздом дозволяє інтегрувати транспортний потік у конструкцію шляхопроводу, що є критичним у випадках із насиченим дорожнім рухом. Зважаючи на складність конструкції, вартість таких опор є вищою, але їх функціональність виправдовує ці витрати в умовах щільної міської забудови.

5.2 Розрахунок кошторисної вартості стандартної опори без проїзду.

Розрахунок кошторисної вартості стандартної опори без проїзду також був виконаний із дотриманням чинних норм і стандартів. Вартість таких опор є значно нижчою (приблизно на 20%) завдяки спрощеній конструкції та зменшенню обсягу матеріалів.

Основними витратними статтями є бетонування, монтаж арматурних каркасів, нанесення антикорозійного захисту та підготовчі роботи. Такий тип опор є доцільним у місцях, де не потрібно забезпечувати рух транспорту через шляхопровід, наприклад, у сільській місцевості або на другорядних дорогах.

Розрахунки наведені у додатку Б

Основні результати економічного розрахунку опори класичної конструкції (без проїзду):

Загальна вартість матеріалів та будівельно-монтажних робіт на зведення опори з проїздом (без ПДВ) – 6 137 597 грн.

В тому числі, вартість матеріалів та виробів (без ПДВ) – 4 607 212 грн.

Заробітня плата (без ПДВ) – 1 193 302 грн.

Загальновиробничі витрати (без ПДВ) – 555 243 грн.

Загальна вартість опори без проїзду (без ПДВ) – 6 692 840 грн.

Загальна трудомісткість – 9 340,5 люд.-днів.

5.3 Визначення узагальнених вартісних показників

Для розрахунку узагальнених вартісних показників було використано дані щодо вартості будівельних робіт та загальновиробничих витрат для обох варіантів опор.

У разі вибору опори за віссю 6 (класична конструкція, без проїзду), загальна вартість будівельних робіт складає 6 137 597 грн, а загальновиробничі витрати – 555 243 грн. Тобто, загальна вартість для цього варіанту складає 6 692 840 грн.

Для опори за віссю 7 (пропонована конструкція, з проїздом), відповідно, загальна вартість будівельних робіт становить 7 365 116 грн, а загальновиробничі витрати – 666 291 грн. Всього вартість складає 8 031 408 грн.

Порівняння зазначених показників здійснено у графічній формі, дивись рис. 5.1.

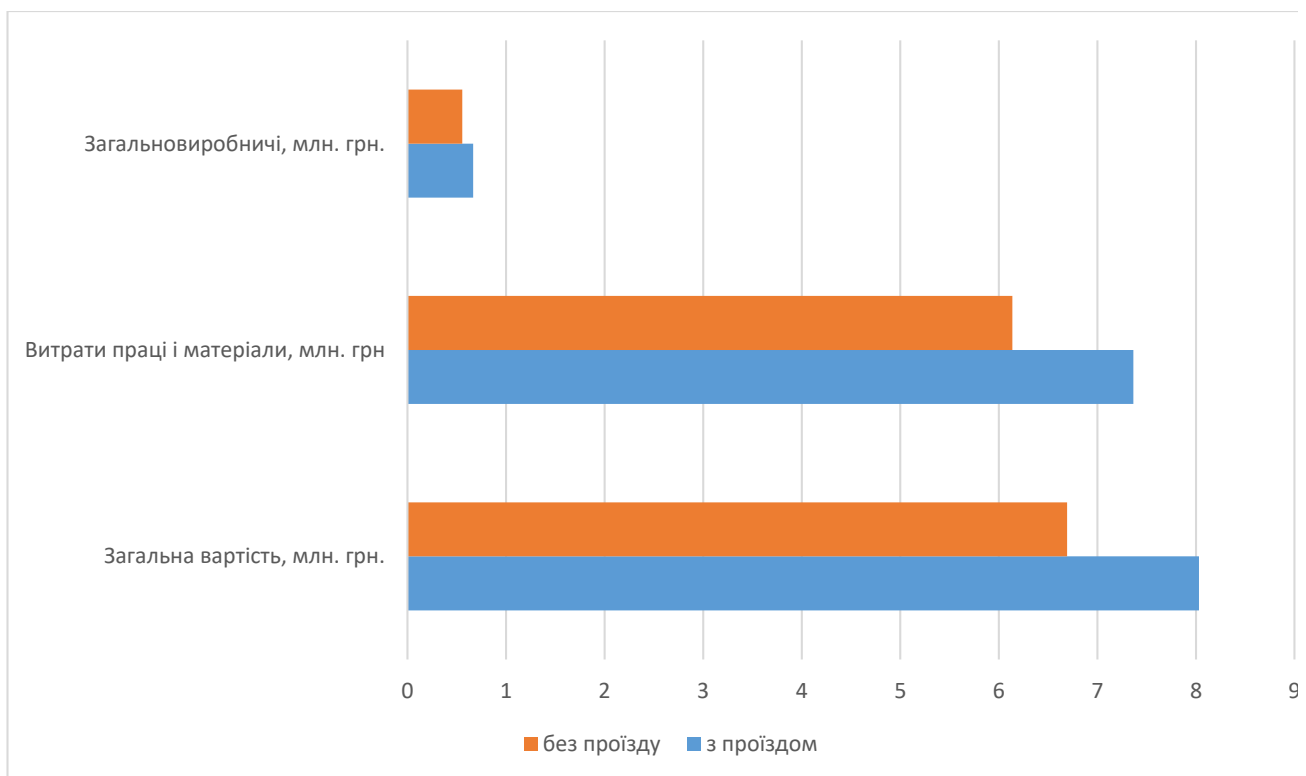


Рисунок 5.1 – Порівняння економічних показників реальних опор шляхопроводів з проїздом (що пропонується) та без проїзду (класична конструкція).

Як видно з порівняння, для опор за віссю 7 вартість як будівельних робіт, так і загальновиробничих витрат є вищою порівняно з віссю 6. Ці відмінності обумовлені більш складною конструкцією та додатковими елементами, необхідними для забезпечення проїзду під шляхопроводом, а також витратами на інші інфраструктурні заходи. Однак, при цьому вартість за віссю 7 виправдана її додатковими перевагами, зокрема, можливістю вирішення складних містобудівних ситуацій.

Порівняння цих показників дозволяє чітко оцінити, наскільки економічно доцільним є вибір того чи іншого типу опор, з огляду на необхідність вирішення транспортних та інфраструктурних завдань на конкретному об'єкті.

Для розрахунку осередненого вартісного показнику пропонується взяти відносний параметр вартості 1 м.п. опори. Загальна довжина опори з проїздом та без проїзду однакова, та, в осях, складає 16,8 м.

Таким чином, вартість 1 м.п. опори з проїздом складає:

$$B1 = 8\,031\,408 / 16,8 = 0,47806 \text{ млн. грн.} \quad (5.2)$$

Вартість 1 м.п. класичної опори без проїзду складає

$$B2 = 6\,692\,840 / 16,8 = 0,398383 \text{ млн. грн.} \quad (5.3)$$

5.4 Розрахунок економічного ефекту

Загальна вартість будівельних робіт за розрахунками, складеними відповідно до чинних нормативів, становить 6 692 840 грн для опор за віссю 6 та 8 031 408 грн. для опор за віссю 7. Таким чином, різниця у вартості будівництва складає 1 338 568 грн, що свідчить про приблизно 20% здорожчання для конструкцій з проїздом.

Проте це збільшення вартості є виправданим через функціональні переваги, які надають опори з проїздом. Вони забезпечують безперебійний транспортний рух під шляхопроводом, що є критично важливим у міських умовах, де транспортні потоки мають бути збережені навіть під час реалізації складних інфраструктурних проєктів. Крім того, такі опори дозволяють ефективно використовувати обмежений простір, уникаючи перекриття основних транспортних артерій, а також забезпечують високу довговічність і стійкість конструкцій до значних навантажень.

У той же час опори за віссю 6 є більш економічно вигідними завдяки їх нижчій вартості та простішій конструкції. Вони можуть бути оптимальним варіантом для місцевостей із меншим транспортним потоком або в умовах, де відсутня потреба в організації проїзду під шляхопроводом.

Враховуючи розрахункову інтенсивність руху на дорозі з проїздом – 2,5 тис. автомобілів на добу, приведених до легкового автотранспорту за 365 діб маємо 912,5 тис. автомобілів на рік. Об'їзд зазначеної ділянки складає 1,5 км.

Отже, зекономлений автомобільний пробіг за трафіком на рік складає $1,5 \times 912\,500 = 1\,368\,750$ км.

При середніх витратах палива 15 л/100 км та ціні палива 50 грн./л маємо економію:

$$E = 1\,368\,750 \times 15 \times 50 / 100 = 10\,265\,625 \text{ грн.} \quad (5.4)$$

Таким чином, різниця у вартості будівництва, яка складає 1 338 568 грн, окупиться вже на другий місяць експлуатації опори з проїздом.

5.5 Висновки за розділом 5

Отже, вибір між типами конструкцій має базуватися на інтенсивності транспортного руху, складності інфраструктурного завдання та містобудівних обмеженнях. Незважаючи на вищу вартість, опори з проїздом є стратегічним рішенням для урбанізованих районів завдяки їхній універсальності та здатності вирішувати складні містобудівні ситуації.

ВИСНОВКИ

1. Вивчено сучасний вітчизняний та світовий досвід за напрямом досліджень. Визначено, що оптимізація опор є важливим аспектом сучасного проектування, оскільки вона безпосередньо впливає на безперешкодний рух транспорту під цими конструкціями у сучасних умовах, коли зростає обсяги автомобільного та річкового транспорту, забезпечення достатнього простору для проїзду стає пріоритетним завданням для інженерів.

2. Розроблено концепцію раціональної архітектурної форми проміжної опори із наскрізним проїздом для багатопролітних шляхопроводів. Розроблена конструктивна оптимізація опор дозволяє уникнути створення вузьких місць, що можуть призводити до заторів та аварійних ситуацій.

3. Вивчено вплив зовнішніх кліматичних та технологічних факторів на роботу опор з проїздом, а також визначено умови експлуатації мостових опор для подальшого моделювання напружено-деформованого стану.

4. Розроблено модель напружено-деформованого стану конструкції опори з проїздом на прикладі реальної споруди, здійснено аналіз небезпечних перерізів. Деталізованим моделюванням напружено-деформованого стану пропонуваного конструктивного рішення опори шляхопроводу з проїздом методом скінчених елементів для реальної проекрованої споруди шляхопроводу у м. Вінниці встановлено найбільш небезпечні ділянки основних конструктивних компонентів опори.

5. Розроблено конструктивні рекомендації та методику проектування опори з проїздом. Встановлено габаритні розміри прорізу в опорі. Встановлену потрібну висоту ростверків та підібраний найоптимальніший варіант фундаментів, які підвищують довговічність та надійність конструкції. Розраховано та розташовано пальове поле. Запроектовані перехідні плити напівзаглибленого типу, що сприяють плавному розподілу навантажень.

6. Розраховано і порівняно вартісні показники для стандартної опори та опори з проїздом. Загальна вартість будівельних робіт для стандартної опори становить –

6 692 840 грн, для опори з проїздом – 7 365 116 грн. Було встановлено, що незважаючи на вищу на вищу вартість опори з проїздом (20%) вона є стратегічним рішенням для урбанізованих районів міста та здатна вирішувати складні містобудівні ситуації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агарков М.С., Попов В.О., Аврамчук О.А. Рациональне архітектурно-планувальне рішення мостових переходів в умовах складної містобудівної ситуації / М.С. Агарков, В.О. Попов, О.А. Аврамчук // Тези доповіді на Міжнародній науково-технічній конференції "Інноваційні технології в будівництві" (2024). ВНТУ. – 2024. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2024/paper/viewFile/22323/18505>
2. ДБН В.2.3-6:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження та випробування. [Чинний від 2009-11-11]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 41 с.
3. Класифікація мостових споруд і труб на автомобільних і міських дорогах. Оглядова стаття. URL: <https://studfile.net/preview/7516846/page:3/>.
4. Транспортні споруди. Класифікація мостових споруд та шляхопроводів. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/docpage.html?id_doc=79567
5. ДБН В.1.2-15:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи. [Чинний від 2010-03-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 84 с.
6. ДБН В.1.2-2-2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. [На заміну СНиП 2.01.07-85, за винятком розділу 10; чинний від 2007-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінбуд України, 2006. 71 с.
7. ДБН В.1.2-14-2018. Система забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. [На заміну ДБН В.1.2-14-2009; чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2009. 30 с. URL: <http://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2018/12/DBN-V1214-2018.pdf>
8. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівництво в сейсмічних районах України. [На заміну ДБН В.1.1.12:2006; чинний від 2014-10-01] Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2014. 110 с.

9. ДБН В.2.3-14:2006. Споруди транспорту. Мости і труби. Правила проектування. [Чинний від 2007-02-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2006. 359 с.
10. ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. [Чинний від 2009-03-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 73 с.
11. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. [Чинний від 2016-04-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2015. 104 с.
12. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. [Зміна №1; чинний від 2019-09-01] Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2019. 28 с.
13. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. [Чинний від 2011-06-01]. - К: Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с. – (Національні стандарти України).
14. Попов В.О. Технологія улаштування великопролітних мостових конструкцій методом насування / В.О. Попов, Д.М. Байда, М.С. Агарков // Матеріали ЛІІІ науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2024) : збірник доповідей. – Вінниця : ВНТУ, 2024. – С. 1354–1359. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/view/832/1453/2726-1>
15. Довідник будівельника: Будівельна техніка, конструкції та технології: у 2 т. – Т. 1 / [за ред. О. П. Іваненка]. – Київ: Будівельник, 2020. – 512 с.
16. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Організація будівництва” для студентів спеціальності: 7.092101 “Промислове та цивільне будівництво” всіх форм навчання/ Укл. В.В. Яцун, канд. техн. наук, О.В. Лізунков, Г.А. Попов, С.О. Карпушин.– Кіровоград, КДТУ, 2000. 59 с.
17. Котеньова, Т. П. Архітектура будівель і споруд: Підручник. – Київ: Видавництво «Будівельник», 2020. – 400 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА
НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬНазва роботи: Рациональні залізобетонні монолітні проїзні опори автомобільних шляхопроводів і мостівТип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)Підрозділ кафедра БМГА, ФБЦЕІ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Turnitin

Оригінальність 89 % Схожість 11 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):



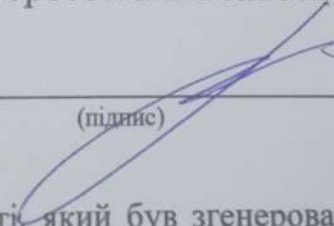
1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.



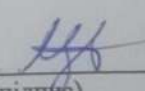
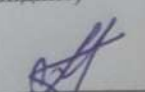
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.



3. 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.

Особа, відповідальна за перевірку  Кучеренко Л.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Turnitin щодо роботи.

Автор роботи 
(підпис)Агарков М.С.
(прізвище, ініціали)Керівник роботи 
(підпис)Попов В.О.
(прізвище, ініціали)

ДОДАТОК Б

Нове будівництво автодорожнього шляхопроводу через залізничні колії (у створі вул. Академіка Янгеля та вул. Левка Лук'яненка) в м. Вінниці

В.21-05-17

Таблиця 5.1 - Локальний кошторис на будівельні роботи №02-01-05
на Монолітні з/б опори (колони, ригелі, підферменники, опорні частини), діафрагми
Нове будівництво автодорожнього шляхопроводу через залізничні колії (у створі вул. Академіка Янгеля та вул. Левка Лук'яненка) в м. Вінниці
Шляхопровід в осі "Б"

Основа:	Кошторисна вартість	6692,840625	тис. грн.
креслення (специфікації) №	Кошторисна трудомісткість	9,34005	тис.люд.год.
	Кошторисна заробітна плата	13459,06	тис. грн.
	Середній розряд робіт	4,0	розряд

Складений за поточними цінами станом на “31 липня” 2024 р.

№ Ч.ч. .	Обґрунту- вання (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кіль- кість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год.	
					Всього	експлуа- тації машин	Всього	заробіт- ної плати	експлуа- тації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										тих, що обслуговують машини	
										на одини- цю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
19	КБ30-9-1	Розділ 1. З/б колони по проміжних опорах в осі "Б" <i>Будівництво монолітних бетонних опор при подаванні бетону на суші без облицювання</i>	100 м3	0,44	<u>61023,73</u>	<u>32755,84</u>	129199	44823	<u>69254</u>	<u>156,8323</u>	<u>331,80</u>
					21165	13162,85			27785	73,6876	156,06

20	& C1424-11612-B41	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В40 (С32/40) W12 F200 кількість: 211,8*1,02	м3	45,0075	<u>929,68</u> -	-	201674	-	-	-	-
21	& C1424-111-471	Базальтова фібра Technobasalt 12 мм кількість: 3*211,8	кг	132,375	<u>43,68</u> -	-	27700	-	-	-	-
22	КБ30-6-1	Установлення арматурних сіток в монолітних опорах кількість: 5004/1000+18559/1000	т армат.	4,908	<u>2554,90</u> 2509,40	-	60202	59129	-	<u>18,3292</u>	<u>431,85</u> -
23	& C146-582-379	Арматура Ф10 А240 кількість: 5004/1000	тонна	1,042	<u>6863,02</u> -	-	34342	-	-	-	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
24	C124-36	Надбавки до цін заготовок за складання та зварювання каркасів та сіток плоских діаметром 10 мм кількість: 5004/1000	т	1,042	<u>1497,59</u> -	-	7490	-	-	-	-
25	& C146-592-343	Арматура Ф32 А400 кількість: 18559/1000	тонна	3,866	<u>6863,02</u> -	-	127362	-	-	-	-
26	C124-54	Надбавки до цін заготовок за складання та зварювання каркасів та сіток просторових діаметром 32-40 мм кількість: 18559/1000	т	3,866	<u>1368,11</u> -	-	25349	-	-	-	-
27	ДБ4-3-1	Антикорозійний захист арматури	1 м2	114,79	<u>27,89</u> 13,66	<u>14,23</u> 5,42	15495	7544	<u>7830</u> 2980	<u>0,0985</u> 0,0375	<u>54,35</u> 21,35
28	& C1633-46ВД-4191	Антикорозійний засіб Sika Monotop-1010N кількість: 551*2	кг	229,58	<u>26,65</u> -	-	29419	-	-	-	-
		Разом прямі витрати по розділу 1					656145	111897	<u>77181</u> 30738		<u>816,20</u> 177,39
		Разом будівельні роботи, грн.					656145				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн.					468361				
		всього заробітна плата, грн.					142227				
		Загальновиробничі витрати, грн.					69384				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.					144,86				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					19583				

		Всього будівельні роботи, грн.					727574				

		Всього по розділу 1					727574				
		Розділ 2. Монолітні з/б ригелі проміжних опор в осі "Б"									
47	КБ30-12-1	Будівництво монолітного залізобетонного ригеля	100 м3	0,63	<u>34986,87</u>	<u>13493,05</u>	158300	84100	<u>61053</u>	<u>123,1000</u>	<u>559,58</u>
					18551,56	4667,88			21222	26,2418	119,92
48	& C1424-11612-B41	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В40 (C32/40) W12 F200	м3	65,67	<u>619,77</u>	-	293054	-	-	-	-
		кількість: 454,6*1,04			-	-			-	-	-
49	& C1424-111-471	Базальтова фібра Technobasalt 12 мм	кг	189,83	<u>29,14</u>	-	39722	-	-	-	-
		кількість: 3*454,6			-	-			-	-	-
50	КБ6-56-8	Виготовлення арматурних заготовок для встановлення в конструкції	т	13,65	<u>639,83</u>	<u>110,39</u>	62667	48723	<u>10877</u>	<u>3,6492</u>	<u>359,76</u>
		кількість: R4((9+6644+414,9+36615,06+13761,4 +40844,8)/1000)			495,28	48,93			4805	0,3108	30,47
51	& C146-582-378	Арматура Ф8 А240	тонна	0,002	<u>4577,57</u>	-	41	-	-	-	-
		кількість: 9/1000			-	-			-	-	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
52	& C146-593-291	Арматура Ф16 А240	тонна	0,92	<u>4577,57</u>	-	30457	-	-	-	-
		кількість: 6644/1000			-	-			-	-	-
53	& C146-582-331	Арматура Ф12 А400	тонна	0,06	<u>4577,57</u>	-	1910	-	-	-	-
		кількість: 414,9/1000			-	-			-	-	-
54	& C146-582-311	Арматура Ф16 А400	тонна	5,08	<u>4577,57</u>	-	167250	-	-	-	-
		кількість: 36615,06/1000			-	-			-	-	-
55	& C146-592-342	Арматура Ф25 А400	тонна	1,90	<u>4577,57</u>	-	62552	-	-	-	-
		кількість: 13671,4/1000			-	-			-	-	-
56	& C146-592-343	Арматура Ф32 А400	тонна	5,67	<u>4557,57</u>	-	186363	-	-	-	-
		кількість: 40844,8/1000			-	-			-	-	-
57	ДБ4-3-1	Антикорозійний захист арматури	1 м2	323,96	<u>18,59</u>	<u>9,49</u>	43354	21212	<u>22136</u>	<u>0,0657</u>	<u>152,86</u>
					9,11	3,61			8416	0,0259	60,18
58	& C1633-46ВД-4191	Антикорозійний засіб Sika Monotop-1010N	кг	646,53	<u>17,77</u>	-	82653	-	-	-	-
		кількість: 2327,5*2			-	-			-	-	-

		Разом прямі витрати по розділу 2					1135417	154934	93998 34491		1073,59 209,04
		Разом будівельні роботи, грн.					1135417				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн.					881833				
		всього заробітна плата, грн.					188739				
		Загальновиробничі витрати, грн.					86337				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.					173,63				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					23632				
		Всього будівельні роботи, грн.					1210132				

		Всього по розділу 2					1210132				
		Розділ 3. Підферменники та опорні частини на опорах в осях "Б"									
59	КБ30-12-1	Улаштування з монолітного залізобетону підферменних площадок і прокладних рядів на суші	100 м3	0,0242	31441,40 16671,35	12097,75 4195,99	6074	3220	2337 810	110,7150 23,6109	21,39 4,56
60	& С1424-11612-В41	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В40 (С32/40) W12 F200 кількість: 19,32*1,04	м3	2,5116	557,81 -	- -	11208	-	- -	- -	- -
61	& С1424-111-471	Базальтова фібра Technobasalt 12 мм кількість: 3*19,32	кг	7,245	26,21 -	- -	1519	-	- -	- -	- -
62	КБ6-56-8	Виготовлення арматурних заготовок для встановлення в конструкції кількість: 1436,3/1000	т	0,1795	574,60 445,75	99,51 43,99	825	640	143 63	3,2890 0,2792	4,72 0,40
63	& С146-582-379	Арматура Ф10 А240 кількість: 1436,3/1000	тонна	0,1795	4118,19 -	- -	5914	-	- -	- -	- -
64	ДБ4-3-1	Антикорозійний захист арматури	1 м2	9,1425	16,74 8,20	8,54 3,25	1224	599	624 237	0,0591 0,0233	4,32 1,70
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
65	& С1633-46ВД-4191	Антикорозійний засіб Sika Monotop-1010N кількість: 73,14*2	кг	18,285	15,99 -	- -	2340	-	- -	- -	- -
66	ДБ4-4-1	Захист бетонних поверхонь елементів транспортних споруд від корозії антикорозійними матеріалами	10 м2	0,576	212,81 212,81	- -	980	980	- -	1,4987 -	6,91 -

67	& C1633-46ВД-422	6 кг/м2/3мм Цементно-епоксидний розчин Sikagard-720 ЕроСет 3мм кількість: 46,08*6	кг	34,56	<u>46,61</u>	-	12885	-	-	-	-
68	КБ30-16-2	Встановлення опорних частин прогонових будівель	оп.част.	4	<u>1070,88</u>	<u>199,57</u>	34236	27843	<u>6386</u>	<u>5,6940</u>	<u>182,20</u>
69	& C113-183-211	Опорні частини	шт	4	<u>10629,66</u>	76,61	340149	-	2451	0,4263	13,64
		Разом прямі витрати по розділу 3					418606	33285	<u>9490</u>		<u>219,55</u>
		Разом будівельні роботи, грн.					418606		3563		20,30
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн.					374580				
		всього заробітна плата, грн.					36848				
		Загальновиробничі витрати, грн.					14349				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.					23,34				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					3171				
		Всього будівельні роботи, грн.					431705				

		Всього по розділу 3					431705				
		Розділ 4. Захист поверхонь з/б колон проміжних опор в осі "Б"									
70	ДБ4-4-1	Захист бетонних поверхонь елементів транспортних споруд від корозії антикорозійними матеріалами	10 м2	5,30	<u>340,50</u>	-	9023	9023	-	<u>2,3980</u>	<u>63,55</u>
					340,50	-			-	-	-
71	& C1633-46ВД-432	Покриття WG-Weleforce	кг	16,06	<u>71,49</u>	-	5740	-	-	-	-
		кількість: R2(265/3,3)			-	-			-	-	-
72	ДБ4-45-1	Ґрунтування бетонних поверхонь ґрунтовкою вручну	100 м2	0,53	<u>238,23</u>	-	631	631	-	<u>1,9118</u>	<u>5,07</u>
					238,23	-			-	-	-
73	& C1633-46ВД-433	Ґрунтовка WG-Weleflex Sealer	кг	15,90	<u>35,79</u>	-	2845	-	-	-	-
		кількість: 0,3*265			-	-			-	-	-
74	ДБ4-4-1	Захист бетонних поверхонь конструкцій від корозії антикорозійними матеріалами	10 м2	51,83	<u>340,50</u>	-	88233	88233	-	<u>2,3980</u>	<u>621,39</u>
		кількість: 5182,6/2			340,50	-			-	-	-

75	& C1633-46ВД-421	Адгезійний засіб Sika Monotop-1010	кг	1036,52	<u>25,59</u> -	- -	132633	-	- -	- -	- -
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
76	КБ13-31-3	Шпаклювання нерівностей кількість: R2(8810,64/(1,7*2))	100м2	5,1827	<u>1776,45</u> 1745,96	<u>30,15</u> 25,58	46034	45244	<u>781</u> 663	<u>11,1166</u> 0,2019	<u>288,07</u> 5,23
77	& C1633-46ВД-414	Шпаклівка та вирівнюючий розчин Sika MonoTop-3020 кількість: 2591,36*1,7*2	кг	1762,124 8	<u>26,43</u> -	- -	232882	-	- -	- -	- -
78	ДУ6-49-1	Гідрофобізація поверхні 2-ма захисними шарами	м2	518,272	<u>28,87</u> 7,75	<u>21,11</u> 9,19	74812	20077	<u>54708</u> 23814	<u>0,0616</u> 0,0671	<u>159,63</u> 173,88
79	& C1633-46ВД-412	Концентрат силіконової мікроемulsії Sikagard 702W Aquaphob кількість: 2591,36*0,05*2	кг	51,8272	<u>892,19</u> -	- -	231199	-	- -	- -	- -
80	КБ30-96-1	Фарбування залізобетонних поверхонь підпорних стінок	100 м2	5,1827	<u>1046,83</u> 881,83	<u>131,46</u> 51,09	27127	22851	<u>17033</u> 6619	<u>5,7706</u> 0,3666	<u>149,54</u> 9,50
81	& C1633-46ВД-413	Захисне покриття для бетону Sikagard -680S Betoncolor кількість: R2(2591,36*0,2*2)	кг	207,31	<u>178,29</u> -	- -	184808	-	- -	- -	- -
Разом прямі витрати по розділу 4							1035972	186061	<u>58896</u> 25801		<u>1287,25</u> 188,61
Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн.							1035972				
-----							791014				
							211863				
							93297				
							183,84				
							24972				
							1129269				
Всього по розділу 4							1129269				
Розділ 5. Діафрагми в осі "Б",											
82	КБ30-12-3	Улаштування з монолітного залізобетону шафових стінок (діафрагм)	100 м3	0,69	<u>63678,26</u> 32522,80	<u>15752,53</u> 5506,37	353414	1444013	<u>699412</u> 244483	<u>215,9850</u> 32,1237	<u>1198,71</u> 178,29

83	& C1424-11612-B41	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В40 (C32/40) W12 F200 кількість: 555*1,04	м3	72,15	<u>557,81</u>	-	321968	-	-	-	-
84	& C1424-111-471	Базальтова фібра Technobasalt 12 мм кількість: 3*555	кг	208,13	<u>26,21</u>	-	43644	-	-	-	-
85	КБ6-56-8	Виготовлення арматурних заготовок для встановлення в конструкції кількість: ((29319,3+38914,56+49979,1+12542,1+39+11077,92)/1000)	т	17,73	<u>574,60</u> 445,76	<u>99,51</u> 43,99	81519	505921	<u>112939</u> 49930	<u>3,2889</u> 0,2792	<u>466,62</u> 39,61
86	& C146-592-342	Арматура Ф25 А400 кількість: 29319,3/1000	тонна	3,67	<u>4118,19</u>	-	120731	-	-	-	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
87	& C146-582-341	Арматура Ф20 А400 кількість: 38914,56/1000	тонна	4,86	<u>4118,19</u>	-	160243	-	-	-	-
88	& C146-582-311	Арматура Ф16 А400 кількість: 49979,1/1000	тонна	6,25	<u>4118,19</u>	-	205804	-	-	-	-
89	& C111-186-162	Арматура Ф12 А240 кількість: 12542,1/1000	тонна	1,57	<u>4118,19</u>	-	51646	-	-	-	-
90	& C146-582-378	Арматура Ф8 А240 кількість: 39/1000	тонна	0,0078	<u>4117,82</u>	-	160	-	-	-	-
91	& C110-169-B134	Сталь штабова кількість: 11077,92/1000	тонна	2,215584	<u>4126,44</u>	-	45712	-	-	-	-
92	ДБ4-3-1	Антикорозійний захист арматури	1 м2	744	<u>16,74</u> 8,20	<u>8,54</u> 3,25	62335	30541	<u>31793</u> 12107	<u>0,0591</u> 0,0233	<u>220,18</u> 86,64
93	& C1633-46ВД-4191	Антикорозійний засіб Sika Monotop-1010N кількість: 3724*2	кг	1489	<u>15,99</u>	-	119130	-	-	-	-
94	КБ13-31-3	Шпаклювання нерівностей	100м2	2,292	<u>1110,28</u> 1091,23	<u>18,84</u> 15,99	12723	12505	<u>215</u> 183	<u>6,9479</u> 0,1262	<u>79,62</u> 1,45
95	& C1633-46ВД-414	Шпаклівка та вирівнюючий розчин Sika MonoTop-3020 кількість: 1146*1,7*2	кг	779,28	<u>16,52</u>	-	64368	-	-	-	-
96	ДБ4-4-1	Захист бетонних поверхонь конструкцій від корозії антикорозійними матеріалами	10 м2	22,92	<u>212,81</u> 212,81	-	24388	24388	-	<u>1,4988</u>	<u>171,76</u>
97	& C1633-46ВД-421	Адгезійний засіб Sika Monotop-1010 кількість: 1146*2	кг	458,4	<u>15,99</u>	-	36660	-	-	-	-
98	ДУ6-49-1	Гідрофобізація поверхні 2-ма захисними	м2	229,2	<u>18,04</u>	<u>13,19</u>	20678	5549	<u>15121</u>	<u>0,0385</u>	<u>44,12</u>

99	& C1633-46ВД-412	шарами Концентрат силіконової мікроемulsії Sikagard 702W Aquaphob кількість: 1146*0,05*2	кг	22,92	4,84 <u>557,87</u> -	5,75 - -	63903	-	6582 - -	0,0419 - -	48,06 - -
100	КБ30-96-1	Фарбування залізобетонних поверхонь підпорних стінок	100 м2	2,292	<u>654,27</u> 551,14	<u>82,16</u> 31,93	7497	6316	<u>941</u> 365	<u>3,6066</u> 0,2292	<u>41,33</u> 2,63
101	& C1633-46ВД-413	Захисне покриття для бетону Sikagard -680S Betoncolor кількість: R2(1146*0,2*2)	кг	91,68	<u>111,43</u> -	- -	51081	-	- -	- -	- -
102	КМ8-152-6	Тимчасова телескопічна стійка, монтаж	100 шт	0,616	<u>761,25</u> 514,79	<u>214,56</u> 58,95	2344	1585	<u>660</u> 181	<u>6,0125</u> 0,3675	<u>18,52</u> 1,13
103	& C145-124-264	З урахуванням 5-ти кратної обертості Тимчасова телескопічна стійка 4,5 м кількість: R0(308/5)	шт	12	<u>235,57</u> -	- -	14605	-	- -	- -	- -
104	КМ8-152-6 Кдем=0,7	Тимчасова телескопічна стійка, демонтаж	100 шт	0,616	<u>510,55</u> 360,35	<u>150,20</u> 41,26	1572	1109	<u>462</u> 127	<u>4,2088</u> 0,2573	<u>12,96</u> 0,79
Разом прямі витрати по розділу 5							1866135	325738	<u>150740</u> 56349		<u>2253,83</u> 358,59
Разом будівельні роботи, грн.							1866135				
в тому числі:											
вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн.							1389657				
1	2	3					4	5	6	7	8
		всього заробітна плата, грн.					382087				
		Загальновиробничі витрати, грн.					175655				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.					353,84				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					48063				
		Всього будівельні роботи, грн.					2041790				

		Всього по розділу 5					2041790				
		Разом прямі витрати по кошторису					6137597	7827636	<u>4415442</u> 1718784		<u>6905,40</u> 1311,20
		Разом будівельні роботи, грн.					6137597				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн.					4607212				
		всього заробітна плата, грн.					1193302				
		Загальновиробничі витрати, грн.					555243				

		трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.	1123				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.	152604				
		Всього будівельні роботи, грн.	6692840				
		Всього по кошторису	6692840				
		Кошторисна трудомісткість, люд.год.	9340,05				
		Кошторисна заробітна плата, грн.	1345906				

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

Перевірила _____ Лялюк
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Нове будівництво автодорожнього шляхопроводу через залізничні колії (у створі вул. Академіка Янгеля та вул. Левка Лук'яненка) в м. Вінниці
В.21-05-17

Таблиця 5.2 - Локальний кошторис на будівельні роботи №02-01-05
на Монолітні з/б опори (колони, ригелі, підферменники, опорні частини), діафрагми
Нове будівництво автодорожнього шляхопроводу через залізничні колії (у створі вул. Академіка Янгеля та вул. Левка Лук'яненка) в м. Вінниці
Шляхопровід в осі "7"

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 8031,40800 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 11,20806 тис.люд.год.
Кошторисна заробітна плата 16150,87 тис. грн.
Середній розряд робіт 4,0 розряд

Складений за поточними цінами станом на "31 липня" 2024 р.

№ Ч.ч.	Обґрунту- вання (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кіль- кість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год.	
					Всього	експлуа- тації машин	Всього	заробіт- ної плати	експлуа- тації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										тих, що обслуговують машини	
										на одини- цю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Розділ 1. З/б колони по проміжних опорах в осі "7"									
19	КБ30-9-1	Будівництво монолітних бетонних опор при подаванні бетону на суші без облицювання	100 м3	0,52	<u>73228,46</u> 25400,00	<u>39306,99</u> 15795,42	155038	53787	<u>83104</u> 33342	<u>188,1988</u> 88,4251	<u>398,16</u> 187,27
20	& C1424- 11612-B41	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В40 (С32/40) W12 F200 кількість: 211,8*1,02	м3	54,009	<u>1115,62</u> -	<u>-</u> -	242008	-	<u>-</u> -	<u>-</u> -	<u>-</u> -

21	& C1424-111-471	Базальтова фібра Technobasalt 12 мм кількість: 3*211,8	кг	158,85	<u>52,42</u>	-	33240	-	-	-	-
22	K530-6-1	Установлення арматурних сіток в монолітних опорах кількість: 5004/1000+18559/1000	т армат.	5,8896	<u>3065,88</u> 3011,28	-	72242	70955	-	<u>21,9950</u>	<u>518,22</u>
23	& C146-582-379	Арматура Ф10 А240 кількість: 5004/1000	тонна	1,2504	<u>8235,62</u>	-	41210	-	-	-	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
24	C124-36	Надбавки до цін заготовок за складання та зварювання каркасів та сіток плоских діаметром 10 мм кількість: 5004/1000	т	1,25	<u>1797,11</u>	-	8988	-	-	-	-
25	& C146-592-343	Арматура Ф32 А400 кількість: 18559/1000	тонна	4,64	<u>8235,62</u>	-	152834	-	-	-	-
26	C124-54	Надбавки до цін заготовок за складання та зварювання каркасів та сіток просторових діаметром 32-40 мм кількість: 18559/1000	т	4,64	<u>1641,73</u>	-	30418	-	-	-	-
27	ДБ4-3-1	Антикорозійний захист арматури	1 м2	137,75	<u>33,47</u> 16,39	<u>17,08</u> 6,50	18594	9052	<u>9396</u> 3576	<u>0,1182</u> 0,0450	<u>65,22</u> 25,62
28	& C1633-46ВД-4191	Антикорозійний засіб Sika Monotop-1010N кількість: 551*2	кг	275,50	<u>31,98</u>	-	35299	-	-	-	-
Разом прямі витрати по розділу 1							787374	111897	<u>77181</u> 30738		<u>816,20</u> 177,39
Разом будівельні роботи, грн.							787374				
в тому числі:											
вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн.							561933				
всього заробітна плата, грн.							170672				
Загальновиробничі витрати, грн.							83260				
трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.							173,12				
заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.							23499				
Всього будівельні роботи, грн.							873089				

		Всього по розділу 1					873089				
		Розділ 2. Монолітні з/б ригелі проміжних опор в осі "7"									
47	КБ30-12-1	Будівництво монолітного залізобетонного ригеля	100 м3	0,76	41984,24 22261,87	16191,66 5601,46	189960	100920	73263 25466	147,7200 31,6902	671,50 143,90
48	& C1424-11612-B41	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В40 (C32/40) W12 F200 кількість: 454,6*1,04	м3	78,80	743,72 -	- -	351664	-	- -	- -	- -
49	& C1424-111-471	Базальтова фібра Technobasalt 12 мм кількість: 3*454,6	кг	227,80	34,97 -	- -	47666	-	- -	- -	- -
50	КБ6-56-8	Виготовлення арматурних заготовок для встановлення в конструкції кількість: R4((9+6644+414,9+36615,06+13761,4 +40844,8)/1000)	т	16,38	767,80 594,34	132,47 58,72	75200	58468	13052 5766	4,3786 0,3730	431,71 36,56
51	& C146-582-378	Арматура Ф8 А240 кількість: 9/1000	тонна	0,002	5492,88 -	- -	49	-	- -	- -	- -
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
52	& C146-593-291	Арматура Ф16 А240 кількість: 6644/1000	тонна	1,10	5492,88 -	- -	36548	-	- -	- -	- -
53	& C146-582-331	Арматура Ф12 А400 кількість: 414,9/1000	тонна	0,07	5492,88 -	- -	2292	-	- -	- -	- -
54	& C146-582-311	Арматура Ф16 А400 кількість: 36615,06/1000	тонна	6,10	5492,88 -	- -	200700	-	- -	- -	- -
55	& C146-592-342	Арматура Ф25 А400 кількість: 13671,4/1000	тонна	2,28	5492,88 -	- -	75062	-	- -	- -	- -
56	& C146-592-343	Арматура Ф32 А400 кількість: 40844,8/1000	тонна	6,80	5492,88 -	- -	223635	-	- -	- -	- -
57	ДБ4-3-1	Антикорозійний захист арматури	1 м2	388,75	22,31 10,93	11,39 4,33	52024	25454	26563 10099	0,0788 0,0311	183,43 72,22
58	& C1633-46ВД-4191	Антикорозійний засіб Sika Monotop-1010N кількість: 2327,5*2	кг	775,84	21,32 -	- -	99183	-	- -	- -	- -
		Разом прямі витрати по розділу 2					1362500	185920	112797 41389		1288,31 250,85
		Разом будівельні роботи, грн. в тому числі:					1362500				

		вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн.					1058199 226487 103604 208,36 28358 1452158				

		Всього по розділу 2					1452158				
		Розділ 3. Підферменники та опорні частини на опорах в осях "7"									
59	КБ30-12-1	Улаштування з монолітного залізобетону підферменних площадок і прокладних рядів на суші	100 м3	0,0242	<u>31441,40</u> 16671,35	<u>12097,75</u> 4195,99	6074	3220	<u>2337</u> 810	<u>110,7150</u> 23,6109	<u>21,39</u> 4,56
60	& C1424-11612-B41	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В40 (С32/40) W12 F200 кількість: 19,32*1,04	м3	2,5116	<u>557,81</u> -	- -	11208	-	- -	- -	- -
61	& C1424-111-471	Базальтова фібра Technobasalt 12 мм кількість: 3*19,32	кг	7,245	<u>26,21</u> -	- -	1519	-	- -	- -	- -
62	КБ6-56-8	Виготовлення арматурних заготовок для встановлення в конструкції кількість: 1436,3/1000	т	0,1795	<u>574,60</u> 445,75	<u>99,51</u> 43,99	825	640	<u>143</u> 63	<u>3,2890</u> 0,2792	<u>4,72</u> 0,4
63	& C146-582-379	Арматура Ф10 А240 кількість: 1436,3/1000	тонна	0,1795	<u>4118,19</u> -	- -	5914	-	- -	- -	- -
64	ДБ4-3-1	Антикорозійний захист арматури	1 м2	9,1425	<u>16,74</u> 8,20	<u>8,54</u> 3,25	1224	599	<u>624</u> 237	<u>0,0591</u> 0,0233	<u>4,32</u> 1,70
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
65	& C1633-46ВД-4191	Антикорозійний засіб Sika Monotop-1010N кількість: 73,14*2	кг	18,285	<u>15,99</u> -	- -	2340	-	- -	- -	- -
66	ДБ4-4-1	Захист бетонних поверхонь елементів транспортних споруд від корозії антикорозійними матеріалами 6 кг/м2/3мм	10 м2	0,576	<u>212,81</u> 212,81	- -	980	980	- -	<u>1,4987</u> -	<u>6,91</u> -
67	& C1633-46ВД-422	Цементно-епоксидний розчин Sikagard-720 ЕроСет 3мм кількість: 46,08*6	кг	34,56	<u>46,61</u> -	- -	12885	-	- -	- -	- -

68	КБ30-16-2	Встановлення опорних частин прогонових будівель	оп.част.	4	<u>1070,88</u>	<u>199,57</u>	34236	27843	<u>6386</u>	<u>5,6940</u>	<u>182,20</u>
					870,11	76,61			2451	0,4263	13,64
69	& С113-183-211	Опорні частини	шт	4	<u>10629,66</u>	-	340149	-	-	-	-
					-	-			-	-	-
		Разом прямі витрати по розділу 3					418606	33285	<u>9490</u>		<u>219,55</u>
									3563		20,30
		Разом будівельні роботи, грн.					418606				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн.					374580				
		всього заробітна плата, грн.					36848				
		Загальновиробничі витрати, грн.					14349				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.					23,34				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					3171				
		Всього будівельні роботи, грн.					431795				

		Всього по розділу 3					431705				
		Розділ 4. Захист поверхонь з/б колон проміжних опор в осі "7"									
70	ДБ4-4-1	Захист бетонних поверхонь елементів транспортних споруд від корозії антикорозійними матеріалами	10 м2	4,42	<u>283,75</u>	-	7519	7519	-	<u>1,9983</u>	<u>52,96</u>
					283,75	-			-	-	-
71	& С1633-46ВД-432	Покриття WG-Weleforce кількість: R2(265/3,3)	кг	13,38	<u>59,58</u>	-	4783	-	-	-	-
					-	-			-	-	-
72	ДБ4-45-1	Ґрунтування бетонних поверхонь ґрунтовкою вручну	100 м2	0,44	<u>198,52</u>	-	526	526	-	<u>1,5932</u>	<u>4,23</u>
					198,52	-			-	-	-
73	& С1633-46ВД-433	Ґрунтовка WG-Weleflex Sealer кількість: 0,3*265	кг	13,25	<u>29,82</u>	-	2370	-	-	-	-
					-	-			-	-	-
74	ДБ4-4-1	Захист бетонних поверхонь конструкцій від корозії антикорозійними матеріалами кількість: 5182,6/2	10 м2	43,19	<u>283,75</u>	-	73527	73257	-	<u>1,9983</u>	<u>518,66</u>
					283,75	-			-	-	-
75	& С1633-46ВД-421	Адгезійний засіб Sika Monotop-1010	кг	863,77	<u>21,33</u>	-	110528	-	-	-	-
					-	-			-	-	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

76	КБ13-31-3	Шпаклювання нерівностей кількість: R2(8810,64/(1,7*2))	100м2	4,3189	<u>1776,45</u> 1745,96	<u>30,15</u> 25,58	46034	45244	<u>781</u> 663	<u>11,1166</u> 0,2019	<u>288,07</u> 5,23
77	& C1633-46ВД-414	Шпаклівка та вирівнюючий розчин Sika MonoTop-3020 кількість: 2591,36*1,7*2	кг	1468,437 3	<u>26,43</u> -	- -	232882	-	- -	- -	- -
78	ДУ6-49-1	Гідрофобізація поверхні 2-ма захисними шарами	м2	431,8933	<u>24,06</u> 6,46	<u>17,59</u> 7,66	62343	16730	<u>45590</u> 19845	<u>0,0513</u> 0,0559	<u>133,02</u> 144,90
79	& C1633-46ВД-412	Концентрат силіконової мікроемульсії Sikagard 702W Aquaphob кількість: 2591,36*0,05*2	кг	43,1893	<u>743,49</u> -	- -	192666	-	- -	- -	- -
80	КБ30-96-1	Фарбування залізобетонних поверхонь підпорних стінок	100 м2	4,3189	<u>872,36</u> 734,86	<u>109,55</u> 42,58	22606	19042	<u>14277</u> 5515	<u>4,8088</u> 0,3055	<u>124,62</u> 7,92
81	& C1633-46ВД-413	Захисне покриття для бетону Sikagard -680S Betoncolor кількість: R2(2591,36*0,2*2)	кг	172,7583	<u>148,58</u> -	- -	154006	-	- -	- -	- -
Разом прямі витрати по розділу 4							864977	155050,83	<u>49080</u> 21500		<u>1072,71</u> 157,18
Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн.							864977				
-----							659178				
							176552				
							77747				
							153,20				
							20810				
							941056				
Всього по розділу 4							941056				
Розділ 5. Діафрагми в осі "7",											
82	КБ30-12-3	Улаштування з монолітного залізобетону шафових стінок (діафрагм)	100 м3	0,69	<u>63678,26</u> 32522,80	<u>15752,53</u> 5506,37	353414	1444013	<u>699412</u> 244483	<u>215,9850</u> 32,1237	<u>1198,71</u> 178,29
83	& C1424-11612-B41	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В40 (С32/40) W12 F200 кількість: 555*1,04	м3	72,15	<u>557,81</u> -	- -	321968	-	- -	- -	- -
84	& C1424-	Базальтова фібра Technobasalt 12 мм	кг	208,13	<u>26,21</u> -	- -	43644	-	- -	- -	- -

85	111-471 КБ6-56-8	кількість: 3*555 Виготовлення арматурних заготовок для встановлення в конструкції кількість: ((29319,3+38914,56+49979, 1+12542,1+39+11077,92)/1000)	т	17,73	- <u>574,60</u> 445,76	- <u>99,51</u> 43,99	81519	505921	- <u>112939</u> 49930	- <u>3,2889</u> 0,2792	- <u>466,62</u> 39,61
86	& C146-592- 342	Арматура Ф25 А400 кількість: 29319,3/1000	тонна	3,67	<u>4118,19</u> -	- -	120731	-	- -	- -	- -
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
87	& C146-582- 341	Арматура Ф20 А400 кількість: 38914,56/1000	тонна	4,86	<u>4118,19</u> -	- -	160243	-	- -	- -	- -
88	& C146-582- 311	Арматура Ф16 А400 кількість: 49979,1/1000	тонна	6,25	<u>4118,19</u> -	- -	205804	-	- -	- -	- -
89	& C111-186- 162	Арматура Ф12 А240 кількість: 12542,1/1000	тонна	1,57	<u>4118,19</u> -	- -	51646	-	- -	- -	- -
90	& C146-582- 378	Арматура Ф8 А240 кількість: 39/1000	тонна	0,0078	<u>4117,82</u> -	- -	160	-	- -	- -	- -
91	& C110-169- В134	Сталь штабова кількість: 11077,92/1000	тонна	2,215584	<u>4126,44</u> -	- -	45712	-	- -	- -	- -
92	ДБ4-3-1	Антикорозійний захист арматури	1 м2	744	<u>16,74</u> 8,20	<u>8,54</u> 3,25	62335	30541	<u>31793</u> 12107	<u>0,0591</u> 0,0233	<u>220,18</u> 86,64
93	& C1633- 46ВД-4191	Антикорозійний засіб Sika Monotop-1010N кількість: 3724*2	кг	1489	<u>15,99</u> -	- -	119130	-	- -	- -	- -
94	КБ13-31-3	Шпаклювання нерівностей	100м2	2,292	<u>1110,28</u> 1091,23	<u>18,84</u> 15,99	12723	12505	<u>215</u> 183	<u>6,9479</u> 0,1262	<u>79,62</u> 1,45
95	& C1633- 46ВД-414	Шпаклівка та вирівнюючий розчин Sika MonoTop-3020 кількість: 1146*1,7*2	кг	779,28	<u>16,52</u> -	- -	64368	-	- -	- -	- -
96	ДБ4-4-1	Захист бетонних поверхонь конструкцій від корозії антикорозійними матеріалами	10 м2	22,92	<u>212,81</u> 212,81	- -	24388	24388	- -	<u>1,4988</u> -	<u>171,76</u> -
97	& C1633- 46ВД-421	Адгезійний засіб Sika Monotop-1010 кількість: 1146*2	кг	458,4	<u>15,99</u> -	- -	36660	-	- -	- -	- -
98	ДУ6-49-1	Гідрофобізація поверхні 2-ма захисними шарами	м2	229,2	<u>18,04</u> 4,84	<u>13,19</u> 5,75	20678	5549	<u>15121</u> 6582	<u>0,0385</u> 0,0419	<u>44,12</u> 48,06
99	& C1633- 46ВД-412	Концентрат силіконової мікроемульсії Sikagard 702W Aquaphob кількість: 1146*0,05*2	кг	22,92	<u>557,87</u> -	- -	63903	-	- -	- -	- -

100	КБ30-96-1	Фарбування залізобетонних поверхонь підпорних стінок	100 м2	2,292	<u>654,27</u> 551,14	<u>82,16</u> 31,93	7497	6316	<u>941</u> 365	<u>3,6066</u> 0,2292	<u>41,33</u> 2,63
101	& С1633-46ВД-413	Захисне покриття для бетону Sikagard -680S Betoncolor	кг	91,68	<u>111,43</u> -	-	51081	-	-	-	-
102	КМ8-152-6	кількість: R2(1146*0,2*2) Тимчасова телескопічна стійка, монтаж	100 шт	0,616	<u>761,25</u> 514,79	<u>214,56</u> 58,95	2344	1585	<u>660</u> 181	<u>6,0125</u> 0,3675	<u>18,52</u> 1,13
103	& С145-124-264	З урахуванням 5-ти кратної обертовості Тимчасова телескопічна стійка 4,5 м	шт	12	<u>235,57</u> -	-	14605	-	-	-	-
104	КМ8-152-6 Кдем=0,7	кількість: R0(308/5) Тимчасова телескопічна стійка, демонтаж	100 шт	0,616	<u>510,55</u> 360,35	<u>150,20</u> 41,26	1572	1109	<u>462</u> 127	<u>4,2088</u> 0,2573	<u>12,96</u> 0,79
		Разом прямі витрати по розділу 5					1866135	325738	<u>150740</u> 56349		<u>2253,83</u> 358,59
		Разом будівельні роботи, грн.					1866135				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн.					1389657				
1	2	3					4	5	6	7	8
		всього заробітна плата, грн.					382087				
		Загальновиробничі витрати, грн.					175655				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.					353,84				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					48063				
		Всього будівельні роботи, грн.					2041790				

		Всього по розділу 5					2041790				
		Разом прямі витрати по кошторису					7365116	7827636	<u>4415442</u> 1718784		<u>6905,40</u> 1311,20
		Разом будівельні роботи, грн.					7365116				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн.					5528654				
		всього заробітна плата, грн.					1431962				
		Загальновиробничі витрати, грн.					666291				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.					1347				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					183124				
		Всього будівельні роботи, грн.					8031408				

		Всього по кошторису	8031408				
		Кошторисна трудомісткість, люд.год.	11208				
		Кошторисна заробітна плата, грн.	1615087				

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

Перевірила _____ Лялюк
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

ДОДАТОК В

ВІДОМІСТЬ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ

Аркуш	Найменування	Примітки
Лист №1	Актуальність теми та наукова новизна	
Лист №2	Наукові задачі	
Лист №3	Мости та шляхопроводи. Термінологія.	
Лист №4	Відмінність між спорудами. Класифікація споруд. Державні будівельні норми. Світовий досвід.	
Лист №5	Типи опор. Основні конструктивні елементи опор. Проблематика проїзду під опорами.	
Лист №6	Моделювання напружено-деформованого стану опори шляхопроводу із проїздом.	
Лист №7	Архітектурні і конструктивні пропозиції з проектування опор шляхопроводу з проїздом.	
Лист №8	Архітектурно-будівельні рішення.	
Лист №9	Оцінка ефективності інженерно-конструкторських рішень.	
Лист №10	Головні фасади та план-схема шляхопроводу	
Лист №11	Поперечні розрізи, бокові фасади та відомість опорядження фасадів.	
Лист №12	Перспективний вигляд, фрагмент візуалізації та загальний вигляд.	
Лист №13	Перспективний вигляд, Загальний вигляд, Генплан.	
Лист №14	Технологічна карта на виконання земляних робіт.	
Лист №15	Технологічна карта на зведення монолітної частини.	

● Актуальність теми дослідження



Відомо, що в Україні, внаслідок тривалих воєнних дій автотранспортна система відіграє ключове значення для забезпечення функціонування економіки держави, загалом, та для підтримання обороноздатності, зокрема. В умовах обласних та районних центрів України часто проблемними ділянками, що утруднюють транспортне сполучення міста, є численні та розгалужені залізничні колії, які іноді розрізають територію міста на декілька частин. Водночас, залізничні шляхи, разом з автодорогами, також входять у загальну транспортну систему держави, та є її критичними інфраструктурними об'єктами. Тому потрібним і актуальним є такі проектно-організаційні та технологічні рішення при будівництві нових шляхопроводів через залізничні колії, які б забезпечили не тривалу зупинку експлуатації залізниці. З огляду на це магістерська кваліфікаційна робота присвячених аналізу поведінки під навантаженням конструкцій мостів, мостових переходів та шляхопроводів та їх основних конструктивних елементів. Основна увага зосереджена на проміжних опорах шляхопроводів із наскрізним отвором для забезпечення безперешкодного проїзду автомобільного транспорту в умовах складної містобудівної ситуації.

● Наукова новизна

1. Запропоновано методології вирішення складних містобудівних ситуацій, які виникають при проектуванні нових шляхопроводів шляхом улаштування опори з наскрізним проїздом;
2. Розроблено нову конструктивну форму опори шляхопроводу із наскрізним проїздом у формі літери «П», надземна частина якої являє собою дві колони із капітелями у вигляді усічених пірамід та ригеля прямокутного перерізу;
3. Розроблено методики аналізу напружено-деформованого стану запропонованої опори з проїздом з урахуванням спільної надземної та підземної частин опори;
4. Локалізовано найбільш небезпечні перерізи основних компонентів надземної частини запропонованої опори з проїздом (колон та ригелів) та надано пропозиції щодо їх раціонального армування

● Предмет дослідження

Архітектурна форма та напружено-деформований стан опори з проїздом під дією комплексу кліматичних та технологічних навантажень від рухомого складу.



● Мета наукових досліджень

Пошук нових конструктивних форм опор шляхопроводів для організації наскрізного проїзду та для загального покращення міських містобудівних ситуацій за загальносвітовою тенденцією безбар'єрного урбанізованого простору.

● Об'єкт дослідження

Нові проміжні залізобетонні опори багатопролітних шляхопроводів та мостів із наскрізним проїздом.



Наукові задачі

✓ Розробка моделі напружено-деформованого стану конструкції опори з проїздом на прикладі реальної споруди, аналіз небезпечних перерізів;

✓ Аналіз сучасних вимог нормативно-технічної документації та стандартів щодо проектування, виготовлення та експлуатації опор шляхопроводів та мостів, аналіз нормативних умов та вимог щодо безбар'єрного пересування та інклюзивності;

✓ Розробка концепції раціональної архітектурної форми проміжної опори із наскрізним проїздом для багатопролітних шляхопроводів;

✓ Вивчення впливу зовнішніх кліматичних та технологічних факторів на роботу опор з проїздом. Дослідження має на меті визначити умови експлуатації мостових опор для подальшого моделювання напружено-деформованого стану;

✓ Розробка конструктивних рекомендацій та методики проектування опори з проїздом;

✓ Вивчення сучасного вітчизняного та світового досвіду за напрямом досліджень.

Мости — це ключові інженерні споруди, які відіграють визначальну роль у забезпеченні цілісності транспортних мереж як окремих країн, так і цілих континентів. Мости, в основному, будуються над водними перешкодами (річками, озерами, затоками, проливами). З огляду на постійне зростання інтенсивності руху і ваги вантажних перевезень, що супроводжують розвиток сучасних держав, виникає нагальна потреба не лише у будівництві нових мостів, але й у модернізації та відновленні існуючих. Це дослідження присвячено аналізу даної проблематики, з акцентом на важливості мостів для забезпечення безперервного руху транспорту та пішоходів, що є невід'ємною складовою технічного прогресу і розвитку транспортної інфраструктури



(загальний вигляд сучасної мостової споруди)



(загальний вигляд сучасного шляхопроводу)

Шляхопроводи — це інженерні споруди, які забезпечують перетин транспортних потоків на різних рівнях, дозволяючи уникнути перешкод і заторів, особливо в умовах інтенсивного руху. Вони є важливою частиною транспортної інфраструктури, оскільки дозволяють ефективно організувати рух на перетинах автомобільних доріг, залізниць або інших шляхів. Завдяки шляхопроводам значно підвищується безпека та пропускна здатність транспортних мереж, знижуються ризики аварійних ситуацій та зменшуються затримки на перехрестях.

Крім того, шляхопроводи є важливими для екологічних і економічних аспектів транспортування, оскільки знижують викиди забруднювальних речовин, скорочуючи час очікування на перехрестях, і зменшують витрати на паливо.

Враховуючи зростаючу інтенсивність руху в багатьох країнах, шляхопроводи стають критично важливими елементами для забезпечення безперервного та безпечного функціонування транспортної системи.



Відмінність між **мостами** та **шляхопроводами** полягає в їх призначенні, конструктивних особливостях та функціональності. Мости призначені для здолання перепон, таких як річки, канали, долини або інші дороги, забезпечуючи проїзд транспорту і пішоходів через ці перешкоди. Шляхопроводи, а зазвичай мова йде про транспортні шляхопроводи, призначені для організації руху транспорту, що проходить над або під іншими транспортними шляхами, такими як дороги, залізниці або пішохідні доріжки, що дозволяє уникнути перетворення зворотного руху. Конструктивні особливості також відрізняються: мости можуть мати різні конструктивні форми (аркові, балкові, підвісні тощо) і зазвичай розраховані на значні навантаження та динамічні впливи від транспорту, тоді як шляхопроводи часто мають простішу конструкцію, оскільки їхнє основне призначення — забезпечити вертикальне відділення транспортних потоків.

Класифікація мостів та шляхопроводів

- за призначенням,
- за матеріалом, з якого конструюється пролітна будова,
- за загальною довжиною,
- за шириною проїзної частини,
- за застосованому типу опор і пролітних будов,
- по виду використаного матеріалу,
- за розташуванням рівня проїзду,
- за розрахунковою схемою роботи мосту (статичною системою),

Державні будівельні норми



ДБН В.1.2-15:2009 «Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи»



ДБН В.1.2-14-2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд»



ДБН В.1.202:2006 «Навантаження і впливи. Норми проектування»



ДБН В.2.3-14:2006 «Мости та труби. Правила проектування»



ДБН В.2.3-22:2009 «Мости та труби. Основні вимоги проектування»



ДБН В.2.3-4:2015 «Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво»



Міст Брукліна (Brooklyn Bridge), США



Міст Тауер (Tower Bridge), Великобританія



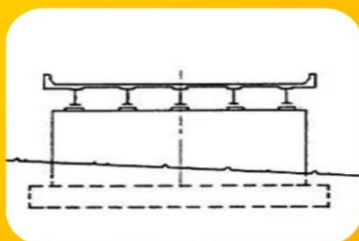
Міст Бхумібола (Bhumibol Bridge), Таїланд



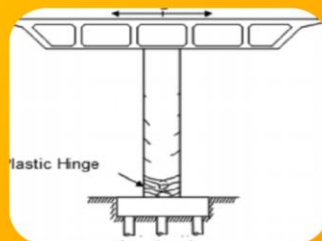
Золоті ворота (Golden Gate Bridge), США



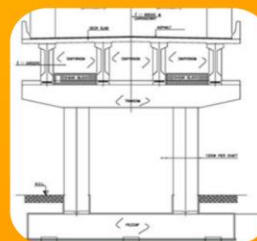
Мілло Віадук (Millau Viaduct), Франція



**Масивна опора
шляхопроводу
(solid wall pier)**



**Опора колонного типу
(single-column pier)**



**Багатоколонна
система опор
(multi-column pier
system)**

Основні конструктивні елементи масивної опори шляхопроводу:

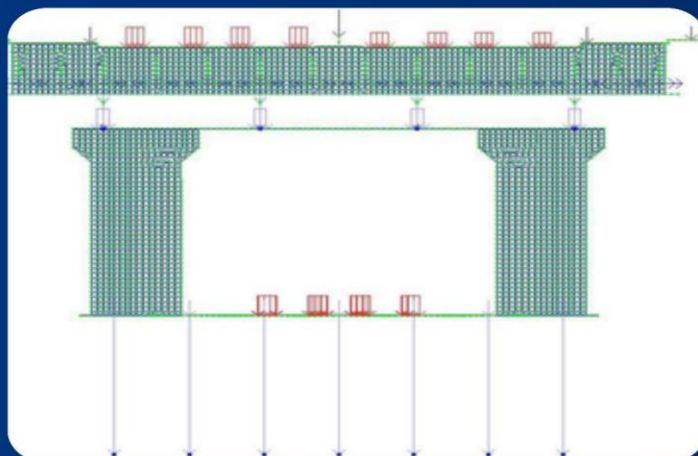
- фундаменти – це основа опори, яка передає навантаження від конструкції шляхопроводу на ґрунт.
- масивна опора – основний вертикальний елемент, який підтримує конструкцію та сприймає навантаження від ригелів і підферменників.
- ригель – горизонтальний елемент, що об'єднує верхні частини масивних опор.
- підферменники – елементи, які підтримують основну ферму або прогони моста, передаючи навантаження від них на опору.
- опорні частини – місце контакту прогонових будов з масивною опорою.

Проблема переміщення транспорту під опорами шляхопроводів і мостів виникає через те, що вертикальні опорні конструкції можуть значно обмежувати або унеможливити рух транспорту вздовж основного напрямку дороги або річки. Зокрема, автомобільний та річковий транспорт стикаються з низкою труднощів, які впливають на ефективність та безпеку перевезень.

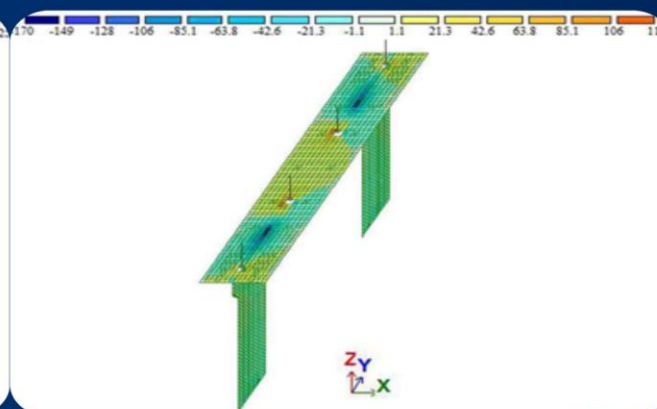
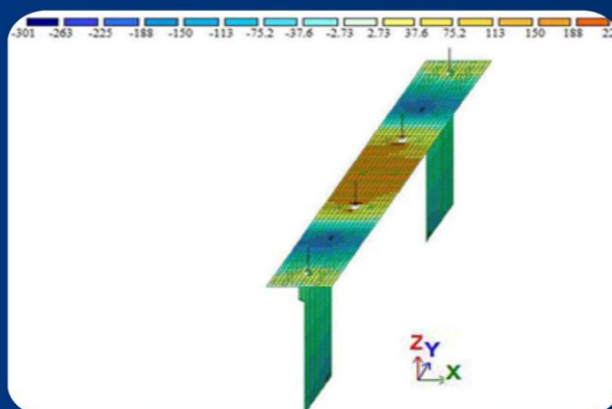
Для автомобільного транспорту вертикальні опори, що підтримують шляхопроводи чи мости, можуть розташовуватися прямо в межах потенційного проїзду, розділяючи полоси або перекриваючи доступ для проїзду транспорту з великими габаритами. Це обмежує ширину проїзної частини під конструкцією і змушує водіїв маневрувати або робити об'їзд. Така ситуація часто призводить до зниження швидкості потоку транспорту та створює потенційні місця для заторів, особливо під час годин пік.



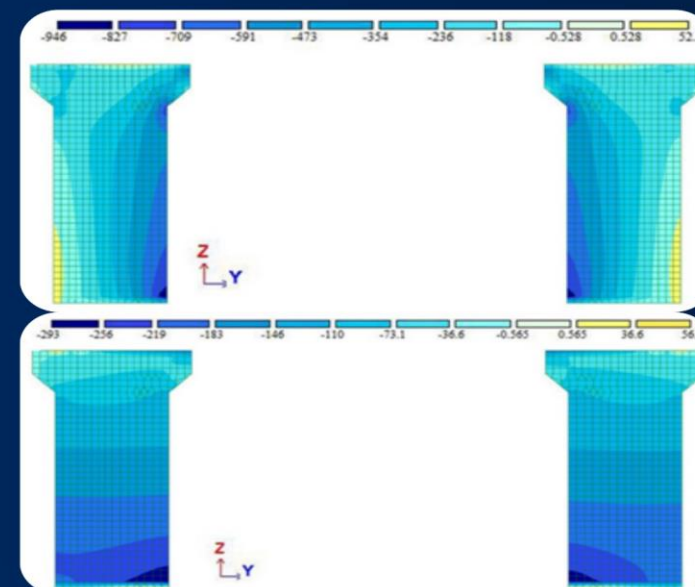
Для річкового транспорту проблема ускладнюється ще більше. Опори, що встановлені у воді або на березі вздовж напрямку річки, можуть обмежувати ширину суднового проходу та висоту мосту, ускладнюючи безпечне проходження під мостом. Судна великого розміру, особливо ті, що мають високий надводний борт, ризикують зачепити міст, якщо висота недостатня.



Фрагмент розрахункової моделі шляхопроводу: пластинчато-стрижнева скінчено-елементна модель під дією тимчасового впливу та її тривимірне відображення.



Згинальні моменти надземної частини опори шляхопроводу з проїздом при комбінації навантажень із тимчасовими рухомими навантаженнями



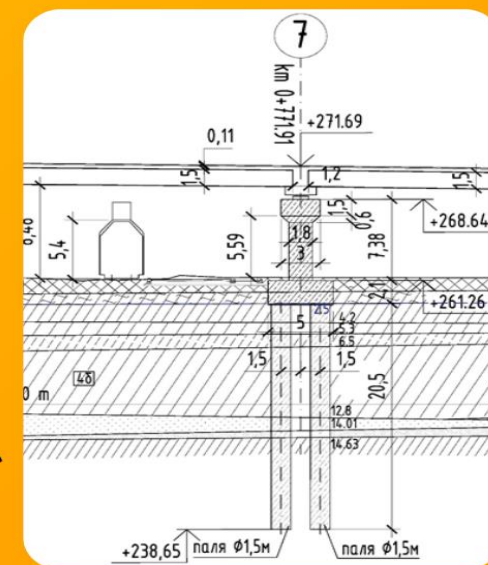
Розподіл осьових напружень в колонах опори шляхопроводу з проїздом при комбінації навантажень із тимчасовими рухомими навантаженнями

Деталізованим моделюванням напружено-деформованого стану пропонуваного конструктивного рішення опори шляхопроводу з проїздом методом скінчених елементів для реальної проекрованої споруди шляхопроводу у м. Вінниці встановлено найбільш небезпечні ділянки основних конструктивних компонентів опори. Для ригелів напруженими ділянками є фрагменти поблизу внутрішніх обрізів капітелей колон, для колон – внутрішні та зовнішні ділянки поблизу ростверків, для ростверків, подібно ригелям, ділянки поблизу внутрішніх обрізів колон та серединний переріз. Встановлено, також, що для проїзних опор найбільш небезпечним виявилася комбінація впливів із тимчасовим впливом рухомих навантажень А-15 одночасно у проїзді та на шляхопроводі, безпосередньо над опорою.

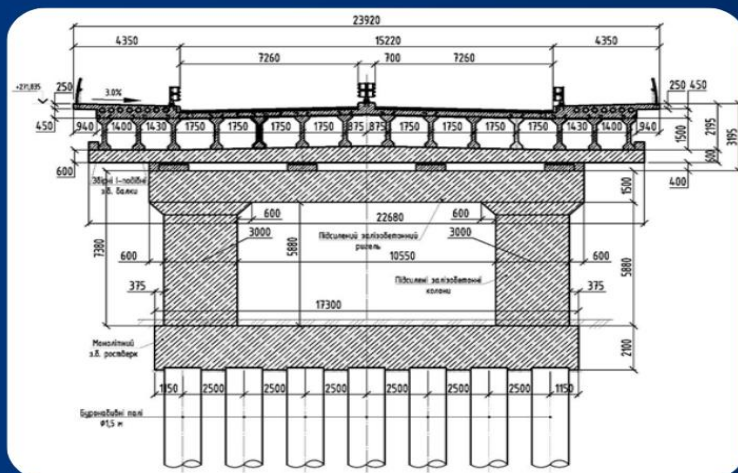


Містобудівна ситуація під проектованим шляхопроводом над залізничними коліями (показано тонкими лініями) у м. Вінниці в осях «5-9». Опора по осі «7» – з наскрізним проїздом.

Поздовжній переріз опори по фундаменту по осі «7»



План пального фундаменту по осі «7»



Проектований переріз шляхопроводу по опорі по осі «7».

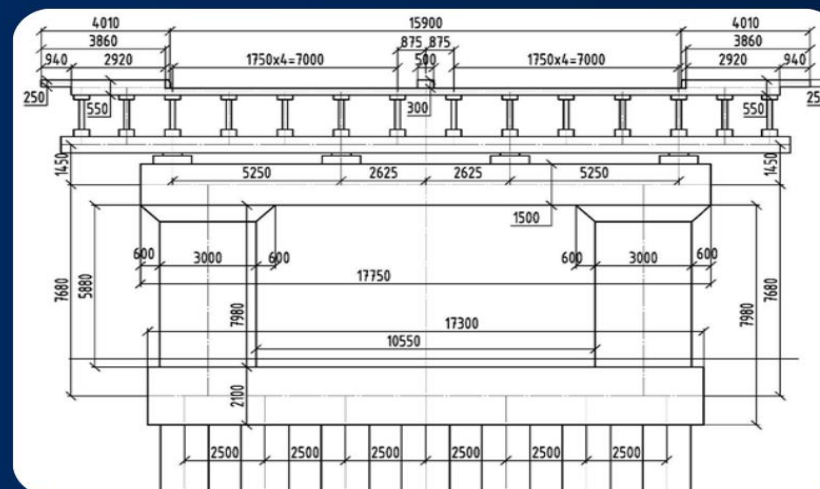
Конструкція опори по осі «7» у вигляді «П»-подібної рами колоно-ригельного типу

Для конкретного шляхопроводу у м. Вінниці вона є найбільш навантаженою опорою всієї опорної системи фрагмента шляхопроводу в осях «4-9» через потребу передачі на фундамент горизонтальних складових навантажень від усього фрагмента.

Для сприйняття навантажень від надземних конструкцій опори та передачі їх на ґрунтову основу запроектовано дві колони прямокутного перерізу $3,0 \times 1,8$ м, які спираються на плитні ростверки товщиною 2,1 м, що передають навантаження від опори на куш з чотирнадцяти буронабивних паль діаметром 1500 мм. Ростверки прийняті суцільними, для уникнення надмірних навантажень на оголовки паль та для перерозподілу гальмівних та інерційних сил від рухомого складу. Поверх колон виконано капітальне поширення у вигляді зрізаної піраміди (рис. 4.1). На капітелі спирається посилений залізобетонний ригель перерізом $3 \times 1,5$ (h) м. Розміри ригеля прийняті для забезпечення проїзного габариту під ригелем. Опора шляхопроводу по осі «7» забезпечує рух автотранспорту під ригелем та над ростверками. Таким чином, конструкція опори по осі «7», із урахуванням ростверків, являє собою замкнену «О»-подібну геометричну фігуру, яка суттєво зменшує негативні горизонтальні впливи на ґрунт.

Опора по осі «7» сприймає всі горизонтальні інерційні впливи, кількість колон для забезпечення великого вільного простору для облаштування проїзду, там менша (усього дві). Крім того, до опори «7» примикають перехідні конструкції, а ростверки опори в проміжку між колонами сприймають навантаження від рухомого складу проїзду між вул. Зерова та вул. Складською.

Спрощений розрахунковий переріз шляхопроводу по осі «7», прийнятий для моделювання.

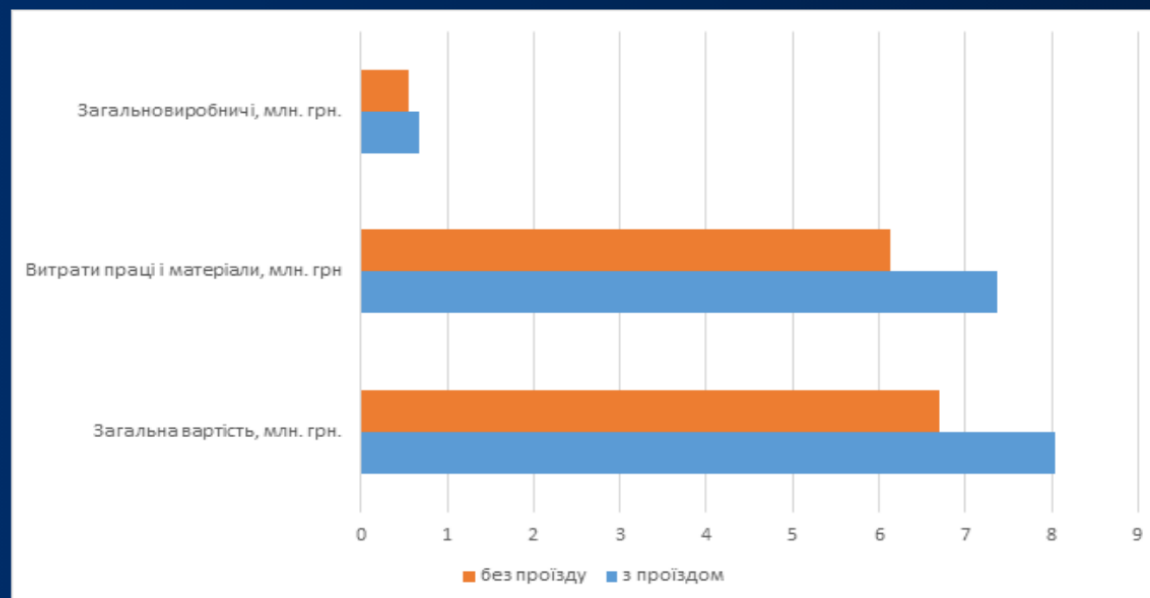




Для оцінки ефективності запропонованих інженерно-конструкторських рішень, було виконано економічні розрахунки двох варіантів опор шляхопроводу – з проїздом, що пропонується для широкого використання в умовах складної містобудівної ситуації та класичної, без проїзду.



Порівняння економічних показників реальних опор шляхопроводів з проїздом (що пропонується) та без проїзду (класична конструкція).

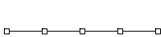
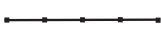


Загальна вартість будівельних робіт за розрахунками, складеними відповідно до чинних нормативів, становить 6 692 840 грн для опор за віссю 6 та 8 031 408 грн. для опор за віссю 7. Таким чином, різниця у вартості будівництва складає 1 338 568 грн, що свідчить про приблизно 20% здорожчання для конструкцій з проїздом.

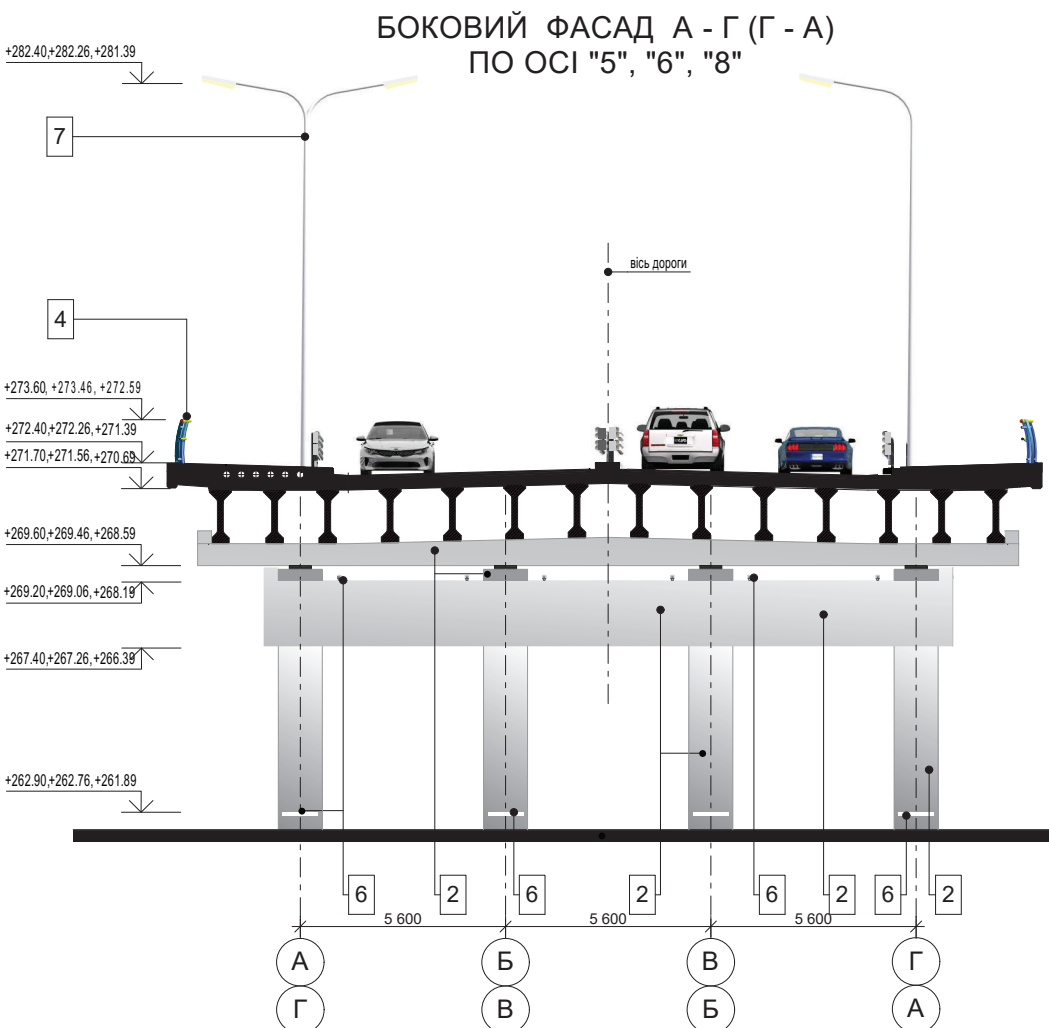
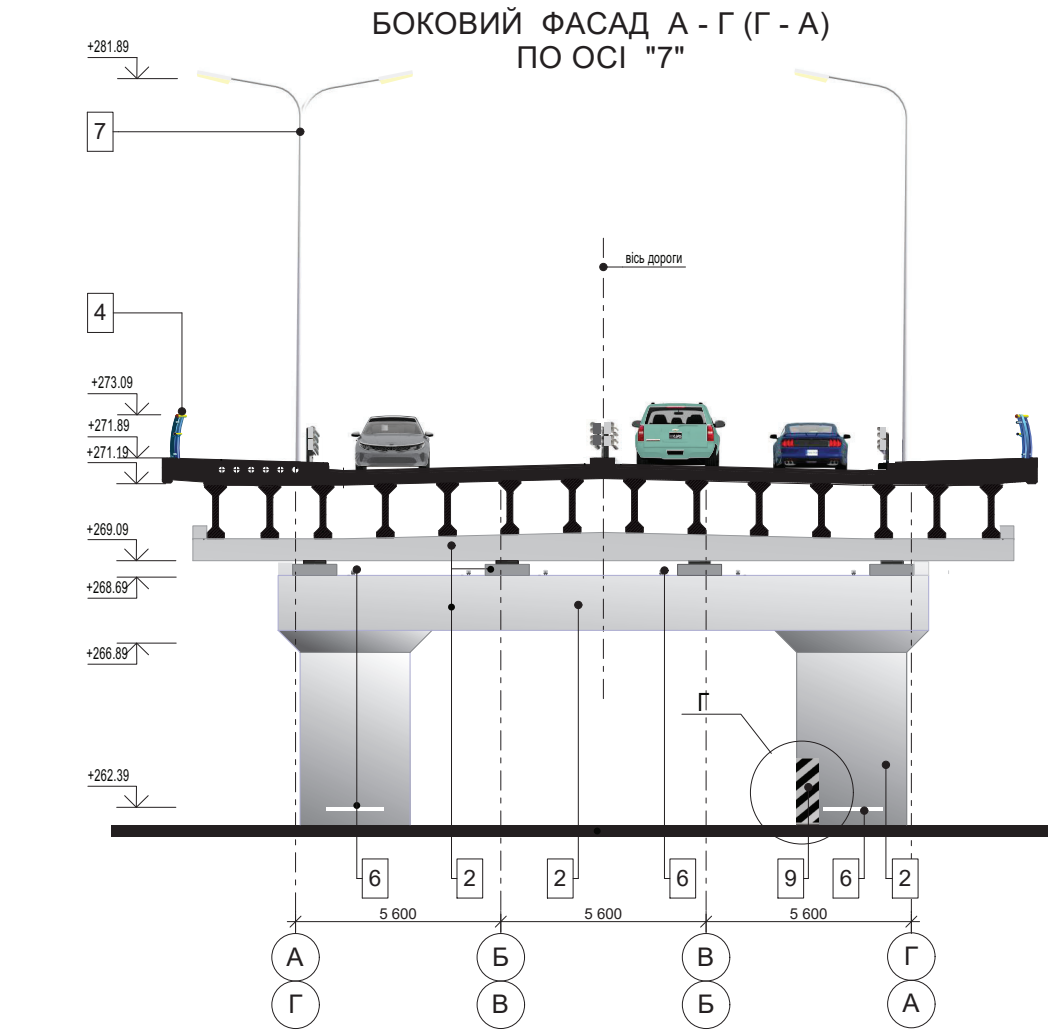
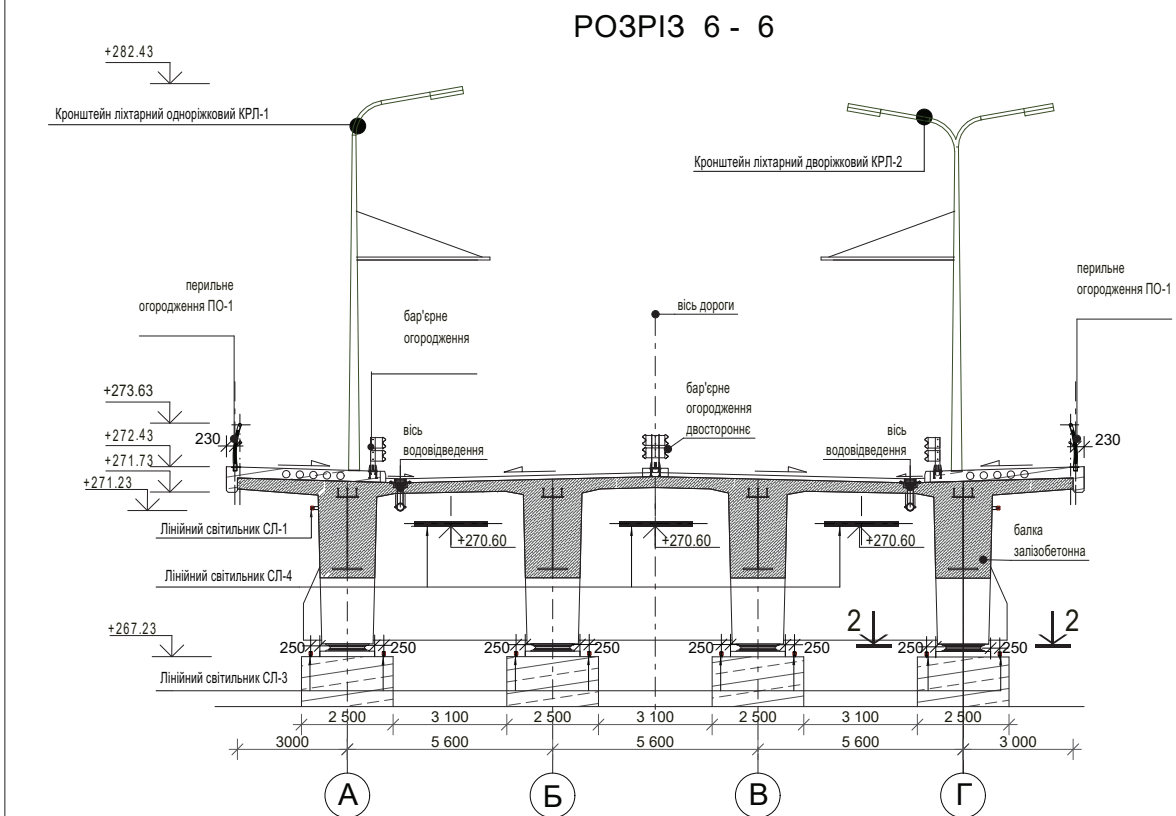
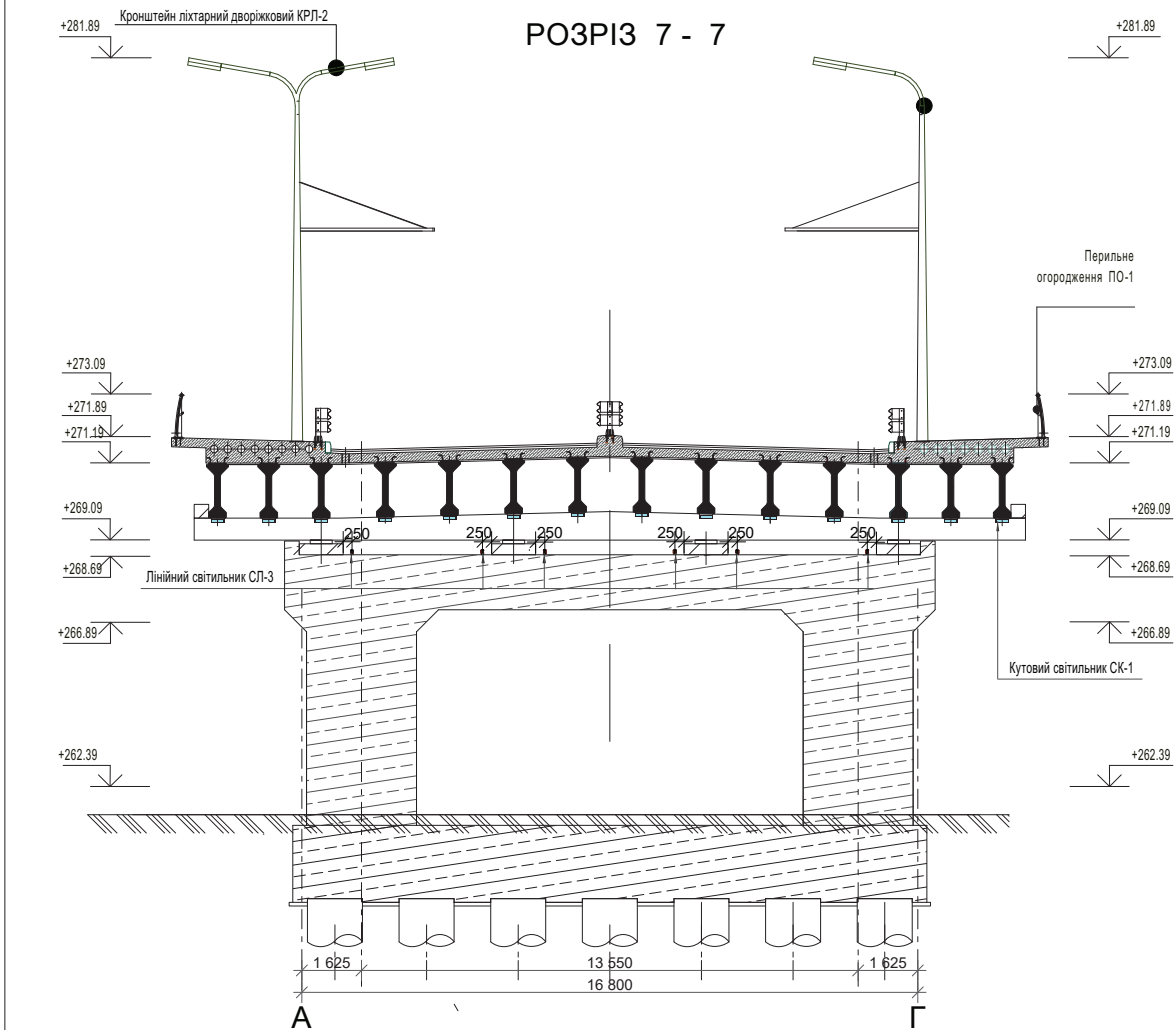
Проте це збільшення вартості є виправданим через функціональні переваги, які надають опори з проїздом. Вони забезпечують безперебійний транспортний рух під шляхопроводом, що є критично важливим у міських умовах, де транспортні потоки мають бути збережені навіть під час реалізації складних інфраструктурних проєктів. Крім того, такі опори дозволяють ефективно використовувати обмежений простір, уникаючи перекриття основних транспортних артерій, а також забезпечують високу довговічність і стійкість конструкцій до значних навантажень.

У той же час опори за віссю 6 є більш економічно вигідними завдяки їх нижчій вартості та простішій конструкції. Вони можуть бути оптимальним варіантом для місцевостей із меншим транспортним потоком або в умовах, де відсутня потреба в організації проїзду під шляхопроводом. Таким чином, вибір між цими типами конструкцій має базуватися на інтенсивності транспортного руху, складності інфраструктурного завдання та містобудівних обмеженнях. Незважаючи на вищу вартість, опори з проїздом є стратегічним рішенням для урбанізованих районів завдяки їхній універсальності та здатності вирішувати складні містобудівні ситуації.



- | | |
|---|-------------------------------------|
|  | Велопішохідна доріжка |
|  | Протіжда частина шляхопроводу |
|  | Пилічне огороження ПО-1, ПО-2, ПО-3 |
|  | Залізне огороження ЗО-1 |
|  | Залізничні колії |

					08-11.МКР.001-АР.			
					м. Вінниця			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Рациональні залізобетонні монолітні пробні опори автомобільних шляхопроводів з мостів	Стадія	Лист	Листів
Розробив	Агарков М.С.					П	10	15
Перевірив	Смоляк В.В.							
Н.контроль	Кучеренко Л. В.							
Керівник	Попов В.О.							
Опонець	Резидент Н.В.				Плани-схема шляхопроводу в осях 1-9, Головний фасад 0-9, Головний фасад 3-0	ВНТУ, гр. ІБМ-23м		
Зачекав	Щецин В.В.							



№ п/п	Копіє	Поверхня опорядження	Вид оздоблення	Примітка
1		Підпирні стіни, торцева та підмостова поверхня	Офарбування бетонних поверхонь покриттям Sikagard 680S (2 шару) по адрезнійому шару SikalMonotop 1010 та двома захисним шарам Sikagard-702W	RAL 9005
2		Залізобетонні колони, балки	Офарбування бетонних поверхонь покриттям Sikagard 680S (2 шару) по адрезнійому шару SikalMonotop 1010 та двома захисним шарам Sikagard-702W	RAL 9003
3		Перильне огородження	Офарбування поліефірною глянцевому порошковою фарбою Eika з полімерним покриттям	RAL 5015
4		Перила	Офарбування поліефірною глянцевому порошковою фарбою Eika з полімерним покриттям	RAL 1018
5		Металеві балки	Офарбування вологостійкою фарбою XC-119 для металоконструкцій по грунтовці XC-059	RAL 9003
6		Світильники LED	Виготовляється на замовлення спеціалізованою організацією	RAL 7047
7		Ліхтарні стовпи, кронштейни	Виготовляється на замовлення спеціалізованою організацією	RAL 7047
8		Запобіжне огородження	Офарбування поліефірною матовою порошковою фарбою Eika з полімерним покриттям	RAL 7004
9		Вертикальна розмітка на колонах*	Офарбування матовою фарбою AK-120 для вертикальної розмітки на бетонних поверхнях	

Примітки:

1. * Вертикальна розмітка 2.1.3 має відповідати ДСТУ 2587:2021 "Безпека дорожнього руху.
2. Розмітка дорожня. Загальні технічні умови". Наноситься на колони по осі "7", "9", згідно Плану організації дорожнього руху.
3. Загальна площа поверхонь бетонних конструкцій під фарбування захисним покриттям Sikagard 680S (два шари) по адегізному шару SikaMonotop 1010 двоім захисним шарам SikaGard-702W - п.1 «Відомості опорядження фасадів», становить 11800 м²
4. Загальна площа поверхонь бетонних конструкцій під фарбування захисним покриттям Sikagard 680S (два шари) по адегізному шару SikaMonotop 1010 та двоім захисним шарам SikaGard-702W - п.2 «Відомості опорядження фасадів», становить 17500 м²
5. Загальна площа поверхонь під фарбування вологостійкою фарбою ХС-119 для металоконструкцій по ґрунтовах ХС-059 - п.5 «Відомості опорядження фасадів», становить 1800 м²

					08-11.МКР.001-АР
					м. Вінниця
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
Розробив	Азарков М.С.				Рациональні залізобетонні монолітні проїзні опори автомобільних шляхопроводів і мостів Розрізи поперечні 6-6, 7-7, Боковий фасад А-Г (Г-А) по осі "5", "6", "7", "8", Відомість опорядження фасадів
Перевірив	Смоляк В.В.				
Н.контроль	Кучеренко Л.В.				
Керівник	Попов В.О.				
Опонуєнт	Резидент Н.В.				
Завердив	Шацька В.Б.				
					Стадія Лист Листів П 11 15 ВНТУ, гр. ІБМ-23м



ПЕРСПЕКТИВНИЙ ВИГЛЯД 1
(нічне освітлення)



ФРАГМЕНТ 1
(нічне освітлення)

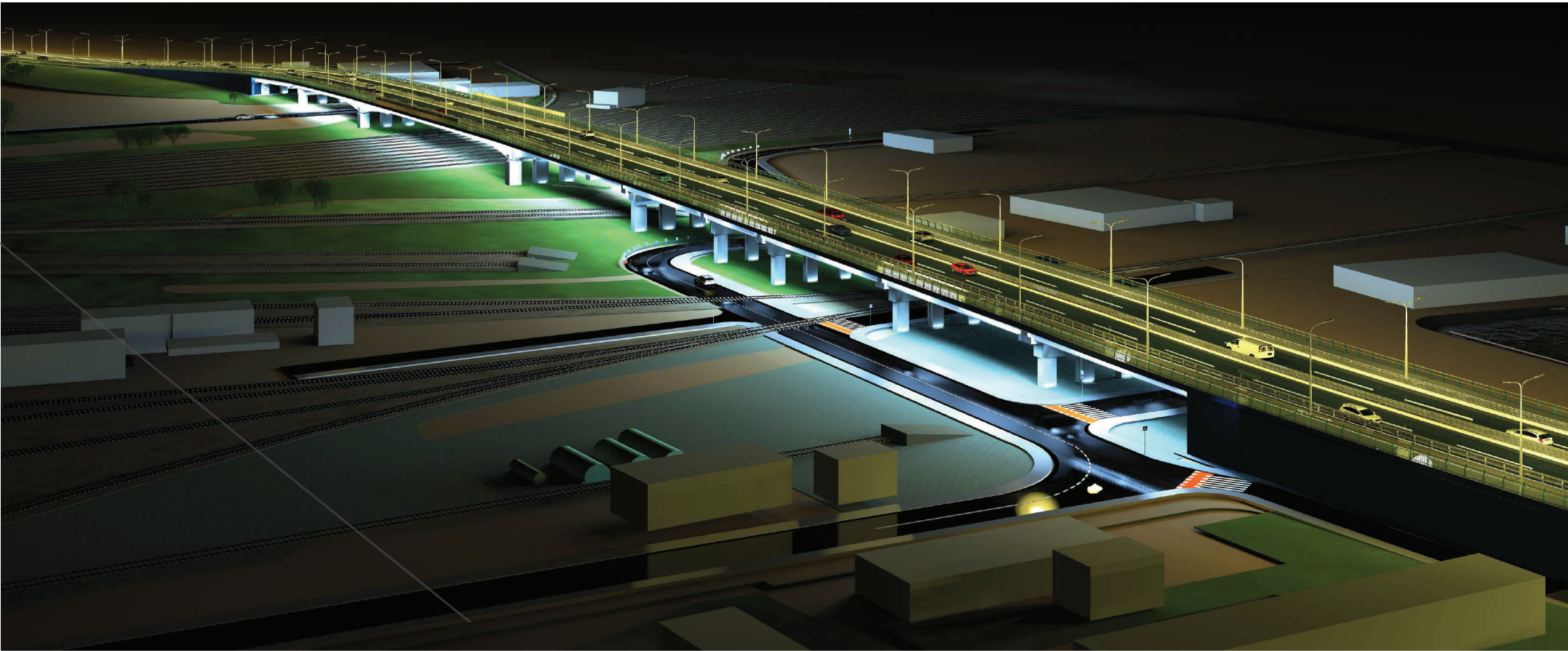
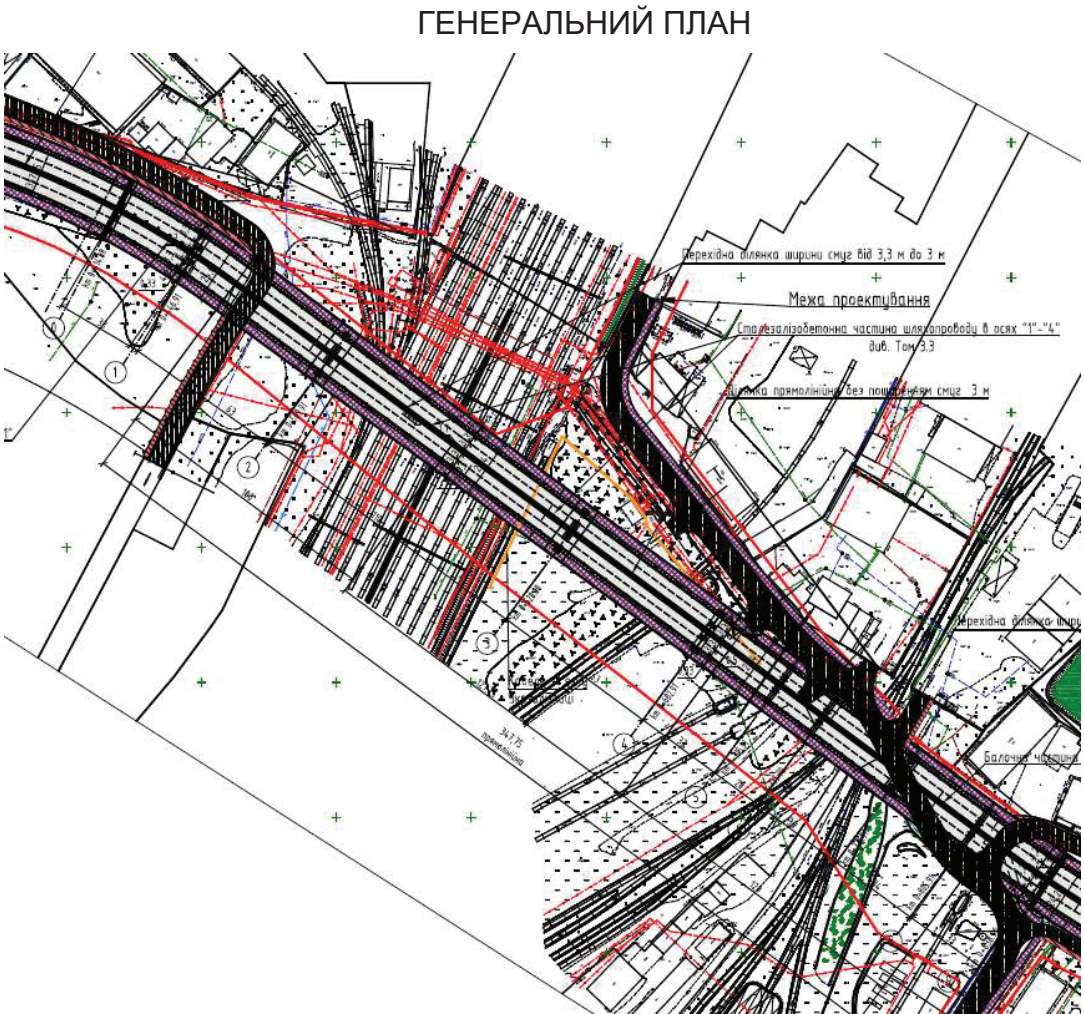


ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД 1

					08-11.МКР.001-АР			
					м. Вінниця			
Змн.	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Рациональні залізобетонні монолітні прогніви опори автомобільних шляхопроводів і мостів	Стадія	Лист	Листів
Розробив	Агарков М.С.					П	12	15
Перевішив	Смоляк В.В				Перспективний вигляд 1 (нічне освітлення), Фрагмент 1 (нічне освітлення), Загальний вид 1	ВНТУ, гр. ІБМ-23м		
Н.контроль	Кучеренко Л.В.							
Керівник	Попов В.О.							
ОпONENT	Резидент Н.В.							
Затвердив	Швець В.В.							



ПЕРСПЕКТИВНИЙ ВИГЛЯД 1

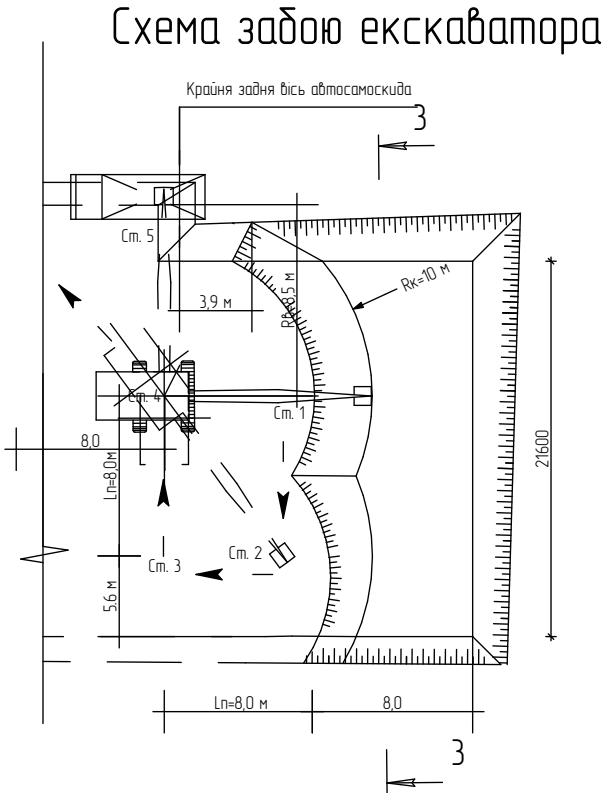
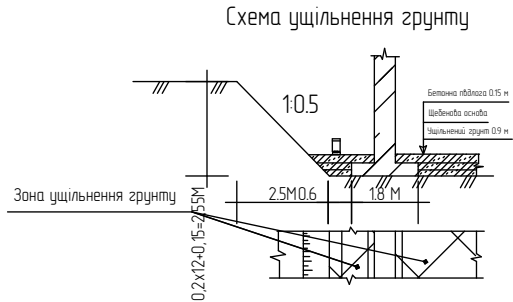
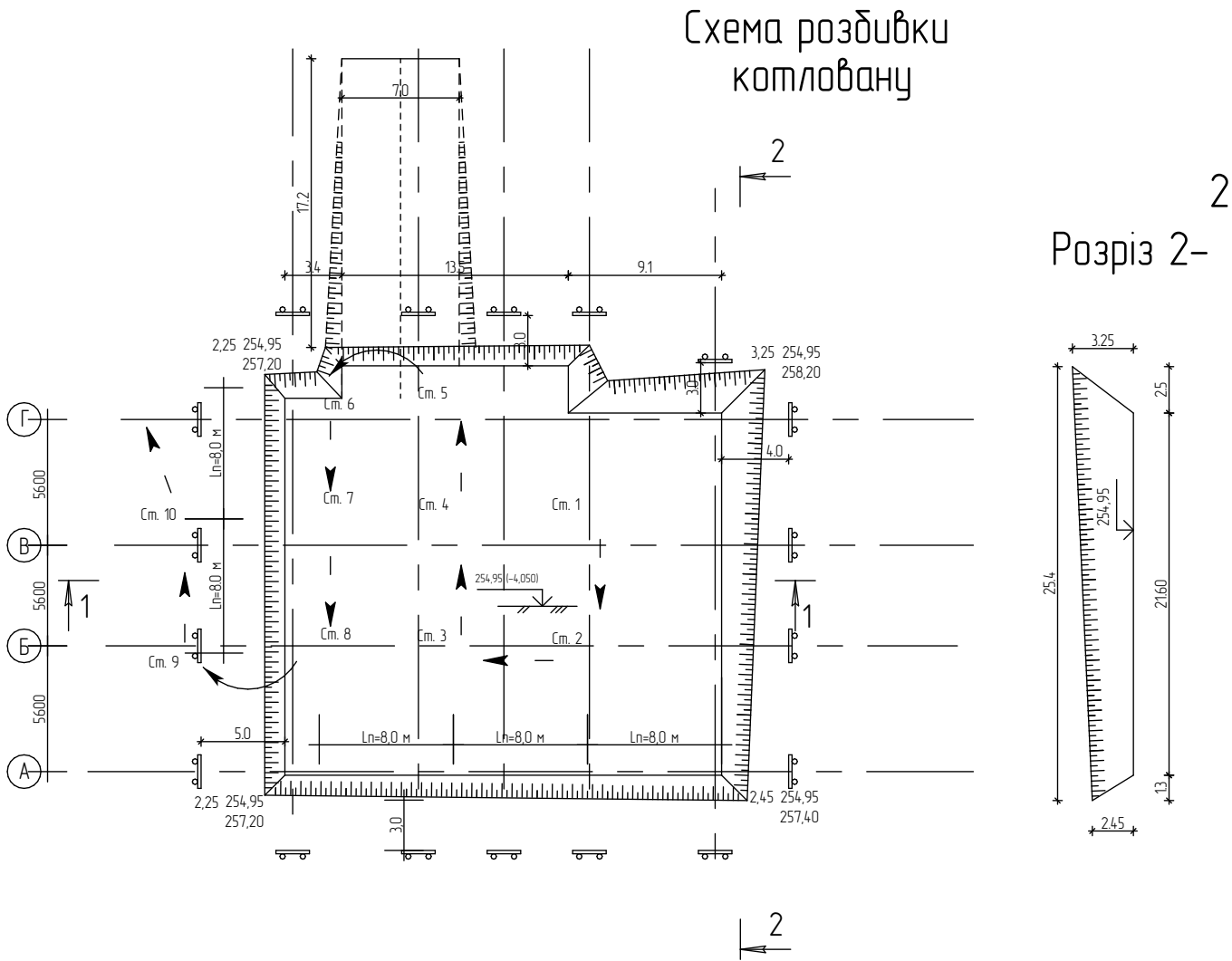


ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД 2
(нічне освітлення)

Умовні позначення до Генплану

- Червоні лінії
- Велопішохідна доріжка
- Пішохідна доріжка
- Проїзна частина
- Проїзди та з'їзди
- Підпірні стінки
- Однобічне бар'єрне огороження
- Двобічне бар'єрне огороження

					08-11.МКР.001-АР			
					м. Вінниця			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Рациональні залізобетонні монолітні проїзні опори автомобільних шляхопроводів і мостів	Стадія	Лист	Листів
Розробив	Агарков М.С.	Смоліак В.В.				П	13	15
Перевірив	Кучеренко Л.В.				Перспективний вигляд 1, Загальний вигляд 2 (нічне освітлення), Генплан	ВНТУ, гр. 1БМ-23м		
Н.контроль		Попов В.О.						
Керівник	Резидент Н.В.							
Опонуєнт		Швець В.В.						
Затвердив								



Вказівки по виконанню робіт та техніці безпеки

До земляних робіт допускаються особи не молодші 21 року, попередньо освітчені, які склали іспити і мають посвідчення екскаваторника.

До виконання земляних робіт не допускаються особи, які попередньо не пройшли навчання, а також особи, які не мають належного спецодягу.

При роботі екскаватора не дозволяється проводити будь-які інші роботи з боку забою та знаходитись людям в радіусі дії екскаватора +5 м.

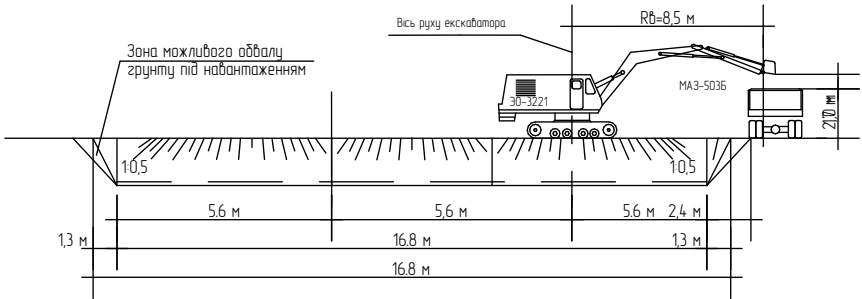
Шлях, по якому пересувається екскаватор в межах будівельної ділянки, повинен бути попередньо вирівненим а на слабких ґрунтах підсилений інвентарними щитами.

Під час пересування одноковшового екскаватора стрілу його необхідно встановлювати суворо по напрямку руху а ковш припіднімати над поверхню землі на 0,5-0,7 м. Забороняється пересування екскаватора з навантаженим ковшем.

Забороняється піднімати і переміщувати негабаритні куски породи, колоди, дошки, балки та інше за допомогою ковша (окрім матеріалів для пересування екскаватора).

У випадку виявлення в ґрунті що розривається, великих каменів, пеньків або інших предметів машину необхідно зупинити та видалити з її шляху вказані предмети.

Розріз 3-3



Відомість потреби в будівельних машинах та механізмах

Поз.	Назва	Марка	Од. вим.	Кількість
1	Екскаватор	30-3221	шт	1
2	Бульдозер	ДЗ-42	шт	1
3	Автосамоскид	МАЗ 503Б	шт	3
4	Пневматрабдітка	ПТ-6	шт	3

Графік виконання робіт

Назва робіт	Посилання на пункт колекції	Об'ємна вибура	Об'єм робіт	Трудомісткість		Машина та механізми		Прийнята кількість виконавців	Кількість зм. роботи на об'єкт	Прийнята кількість виконавців робіт зм.	Графік виконання робіт																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
				Нормативна люд. зм. маш. зм.	Прийнята люд. зм. маш. зм.	Марка	Кількість				Робочі дні																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
											1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
																															Робочі зміни																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Планування площ бульдозером ДЗ-42	Е1-30-2	1000 м²	2,45	0,16	0,5	ДЗ-42	1	1	1	0,5	1x1 0,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				</

Графік руху робітників

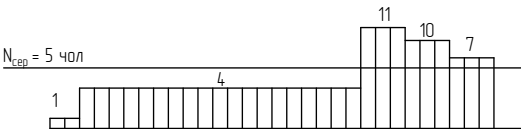
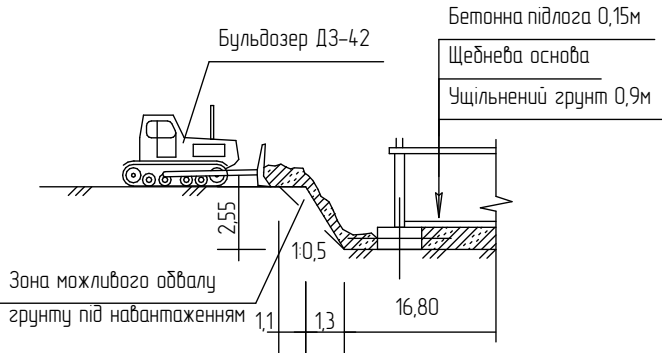


Схема зворотної засипки



Техніко-економічні показники

№ п/п	Показники	Од. виміру	Значення
1	Тривалість виконання робіт	змін	30
2	Трудомісткість виконання робіт	люд-зм	103,5
3	Працевитрати на 1 м³ ґрунту	люд-зм	0,05
4	Виробіток в зміну	м³/зм	19,29
5	Вартість витрат праці	грн-коп.	18783,99

					08-11.МКР.001-АР			
					м. Вінниця			
Змн.	Арк.	№ докум .	Підпис	Дата	Рациональні залізобетонні монолітні проєзні опори автомобільних шляхопроводів і мостів	Стадія	Лист	Листів
Розробив		Азарков М.С.				П	14	15
Перевірив		Кучеренко Л.В.						
Н.контроль		Кучеренко Л.В.						
Керівник		Попов В.О.						
ОпONENT		Резидент Н.В.			Схема розбивки котловану, Схема забою екскаватора, розрізи, графік виконання робіт, техн безпеки	ВНТУ, гр. 1 БМ-23м		
Затвердив		Швець В.В.						

СХЕМА ВИКОНАННЯ РОБІТ ПІД ЧАС АРМУВАННЯ МОНОЛІТНИХ КОЛОН

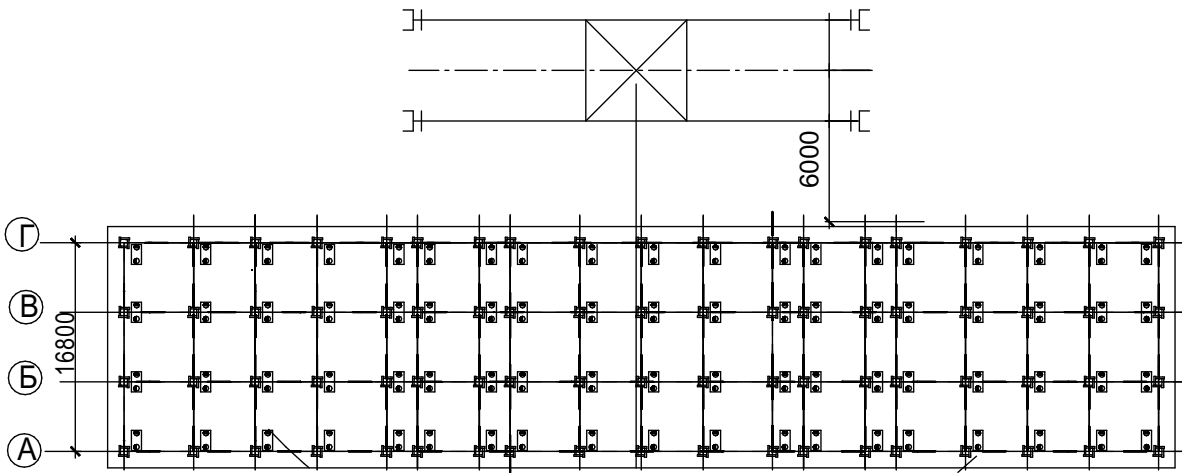
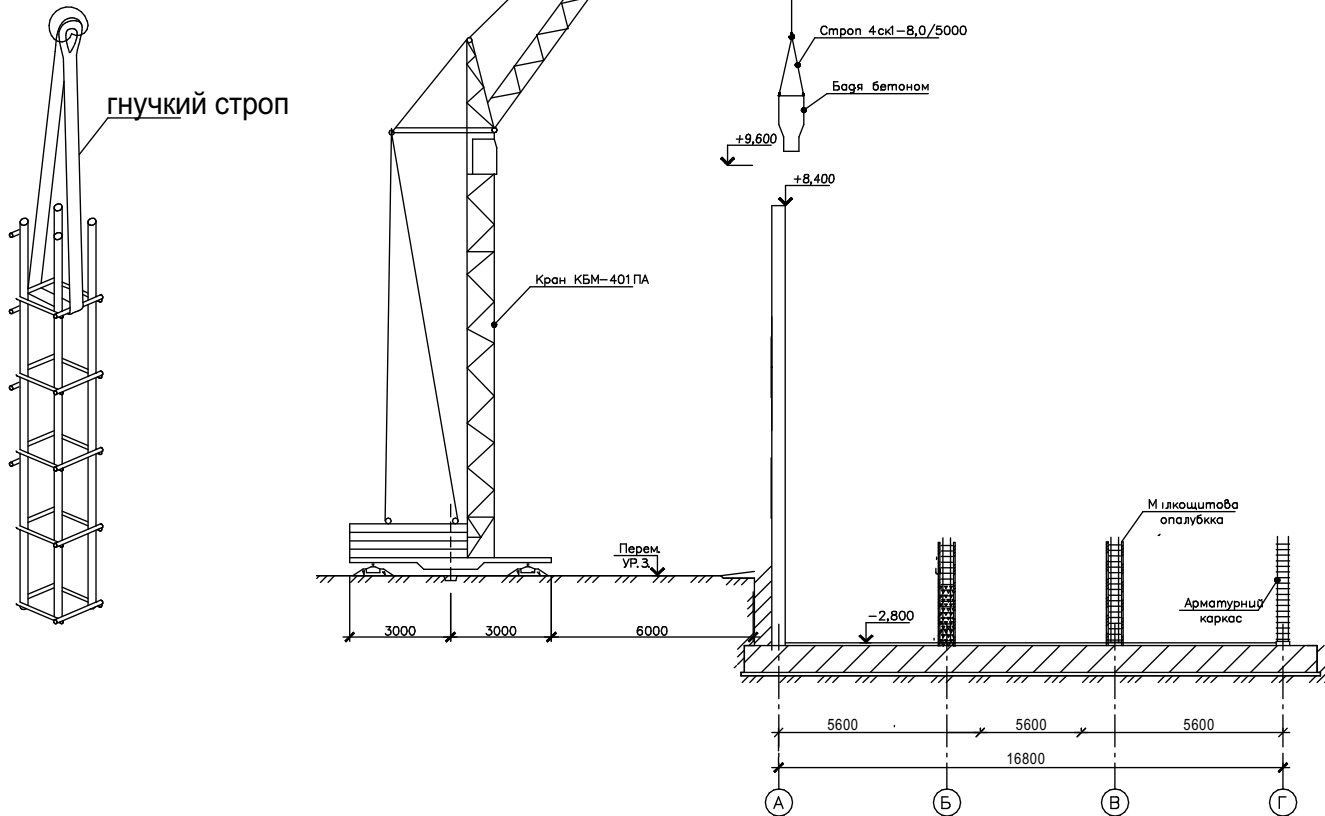


СХЕМА СТРОПУВАННЯ АРМАТУРНИХ КАРКАСІВ КОЛОН



РОЗРІЗ 1-1

СХЕМА УЩІЛЬНЕННЯ БЕТОННОЇ СУМІШІ

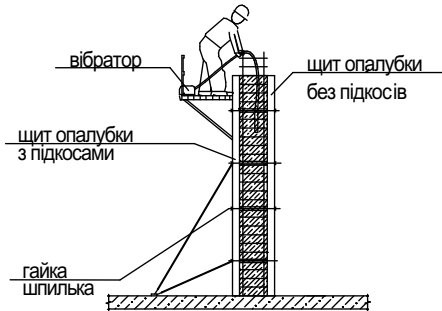


СХЕМА УКЛАДАННЯ БЕТОННОЇ СУМІШІ

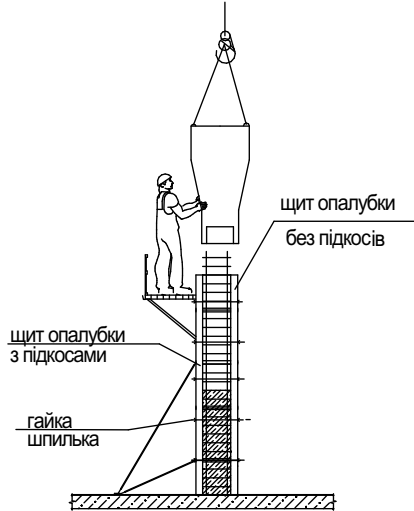


СХЕМА СТРОПУВАННЯ ПАКЕТУ АРМАТУРИ

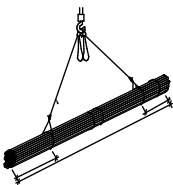


СХЕМА ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОЧОГО МІСЦЯ БЕТОНУВАЛЬНИКА

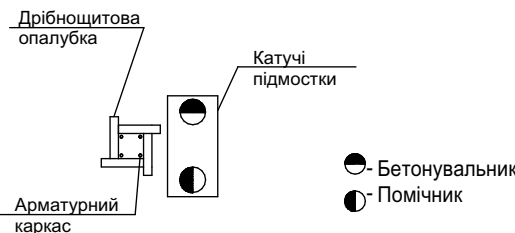


СХЕМА СТРОПУВАННЯ ОПАЛУБКИ

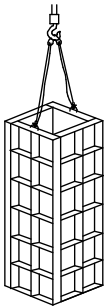
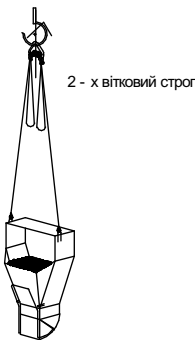


СХЕМА СТРОПУВАННЯ БАДІ З БЕТОННОЮ СУМІШШО

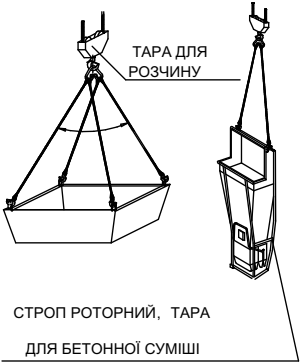


ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

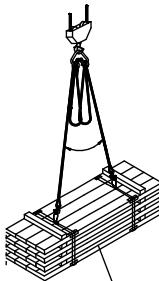
№	Назва	Од. виміру	Кількість
1	Трудоємність	люд - зм	104,31
2	Тривалість робіт	дн	37
3	Машиномісткість	маш зм	4,99
4	Вироблення	люд /1шт	0,77

ГРАФІК ВИКОНАННЯ РОБІТ

№	Назва процесу	Одв.	Од. роб.	Трудозатр. люд - год. маш - год.	Прийнято	Тривалість		Березень																															Квітень											
						к-сть роб.	дні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7					
1	2	3	4	5	6	7	8	9																																										
1	Влаштування арм. каркасів колон	шт	136	1343	3,23	Комплексна бригада Арматурщики 4р - 2 Зр - 2 Бетонувальни ки 4р - 3 Зр - 3 Машиніст 5р - 1	4	3																																										
2	Влаштування сталевих зак. деталей	шт	232	8,41	-		2	4																																										
3	Влаштування опалубки колон	м²	701,8	44,74	-		2	11																																										
4	Бетонування колон	м³	70,2	193	1,76		2	10																																										
5	Розбирання опалубки колон	м²	701,8	18,43	-		2	9																																										



СТРОПУВАННЯ ЩИТОВОЇ ОПАЛУБКИ ПІД ЧАС РОЗВАНТАЖЕННЯ



				08-11.МКР.001-АР			
				м. Вінниця			
Змн. Акт.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Азарков М.С.			Стадія		Лист	Листів
Перевірив	Кучеренко Л.В.			П		15	15
Н.контроль	Кучеренко Л.В.			Рациональні залізобетонні монолітні проєкти опори автомобільних шляхопроводів і мостів Схема виконання робіт під час армування колон організації робочого місця бетонувальника бетонної суміші, схема укладання бетонної суміші стропа арматурних каркасів колон			
Керівник	Попов В.О.						
ОпONENT	Резидент Н.В.						
Затвердив	Шаєць В.В.						
				ВНТУ, гр. ІБМ-23м			

ВІДГУК

керівника магістерської кваліфікаційної роботи

студента (жн) Агаркова Михайла Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему Рациональні залізобетонні монолітні проїзні опори автомобільних шляхопроводів і мостів

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена розробці нової конструктивної форми опори багатопролітних мостів і шляхопроводів з наскрізним прорізом для проїзду автотранспорту задля рішення складних містобудівних ситуацій, які виникають в густо забудованих обласних та районних центрах України та дослідженню поведінки запропонованої опори під навантаженням. Зміст та наповнення МКР відповідає завданню. Актуальність магістерської роботи обґрунтовується необхідністю покращення критичної транспортної інфраструктури урбанізованих територій держави для забезпечення логістичних потреб населення і промисловості.

В науковій частині роботи проведено ґрунтовний узагальнюючий аналіз наукових та нормативних джерел за напрямком раціонального проектування мостів і шляхопроводів, взагалі та їх опор, зокрема, описано методику збору динамічних впливів від колісного автотранспорту та кліматичних впливів на мостову опору. Запропоновано оригінальну П-подібну форму опори з проїздом. Виконано скінчено-елементне моделювання напружено-деформованого стану запропонованої опори на прикладі реального шляхопроводу, який планується до зведення у м. Вінниці. Виявлено небезпечні ділянки ригелів та колон опори та запропоновано раціональне їх раціональне армування для забезпечення довготривалої експлуатації. Обчислено економічні показники пропонуваніх конструктивних рішень опор з проїздом та виконано їх порівняння з класичними конструкціями без проїзду. Доведено, що вартість опор з проїздом на 15-20% вища, однак, через економії, які досягаються за рахунок покращення логістики, ці втрати окупаються менше ніж за 2 місяці.

У інженерній частині роботи розроблено архітектурно-будівельні і організаційно-технологічні рішення з будівництва фрагмента шляхопроводу, в одному з прольотів якого запроектована опора з проїздом. Розроблені технологічні карти на виконання земляних робіт та влаштування монолітної частини.

Наукові дослідження їх інженерно-технічне впровадження виконувалися магістрантом самостійно на високому рівні. Магістрант, в основному, володіє матеріалом із моделювання, розрахунку та конструювання опор шляхопроводів під дією технологічних динамічних та кліматичних впливів, достатньо ерудований, вміє збирати, опрацьовувати та узагальнювати науковий матеріал. Результати магістерської кваліфікаційної роботи опубліковані у двох наукових працях та апробовані на двох науково-технічних конференціях.

Дослідження, виконані автором, в рамках МКР, за напрямком розробки раціональних конструктивних рішень монолітних проїзних опор для мостів і шляхопроводів в умовах складної містобудівної ситуації, виконувалися вчасно, у відповідності до затвердженого календарного плану. Рівень підготовки магістранта високий, відповідає вимогам освітньої програми за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» ОП «Міське будівництво та господарство». Магістрант заслуговує оцінки «А» (95 балів) та присвоєння йому ступеня магістра будівництва.

**Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи**

Доц. каф. БМГА, к.т.н

(посада, науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Попов В.О.

(ініціали, прізвище)

ВІДГУК ОПОНЕНТА на магістерську кваліфікаційну роботу

студента (жн) _____ Агаркова Михайла Сергійовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему _____ Рациональні залізобетонні монолітні проїзні опори автомобільних
шляхопроводів і мостів

У магістерській кваліфікаційній роботі досліджено раціональні конструктивні рішення опор шляхопроводів з проїздом під дією кліматичних та технологічних автомобільних навантажень. Зміст МКР відповідає завданню. Актуальність магістерської роботи підтверджується потребою покращення автомобільних міських доріг, взагалі, та інженерних споруд шляхопроводів, зокрема, який виник через недофінансування галузі через сучасних воєнний стан у нашій державі. МКР складається з п'яти основних розділів, вступу, висновків та графічної частини.

Перший розділ присвячений аналізу стану питання з проектування мостів і шляхопроводів, а, також, питанням щодо конструкції проміжних опор цих споруд. Автор МКР описує сучасну класифікацію шляхопроводів і мостів, їх основні складові частини, та зосереджує увагу на конструкціях опор.

У другому розділі МКР автор описує принципове рішення та послідовність створення скінчено-елементної моделі монолітної залізобетонної опори шляхопроводу з проїздом, що складається з двох колон та ригеля. В результаті моделювання автором встановлено характер розподілу напружень по елементах конструкції, а, також, небезпечні перерізи на ригелі і у колонах.

Третій розділ МКР присвячений конструктивним та технологічним пропозиціям зі зведення опор з проїздом, запропонованих автором. Автором МКР описується методика конструювання таких опор, яка може бути рекомендована до широкого застосування у інженерній практиці будівництва автодоріг.

Четвертий, інженерний, розділ, розроблений автором, та графічна частина до нього, впроваджують у практику будівництва наукові пропозиції МКР шляхом розробки архітектурно-будівельної та організаційно-технологічної частин проекту будівництва шляхопроводу у м. Вінниці. Розроблені рішення вирішують питання складної містобудівної ситуації поблизу залізничних колій.

П'ятий, економічний, розділ, дозволяє оцінити ефективність конструктивних пропозицій автора, за інтегральним вартісним критерієм. При виконанні економічних розрахунків розглянуто два варіанти опор – запропонований, з проїздом, та типовий, без проїзду. Доведено, що запропоновані автором конструкції з проїздом за рахунок оптимізації логістики, дають позитивний економічний ефект, та повністю окупаються вже через два роки експлуатації.

Основні результати МКР опубліковані у двох друкованих працях та апробовані в рамках двох фахових конференцій.

До недоліків МКР слід віднести:

1. Занадто розлогий перший розділ, зміст якого описує стан питання з проектування мостів і шляхопроводів загалом. Цю частину роботи слід було скоротити, зосередивши увагу, саме на опорах шляхопроводів та більш докладно описати проблеми з ними.
2. При моделюванні навантажень на опору шляхопроводу не згадано про класичний аналітичний метод знаходження зусиль у елементах з допомогою ліній впливу.

Зауваження по роботі, загалом, не суттєві та не носять принципового змісту.

Наукові дослідження за напрямком оптимізації методів конструювання та зведення опор шляхопроводів із наскрізним проїздом, виготовлених з залізобетону, що викладені в МКР, дозволяють зробити висновок, що робота магістранта відповідає вимогам освітньої програми за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія та, при відповідному захисті, заслуговує оцінки «А» (94 бали) та присвоєння йому ступеня магістра будівництва.

Опонент

Доц. каф. ТЕ, к.т.н

(посада, науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

РЕЗИДЕНТ Наталія

(ініціали, прізвище)