

## ЗАЯВА

Я, Філоненко Геннадій Курінович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

студента(ки) групи МІ2021 ННЦ «Мости і тунелі»

спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(код та назва спеціальності)

освітньої програми «Мости і транспортні тунелі»

(назва освітньої програми)

освітнього ступеня магістр

(бакалавр, магістр)

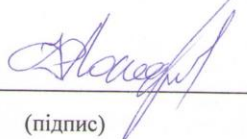
заявляю, що моя випускна кваліфікаційна робота на тему:

Порівняльний аналіз та визначення оптимального  
варіанту при капітальному ремонті балкового  
автомобільного мосту

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату. Всі запозичення з друкованих та електронних джерел мають відповідні посилання. Прошу перевірити її на наявність академічного плагіату.

Я ознайомлений(а) з чинним «Порядком перевірки кваліфікаційних випускних робіт здобувачів вищої освіти на виявлення текстових та графічних запозичень засобами перевірки на плагіат», згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску випускної кваліфікаційної роботи до захисту.

Студент(ка)



(підпис)

Філоненко Г.К.

(прізвище, ім'я, по батькові)

Дата

06.12.21

Керівник ВКР



(підпис)

Олександр Пашин

(прізвище, ім'я, по батькові)

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій  
Кафедра «Транспортна інфраструктура»

**ДОВІДКА**

**про відсутність плагіату у випускній кваліфікаційній роботі**

За результатами перевірки випускної кваліфікаційної роботи (ВКР)  
здобувача вищої освіти освітнього ступеня (ОС) «магістр»

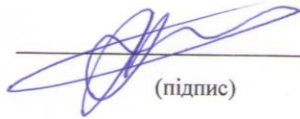
Філошеника Геннадія Кириловича

(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: «Порівняльний аналіз та визначення  
оптимального варіанту при капітальному  
ремонті залізничної автодорожньої мосту»

в роботі не виявлено порушень академічної доброчесності.

Керівник ВКР

  
(підпис)

Олександр Рубин

(прізвище, ім'я, по батькові)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Український державний університет науки і технологій**

Кафедра «Транспортна інфраструктура»

До захисту:

Завідувач кафедри ТІ

\_\_\_\_\_ Олексій ТЮТЬКІН

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**  
на здобуття ОС «магістр»

Галузь знань                    19 «Архітектура та будівництво»  
Спеціальність                192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
ОПП                                «Мости і транспортні тунелі»

Тема: "Порівняльний аналіз та визначення оптимального варіанту при капітальному ремонті балкового автодорожнього мосту"

**Theme:** "Comparative analysis and determination of the optimal option for major overhaul of the beam highway bridge"

"

—

Керівник магістерської роботи	<u>Д.т.н., проф.</u> (посада)	_____ (підпис)	<u>Олексій ТЮТЬКІН</u> (ПБ)
Консультант розділу з БЖД	<u>К.т.н., доц.</u> (посада)	_____ (підпис)	<u>Юрій ЗАЯЦЬ</u> (ПБ)
Нормоконтролер	<u>Ст. викл.</u> (посада)	_____ (підпис)	<u>Овчинников П.А.</u> (ПБ)
Виконавець, студент групи МТ2022		_____	<u>Філоненко Г.К.</u> (ПБ)
Student		(підпис)	<u>Filonenko Hennadii</u>

2021 р.

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота магістра представлена на 126 сторінках та містить 30 рисунків, 11 таблиць, 40 літературних джерел, 3 додатки

В магістерській роботі розроблено проект "Порівняльний аналіз та визначення оптимального варіанту при капітальному ремонті балкового автодорожнього мосту"

Об'єктом дослідження є капітальний ремонт автодорожнього мосту який знаходиться на км 15+822 автомобільної дороги загального користування державного значення Т-12-05 Кропивницький – Нова Прага – Олександрія у Кіровоградській області поблизу с. Аджамка і перетинає річку Аджамку

Мета роботи полягає в порівнянні розрахунків і визначення оптимального варіанту ремонту автодорожнього мосту

В дипломній роботі магістра вирішені наступні задачі:

1. Проаналізовані вихідні данні про міст.
2. Проведено опис дефектів мосту.
3. Розроблено техніко-економічне порівняння варіантів реконструкції мосту.
4. Виконано розрахунки прогонової будови та обрано оптимальний варіант конструкції прогонової будови .

Галузь застосування: мостобудування

Ключові слова: автодорожній міст, залізобетонна балка, попередньо напружувана прогонова будова, монолітна плита.

## ЗМІСТ

ЗМІСТ .....	3
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК.....	5
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНІ ДАННІ .....	7
1.1 Прогонові будови .....	8
1.2 Опорні частини .....	9
1.3 Опори.....	9
1.4 Мостове полотно та експлуатаційні облаштування .....	10
1.5 Підходи до мосту та підмостова зона .....	11
РОЗДІЛ 2 ДЕФЕКТИ ШТУЧНОЇ СПОРУДИ.....	13
2.1 Прогонові будови .....	13
2.2 Опори мосту.....	18
2.3 Мостове полотно .....	23
2.4 Підходи до мосту та підмостова зона .....	25
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ПОРІВНЯННЯ ВАРІАНТІВ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ МОСТУ .....	27
3.1 Варіант 1 .....	27
3.2 Варіант 2.....	33
3.3 Варіант 3 .....	39
3.4 Порівняння варіантів .....	45
3.5. Висновок .....	45
РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК ВАРІАНТІВ ПЛИТИ ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ.....	46
4.1. Варіант 1 .....	46
4.1. Варіант 2.....	47
4.3. Варіант 3.....	47
4.4 Техніко-економічне порівняння варіантів прогону плити проїзної частини .....	48
РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНОК ВАРІАНТІВ ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ.....	50

					<i>011.160028.ДР.2021.000</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Філоненко Г.			<b>ЗМІСТ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Тютюкін О.Л					1	
Керів.розділу		Тютюкін О.Л				<b>ДНУЗТ, група МТ1611</b>		
Консульт.								
Н.контроль		Овчинников П						

5.1 Техніко-економічне порівняння варіантів прогонових будов.....	54
<b>РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>	<b>55</b>
1. Вимоги безпеки праці під час монтажу плити проїзду на автодорожньому мосту .....	55
3. Експлуатація машин і обладнання .....	59
4. Дії працівників та роботодавця в разі настання нещасного випадку .....	64
<b>ВИСНОВОК.....</b>	<b>66</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....</b>	<b>67</b>

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК

Габарит проїзду (ширина проїзду) – ширина мостового полотна, призначена для розміщення на ній проїзної частини та смуг безпеки. (ДБН В.2.3-22:2009 )

Довжина мосту – відстань по осі мосту між точками перетину ліній, що з'єднують кінці відкритків стоянів з віссю споруди. Для окремих розрахунків, що використовують показник довжини мосту приймається за методикою цих розрахунків (ДБН В.2.3-14:2006).

Граничні стани І групи – стани, що призводять до повної непридатності до експлуатації конструкцій, основ або втрати несної спроможності споруди в цілому (ДБН В.2.3-22:2009).

$\gamma_f$  – коефіцієнт надійності за навантаженням.

$(1+\mu)$  – коефіцієнт динаміки – безрозмірний коефіцієнт, який враховує ефект динамічного впливу тимчасових рухомих навантажень

А/Б – асфальтобетонне покриття.

					011.160028.ДР.2021.000			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Філоненко Г.						5	
Керівник	Тютюкін О.Л							
Керів.розділу	Тютюкін О.Л							
Консульт.	Овчинников П					ДНУЗТ, група МТ1611		
Н.контроль	Овчинников П							

## ВСТУП

Мости становлять невелику частину загальної довжини доріг, але вони істотно впливають на роботу доріг. Все тому, що мости – це концентрати транспортних потоків. Але забезпечити надійні та довговічні мости набагато складніше, ніж самих доріг. Раціональна організація експлуатації мостів та інших штучних споруд передбачає не лише їхнє ретельне утримання та планові ремонти, а й здійснення при необхідності їх посилення та реконструкції. Особливого значення має своєчасне проведення реконструкції мостів. Якщо міст реконструюється передчасно, це омертвляє частина народногосподарських коштів і тому економічно не вигідно. До економічних збитків призводить також запізнення реконструкції, оскільки несвоєчасна підготовка мосту до нових умов експлуатації перешкоджає нормальній роботі автодорожнього транспорту. Терміни служби мостів визначаються фізичним та моральним зносом. Фізичний знос означає накопичення при експлуатації дефектів та розладів елементів мосту, внаслідок чого міст не може сприймати необхідне навантаження. Моральне зношення означає невідповідність можливостей мосту вимогам щодо вантажопідйомності, інтенсивності руху, швидкостей і безпеки руху, що висуваються до нього. Вважається, для автодорожніх мостів моральне зношення в сучасних умовах розвитку транспорту настає приблизно через 30 років. Термін служби з фізичного зносу для дерев'яних мостів за середніх кліматичних умов становить 15 – 20 років. Для металевих мостів - 80-90 років, а для залізобетонних монолітних мостів - 60-70 років і для збірних - 40-50 років. Вказані терміни служби мостів можуть бути збільшені шляхом посилення та реконструкції.

					<i>011.160028.ДР.2021.000</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ВСТУП</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Філоненко Г.						
Керівник		Тютюкін О.Л					6	
Керів.розділу		Тютюкін О.Л				<b>ДНУЗТ, група МТ1611</b>		
Консульт.								
Н.контроль		Овчинников П						

## РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНІ ДАННІ

Автодорожній міст знаходиться км 15+822 автомобільної дороги загального користування державного значення Т-12-05 Кропивницький – Нова Прага – Олександрія у Кіровоградській області поблизу с. Аджамка і перетинає річку Аджамку. Підмостовий габарит – 2,6 м.

Тип споруди – балкова розрізна, із збірного залізобетону. Отвір мосту перекрито за схемою  $5 \times 11,36$  м. Повна довжина мосту –  $L_{\text{п}} = 57,0$  м. В плані і профілі міст розташований на прямій.

Ширина проїзної частини 7,0 м плюс два тротуари по 1,0 м. Габарит забезпечує пропуск автотранспорту по двох смугах руху  $b=3,50$  м у кожному напрямку. Загальна ширина мосту – 9,0 м. Міст побудований у 1970 році. Відомості про проектну та будівельну організацію відсутні. Проектні розрахункові навантаження Н30 і НК80. Балансоутримувачем споруди є Служба автомобільних доріг у Кіровоградській області. На рис. 1.1 наведено загальний вид мосту, а на рис. 1.2 вказане місцеположення мосту на карті Кіровоградської області поблизу с. Аджамка в Кропивницькому районі Кіровоградської області. Схема (фасад і розрізи) мосту за результатами натурних обмірювань наведена .



Рисунок 1.1 – Загальний вид мосту

					<i>011.160028.ДР.2021.000</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Філоненко Г.				Розділ №1 <b>ЗАГАЛЬНІ ДАНІ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Тютюкін О.Л					7		
Керів.розділу	Тютюкін О.Л					ДНУЗТ, група МТ1611		
Консульт.								
Н.контроль	Овчинников П							





Рисунок 1.3 – Прогонова будова 0-1. Вид знизу на стоян №0

### 1.2 Опорні частини

Опорні частини відсутні. Балки прогонових будов встановлені на руберойд.

### 1.3 Опори

Проміжні опори мосту – залізобетонні, пальові, об'єднані поверху залізобетонною насадкою (ригелем). На опорах №№ 1 та 4 палі встановлені у два ряди (сім рядів), на опорах №№2 і 3 – в один ряд (сім паль). Палі перерізом 35×30 см. Висота залізобетонної насадки (ригеля) 40 см.

Загальний вид проміжної опори №3 наведено на рис. 1.4.



Рисунок 1.4 – Загальний вид проміжної опори № 3

Стояни №0 і №5 – залізобетонні, пальові однорядні, об'єднані поверху залізобетонною насадкою (ригелем). Палі перерізом 35×30 см. В поперечному напрямку опора має 7 паль встановлених в один ряд. Висота залізобетонної насадки (ригеля) – 40 см, ширина – 66 см. Стоян обсіпного типу.

#### 1.4 Мостове полотно та експлуатаційні облаштування

Габарит проїзної частини Г7,0 м. Ширина мосту 7,0 м плюс два тротуари по 1,0 м, що забезпечує пропуск автотранспорту по двох смугах руху шириною по 3,5 м у кожному напрямку. Вид на проїзну частину з боку с. Аджамка наведено на рис. 1.5.



Рисунок 1.5 – Загальний вид на проїзну частину мосту з боку с. Аджамка

На проїзній частині укладено асфальтобетонне мостове полотно загальною товщиною разом з підготовчим шаром до 19 см. Тротуари збірні, залізобетонні, накладні, шириною 75 см. Складаються із системи поздовжніх і поперечних блоків на які укладено тротуарні плити. Прямокутний блок з боку проїзної частини шириною 14 см і висотою 35 см виконує роль бар'єрного огороження і підвищується над проїзною частиною на 25 см. Тротуарні блоки прикріплені до зовнішньої консолі балок Б1 та Б11. Покриття тротуару асфальтове. Перильна огорожа металева, виконана із труб різного діаметру (рис. 1.6). Висота перильної огорожі 1,0 м.

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10



Рисунок 1.6 – Перильна огорожа правого тротуару

Відвід води із проїзної частини здійснюється через водовідвідні трубки діаметром  $\varnothing$  60 мм, які встановлені з обох сторін проїзної частини на прогонових будовах 0-1, 2-3 і 4-5 ближче до опор №№ 1, 3 і 4. Деформаційні шви – закритого типу з металевим компенсатором. Освітлення на мосту відсутнє.

#### 1.5 Підходи до мосту та підмостова зона

Параметри автодороги на підходах до мосту з обох боків: ширина проїзної частини – 6,5 м; ширина узбіччя – до 3,5 м (рис. 1.7). Покриття проїзної частини на підходах – асфальтобетон. Розмітка проїзної частини – відсутня. Підходи до мосту: з боку м. Кропивницький влаштовані з ухилом 9,82 ‰ від опори №0; з боку с. Аджамка з ухилом 3,7 ‰ від опори №5. а підходах до мосту на відстані приблизно 150 м з боку с. Аджамка головна автодорога повертає ліворуч, а до неї примикають дві другорядні автодороги сільського значення (див. рис. 1.7). На підходах до мосту дорожні знаки, які б обмежували швидкість руху автотранспорту чи вантажопідйомність відсутні.

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11



Рисунок 1.7 – Вид на проїзну частину підходу до мосту з боку с. Аджамка.

На підході за 50 м до мосту з боку м. Кропивницький встановлено дорожній попереджувальний знак 1.5.1. «Звуження дороги». Укріплення конусів насипів біля опор №0 та №5 в створі мосту зруйноване. Укріплення насипу по обидва боки від стоянів – дернове, із трав'яної рослинності природнього походження. Регуляційні споруди відсутні. Русло р. Аджамка проходить під прогоновими будовами 1-2, 2-3 і 3-4. Напрямок течії – зліва направо по ходу кілометражу. Дзеркало води річки спокійне, плинне. Русло ріки чисте без заторів

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

## РОЗДІЛ 2 ДЕФЕКТИ ШТУЧНОЇ СПОРУДИ

### 2.1 Прогонові будови

Корозія закладних деталей в об'єднаннях діафрагм між балками прогонових будов (рис. 2.1). Причиною появи дефекту є неякісне будівництво і вплив навколишнього середовища. При будівництві після зварювання закладних деталей виконано неякісне їх омонолічування бетоном. Під дією навколишнього середовища неякісний бетон омонолічування руйнується, метал закладних деталей кородує. Продукти корозії з середини тиснуть на захисний шар бетону і він руйнується. Цей дефект впливає на довговічність і надійність конструкції. Щоб уникнути подальшого розвитку корозії і зменшення металу закладних деталей в перерізі та їх розриву, необхідно видалити продукти корозії з металу закладних деталей, зачистити, покрити захисними сумішами і закрити бетоном. Бетон пофарбувати чи покрити іншими спеціальними сумішами для захисту від корозії.



Рисунок 2.1 – Корозія закладних деталей в об'єднаннях діафрагм між балками прогонової будови 4-5.

					<i>011.1600286ДР.2021.000</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Філоненко Г.				Розділ №2	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Тютюкін О.Л.				ДЕФЕКТИ ШТУЧНОЇ СПОРУДИ		13	
Керів.розділу	Тютюкін О.Л.				ДНУЗТ, група МТ1611			
Консульт.	Овчинников П.							
Н.контроль	Овчинников П.							

Руйнування двох секцій поздовжніх балок тротуарної консолі з верхової сторони мосту (рис. 2.2). Причиною появи дефекту є вплив навколишнього середовища і як наслідок фізична корозія бетону. Під дією процесу постійного зволоження і висихання, заморожування і відтавання, в бетоні відбуваються процеси руйнування структури і вимивання його складових. При такій структурі бетону волога має вільний доступ до арматури, спричиняє її внутрішню корозію. Продукти іржі накопичуються, чинять тиск на бетон із-за збільшення в об'ємі і викликають його руйнування. Цей дефект впливає на довговічність, надійність конструкції і безпеку пішоходів, так як може призвести до повного руйнування бетону консолі.



Рисунок 2.2 – Руйнування секції поздовжньої балки тротуарної консолі з верхової сторони мосту. Прогонова будова 0-1

Руйнування бетону з вивалами, оголення, корозія і провисання поздовжньої робочої попередньо напруженої арматури на довжині близько 2 м понизу ребра балки Б10 в місці обпирання на опору №1 (рис. 2.3). Два дроти поздовжньої робочої попередньо напруженої арматури розірвані і повністю відсутні. Появою такого дефекту є недостатня товщина захисного шару бетону, конструктивні недоліки балки і фізична корозія бетону під дією навколишнього середовища. Цей дефект порушує цілісність перерізу балки, зменшує несучу здатність і впливає на її надійність. Подальша експлуатація вказаної балки

						011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			14

впливає на вантажопідйомність як самої балки так і всієї прогонової будови.  
Вантажопідйомність знижується.



а)



б)

Рисунок 2.3 – Руйнування бетону з вивалами, оголенням і корозією поздовжньої робочої попередньо напруженої арматури на довжині близько 2 м понизу ребра балки Б10 прогонової будови 1-2:

Відшарування захисного шару бетону з оголенням і корозією дротів поздовжньої попередньо напруженої арматури поверху поширеної частини

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15



збільшення в об'ємі і викликають відшарування захисного шару бетону і як наслідок оголення і корозія арматури. Провисання попередньо напруженої арматури свідчить про втрату нею попереднього напруження. В результаті цього вантажопідйомність балок та прогонової будови в цілому знижується. Цей дефект впливає на довговічність і надійність конструкції. Балки Б2, Б3 і Б11 рекомендується замінити, тому що відновлення проектних характеристик і натягу попередньо напруженої арматури ремонтними діями не буде ефективним.



Рисунок 2.5 – Руйнування захисного шару бетону, оголення, корозія і провисання поздовжньої попередньо напруженої арматури понизу ребра балки Б2 прогонової будови 3-4.

Іржаві водовідвідні трубки, замокання і руйнування захисного шару бетону навколо трубок між балками Б2 і Б3 та Б9 і Б10 ближче до діафрагми Д4

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

(рис. 2.6). Причиною появи дефекту не щільне прилягання водовідвідної трубки до отвору в бетоні із-за відсутності герметизації навколо неї. Вільне просочування вологи навколо трубки призводить до фізичної корозії бетону і наступного його руйнування. Цей дефект впливає на довговічність і надійність конструкції.



Рисунок 2.6 – Іржава водовідна трубка, замокання бетону навколо трубки і руйнування захисного шару бетону навколо трубки між балками Б9 і Б10 ближче до діафрагми Д4 прогонової будови 0-1.

## 2.2 Опори мосту

Бетон ригелів і стійок (паль) опор має білий колір з брудними і зеленкуватими патьоками, проти природнього сірого. Що є ознаками фізичної і біологічної корозії бетону ригелів опор. Причиною появи вказаного дефекту є розладнання в деформаційних швах із-за чого волога з проїзної частини просочується на поверхню ригеля і призводить до його замочування. Внаслідок чого в бетоні відбуваються корозійні процеси з вимиванням його складових, в даному випадку вилуговування цементного каменю (рис. 2.7). Брудні і зеленкуваті патьоки по поверхні бетону є наслідком біологічної корозії бетону, викликаної мікроорганізмами, що поселилися на поверхні бетону. Хімічні продукти, що

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

виникають внаслідок життєдіяльності бактерій і мікроорганізмів, безпосередньо діють на бетон і можуть призводити до його руйнування. Цей дефект впливає на довговічність і надійність конструкції.



Рисунок 2.7 – Сліди вилугування і діяльності мікроорганізмів на поверхні ригеля опори № 3.

Залишки бетонного розчину висотою до 50 см на поверхні ригеля між балками прогонової будови (рис. 2.8). Ймовірна причина – при неякісному бетонуванні діафрагм утворилися вказані залишки. Дефект впливає на довговічність.-



Рисунок 2.8 – Залишки бетонного розчину висотою до 50 см на поверхні ригеля між балками прогонової будови 0-1

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Руйнування бетону опори №1 ригеля в місці обпирання усіх балок прогонової будови (рис. 2.9). Причиною виникнення вказаного дефекту є динамічна дія від транспорту. Динамічні навантаження передаються через безпосереднє обпирання балок на ригель опори (опорні частини відсутні). Дефект впливає на довговічність і надійність конструкції.



Рисунок 2.9 – Руйнування бетону ригеля опори № 1 в місці обпирання усіх балок прогонової будови 0-1.

Руйнування бетону палей П6 і П7 другого ряду з боку опори Оп. 2 в місці їх об'єднання із ригелем (рис. 2.10). Ймовірною причиною появи вказаного дефекту є дія постійних і тимчасових навантажень, що передаються з балок прогонової будови безпосередньо на ригель опори. Опорні частини в обпиранні балок на ригель відсутні, тому навантаження не розподіляються рівномірно по ригелю а динамічна дія не гаситься. В результаті створюється тиск на палі в місці їх об'єднання з ригелем і захисний шар бетону руйнується. Даний дефект впливає на довговічність і надійність конструкції.

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20



Рисунок 2.10 – Руйнування бетону палів П6 і П7 другого ряду з боку опори Оп. 2 в місці їх об'єднання із ригелем

Руйнування бетону з оголенням і корозією арматури в місці об'єднання палів П1 і П2 з ригелем (рис. 2.11). Ймовірною причиною появи вказаного дефекту є дія постійних і тимчасових навантажень, що передаються з балок прогонової будови безпосередньо на ригель опори. Опорні частини в обпиранні балок на ригель відсутні, тому навантаження не розподіляються рівномірно по ригелю а динамічна дія не гаситься. В результаті створюється тиск на палі в місці їх об'єднання з ригелем і захисний шар бетону руйнується. Даний дефект пливає на довговічність і надійність конструкції.

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21





Рисунок 2.12 – Зруйнований бетон з оголенням і корозією арматури паль в сьомому ряду на опорі № 4

### 2.3 Мостове полотно

1. Поперечні тріщини у асфальтобетонному покритті проїзної частини в місці установки деформаційних швів (див. рис. 2.13). Розладнання у роботі деформаційних швів і просочування води на ригелі опор.
2. Поперечні тріщини у асфальтобетонному покритті від бордюру до бордюру через усю проїзну частину (рис. 2.13).
3. Вибоїни і ями в асфальтобетонному покритті проїзної частини (див. рис. 2.13).
4. Поперечні тріщини у асфальтобетонному покритті проїзної частини в місці установки деформаційних швів (див. рис. 2.13).
5. Пошкодження гідроізоляції проїзної частини.
6. Пролом в 2-ох тротуарних плитах прогонової будови 0-1 праворуч проїзної частини ближче до опори №0 і ліворуч над опорою № 1 (рис. 2.14).

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

7. Відсутнє заповнення поручневої огорожі лівого і правого тротуарів прогонових будов 1-2, 2-3 і 3-4 а металеві стояки поручневої огорожі розрізані в місці кріплення до швелера і поручня (рис. 2.15). Поручнева огорожа знаходиться в аварійному стані і становить небезпеку для пішоходів.

8. Лущення фарби металевій поручневої огорожі (рис. 2.15).



Рисунок 2.13 – Поперечні тріщини, вибоїни і ями у асфальтобетонному покритті проїзної частини у місці встановлення деформаційного шва між прогоновими будовами 0-1 і 1-2.

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24



Рисунок 2.14 – Пролом в тротуарній плиті прогонової будови 0-1 праворуч проїзної частини.



Рисунок 2.15 – Відсутнє заповнення поручневої огорожі лівого і правого тротуарів прогонових будов 1-2, 2-3 і 3-4.

#### 2.4 Підходи до мосту та підмостова зона

При обстеженні підходів та підмостової зони виявлені наступні дефекти і пошкодження:

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

1. На підходах до мосту с обох боків асфальтобетонне покриття має сітку хаотичних тріщин (рис. 2.16).

2. На підходах до мосту с обох боків металева бар'єрна огорожа знаходиться в незадовільному стані. Спостерігається суцільне лущення фарби, відсутні болти в з'єднаннях секцій, корозія усіх елементів (рис. 2.54).

3. Укріплення конусів насипів стоянів № 0 і № 5 в створі мосту відсутнє.



Рисунок 2.16 – Сітка хаотичних тріщин у асфальтобетонному покритті на підходах до мосту з боку с. Аджамка.



2.17 Лущення фарби, відсутні болти в з'єднаннях секцій, корозія усіх елементів бар'єрної огорожі праворуч проїзної частини на підході з боку с. Аджамка

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26



Згідно першого варіанту реконструкції мосту передбачається виконати такі роботи:

- Забивання додаткових палів
- Влаштування залізобетонного ростверку
- Спорудження монолітних стійок опор
- Спорудження монолітних ригелів
- Заміна опорних частин
- Заміна балок прогонові будови на нові залізобетонні
- Встановлення монолітної залізобетонної накладної плити.
- Перевлаштування конусу насипу.
- Відновити тротуарні консолі.
- Влаштувати нове мостове металеве бар'єрне огороження проїзної частини та перильну огорожу.
- Влаштувати нове асфальтобетонне покриття проїзної частини.
- Нанести крайову та вісьову розмітки.

Визначення вартості робіт варіанту №1 наведено в таблиці 2.2

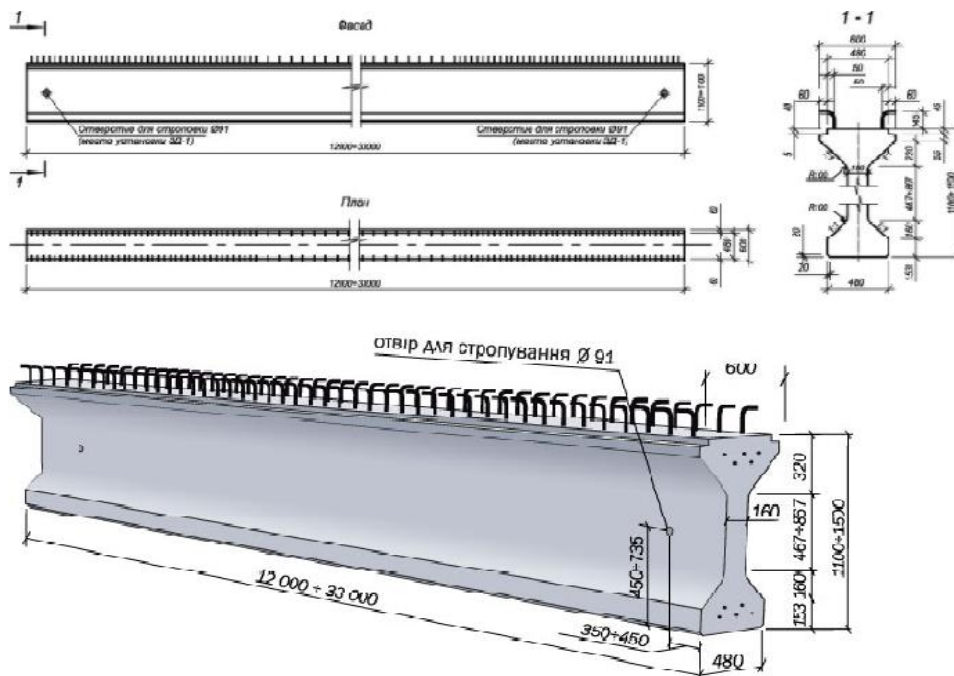


Рисунок 3.2 – Попередньо напружена залізобетонна балка

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

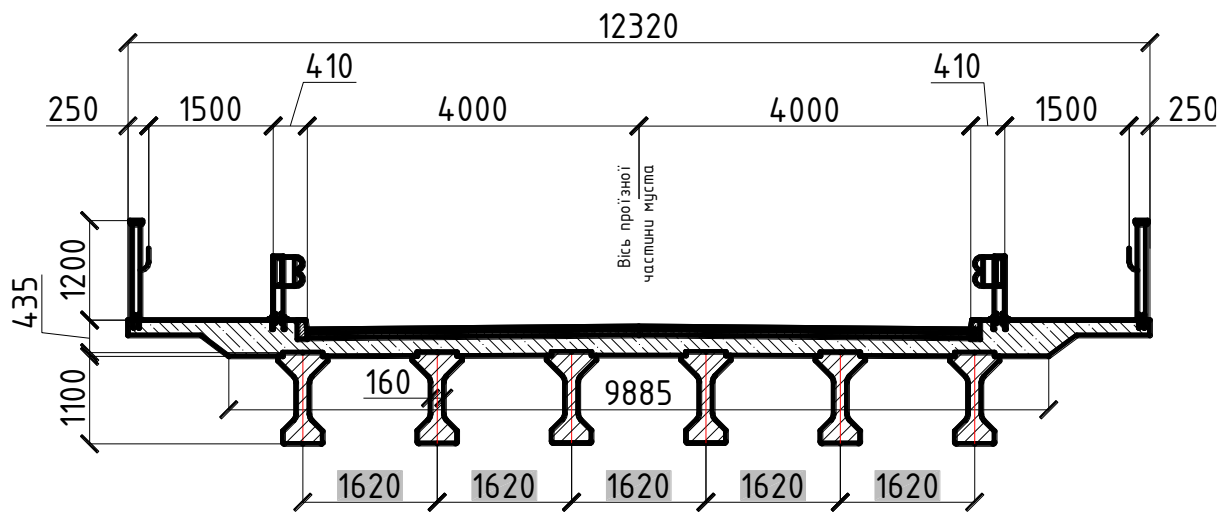


Рисунок 3.3 – Поперечний переріз прогонової споруди

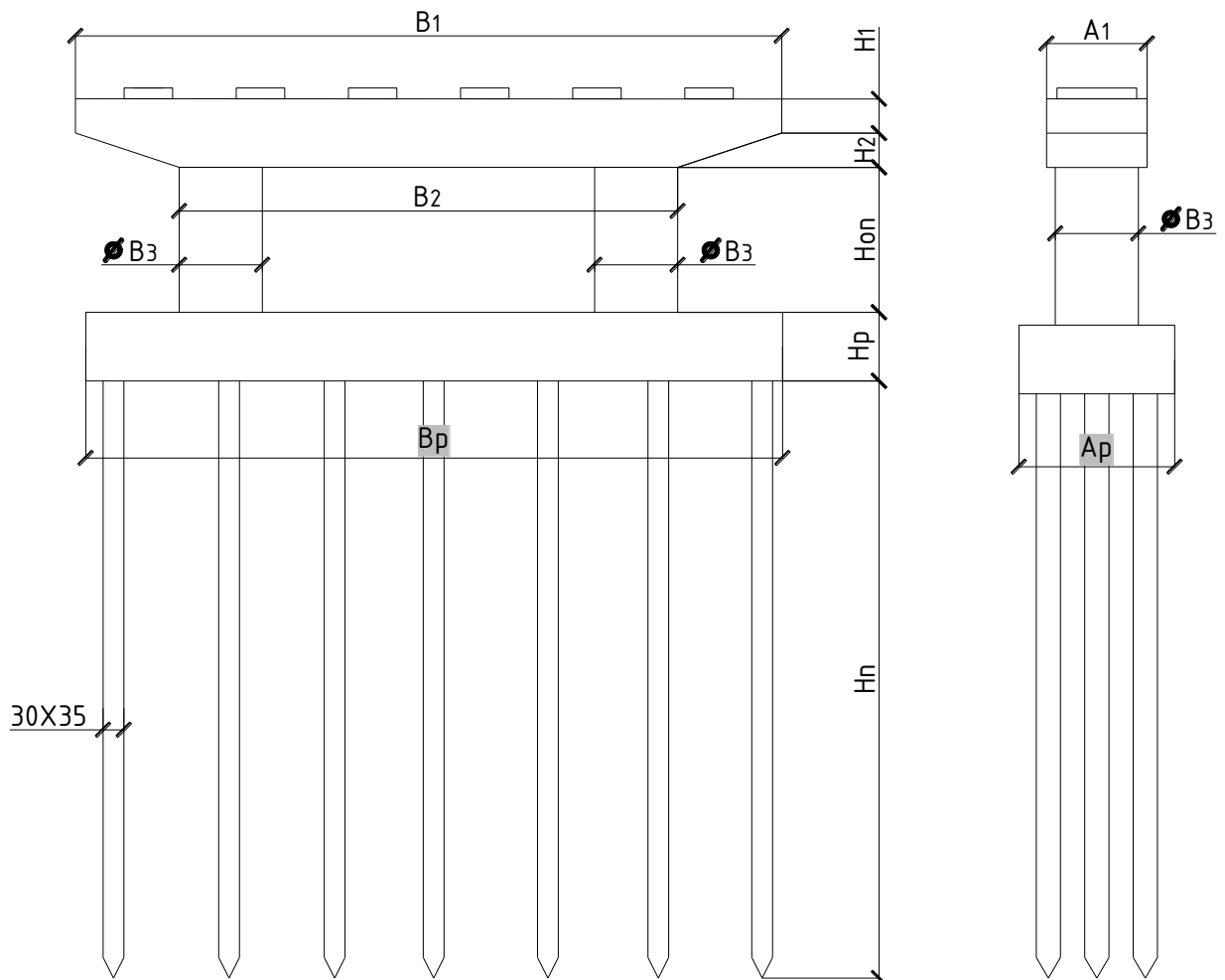


Рисунок 3.4 – Загальний вид опори

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

011.160026.ДР.2021.000

Арк.

29

### Пальове поле

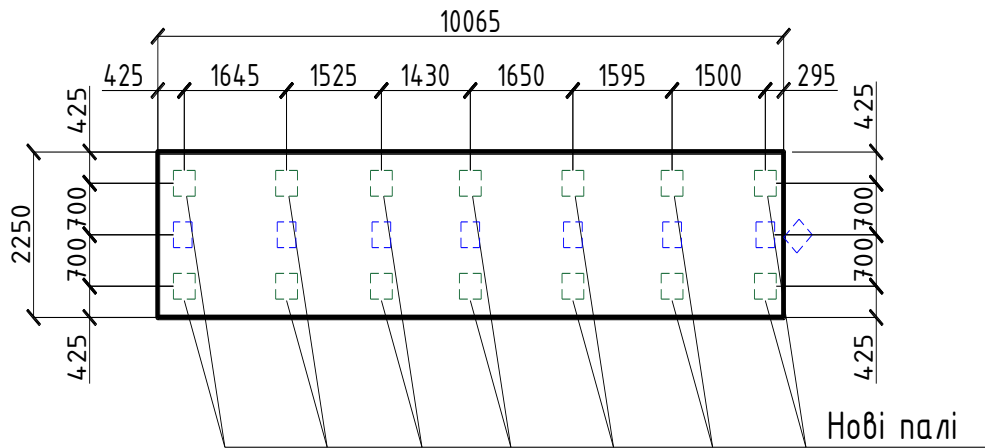


Рисунок 3.5 – Пальове поле опор 2, 3.

### Пальове поле

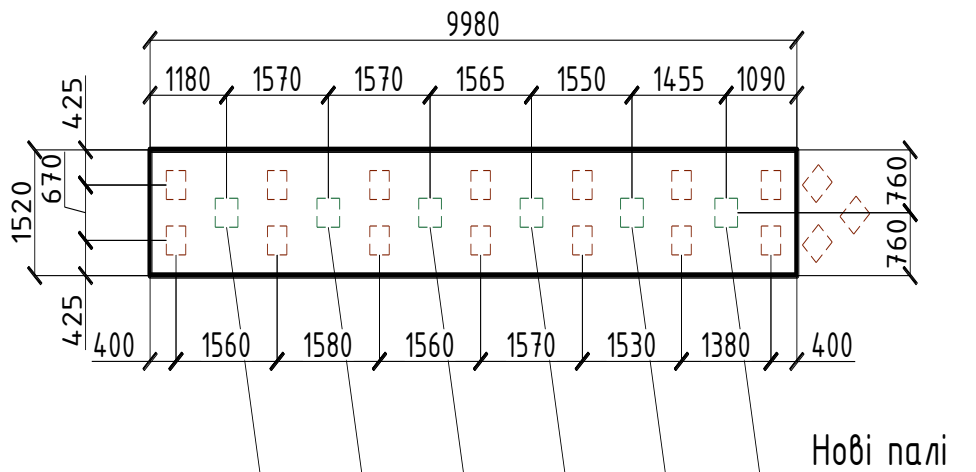


Рисунок 3.6 – Пальове поле опор 1, 4

Таблиця 3.1 – Об'єми проміжних опор

№ Оп	Ригель						Тіло опори			Ростверк				V
	A1 м	B1 м	B2 м	H1 м	H2 м	V м³	ØB3 м	Ноп м	V м³	Ар м	Нр м	Вр м	V м³	
Оп 1	1,2	10,2	7,2	0,5	0,5	13,67	1,2	1,59	1,79	1,52	1	9,98	15,16	32,2 3
Оп2	1,2	10,2	7,2	0,5	0,5	13,67	1,2	2,95	3,33	2,25	1	10, 060	22,64	42,9 7
Оп3	1,2	10,2	7,2	0,5	0,5	13,67	1,2	2,13	2,40	2,25	1	10, 060	22,64	42,1 1
Оп 4	1,2	10,2	7,2	0,5	0,5	13,67	1,2	1,85	2,09	1,52	1	9,98	15,16	33,0 1

Таблиця 3.2 – Визначення вартості варіанту №1

№ з/п	Найменування робіт	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці	Загальна вартість
1	2	3	4	5	6
<b>ДЕМОНТАЖНІ РОБОТИ</b>					
1	Демонтаж старого мостового полотна	100м <sup>2</sup>	4.468	3045	13 605,1
2	Демонтаж старих деформаційних швів	м <sup>3</sup>	1,67	2500	4 600
3	Демонтаж старих тротуарних консолей	100м <sup>3</sup>	0,23	1303	299,69
4	Демонтаж прогонових споруд	м <sup>3</sup>	101,22	1000	101 220,00
5	Розбирання залізобетонних ригелей моста	100м <sup>3</sup>	0,1628	9260	1500,12
6	Розбирання частини існуючих залізобетонних паль	100м <sup>3</sup>	0,1194	9260	1 105,64
<b>ОСНОВНІ РОБОТИ</b>					
<b>Спорудження опор мосту</b>					
7	Заглиблення віброзанурювачем сталюого шпунту масою 1 м понад 70 кг на мглибину до 5 м	т	148.4	1 601,31	118 816,20
8	Розробка ґрунту котловану під ростверк	100м <sup>3</sup>	2.44	1 259.93	3079,12
9	Заглиблення дизель-молотом на екскаваторі залізобетонних паль	м <sup>3</sup>	53,9	3 135.95	169 027,70
	Палі залізобетонні С13-35Т4 перерізом 350х350 мм, довжина 10 м	м	440	2212,67	973 574,8
10	Влаштування залізобетонного ростверку	100м <sup>3</sup>	0,754	157 810.78	119 304,94

	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону C25/30, F300, W8	м <sup>3</sup>	75,4	2661,51	201 210,15
11	Спорудження монолітних бетонних стійок опор	100м <sup>3</sup>	0.165	209 182.1 4	34 515,04
	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону C25/30, F300, W8	м <sup>3</sup>	16,50	2661,51	43 914,
12	Спорудження монолітних бетонних	100м <sup>3</sup>	0.659	209 182.1 4	137 851,03
	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону C25/30 [M400], F200, W6	м <sup>3</sup>	65,97	2507,19	165 399,32
<b>Встановлення балок прогонових будов</b>					
13	Установлення опорних частин прогонових	шт	70	136,85	9 579,5
	Установлення стріловими кранами на опори автодорожніх мостів залізобетонних балкових прогонових конструкцій довжиною до 12 м	шт	35	9 588,62	336 601,7
14	Балки прогонових споруд мостів залізобетонні, довжина 11,36 м	м <sup>3</sup>	134,62	25 000	3 903 980
<b>Влаштування монолітної плити</b>					
15	Установлення арматури окремими стрижнями з в'язанням вузлів з'єднань, діаметр стрижнів робочої арматури від 10	т	26,466	19 706,80	133 888
	Улаштування з монолітного залізобетону ділянки	100м <sup>3</sup>	1.72	99 828,83	171 705,83
	Суміші бетонні готові важкі	м <sup>3</sup>	172	2 507,19	431 236,68
<b>Земляні роботи</b>					

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

16	Перевлаштування конусу насипи	100м <sup>3</sup>	28,60	1 259.93	36 044.95
<b>Улаштування дорожнього покриття проїзної частини мосту Автомобільна дорога</b>					
	Влаштування зв'язуючого шару гідроізоляційного покриття з асфальтобетоном	100м <sup>2</sup>	4,557	1234,79	5 626,93
	Влаштування шару покриття асфальтобетонної суміші	1000 м <sup>2</sup>	0,4557	18 363.75	8 368,36
	Суміші асфальтобетонні гарячі і теплі [асфальтобетон щільний]	т	104,65	3460,32	362 129,40
	Ущільнення асфальтобетонного шару котком дорожнім самохідним вібраційним	1000 м <sup>2</sup>	0,4557	15 120	6 890,18
<b>Влаштування комплексу мостового полотна</b>					
	Улаштування деформаційного шва	100м шва	0,2464	36 755,78	9 041,92
	Влаштування огороження вручну	100м	1,24	9 969,29	12 421,73
	Комплект перильного огороження (заповнення зі склопластику)	шт	54	9 633,75	520 222,5
18	Влаштування бар'єрного огороження	100 м	0,933	9 627,47	9 627,4
19	Металева бар'єрне огороження оцинковане дорожнє	т	3,677	53 904,24	198 205,89
	Всього				8 064 304,24

### 3.2 Варіант 2

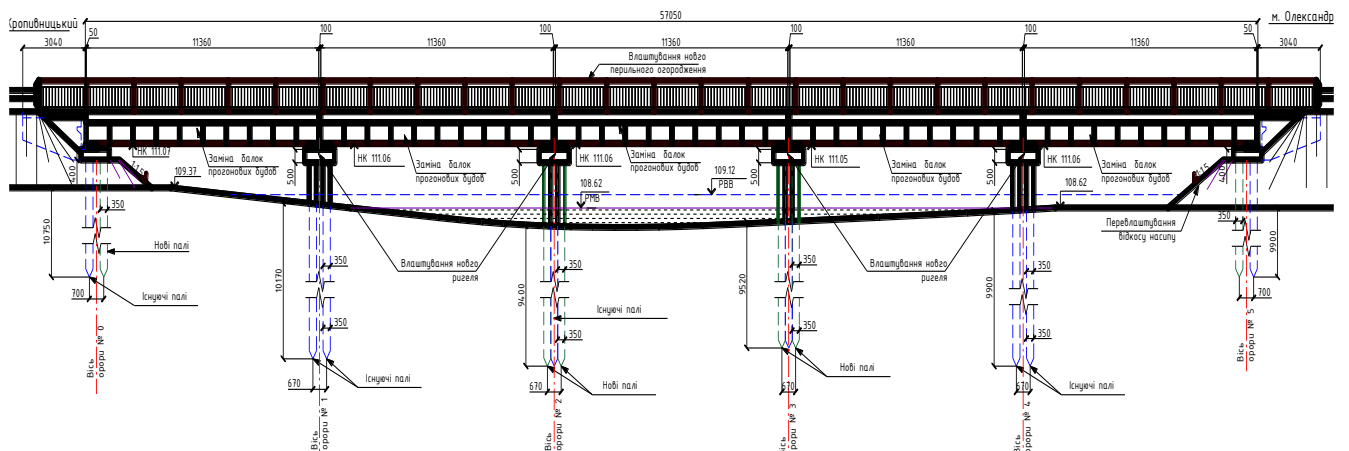


Рисунок 3.8 – Схема варіанта №2

						011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			33

Варіант №2- це ремонт за старою схемою. У цьому варіанті мостового переходу передбачається замінити старі прогонові будови на металеві прогонові будови двутаврового перерізу. довжиною до 11.36 м з висотою перерізу 0.79 м АК-15, НК-100.

Встановлення монолітної залізобетонної накладної плити. Також в другому варіанті було прийнято рішення використати старі пальові опори з посилення за допомогою додаткових палів. Було виконано заміна ригеля та заміна опорних частин.

Згідно другого варіанту реконструкції мосту передбачається виконати такі роботи:

- Забивання додаткових палів
- Заміна ригеля
- Заміна опорних частин
- Заміна балок прогонові будови на нові залізобетонні
- Встановлення монолітної залізобетонної накладної плити.
- Перевлаштування конусу насипу.
- Відновити тротуарні консолі.
- Влаштувати нове мостове металеве бар'єрне огороження проїзної частини та перильну огорожу.
- Влаштувати нове асфальтобетонне покриття проїзної частини.
- Нанести крайову та вісьову розмітку.

Визначення вартості робіт варіанту №2 наведено в таблиці 2.3

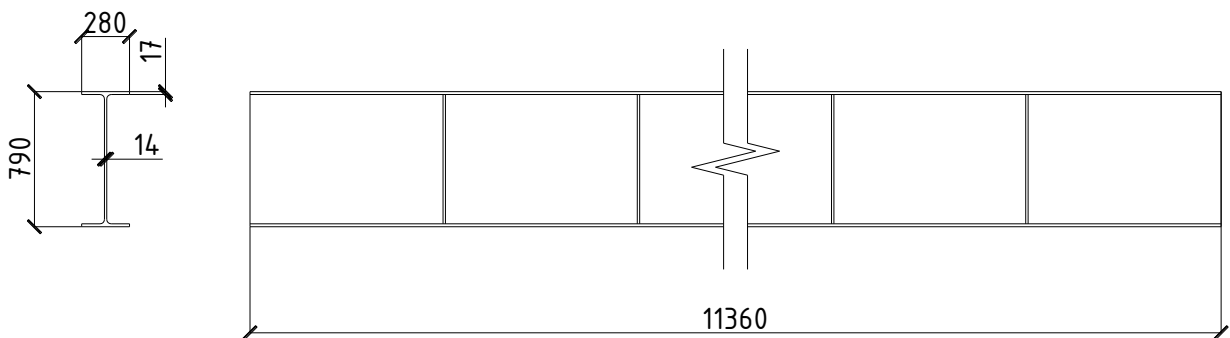


Рисунок 3.9 – балка металева двутаврова. Двутавр 80Б

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

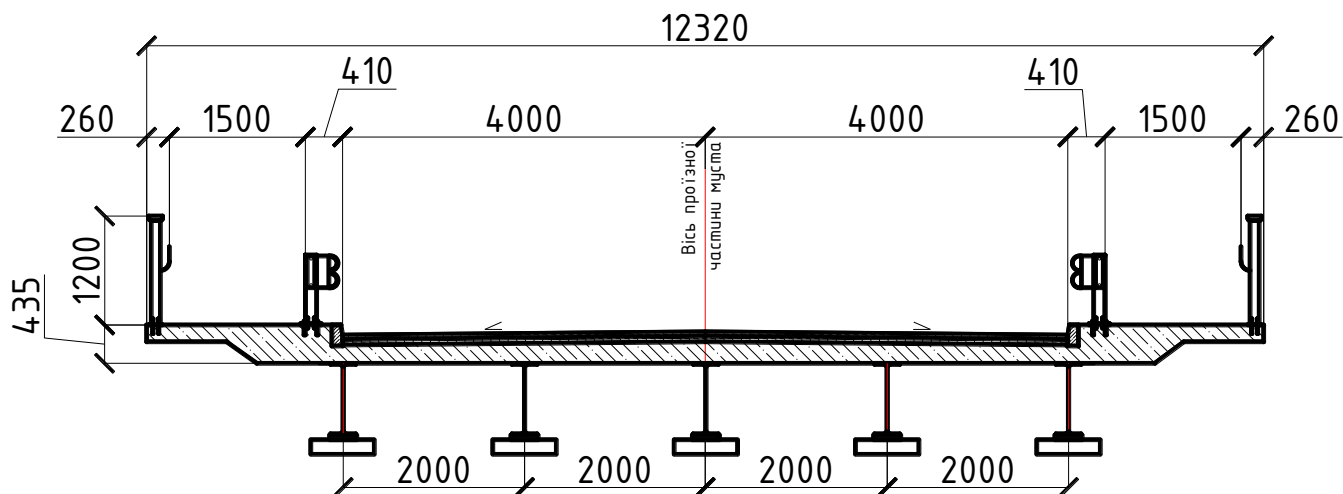


Рисунок 3.10 – Поперечний переріз прогонової споруди

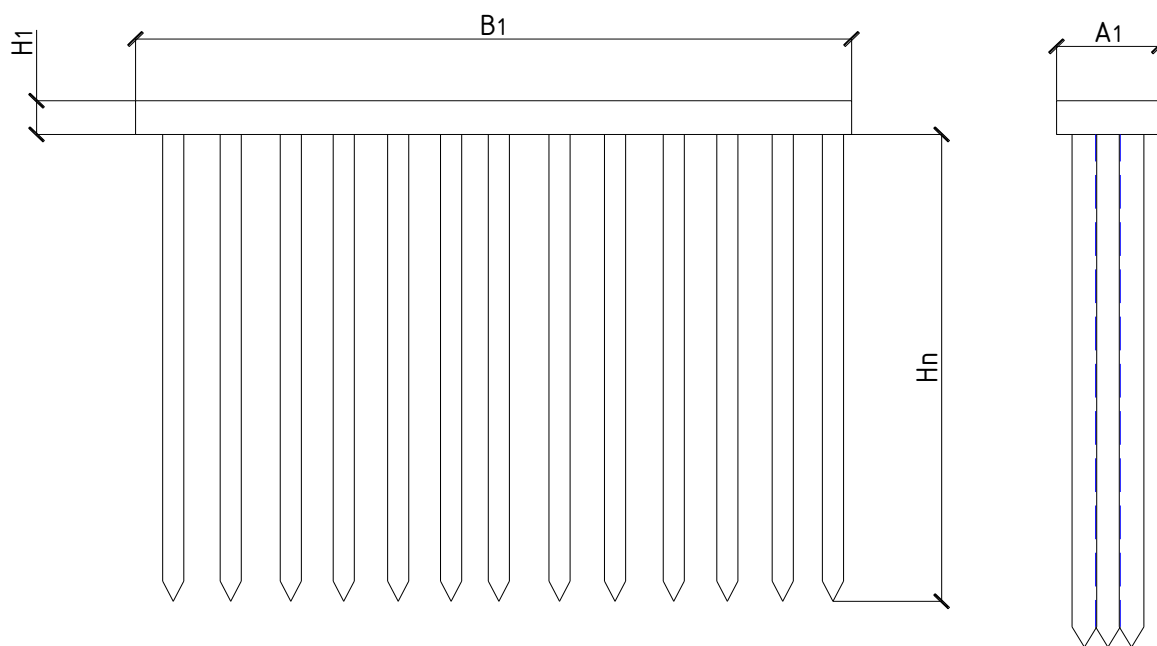


Рисунок 3.11 – Загальний вид опор

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

### Пальове поле

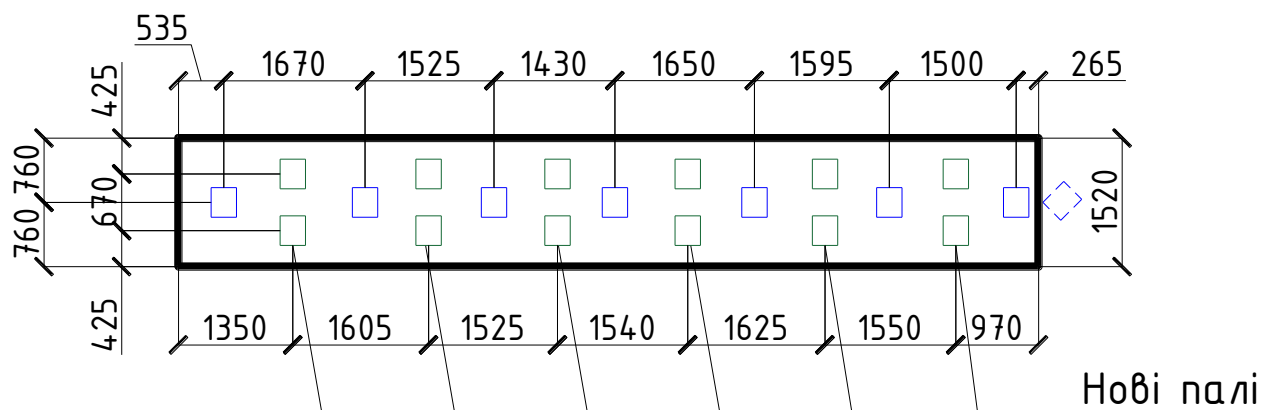


Рисунок 3.12 – Пальове поле опор 2,3

### Пальове поле

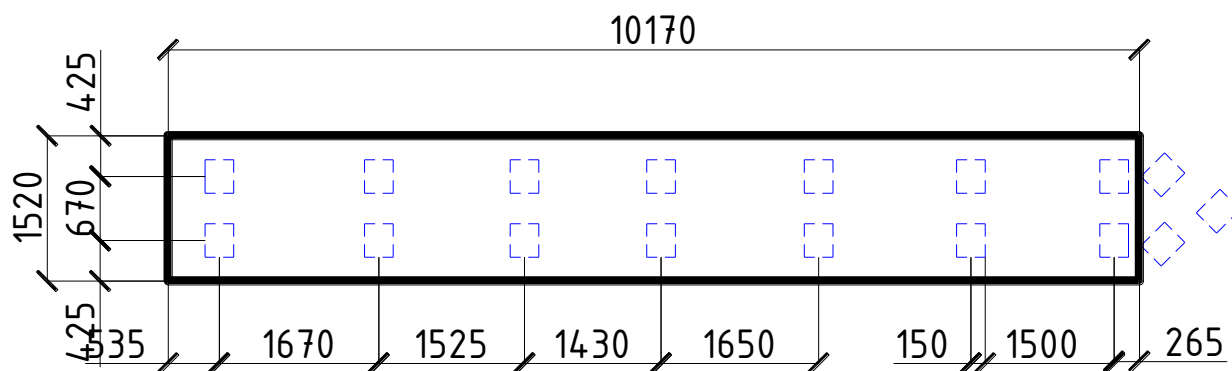


Рисунок 3.13 – Пальове поле опор 1,4

Таблиця 3.3 – Визначення вартості варіанту №2

№ з/п	Найменування робіт	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці	Загальна вартість
1	2	3	4	5	6
<b>ДЕМОНТАЖНІ РОБОТИ</b>					
1	Демонтаж старого мостового полотна	100м <sup>2</sup>	4.468	3045	13 605,1
2	Демонтаж старих деформаційних швів	м <sup>3</sup>	1,67	2500	4 600
3	Демонтаж старих тротуарних консолей	100м <sup>3</sup>	0,23	1303	299,69
4	Демонтаж прогонових споруд	м <sup>3</sup>	101,22	1000	101 220,00

5	Розбирання залізобетонних ригелей моста	100м <sup>3</sup>	0,1628	9260	1500,12
6	Розбирання частини існуючих залізобетонних паль	100м <sup>3</sup>	0,1194	9260	1 105,64
<b>ОСНОВНІ РОБОТИ</b>					
<b>Спорудження опор мосту</b>					
7	Заглиблення віброзанурювачем сталюого шпунту масою 1 м понад 70 кг на мглибину до 5 м	т	148.4	1 601,31	118 816,20
9	Заглиблення дизель-молотом на екскаваторі залізобетонних паль	м <sup>3</sup>	80,54	3 135.95	252 569,41
	Палі залізобетонні С13-35Т4 перерізом 350х350 мм, довжина 10 м	м	560	2212,67	1 261 221,9
12	Спорудження монолітних бетонних ригелів	100м <sup>3</sup>	0. 4437	209 182.1 4	92 814,11
	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону С25/30 [М400], F200, W6	м <sup>3</sup>	44,37	2507,19	111 244,02
<b>Встановлення балок прогонових будов</b>					
13	Установлення опорних частин прогонових	шт	60	136,85	9 579,5
	Установлення стріловими кранами на опори автодорожних мостів металевих балкових прогонових конструкцій довжиною до 12 м	шт	30	9 588,62	336 601,7
14	Металеві балки прогонових споруд мостів залізобетонні, довжина 11,36 м	т	63,48	80 000	4 443 600
<b>Влаштування монолітної плити</b>					
15	Установлення арматури окремими стрижнями з в'язанням вузлів з'єднань, діаметр стрижнів робочої арматури від 10	т	26,466	19 706,80	133 888

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

1	Улаштування з монолітного залізобетону ділянки	100м <sup>3</sup>	1.72	99 828,83	171 705,83
	Суміші бетонні готові важкі	м <sup>3</sup>	172	2 507,19	431 236,68
<b>Земляні роботи</b>					
16	Перевлаштування конусу насипи	100м <sup>3</sup>	28,60	1 259,93	36 044,95
<b>Улаштування дорожнього покриття проїзної частини мосту Автомобільна дорога</b>					
	Влаштування зв'язуючого шару гідроізоляційного покриття з асфальтобетоном	100м <sup>2</sup>	4,557	1234,79	5 626,93
	Влаштування шару покриття асфальтобетонної суміші	1000 м <sup>2</sup>	0,4557	18 363,75	8 368,36
	Суміші асфальтобетонні гарячі і теплі [асфальтобетон щільний]	т	104,65	3460,32	362 129,40
	Ущільнення асфальтобетонного шару котком дорожнім самохідним вібраційним	1000 м <sup>2</sup>	0,4557	15 120	6 890,18
<b>Влаштування комплексу мостового полотна</b>					
	Улаштування деформаційного шва	100м шва	0,2464	36 755,78	9 041,92
	Влаштування огороження вручну	100м	1,24	9 969,29	12 421,73
	Комплект перильного огороження (заповнення зі склопластику)	шт	54	9 633,75	520 222,5
18	Влаштування бар'єрного огороження	100 м	0,933	9 627,47	9 627,4
19	Металева бар'єрне огороження оцинковане дорожнє	т	3,677	53 904,24	198 205,89
	Всього				8 618 734,71

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38



- Перевлаштування конусу насипу.
- Відновити тротуарні консолі.
- Влаштувати нове мостове металеве бар'єрне огороження проїзної частини та перильну огорожу.
- Влаштувати нове асфальтобетонне покриття проїзної частини.
- Нанести крайову та вісьову розмітки.

Визначення вартості робіт варіанту №3 наведено в таблиці 2.5

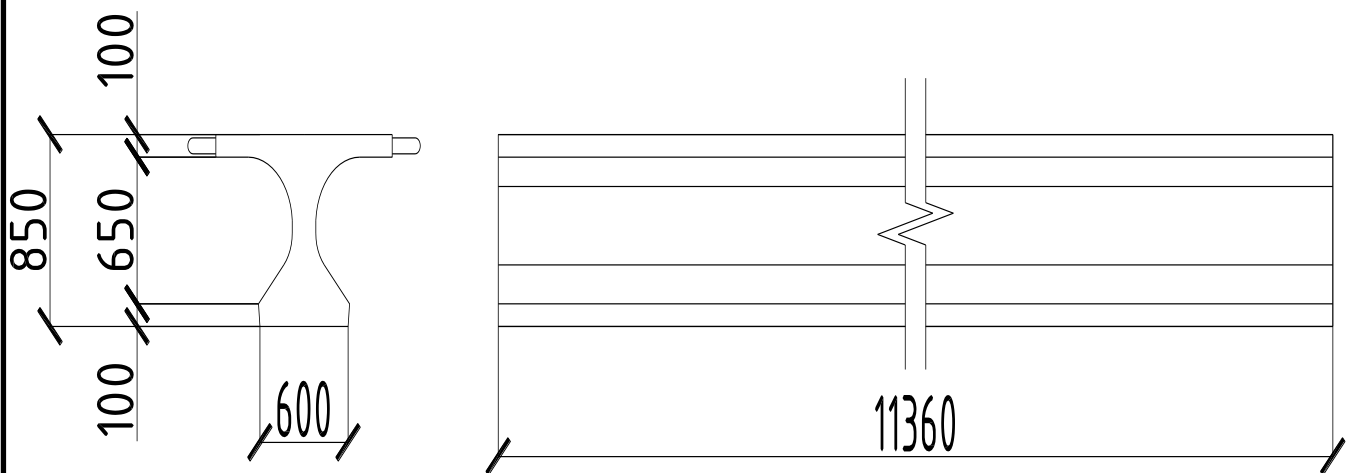


Рисунок 3.16 – Попередньо напружена залізобетонна балка

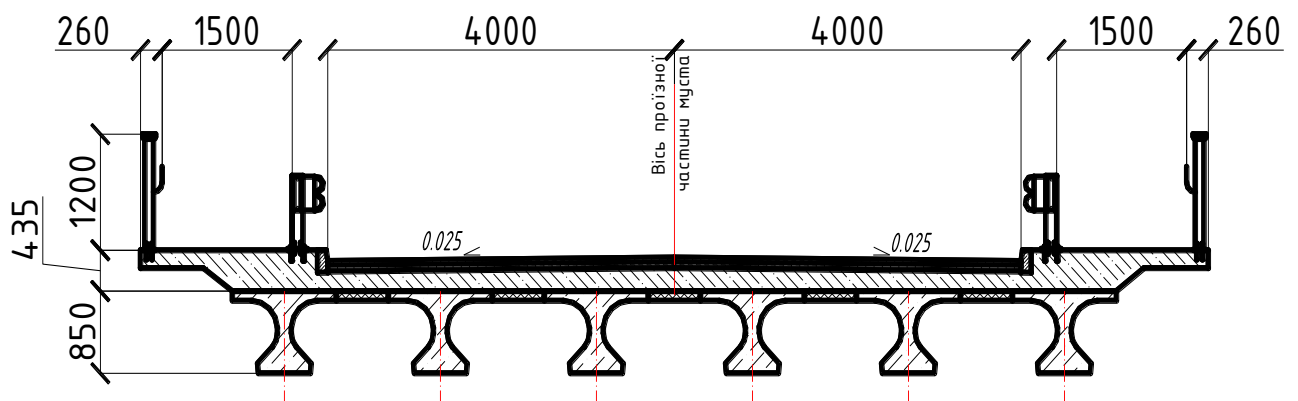


Рисунок 3.17 – Поперечний переріз прогонової споруди

						011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			40

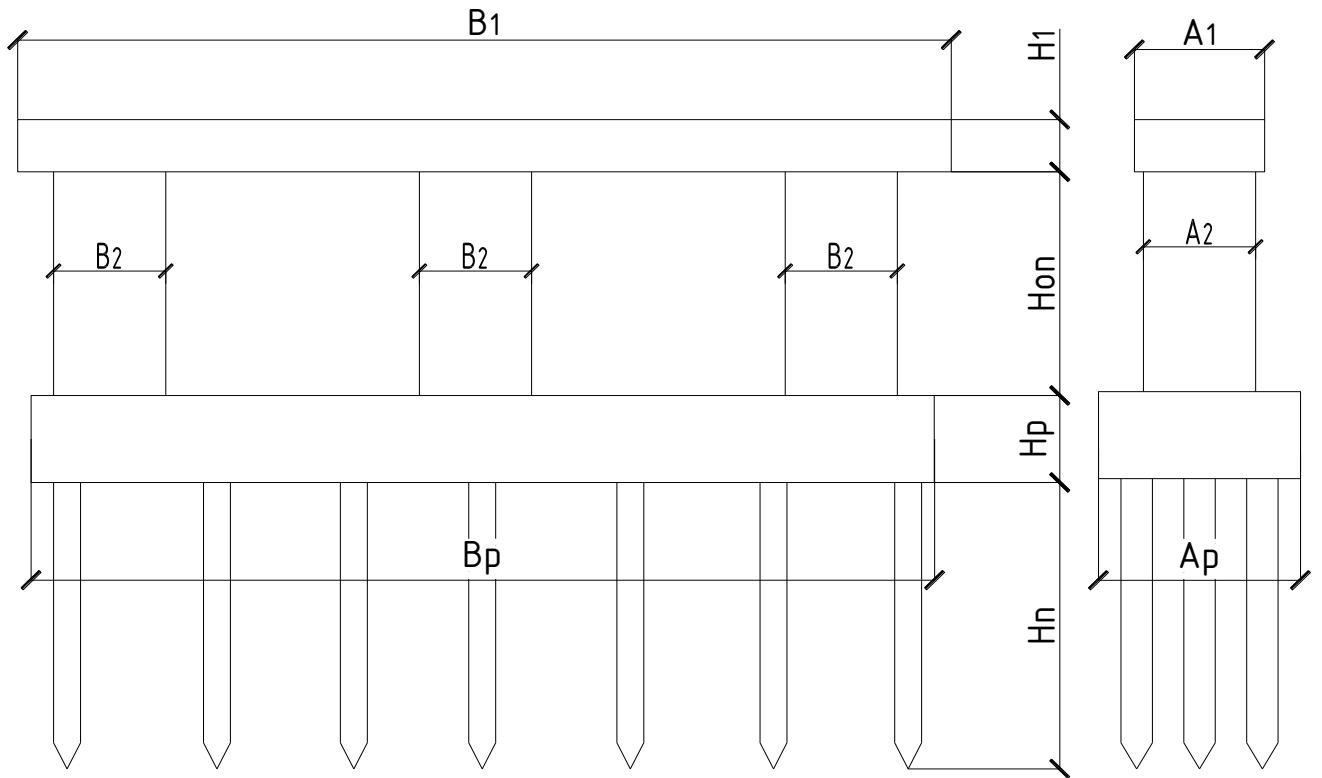


Рисунок 3.18 – Загальний вид опор

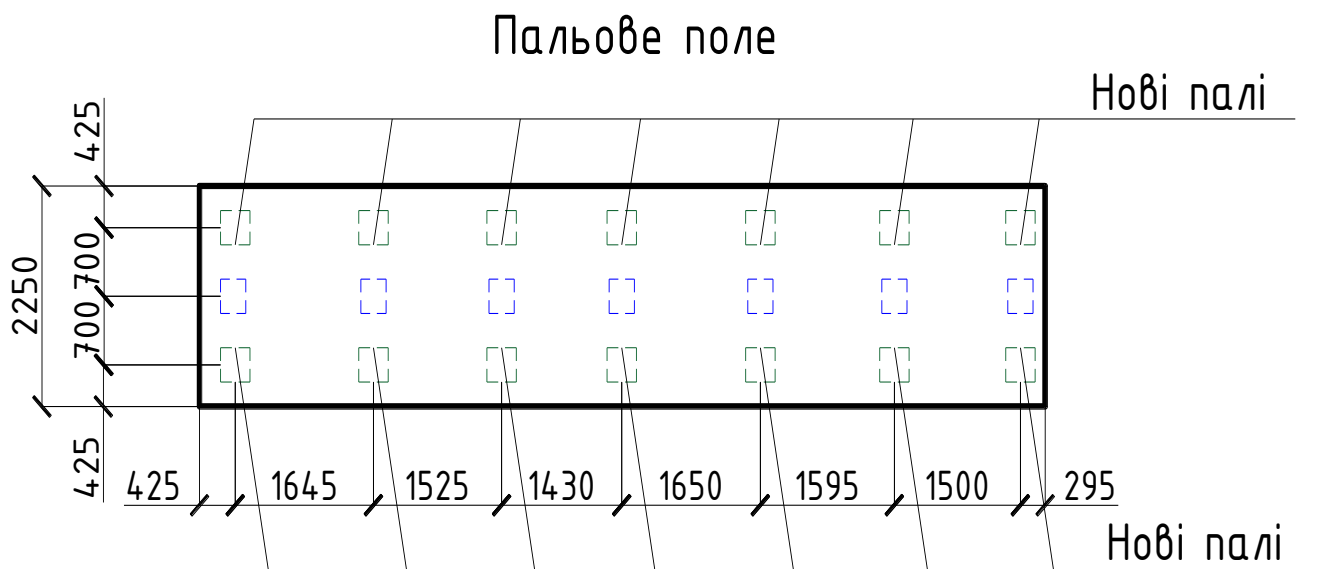


Рисунок 3.19 – Пальове поле опор 2,3

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

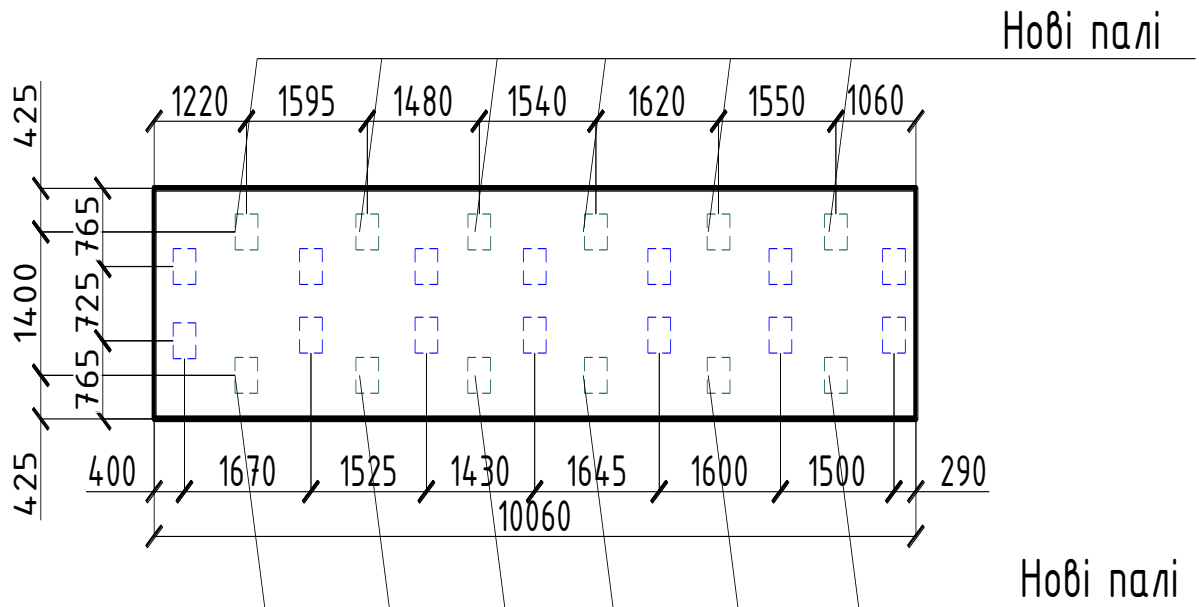


Рисунок 3.20 – Пальове поле опор 1,4

Таблиця 3.4 – Об’єми проміжних опор

№ Оп	Ригель				Тіло опори				Ростверк				
	A1 м	B1 м	H1 м	V м <sup>3</sup>	B2 м	A2 м	Ноп м	V м <sup>3</sup>	Ар м	Нр м	Вр м	V м <sup>3</sup>	
Оп 1	1,4 5	10,4	0,6	9,048	1,25	1,25	1,98	9,27	2,25	1	10, 060	22,64	40,9 5
Оп2	1,4 5	10,4	0,6	9,048	1,25	1,25	2,69	12,6	2,25	1	10, 060	22,64	44,2 8
Оп3	1,4 5	10,4	0,6	9,048	1,25	1,25	2,52	11,7 5	2,25	1	10, 060	22,64	43,4 3
Оп 4	1,4 5	10,4	0,6	9,048	1,25	1,25	2,25	10,5 3	2,25	1	10, 060	22,64	42,2 1

Таблиця 3.5 – Визначення вартості варіанту №3

№ з/п	Найменування робіт	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці	Загальна вартість
1	2	3	4	5	6
<b>ДЕМОНТАЖНІ РОБОТИ</b>					
1	Демонтаж старого мостового полотна	100м <sup>2</sup>	4.468	3045	13 605,1
2	Демонтаж старих деформаційних швів	м <sup>3</sup>	1,67	2500	4 600

3	Демонтаж старих тротуарних консолей	100м <sup>3</sup>	0,23	1303	299,69
4	Демонтаж прогонових споруд	м <sup>3</sup>	101,22	1000	101 220,00
5	Розбирання залізобетонних ригелей моста	100м <sup>3</sup>	0,1628	9260	1500,12
6	Розбирання частини існуючих залізобетонних паль	100м <sup>3</sup>	0,1194	9260	1 105,64

**ОСНОВНІ РОБОТИ**

**Спорудження опор мосту**

7	Заглиблення віброзанурювачем сталюого шпунту масою 1 м понад 70 кг на мглибину до 5 м	т	148.4	1 601,31	118 816,20
8	Розробка ґрунту котловану під ростверк	100м <sup>3</sup>	2.44	1 259.93	3079,12
9	Заглиблення дизель-молотом на екскаваторі залізобетонних паль	м <sup>3</sup>	53,9	3 135.95	169 027,70
	Палі залізобетонні С13-35Т4 перерізом 350х350 мм, довжина 10 м	м	660	2212,67	1 460 362,2
10	Влаштування залізобетонного ростверку	100м <sup>3</sup>	0,905	157 810.7 8	119 304,94
	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону С25/30, F300, W8	м <sup>3</sup>	90,56	2661,51	201 210,15
11	Спорудження монолітних бетонних стійок опор	100м <sup>3</sup>	0.44	209 182.1 4	69 436,74
	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону С25/30, F300, W8	м <sup>3</sup>	44,08	2661,51	117 319,80
12	Спорудження монолітних бетонних ригелів	100м <sup>3</sup>	0.548	209 182.1 4	114 631,81
	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону С25/30 [М400], F200, W6	м <sup>3</sup>	54,28	2507,19	136 090,27

**Встановлення балок прогонових будов**

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

13	Установлення опорних частин прогонових	шт	70	136,85	9 579,5
	Установлення стріловими кранами на опори автодорожніх мостів залізобетонних балкових прогонових конструкцій довжиною до 12 м	шт	35	9 588,62	336 601,7
14	Балки прогонових споруд мостів залізобетонні, довжина 11,36 м	м <sup>3</sup>	131,25	29 000	3 806 250

**Влаштування монолітної плити**

15	Установлення арматури окремими стрижнями з в'язанням вузлів з'єднань, діаметр стрижнів робочої арматури від 10	т	26,466	19 706,80	133 888
	Улаштування з монолітного залізобетону ділянки	100м <sup>3</sup>	1,099	99 828,83	109 711,88
	Суміші бетонні готові важкі	м <sup>3</sup>	109,9	2 507,19	282463,88

**Земляні роботи**

16	Перевлаштування конусу насипи	100м <sup>3</sup>	28,60	1 259,93	36 044,95
----	-------------------------------	-------------------	-------	----------	-----------

**Улаштування дорожнього покриття проїзної частини мосту  
Автомобільна дорога**

	Влаштування зв'язуючого шару гідроізоляційного покриття з асфальтобетоном	100м <sup>2</sup>	4,557	1234,79	5 626,93
	Влаштування шару покриття асфальтобетонної суміші	1000 м <sup>2</sup>	0,4557	18 363,75	8 368,36
	Суміші асфальтобетонні гарячі і теплі [асфальтобетон щільний]	т	104,65	3460,32	362 129,40
	Ущільнення асфальтобетонного шару котком дорожнім самохідним вібраційним	1000 м <sup>2</sup>	0,4557	15 120	6 890,18

### Влаштування комплексу мостового полотна

	Улаштування деформаційного шва	100м шва	0,2464	36 755,78	9 041,92
	Влаштування огороження вручну	100м	1,24	9 969,29	12 421,73
	Комплект перильного огороження (заповнення зі склопластику)	шт	54	9 633,75	520 222,5
18	Влаштування бар'єрного огороження	100 м	0,933	9 627,47	9 627,4
19	Металева бар'єрне огороження оцинковане дорожнє	т	3,677	53 904,24	198 205,89
	Всього				8 789 620,47

### 3.4 Порівняння варіантів

Таблиця 3.6 – Техніко-економічне порівняння

№ З/П	Найменування	Од. Вим.	Об'єм		
			Варіант№1	Варіант№1	Варіант№1
	Схема мосту	м	11,36x5	11,36x5	11,36x5
	Встановлення нових з/б балок	Шт/м <sup>3</sup>	35/134.62	-----	35/131.25
	Встановлення нових металевих балок	Шт/т	-----	30/63.48	-----
	Улаштування монолітної плити	м <sup>3</sup>	172	172	172
	Збірний З/Б	м <sup>3</sup>	189,15	80.54	190,1
	Монолітний З/Б	м <sup>3</sup>	330,1	216,37	360,92
	Орієнтовна вартість реконструкції мосту	грн	8367 304,24	8618 734,71	8789 620,47

### 3.5. Висновок

За техніко-економічним порівнянням більш доцільний для даних умов є варіант 1.

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

## РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК ВАРІАНТІВ ПЛИТИ ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ

Для визначення оптимального прогону плити було пророблено 3 розрахунки :

1. Розрахунок з прогином плити 1,6 м
2. Розрахунок з прогином плити 1,8 м
3. Розрахунок з прогином плити 2,0 м

### 4.1. Варіант 1

Вихідні дані.

Габарит мосту Г-8,0 м, тротуари по 1,5 м. Прогонова будова компонується із семи головних балок довжиною 11,36 м з відстанню між осями рівною 1,60 м.(див. рис. 4.1) Мінімальна товщина плити проїзної частини складає 20 см.

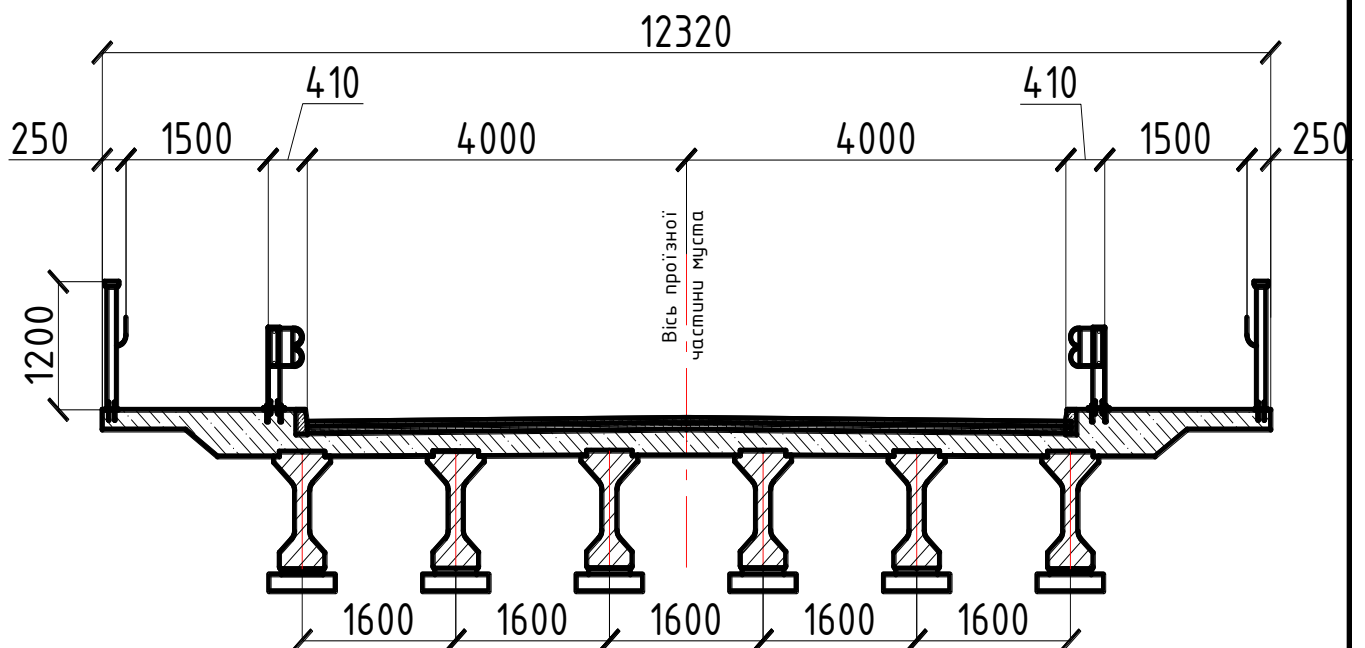


Рисунок 4.1 – Поперечний переріз прогонової будови

Постійне навантаження на 1м<sup>2</sup> плити складається із ваги шарів дорожнього одягу та її власної ваги. Розрахунки на перевірку несучою здатності виконано в комплексі MATHCAD і приведено в додатку А

					011.160026.ДР.2021.000						
Змн.	ЛистЛ	№ докум.№	ПідписПі	Дата	Розділ №4 РОЗРАХУНОК ВАРІАНТІВ ПЛИТИ ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ			Літ.Літ.	Арк.Арк.	Аркушів	
РозробивРоз	Філоненко Г.									49	
Керівник	Тютюкін О.Л										
Керів.розділу	Тютюкін О.Л										
Консульт.	Овчинников П										
Н.контроль	Овчинников П.				ДНУЗТ, група МТ1611						

#### 4.1. Варіант 2

Вихідні дані.

Габарит мосту Г-8,0 м, тротуари по 1,5 м.

Прогонова будова komponується із семи головних балок довжиною 11,36 м з відстанню між осями рівною 1,80 м.(див. рис. 4.2)

Мінімальна товщина плити проїзної частини складає 20 см.

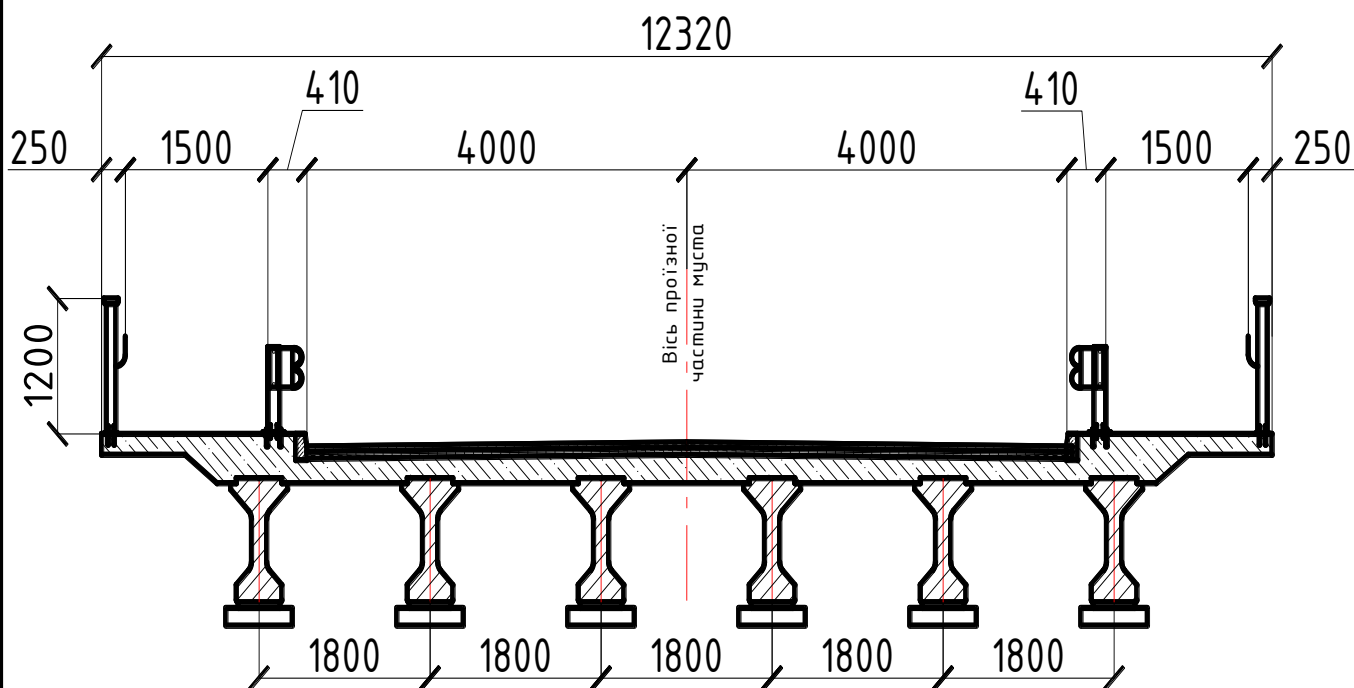


Рисунок 4.2 – Поперечний переріз прогонової будови

Постійне навантаження на  $1\text{ м}^2$  плити складається із ваги шарів дорожнього одягу та її власної ваги. Розрахунки на перевірку несучою здатності виконано в комплексі MATHCAD і приведено в додатку А

#### 4.3. Варіант 3

Вихідні дані.

Габарит мосту Г-8,0 м, тротуари по 1,5 м. Прогонова будова komponується із семи головних балок довжиною 11,36 м з відстанню між осями рівною 1,80 м.(див. рис. 4.2).Мінімальна товщина плити проїзної частини складає 20 см.

						011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			47

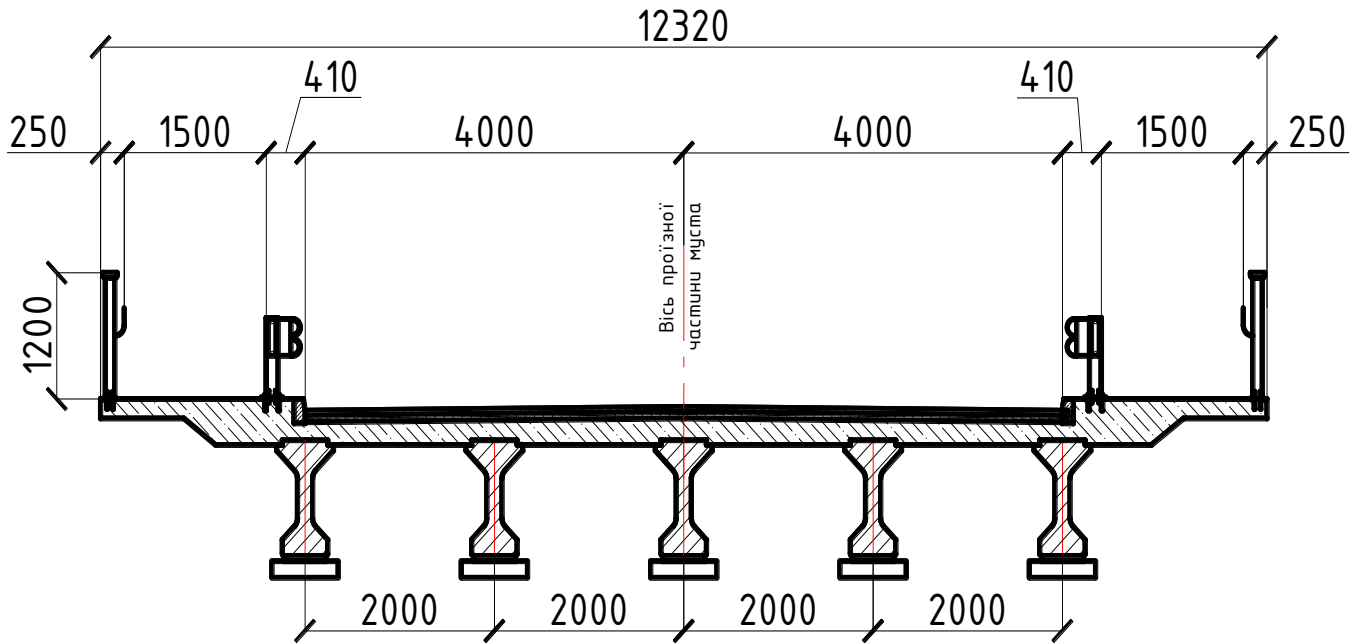


Рисунок 4.3 – Поперечний переріз прогонової будови

Постійне навантаження на  $1\text{м}^2$  плити складається із ваги шарів дорожнього одягу та її власної ваги. Розрахунки на перевірку несучою здатності виконано в комплексі MATHCAD і приведено в додатку А

#### 4.4 Техніко-економічне порівняння варіантів прогону плити проїзної частини

Таблиця 4.1– Відомість витрати матеріалу на плиту з довжиною 11,36 м, кг

Плита	Ø14A400C	Ø16A400C	Ø18A400C	Ø20A400C	Всього
ПС-1.6	324,71		895,10		1219,8
ПС-1.8	432,94	989,72			1413,66
ПС-2.0		565,91		1325,72	1891,63

Таблиця 4.2– Вартість арматури ПС – 1.6

Арматура	Вага, кг	Довжина, м	Вартість, грн/м.п.	Вартість, грн	Всього, грн
Ø14A400C	324,71	268,8	29,63	7946.76	28846.58
Ø18A400C	895,10	454,4	46.30	20889.32	

Таблиця 4.3 – Вартість арматури ПС – 1.8

Арматура	Вага, кг	Довжина, м	Вартість, грн/м.п.	Вартість, грн	Всього, грн
Ø14A400C	432,94	358,4	29,63	10619.39	33562.36
Ø16A400C	989,72	627,20	36.58	22942.97	

Таблиця 4.4– Вартість арматури ПС – 2.0

Арматура	Вага, кг	Довжина, м	Вартість, грн/п.м.	Вартість, грн	Всього, грн
Ø16A400C	565,91	358,4	36.58	13110.27	43850.23
Ø20A400C	1325,72	537.6	57.18	30739.96	

Отримавши результати, можемо сказати, що при прогоні плити в 1.6 м, вона має найменшу вартість. Варіант з прогоном 2.0 значно дорожче, ніж 1.6 м і 1.8, але дає змогу прийняти конструкцію прогонової буди з меншою кількістю головних балок на прогон. Варіант з прогоном плити 1.8 м є найгіршим, тому що він дорожчий ніж варіант з плитою 1.6 м і не дає змогу зменшити кількість головних балок у прогоні .

Зважаючи на все вище сказане робимо висновок, що прогон плити в 1.8 м не є актуальним для даної прогонової будови. Варіанти з плитою в 1.6 м і 2.0 м приймаємо до подальшого розрахунку

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

## РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНОК ВАРІАНТІВ ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ

Розрахунок провадиться відповідно до вимог положень ДБН В.2.3-14:2006 «Посібники з оцінки та прогнозування технічного стану автодорожніх мостів», ДБН В.1.2-15:2009 «Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження та впливу», та інші нормативні документи.

Визначення інтенсивності тимчасових навантажень.

### 1) Навантаження А15

Навантаження від автотранспортних засобів на кожен смугу навантаження приймається у вигляді рівномірно розподіленого з інтенсивністю  $v = 0,98K$  кН/м ( $0,1K$  тс/м) та тандему з навантаженням на вісь  $P = 9,81K$  кН ( $P = 1K$  тс), де  $K$  – клас навантаження.  $K=15$ .

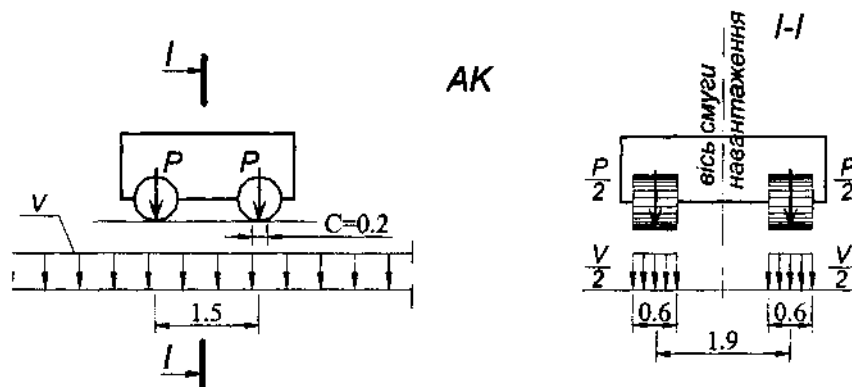


Рисунок 5.1– Модель АК.

						011.160026.ДР.2021.000		
Змн.	ЛистЛ	№ докум.№	ПідписПі	Дата				
РозробивРоз	Філоненко Г.				Розділ №5 РОЗРАХУНОК ВАРІАНТІВ ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ	Літ.Літ.	Арк.Арк.	Аркушів
Керівник	Тютюкін О.Л						53	
Керів.розділу	Тютюкін О.Л					ДНУЗТ, група МТ1611		
Консульт.	Овчинников П							
Н.контроль	Овчинников П							

Розміщення смуг навантажень АК поперек мосту виконується за двома правилами:

- мінімальна відстань від осі смуги до огорожі (бар'єра, парапету, бордюру тощо) становить 1,5 м;
- мінімальна відстань між осями смуг становить 3,0 м.

При всіх розрахунках елементів мостів навантаження з першої смуги (що створює найбільш несприятливий ефект) приймається з коефіцієнтом  $s_1 = 1,0$ .

З решти смуг (нумерація смуг встановлюється за зниженням навантажувального ефекту) навантаження приймають з коефіцієнтом  $s_1$ , що дорівнює:

а) для тандемів навантаження АК:

- першої і другої смуги –  $s_1 = 1,0$ ;
- третьої –  $s_1 = 0,75$ ;
- четвертої –  $s_1 = 0,5$ ;
- п'ятої і далі –  $s_1 = 0,0$ ;
- для додаткових смуг навантажень третьої та четвертої –  $s_1 = 0,25$ ;
- для додаткової смуги навантажень п'ятої і далі –  $s_1 = 0,0$ .

б) для розподіленого навантаження АК:

- першої смуги –  $s_1 = 1,0$ ;
- другої смуги і всі наступні –  $s_1 = 0,6$ ;
- для всіх додаткових смуг навантажень –  $s_1 = 0,25$ .

Правила завантаження НК:

Визначення зусиль від завантаження одиночним навантаженням НК виконується за відсутності інших рухомих навантажень на мосту. Навантаження НК встановлюється тільки в одне місце вздовж напрямку руху, в межах габариту проїзду. Вісь екіпажу встановлюється не ближче 1,75 м до бар'єрної огорожі (парапету, бордюру тощо).

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

## 2) Навантаження НК100

Модель НК являє собою чотиривісний колісний екіпаж з навантаженням на одну вісь 25т.

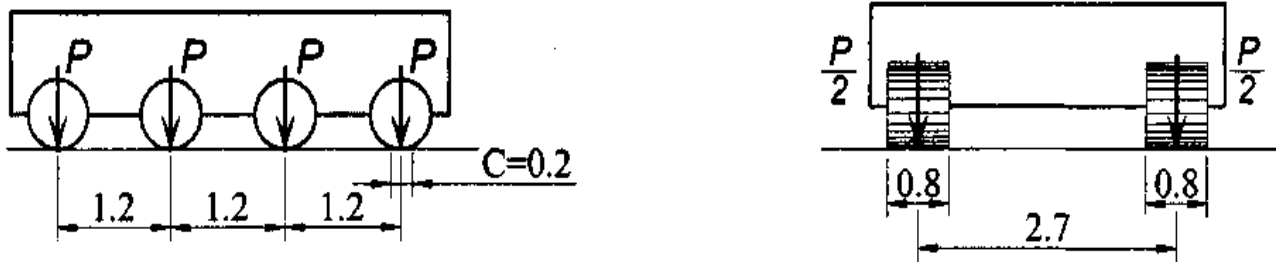


Рисунок 5.2 – Модель НК.

Тип навантаження НК приймається в залежності від технічної класифікації автомобільних доріг і вулиць:

НК-100 на автомобільних дорогах I, II і III категорій, на міських автомагістралях і магістральних вулицях загальноміського значення, а також на мостах завдовжки понад 200 м на дорогах IV і V категорій;

Визначення зусиль від завантаження одиночним навантаженням НК виконується за відсутності інших рухомих навантажень на мосту. Навантаження НК встановлюється тільки в одне місце вздовж напрямку руху, в межах габариту проїзду. Вісь екіпажу встановлюється не ближче 1,75 м до бар'єрної огорожі (парапету, бордюру тощо).

Навантаження НК не враховують одночасно із сейсмічним навантаженням при розрахунках на витривалість і за граничними станами другої групи.

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Варіант 1 з прогоном плити 1.6 м.

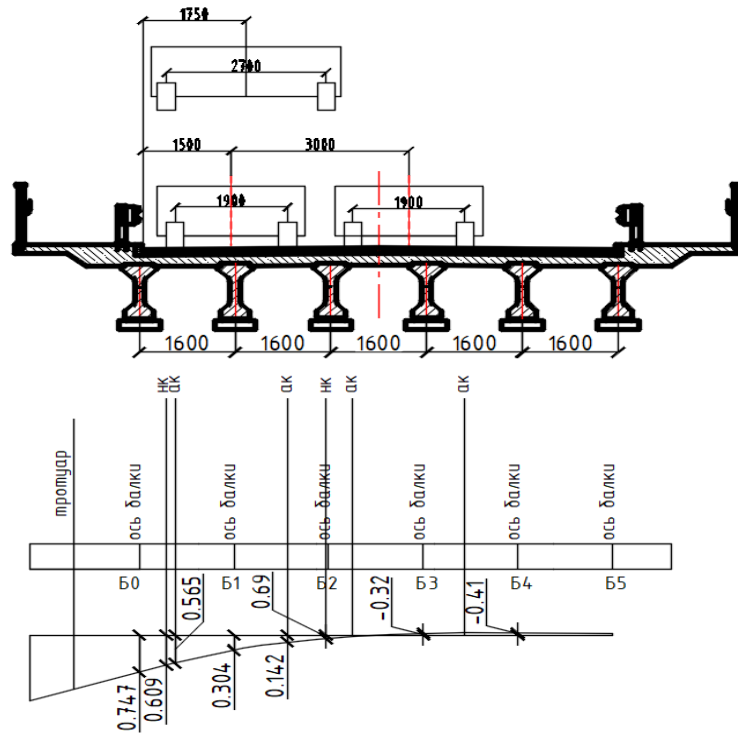


Рисунок 5.3 – Схема до визначення КПУ А-15, НК-100

Усі подальші розрахунки виконано в комплексі MATHCAD і приведені в додатку Б

Варіант 2 з прогоном плити 2 м.

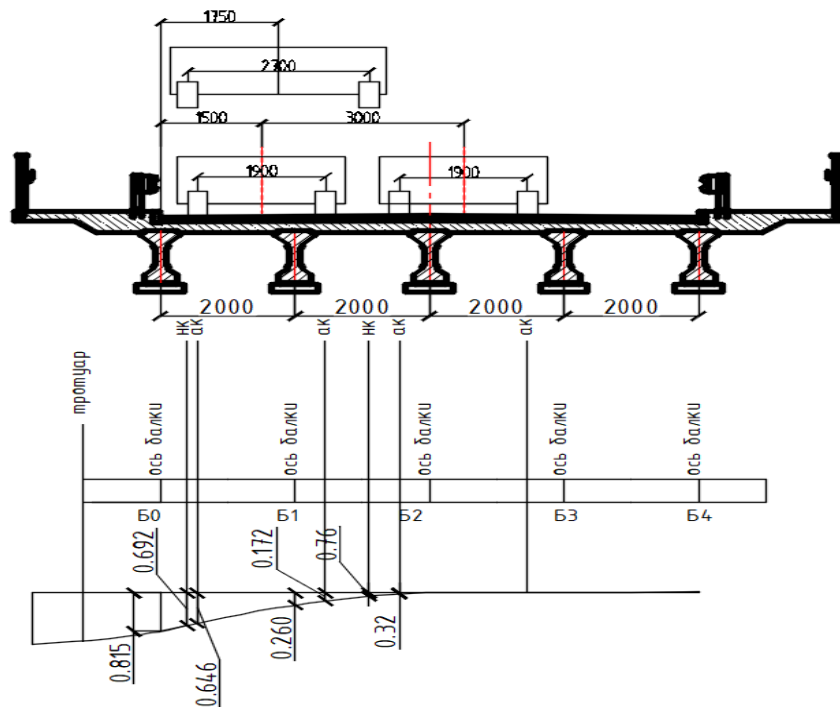


Рисунок 5.4 – Схема до визначення КПУ А-15, НК-100

						011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			53

Усі подальші розрахунки виконано в комплексі MATHCAD і приведені в додатку В

### 5.1 Техніко-економічне порівняння варіантів прогонових будов

Таблиця 5.1– Вартість матеріалу балки прогонової будови

Найменування	Од. Вим		
Кількість напруженої арматури К-7	кг	116,531	116,531
Вартість напруженої арматури К-7	грн	18295,21	18295,21
Об'єм бетону Б 30	М <sup>3</sup>	3.84	3.84
Вартість бетону	грн	9627,60	9627,60
Загальна ціна матеріалу балки прогонової будови	грн	27922,81	27922,81

Таблиця 5.2– Техніко-економічне порівняння варіантів

Найменування	Од. Вим.	Варіант 1	Варіант 2
вартість плити	грн	115087,336	130097,33
вартість 1 балки	грн	27922,81	27922,81
Кількість балок	шт	6	5
Вартість всього прогону	грн	282624,19	269711,38

Проробивши розрахунки маємо такий результат що обидва варіанти забезпечують міцність, але варіант з плитою в 2 м є економічнішим завдяки тому що прогон плити в 2 метра дає змогу зменшити кількість прогонових будов .

Зважаючи на все вище сказане робимо висновок, що варіант з конструкція прогону з плитою проїзду в 2 метри є найбільш оптимальним рішенням для даної прогонової будови .

## РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

1. Вимоги безпеки праці під час монтажу плити проїзду на автодорожньому мосту

Роботи:

бетонні, арматурні, опалубні.

Машини і механізми:

Автокран, автобетоновоз, бетононасос, глибинний і поверхневий вібратори.

Згідно з НПАОП 45.2-7.02-12 (ДБН) під час приготування, подавання, укладання і догляду за бетоном, заготовлення, монтажу арматури, а також монтажу та демонтажу опалубки (далі - під час виконання бетонних робіт) повинні бути вжиті заходи із запобігання впливу на працюючих таких небезпечних і шкідливих виробничих факторів:

- розташування робочих місць поблизу перепаду по висоті до 1,3 м і більше;
- машини, що рухаються, та предмети, що ними переміщуються;
- обвалення елементів будівельних конструкцій і опалубки;
- підвищена температура арматури (під час виконання робіт із попереднього термонапруження арматури);
- шум і вібрація, недостатня освітленість робочого місця;
- несприятливі метеорологічні умови;
- підвищена напруга в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини

					011.160026.ДР.2021.000			
Змн.	ЛистЛ	№ докум.№	ПідписПі	Дата				
РозробивРоз	Філоненко Г.				Розділ №6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	Літ.Літ.	Арк.Арк.	Аркушів
Керівник	Тютюкін О.Л						56	
Керів.розділу	Заяць Ю.Л					ДНУЗТ, група МТ1611		
Консульт.	Заяць Ю.Л							
Н.контроль	Овчинников П.							

Роботи:

бетонні, арматурні, опалубні.

## 2 Спорудження монолітних конструкцій

Під час виконання бетонних і залізобетонних робіт передбачаються заходи, які забезпечують безпеку виробничого процесу і запобігають можливому

впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів на працівників згідно з— «Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація»

. Указані роботи виконуються згідно з вимогами НПАОП 45.2-7.02-12

- «Охорона праці і промислова безпека в будівництві», ДБН В.2.6-98:2009 – «Бетонні та залізобетонні конструкції», ДСТУ-Н Б В.2.3-34:2016 – «Керівництво по виконанню робіт при будівництві мостів і труб».

Приготування бетонної суміші проводиться у механізованих установках.

Повітря в закритих приміщеннях, в яких проводяться дроблення, розмелювання та роботи з цементом і пилоподібними домішками, повинно відповідати вимогам ГОСТ 12.1.005-88 – «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони».

Чищення барабанів і ємностей змішувальних машин під час роботи дозволяється після зупинення машин. Для машин з електроприводом передбачаються заходи, які перешкоджають подаванню напруги на електроприводи під час чищення.

На пультах управління вивішуються плакати «Не включати – працюють люди».

Двосторонні верстати для заготовлення арматури розділяються металевою захисною сіткою з чарунками не більше 50x50 мм і висотою 1 м.

Верстати для правлення, різання та гнуття арматури закріплюються на фундаменті. На верстатах або біля них вивішуються таблички з зазначенням максимально допустимих діаметрів і марки сталі арматури за сертифікатом заводу-виготовлювача.

									011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						56

Бухтотримачі для розмотування мотків арматури встановлюються на відстані 1,5 м від верстата для правки арматури на висоті не більше 50 см від підлоги і огороджуються.

Між бухтотримачем і правильним барабаном верстата встановлюються направляючі пристрої (труба, кільце) для обмеження довільного руху арматури, що розмотують.

Верстата для правлення, різання та гнуття арматури обладнуються пневмовідсмоктувачами для видалення металевого пилу та окалини. Під час видалення пилу та окалини працівники користуються спеціальними щітками, захисними окулярами та респіраторами.

Перед пуском верстата арматурники перевіряють справність гальмових і пускових пристроїв, кінцевих вимикачів, наявність захисних кожухів і огорожень, правильну установку ножів. Пускові пристрої верстатів розміщуються безпосередньо на робочому місці.

Місце переходу арматурної сталі з бухтотримача на барабан огороджується.

Високоміцний дріт дозволяється різати арматурними ножицями і дисковими електропилками, допускається кисневе різання.

Різання електродуговим способом не допускається. Дискова пилка огороджується у верхній частині суцільним кожухом.

Не допускається підтримувати і направляти руками захисні сітки та інші огороження працюючих верстатів.

Не дозволяється різання арматури на верстатах з затупленими або вибитими різальними поверхнями ножів: ножі підтягуються болтами до упору, а зазор між ножами не повинен перевищувати паспортних даних.

Під час роботи на приводному верстаті для гнуття арматури не допускається переставляти пальці або закладати арматуру під час обертання диску. Пальці повинні щільно входити в гнізда і відповідати діаметру стрижнів, що загинаються.

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Під час роботи на верстатах для гнуття арматурних сіток не допускається їх провисання і обов'язково застосовуються підставки.

Під час збирання арматурних каркасів поза опалубкою роботи ведуться відповідно до вимог технологічної карти.

Монтажні петлі, які закладаються в елементи каркасів і блоків, що виготовляються, не повинні мати тріщин, раковин, надрізів та інших дефектів.

НПАОП У разі висоти конструкції більше 5 м монтаж (демонтаж) опалубки проводиться працівниками-верхолазами з застосуванням запобіжних поясів.

Переміщення і монтаж великогабаритних секцій опалубки проводиться особами, відповідальними за проведення робіт.

Під час улаштування утепленої опалубки із застосуванням скловати й інших аналогічних матеріалів використовуються засоби індивідуального захисту.

Робоче місце (робоча зона) під час монтажу (демонтажу) опалубки повинно задовольняти таким вимогам:

під час проведення робіт одночасно у декількох ярусах працівники захищаються від можливого падіння інструментів і матеріалів шляхом улаштування бортових огорожень, захисних козирків і т. ін.;

інвентар, пристосування та інструменти розміщують у визначених місцях. Ручні інструменти зберігають у спеціальних переносних чи контейнерних ящиках. Рукоятки інструментів фарбуються в яскраві кольори.

Щитова металева опалубка, що шарнірно розкривається, страхується клітями чи обладнанням (фаркопфні стяжки і т. ін.).

Слід забезпечити безпечний спосіб відривання щитів від бетону.

Перевезення бетонної суміші автосамоскидами допускається в герметизованих кузовах.

Знаходження працівника на піднятому кузові автосамоскида для очищення його від бетону не допускається.

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Рух автомобілів по естакадах для подачі бетонної суміші, обладнаних відбійними (з боків) і упорними (з торця) брусками, допускається із швидкістю не більше 3 км/год. Висота та міцність відбійних брусків визначається в робочій документації.

Під час подавання бетонної суміші автосамоскидами з естакад рух людей по них не допускається.

Перед подаванням бетонної суміші бетононасосами необхідно:  
випробувати всю систему бетоноводу гідравлічним тиском, який в 1,5 рази перевищує робочий;  
залишити прохід навколо бетононасосу завширшки не менше 1 м;  
очистити і щільно закрити замкові з'єднання між ланками бетоноводу перед подачею бетонної суміші.

Перед підйманням краном або підйомником бетонної суміші в бункерах (бадях) перевіряється справність останніх.

Між бетонниками на робочих місцях і машиністами кранів та підймальних механізмів установлюється звукова чи знакова сигналізація і радіозв'язок.

Перед укладкою бетонної суміші перевіряється правильність і надійність установлення арматури, опалубки, риштувань, улаштувань для подачі бетонної суміші, надійність їх закріплення під час укладки бетонної суміші.

Бетонування супроводжується спостереженнями за станом опалубки і контурних блоків.

### 3. Експлуатація машин і обладнання

Машини та обладнання, що експлуатуються містобудівельними підрозділами, повинні мати паспорти та інструкції з експлуатації. Ті, що підлягають реєстрації в органах Держнаглядохоронпраці, враховуються в журналі інженерно-технічних працівників (далі – ІТП) по нагляду після їх реєстрації, а всі інші вантажопідймальні машини реєструються в журналі ІТП

									Арк.
									59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

011.160026.ДР.2021.000

по нагляду за вантажопідіймальними машинами згідно з НПАОП 0.00-1.15-07– «Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання».

Персонал, що обслуговує машину, керується інструкцією заводу-виготовлювача з монтажу та експлуатації машини та НПАОП 0.00-1.15-07

Машина і обладнання, на які вимоги НПАОП 0.00-1.15-07 не поширюються (палейне устаткування, обладнання для спорудження стовпових фундаментів, спеціальні крани і агрегати для монтажу прогінних будов, спеціалізовані крани загального призначення та ін.), повинні відповідати в частині загальних технічних вимог НПАОП 0.00-1.80-18 за винятком випадків, окремо обумовлених в інструкції з експлуатації.

Їхня експлуатація проводиться відповідно до вимог інструкції з монтажу і експлуатації заводу-виготовлювача.

Сталеві канати, такелажні пристрої, знімні вантажозахоплювальні пристрої (траверси, стропи і т.ін.) і тара мають відповідати вимогам НПАОП 0.00-1.15-07.

Установлення і робота машин та обладнання в зоні повітряної лінії електропередачі або в її охоронній зоні проводиться відповідно до вимог ДСТУ Б А.3.2-13:2011 – «Система стандартів безпеки праці. Будівництво. Електробезпеку. Загальні вимоги» і НПАОП 0.00-1.15-07.

Металеві частини машин на ізолювальному (гумовому) ходу, підключені до зовнішніх джерел електропостачання, та вантажопідіймальні крани заземлюються згідно з вимогами СНиП 3.05.06-85 – «Електротехнічні пристрої».

Переміщення і встановлення будівельних і вантажопідіймальних машин на споруджуваних будовах чи трубах (з незначною висотою засипки) допускається за наявності ПВР.

Підіймання вантажів, що мають масу, близьку до вантажопідіймальності крана для даного вильоту стріли, проводиться у два прийоми: спочатку на

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

висоту 20–30 см (в такому положенні перевіряють правильність стропування і надійність дії гальм), потім – на повну висоту.

Переміщення вантажу в горизонтальному напрямі здійснюється на висоті 0,5 м вище зустрічних на шляху предметів, над конструкціями риштувань – не менше ніж на 1 м.

Підймання, переміщення і встановлення вантажів (конструкцій) двома кранами проводиться відповідно до ПВР, НПАОП 0.00-1.15-07 під керівництвом особи, що відповідає за проведення робіт.

У разі, якщо зона, що обслуговується двома кранами, з кабіни кранівника повністю не оглядається, для передачі сигналів стропальника призначаються сигнальніки.

Крани встановлюються на площадці з ухилом, що не перевищує вказаного в їх паспорті.

Вантажопідймальні операції, що виконуються двома кранами, проводяться послідовно мінімальними циклами. Новий цикл підймання (опускання, переміщення) відбувається після приведення вантажних поліспаствів у вертикальне положення.

Навантаження на кожний із кранів не повинно перевищувати зазначеного в паспорті крана для даного вильоту.

Переміщення крана-дерика на нову стоянку зі спущеними або знятими анкерами допускається у разі забезпечення його стійкості.

Переміщення крана-дерика проводиться під наглядом особи, що відповідає за безпечну експлуатацію крана, у присутності старшого виконавця робіт.

Закріплення крана-дерика перевіряється на початку кожної зміни і перед роботою крана на кожній новій стоянці.

Після закріплення крана-дерика на новій стоянці проводиться пробне підймання вантажу, яке відповідає граничній вантажопідймальності крана, на граничному вильоті стріли і повороті, вказаному в проекті.

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Переміщення вантажопідіймальних кранів дозволяється після щозмінної перевірки стану підкранової колії.

Монтаж прогінних будов шлюзовими кранами проводиться відповідно до вимог ПВР з урахуванням фактичної несучої здатності прогінних будов та інших конструкцій споруди.

Консольні залізничні крани повинні відповідати вимогам “Правил технічної експлуатації залізниць України”.

Особи, що обслуговують консольний залізничний кран, мають пройти медичний огляд на предмет придатності їх до робіт на висоті та робіт, що пов’язані з рухом потягів.

Виконання робіт консольним краном проводиться під керівництвом особи, відповідальної за безпечне проведення робіт з переміщення вантажів кранами.

Експлуатація консольного крана, в якого прострочений строк технічного огляду, не допускається.

Перед транспортуванням консольного крана після приведення його у транспортне положення проводиться пробна обкатка його локомотивом із перевіркою дії гальм і зчеплення.

Переміщення консольного крана в робочому положенні проводиться з дотриманням умов:

на електрифікованих дільницях після зняття напруги в контактній мережі;

на станційних коліях, що розташовані на кривих, після звільнення суміжних колій від рухомого складу;

після усунення всіх перешкод на шляху руху крана.

Під час пересування консольного крана в робочому стані присутність на крані сторонніх осіб не дозволяється.

Під час транспортування консольних кранів не допускається опускати їх з гірки і проводити маневри поштовхами.

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Перед пропуском консольного крана колії, що знаходяться в тимчасовій експлуатації, обкатуються нормальним рухомим складом.

Проведення робіт консольним краном на раніше зведених насипах допускається після перевірки фактичної щільності верхнього шару насипу.

Після підготовки кранових колій в робочій зоні крана проводиться контрольний пропуск консольного крана в межах робочої зони.

Контрольний пропуск крана з тиском на вісь до 42 т проводиться в два етапи:

в нижньому робочому положенні з тиском на вісь передньої опорної платформи, рівним 32 т;

з тиском на вісь передньої опорної платформи, рівним робочому тискові.

Після контрольного пропускання крана перевіряється стан колій та усуваються виявлені дефекти.

Під час пропускання консольного крана з вантажем по кривих його розрахункова вантажопідіймальність знижується в залежності від підвищення зовнішньої рейки. Рух консольних кранів з вантажем по кривих з підвищенням зовнішньої рейки понад 80 мм не допускається.

Під час опускання і підймання вантажів не допускається знаходитися на вантажі чи під ним. Допуск працівників на опори моста для точного встановлення вантажу дозволяється після того, як відстань від низу конструкцій до поверхні спирання становитиме не більше 10 см.

Установка сухопутних кранів на плавучі засоби допускається згідно з вимогами робочої документації щодо експлуатації плавучої установки.

Під час експлуатації плавучих установок, крім документації з експлуатації, слід керуватися:

“Правилами технической эксплуатации речного транспорта”;

“Правилами плавания по внутренним водным путям Украины”;

інструкціями по експлуатації і паспортами загальнобудівельного та іншого обладнання, яке встановлюється на плавзасоби.

									011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						63

Не дозволяється працювати плавучим краном з опиранням плашкоута на ґрунт дна.

Плавучі крани експлуатуються відповідно до інструкцій з експлуатації та ПВР.

Між зоною повороту кранової установки і палубними надбудовами улаштовується прохід не менше 0,7 м або леєрне огороження цієї зони та встановлюються попереджувальні знаки.

Робота сухопутних кранів, установлених на плавзасобах, в умовах мінусових температур здійснюється у випадках, що передбачені проектом плавучої кранової системи.

Робота кранів на гусеничному і колісному ході з навісним обладнанням (віброзанурювач, шпунтовисмикувач, копер) проводиться з дотриманням вимог безпеки, які передбачені інструкцією заводу-виготовлювача.

#### 4. Дії працівників та роботодавця в разі настання нещасного випадку

Про кожний нещасний випадок потерпілий або працівник, який його виявив, чи інша особа-свідок нещасного випадку повинні негайно повідомити безпосереднього керівника робіт чи іншу уповноважену особу підприємства і вжити заходів до подання необхідної допомоги потерпілому.

У разі настання нещасного випадку безпосередній керівник робіт (уповноважена особа підприємства) зобов'язаний:

- терміново організувати подання першої медичної допомоги потерпілому, забезпечити у разі необхідності його доставку до лікувально-профілактичного закладу;

- повідомити про те, що сталося, роботодавця, керівника первинної організації профспілки, членом якої є потерпілий, або уповноважену найманими працівниками особу з питань охорони праці, якщо потерпілий не є членом профспілки;

- зберегти до прибуття комісії з розслідування (комісії із спеціального розслідування) нещасного випадку обстановку на робочому місці та

										Арк.
										64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	011.160026.ДР.2021.000					

устаткування у такому стані, в якому вони були на момент нещасного випадку (якщо це не загрожує життю чи здоров'ю інших працівників і не призведе до більш тяжких наслідків), а також вжити заходів до недопущення подібних випадків.

Роботодавець, одержавши повідомлення про нещасний випадок згідно «Порядок розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві» Постанова КМ №337, зобов'язаний негайно:

- 1) повідомити з використанням засобів зв'язку про нещасний випадок:
  - робочий орган виконавчої дирекції Фонду за місцезнаходженням підприємства за встановленою Фондом формою;
  - підприємство, де працює потерпілий, якщо потерпілий є працівником іншого підприємства;
  - органи державної пожежної охорони за місцезнаходженням підприємства – у разі нещасного випадку, що стався внаслідок пожежі;
  - установу державної санітарно-епідеміологічної служби, яка обслуговує підприємство, – у разі виявлення гострого професійного захворювання (отруєння);
- 2) утворити наказом комісію з розслідування нещасного випадку (далі – комісія) у складі не менше трьох осіб та організувати розслідування.

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

## ВИСНОВОК

У даному дипломному проєкті було виконано порівняльний розрахунок і визначення оптимального варіанту реконструкції автодорожнього мосту що знаходиться на км 15+822 автомобільної дороги загального користування державного значення Т-12-05 Кропивницький – Нова Прага – Олександрія у Кіровоградській області поблизу с. Аджамка і перетинає річку Аджамку.

Міст запроектований під тимчасові вертикальні навантаження Н-30, НК-80.

Було розроблено три варіанти ремонту мосту. Для кожного варіанту було передбачено збільшення кількості палів, встановлення нових монолітних опор різної конструкції. В першому варіанті були прийняті нові збірні залізобетонні балки І-подібної форми. В другому варіанті було прийнята сталезалізобетонна прогонова будова. У третьому варіанті були прийняті нові збірні залізобетонні балки таврової форми. В усіх варіантах балки прогонової будови об'єднані монолітною залізобетонною плитою

В рамках визначення оптимальних варіантів було виконано розрахунок прогонової будови за першим варіантом. Було розглянуто варіанти прогонової будови з прогоном плити 1.6, 1.8, 2.0 м. В рамках цих розрахунків було визначено армування плити між балками, а також виконано розрахунки балок прогонових будов. Отримавши результат розрахунків варіантів бачимо що при прогоні 1.6 і 2.0 м кількість попередньо напружуваної арматури є однаковою але кількість балок різна.

Зважаючи на все вищесказане робимо висновок, що конструкція прогонової будови з кроком балок 2.0 м є найоптимальнішим варіантом конструкції прогонової будови в даному випадку, що відрізняється від конструкції, рекомендованої виробником балок і потребує подальшого дослідження

					011.160026.ДР.2021.000			
Змн.	ЛистЛ	№ докум.№	ПідписПі	Дата				
РозробивРоз	Філоненко Г.				<b>ВИСНОВОК</b>	Літ.Літ.	Арк.Арк.	Аркушів
Керівник	Тютюкін О.Л						68	
Керів.розділу	Тютюкін О.Л							
Консульт.								
Н.контроль	Овчинников П.							
						ДНУЗТ, група МТ1611		

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування [Текст]: ДБН В.2.3-14:2006 / затв.: наказ Міністерства будівництва, архітектури та житлово-коменального господарства (Мінбуд України) від "06" травня 2006 р. № 160 / Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства. – К., 2006.

2. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування [Текст]: ДБН В.2.3-22:2009 / затв.: наказ Мінрегіонбуду України від 11.11.2009 № 484 / Мінрегіонбуд України. – К., 2009.

3. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи [Текст]: ДБН В.1.2-15:2009 / затв.: наказ Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 11.11.2009 р. № 484 / Мінрегіонбуд України. – К., 2009.

4. Примеры расчета железобетонных мостов [Текст] / Я. Д. Лившиц, М. М. Онищенко, А.А. Шкуратовский – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 263 с.

5. Проектирования и расчет железобетонных и металлических автодорожных мостов [Текст] / Н. И. Поливанов – М.: изд-во «Транспорт», 1970. – 516 с.

6. Примеры проектирования сборных железобетонных мостов [Текст] / В. А. Российский, Б. П. Назаренко, Н. А. Словинский – М.: изд-во «Высшая школа», 1970. – 520 с.

7. Закон України про охорону праці: / із змінами і доповненнями внесено Законами України 19.12.2017 р. № 2249–VIII – К.: 2017 р. – 668 с.

					<i>011.160026.ДР.2021.000</i>		
Змн.	ЛистЛ	№ докум.№	ПідписПі	Дата			
РозробивРоз		Філоненко Г.			Літ.Літ.	Арк.Арк.	АркушівАрку
Керівник		Тютькін О.Л				70	73
Керів.розділу		Тютькін О.Л			ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ ДНУЗТ, група МТ1611		
Консульт.							
Н.контроль		Овчинников П					

8. Закон України про пожежну безпеку: / із змінами і доповненнями внесено Законами України 05.07.2012 р. № 5081–VI – К.: 2013 р. – 458 с.

9. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12) / наказ Мінрегіону від 30.12.2011 № 417 – К.:, 2012.

10. НПАОП 0.00-7.11-12. Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників / наказ від 25.01.2012 № 67 "Про затвердження Загальних вимог стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників" / Міністерство надзвичайних ситуацій України (МНС) – К.:, 2012.

11. НПАОП 45.2-3.01-04. Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам, зайнятим у будівельному виробництві / наказ від 17.05.2004 р. № 129 / Держнагляд охорони праці (Державний комітет України з нагляду за охороною праці) – К.:, 2007.

12. НПАОП 0.00-1.80-18 Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання / наказ від 19.01.2018 № 62 Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання / Міністерство соціальної політики України – К.:, 2018.

13. НПАОП 45.21-1.03-98. Правила безпеки під час проведення робіт з будівництва мостів (укр) / наказ від 09.03.1998 р. № 31 / Українське державне виробничо-технологічне підприємство "Укрдортехнологія" – К.:, 1998.

14. НПАОП 0.00-1.04-07. Правила вибору та застосування засобів індивідуального захисту органів дихання / наказ від 28.12.2007 р. № 331 "Про затвердження Правил вибору та застосування засобів індивідуального захисту органів дихання" / Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду – К.:, 2007.

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68



30. Смирнов В.Н. Строительство мостов и труб / Владимир Николаевич Смирнов – СПб.: Из-во ДНК, 2007. – 288 с.

31. Несъемная опалубка для сборно-монолитных настилов мостов (Великобритания). – БИНТИ №6 (36), 2007 – С. 33 – 35

32. Споруди транспорту. Мости і труби. Правила проектування : ДБН В.2.3-14:2006. – [чинний від 6 травня 2006 р.] – К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства, 2006. – 359 с. – (Державні будівельні норми України)

33. Клімов Ю. А. Використання неметалевої композитної арматури для армування бетонних конструкцій / Ю. А. Клімов, Ю. А. Вітковський, О. С. Солдатченко // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. – 2011. – Вип. 42. – с. 13-17.

34. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-1:2010 (EN 1991-1-1:2002, IDT). ЄВРОКОД 1. ДІЇ НА КОНСТРУКЦІЇ Частина 1-1. Загальні дії. Питома вага, власна вага, експлуатаційні навантаження для споруд / Наказ Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 27.12.2010 р. № 552, чинний з 01.07.2013 р. – К., 2013.

35. ДСТУ-Н Б EN 1991-2:2010 (EN 1991-2:2003, IDT) Частина 2. Рухомі навантаження на мости / наказ Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 27.12.2010 р. № 551 – К., 2010

36. Мости: конструкції та надійність / Лучко Й.Й., Коваль П.М., Корнієв М.М. та інш.; за ред. В.В. Панасюка, Й.Й. Лучка.–Львів: Каменяр, –2005. –989 с.

37. Ониськів Б. М. Ефективні способи зміцнення залізобетонних конструкцій існуючих мостів малих і середніх прогонів / Б. М. Ониськів, Я. В. Сорока // Збірник доповідей другого Українського міжгалузевого науково-практичного семінару «Сучасні проблеми проектування, будівництва та експлуатації споруд на шляхах сполучення». – К. – 1998. – с. 157-158.

38. Карпюк В. М. Використання деформаційно-силової моделі при розрахунку нормальних перерізів бетонних та залізобетонних елементів за

						011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			70

першою групою граничних станів / В. М. Карпюк, А. І. Костюк, Ю. А. Сьоміна, Д.С. Даниленко / Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2017. – Вип. 66. – с. 28-34.

39. Коваль М.П. Випробування плити проїзної частини із зовнішнім армуванням автодорожнього залізобетонного моста / М. П. Коваль // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – Львів: в-во НУ “ЛП”, 2010. – № 662. – С 245 – 253.

40. Оценка предельных состояний сечений железобетонных элементов мостов с использованием диаграмм деформирования материалов. Егорушкин Ю.М., Научные труды Второй Всероссийской (Международной) конференции «Бетон и железобетон –пути развития», 2005 г. Т. 5.

					011.160026.ДР.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

## ДОДАТОК А

### РОЗРАХУНОК ПЛИТИ ПРОЇЗДУ АВТОДОРОЖНЬОГО МОСТУ З РОЗРАХУНКОВИМ ПРОГОНОМ 1.6 м

#### А.1 Розрахунковий прогін 1.6 м (Сталева арматура)

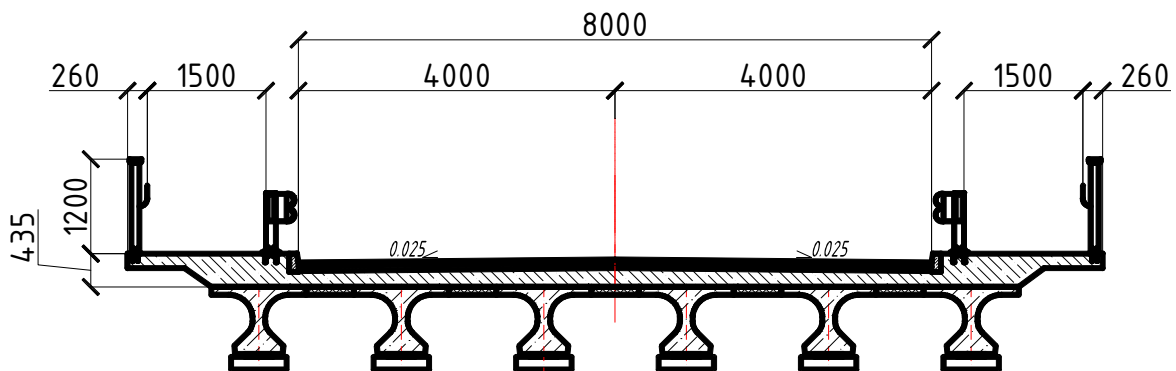
##### А.1.1 Вихідні дані

$l_p := 11.36$	Довжина прогонової будови
$K := 15$	Клас навантаження
$l_p := 1.6$	Розрахунковий прогін плити
$b_{pl} := 100$	Ширина перерізу плити
$H := 0.12$	Товщина дорожнього одягу
$h_f := 20$	Товщина плити
$g_n := 7.72$	Нормативне навантаження
$g := 11.62$	Розрахункове навантаження
$R_s := 400$	Розрахунковий опір арматури розтягненню
$R_{bt} := 1.10$	Розрахунковий опір бетону розтягненню
$R_b := 15.5$	Розрахунковий опір бетону стисненню
$E_s := 2 \cdot 10^5$	Модуль пружності арматури
$E_b := 32.5 \cdot 10^{-3}$	Початковий модуль пружності бетону
$\gamma_b := 19.6$	Питома вага бетону
$\gamma_{zb} := 24.5$	Питома вага залізобетону
$\Delta_{cr} := 0.02$	Допустиме розкриття тріщин
$\beta_b := 1.28$	За табл. 3.8 ДБН В.2.3-14:2006
$\epsilon_b := 1$	За табл. 3.9 ДБН В.2.3-14:2006
$\nu := 0.2$	Коефіцієнт Пуасона для бетону
$G_b := 0.4 \cdot E_b$	Модуль зсуву бетону
$\nu_{pm} := 15$	Відношення модулів пружності $E_s$ і $E_b$
$\beta := 1$	Коефіцієнт, що враховує ступінь зчеплення арматурних елементів з бетоном

Габарит мосту Г-8 м, тротуари по 1,5 м.

Прогонова будова компонується із шести головних балок довжиною 11,36 м з відстанню між осями рівно 1,6 м.

Мінімальна товщина плити проїздної частини складає 20 см



##### А.1.2 Моменти

$$M_{gn} := \frac{g_n \cdot l_p^2}{8} = 2.47$$

$$M_g := \frac{g \cdot l_p^2}{8} = 3.718$$

### А.1.2 1-й Випадок навантаження

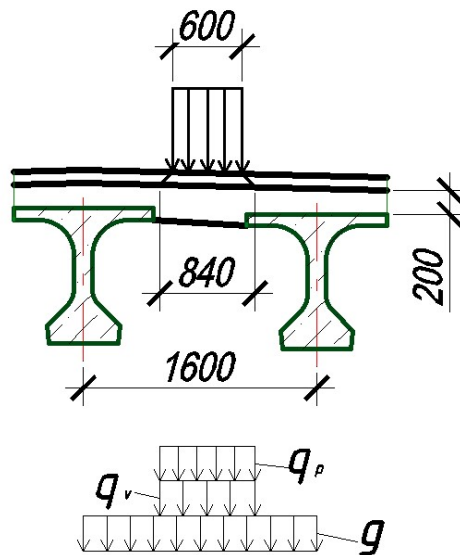


Схема навантаження плити однією смугою АК-15

$\nu := 0.98 \cdot K = 14.7$  Рівномірно-розподілене навантаження  
 $P := 9.81 \cdot K = 147.15$  Навантаження на одну вісь  
 $b := 0.6$  Ширина колеса вздовж прогону плити  
 $a := 0.2$  Ширина колеса поперек прогону плити

$$b1 := b + 2 \cdot H = 0.84$$

$$a1 := a + 2 \cdot H + \frac{l_p}{3} = 0.973$$

$$f(a1) := \begin{cases} a1 & \text{if } a1 \geq \frac{2}{3} \cdot l_p \\ \frac{2}{3} \cdot l_p & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$a1 := f(a1) = 1.067$$

$$q_v := \frac{\nu}{b1} \cdot 1 = 8.75$$

$$q_p := \frac{P}{2 \cdot a1 \cdot b1} = 82.115$$

$$I_{Mn0} := \frac{g_n \cdot l_p^2}{8} + (q_v + q_p) \cdot b1 \cdot \frac{l_p - 0.5 \cdot b1}{4} = 24.987$$

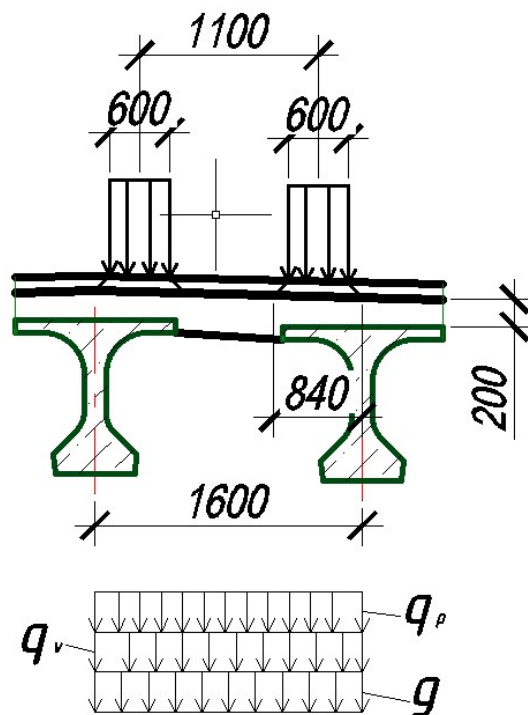
$$\gamma_{fv} := 1.5 \quad \gamma_{fp} := 1.5 \quad \mu := 0.3 \quad (1+\mu)=1.3 \text{ для тандему}$$

$$I_{M0} := \frac{g \cdot l_p^2}{8} + [q_v \cdot \gamma_{fv} + (1 + \mu) \cdot \gamma_{fp} \cdot qp] \cdot b1 \cdot \frac{l_p - 0.5 \cdot b1}{4} = 46.65$$

$$I_{M0}' := [(1 + \mu) \cdot \gamma_{fp} \cdot qp] \cdot b1 \cdot \frac{l_p - 0.5 \cdot b1}{4} = 39.679$$

### А.1.3 2-й Випадок навантаження

2-й Випадок завантаження: (В прогоні плити розміщені дві колії навантаження АК-15)



- Схема завантаження плити двома смугами АК-15.

Визначаємо загальну площадку розподілення тиску від двох колій (коліс) шириною

де, - з розрахунку за першим випадком завантаження;

умова не виконується  $1.94 \leq 1.6$

### А.1.4 3-й Випадок навантаження

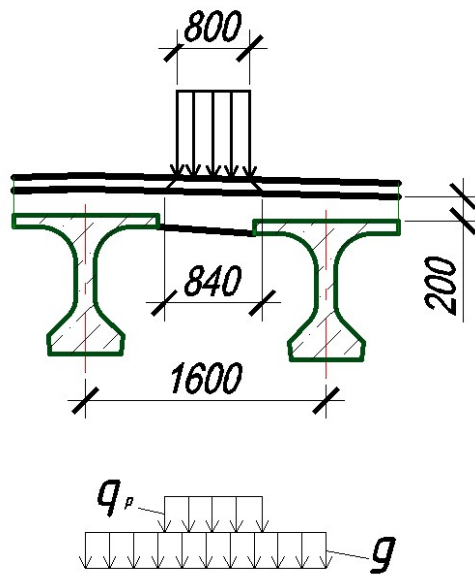


Схема для визначення згинального моменту від навантаження НК-80

$R_{НК} := 200$  Нормативне навантаження на одну вісь

$$a1 := 3 \cdot 1.2 + a + 2 \cdot H + \frac{lp}{3} = 4.573$$

$$f(a1) := \begin{cases} 3 \cdot 1.2 + \frac{2 \cdot lp}{3} & \text{if } a1 \leq 3 \cdot 1.2 + \frac{2 \cdot lp}{3} \\ a1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$a1 := f(a1) = 4.667$$

$$b := 0.8$$

$$b1 := b + 2 \cdot H = 1.04$$

$$q_p := \frac{4 \cdot \frac{R_{НК}}{2}}{a1 \cdot b1} = 82.418$$

$$\gamma_{fp} := 1 \quad \mu := 0 \quad (1+\mu)=1.0 \text{ для НК-80}$$

$$III\_M0 := \frac{g \cdot lp^2}{8} + (1 + \mu) \cdot \gamma_{fp} \cdot q_p \cdot b1 \cdot \frac{lp - 0.5 \cdot b1}{4} = 26.861$$

$$y3 := \frac{1 \cdot \left( lp - \frac{b1}{2} \right)}{lp} = 0.675$$

$$III\_Q0 := \frac{g \cdot lp}{2} + (1 + \mu) \cdot \gamma_{fp} \cdot \frac{4 \cdot \frac{R_{НК}}{2}}{a1} \cdot y3 = 67.153$$

Нормативні або

I випадок А-15

II випадок А-15

III випадок НК-80

розрахункові зусилля	(1 колесо)	(2 колеса)	
M <sub>H0</sub> , КН*м	I_M <sub>H0</sub> = 24.987	II_M <sub>H0</sub> = ■	III_M <sub>H0</sub> = ■
M <sub>0</sub> , КН*м	I_M <sub>0</sub> = 46.65	II_M <sub>0</sub> = ■	III_M <sub>0</sub> = 26.861
M <sub>gn</sub> , КН*м	M <sub>gn</sub> = 2.47	M <sub>gn</sub> = 2.47	M <sub>gn</sub> = 2.47
M <sub>g</sub> , КН*м	M <sub>g</sub> = 3.718	M <sub>g</sub> = 3.718	M <sub>g</sub> = 3.718
Q <sub>0</sub> , КН	I_Q <sub>0</sub> := ■	II_Q <sub>0</sub> := ■	III_Q <sub>0</sub> = 67.153

Отже приймаємо:

$$M_{0H} := I_{M_{H0}} = 24.987 \quad M_0 := I_{M_0} = 46.65 \quad M_{0'} := I_{M_{0'}} = 39.679 \quad Q_0 := III_{Q_0} = 67.153$$

### А.1.5 Поправочні коефіцієнти

$$I_k := \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{l_p \cdot 10^2}{hf} - 0.63 \right) \cdot hf^4 = 3.931 \times 10^5$$

$$D := \frac{E_b \cdot hf^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \quad \underline{D} := 694 \cdot E_b$$

$$n_1 := 0.001 \cdot \frac{D \cdot l_p^3}{G_b \cdot I_k} \quad \underline{n_1} := 0.001 \cdot \frac{694 \cdot E_b \cdot l_p^3}{0.42 \cdot E_b \cdot I_k} \quad \underline{n_1} := 0.001 \cdot \frac{694 \cdot (l_p \cdot 10^2)^3}{0.42 \cdot I_k} = 17.219$$

При  $n=17.22 < 30$ :

$$M_{op} = -0.8 \cdot M_0 \text{ та } M_{op} = +0.25 \cdot M_0$$

$$M_{np} = +0.5 \cdot M_0 \text{ та } M_{np} = -0.25 \cdot M_0$$

Біля опори:

$$M_{n\_op\_max} := -0.8 \cdot M_{0H} = -19.989$$

$$M_{n\_op\_min} := 0.25 \cdot M_{0H} = 6.247$$

$$M_{op\_max} := -0.8 \cdot M_0 = -37.32$$

$$M_{op\_min} := 0.25 \cdot M_0 = 11.662$$

$$M'_{op\_max} := -0.8 \cdot M_{0'} = -31.743$$

$$M'_{op\_min} := 0.25 \cdot M_{0'} = 9.92$$

$$Q := Q_0 = 67.153$$

В середині прольоту:

$$M_{n\_pr\_max} := 0.5 \cdot M_{0H} = 12.493$$

$$M_{n\_pr\_min} := -0.25 \cdot M_{0H} = -6.247$$

$$M_{pr\_max} := 0.5 \cdot M_0 = 23.325$$

$$M_{pr\_min} := -0.25 \cdot M_0 = -11.662$$

$$M'_{pr\_max} := 0.5 \cdot M_0' = 19.839$$

$$M'_{pr\_min} := -0.25 \cdot M_0' = -9.92$$

### А.1.6 Підбір перерізу плити

$$\mu := 0.009 \quad d_s := 1.4$$

$$\xi := \mu \cdot \frac{R_s}{R_b} = 0.232$$

$$\zeta := 1 - 0.5\xi = 0.884$$

$$h_0 := \sqrt{\frac{|M_{op\_max}| \cdot 10^2}{R_b \cdot 10^{-1} \cdot b_{pl} \cdot \xi \cdot \zeta}} = 10.83$$

$$h_f := h_0 + 0.5 \cdot d_s + 3 = 14.53$$

Приймаємо:  $h_f := 20$

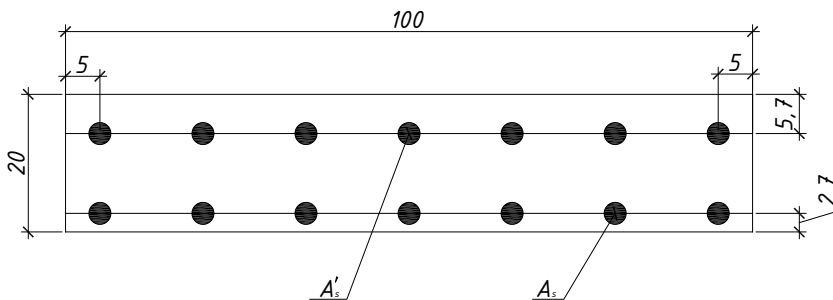
### А.1.7 Розрахунок армування верхньої зони плити

$a_b := 5$  Товщина захисного шару бетону верхньої зони плити

$d_s := 1.4$  Діаметр верхньої робочої арматури

$$a_s := a_b + \frac{d_s}{2} = 5.7$$

$$h_0 := h_f - a_s = 14.3$$



Поперечний переріз плити проїзної частини.

$$\alpha_0 := \frac{|M_{op\_max}| \cdot 10^3}{R_b \cdot 10^6 \cdot b_{pl} \cdot 10^{-2} \cdot (h_0 \cdot 10^{-2})^2} = 0.118$$

За знайденим  $\alpha_0$  визначаємо  $\xi_{\text{max}} := 0.11$   $\eta_1 := 0.945$

$$\omega := 0.85 - 0.008 \cdot R_b = 0.726$$

$\sigma_2 := 500$  Граничне напруження в арматурі стиснутої зони

$$\xi_y := \frac{\omega}{1 + \frac{R_s}{\sigma_2} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1.1}\right)} = 0.571$$

$\xi_{\text{max}} := 0.11$   $\xi < \xi_y$   $\xi_y = 0.571$  Умова виконана

$$A_s := \frac{|M_{op\_max}| \cdot 10^3 \cdot 10^2 \cdot 10^4}{R_s \cdot 10^6 \cdot h_0 \cdot \eta_1} = 6.904$$

Приймаємо:  $A_s := 12.72$  (5 стержнів діаметром 18мм)

$n := 5$

#### А.1.8 Перевірка на міцність

$$x' := \frac{R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b_{pl}} = 3.283$$

$$M_u := R_b \cdot 10^3 \cdot b_{pl} \cdot x' \cdot \left(h_0 - \frac{x'}{2}\right) = 64407514.839$$

$$M_u := M_u \cdot 10^{-6} = 64.408$$

$M_u = 64.408$   $M_u > M_{op\_max}$   $|M_{op\_max}| = 37.32$

Умова виконана

#### А.1.9 Розрахунок армування нижньої зони плити

$ab' := 2$  Товщина захисного шару бетону нижньої зони плити

$ds' := 1.2$  Діаметр нижньої робочої арматури

$$as' := ab' + \frac{ds'}{2} = 2.6$$

$$h_0' := h_f - as' = 17.4$$

$$\alpha_0 := \frac{|M_{pr\_max}| \cdot 10^3}{R_b \cdot 10^6 \cdot b_{pl} \cdot 10^{-2} \cdot (h_0' \cdot 10^{-2})^2} = 0.05$$

За знайденим  $\alpha_0$  визначаємо  $\xi_{\text{max}} := 0.064$   $\eta' := 0.974$

$$\omega := 0.85 - 0.008 \cdot R_b = 0.726$$

Граничне напруження в арматурі стиснутої зони

$$\xi_y := \frac{\omega}{1 + \frac{R_s}{\sigma_2} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1.1}\right)} = 0.571$$

$$\xi = 0.064 \quad \xi < \xi_y \quad \xi_y = 0.571$$

Умова виконана

$$A_s' := \frac{|M_{pr\_max}| \cdot 10^3 \cdot 10^2 \cdot 10^4}{R_s \cdot 10^6 \cdot h_0' \cdot \eta'} = 3.441$$

Приймаємо:  $A_s' := 6.79$  (6 стержнів діаметром 12мм)  $n' := 7$

#### А.1.10 Перевірка на міцність

$$x' := \frac{R_s \cdot A_s'}{R_b \cdot b_{pl}} = 1.752$$

$$M_u := R_b \cdot 10^3 \cdot b_{pl} \cdot x' \cdot \left(h_0' - \frac{x'}{2}\right) = 44878833.548$$

$$M_u := M_u \cdot 10^{-6} = 44.879$$

$$M_u = 44.879 \quad M_u > M_{pr\_max} \quad |M_{pr\_max}| = 23.325$$

Умова виконана

#### А.1.11 Розрахунок плити на витривалість за згинальним моментом

$$r := \frac{v_{pm} \cdot (A_s + A_s')}{b_{pl}} = 2.927 \quad A_s = 12.72$$

$$S_a := 2 \cdot v_{pm} \cdot \frac{A_s \cdot h_0 + A_s' \cdot a_s'}{b_{pl}} = 59.865$$

$$x' := -r + \sqrt{r^2 + S_a} = 5.346$$

$$I_{red} := \frac{b_{pl} \cdot x'^3}{3} + v_{pm} \cdot A_s \cdot (h_0 - x')^2 + v_{pm} \cdot A_s' \cdot (x' - a_s')^2 = 21158.128$$

$$\sigma_{b\_max} := M'_{op\_max} \cdot \frac{x' \cdot 10^{-2}}{I_{red} \cdot 10^{-8}} \cdot 10^{-3} = -8.02$$

$$\sigma_{b\_min} := M'_{op\_min} \cdot \frac{x' \cdot 10^{-2}}{I_{red} \cdot 10^{-8}} \cdot 10^{-3} = 2.506$$

$$\rho_b := \frac{\sigma_{b\_min}}{\sigma_{b\_max}} \quad \rho_b := 0 \quad \text{Тому, що напруження різних знаків}$$

$$mb1 := 0.6 \cdot \beta_b \cdot \epsilon_b = 0.768$$

$$mb1 \cdot R_b = 11.904$$

$$\frac{|M'_{op\_max}|}{I_{red} \cdot 10^{-8}} \cdot x' \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3} = 8.02$$

$$\frac{|M'_{op\_max}|}{I_{red} \cdot 10^{-8}} \cdot x' \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3} = 8.02 \quad \frac{|M'_{op\_max}|}{I_{red}} \cdot x' < mb1 \cdot R_b \quad mb1 \cdot R_b = 11.904$$

Умова виконана

Перевірка умови міцності арматури плити на витривалість за формулою табл. 3.21 ДБН В.2.3-14:2006

$$n' \cdot \frac{M'_{op\_max}}{I_{red}} \cdot (hf - x' - as) \leq mas1 \cdot R_s$$

$$\sigma_{s\_max} := v_{pm} \cdot M'_{op\_max} \cdot \frac{(hf \cdot 10^{-2} - x' \cdot 10^{-2} - as \cdot 10^{-2})}{I_{red} \cdot 10^{-8}} \cdot 10^{-3} \text{ explicit, ALL} \rightarrow 15 \cdot -31.74$$

$$Sa' := 2 \cdot v_{pm} \cdot \frac{As \cdot as + As' \cdot h_0'}{b_{pl}} = 57.195$$

$$x1' := -r + \sqrt{r^2 + Sa'} = 5.183$$

$$\sigma_{s\_min} := v_{pm} \cdot M'_{op\_min} \cdot \frac{(x1' \cdot 10^{-2} - as' \cdot 10^{-2})}{I_{red} \cdot 10^{-8}} \cdot 10^{-3} = 18.163$$

$$\rho_s := \frac{\sigma_{s\_min}}{\sigma_{s\_max}} = -0.09$$

$$\epsilon_{\rho_s} := 0.515 \quad \text{За табл. 3.15 ДБН В.2.3-14:2006}$$

$$\beta_{\rho_w} := 1 \quad \text{За відсутності зварних з'єднань}$$

$$mas1 := \epsilon_{\rho_s} \cdot \beta_{\rho_w} = 0.515$$

$$mas1 \cdot R_s = 206$$

$$|\sigma_{s\_max}| = 201.509 \quad \sigma_{s\_max} < mas1 \cdot R_s \quad mas1 \cdot R_s \text{ explicit, ALL} \rightarrow 0.515 \cdot 400$$

Умова виконана

#### A.1.12 Розрахунок плити на міцність за поперечною силою

$$Q \leq Q_b + Q_{\gamma w}$$

$$c := h_0 = 14.3$$

$$m := 1.3$$

$$m \cdot R_{bt} \cdot 10^3 \cdot b_{pl} \cdot 10^{-2} \cdot h_0 \cdot 10^{-2} = 204.49$$

$$Q_b := \frac{2 \cdot R_{bt} \cdot 10^3 \cdot b_{pl} \cdot 10^{-2} \cdot (h_0 \cdot 10^{-2})^2}{c \cdot 10^{-2}} = 314.6$$

Оскільки  $Q_b < m \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0$  приймаємо:

$$Q_b := m \cdot R_{bt} \cdot 10^3 \cdot b_{pl} \cdot 10^{-2} \cdot h_0 \cdot 10^{-2} = 204.49$$

$$A_{\gamma w} := A_s \cdot 2 = 25.44$$

$$Q_{\gamma w} := A_{\gamma w} \cdot 1000 \cdot 10^{-2} = 254.4$$

$$Q = 67.153$$

$$Q \leq Q_b + Q_{\gamma w}$$

$$Q_b + Q_{\gamma w} = 458.89$$

Умова виконана

### A.1.13 Розрахунок плити на тріщиноутворення

$$x := \frac{R_s \cdot 10^6 \cdot A_s \cdot 10^{-4}}{R_b \cdot 10^6 \cdot b_{pl} \cdot 10^{-2}} = 0.033$$

$$x' := \frac{R_s \cdot 10^6 \cdot A_s' \cdot 10^{-4}}{R_b \cdot 10^6 \cdot b_{pl} \cdot 10^{-2}} = 0.018$$

$$\sigma_s := \frac{M_{n\_op\_max} \cdot 10^2}{A_s \cdot \left( h_0 - \frac{x \cdot 10^2}{2} \right)} = -12.414$$

$$\sigma_s' := \frac{M_{n\_pr\_max} \cdot 10^2}{A_s' \cdot \left( h_0' - \frac{x' \cdot 10^2}{2} \right)} = 11.135$$

$$A_r := b_{pl} \cdot \left( ab + \frac{ds}{2} + ds \right) = 710$$

$$A_r' := b_{pl} \cdot \left( ab' + \frac{ds'}{2} + ds' \right) = 380$$

$$R_r := \frac{A_r}{\beta \cdot n \cdot ds} = 101.429$$

$$R_r' := \frac{A_r'}{\beta \cdot n' \cdot ds'} = 45.238$$

$$\psi_s := 1.5 \sqrt{R_r} = 15.107$$

$$\psi_s' := 1.5 \sqrt{R_r'} = 10.089$$

$$acr := \frac{|\sigma_s|}{E_s \cdot 10^{-1}} \cdot \psi_s = 0.009$$

$$acr' := \frac{|\sigma_s'|}{E_s \cdot 10^{-1}} \cdot \psi_s' = 0.006$$

УМОВА ВИКОНАНА ЯКЩО:  $acr \leq \Delta_{cr}$   $\Delta_{cr} = 0.02$

## A.2 Розрахунковий прогін 1.8 м

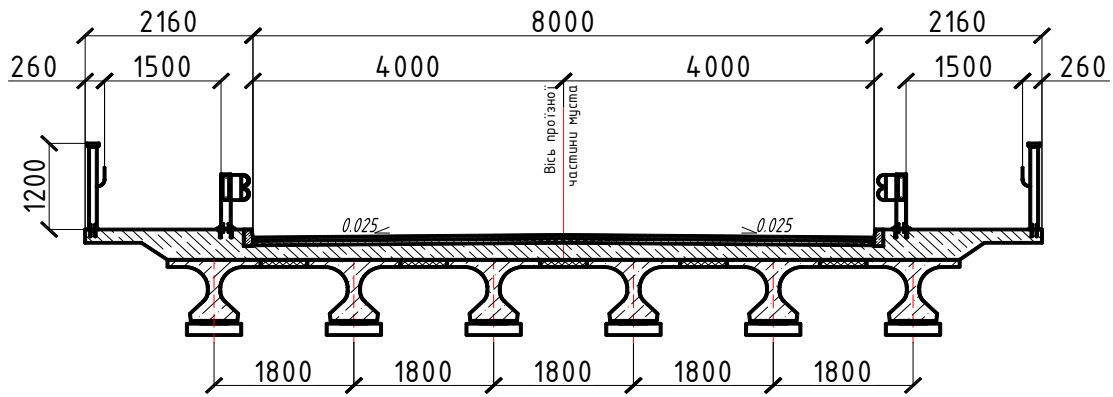
### A.2.1 Вихідні дані

$l_p := 11.36$  Довжина прогонової будови  
 $K := 15$  Клас навантаження  
 $l_p := 1.8$  Розрахунковий прогін плити  
 $b_{pl} := 100$  Ширина перерізу плити  
 $H := 0.12$  Товщина дорожнього одягу  
 $h_f := 20$  Товщина плити  
 $g_n := 7.72$  Нормативне навантаження  
 $g := 11.62$  Розрахункове навантаження  
 $R_s := 400$  Розрахунковий опір арматури розтягненню  
 $R_{bt} := 1.10$  Розрахунковий опір бетону розтягненню  
 $R_b := 15.5$  Розрахунковий опір бетону стисненню  
 $E_s := 2 \cdot 10^5$  Модуль пружності арматури  
 $E_b := 32.5 \cdot 10^{-3}$  Початковий модуль пружності бетону  
 $\rho_b := 19.6$  Питома вага бетону  
 $\rho_{zb} := 24.5$  Питома вага залізобетону  
 $\Delta_{cr} := 0.02$  Допустиме розкриття тріщин  
 $\beta_b := 1.28$  За табл. 3.8 ДБН В.2.3-14:2006  
 $\epsilon_b := 1$  За табл. 3.9 ДБН В.2.3-14:2006  
 $\nu := 0.2$  Коефіцієнт Пуасона для бетону  
 $G_b := 0.4 \cdot E_b$  Модуль зсуву бетону  
 $\gamma_{pm} := 15$  Відношення модулів пружності  $E_s$  і  $E_b$   
 $\beta := 1$  Коефіцієнт, що враховує ступінь зчеплення арматурних елементів з бетоном

Габарит мосту Г-8 м, тротуари по 1,5 м.

Прогонова будова komponується із шести головних балок довжиною 11,36 м з вілстанью між осями рівно 1,8 м.

Мінімальна товщина плити проїздної частини складає 20 см



### A.2.2 Моменти

$$M_{gn} := \frac{gn \cdot lp^2}{8} = 3.127$$

$$M_g := \frac{g \cdot lp^2}{8} = 4.706$$

#### A.2.2 1-й Випадок навантаження

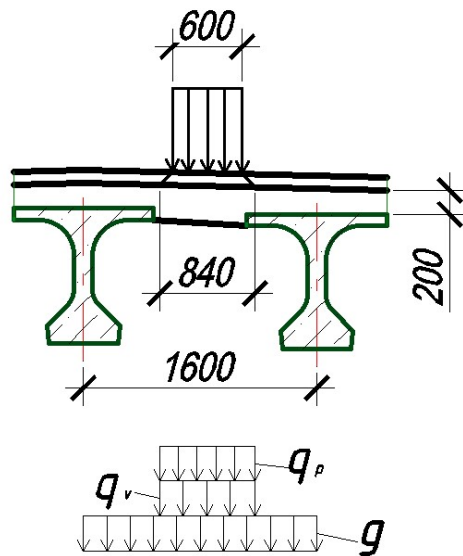


Схема навантаження плити однією смугою АК-15

- $\nu := 0.98 \cdot K = 14.7$  Рівномірно-розподілене навантаження
- $P := 9.81 \cdot K = 147.15$  Навантаження на одну вісь
- $b := 0.6$  Ширина колеса вздовж прогону плити
- $a := 0.2$  Ширина колеса поперек прогону плити

$$b1 := b + 2 \cdot H = 0.84$$

$$a1 := a + 2 \cdot H + \frac{lp}{3} = 1.04$$

$$f(a1) := \begin{cases} a1 & \text{if } a1 \geq \frac{2}{3} \cdot lp \\ \frac{2}{3} \cdot lp & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$a_1 := f(a) = 1.2$$

$$q_v := \frac{\nu}{b_1} \cdot 1 = 8.75$$

$$q_p := \frac{P}{2 \cdot a_1 \cdot b_1} = 72.991$$

$$I_{M_{H0}} := \frac{g_n \cdot l_p^2}{8} + (q_v + q_p) \cdot b_1 \cdot \frac{l_p - 0.5 \cdot b_1}{4} = 26.815$$

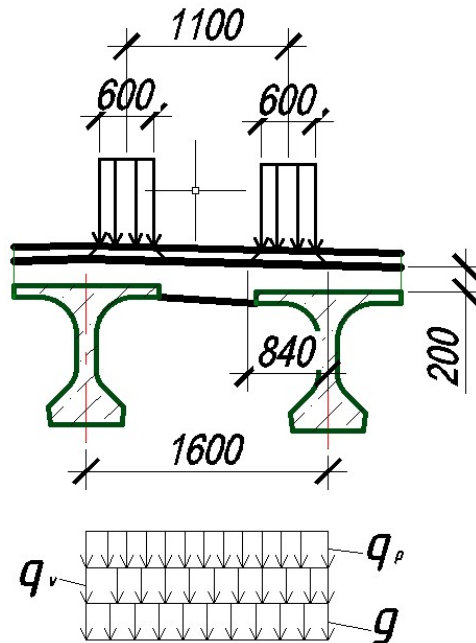
$$\gamma_{fv} := 1.5 \quad \gamma_{fp} := 1.5 \quad \mu := 0.3 \quad (1+\mu)=1.3 \text{ для тандему}$$

$$I_{M_0} := \frac{g \cdot l_p^2}{8} + [q_v \cdot \gamma_{fv} + (1 + \mu) \cdot \gamma_{fp} \cdot q_p] \cdot b_1 \cdot \frac{l_p - 0.5 \cdot b_1}{4} = 49.758$$

$$I_{M_0'} := [(1 + \mu) \cdot \gamma_{fp} \cdot q_p] \cdot b_1 \cdot \frac{l_p - 0.5 \cdot b_1}{4} = 41.248$$

### А.2.3 2-й Випадок навантаження

2-й Випадок завантаження: (В прогоні плити розміщені дві колії навантаження АК-15)



- Схема завантаження плити двома смугами АК-15.

Визначаємо загальну площадку розподілення тиску від двох колій (коліс) шириною

де, - з розрахунку за першим випадком завантаження;  
умова не виконується  $1.94 \leq 1.6$

### А.2.4 3-й Випадок навантаження

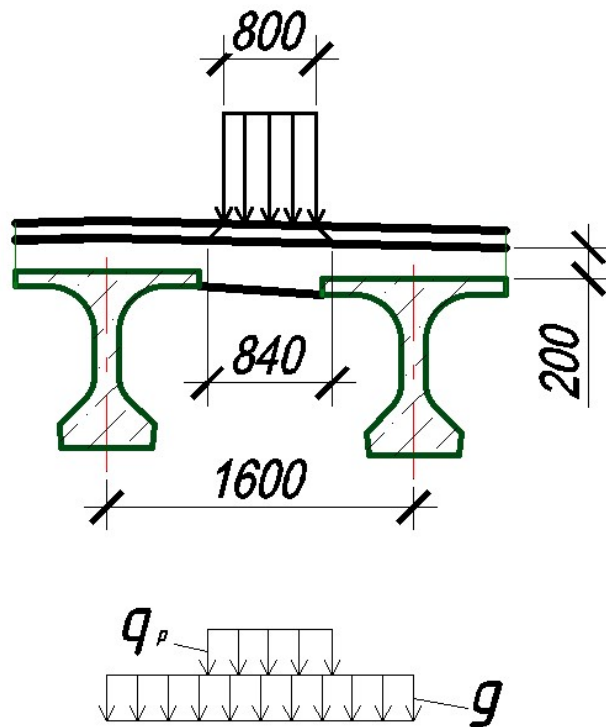


Схема для визначення згинального моменту від навантаження НК-80

$R_{НК} := 200$  Нормативне навантаження на одну вісь

$$a_1 := 3 \cdot 1.2 + a + 2 \cdot H + \frac{l_p}{3} = 4.64$$

$$f(a_1) := \begin{cases} 3 \cdot 1.2 + \frac{2 \cdot l_p}{3} & \text{if } a_1 \leq 3 \cdot 1.2 + \frac{2 \cdot l_p}{3} \\ a_1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$a_1 := f(a_1) = 4.8$$

$$b := 0.8$$

$$b_1 := b + 2 \cdot H = 1.04$$

$$q_p := \frac{4 \cdot \frac{R_{НК}}{2}}{a_1 \cdot b_1} = 80.128$$

$$\gamma_{fp} := 1 \quad \mu := 0 \quad (1+\mu)=1.0 \text{ для НК-80}$$

$$M_0 := \frac{g \cdot l_p^2}{8} + (1 + \mu) \cdot \gamma_{fp} \cdot q_p \cdot b_1 \cdot \frac{l_p - 0.5 \cdot b_1}{4} = 31.373$$

$$\chi_3 := \frac{1 \cdot \left( l_p - \frac{b_1}{2} \right)}{l_p} = 0.711$$

$$\text{III\_Q0} := \frac{g \cdot l_p}{2} + (1 + \mu) \cdot \gamma_{fp} \cdot \frac{4 \cdot \frac{P_{HK}}{2}}{a_1} \cdot y_3 = 69.717$$

Нормативні або розрахункові зусилля	I випадок А-15 (1 колесо)	II випадок А-15 (2 колеса)	III випадок НК-80
M <sub>н0</sub> , КН*м	I_M <sub>н0</sub> = 26.815	II_M <sub>н0</sub> =	III_M <sub>н0</sub> =
M <sub>0</sub> , КН*м	I_M <sub>0</sub> = 49.758	II_M <sub>0</sub> =	III_M <sub>0</sub> = 31.373
M <sub>gn</sub> , КН*м	M <sub>gn</sub> = 3.127	M <sub>gn</sub> = 3.127	M <sub>gn</sub> = 3.127
M <sub>g</sub> , КН*м	M <sub>g</sub> = 4.706	M <sub>g</sub> = 4.706	M <sub>g</sub> = 4.706
Q <sub>0</sub> , КН	I_Q <sub>0</sub> := ■	II_Q <sub>0</sub> := ■	III_Q <sub>0</sub> = 69.717

Отже приймаємо:

$$M_{0H} := I_{M_{н0}} = 26.815 \quad M_0 := I_{M_0} = 49.758 \quad M_{0'} := I_{M_{0'}} = 41.248 \quad Q_0 := III_{Q_0} = 69.717$$

#### A.2.5 Поправочні коефіцієнти

$$I_k := \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{l_p \cdot 10^2}{hf} - 0.63 \right) \cdot hf^4 = 4.464 \times 10^5$$

$$D := \frac{E_b \cdot hf^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \quad D := 694 \cdot E_b$$

$$n_1 := 0.001 \cdot \frac{D \cdot l_p^3}{G_b \cdot I_k} \quad n_1 := 0.001 \cdot \frac{694 \cdot E_b \cdot l_p^3}{0.42 \cdot E_b \cdot I_k} \quad n_1 := 0.001 \cdot \frac{694 \cdot (l_p \cdot 10^2)^3}{0.42 \cdot I_k} = 21.588$$

При  $n=21.58 < 30$ :

$$M_{op} = -0.8 \cdot M_0 \text{ та } M_{op} = +0.25 \cdot M_0$$

$$M_{np} = +0.5 \cdot M_0 \text{ та } M_{np} = -0.25 \cdot M_0$$

Біля опори:

$$M_{n\_op\_max} := -0.8 \cdot M_{0H} = -21.452$$

$$M_{n\_op\_min} := 0.25 \cdot M_{0H} = 6.704$$

$$M_{op\_max} := -0.8 \cdot M_0 = -39.806$$

$$M_{op\_min} := 0.25 \cdot M_0 = 12.439$$

$$M'_{op\_max} := -0.8 \cdot M_{0'} = -32.998$$

$$M'_{op\_min} := 0.25 \cdot M_{0'} = 10.312$$

$$Q := Q_0 = 69.717$$

В середині прольоту:

$$M_{n\_pr\_max} := 0.5 \cdot M_{0H} = 13.408$$

$$M_{pr\_min} := -0.25 \cdot M_{0H} = -6.704$$

$$M_{pr\_max} := 0.5 \cdot M_0 = 24.879$$

$$M_{pr\_min}' := -0.25 \cdot M_0' = -12.439$$

$$M_{pr\_max}' := 0.5 \cdot M_0' = 20.624$$

$$M_{pr\_min}'' := -0.25 \cdot M_0'' = -10.312$$

### A.2.6 Підбір перерізу плити

$$\mu := 0.009 \quad d_s := 1.4$$

$$\xi := \mu \cdot \frac{R_s}{R_b} = 0.232$$

$$\zeta := 1 - 0.5\xi = 0.884$$

$$h_0 := \sqrt{\frac{|M_{op\_max}| \cdot 10^2}{R_b \cdot 10^{-1} \cdot b_{pl} \cdot \xi \cdot \zeta}} = 11.185$$

$$h_f := h_0 + 0.5 \cdot d_s + 3 = 14.885$$

Приймаємо:  $h_f := 20$

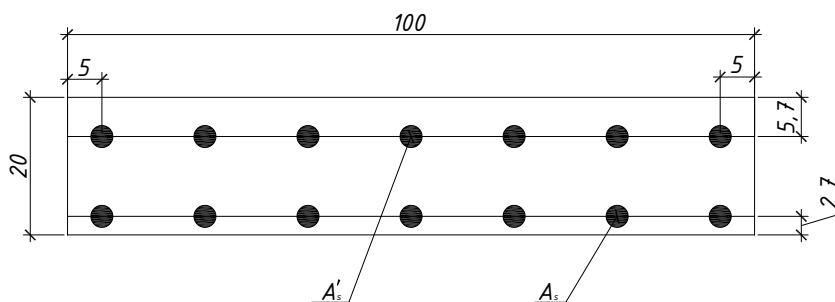
### A.2.7 Розрахунок армування верхньої зони плити

$$a_b := 5 \quad \text{Товщина захисного шару бетону верхньої зони плити}$$

$$d_s := 1.8 \quad \text{Діаметр верхньої робочої арматури}$$

$$a_s := a_b + \frac{d_s}{2} = 5.9$$

$$h_0 := h_f - a_s = 14.1$$



Поперечний переріз плити проїзної частини.

$$\alpha_0 := \frac{|M_{op\_max}| \cdot 10^3}{R_b \cdot 10^6 \cdot b_{pl} \cdot 10^{-2} \cdot (h_0 \cdot 10^{-2})^2} = 0.129$$

За знайденим  $\alpha_0$  визначаємо  $\xi := 0.118$   $\eta_1 := 0.941$

$$\omega := 0.85 - 0.008 \cdot R_b = 0.726$$

$$\sigma_2 := 500 \quad \text{Граничне напруження в арматурі стиснутої зони}$$

$$\xi_y := \frac{\omega}{1 + \frac{R_s}{\sigma_2} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1.1}\right)} = 0.571$$

$$\xi = 0.118 \quad \xi < \xi_y \quad \xi_y = 0.571$$

Умова виконана

$$A_s := \frac{|M_{op\_max}| \cdot 10^3 \cdot 10^2 \cdot 10^4}{R_s \cdot 10^6 \cdot h_0 \cdot \eta_1} = 7.5$$

Приймаємо:  $A_s := 14.07$  (7 стержнів діаметром 16мм)  $n := 7$

### A.2.8 Перевірка на міцність

$$x' := \frac{R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b_{pl}} = 3.631$$

$$M_u := R_b \cdot 10^3 \cdot b_{pl} \cdot x' \cdot \left(h_0 - \frac{x'}{2}\right) = 6.914 \times 10^7$$

$$M_u := M_u \cdot 10^{-6} = 69.137$$

$$M_u = 69.137 \quad M_u > M_{op\_max} \quad |M_{op\_max}| = 39.806$$

Умова виконана

### A.2.9 Розрахунок армування нижньої зони плити

$$a_{b'} := 2 \quad \text{Товщина захисного шару бетону нижньої зони плити}$$

$$d_{s'} := 1.2 \quad \text{Діаметр нижньої робочої арматури}$$

$$a_{s'} := a_{b'} + \frac{d_{s'}}{2} = 2.6$$

$$h_0' := h_f - a_{s'} = 17.4$$

$$\alpha_0 := \frac{|M_{pr\_max}| \cdot 10^3}{R_b \cdot 10^6 \cdot b_{pl} \cdot 10^{-2} \cdot (h_0' \cdot 10^{-2})^2} = 0.053$$

За знайденим  $\alpha_0$  визначаємо  $\xi := 0.49$   $\eta' := 0.976$

$$\omega := 0.85 - 0.008 \cdot R_b = 0.726$$

Граничне напруження в арматурі стиснутої зони

$$\xi_y := \frac{\omega}{1 + \frac{R_s}{\sigma_2} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1.1}\right)} = 0.571$$

$$\xi = 0.49 \quad \xi < \xi_y \quad \xi_y = 0.571$$

Умова виконана

$$A_{s'} := \frac{|M_{pr\_max}| \cdot 10^3 \cdot 10^2 \cdot 10^4}{R_s \cdot 10^6 \cdot h_0' \cdot \eta'} = 3.662$$

Приймаємо:  $A_{s'} := 7.92$  (7 стержнів діаметром 12мм)  $n' := 7$

### A.2.10 Перевірка на міцність

$$x' := \frac{R_s \cdot A_{s'}}{R_b \cdot b_{pl}} = 2.044$$

$$M_u := R_b \cdot 10^3 \cdot b_{pl} \cdot x' \cdot \left( h_0' - \frac{x'}{2} \right) = 5.189 \times 10^7$$

$$M_u := M_u \cdot 10^{-6} = 51.886$$

$$M_u = 51.886$$

$$M_u > M_{pr\_max} \quad |M_{pr\_max}| = 24.879$$

Умова виконана

### A.2.11 Розрахунок плити на витривалість за згинальним моментом

$$r_w := \frac{v_{pm} \cdot (A_s + A_{s'})}{b_{pl}} = 3.299$$

$$S_a := 2 \cdot v_{pm} \cdot \frac{A_s \cdot h_0 + A_{s'} \cdot a_{s'}}{b_{pl}} = 65.694$$

$$x' := -r + \sqrt{r^2 + S_a} = 5.452$$

$$I_{red} := \frac{b_{pl} \cdot x'^3}{3} + v_{pm} \cdot A_s \cdot (h_0 - x')^2 + v_{pm} \cdot A_{s'} \cdot (x' - a_{s'})^2 = 22152.192$$

$$\sigma_{b\_max} := M'_{op\_max} \cdot \frac{x' \cdot 10^{-2}}{I_{red} \cdot 10^{-8}} \cdot 10^{-3} = -8.122$$

$$\sigma_{b\_min} := M'_{op\_min} \cdot \frac{x' \cdot 10^{-2}}{I_{red} \cdot 10^{-8}} \cdot 10^{-3} = 2.538$$

$$\rho_b := \frac{\sigma_{b\_min}}{\sigma_{b\_max}} \quad \rho_b := 0 \quad \text{Тому, що напруження різних знаків}$$

$$m_{b1} := 0.6 \cdot \beta_b \cdot \epsilon_b = 0.768$$

$$m_{b1} \cdot R_b = 11.904$$

$$\frac{|M'_{op\_max}|}{I_{red} \cdot 10^{-8}} \cdot x' \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3} = 8.122$$

$$\frac{|M'_{op\_max}|}{I_{red} \cdot 10^{-8}} \cdot x' \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3} = 8.122 \quad \frac{|M'_{op\_max}|}{I_{red}} \cdot x' < mb1 \cdot R_b \quad mb1 \cdot R_b = 11.904$$

Умова виконана

Перевірка умови міцності арматури плити на витривалість за формулою табл. 3.21 ДБН В.2.3-14:2006

$$n' \cdot \frac{M'_{op\_max}}{I_{red}} \cdot (hf - x' - as) \leq mas1 \cdot R_s$$

$$\sigma_{s\_max} := v_{pm} \cdot M'_{op\_max} \cdot \frac{(hf \cdot 10^{-2} - x' \cdot 10^{-2} - as \cdot 10^{-2})}{I_{red} \cdot 10^{-8}} \cdot 10^{-3} = -193.23$$

$$S_{a'} := 2 \cdot v_{pm} \cdot \frac{A_s \cdot as + A_{s'} \cdot h_0'}{b_{pl}} = 66.246$$

$$x_1' := -r + \sqrt{r^2 + S_{a'}} = 5.484$$

$$\sigma_{s\_min} := v_{pm} \cdot M'_{op\_min} \cdot \frac{(x_1' \cdot 10^{-2} - as' \cdot 10^{-2})}{I_{red} \cdot 10^{-8}} \cdot 10^{-3} = 20.135$$

$$\rho_s := \frac{\sigma_{s\_min}}{\sigma_{s\_max}} = -0.104$$

$$\epsilon_{\rho s} := 0.515 \quad \text{За табл. 3.15 ДБН В.2.3-14:2006}$$

$$\beta_{\rho w} := 1 \quad \text{За відсутності зварних з'єднань}$$

$$mas1 := \epsilon_{\rho s} \cdot \beta_{\rho w} = 0.515$$

$$mas1 \cdot R_s = 206$$

$$\sigma_{s\_max} = -193.23 \quad \sigma_{s\_max} < mas1 \cdot R_s \quad mas1 \cdot R_s = 206$$

Умова не виконана

## A2.12 Розрахунок плити на міцність за поперечною силою

$$Q \leq Q_b + Q_{\gamma w}$$

$$c := h_0 = 14.1$$

$$m := 1.3$$

$$m \cdot R_{bt} \cdot 10^3 \cdot b_{pl} \cdot 10^{-2} \cdot h_0 \cdot 10^{-2} = 201.63$$

$$Q_b := \frac{2 \cdot R_{bt} \cdot 10^3 \cdot b_{pl} \cdot 10^{-2} \cdot (h_0 \cdot 10^{-2})^2}{c \cdot 10^{-2}} = 310.2$$

Оскільки  $Q_b < m \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0$  приймаємо:

$$Q_b := m \cdot R_{bt} \cdot 10^3 \cdot b_{pl} \cdot 10^{-2} \cdot h_0 \cdot 10^{-2} = 201.63$$

$$A_{\gamma w} := A_s \cdot 2 = 28.14$$

$$Q_{\gamma w} := A_{\gamma w} \cdot 1000 \cdot 10^{-2} = 281.4$$

$$Q = 69.717$$

$$Q \leq Q_b + Q_{\gamma w}$$

$$Q_b + Q_{\gamma w} = 483.03$$

Умова виконана

### A2.13 Розрахунок плити на тріщиностійкість

$$x := \frac{R_s \cdot 10^6 \cdot A_s \cdot 10^{-4}}{R_b \cdot 10^6 \cdot b_{pl} \cdot 10^{-2}} = 0.036$$

$$x' := \frac{R_s \cdot 10^6 \cdot A_s' \cdot 10^{-4}}{R_b \cdot 10^6 \cdot b_{pl} \cdot 10^{-2}} = 0.02$$

$$\sigma_s := \frac{M_{n\_op\_max} \cdot 10^2}{A_s \cdot \left( h_0 - \frac{x \cdot 10^2}{2} \right)} = -12.411$$

$$\sigma_s' := \frac{M_{n\_pr\_max} \cdot 10^2}{A_s' \cdot \left( h_0' - \frac{x' \cdot 10^2}{2} \right)} = 10.336$$

$$A_r := b_{pl} \cdot \left( ab + \frac{ds}{2} + ds \right) = 770$$

$$A_r' := b_{pl} \cdot \left( ab' + \frac{ds'}{2} + ds' \right) = 380$$

$$R_r := \frac{A_r}{\beta \cdot n \cdot ds} = 61.111$$

$$R_r' := \frac{A_r'}{\beta \cdot v_{pm} \cdot ds'} = 21.111$$

$$\psi_s := 1.5 \sqrt{R_r} = 11.726$$

$$\psi_s' := 1.5 \sqrt{R_r'} = 6.892$$

$$a_{cr} := \frac{|\sigma_s|}{E_s \cdot 10^{-1}} \cdot \psi_s = 0.007$$

$$a_{cr}' := \frac{|\sigma_s'|}{E_s \cdot 10^{-1}} \cdot \psi_s' = 0.004$$

УМОВА ВИКОНАНА ЯКЩО:

$$a_{cr} \leq \Delta_{cr}$$

$$\Delta_{cr} = 0.02$$

### А.3 Розрахунковий прогін 2.0 м

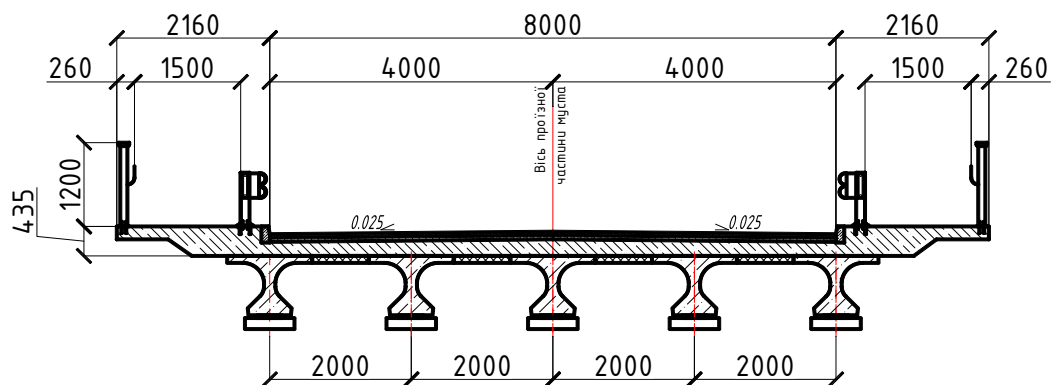
#### А.3.1 Вихідні дані

- $L_p := 11.36$  Довжина прогонової будови  
 $K := 15$  Клас навантаження  
 $l_p := 2.0$  Розрахунковий прогін плити  
 $b_{pl} := 100$  Ширина перерізу плити  
 $H := 0.12$  Товщина дорожнього одягу  
 $h_f := 20$  Товщина плити  
 $g_n := 7.72$  Нормативне навантаження  
 $g := 11.62$  Розрахункове навантаження  
 $R_s := 400$  Розрахунковий опір арматури розтягненню  
 $R_{bt} := 1.10$  Розрахунковий опір бетону розтягненню  
 $R_b := 15.5$  Розрахунковий опір бетону стисненню  
 $E_s := 2 \cdot 10^5$  Модуль пружності арматури  
 $E_b := 32.5 \cdot 10^{-3}$  Початковий модуль пружності бетону  
 $\gamma_b := 19.6$  Питома вага бетону  
 $\gamma_{zb} := 24.5$  Питома вага залізобетону  
 $\Delta_{cr} := 0.02$  Допустиме розкриття тріщин  
 $\beta_b := 1.28$  За табл. 3.8 ДБН В.2.3-14:2006  
 $\epsilon_b := 1$  За табл. 3.9 ДБН В.2.3-14:2006  
 $\nu := 0.2$  Коефіцієнт Пуасона для бетону  
 $G_b := 0.4 \cdot E_b$  Модуль зсуву бетону  
 $\nu_{mp} := 15$  Відношення модулів пружності  $E_s$  і  $E_b$   
 $\beta := 1$  Коефіцієнт, що враховує ступінь зчеплення арматурних елементів з бетоном

Габарит мосту Г-8 м, тротуари по 1,5 м.

Прогонова будова компонується із шести головних балок довжиною 11,36 м з відстанню між осями рівно 2,0 м.

Мінімальна товщина плити проїздної частини складає 20 см



### A.3.2 Моменти

$$\underline{M_{gn}} := \frac{g_n \cdot l_p^2}{8} = 3.86$$

$$\underline{M_g} := \frac{g \cdot l_p^2}{8} = 5.81$$

#### A.3.2 1-й Випадок навантаження

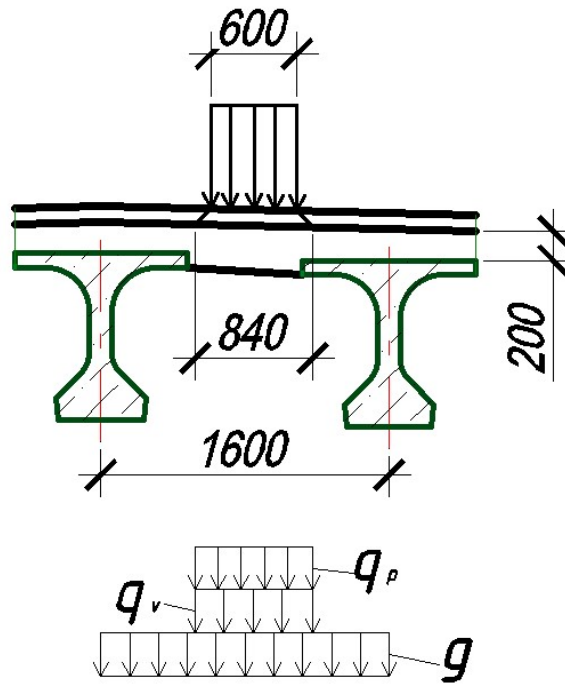


Схема навантаження плити однією смугою АК-15

$$\underline{\nu} := 0.98 \cdot K = 14.7$$

$$\underline{P} := 9.81 \cdot K = 147.15$$

$$\underline{b} := 0.6$$

$$\underline{a} := 0.2$$

$$\underline{b1} := b + 2 \cdot H = 0.84$$

$$\underline{a1} := a + 2 \cdot H + \frac{l_p}{3} = 1.107$$

$$\underline{f(a1)} := \begin{cases} a1 & \text{if } a1 \geq \frac{2}{3} \cdot l_p \\ \frac{2}{3} \cdot l_p & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\underline{a1} := f(a1) = 1.333$$

$$\underline{q_v} := \frac{\nu}{b1} \cdot 1 = 8.75$$

Рівномірно-розподілене навантаження  
 Навантаження на одну вісь  
 Ширина колеса вздовж прогону плити  
 Ширина колеса поперек прогону плити

$$q_p := \frac{P}{2 \cdot a_1 \cdot b_1} = 65.692$$

$$I_{M_{H0}} := \frac{g_n \cdot l_p^2}{8} + (q_v + q_p) \cdot b_1 \cdot \frac{l_p - 0.5 \cdot b_1}{4} = 28.56$$

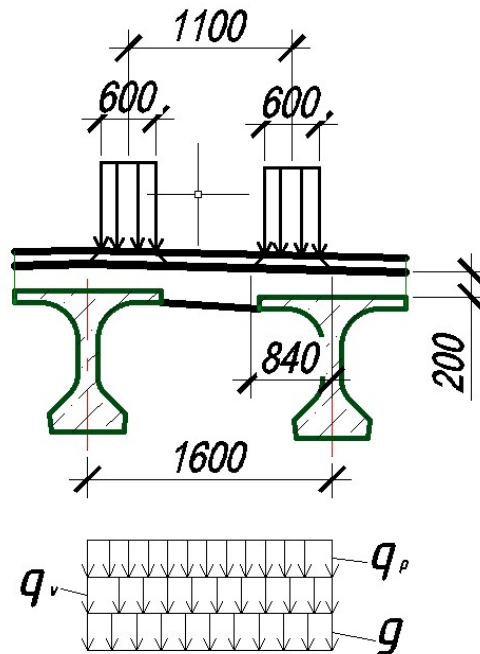
$$\gamma_{fv} := 1.5 \quad \gamma_{fp} := 1.5 \quad \mu := 0.3 \quad (1+\mu)=1.3 \text{ для тандему}$$

$$I_{M_0} := \frac{g \cdot l_p^2}{8} + [q_v \cdot \gamma_{fv} + (1 + \mu) \cdot \gamma_{fp} \cdot q_p] \cdot b_1 \cdot \frac{l_p - 0.5 \cdot b_1}{4} = 52.668$$

$$I_{M_0'} := [(1 + \mu) \cdot \gamma_{fp} \cdot q_p] \cdot b_1 \cdot \frac{l_p - 0.5 \cdot b_1}{4} = 42.503$$

### А.3.3 2-й Випадок навантаження

2-й Випадок завантаження: (В прогоні плити розміщені дві колії навантаження АК-15)



- Схема завантаження плити двома смугами АК-15.

$$b_2 := 1.1 + b_1 = 1.94$$

$$b_2 = 1.94$$

$$b_2 \leq l_p$$

$$l_p = 2$$

$$q_v := \frac{2 \cdot \nu}{b_2} = 7.577$$

$$q_p := \frac{P}{a_1 \cdot b_2} = 56.888$$

$$\Pi_{Mн0} := \frac{g_n \cdot l_p^2}{8} + (q_v + q_p) \cdot b_2 \cdot \frac{l_p - 0.5 \cdot b_2}{4} = 36.064$$

$$\Pi_{M0} := \frac{g \cdot l_p^2}{8} + [q_v \cdot \gamma_{fv} + (1 + \mu) \cdot \gamma_{fp} \cdot q_p] \cdot b_2 \cdot \frac{l_p - 0.5 \cdot b_2}{4} = 66.904$$

$$a_{op} := a + 2 \cdot H = 0.44 \quad a_{op} < \frac{l_p}{3} \quad \frac{l_p}{3} = 0.667$$

$$y_1 := \frac{1 \cdot \left( l_p - \frac{b_1}{2} \right)}{l_p} = 0.79$$

$$y_2 := \frac{1 \cdot \left( l_p - \frac{b_1}{2} - 1.1 \right)}{l_p} = 0.24$$

$$\Pi_{Q0} := \frac{g \cdot l_p}{2} + \gamma_{fv} \cdot \frac{v}{2} \cdot (y_1 + y_2) + (1 + \mu) \cdot \gamma_{fp} \cdot \frac{P}{2} \cdot \frac{y_1 + y_2}{a_1} = 133.807$$

#### А.3.4 3-й Випадок навантаження

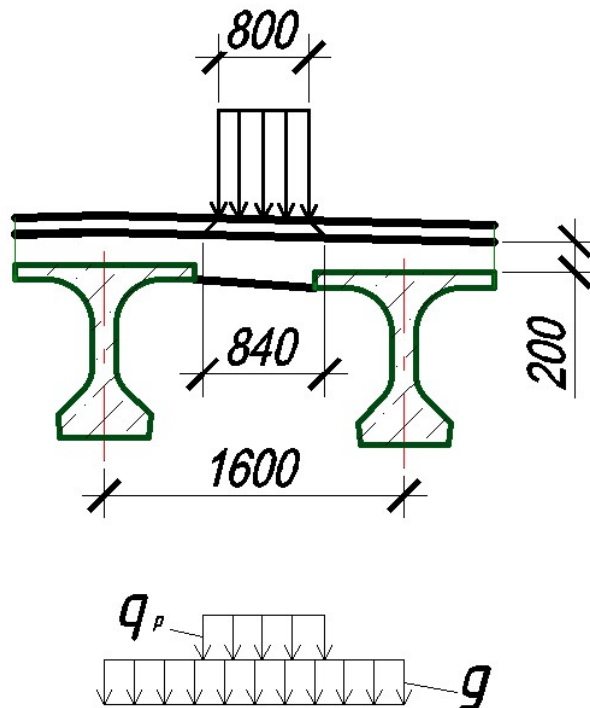


Схема для визначення згинального моменту від навантаження НК-80

$R_{НК} := 200$  Нормативне навантаження на одну вісь

$$a1 := 3 \cdot 1.2 + a + 2 \cdot H + \frac{lp}{3} = 4.707$$

$$f(a1) := \begin{cases} 3 \cdot 1.2 + \frac{2 \cdot lp}{3} & \text{if } a1 \leq 3 \cdot 1.2 + \frac{2 \cdot lp}{3} \\ a1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$a1 := f(a1) = 4.933$$

$$b := 0.8$$

$$b1 := b + 2 \cdot H = 1.04$$

$$qp := \frac{4 \cdot \frac{P_{HK}}{2}}{a1 \cdot b1} = 77.963$$

$$\gamma_{fp} := 1 \quad \mu := 0 \quad (1+\mu)=1.0 \text{ для НК-80}$$

$$III\_M0 := \frac{g \cdot lp^2}{8} + (1 + \mu) \cdot \gamma_{fp} \cdot qp \cdot b1 \cdot \frac{lp - 0.5 \cdot b1}{4} = 35.81$$

$$y3 := \frac{1 \cdot \left( lp - \frac{b1}{2} \right)}{lp} = 0.74$$

$$III\_Q0 := \frac{g \cdot lp}{2} + (1 + \mu) \cdot \gamma_{fp} \cdot \frac{4 \cdot \frac{P_{HK}}{2}}{a1} \cdot y3 = 71.62$$

Нормативні або розрахункові зусилля	I випадок А-15 (1 колесо)	II випадок А-15 (2 колеса)	III випадок НК-80
M <sub>н0</sub> , кН*м	I_M <sub>н0</sub> = 28.56	II_M <sub>н0</sub> = 36.064	III_M <sub>н0</sub> =
M <sub>0</sub> , кН*м	I_M <sub>0</sub> = 52.668	II_M <sub>0</sub> = 66.904	III_M <sub>0</sub> = 35.81
M <sub>gn</sub> , кН*м	M <sub>gn</sub> = 3.86	M <sub>gn</sub> = 3.86	M <sub>gn</sub> = 3.86
M <sub>g</sub> , кН*м	M <sub>g</sub> = 5.81	M <sub>g</sub> = 5.81	M <sub>g</sub> = 5.81
Q <sub>0</sub> , кН	I_Q <sub>0</sub> := ■	II_Q <sub>0</sub> = 133.807	III_Q <sub>0</sub> = 71.62

Отже приймаємо:

$$M_{0H} := II\_M_{н0} = 36.064 \quad M_0 := II\_M_0 = 66.904 \quad M_0' := I\_M_0' = 42.503 \quad Q_0 := II\_Q_0 = 133.807$$

### А.3.5 Поправочні коефіцієнти

$$I_k := \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{lp \cdot 10^2}{hf} - 0.63 \right) \cdot hf^4 = 4.997 \times 10^5$$

$$D := \frac{E_b \cdot h_f^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \quad D := 694 \cdot E_b$$

$$n1 := 0.001 \cdot \frac{D \cdot l_p^3}{G_b \cdot I_k} \quad n1 := 0.001 \cdot \frac{694 \cdot E_b \cdot l_p^3}{0.42 \cdot E_b \cdot I_k} \quad n1 := 0.001 \cdot \frac{694 \cdot (l_p \cdot 10^2)^3}{0.42 \cdot I_k} = 26.452$$

При  
 $n=26.452 < 30$ :

$$M_{op} = -0.8 \cdot M_0 \text{ та } M_{op} = +0.25 \cdot M_0$$

$$M_{np} = +0.5 \cdot M_0 \text{ та } M_{np} = -0.25 \cdot M_0$$

Біля опори:

$$M_{n, op, max} := -0.8 \cdot M_{0H} = -28.851$$

$$M_{n, op, min} := 0.25 \cdot M_{0H} = 9.016$$

$$M_{op, max} := -0.8 \cdot M_0 = -53.523$$

$$M_{op, min} := 0.25 \cdot M_0 = 16.726$$

$$M'_{op, max} := -0.8 \cdot M_0' = -34.003$$

$$M'_{op, min} := 0.25 \cdot M_0' = 10.626$$

$$Q := Q_0 = 133.807$$

В середині прольоту:

$$M_{n, pr, max} := 0.5 \cdot M_{0H} = 18.032$$

$$M_{n, pr, min} := -0.25 \cdot M_{0H} = -9.016$$

$$M_{pr, max} := 0.5 \cdot M_0 = 33.452$$

$$M_{pr, min} := -0.25 \cdot M_0 = -16.726$$

$$M'_{pr, max} := 0.5 \cdot M_0' = 21.252$$

$$M'_{pr, min} := -0.25 \cdot M_0' = -10.626$$

### А.3.6 Підбір перерізу плити

$$\mu := 0.009 \quad d_s := 1.4$$

$$\xi := \mu \cdot \frac{R_s}{R_b} = 0.232$$

$$\zeta := 1 - 0.5\xi = 0.884$$

$$h_0 := \sqrt{\frac{|M_{op, max}| \cdot 10^2}{R_b \cdot 10^{-1} \cdot b_{pl} \cdot \xi \cdot \zeta}} = 12.97$$

$$h_f := h_0 + 0.5 \cdot d_s + 3 = 16.67$$

Приймаємо:  $h_f := 20$

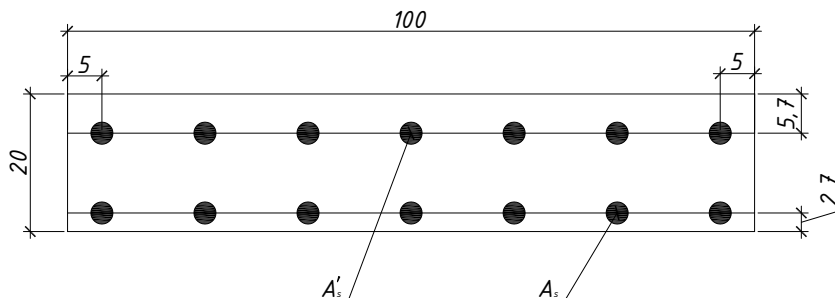
### А.3.7 Розрахунок армування верхньої зони плити

$a_b := 5$  Товщина захисного шару бетону верхньої зони плити

$d_s := 1.8$  Діаметр верхньої робочої арматури

$$a_s := ab + \frac{ds}{2} = 5.9$$

$$h_0 := hf - a_s = 14.1$$



Поперечний переріз плити проїзної частини.

$$\alpha_0 := \frac{|M_{op\_max}| \cdot 10^3}{R_b \cdot 10^6 \cdot b_{pl} \cdot 10^{-2} \cdot (h_0 \cdot 10^{-2})^2} = 0.174$$

За знайденим  $\alpha_0$  визначаємо  $\xi := 0.164$   $\eta_1 := 0.918$

$$\omega := 0.85 - 0.008 \cdot R_b = 0.726$$

$\sigma_2 := 500$       Граничне напруження в арматурі стиснутої зони

$$\xi_y := \frac{\omega}{1 + \frac{R_s}{\sigma_2} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1.1}\right)} = 0.571$$

$\xi = 0.164$      $\xi < \xi_y$      $\xi_y = 0.571$       Умова виконана

$$A_s := \frac{|M_{op\_max}| \cdot 10^3 \cdot 10^2 \cdot 10^4}{R_s \cdot 10^6 \cdot h_0 \cdot \eta_1} = 10.338$$

Приймаємо:  $A_s := 18.85$  (6 стержнів діаметром 20 мм)  $n := 7$

### А.3.8 Перевірка на міцність

$$x' := \frac{R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b_{pl}} = 4.865$$

$$\underline{M_u} := R_b \cdot 10^3 \cdot b_{pl} \cdot x' \cdot \left( h_0 - \frac{x'}{2} \right) = 8.797 \times 10^7$$

$$\underline{M_u} := M_u \cdot 10^{-6} = 87.975$$

$$M_u = 87.975 \quad M_u > M_{pr\_max} \quad |M_{pr\_max}| = 53.523$$

Умова виконана

### А.3.9 Розрахунок армування нижньої зони плити

$$\underline{a_b'} := 2 \quad \text{Товщина захисного шару бетону нижньої зони плити}$$

$$\underline{d_s'} := 1.2 \quad \text{Діаметр нижньої робочої арматури}$$

$$\underline{a_s'} := a_b' + \frac{d_s'}{2} = 2.6$$

$$\underline{h_0'} := h_f - a_s' = 17.4$$

$$\underline{\alpha_0} := \frac{|M_{pr\_max}| \cdot 10^3}{R_b \cdot 10^6 \cdot b_{pl} \cdot 10^{-2} \cdot (h_0' \cdot 10^{-2})^2}$$

$$\text{За знайденим } \alpha_0 \text{ визначаємо} \quad \underline{\xi} := 0.066 \quad \underline{\eta}' := 0.967$$

$$\underline{\omega} := 0.85 - 0.008 \cdot R_b = 0.726$$

Граничне напруження в арматурі стиснутої зони

$$\underline{\xi_y} := \frac{\omega}{1 + \frac{R_s}{\sigma_2} \cdot \left( 1 - \frac{\omega}{1.1} \right)} = 0.571$$

$$\xi = 0.066 \quad \xi < \xi_y \quad \xi_y = 0.571$$

Умова виконана

$$\underline{A_s'} := \frac{|M_{pr\_max}| \cdot 10^3 \cdot 10^2 \cdot 10^4}{R_s \cdot 10^6 \cdot h_0' \cdot \eta'} = 4.97$$

$$\text{Приймаємо:} \quad \underline{A_s'} := 7.92 \quad (7 \text{ стержнів діаметром } 12\text{мм}) \quad \underline{n}' := 7$$

### А.3.10 Перевірка на міцність

$$\underline{x'} := \frac{R_s \cdot A_s'}{R_b \cdot b_{pl}} = 2.044$$

$$\underline{M_u} := R_b \cdot 10^3 \cdot b_{pl} \cdot x' \cdot \left( h_0' - \frac{x'}{2} \right) = 5.189 \times 10^7$$

$$\underline{M_u} := M_u \cdot 10^{-6} = 51.886$$

$$M_u = 51.886 \quad M_u > M_{pr\_max} \quad |M_{pr\_max}| = 33.452$$

Умова виконана

### A3.11 Розрахунок плити на витривалість за згинальним моментом

$$r := \frac{vmp \cdot (As + As')}{bpl} = 4.016$$

$$Sa := 2 \cdot vmp \cdot \frac{As \cdot h0 + As' \cdot as'}{bpl} = 85.913$$

$$x' := -r + \sqrt{r^2 + Sa} = 6.086$$

$$Ired := \frac{bpl \cdot x'^3}{3} + vmp \cdot As \cdot (h0 - x')^2 + vmp \cdot As' \cdot (x' - as')^2 = 27117.131$$

$$\sigma_{b\_max} := M'op\_max \cdot \frac{x' \cdot 10^{-2}}{Ired \cdot 10^{-8}} \cdot 10^{-3} = -7.631$$

$$\sigma_{b\_min} := M'op\_min \cdot \frac{x' \cdot 10^{-2}}{Ired \cdot 10^{-8}} \cdot 10^{-3} = 2.385$$

$$\rho_b := \frac{\sigma_{b\_min}}{\sigma_{b\_max}} \quad \rho_b := 0 \quad \text{Тому, що напруження різних знаків}$$

$$mb1 := 0.6 \cdot \beta_b \cdot \epsilon_b = 0.768$$

$$mb1 \cdot R_b = 11.904$$

$$\frac{|M'op\_max|}{Ired \cdot 10^{-8}} \cdot x' \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3} = 7.631$$

$$\frac{|M'op\_max|}{Ired \cdot 10^{-8}} \cdot x' \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3} = 7.631 \quad \frac{|M'op\_max|}{Ired} \cdot x' < mb1 \cdot R_b \quad mb1 \cdot R_b = 11.904$$

Умова виконана

Перевірка умови міцності арматури плити на витривалість за формулою табл. 3.21 ДБН В.2.3-14:2006

$$n' \cdot \frac{M'op\_max}{Ired} \cdot (hf - x' - as) \leq mas1 \cdot R_s$$

$$\sigma_{s\_max} := vmp \cdot M'op\_max \cdot \frac{(hf \cdot 10^{-2} - x' \cdot 10^{-2} - as \cdot 10^{-2})}{Ired \cdot 10^{-8}} \cdot 10^{-3} = -150.736$$

$$Sa' := 2 \cdot vmp \cdot \frac{As \cdot as + As' \cdot h0'}{bpl} = 74.707$$

$$x1' := -r + \sqrt{r^2 + Sa'} = 5.515$$

$$\sigma_{s\_min} := vmp \cdot M'op\_min \cdot \frac{(x1' \cdot 10^{-2} - as' \cdot 10^{-2})}{Ired \cdot 10^{-8}} \cdot 10^{-3} = 17.134$$

$$\rho_s := \frac{\sigma_{s\_min}}{\sigma_{s\_max}} = -0.114$$

$$\epsilon_{ps} := 0.517 \quad \text{За табл. 3.15 ДБН В.2.3-14:2006}$$

$$\beta_{pw} := 1 \quad \text{За відсутності зварних з'єднань}$$

$$mas1 := \epsilon_{ps} \cdot \beta_{pw} = 0.517$$

$$mas1 \cdot Rs = 206.8$$

$$|\sigma_{s\_max}| = 150.736 \quad \sigma_{s\_max} < mas1 \cdot Rs \quad mas1 \cdot Rs = 206.8$$

Умова виконана

### А3.12 Розрахунок плити на міцність за поперечною силою

$$Q \leq Q_b + Q_{\gamma w}$$

$$c := h_0 = 14.1$$

$$m := 1.3$$

$$m \cdot Rbt \cdot 10^3 \cdot bpl \cdot 10^{-2} \cdot h_0 \cdot 10^{-2} = 201.63$$

$$Q_b := \frac{2 \cdot Rbt \cdot 10^3 \cdot bpl \cdot 10^{-2} \cdot (h_0 \cdot 10^{-2})^2}{c \cdot 10^{-2}} = 310.2$$

Оскільки  $Q_b < m \cdot Rbt \cdot b \cdot h_0$  приймаємо:

$$Q_b := m \cdot Rbt \cdot 10^3 \cdot bpl \cdot 10^{-2} \cdot h_0 \cdot 10^{-2} = 201.63$$

$$A_{\gamma w} := As \cdot 2 = 37.7$$

$$Q_{\gamma w} := A_{\gamma w} \cdot 1000 \cdot 10^{-2} = 377$$

$$Q = 133.807 \quad Q \leq Q_b + Q_{\gamma w} \quad Q_b + Q_{\gamma w} = 578.63$$

Умова виконана

### А3.13 Розрахунок плити на тріщиностійкість

$$x := \frac{Rs \cdot 10^6 \cdot As \cdot 10^{-4}}{Rb \cdot 10^6 \cdot bpl \cdot 10^{-2}} = 0.049$$

$$x' := \frac{Rs \cdot 10^6 \cdot As' \cdot 10^{-4}}{Rb \cdot 10^6 \cdot bpl \cdot 10^{-2}} = 0.02$$

$$\underline{\sigma_s} := \frac{Mn_{op\_max} \cdot 10^2}{As \cdot \left( h0 - \frac{x \cdot 10^2}{2} \right)} = -13.118$$

$$\underline{\sigma_s'} := \frac{Mn_{pr\_max} \cdot 10^2}{As' \cdot \left( h0' - \frac{x' \cdot 10^2}{2} \right)} = 13.901$$

$$\underline{Ar} := bpl \cdot \left( ab + \frac{ds}{2} + ds \right) = 770$$

$$\underline{Ar'} := bpl \cdot \left( ab' + \frac{ds'}{2} + ds' \right) = 380$$

$$\underline{Rr} := \frac{Ar}{\beta \cdot n \cdot ds} = 61.111$$

$$\underline{Rr'} := \frac{Ar'}{\beta \cdot n' \cdot ds'} = 45.238$$

$$\underline{\psi_s} := 1.5 \sqrt{Rr} = 11.726$$

$$\underline{\psi_s'} := 1.5 \sqrt{Rr'} = 10.089$$

$$\underline{acr} := \frac{|\sigma_s|}{Es \cdot 10^{-1}} \cdot \psi_s = 0.008$$

$$\underline{acr'} := \frac{|\sigma_s'|}{Es \cdot 10^{-1}} \cdot \psi_s' = 0.007$$

УМОВА ВИКОНАНА ЯКЩО:

$$acr \leq \Delta cr$$

$$\Delta cr = 0.02$$

## ДОДАТОК Б

Розрахунок балок прогонової будови:

$$I_p := 10.81$$

Вихідні дані:

$$R_b := 15.5 \quad R_{bt} := 1.1 \quad R_s := 350 \quad E_s := 1.96 \cdot 10^5 \quad E_b := 3.45 \cdot 10^4 \quad R_p := 1000$$

$$\begin{aligned} b_p &:= 16 && \text{- ширина ребра} && b_{fl} &:= 160 && \text{- ширина плити} \\ h_{fl} &:= 15 + 14 && \text{- висота плити} && b_f &:= 60 && \text{- ширина нижньої полки} \\ h_f &:= 19 && \text{- висота нижньої полки} && h_b &:= 110 && \text{- висота балки} \quad h_b = 110 \\ d &:= 0.8 && \text{- діаметр нижньої поздовжньої ненапруженої арматури} \end{aligned}$$

$$A_s := \frac{\pi \cdot 1.4^2}{4} \cdot 3 = 4.61814 \quad \text{- нижня ненапружена арматура}$$

$$A_{s1} := \frac{\pi \cdot 1.8^2}{4} \cdot 5 = 12.72345 \quad \text{- верхня ненапружена арматура}$$

$$A_{p1} := \frac{3.1416 \cdot 0.5^2}{4} \cdot 7 = 1.37445 \quad \text{- напружений арматурний канат}$$

$$A_p := A_{p1} \cdot 10 = 13.7445 \quad \text{- напружена арматура}$$

Геометричні характеристики балки:

$$a_p := 8 = 8$$

$$a_s := 2.2 + d + \frac{d}{2} = 3.4$$

$$A_b := b_p \cdot h_b + (b_{fl} - b_p) \cdot h_{fl} + (b_f - b_p) \cdot h_f = 6772 \quad \text{- площа бетону}$$

$$n_1 := \frac{E_s}{E_b} = 5.68116$$

$$A_{red} := A_b + (n_1 - 1)(A_p) + (n_1 - 1)(A_s + A_{s1}) = 6917.51895$$

$$\begin{aligned} S_{red} &:= h_f^2 \cdot \frac{(b_f - b_p)}{2} + \frac{b_p \cdot h_b^2}{2} + (b_{fl} - b_p) \cdot h_{fl} \cdot (h_b - 0.5 \cdot h_{fl}) \dots && = 516535.35122 \\ &+ (n_1 - 1)A_p \cdot (h_b - a_p) + (n_1 - 1) \cdot A_s \cdot a_s + (n_1 - 1) \cdot A_{s1} \cdot (h_b - a_s) \end{aligned}$$

- статичний момент відносно низу балки

$$x := \frac{S_{red}}{A_{red}} = 74.67061 \quad \text{- центр мас}$$

$$x_c := x = 74.67061$$

$$I_{b1} := \frac{b_f \cdot x^3}{3} - \frac{(b_f - b_p) \cdot (x - h_f)^2}{3} + \frac{b_{f1} \cdot (h_b - x)^3}{3} \dots = 10966355.79$$

$$+ 0 - \frac{(b_{f1} - b_p) \cdot (h_b - x - h_{f1})^2}{3} + (n_1 - 1) \cdot A_p \cdot (x - a_p)^2 \dots$$

$$+ (n_1 - 1) \cdot A_s \cdot (x - a_s)^2 - (n_1 - 1) \cdot A_{s1} \cdot (h_b - x - a_s)^2$$

- приведений момент інерції

Розрахунок КПУ методом пружно просідаючих опор:

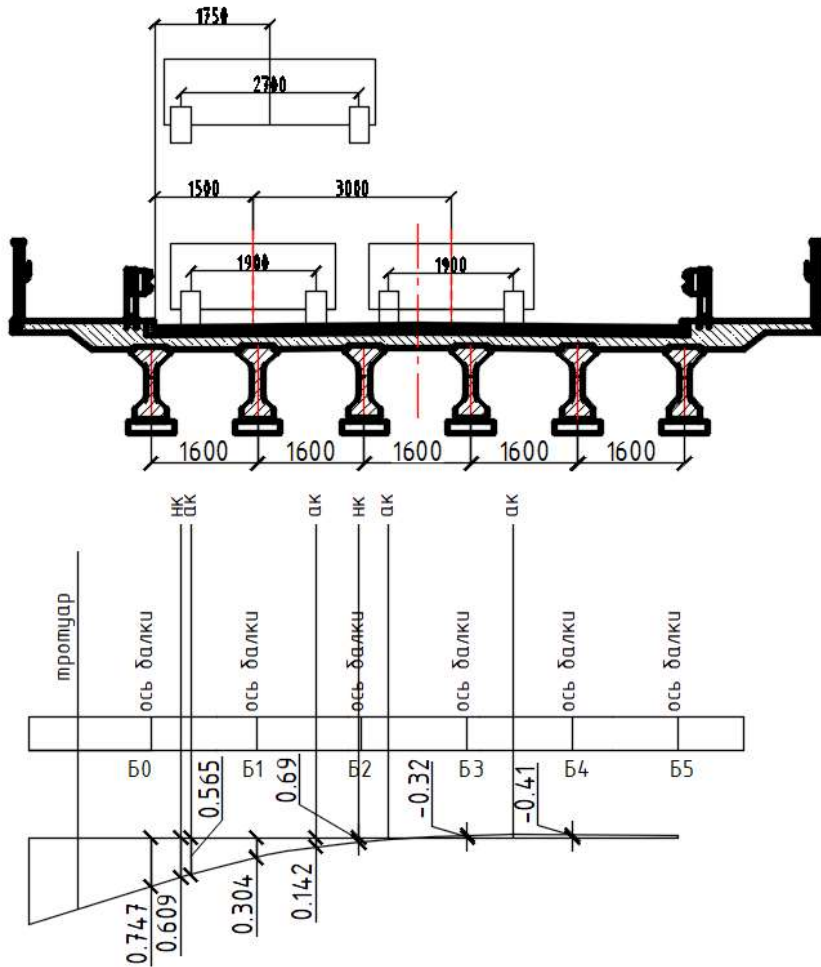
$$b := 160 \quad E := E_b = 34500 \quad n_{pl} := 8 \quad d_{pl} := 1.4$$

$$I_{pl} := \frac{100 \cdot h_{f1}^3}{12} + 2n_1 \cdot \frac{\pi \cdot d_{pl}^2}{4} \cdot \left( \frac{h_{f1}}{2} - 2 - \frac{d_{pl}}{2} \right)^2 = 205677.10389$$

$$\Delta_p := \frac{5 \cdot 1 \cdot (100l_p)^4}{384 \cdot 0.1 \cdot E_b \cdot I_{b1}} = 0.46996$$

$$\alpha := 12.8 \cdot \frac{(0.01 \cdot b)^3}{(l_p)^4} \cdot \frac{I_{b1}}{I_{pl}} = 0.20471$$

КПУ побудовано по Лівшицу



Розрахунок несної здатності:

$$h_0 := h_b - a_p = 102 \quad \text{- робоча висота}$$

$$h_{01} := h_b - a_s = 106.6 \quad \text{- для ненапруженої арматури}$$

$$a_{s1} := a_s$$

$$\xi_{\text{кр}} := \frac{R_p \cdot A_p + R_s \cdot A_s - R_s \cdot A_{s1}}{R_b \cdot b_{f1}} = 4.39824 \quad \text{- стиснута зона}$$

$$M_{gr} := 0.1 \cdot R_b \cdot b_{f1} \cdot x \cdot (h_0 - 0.5x) + 0.1 R_s \cdot A_{s1} \cdot (h_{01} - a_{s1}) = 154816.32621 \quad \text{- несуча здатність}$$

Постійні навантаження на крайні балки:

	Нормативні:		Розрахункові
Балки	$q_{nb} := \frac{18.81 + 0.15 \cdot 0.3 \cdot 2.45}{12} \cdot 9.81 = 15.4673$	$\gamma_f := 1.25$	$q_{rb} := q_{nb} \cdot \gamma_f = 19.33413$
Монолітна плита	$q_{nk} := 0.797 \cdot 24.5 = 19.5265$		$q_{rk} := q_{nk} \cdot \gamma_f = 24.40813$
БО	$q_{nbo} := 1.3$		$q_{rbo} := q_{nbo} \cdot \gamma_f = 1.625$
ПО	$q_{npo} := 0.7$		$q_{rpo} := q_{npo} \cdot \gamma_f = 0.875$
A/Б	$q_{nabk} := 0.75 \cdot 0.115 \cdot 22 = 1.8975$	$\gamma_{f_{abk}} := 2$	$q_{rabk} := q_{nabk} \cdot \gamma_f = 3.795$
	$q_{npk} := q_{nb} + q_{nk} + q_{nbo} + q_{npo} + q_{nabk} = 38.8913$		-нормативне постійне навантаження
	$q_{rpk} := q_{rb} + q_{rk} + q_{rbo} + q_{rpo} + q_{rabk} = 50.03726$		-розрахункове постійне навантаження

Перша стадія:

$$q_i := q_{nb} + q_{nk}$$

$$q_{ri} := q_{rb} + q_{rk} = 43.74226$$

Друга стадія:

$$q_{ii} := q_{nbo} + q_{npo} + q_{nabk} = 3.8975$$

$$q_{rii} := q_{rbo} + q_{rpo} + q_{rabk} = 6.295$$

$$\omega := \frac{l_p}{4} \cdot \frac{l_p}{2} = 14.60701 \quad \text{- площа лінії впливу моменту}$$

Зусилля від постійного навантаження

на першій стадії

$$M_{ri} := q_{ri} \cdot \omega = 638.94367$$

на другій стадії

$$M_{rii} := q_{rii} \cdot \omega = 91.95114$$

$$M_p := M_{ri} + M_{rii} = 730.89482 \quad \text{-всього зусилля}$$

$$0.01 \cdot M_{gr} - M_p = 817.26845$$

Розрахунок балки Б1

Ординати КПУ, положення біля БО:

натовп:  $\eta_p := 1.083$   $0.747 + 1.856 \cdot \frac{0.485}{b \cdot 0.01} = 1.3096$  крайня ордината

НК:  $\eta_{nk} := \frac{0.609 + 0.069}{2} = 0.339$

A-15:

$$\eta_{ak} := \frac{0.565 + 0.145}{2} + \frac{0.029 + 0}{2} = 0.3695$$

$$\eta_{akv} := \frac{0.565 + 0.145}{2} + 0.6 \cdot \frac{0.029 + 0}{2} = 0.3637$$

Навантаження:

НК-100:  $P_{nk} := 245$   $b_{тр} := 1.5$  - ширина тротуара

пішоходи:  $q_p := 1.96 \cdot b_{тр} = 2.94$

A15:  $P_{ak} := 15 \cdot 9.81 = 147.15$   $v_{ak} := 0.98 \cdot 15 = 14.7$

$\omega = 14.60701$  - площа л.в. моменту

$$y_{max} := \left( \frac{l_p}{4} \right) = 2.7025$$

$$y_2 := y_{max} \cdot \frac{\frac{l_p}{2} - 0.6}{\frac{l_p}{2}} = 2.4025$$

$$y_3 := y_{max} \cdot \frac{\frac{l_p}{2} - 1.8}{\frac{l_p}{2}} = 1.8025$$
 -ординати до НК

$$y_1 := y_{max} \cdot \frac{\frac{l_p}{2} - 0.75}{\frac{l_p}{2}} = 2.3275$$

-ординати до АК

коефіцієнти до тимчасового навантаження:

$\mu_p := 0.3$   $\gamma_{vv} := 1.5$   $\gamma_{vp} := 1.5$   $\gamma_p := 1.2$

$$M_{nk} := 1.1 \cdot [P_{nk} \cdot (2 \cdot y_2 + 2 \cdot y_3) \cdot \eta_{nk}] = 768.3418$$

- момент НК-100

$$M_{ak} := 1.1 \cdot [P_{ak} \cdot \eta_{ak} \cdot 2 \cdot y_1 \cdot \gamma_{vp} \cdot (1 + \mu_p) + \omega \cdot v_{ak} \cdot \eta_{akv} \cdot \gamma_{vv} + q_p \cdot \omega \cdot \gamma_p \cdot \eta_p] = 733.15061$$

- момент А-15

$$S_{\max} := \max(M_{ak}, M_{nk}) = 768.3418$$

$$0.01 \cdot M_{gr} = 1548.16326 > M_p + S_{\max} = 1499.23662$$

Умова міцності виконується

### Визначення втрат попереднього напруження арматури

Втрати попереднього напруження, які відбуваються в напружуваній арматурі, обумовлені цілим рядом факторів. Ці процеси відбуваються як на стадії створення конструкції, так і під час експлуатації прогонової будови.

Нормами [1], дод. Т, регламентовано визначати загальні втрати в попередньо напружуваній арматурі першої  $\sigma^{(1)}$  та другої  $\sigma^{(2)}$  груп. Для конструкцій з натягом на упори використовуються формули

$$\left. \begin{aligned} \sigma^{(1)} &= 0,5\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_6; \\ \sigma^{(2)} &= 0,5\sigma_1 + \sigma_7 + \sigma_8, \end{aligned} \right\}$$

де  $\sigma_i$  – втрати напруження в арматурі від  $i$ -го фактора. Поява втрат, номери яких відсутні в формулі (4.14), не є характерною для конструкцій з натягом арматури на упори.

Втрати напруження в пучках арматури залежать від величини початкового контрольованого напруження в них  $\sigma_{con}$ , викликаного прикладеним зусиллям  $N_{con}$ . Для арматурних пучків нижнього пояса, які виготовлені з високоміцного дроту, це напруження приймається на 10 % більше розрахункового опору, а для пучків верхнього пояса – рівним розрахунковому опору:

$$\theta := 9$$

$$\theta := 0.157 \text{ - Кут нахилу відігнутих пучків в рад.}$$

$$L_p := 1081$$

$$R_{pn} := 1255 \quad \Delta t := 65 \quad R_p := 995 \quad l_w := 1136$$

$$\Delta l := 0.2$$

$$\Delta l' := \Delta l$$

$$E_p := 1.96 \cdot 10^5$$

$$\sigma_{con} := 1.1 \cdot R_p$$

$$R_p = 995$$

$$\sigma_{con}' := 1 \cdot R_p$$

$$\sigma_1 := \left( 0.22 \cdot \frac{\sigma_{con}}{R_{pn}} - 0.1 \right) \cdot \sigma_{con}$$

$$\sigma_2 := 1 \Delta t$$

$$\sigma_3 := \frac{2 \Delta l}{l} \cdot E_p \quad 2 \Delta l = 0.4 \quad l = 1136$$

$$\sigma_3 := \sigma_3 \cdot 10$$

$$\sigma_{con} = 1094.5$$

$$\sigma_4' := 0$$

$$\sigma_4 := \sigma_{con} \cdot \left( 1 - \frac{1}{e^{0.25 \cdot \theta}} \right)$$

А де  $\theta$  – сумарний кут повороту осі арматури, рад. Пучки верхньої арматури проєктуються горизонтальними, без використання відхиляючих пристроїв

$$\sigma_{bp1} := \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4$$

$$\sigma_1 = 100.5457 \quad \sigma_2 = 65 \quad \sigma_3 = 690.14 \quad \sigma_4 = 42.12697$$

$$\sigma_{p1} := \sigma_{con} - \sigma_{bp1}$$

$$\sigma_{con} = 1094.5$$

$$\sigma_{con}' = 995$$

$$\sigma_{bp1} = 897.81356$$

$$A_p := 13.57$$

$$A_p' := 4.8$$

$$N_p := \sigma_{p1} \cdot 0.1 \cdot A_p$$

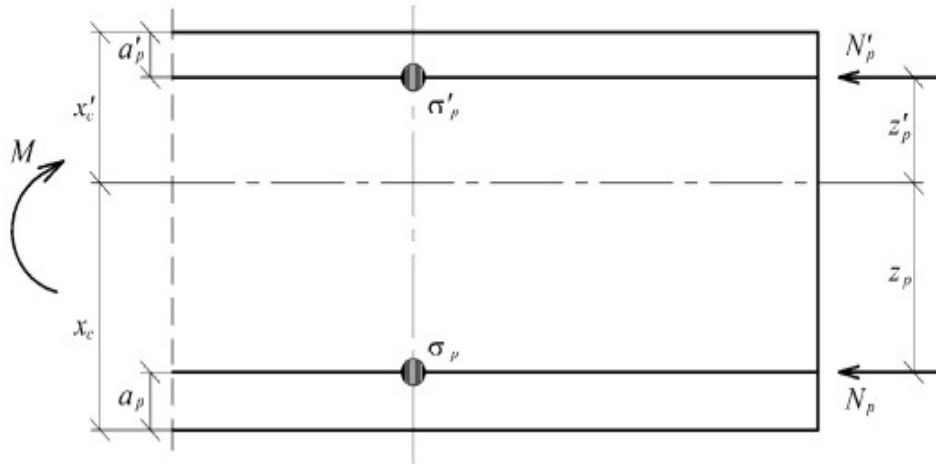
Поздовжні зусилля, що відповідають цим напруженням, складають

$$\sigma_{p1} = 196.68644 \quad q_{npl} := 17.84$$

$$q_{nr} := 1.07$$

$$\omega_4 := 14.61$$

$$M_{nq} := (q_{npl} + q_{nr}) \cdot \omega_4$$



$$z_p := 61.64$$

$$x_c := 74.67$$

$$M_{nq} \cdot 100 = 27627.51$$

$$A_{red} := 6916.71$$

$$I_{red} := 10962283.86$$

$$M_p := M_{nq} \cdot 100 - N_p \cdot z_p$$

Згинальний момент відносно центру ваги перерізу від власної ваги балки та зусиль в напружуваній арматурі

Напруження в бетоні на рівні центрів ваги відповідної арматури (стиснення – плюс, розтягнення – мінус):

$$\sigma_{bp} := \frac{N_p}{A_{red}} + \frac{M_p}{I_{red}} \cdot z_p$$

$$N_p = 266.9035 \quad z_p = 61.64$$

**ПРИЙМАЄМО В30**

$$\beta_{bp} := \frac{\sigma_{bp} \cdot 10}{R_{bp}}$$

$$R_b := 15.5 \quad R_{bp} := R_b$$

$$R_{bp} = 15.5$$

$$\sigma_6 := 40 \cdot \beta_{bp}$$

$$\sigma_7 := 60$$

$$\sigma_{7'} := 60$$

$$\sigma_{bp1} := \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_6 \quad \sigma_1 = 100.5457 \quad \sigma_2 = 65 \quad \sigma_3 = 690.14 \quad \sigma_4 = 42.12697 \quad \sigma_6 = 2.61749$$

$$\sigma_{p1} := \sigma_{con} - \sigma_{bp1} \quad \sigma_{con} = 1094.5$$

$$N_p := \sigma_{p1} \cdot 0.1 \cdot A_p \quad A_p = 13.57$$

$$M_p := M_{nq} \cdot 100 - N_p \cdot z_p \quad z_p = 61.64$$

$$\sigma_{bp} := \frac{N_p}{A_{red}} + \frac{M_p}{I_{red}} \cdot z_p \quad A_{red} = 6916.71$$

$$\beta_{bp} := \frac{\sigma_{bp} \cdot 10}{R_{bp}}$$

$$\sigma_8 := 150 \cdot 1 \cdot \beta_{bp}$$

$$\sigma_{11} := 0.5 \cdot \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_6 \quad \sigma_1 = 100.5457 \quad \sigma_2 = 65 \quad \sigma_3 = 690.14085 \quad \sigma_4 = 42.12697$$

$$\sigma_{22} := 0.5 \cdot \sigma_1 + \sigma_7 + \sigma_8 \quad \sigma_7 = 60 \quad \sigma_8 = 9.88501 \quad \sigma_6 = 2.61749$$

$$\sigma_{11p} := \sigma_{con} - \sigma_{11} \quad \sigma_{con} = 1094.5$$

$$\sigma_{22p} := \sigma_{con} - \sigma_{11} - \sigma_{22}$$

**Розрахунок на утворення поздовжніх тріщин на стадії створення попереднього напруженн**

Приймаємо правило знаків для напружень розтягнення – мінус, стиснення – плюс. Напруження в найбільш стиснутій грані перерізу бетону для середини прогону балки перевіряємо згідно з п. 3.100:

$$\sigma_{bc} = \frac{N_p + N'_p}{A_{red}} + \frac{M_q^T - N_p z_p + N'_p z'_p}{I_{red}} x'_c \leq R_{b,mc1},$$

де відповідні зусилля визначаємо з урахуванням втрат попереднього напруження першої групи

$$M_{tq} := 530.46$$

Згинальний момент всередині балки від нормативних постійних навантажень

$$N_p := A_p \cdot \sigma_{1p} \cdot 0.1$$

$$A_p = 13.57$$

$$A_p' = 4.8$$

$$\sigma_{1p} \cdot 0.1 = 24.43418$$

$$A_{red} = 6916.71$$

$$I_{red} = 1.09623 \times 10^7$$

$$x'_c := x_c$$

$$M_{tq} = 530.46$$

$$z_p = 61.64$$

$$\sigma_{bc} := \frac{N_p}{A_{red}} + \frac{M_{tq} \cdot 100 - N_p \cdot z_p}{I_{red}}$$

ПРИЙМАЄМО

$$R_{bmc1} := 16.7$$

УМОВА ВИКОНАНА

$$\sigma_{bc} \leq R_{bmc1} = 1$$

$$\sigma_{bc} \cdot 10 = 0.50912$$

$$R_{bmc1} = 16.7$$

**Розрахунок на утворення тріщин, нормальних до поздовжньої осі балки на стадії експлуатації**

Приймаємо правило знаків для напружень розтягнення – плюс, стиснення – мінус. Тріщиностійкість нормальних до поздовжньої осі балки перерізів на стадії експлуатації перевіряємо для нижньої грані перерізу всередині прогону:

$$\sigma_{bq2} + \sigma_{bp2} + \sigma_{bv} \leq k_2 R_{bt,ser},$$

$$M_{tq} \cdot 100 = 53046$$

$$x_c = 74.67$$

$$\sigma_{22p} \cdot 0.1 = 12.41839$$

$$\sigma_{bq2} := \frac{M_{tq} \cdot 100}{I_{red}} \cdot x_c$$

напруження в нижній грані перерізу від постійних навантажень

$$A_p = 13.57$$

$$A_p' = 4.8$$

$$N_p := A_p \cdot \sigma_{22p} \cdot 0.1$$

$$\sigma_{bq2} = 0.36132$$

$$z_p = 61.64$$

Напруження в нижній грані перерізу, що обумовлені зусиллями в напружуваній арматурі з урахуванням втрат другої групи

$$\sigma_{bp2} := -\frac{N_p}{A_{red}} + \frac{-N_p \cdot z_p}{I_{red}} \cdot x_c = -0.09512$$

$$M_{Tb} := 871.46733$$

$$\sigma_{bv} := \frac{M_{Tb} \cdot 100}{I_{red}} \cdot x_c = 0.5936$$

$$\sigma_{bq2} + \sigma_{bp2} + \sigma_{bv} = 0.00375$$

ПРИЙСВЕМО

$$k2 := 0.4 \text{ - разное}$$

$$R_{btser} := 1.8 \text{ - разное}$$

$$k2 \cdot R_{btser} = 0.72$$

УМОВА ВИКОНАНА

$$\sigma_{bv} := \sigma_{bv} = 0.5936$$

$$\sigma_{bp2} := \sigma_{bp2} \cdot 10$$

$$\sigma_{bv} = 0.5936$$

$$\sigma_{bq2} = 0.36132 \quad \sigma_{bp2} = -0.95118$$

$$\sigma_{bq2} + \sigma_{bp2} + \sigma_{bv} < k2 \cdot R_{btser}$$

$$\sigma_{bq2} + \sigma_{bp2} + \sigma_{bv} = 0.00375 \quad k2 \cdot R_{btser} = 0.72$$

**Розрахунок на утворення тріщин за головними стискальними та розтягувальними напруженнями на стадії експлуатації**

Розрахунок балки на тріщиностійкість за головними стискальними та розтягувальними напруженнями виконується від навантажень, визначених для розрахунків на міцність. Розрахунок ведемо для перерізу у чверті прогону балки

Нормальні напруження визначаємо тільки для волокон елемента, розташованих на рівні центру ваги перерізу.

Конструкція перерізу балки в чверті прогону в порівнянні з серединою відрізняється розташуванням двох стержнів

$$x_c = 74.67$$

$$A_{red} = 6916.71$$

$$z_p = 61.64$$

$$I_{red} = 1.09622839 \times 10^7$$

$$A_{p1} := 4.71$$

$$z_p = 61.64$$

$$mb6 := 1$$

$$R_{bsh} := 2.9$$

$$mb14 := 1.15$$

$$\sigma_{22p \cdot 0.1} = 12.41839$$

$$\tau_b := mb6 \cdot mb14 \cdot R_{bsh}$$

$$A_{p1} = 4.71$$

$$3 \cdot \sigma_{22p \cdot 0.1} \cdot A_{p1} \cdot 0.988 = 173.36625$$

$$M_{m2} := 2808.12$$

$$A_p = 13.57$$

$$M := M_{m2} \cdot 100 - \sigma_{22p \cdot 0.1} \cdot A_p \cdot z_p = 270424.57448$$

$$3 \cdot \sigma_{22p \cdot 0.1} \cdot A_{p1} \cdot 0.988 = 173.36625$$

$$\sigma_{bx} := \frac{3 \cdot \sigma_{22p \cdot 0.1} \cdot A_{p1} \cdot 0.988}{A_{red}} + \frac{M}{I_{red}} \cdot x_c = 2.09266$$

$$A_{p1} \cdot 8 = 37.68$$

$$\sigma_{bv} := 0$$

$$\sigma_{mc} := 0.5 \cdot (\sigma_{bx} \cdot 10 + \sigma_{bv}) - 0.5 \cdot \sqrt{(\sigma_{bx} \cdot 10 - \sigma_{bv})^2 + 4 \tau_b^2} = -0.51863$$

ловні стискальні напруження  
...адають

$$R_{bmc2} := 14.6$$

$$\sigma_{mc} \leq R_{bmc2}$$

$$\sigma_{mc} = -0.51863 \quad R_{bmc2} = 14.6 \quad R_{btser} = 1.8$$

УМОВА ВИКОНАНА

$$\frac{-\sigma_{mc}}{R_{bmc2}} = 0.03552 \quad \max \sigma_{mt} := 0.68 \cdot R_{btser}$$

$$\sigma_{bx} := -\frac{\sigma_{22p} \cdot 0.1 \cdot A_p + 3 \cdot \sigma_{22p} \cdot 0.1 \cdot A_{p1} \cdot 0.988}{A_{red}} - \frac{M}{I_{red}} \cdot x_c = -1.89144 \quad \text{Напруження в бетоні}$$

$$\sigma_{mt} := 0.5 \cdot (\sigma_{bx} \cdot 10 + \sigma_{by}) + 0.5 \cdot \sqrt{(\sigma_{bx} \cdot 10 - \sigma_{by})^2 + 4 \cdot \tau_b^2}$$

УМОВА ВИКОНАНА

$$\sigma_{mt} \leq \max \sigma_{mt}$$

$$\sigma_{mt} = 0.5708 \quad \max \sigma_{mt} = 1.224$$

## ДОДАТОК В

Розрахунок балок прогонової будови:

$$I_p := 10.81$$

Вихідні дані:

$$R_b := 15.5 \quad R_{bt} := 1.1 \quad R_s := 350 \quad E_s := 1.96 \cdot 10^5 \quad E_b := 3.45 \cdot 10^4 \quad R_p := 1000$$

$$\begin{aligned} b_p &:= 16 && \text{- ширина ребра} && b_{fl} &:= 200 && \text{- ширина плити} \\ h_{fl} &:= 15 + 14 && \text{- висота плити} && b_f &:= 60 && \text{- ширина нижньої полки} \\ h_f &:= 19 && \text{- висота нижньої полки} && h_b &:= 110 && \text{- висота балки} \quad h_b = 110 \\ d &:= 0.8 && \text{- діаметр нижньої поздовжньої ненапруженої} && & & & \text{арматури} \end{aligned}$$

$$A_s := \frac{\pi \cdot 1.6^2}{4} \cdot 4 = 8.04248 \quad \text{- нижня ненапружена арматура}$$

$$A_{s1} := \frac{\pi \cdot 2^2}{4} \cdot 6 = 18.84956 \quad \text{- верхня ненапружена арматура}$$

$$A_{p1} := \frac{3.1416 \cdot 0.5^2}{4} \cdot 7 = 1.37445 \quad \text{- напружений арматурний канат}$$

$$A_p := A_{p1} \cdot 10 = 13.7445 \quad \text{- напружена арматура}$$

Геометричні характеристики балки:

$$a_p := 8 = 8 \quad a_s := 2.2 + d + \frac{d}{2} = 3.4$$

$$A_b := b_p \cdot h_b + (b_{fl} - b_p) \cdot h_{fl} + (b_f - b_p) \cdot h_f = 7932 \quad \text{- площа бетона}$$

$$n_1 := \frac{E_s}{E_b} = 5.68116$$

$$A_{red} := A_b + (n_1 - 1)(A_p) + (n_1 - 1)(A_s + A_{s1}) = 8122.22609$$

$$\begin{aligned} S_{red} &:= h_f^2 \cdot \frac{(b_f - b_p)}{2} + \frac{b_p \cdot h_b^2}{2} + (b_{fl} - b_p) \cdot h_{fl} \cdot (h_b - 0.5 \cdot h_{fl}) \dots && = 630426.85051 \\ &+ (n_1 - 1)A_p \cdot (h_b - a_p) + (n_1 - 1) \cdot A_s \cdot a_s + (n_1 - 1) \cdot A_{s1} \cdot (h_b - a_s) \end{aligned}$$

- статичний момент відносно низу балки

$$x := \frac{S_{red}}{A_{red}} = 77.6175 \quad \text{- центр мас}$$

$$x_c := x = 77.6175$$

$$I_{b1} := \frac{b_f \cdot x^3}{3} - \frac{(b_f - b_p) \cdot (x - h_f)^2}{3} + \frac{b_{fl} \cdot (h_b - x)^3}{3} \dots = 12009895.247$$

$$+ 0 - \frac{(b_{fl} - b_p) \cdot (h_b - x - h_{fl})^2}{3} + (n_1 - 1) \cdot A_p \cdot (x - a_p)^2 \dots$$

$$+ (n_1 - 1) \cdot A_s \cdot (x - a_s)^2 - (n_1 - 1) \cdot A_{s1} \cdot (h_b - x - a_s)^2$$

- приведений момент інерції

Розрахунок КПУ методом пружно просідаючих опор:

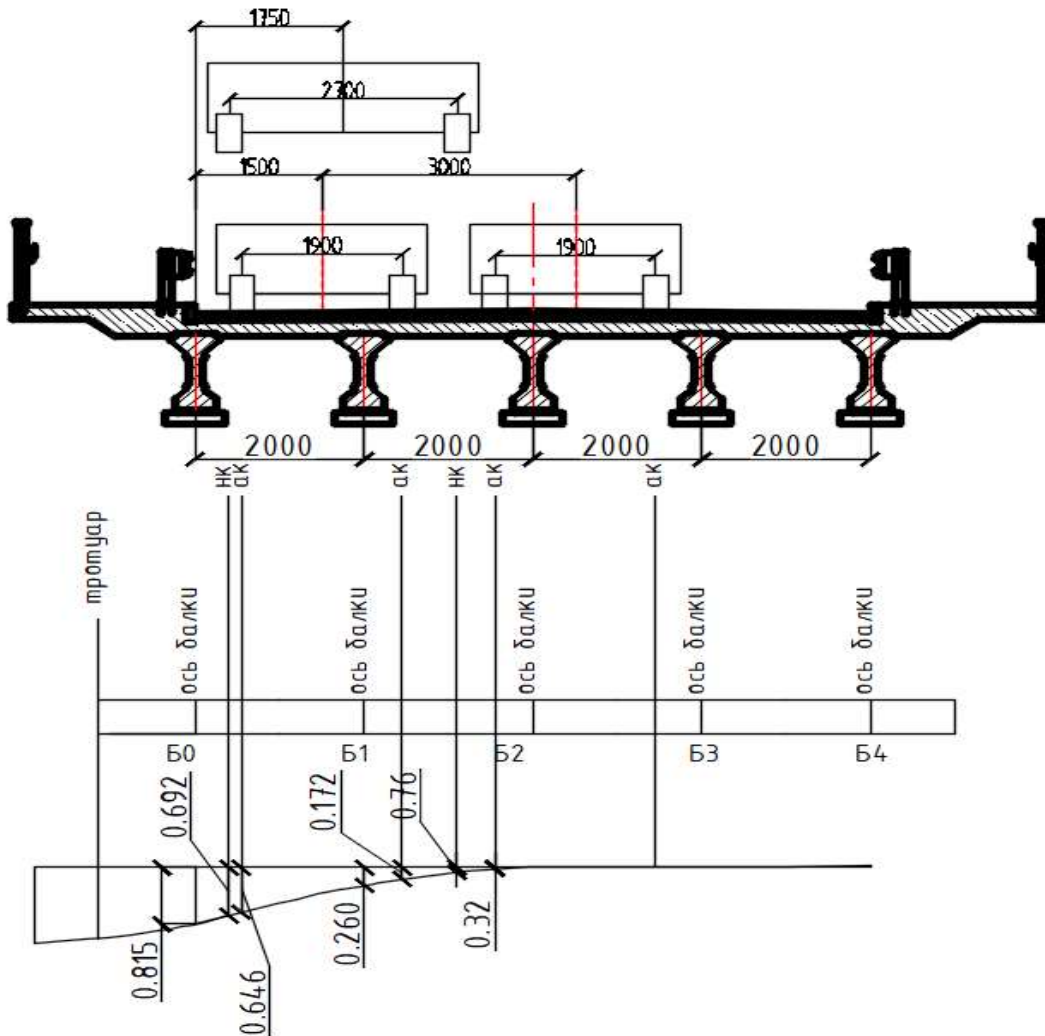
$$b := 200 \quad E := E_b = 34500 \quad n_{pl} := 8 \quad d_{pl} := 1.4$$

$$I_{pl} := \frac{100 \cdot h_{fl}^3}{12} + 2n_1 \cdot \frac{\pi \cdot d_{pl}^2}{4} \cdot \left( \frac{h_{fl}}{2} - 2 - \frac{d_{pl}}{2} \right)^2 = 205677.10389$$

$$\Delta_p := \frac{5 \cdot 1 \cdot (100l_p)^4}{384 \cdot 0.1 \cdot E_b \cdot I_{b1}} = 0.42912$$

$$\alpha := 12.8 \cdot \frac{(0.01 \cdot b)^3}{(l_p)^4} \cdot \frac{I_{b1}}{I_{pl}} = 0.43788$$

КПУ побудовано по Лівшицу



Розрахунок несної здатності:

$$h_0 := h_b - a_p = 102 \quad \text{- робоча висота}$$

$$h_{01} := h_b - a_s = 106.6 \quad \text{- для ненапруженої арматури}$$

$$a_{s1} := a_s$$

$$\xi := \frac{R_p \cdot A_p + R_s \cdot A_s - R_s \cdot A_{s1}}{R_b \cdot b_{f1}} = 3.21356 \quad \text{- стиснута зона}$$

$$M_{gr} := 0.1 \cdot R_b \cdot b_{f1} \cdot x \cdot (h_0 - 0.5x) + 0.1 R_s \cdot A_{s1} \cdot (h_{01} - a_{s1}) = 168096.54926 \quad \text{- несуча здатність}$$

Постійні навантаження на крайні балки:

	Нормативні:		Розрахункові
Балки	$q_{nb} := \frac{18.81 + 0.15 \cdot 0.3 \cdot 2.45}{12} \cdot 9.81 = 15.4673$	$\gamma_f := 1.25$	$q_{rb} := q_{nb} \cdot \gamma_f = 19.33413$
Монолітна плита	$q_{nk} := 0.852 \cdot 24.5 = 20.874$		$q_{rk} := q_{nk} \cdot \gamma_f = 26.0925$
БО	$q_{nbo} := 1.3$		$q_{rbo} := q_{nbo} \cdot \gamma_f = 1.625$
ПО	$q_{npo} := 0.7$		$q_{rpo} := q_{npo} \cdot \gamma_f = 0.875$
A/Б	$q_{nabk} := 1 \cdot 0.115 \cdot 22 = 2.53$	$\gamma_{fk} := 2$	$q_{rabk} := q_{nabk} \cdot \gamma_f = 5.06$
	$q_{npk} := q_{nb} + q_{nk} + q_{nbo} + q_{npo} + q_{nabk} = 40.8713$		-нормативне постійне навантаження
	$q_{rpk} := q_{rb} + q_{rk} + q_{rbo} + q_{rpo} + q_{rabk} = 52.98663$		-розрахункове постійне навантаження

Перша стадія:

$$q_i := q_{nb} + q_{nk}$$

$$q_{ri} := q_{rb} + q_{rk} = 45.42663$$

Друга стадія:

$$q_{ii} := q_{nbo} + q_{npo} + q_{nabk} = 4.53$$

$$q_{rii} := q_{rbo} + q_{rpo} + q_{rabk} = 7.56$$

$$\omega := \frac{l_p}{4} \cdot \frac{l_p}{2} = 14.60701 \quad \text{- площа лінії впливу моменту}$$

Зусилля від постійного навантаження

на першій стадії

$$M_{ri} := q_{ri} \cdot \omega = 663.54736$$

на другій стадії

$$M_{rii} := q_{rii} \cdot \omega = 110.42901$$

$$M_p := M_{ri} + M_{rii} = 773.97637 \quad \text{-всього зусилля}$$

$$0.01 \cdot M_{gr} - M_p = 906.98912$$

Розрахунок балки Б1

Ординати КПУ, положення біля БО:

натовп:  $\eta_p := 1.024$   $0.815 + 1.910 \cdot \frac{0.394}{b \cdot 0.01} = 1.19127$  крайня ордината

НК:  $\eta_{nk} := \frac{0.692 + 0.077}{2} = 0.3845$

A-15:

$$\eta_{ak} := \frac{0.646 + 0.173}{2} + \frac{0.032 + 0}{2} = 0.4255$$

$$\eta_{akv} := \frac{0.646 + 0.173}{2} + 0.6 \cdot \frac{0.032 + 0}{2} = 0.4191$$

Навантаження:

НК-100:  $P_{nk} := 245$   $b_{тр} := 1.5$  - ширина тротуара

пішоходи:  $q_p := 1.96 \cdot b_{тр} = 2.94$

A15:  $P_{ak} := 15 \cdot 9.81 = 147.15$   $v_{ak} := 0.98 \cdot 15 = 14.7$

$\omega = 14.60701$  - площа л.в. моменту

$$y_{max} := \left( \frac{l_p}{4} \right) = 2.7025$$

$$y_2 := y_{max} \cdot \frac{\frac{l_p}{2} - 0.6}{\frac{l_p}{2}} = 2.4025$$

$$y_3 := y_{max} \cdot \frac{\frac{l_p}{2} - 1.8}{\frac{l_p}{2}} = 1.8025$$
 -ординати до НК

$$y_1 := y_{max} \cdot \frac{\frac{l_p}{2} - 0.75}{\frac{l_p}{2}} = 2.3275$$
 -ординати до АК

коефіцієнти до тимчасового навантаження:

$\mu_p := 0.3$   $\gamma_{vv} := 1.5$   $\gamma_{vp} := 1.5$   $\gamma_p := 1.2$

$$M_{nk} := 1.1 \cdot [P_{nk} \cdot (2 \cdot y_2 + 2 \cdot y_3) \cdot \eta_{nk}] = 871.46733$$
 - момент НК-100

$$M_{ak} := 1.1 \cdot [P_{ak} \cdot \eta_{ak} \cdot 2 \cdot y_1 \cdot \gamma_{vp} \cdot (1 + \mu_p) + \omega \cdot v_{ak} \cdot \eta_{akv} \cdot \gamma_{vv} + q_p \cdot \omega \cdot \gamma_p \cdot \eta_p] = 831.71411$$
 - момент A-15

$$S_{\max} := \max(M_{ak}, M_{nk}) = 871.46733$$

$$0.01 \cdot M_{gr} = 1680.96549 > M_p + S_{\max} = 1645.4437$$

Умова міцності виконується

### Визначення втрат попереднього напруження арматури

Втрати попереднього напруження, які відбуваються в напружуваній арматурі, обумовлені цілим рядом факторів. Ці процеси відбуваються як на стадії створення конструкції, так і під час експлуатації прогонової будови.

Нормами [1], дод. Т, регламентовано визначати загальні втрати в попередньо напружуваній арматурі першої  $\sigma^{(1)}$  та другої  $\sigma^{(2)}$  груп. Для конструкцій з натягом на упори використовуються формули

$$\left. \begin{aligned} \sigma^{(1)} &= 0,5\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_6; \\ \sigma^{(2)} &= 0,5\sigma_1 + \sigma_7 + \sigma_8, \end{aligned} \right\}$$

де  $\sigma_i$  – втрати напруження в арматурі від  $i$ -го фактора. Поява втрат, номери яких відсутні в формулі (4.14), не є характерною для конструкцій з натягом арматури на упори.

Втрати напруження в пучках арматури залежать від величини початкового контрольованого напруження в них  $\sigma_{con}$ , викликаного прикладеним зусиллям  $N_{con}$ . Для арматурних пучків нижнього пояса, які виготовлені з високоміцного дроту, це напруження приймається на 10 % більше розрахункового опору, а для пучків верхнього пояса – рівним розрахунковому опору:

$$\theta := 9$$

$$\theta := 0.157 \text{ -Кут нахилу відігнутих пучків в рад.}$$

$$L_p := 1081$$

$$R_{pn} := 1255 \quad \Delta t := 65 \quad R_p := 995 \quad l_w := 1136$$

$$\Delta l := 0.2$$

$$\Delta l' := \Delta l$$

$$E_p := 1.96 \cdot 10^5$$

$$\sigma_{con} := 1.1 \cdot R_p$$

$$R_p = 995$$

$$\sigma_1 := \left( 0.22 \cdot \frac{\sigma_{con}}{R_{pn}} - 0.1 \right) \cdot \sigma_{con}$$

$$\sigma_2 := 1 \Delta t$$

$$\sigma_3 := \frac{2 \Delta l}{1} \cdot E_p \quad 2 \Delta l = 0.4 \quad 1 = 1136$$

$$\sigma_3 := \sigma_3 \cdot 10$$

$$\sigma_{con} = 1094.5$$

$$\sigma_4 := \sigma_{con} \cdot \left( 1 - \frac{1}{e^{0.25 \cdot \theta}} \right)$$

А де  $\theta$  – сумарний кут повороту осі арматури, рад. Пучки верхньої арматури проєктуються горизонтальними, без використання відхиляючих пристроїв

$$\sigma_{bp1} := \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4$$

$$\sigma_1 = 100.5457 \quad \sigma_2 = 65 \quad \sigma_3 = 690.14 \quad \sigma_4 = 42.12697$$

$$\sigma_{p1} := \sigma_{con} - \sigma_{bp1}$$

$$\sigma_{con} = 1094.5$$

$$\sigma_{bp1} = 897.81356$$

$$A_p := 15.27$$

$$A_{p'} := 4.8$$

$$N_p := \sigma_{p1} \cdot 0.1 \cdot A_p$$

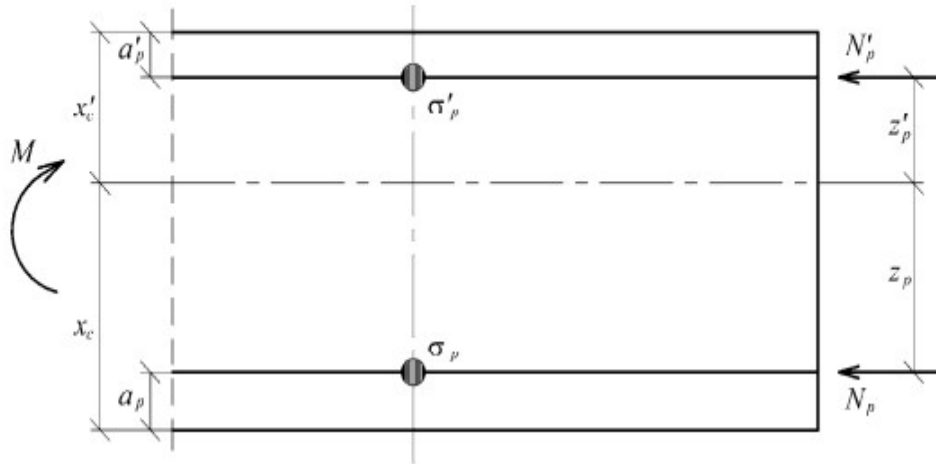
Поздовжні зусилля, що відповідають цим напруженням, складають

$$\sigma_{p1} = 196.68644 \quad q_{npl} := 17.84$$

$$q_{nr} := 1.07$$

$$\omega_4 := 14.61$$

$$M_{nq} := (q_{npl} + q_{nr}) \cdot \omega_4$$



$$z_p := 69.64$$

$$x_c := 77.64$$

$$M_{nq} \cdot 100 = 27627.51$$

$$A_{red} := 8129.3$$

$$I_{red} := 12048129.168$$

$$M_p := M_{nq} \cdot 100 - N_p \cdot z_p$$

Згинальний момент відносно центру ваги перерізу від власної ваги балки та зусиль в напружуваній арматурі

Напруження в бетоні на рівні центрів ваги відповідної арматури (стиснення – плюс, розтягнення – мінус):

$$\sigma_{bp} := \frac{N_p}{A_{red}} + \frac{M_p}{I_{red}} \cdot z_p$$

$$\sigma_{bp}' := \frac{N_p}{A_{red}} + \frac{M_p}{I_{red}} \cdot (-z_p')$$

$$N_p = 300.34019 \quad z_p = 69.64$$

**ПРИЙМАЄМО В30**

$$\beta_{bp} := \frac{\sigma_{bp} \cdot 10}{R_{bp}}$$

$$R_b := 15.5 \quad R_{bp} := R_b$$

$$R_{bp} = 15.5$$

$$\sigma_6 := 40 \cdot \beta_{bp}$$

$$\sigma_7 := 60$$

$$\sigma_7' := 60$$

$$\sigma_{bp1} := \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_6 \quad \sigma_1 = 100.5457 \quad \sigma_2 = 65 \quad \sigma_3 = 690.14 \quad \sigma_4 = 42.12697 \quad \sigma_6 = 1.9546$$

$$\sigma_{p1} := \sigma_{con} - \sigma_{bp1} \quad \sigma_{con} = 1094.5$$

$$N_p := \sigma_{p1} \cdot 0.1 \cdot A_p \quad A_p = 15.27$$

$$A_{p'} = 4.8$$

$$M_p := M_{nq} \cdot 100 - N_p \cdot z_p$$

$$\sigma_{bp} := \frac{N_p}{A_{red}} + \frac{M_p}{I_{red}} \cdot z_p \quad A_{red} = 8129.3$$

$$\beta_{bp} := \frac{\sigma_{bp} \cdot 10}{R_{bp}}$$

$$\sigma_8 := 150 \cdot 1 \cdot \beta_{bp}$$

$$\sigma_{11} := 0.5 \cdot \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_6 \quad \sigma_1 = 100.5457 \quad \sigma_2 = 65 \quad \sigma_3 = 690.14085 \quad \sigma_4 = 42.12697$$

$$\sigma_{22} := 0.5 \cdot \sigma_1 + \sigma_7 + \sigma_8 \quad \sigma_7 = 60 \quad \sigma_8 = 7.41048 \quad \sigma_6 = 1.9546$$

$$\sigma_{11p} := \sigma_{con} - \sigma_{11} \quad \sigma_{con} = 1094.5$$

$$\sigma_{22p} := \sigma_{con} - \sigma_{11} - \sigma_{22}$$

**Розрахунок на утворення поздовжніх тріщин на стадії створення попереднього напруженн**

Приймаємо правило знаків для напружень розтягнення – мінус, стиснення – плюс. Напруження в найбільш стиснутій грані перерізу бетону для середини прогону балки перевіряємо згідно з п. 3.100:

$$\sigma_{bc} = \frac{N_p + N'_p}{A_{red}} + \frac{M_q - N_p z_p + N'_p z'_p}{I_{red}} x'_c \leq R_{b,mc1},$$

де відповідні зусилля визначаємо з урахуванням втрат попереднього напруження першої групи

$$M_{tq} := 530.46$$

Згинальний момент всередині балки від нормативних постійних навантажень

$$N_p := A_p \cdot \sigma_{11p} \cdot 0.1$$

$$A_p = 15.27$$

$$\sigma_{11p} \cdot 0.1 = 24.50047$$

$$A_{red} = 8129.3$$

$$A_{p'} = 4.8$$

$$x'_c := x_c$$

$$I_{red} = 1.20481 \times 10^7$$

$$M_{tq} = 530.46$$

$$z_p = 69.64$$

$$\sigma_{bc} := \frac{N_p}{A_{red}} + \frac{M_{tq} \cdot 100 - N_p \cdot z_p}{I_{red}}$$

ПРИЙМАЄМО

$$R_{bmc1} := 16.7$$

УМОВА ВИКОНАНА

$$\sigma_{bc} \leq R_{bmc1} = 1$$

$$\sigma_{bc} \cdot 10 = 0.48262$$

$$R_{bmc1} = 16.7$$

Розрахунок на утворення тріщин, нормальних до поздовжньої осі балки на стадії експлуатації

Приймаємо правило знаків для напружень розтягнення – плюс, стиснення – мінус. Тріщиностійкість нормальних до поздовжньої осі балки перерізів на стадії експлуатації перевіряємо для нижньої грані перерізу всередині прогону:

$$\sigma_{bq2} + \sigma_{bp2} + \sigma_{bv} \leq k_2 R_{bt,ser},$$

$$M_{tq} \cdot 100 = 53046$$

$$x_c = 77.64$$

$$\sigma_{22p} \cdot 0.1 = 12.73214$$

$$\sigma_{bq2} := \frac{M_{tq} \cdot 100}{I_{red}} \cdot x_c$$

напруження в нижній грані перерізу від постійних навантажень

$$A_p = 15.27$$

$$A_{p'} = 4.8$$

$$N_p := A_p \cdot \sigma_{22p} \cdot 0.1$$

$$\sigma_{bq2} = 0.34184$$

$$z_p = 69.64$$

Напруження в нижній грані перерізу, що обумовлені зусиллями в напружуваній арматурі з урахуванням втрат другої групи

$$\sigma_{bp2} := -\frac{N_p}{A_{red}} + \frac{-N_p \cdot z_p}{I_{red}} \cdot x_c = -0.11117$$

$$M_{Tb} := 871.46733$$

$$\sigma_{bv} := \frac{M_{Tb} \cdot 100}{I_{red}} \cdot x_c = 0.56159$$

$$\sigma_{bq2} + \sigma_{bp2} + \sigma_{bv} = -0.20823$$

ПРИЙСВЕМО

$$k2 := 0.4 \text{ - разное}$$

$$R_{btser} := 1.8 \text{ - разное}$$

$$k2 \cdot R_{btser} = 0.72$$

УМОВА ВИКОНАНА

$$\sigma_{bv} := \sigma_{bv} = 0.56159$$

$$\sigma_{bp2} := \sigma_{bp2} \cdot 10$$

$$\sigma_{bv} = 0.56159$$

$$\sigma_{bq2} = 0.34184 \quad \sigma_{bp2} = -1.11166$$

$$\sigma_{bq2} + \sigma_{bp2} + \sigma_{bv} < k2 \cdot R_{btser}$$

$$\sigma_{bq2} + \sigma_{bp2} + \sigma_{bv} = -0.20823 \quad k2 \cdot R_{btser} = 0.72$$

**Розрахунок на утворення тріщин за головними стискальними та розтягувальними напруженнями на стадії експлуатації**

Розрахунок балки на тріщиностійкість за головними стискальними та розтягувальними напруженнями виконується від навантажень, визначених для розрахунків на міцність. Розрахунок ведемо для перерізу у чверті прогону балки

Нормальні напруження визначаємо тільки для волокон елемента, розташованих на рівні центру ваги перерізу.

Конструкція перерізу балки в чверті прогону в порівнянні з серединою відрізняється розташуванням двох стержнів

$$x_c = 77.64$$

$$A_{red} = 8129.3$$

$$z_p = 69.64$$

$$I_{red} = 1.20481292 \times 10^7$$

$$A_{p1} := 4.71$$

$$z_p = 69.64$$

$$mb6 := 1$$

$$R_{bsh} := 2.9$$

$$mb14 := 1.15$$

$$\sigma_{22p \cdot 0.1} = 12.73214$$

$$\tau_b := mb6 \cdot mb14 \cdot R_{bsh}$$

$$A_{p1} = 4.71$$

$$3 \cdot \sigma_{22p \cdot 0.1} \cdot A_{p1} \cdot 0.988 = 177.74622$$

$$M_{M2} := 2808.12$$

$$A_p = 15.27$$

$$A_{p'} = 4.8$$

$$M := M_{M2} \cdot 100 - \sigma_{22p \cdot 0.1} \cdot A_p \cdot z_p = 2.6727261 \times 10^5$$

$$3 \cdot \sigma_{22p \cdot 0.1} \cdot A_{p1} \cdot 0.988 = 177.74622$$

$$\sigma_{bx} := \frac{3 \cdot \sigma_{22p \cdot 0.1} \cdot A_{p1} \cdot 0.988}{A_{red}} + \frac{M}{I_{red}} \cdot x_c = 1.94099$$

$$A_{p1} \cdot 8 = 37.68$$

$$\sigma_{bv} := 0$$

$$\sigma_{mc} := 0.5 \cdot (\sigma_{bx} \cdot 10 + \sigma_{bv}) - 0.5 \cdot \sqrt{(\sigma_{bx} \cdot 10 - \sigma_{bv})^2 + 4 \tau_b^2} = -0.55703$$

ловні стискальні напруження  
...адають

$$R_{bmc2} := 14.6$$

$$\sigma_{mc} \leq R_{bmc2}$$

$$\sigma_{mc} = -0.55703 \quad R_{bmc2} = 14.6 \quad R_{btser} = 1.8$$

УМОВА ВИКОНАНА

$$\frac{-\sigma_{mc}}{R_{bmc2}} = 0.03815 \quad \max \sigma_{mt} := 0.68 \cdot R_{btser}$$

$$\sigma_{bx} := -\frac{\sigma_{22p} \cdot 0.1 \cdot A_p + 3 \cdot \sigma_{22p} \cdot 0.1 \cdot A_{p1} \cdot 0.988}{A_{red}} - \frac{M}{I_{red}} \cdot x_c = -1.76813 \quad \text{Напруження в бетоні}$$

$$\sigma_{mt} := 0.5 \cdot (\sigma_{bx} \cdot 10 + \sigma_{by}) + 0.5 \cdot \sqrt{(\sigma_{bx} \cdot 10 - \sigma_{by})^2 + 4 \cdot \tau_b^2}$$

УМОВА ВИКОНАНА

$$\sigma_{mt} \leq \max \sigma_{mt}$$

$$\sigma_{mt} = 0.60812 \quad \max \sigma_{mt} = 1.224$$