

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій

ННЦ «Мости і тунелі»

(назва факультету/ННЦ)

«Транспортна інфраструктура»

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка  
до кваліфікаційної роботи

ОС «бакалавр»

(ступінь вищої освіти)

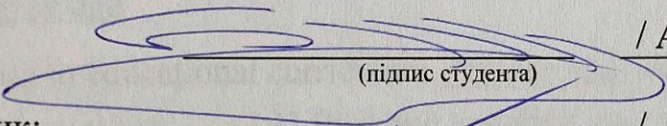
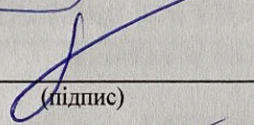
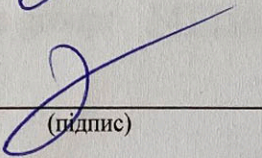
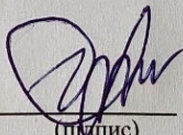
на тему: Обґрунтування параметрів реконструкції автодорожнього залізобетонного мосту

за освітньою програмою «Мости і транспортні тунелі»

зі спеціальності: 192 Будівництво та цивільна інженерія

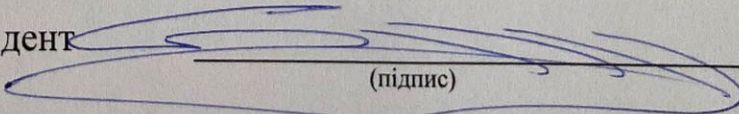
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: МТ21160

	 (підпис студента)	/ Андрій БЕЗРУЧКО / (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Керівник:	 (підпис)	/ ст. викл. Павло ОВЧИННИКОВ / (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Нормоконтролер:	 (підпис)	/ ст. викл. Павло ОВЧИННИКОВ / (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Консультанти: Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях (назва розділу)	 (підпис)	/ зав. каф. Олег САБЛІН / (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент

  
(підпис)

## ЗАЯВА

Я, Безруцько Андрій Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

студента(ки) групи MT20160 факультет «БАІ»

спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(код та назва спеціальності)

освітньої програми «Мости і транспортні тунелі»

(назва освітньої програми)

освітнього ступеня Бакалавр

(бакалавр, магістр)

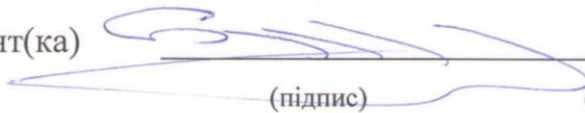
заявляю, що моя випускна кваліфікаційна робота на тему:

Обґрунтування параметрів реконструкції  
автодорожнього залізобетонного 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)

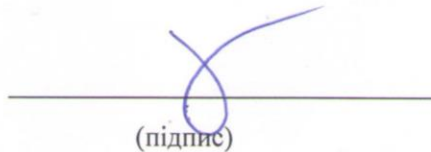
  
(підпис)

Безруцько Андрій Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Дата 19.06.2023

Керівник ВКР

  
(підпис)

П.Овчинник

(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) «бакалавр»

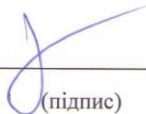
Безручка Андрія Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: «Обґрунтування параметрів реконструкції автодорожнього  
залізобетонного мосту»

в роботі не виявлено порушень академічної доброчесності.

Керівник ВКР

  
(підпис)

Овчинников П. А.

(прізвище, ім'я, по батькові)

**Ministry of Education and Science of Ukraine**  
**Ukrainian State University of Science and Technologies**

**Bridges and tunnels**

(faculty/TRC)

**"Transport infrastructure"**

(department)

**Explanatory Note**

to Master's Thesis

**Bachelor**

(higher education degree)

on the topic: Rationale for parameters of reconstruction of the highway reinforced concrete bridge

according to educational curriculum Bridges and vehicular traffic tunnels

in the Specialization: 192 Building and civil engineering

(Specialization and its code)

Done by the student of the group: MT2160 / Andrii BEZRUCHKO /

(name, surname)

Scientific Supervisor:

/ Sr. Lect. Pavlo

OVCHYNNYKOV /

(position, name, surname)

Normative controller :

/ Sr. Lect. Pavlo

OVCHYNNYKOV /

(position, name, surname)

Supervisors

Occupational health

and safety in emergencies

(Chapter title heading)

/ Head of Dept. Oleh SABLIN /

(position, name, surname)

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

Факультет «Будівництво, архітектура та інфраструктура» Кафедра «Транспортна інфраструктура»

Спеціальність 192 « Будівництво та цивільна інженерія »

ОПП « Мости і транспортні тунелі »

«ЗАТВЕРДЖУЮ»:

Завідувач кафедри ТІ

\_\_\_\_\_ Олексій ТЮТЬКІН

«    » \_\_\_\_\_ 202    р.

**ЗАВДАННЯ**

**до випускної кваліфікаційної роботи на здобуття ОС «бакалавр»**

студента MT21160 Безручка Андрія Миколайовича

(номер групи)

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема ВКР на здобуття ОС «бакалавр» Обґрунтування параметрів реконструкції автодорожнього залізобетонного мосту

затверджена наказом по університету № 157 ст від « 13 » лютого 2023 р.

2. Термін подання студентом закінченої роботи « 12 » червня 2023 р.

3. Вихідні дані до ВКР на здобуття ОС «бакалавр»

Звіт з обстеження існуючого мосту, технічні креслення існуючого мосту, інженерно-геологічні та гідрологічні умови із звітом з відповідних вишукувань.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань до розробки)

Вихідні дані та умови будівництва; Визначення стану мосту; Варіанти реконструкції; Розробка варіанту реконструкції; \_\_\_\_\_ організація будівництва

5. Перелік креслень (демонстраційного матеріалу)

Вихідні дані

Варіанти реконструкції

Розробка варіанту

Організація будівництва

## 6. Консультанти (з назвами розділів)

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділу ВКР на здобуття ОС «бакалавр»	Термін виконання розділу ВКР	Примітка (обсяг розділу, %)
1.	Вихідні дані Варіанти реконструкції	01.05 – 07.05.2023	30%
2.	Розробка обраного варіанту	22.05 – 28.05.2023	60%
3.	Організація будівництва Офрмлення роботи	12.06 – 18.06.2023	100%
4.			

Дата видачі завдання « 17 » квітня 2023 р.

Керівник ВКР

\_\_\_\_\_

(підпис)

Павло ОБЧИННИКОВ

(Ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_

(підпис)

Андрій БЕЗРУЧКО

(Ім'я, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота представлена на 65 сторінках та містить 36 рисунків, 6 таблиць, 15 літературних джерел, 1 додатки та \_ креслень.

**Об'єкт розробки:** ремонт аварійного автодорожнього мосту.

**Мета роботи:** визначення оптимального варіанту ремонту та розробка визначеного варіанту.

В бакалаврській роботі виконано проект реконструкції автодорожнього мосту. В рамках роботи було пророблено три варіанти ремонту мосту також, виконано техніко-економічне порівняння варіантів ремонту мосту. Далі був обраний на основі техніко-економічного порівняння один варіант мосту та прораховано його несучу здатність. Також для обраного варіанту ескізно виконано проект організації будівництва мосту. Розроблені основи охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

**Ключові слова:** мости, залізобетонні мости, ремонт, прогонова будова , охорона праці.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНІ ДАНІ.....	9
1.1 Опис споруди.....	11
РОЗДІЛ 2 ДЕФЕКТИ ШТУЧНОЇ СПОРУДИ.....	18
2.1 Прогонові будови .....	18
2.2 Опори мосту.....	21
2.3 Мостове полотно .....	22
2.4 Підходи до мосту та підмостова зона .....	23
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ПОРІВНЯННЯ ВАРІАНТІВ РЕМОНТУ МОСТУ.....	24
3.1 Варіант 1 .....	24
3.2 Варіант 2.....	27
3.3 Варіант 3 .....	30
3.4 Порівняння варіантів.....	33
РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ .....	34
4.1 Визначення зусиль в прогоновій будові .....	34
4.2 Висновок.....	38
РОЗДІЛ 5 ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА МОСТУ .....	40
5.1 Постачання будівельних конструкцій та матеріалів.....	40
5.2 Підсилення фундаментів та опор .....	40
5.3 Монтаж прогонової будови кранами.....	41
5.4 Послідовність виконання робіт.....	41
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	43
6.1 Охорона праці під час виконання робіт з монтажу монолітної залізобетонної плити.....	43
6.2 Загальні вимоги .....	44
6.3. Дії працівників в аварійних ситуаціях .....	52
ВИСНОВОК.....	54
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	56

## ВСТУП

За останні роки проблема реконструкції отримала найбільшу значимість, особливо для мостів шляхопроводів розташованих на магістральних дорогах. Більшість споруд побудованих в 50 - 60 роки, не відповідають сучасним нормам проектування і існуючим реальним навантаженням від автомобільного транспорту.

Головне завдання реконструкції – дати штучній споруді новий термін служби з урахуванням комфортних умов руху сучасного транспорту. Ідеальним варіантом реконструкції є доведення всіх без винятку його параметрів до умов сучасних норм.

Реконструкція включає розширення моста з посиленням і без нього. Усе залежить від конкретних завдань реконструкції та економічних чинників.

Під реконструкцією розуміють підвищення якості споруди (зміна геометричних параметрів та несучої здатності). Причиною реконструкції найчастіше є моральний знос конструкції. Фізичний знос – зниження з часом вантажопідйомності, довговічності і надійності внаслідок впливу зовнішніх факторів. Усувається під час ремонту шляхом відновлення дефектних елементів або заміною їх новими.

Конструкція вважається морально зношеною, якщо перестає відповідати вимогам до несучої і пропускнуої здатності. Моральний знос, як правило, настає раніше фізичного, зазвичай через 15 – 20 років. Це обумовлено зростанням ваги, інтенсивності і габаритних розмірів автомобільних навантажень, а також внесенням відповідних змін до нормативних документів. За даними Міністерства інфраструктури України в Україні всього близько 16 тис. мостів, з яких в аварійному стані перебуває 9 тис. На жаль, це величезна проблема для нашої країни, яка потребує негайного вирішення. Для вирішення цієї гострої проблеми необхідні значні кошти, які держава на жаль не може виділити одразу. Якщо говорити про великі мости, наприклад, як у Києві через Дніпро, то капітальний ремонт

може коштувати близько 1 млрд грн. Цю цифру не потрібно множити на 9 тис. мостів, тому що є невеликі мости, вони вимагають значно менших інвестицій, щоб привести їх в порядок. Але це має бути постійний потік грошей, щорічний, щоб мости ремонтувалися.

На жаль мости опиняються в аварійному стані не лише через фактори природнього зносу, а й через пошкодження або руйнування внаслідок терористичних актів на сході країни, в зоні бойових дій.

Для відновлення таких мостів залучаються спеціалісти Державної спеціальної служби транспорту Міністерства оборони України.

## РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНІ ДАНІ

Автодорожній міст знаходиться км 62+572 автомобільної дороги загального користування державного значення Р-81 Казанка - Снігурівка – Антонівка - /Р-47/ у Миколаївській області в смт. Березнегувате (GPS-47.306972, 32.846556) і перетинає річку Висунь (на момент обстеження вода відсутня). Підмостовий габарит – 1,37 м.

Тип споруди – балкова розрізна. У прогонах 0-1 та 2-3 прогонові будови із збірного залізобетону. У прогоні 1-2 - залізобетонна монолітна плита. Отвір мосту перекрито за схемою 3×6,0 м. В плані і профілі міст розташований на прямій. Поздовжній профіль мосту двоскатний з ухилом 5‰ від опори №1 до опори №0, та з ухилом 13-16‰ від опори №1 до опори №2. Поперечний ухил проїзної частини двоскатний та складає 5-11‰ від правої кромки до осі проїзної частини (за ходом кілометражу), та 1-27‰ від лівої кромки до осі проїзної частини (за ходом кілометражу).

Міст розташований на а/д. IV категорії. Повна довжина мосту –  $L_{\text{п}} = 18,09$  м. Загальна ширина мосту – 13,04 м. Загальний габарит проїзної частини  $\Gamma = 10,07$  м, що забезпечує пропуск автотранспорту по одній смугі у різних напрямках шириною 3,5 м, зі смугами безпеки 1,5 м. Тротуар ліворуч по ходу кілометражу шириною прохідної частини 0,77 м, праворуч - 1,84 м.

Відомості про міст відсутні, орієнтовний рік будівництва 1930 р. Проектні розрахункові навантаження Н10 і НГ-60.

Міст розширений праворуч за допомогою встановлення двох збірних залізобетонних плит прогонових будов розмірами 6,0х0,98х0,3 м, ліворуч – одна плита розміром 6,0х0,98х0,3 м.

На мосту відсутня дорожня розмітка, на підходах до мосту відсутні дорожні знаки.

На рис. 1.1 наведено загальний вид мосту, а на рис. 1.2 вказане місцезнаходження мосту на карті Миколаївської області в смт. Березнегувате Березнегуватського району Миколаївської області. Схема (фасад і розрізи) мосту за результатами натурних обмірювань наведена у Додатку Г.



Рисунок 1.1 – Загальний вид мосту

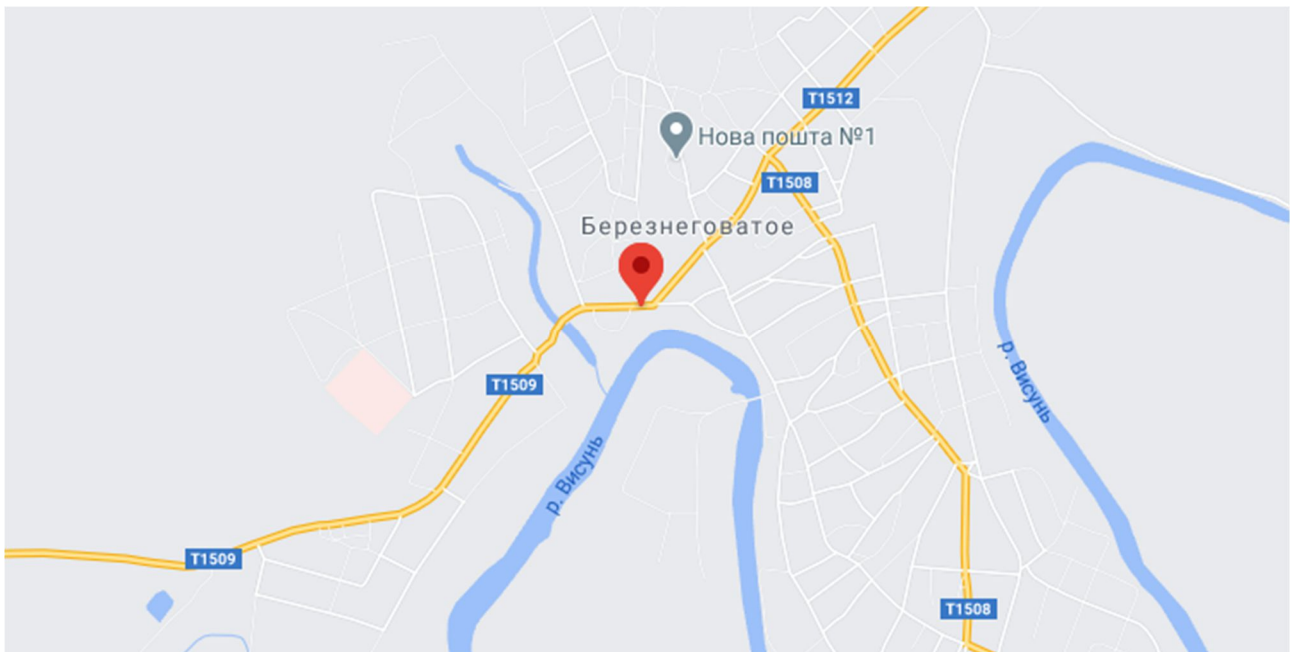


Рисунок 1.2 – Виколювання із карти Миколаївської області

## 1.1 Опис споруди

- Прогонові будови

Прогони мосту 0-1 та 2-3 перекриті плитними прогоновими будовами суцільного перерізу. Прогін 1-2 – монолітною прогоновою будовою. Повна довжина прогонових будов ПБ 0-1, ПБ 1-2, ПБ 2-3 складає 6,0 м.

Розрахункове навантаження Н10 і НГ-60.

В поперечному перерізі прогонової будови ПБ 0-1, ПБ2-3 встановлено 10 плит, П2-П11 висотою 32 см з кроком 104,4 см по осі плити, та П1, П12, П13 висотою 30 см. Ліворуч по ходу кілометражу встановлена одна плита П1, праворуч - дві плити П12 та П13. Плити між собою не об'єднані.

Прогін мосту ПБ 1-2 перекритий залізобетонною монолітною плитою.

Об'єднуюча монолітна плита довжиною 6,0 м шириною 9,01 м. В поперечному перерізі встановлено 4 металевих листа довжиною 6,0 м, шириною 0,1 м з кроком від 2,26 м до 2,32 м, висота прогонової будови 0,68 м.

Під час виконання робіт по розширенню проїзної частини були встановлені плитні прогонові будови довжиною 6,0 м, шириною 0,98 м, ліворуч по ходу кілометражу встановлена дві плити П1 висотою 0,32 м та П2 висотою 0,3 м, праворуч по ходу кілометражу дві плити П4 та П5 висотою 0,32 м.



Рисунок 1.3 – Прогонова будова 0-1



Рисунок 1.4 – Прогонова будова 1-2

- Опорні частини

Опорні частини відсутні. Прогонова будова мосту обпирається безпосередньо на опори.

#### Опори

Проміжні опори №1, №2 - масивні, кам'яні. Середня частина опор виконані із бутового каменя (ракушняка) шириною 9,03 м.

Під час виконання робіт з розширення мосту було виконано розширення опор на ширину 1,99 м з обох сторін мосту за допомогою бутобетона облицьованого поверху торкретбетоном. Товщина опори №1 складає 0,97 м висота 1,37м, опора №2 товщиною 0,95 м, висотою 1,63м.

Загальна висота проміжних опор складає 2,26 м, довжина 13,04 м. Загальний вид проміжної опори №1 наведено на рис. 1.5.



Рисунок 1.5 – Загальний вид проміжної опори № 1

Кінцеві опори (стояни) №0 і №3 - масивні, кам'яні опори не обсіпного типу. Середні частини опор виконані із бутового каменя (ракушняка) шириною 10,38 м.

Під час виконання робіт з розширення мосту було виконано розширення опор з обох сторін мосту за допомогою бутобетона облицьованого поверху торкретбетоном. Опори розширені ліворуч за ходом кілометражу на ширину 0,82м, праворуч - 1,61м. Товщина опор №0 та №3 складає 1,0 м.

Загальна висота опор 0,67 м, довжина 12,8 м. Конструкцію фундаментної частини при обстеженні не визначено. Загальний вид кінцевої опори №3 наведено на рис. 1.6



Рисунок 1.6 – Загальний вид проміжної опори №3

- Мостове полотно та експлуатаційні облаштування.

Габарит проїзної частини Г10,07 плюс два тротуари ліворуч по ходу кілометражу шириною 0,77 м, праворуч по ходу кілометражу шириною 1,84 м. Габарит забезпечує пропуск автотранспорту по одній смузі у різних напрямках шириною 3,5м, зі смугами безпеки 1,5 м. Загальна ширина мосту – 13,04 м.



Рисунок 1.7 – Загальний вид на проїзну частину мосту з боку смт. Казанка

На проїзній частині укладено асфальтобетонне мостове полотно загальною товщиною 10-36 см.

Захисний шар бетону під асфальтобетонним покриттям відсутній.

Парапетне огородження проїзної частини виконано із бетонного блока шириною 0,15 м. Висота від асфальтного покриття ліворуч по ході кілометражу 0,37 м, праворуч - 0,52 м.

Перильна огорожа на мосту металева висотою 0,9 м, складається з прокатних елементів. Поручень виконаний із труби діаметром  $\varnothing 45$  мм, поручневе заповнення із квадратного прокату перерізом 20x20 мм, що влаштоване на швелері №8. Перильне огородження влаштоване тільки ліворуч за ходом кілометражу.



Рисунок 1.8 – Тротуар з лівого боку за ходом кілометражу.

Відвід води із проїзної частини здійснюється за рахунок поздовжніх і поперечних ухилів.

Деформаційні шви – відсутні. Освітлення на мосту відсутнє.

Підходи до мосту та підмостова зона

Параметри автодороги на підходах до мосту зі сторони смт. Казанка ширина проїзної частини 5,3-5,9 м; ширина узбіччя – до 1,9 м (рис. 1.9). Зі сторони

м. Снігурівка ширина проїзної частини 7,5-8,4 м.

Покриття проїзної частини на підходах – асфальтобетон.

Розмітка проїзної частини – відсутня.

Підходи до мосту: з боку м. Казанка влаштовані з ухилом 21 ‰ від опори №0; з боку м. Снігурівка з ухилом 17 ‰ до опори №3.

З лівої та правої сторони (по ходу кілометражу), прокладена ЛЕП на залізобетонних стовпах.

Ліворуч по ходу кілометражу по торцю плити проходять труби з комунікаціями діаметром  $\varnothing 110$  мм і  $\varnothing 62$  мм., а також на рівні землі біля опори №1 проходять труби  $\varnothing 150$  мм і  $\varnothing 100$  мм. Праворуч по ходу кілометражу на відстані 15 м від мосту проходить газопровід діаметром  $\varnothing 60$  мм.

На підходах до мосту дорожні знаки, які б обмежували швидкість руху автотранспорту чи вантажопідйомність відсутні.



Рисунок 1.9 – Вид на проїзну частину підходу до мосту з боку смт. Казанка.

Укріплення конусів насипів біля опор №0 та №3 в створі мосту зруйноване. Укріплення насипу по обидва боки від стоянів – дернове, із трав'яної рослинності природнього походження.

Регуляційні споруди відсутні.

Перехідні плити відсутні.

На момент обстеження вода в р. Висунь відсутня.

## **РОЗДІЛ 2**

### **ДЕФЕКТИ ШТУЧНОЇ СПОРУДИ**

#### **2.1 Прогонові будови**

Під час обстеження прогонових будов моста особлива увага приділялась визначенню дефектів та пошкоджень, які по характеру та походженню впливають на їх вантажопідйомність та довговічність.

На прогонових будовах виявлені дефекти та недоліки, які негативно впливають на загальний експлуатаційний стан споруди в цілому:

Замокання та пліснява на зовнішній поверхні прогоновій будові. Це ознаки наявності в бетоні фізичної і біологічної корозії. Причиною появи вказаного дефекту є порушення гідроізоляції плити проїзної частини, розладнання герметизації поздовжніх швів між плитами та дія навколишнього середовища. Під дією процесу постійного зволоження і висихання бетону, заморожування і відтавання, в бетоні відбуваються процеси руйнування структури і вимивання його складових, в даному випадку вилуговування цементного каменю (рис. 2.1). При такій структурі бетону волога має вільний доступ до арматури і спричиняє її внутрішню корозію. Про що свідчать іржаві патьоки на поверхні бетону. Брудні і зеленкуваті патьоки є наслідком біологічної корозії бетону, викликані мікроорганізмами, що поселилися на його поверхні. Хімічні продукти, що виникають внаслідок життєдіяльності бактерій, безпосередньо діють на бетон і без належного утримання споруди можуть призвести до його руйнування. Цей дефект впливає на довговічність і надійність конструкції.

Щоб усунути вказаний дефект і привести плити прогонових будов мосту в належний експлуатаційний стан необхідно виконати ряд заходів по відновленню захисного шару бетону і захисту його від корозії. Необхідно видалити слабкий бетон, очистити арматуру від корозії, обробити бетон і арматуру спеціальними захисними сумішами від корозії і для кращого зчеплення нового шару бетону із старим. Відновити захисний шар бетону.

Пофарбувати або покрити спеціальними сумішами поверхню бетону для подальшого захисту від негативної дії навколишнього середовища.



Рисунок 2.1 – Замокання та пліснява на зовнішній поверхні прогоновій будові. Прогонова будова 0-1.

1. Руйнування захисного шару бетону з оголенням поперечної арматури. Причиною виникнення дефекту є недостатній захисний шар бетону та відсутність антикорозійного захисту. Дефект впливає на довговічність і надійність конструкції. Щоб уникнути подальшого розвитку корозії арматури та руйнування захисного шару необхідно виконати очищення арматури, нанесення антикорозійного захисного покриття і відновити захисний шар бетону



Рисунок 2.2 – Руйнування захисного шару бетону з оголенням поперечної арматури.

2. Сколювання бетону внаслідок корозії робочої та конструктивної арматури, корозія до 15% перерізу. Поздовжні тріщини по торцям плит. Причиною виникнення дефекту є недостатній захисний шар бетону, відсутність антикорозійного захисту та зруйнована гідроізоляція проїзної частини. Дефект впливає на довговічність і надійність конструкції. Щоб уникнути подальшого розвитку корозії арматури та руйнування захисного шару необхідно виконати очищення арматури, нанесення антикорозійного захисного покриття і відновити захисний шар бетону.



Рисунок 2.3 – Сколювання бетону внаслідок корозії робочої та конструктивної арматури, корозія до 15% перерізу.

## 2.2 Опори мосту

На опорах виявлені дефекти та недоліки, які негативно впливають на загальний експлуатаційний стан споруди в цілому:

Вивітрювання та вимивання цементного розчину з кам'яної кладки опори. Під дією процесу постійного зволоження і висихання цементного розчину, заморожування і відтавання, в цементному розчині відбуваються процеси руйнування структури і вимивання його складових.

Щоб усунути вказаний дефект необхідно видалити слабкий цементний розчин, очистити поверхні, обробити спеціальними сумішами для кращого зчеплення нового цементного розчину із старим та кам'яною кладкою та відновити шви.



Рисунок 2.4 – Вивітрювання швів кладки кам'яних опор

1. Втрата окремих каменів . Причиною виникнення дефекту є старіння та вивітрювання швів кладки. Дефект впливає на довговічність і надійність конструкції. Щоб уникнути розвитку дефектів необхідно виконати зашпарування швів цементним розчином і виконати антикорозійний захист.

2. Підмив опори №2. Причиною виникнення дефекту відсутність фундаменту «сорочки» посилення опори Цей дефект негативно впливає на довговічність та надійність конструкції. Щоб уникнути розвитку дефектів необхідно перевлаштувати опору.



Рисунок 2.5 – Підмив опори №2

### **2.3 Мостове полотно**

Загальними дефектами для мостового полотна є:

1. Поперечні тріщини у асфальтобетонному покритті проїзної частини в місці установки деформаційних швів (див. рис. 2.47).
2. Замокання конструкцій мосту внаслідок зруйнованої гідроізоляції;
3. Засмічене узбіччя проїзної частини біля парапетного огородження з обох боків мосту;
4. Руйнування та не нормативна висота парапетної огорожі;
5. Дорожня розмітка по осі мосту відсутня.
6. Перильне огородження з правої сторони мосту по ходу кілометражу відсутнє



Рисунок 2.6 – Руйнування та не нормативна висота парапетної огорожі.

#### **2.4 Підходи до мосту та підмостова зона**

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

1. На підходах до мосту с обох боків відсутнє металева бар'єрна огорожа.
2. Укріплення конусів насипів стоянів № 0 і № 4 в створі мосту відсутнє.
3. Засміченість підмостової зони, наноси ґрунту.
4. Відсутні перехідні плити.



Рисунок 2.7 – Засміченість підмостової зони, наноси ґрунту.

## РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ПОРІВНЯННЯ ВАРІАНТІВ РЕМОНТУ МОСТУ

### 3.1 Варіант 1

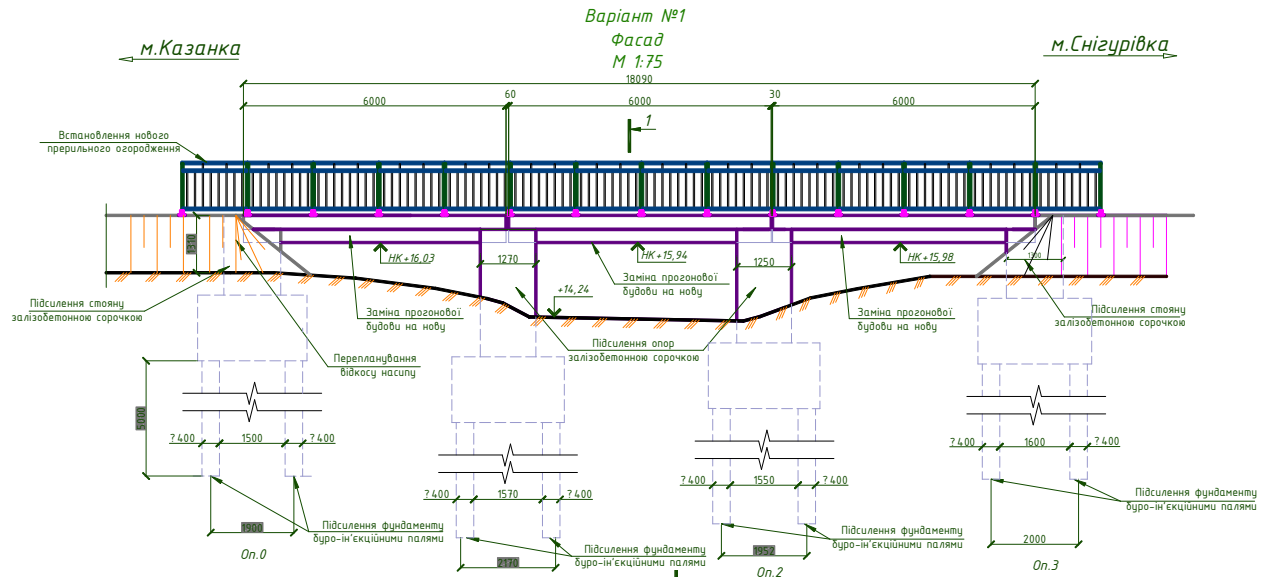


Рисунок 3.1 – Схема варіанта №1

Варіант №1- це ремонт мосту за старою схемою. У цьому варіанті мостового переходу передбачається ремонт мосту з використанням сучасних матеріалів. Прогонові будови потрібно замінити на нові плитно прогонові будови довжиною 6 м та висоту перерізу 320мм, та об'єднати їх монолітною плитою проїзду. Встановлення гумових опорних частин. Опори потрібно очистити від слабого бетону та посилити залізобетонною сорочкою товщиною 15 см. Фундаменти потрібно підсилити бур-ін'єкційними палями.

Згідно першого варіанту ремонту мосту передбачається виконати такі роботи:

- Демонтування старого асфальтобенного покриття.
- Демонтаж старого перильного та бар'єрного огородження
- Демонтування старої монолітної прогонової будови
- Очищення від слабого бетону опори мосту.

- Посилення опор мосту залізобетонною сорочкою.
- Очищення від слабкого бетону прогонові будови мосту.
- Очищення від корозії виглядаючої арматури та оброблення її антикорозійними матеріалами
- Відновлення захисного шару бетонну прогонових будов.
- Встановлення нової плитної прогонової будови довжиною 6 м
- Ремонт пішохідних тротуарів
- Перевлаштування конусу насипу.
- 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



Рисунок 3.2 – Плитна прогонова будова 6 м

## Рисунок 3.3 – Поперечний переріз мосту

Таблиця 3.1 – Визначення вартості варіанту №1

№ з/п	Найменування робіт	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці	Загальна вартість
1	2	3	4	5	6
Основні роботи 1 варіант					
1	Демонтаж старого мостового полотна	100м <sup>2</sup>	1.821	3 045	5 544.94
2	Демонтаж прогонових будов '	м <sup>3</sup>	71.46	1 000	71 460
3	Підсилення опор	м <sup>3</sup>	45.9	5 000	229 500
4	Підсилення фундаментів	м <sup>3</sup>	79.12	5 000	395 600
5	Опорні частини	шт	60	1 150	69 000
6	Плити прогонових будов 6м	м <sup>3</sup>	36	2 5000	900 000
7	Монолітна плита проїзду	м <sup>3</sup>	41.4	15 000	621 000
8	Перепланування укосу насипу	м <sup>3</sup>	5.4	560	3 024
9	Укладка нового полотна автодороги	м <sup>2</sup>	182.19	1 000	182 190
10	Установка бар'єрного огороження	м.п.	48	4 322	207 456
11	Установка перильного огороження	м.п.	48	4 500	216 000
	Всього				2 900 914.94

### 3.2 Варіант 2

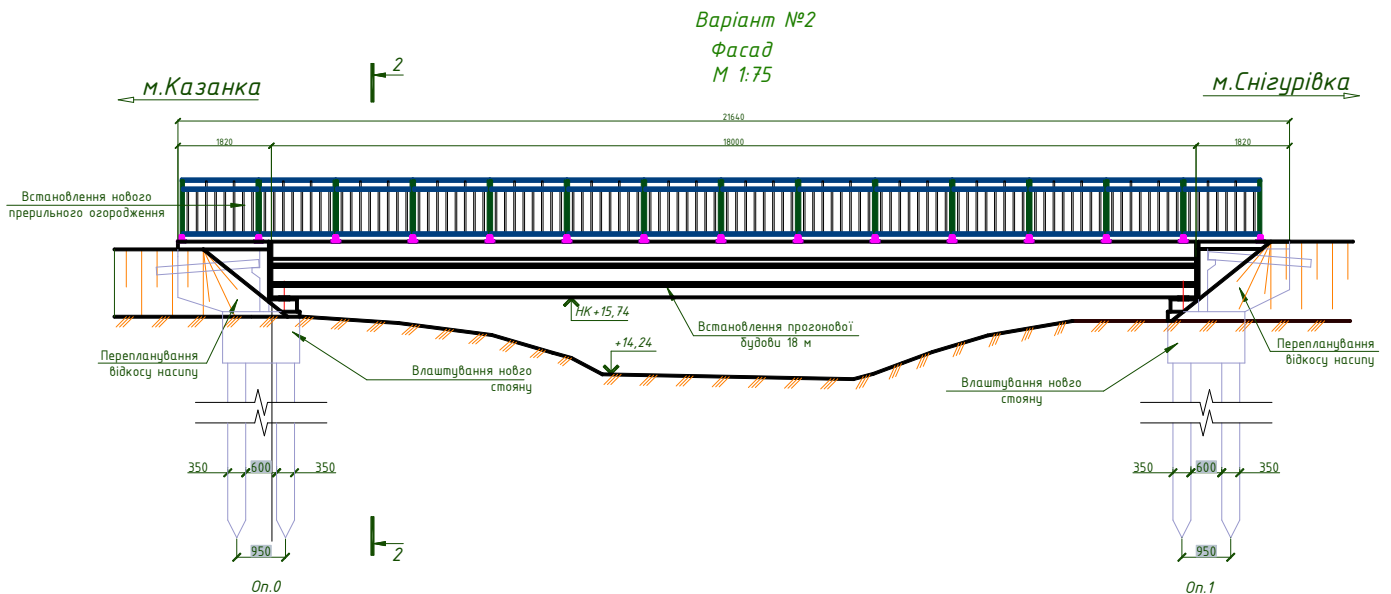


Рисунок 3.4 – Схема варіанта №2

Варіант №2- У цьому варіанті мостового переходу було вирішено замінити 3 шести метрові прогони на один 18 м. В варіанті використано плитну прогонову будову П-18.1.0.0-01 серія 3.503-108 довжиною 18 метрів і висотою перерізу 750 мм. розроблені під тимчасові вертикальні навантаження АК-15, НК-100. Старі опори було демонтовано та встановленні нові стояни під прогонову будову.

Згідно другого варіанту ремонту мосту передбачається виконати такі роботи:

- Демонтування старого асфальтобенного покриття.
- Демонтаж старого перильного та бар'єрного огородження
- Демонтування старих прогонових будов
- Демонтування проміжних опор
- Очищення ростверків від слабого бетону.
- Посилення ростверків залізобетонною сорочкою.
- Встановлення нової плитної прогонової будови
- Встановлення монолітних тротуарних плит

- 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 №2 наведено в таблиці 2.2

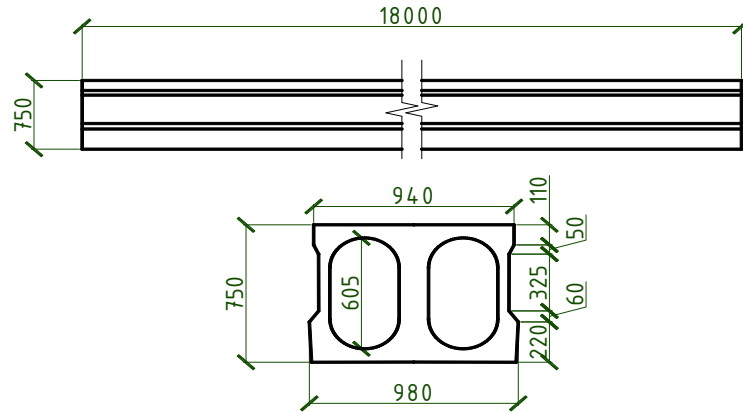


Рисунок 3.5 – Плитна прогонова будова 18м

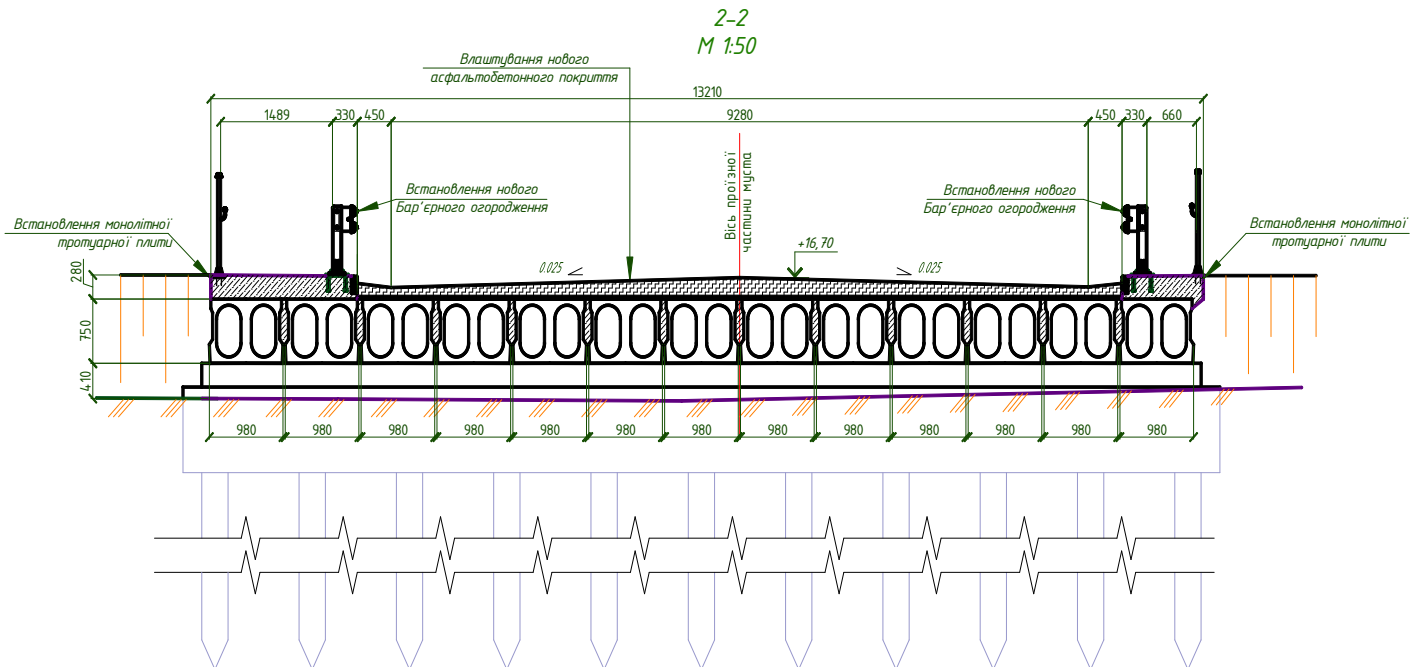


Рисунок 3.6 – Поперечний переріз мосту

Таблиця 3.2 – Визначення вартості варіанту № 2

№ з/П	Найменування робіт	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці	Загальна вартість
1	2	3	4	5	6
1. Основні роботи 2 варіант					
1	Демонтаж старого мостового полотна	100м <sup>2</sup>	1.821	3045	5544.94
2	Демонтаж прогонових будов '	м <sup>3</sup>	71.46	1 000	71 460
3	Демонтаж тротуарних плит	шт	9	5000	45 000
4	Демонтаж страх опор та фундаментів	м <sup>3</sup>	345.4	1000	345 400
5	Палі	м <sup>3</sup>	53.9	2500	134 750
6	Ростверки	м <sup>3</sup>	41.12	5000	205 620
7	Сотояни	м <sup>3</sup>	19.78	5000	98 900
8	Опорні частини	шт	26	1150	29 900
9	Плити прогонових будов 18м	м <sup>3</sup>	79.56	25000	1 989 000
10	Монолітна плита проїзду	м <sup>3</sup>	41.4	15 000	621 000
11	Перепланування укосу насипу	м <sup>3</sup>	5.4	560	3024
12	Влаштування монолітних тротуарних плит	м <sup>3</sup>	17.19	5000	85 950
13	Укладка нового полотна автодороги	м <sup>2</sup>	182.19	1000	182 190
14	Установка бар'єрного огороження	м.п.	48	4322	207 456
15	Установка перильного огороження	м.п.	48	4500	216 000
	Всього				4 242 844.94

### 3.3 Варіант 3

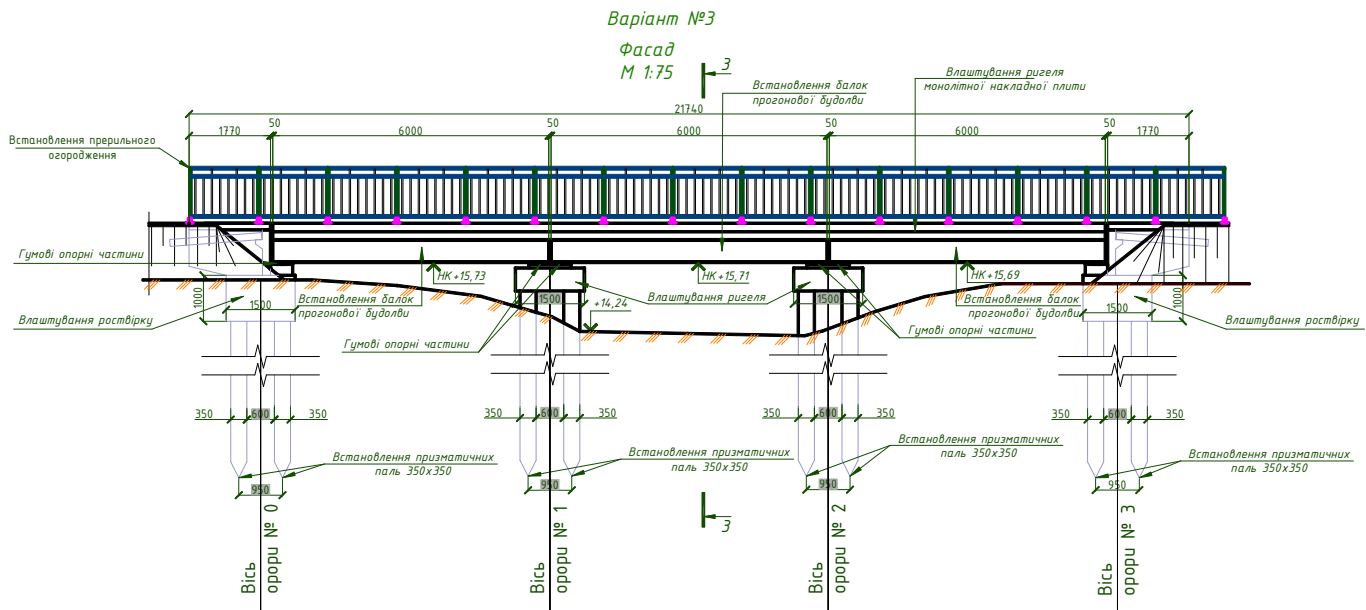


Рисунок 3.7 – Схема варіанта №3

Варіант №3- У цьому варіанті мостового переходу було вирішено замінити старий міст на новий з такою ж схемою. Варіант мосту передбачає прогонові будови з сталевими балками двотаврового типу з вистою перерізу 50 см та монолітною накладною плитою проїзної частини, які розроблені під тимчасові вертикальні навантаження АК-15, НК-100. Опори використані стовбчасті, фундаменти з призматичних забивних палей довжиною 10 м

Згідно варіанту реконструкції мосту передбачається виконати такі роботи:

- Демонтування старого мосту
- Забивання палів
- Влаштування гриля опор
- Встановлення стоянів
- Встановлення гумових опорних частин
- Встановлення металевих балок прогонових будов
- Встановлення монолітної залізобетонної накладної плити.
- Перевлаштування конусу насипу.
- Влаштування тротуарних консолей

- 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 №3 наведено в таблиці 3.3

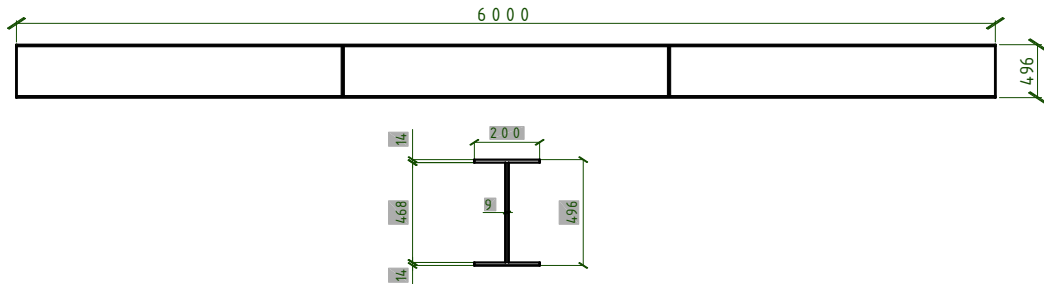


Рисунок 3.8 – балка металева двотаврова. Двотавр 50Б

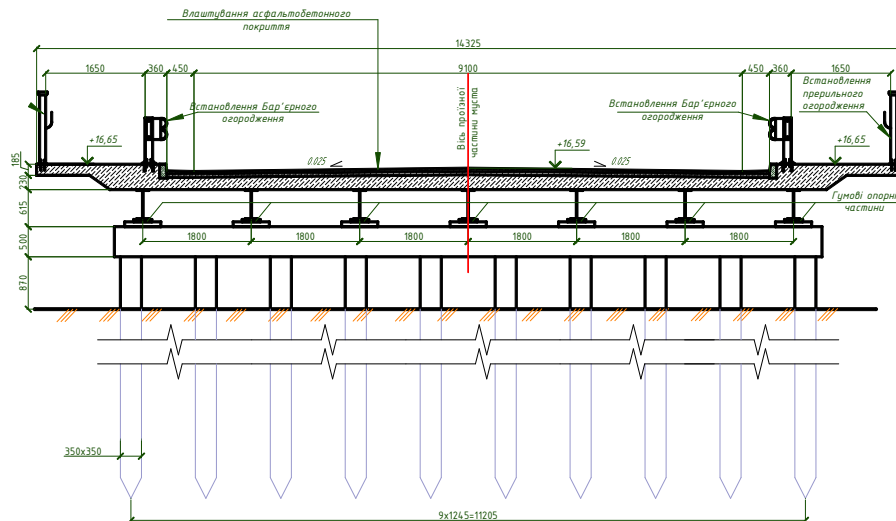


Рисунок 3.9 – Поперечний переріз мосту

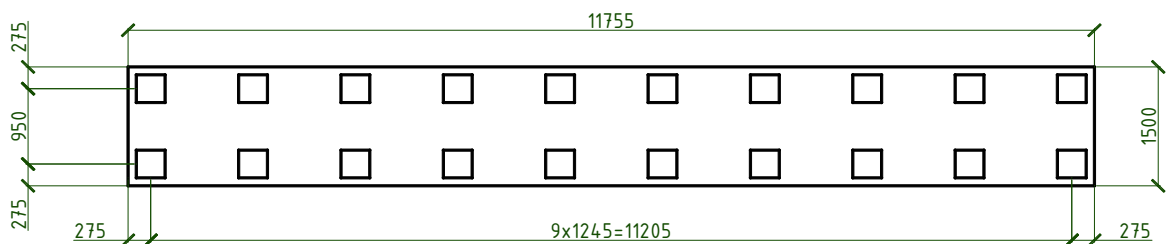


Рисунок 3.10 – Пальове поле

Таблиця 3.3 – Визначення вартості варіанту №3

№ з/п	Найменування робіт	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці	Загальна вартість
1	2	3	4	5	6
1. Основні роботи 3 варіант					
1	Демонтаж старого мостового полотна	100м <sup>2</sup>	1.821	3045	5544.94
2	Демонтаж монолітної прогонових споруд	м <sup>3</sup>	31.86	1000	159 300
3	Демонтаж тротуарних плит	шт	9	5000	45 000
4	Демонтаж прогонових споруд	шт	20	5000	100 000
5	Демонтаж страх опор та фундаментів	м <sup>3</sup>	345.4	1000	345 400
6	Палі	м <sup>3</sup>	14.7	2500	245 000
7	Ростверки	м <sup>3</sup>	34.86	5000	174 330
8	Ригелі	м <sup>3</sup>	17.55	5000	87 750
9	Сотояни	м <sup>3</sup>	19.78	5000	98 900
10	Опорні частини	шт	60	1150	69 000
11	Металеві балки	т	9.8	35000	343 000
12	Монолітна залізобетонна накладна плита.	м <sup>3</sup>	63.35	35000	1 583 750
13	Перепланування укосу насипу	м <sup>3</sup>	5.4	560	3024
14	Укладка нового полотна автодороги	м <sup>2</sup>	182.19	1000	182 190
15	Установка бар'єрного огороження	м.п.	48	4322	207 456
16	Установка перильного огороження	м.п.	48	4500	216 000
	Всього				4 499 144.94

### 3.4 Порівняння варіантів

Таблиця 3.4 – Техніко-економічне порівняння

№	Найменування	Од. Вим.	Об'єм		
			Варіант№1	Варіант№2	Варіант№3
1	Схема мосту	м	6x3	18	6x3
2	Вартість метеріалів	грн	2 900 914.94	4 242 844.94	4 499 144.94
3	Вартість одного ПМ	грн	161 161.94	235 713.05	249 945.24

#### Висновок

Зробивши техніко-економічне порівняння варіантів бачимо, що найбільше вигідний з точки зору вартості матеріалів є перший варіант.

Зважаючи на техніко-економічне порівняння варіантів до подальшого розрахунку беремо варіант 1.

## РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ

Для пошуку зусиль в прогоні плити використано метод скінчених елементів у програмному комплексі ЛІРА-САПР. Попередньо було визначено схеми розташування моделей навантаження відповідно до правил ДБН В.1.2-15-2009 для розрахунку на міцність від моделі навантаження АК (рис. 3.1), від моделі НК (рис. 4.2) та на витривалість від моделі АК (рис. 4.3).

Розрахункова модель прогону побудована за допомогою вбудованої функції програми ЛІРА-САПР «Генерація плити». Модель має граничні умови які забороняють будь-які переміщення та дозволяють обертання в місцях обпирання плити. Розрахунок не включає наявність попереднього напруження, цей фактор враховано у подальших аналітичних розрахунках. Кінцевий вигляд розрахункової моделі зображено на рисунку 4.4 яка складається із 3466 скінчених елементів та 3737 вузлів.

### 4.1 Визначення зусиль в прогоновій будові

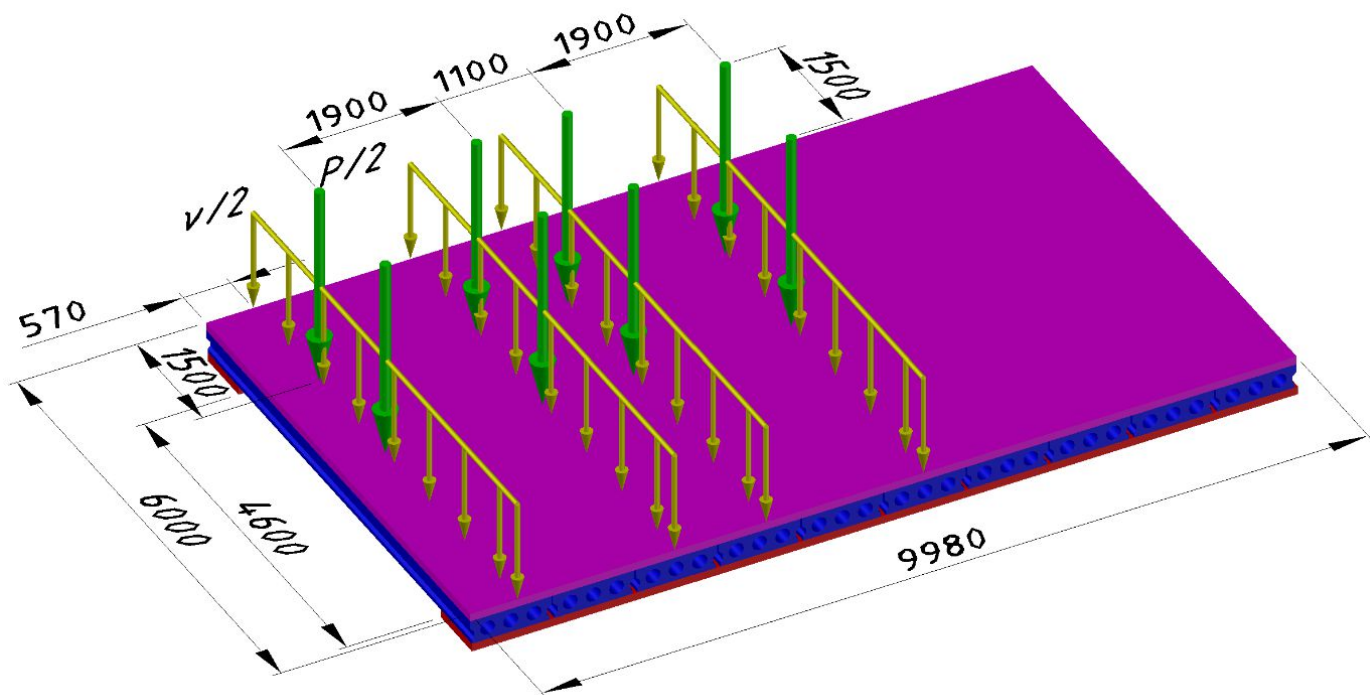


Рисунок 4.1 – Схема розташування моделі навантаження АК на міцність

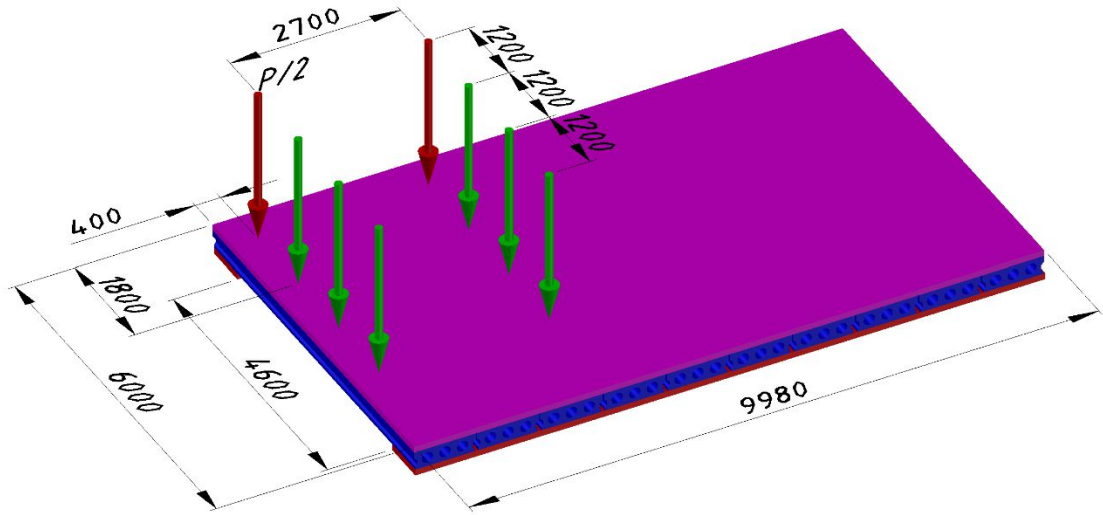


Рисунок 4.2 – Схема розташування моделі навантаження НК на міцність

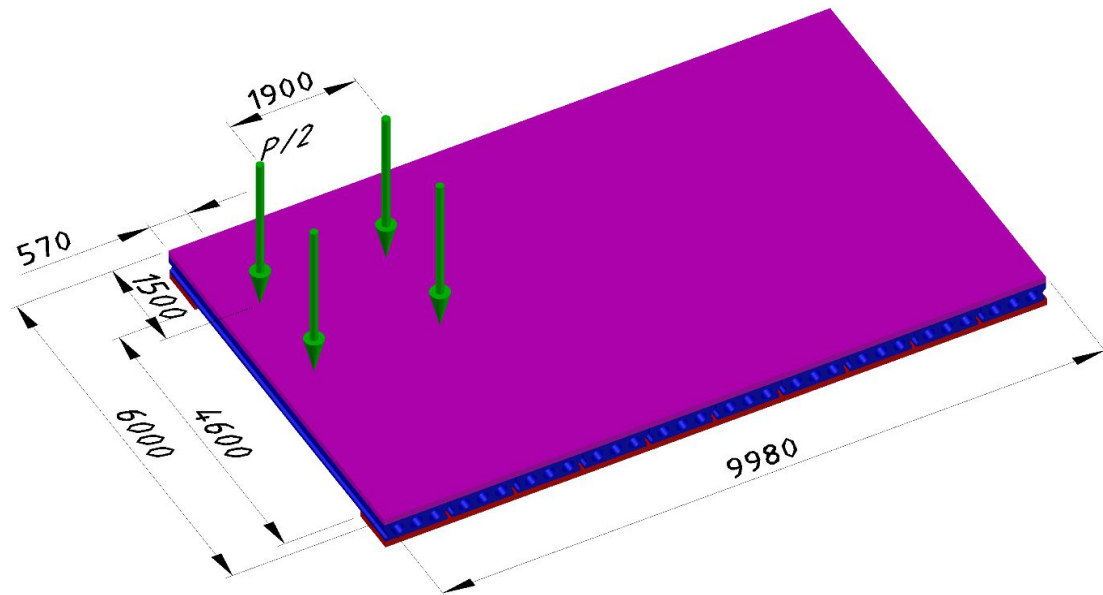


Рисунок 4.3 – Схема розташування моделі АК на витривалість

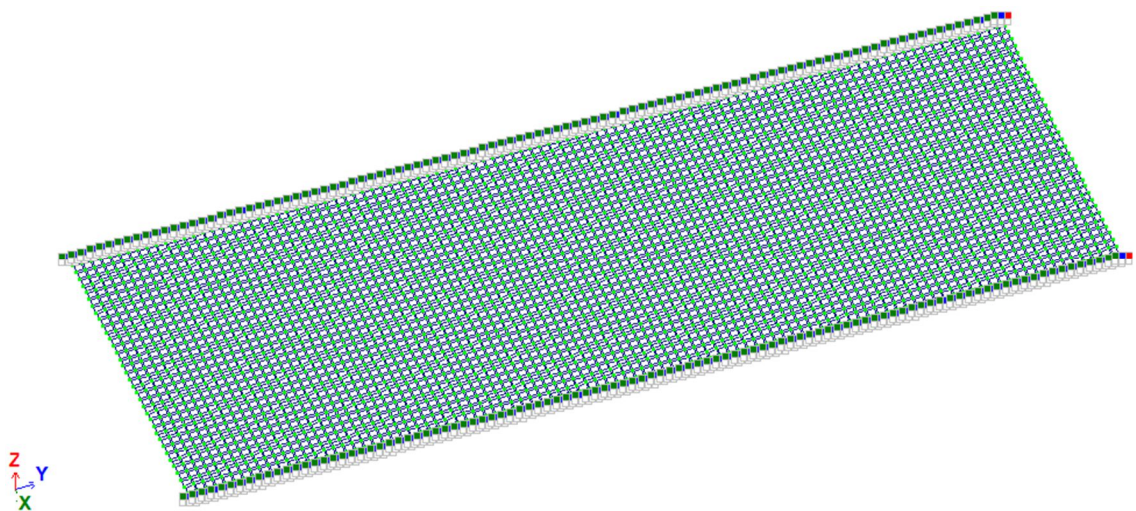


Рисунок 4.4 – Розрахункова модель плити у програмному комплексі ЛІРА-САПР

Визначені результати необхідних зусиль для подальшого розрахунку наведені на рисунках 4.5-4.10 та зведені у таблиці 3.1.

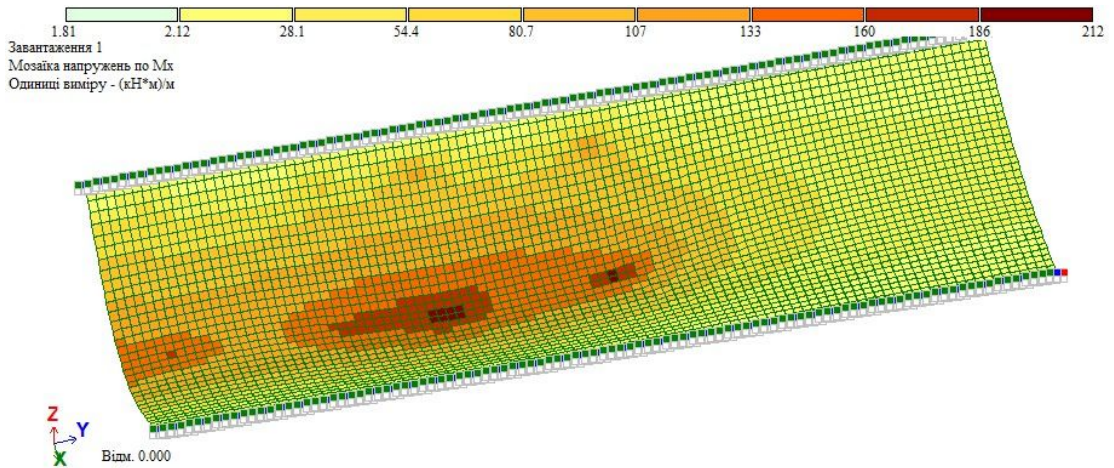


Рисунок 4.5 – Мозаїка напружень згинального моменту від АК для розрахунку на міцність

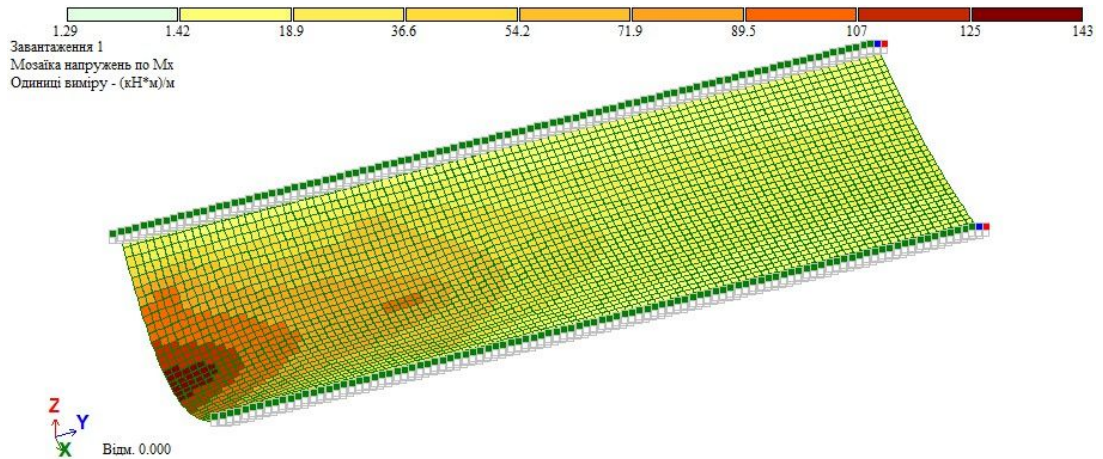


Рисунок 4.6 – Мозаїка напружень згинального моменту від НК для розрахунку на міцність

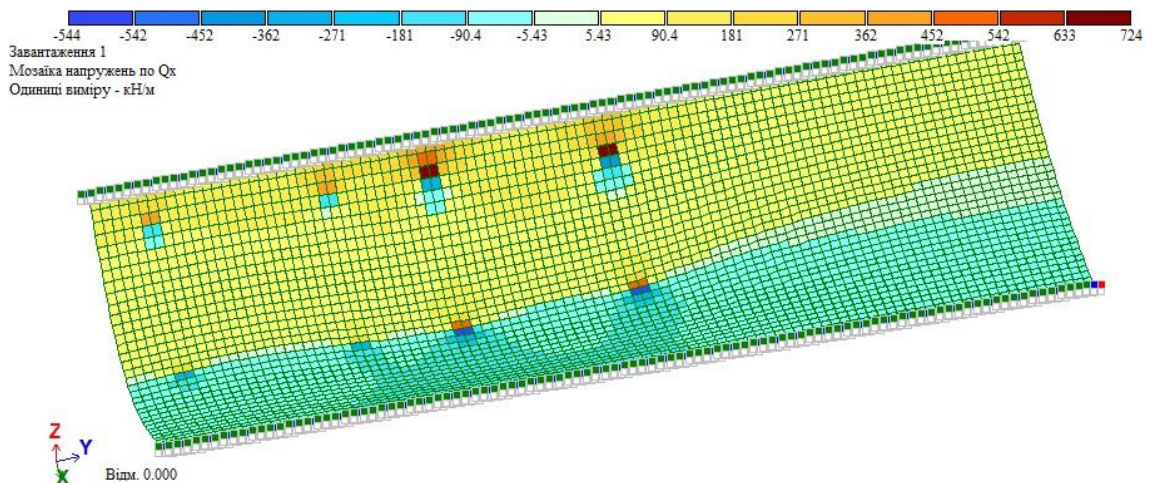


Рисунок 4.7 – Мозаїка напружень поперечної сили від АК для розрахунку на міцність

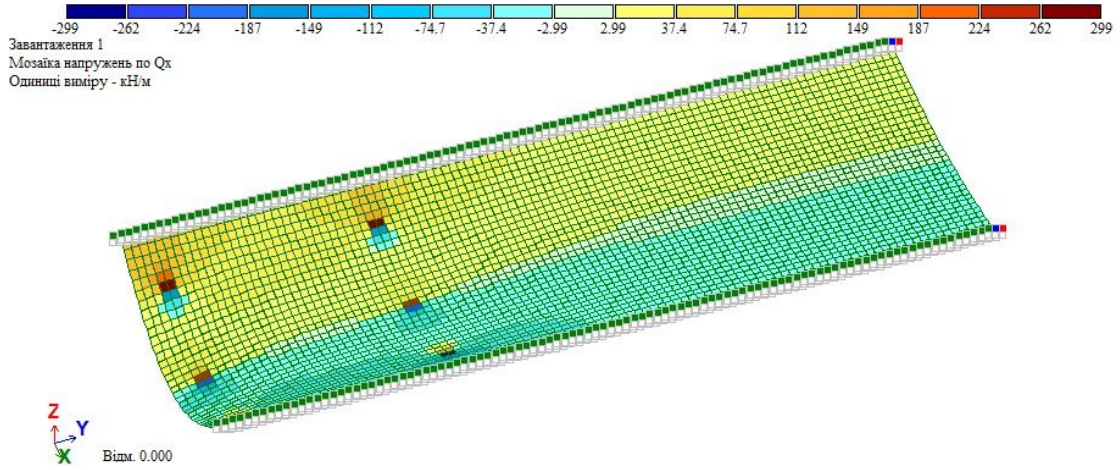


Рисунок 4.8 – Мозаїка напружень поперечної сили від НК для розрахунку на міцність

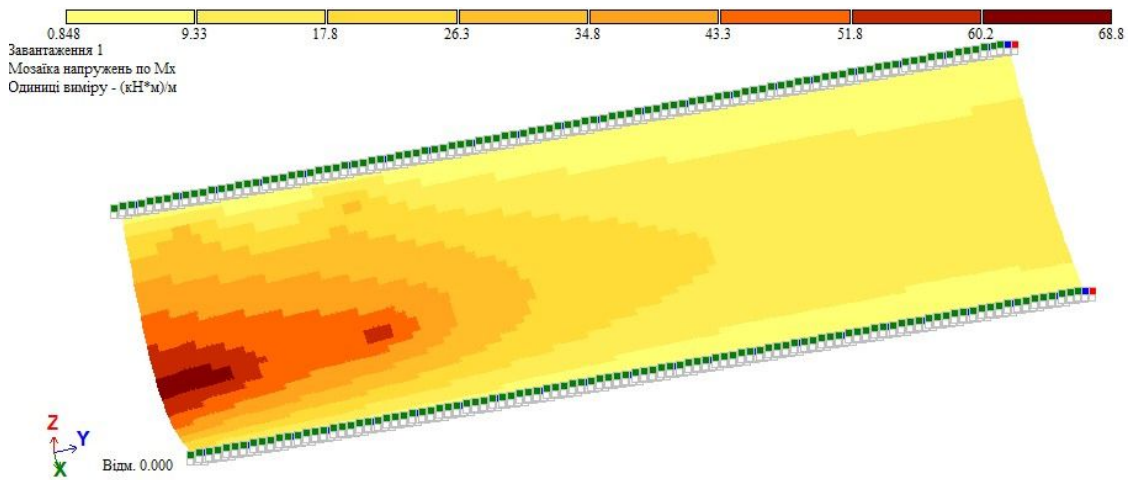


Рисунок 4.9 – Мозаїка напружень згинального моменту за моделлю АК для розрахунку на витривалість – максимальне значення

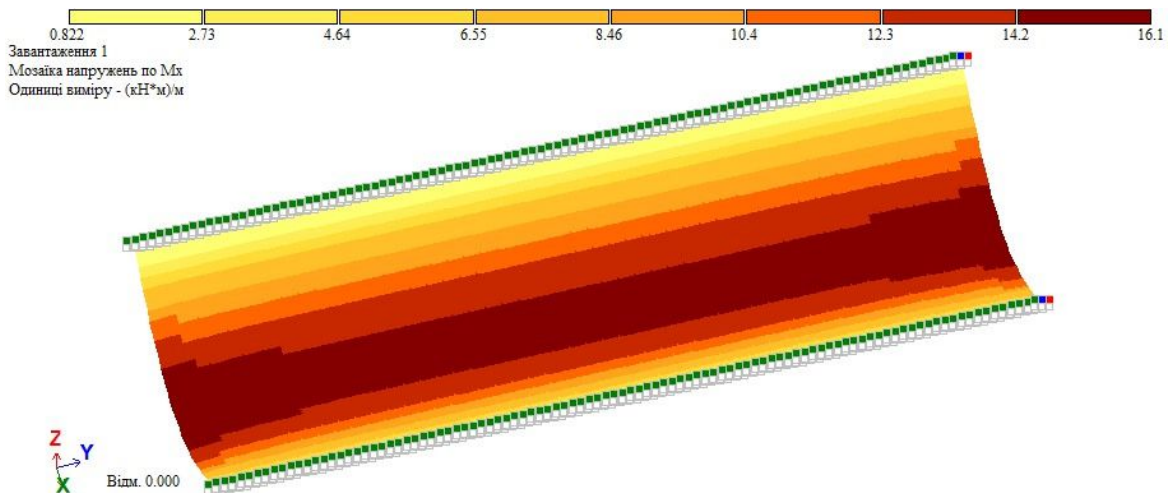


Рисунок 4.10 – Мозаїка напружень згинального моменту за моделлю АК для розрахунку на витривалість – мінімальне значення

Таблиця 4.1 – Результати мозаїк напружень розрахункових моделей прогону

№	Назва розрахунку	За моделлю навантаження	$M_x$ , (кН·м)/м	$Q_x$ , кН/м
1	Для перевірки на міцність	АК	212	724
2		НК	143	299
3	Для перевірки на витривалість. Максимальне та мінімальне відповідно	АК	68,8 та 16,1	-

Подальші розрахунки виконані у програмному забезпеченні Mathcad та наведено у додатку А. Результати та порівняння зусиль із несучою здатністю наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Порівняння результатів зусиль із несучою здатністю за перевірками

№	Назва перевірки	Виникаючі зусилля	Несуча здатність	Запас міцності, %
1	На міцність за згинальним моментом	212 кН·м	243,17 кН·м	$\frac{212 - 243,17}{212} \cdot 100 = 14,7$
2	На витривалість за бетоном	0,5 МПа	12,61 МПа	$\frac{0,5 - 12,61}{0,5} \cdot 100 = 2422$
3	На витривалість за арматурою	608,74 МПа	845,75 МПа	$\frac{608,74 - 845,75}{608,74} \cdot 100 = 38,9$
4	На міцність за поперечною силою	724 кН	757,6 кН	$\frac{724 - 757,6}{724} \cdot 100 = 4,64$

#### 4.2 Висновок

Була створена тривимірна модель прогонової будови, в якій використані пластинчасті елементи для моделювання роботи залізобетонної плитної прогонової будови. За результатами розрахунку зафіксовані зусилля максимального поздовжнього згинального моменту та поперечної сили на рівні 212 кН/м та 724 кН відповідно за завантаженням моделлю АК.

За аналітичним розрахунком при заданих навантаженнях кількість напружуваних канатів періодичного профілю Вр-II із проволоками діаметром 7 мм у нижньому поясі становить 8 штук по 5 дротів в кожному. За виконаними перевірками на міцність за загинальним моментом та поперечної

сили, а також витривалістю, запроєктований переріз задовольняє умови міцності без змін в типових опалубних розмірах плити.

## **РОЗДІЛ 5**

### **ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА МОСТУ**

Будівництво об'єкту виконується у наступній принциповій послідовності:

- підготовчі роботи та влаштування будівельних майданчиків;
- влаштування під'їзних доріг;
- влаштування технологічних майданчиків;
- спорудження опор та стоянів;
- монтаж прогонових будов;
- влаштування проїжджої частини;
- відсіпка дренажного піску за стояни і сполучення з насипом;
- влаштування бар'єрної огорожі, перил, опор освітлення, сходів;
- пропуск руху
- ліквідація технологічних майданчиків; благоустрій території

Тривалість будівництва шляхопровода визначалася виходячи з 8-ми годинного робочого дня та кількості 22 робочих днів на місяці

#### **5.1 Постачання будівельних конструкцій та матеріалів**

Доставка будівельних матеріалів передбачається з підприємств буд-індустрії Миколаївської області та м. Миколаїв. Для доставки будівельних матеріалів для будівництва використовується тимчасова під'їзна дорога та існуюча автомобільна дорога.

Щебінь, що застосовується для будівництва штучних споруд, за всіма параметрами повинен відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-75-98.

#### **5.2 Підсилення фундаментів та опор**

- Підсилення фундаментів буро-ін'єкційними палями.

При виготовленні буро-ін'єкційних паль свердловину бурять порожнистим шнеком, лопаті якого при бурінні заповнюються ґрунтом. Досягши проектної позначки, буріння припиняється. У нижній частині шнека відкриваються отвори, через які під тиском 0,2 - 0,4 МПа подається бетон, при цьому шнек з ґрунтом грає роль пакера. У процесі поступового підняття шнека йде

заповнення звільненої порожнини бетоном. Арматурний каркас вставляється у свіжий, вже обжятий бетон.

При посиленні опор залізобетонною сорочкою передбачається виконати такі роботи:

1. Очищення від слабкого бетону опори,
2. Зачищення від корозії арматури,
3. Оброблення арматури антикорозійними матеріалами
4. Буріння анкерів
5. Влаштування арматурного каркасу сорочки
6. Встановлення опалубки сорочки
7. Заливання та вібрування бетону
8. Демонтаж опалубки

### **5.3 Монтаж прогонової будови кранами**

Встановлення балок прогонової будови в проектне положення передбачено одним краном вантажопідйомністю 25 т.

Монтаж балок ведеться з технологічних майданчиків із залізобетонних плит.

Після встановлення плит у проектне положення їх об'єднують за допомогою монолітної плити проїзної частини. Встановлюються закладні деталі під бар'єрну огорожу, водовідвідні трубки та елементи деформаційних швів.

Після закінчення спорудження прогонової будови проводиться гідроізоляцією, потім влаштування дренажу на проїжджій частині та укладання асфальтобетонного покриття.

### **5.4 Послідовність виконання робіт**

1. Планування землі під будівельні майданчики.
2. Влаштування будівельних майданчиків. Розбивка осей споруди.
3. Влаштування під'їзних доріг.
4. Влаштування побутового містечка на будівельних майданчиків.

5. Влаштування технологічних майданчиків із залізобетонних плит по шару щебно-піщаної суміші 25 см для стійкої роботи копрової та кранової техніки.
6. Підсилення фундаментів буро-ін'єкційними палями
7. Підсилення опор залізобетонною сорочкою.
8. Монтаж краном вантажопідйомністю 25 т плит прогонової будови у проектне положення.
9. Улаштування монолітної плити проїзду .
10. Встановлення деформаційних швів.
11. Влаштування мостового полотна проїжджої частини шляхопроводу.
12. Влаштування поздовжнього дренажу та водовідвідних трубок, укладання асфальтобетонного покриття.
13. Монтаж та фарбування бар'єрної огорожі, перильного огороження мосту.
14. Влаштування експлуатаційних сходів та водовідвідних лотків.

## РОЗДІЛ 6

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 6.1 Охорона праці під час виконання робіт з монтажу монолітної залізобетонної плити.

Перелік робіт під час монтажу монолітної залізобетонної плити:

- становлення та закріплення опалубки та робочих риштувань на головні металеві балки;
- подавання крана на автомобільному ході до місця робіт і назад.
- армування плити;
- бетонування плити;
- демонтаж опалубки;

Під час монтажу монолітної залізобетонної плити використовуються наступні машини, механізми та обладнання:

- кран РДК-250;
- автобетонозмішувач СБ-92;

Небезпечні фактори при роботі:

- над водою;
- на висоті;
- з монтажними кранами;
- з напругою;
- з робочими органами інструментів.

Шкідливі фактори:

- фактор вібрації, що виникає при роботі кранів, колійних інструментів;
- фактор підвищеної шумливості при роботі з механічними, електричними машинами та механізма;
- фактор атмосфери – кліматичних чинників, що діє на працівників при виконанні робіт (високі та низькі температури навколишнього середовища, вологість, опади, вітер);

## 6.2 Загальні вимоги

Дорожньо-будівельні роботи, роботи з виготовлення дорожньо-будівельних матеріалів, обслуговування і керування дорожньо-будівельною і приймально-транспортною технікою й іншим оснащенням проводяться відповідно вимогам Законів України “Про охорону праці”, “Про пожежну безпеку” та «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12)» .

Власник чи уповноважена особа організовує проведення медичних оглядів працівників, зайнятих на важких роботах, роботах зі шкідливими і небезпечними умовами роботи відповідно вимогам Закону України “Про охорону праці”.

Працівники можуть приступати до виконання своїх обов'язків тільки після медичного огляду їхнього стану здоров'я припустимого для роботи в тих чи інших умовах.

Для виконання робіт у небезпечних і особливо шкідливих умовах роботи працівникам видається письмовий наряд-допуск відповідно «Загальним вимогам стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників», НПАОП 0.00-7.11-12 Працівники забезпечуються спеціальним одягом, взуттям, рукавицями, касками й іншими засобами індивідуального захисту відповідно вимогам Закону України і «Нормам безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам, зайнятим у будівельному виробництві», НПАОП 45.2-3.01-04 .

Обладнання споряджається суб'єктом господарювання обліковим номером і під цим номером обліковуються в журналі обліку обладнання суб'єкта господарювання, у якого у власності або користуванні (оренда, лізинг тощо) перебуває це обладнання, якщо інше не передбачено законодавством.

Облік має вести працівник, який здійснює нагляд за утриманням та безпечною експлуатацією обладнання, або інший працівник, призначений

суб'єктом господарювання. «Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання», НПАОП 0.00-1.80-18.

Під час підймання і опускання вантажів та прогонових будов не допускається знаходитись під ними. Допуск працівників на опори моста для точного встановлення прогонових будов дозволяється після того, як відстань від низу конструкції до поверхні спирання становитиме не більше 10 см.

При монтажі прогонових будов влаштовуються спеціальні допоміжні споруди, монтаж і демонтаж яких повинен відповідати вимогам безпеки:

Виготовлення, монтаж і демонтаж спеціальних допоміжних споруд і улаштувань проводиться згідно із робочою документацією. Монтаж і демонтаж спеціальних допоміжних споруд та улаштувань проводиться механізовано. В робочій документації зазначають послідовність і безпечний спосіб проведення цих робіт.

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

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, під керівництвом особи, що відповідає за проведення робіт.

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

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

Роботи на воді.

Усі засоби, що плавають, (човни, катера, баржі, понтони, плашкоути й ін.), призначені для перевезення вантажів і людей і для пристрою плавучих

споруджень і установок, перебувають у підпорядкуванні відповідального обличчя, що призначено наказом власника, і експлуатуються відповідно до вимог "Правил судноплавства на внутрішніх водних шляхах України" .

На плавзасоби наноситься реєстраційний номер, що видається у встановленому порядку.

Відповідальність за експлуатацію судів і інших плавучих засобів, за виконання усіх вимог і забезпечення безпеки плавання несуть власники.

Підрозділ, що виконує роботи на акваторіях шириною більше 500м, організує цілодобову диспетчерську службу, що підтримує постійний зв'язок із судами і ділянками робіт і сповіщає їх про прогнози погоди і штормових попереджень.

Під час непогоди судна відстоюються біля обладнаних причалів.

Установка й експлуатація сухопутних кранів, копрів, бетонних заводів, електростанцій, іншого оснащення на плавучі засоби здійснюється відповідно до робочої документації, що включає інструкції з експлуатації плавучих установок.

До керування самохідними судами допускаються обличчя, що мають посвідчення на право судноводіння механізмами.

На кожен весловий човен для перевезення людей призначається спеціально навчений змінний човняр.

Перевезення людей на веслових чи моторних (з підвісним чи стаціонарним мотором) шлюпках (човнах) допускаються на відстань до 2 км при хвилюванні до трьох балів і швидкості вітру не більш 9 м/с.

Перевезення людей і вантажів на одиночних палубних понтонах не допускаються.

На палубних судах, що використовуються для перевезення людей, улаштовуються поруччя висотою 1м по всьому периметрі площі, що відведена для розміщення людей.

Проходи для посадки і висадження людей під час плавання закриваються знімними огороженнями.

Веслові і моторні човни під час плавання в темний час доби забезпечуються ліхтарем з білим вогнем, що прикріплюється на носі човна.

Громіздкі і важкі вантажі перевозяться на човнах і катерах, якщо вони не заважають роботі веслярів і мотористів.

Вогненебезпечні і підривні речовини перевозяться окремо від людей.

Посадка людей і навантаження вантажів на плавучі засоби проводиться в присутності відповідальної особи.

Вантажі, що перевозяться, встановлюються в положення, що забезпечує стійкість плавзасобів.

Не дозволяється купатися на акваторії будівництва і з причалів, плавзасобів, човнів, риштування опор і т.п.

Пасажирські і вантажні причали улаштовуються роздільно.

Причали і підходи до них відгороджуються. Висота огородження – 1м з розривом у місцях розташування проходів і проїздів з боку берега й у місцях причалювання плавзасобів. На пасажирських причалах ширина розривів допускається не більше 1.5 м. Розриви закриваються знімними огородженнями.

На причалах (видні місця) розміщуються рятувальні засоби, вивішуються правила користування катерами, човнами, правила проїзду пасажирів і перевезення вантажів.

На період проведення робіт на ріках і акваторіях при глибині води більш 1,5 м організовується рятувальна служба.

У приміщенні рятувальної станції встановлюється ліжко для тимчасового перебування потерпілого.

Біля місць проведення робіт на воді і над водою знаходяться рятувальні шлюпки (човни), а в льодових умовах – аварійно-рятувальні судна.

Рятувальні шлюпки (човни) підкоряються виконавцю робіт і знаходяться в постійній готовності для використання.

Не допускається використання їх не по призначенню.

На період проведення робіт над водою на висоті більш 5м на рятувальні шлюпки призначаються чергові.

Верхолази, що працюють більш ніж на 5м над водою, одягають рятувальні жилети.

До складу бригади, що веде роботи на воді, повинно входити не менше двох працівників, що володіють прийомами надання допомоги потопаючим.

Шлюпка знаходиться біля місця проведення робіт протягом усієї зміни в зручному для швидкої посадки місці і закріплюється способом, що допускає швидке звільнення від закріплення.

На прогонових спорудах над водотоком з низової сторони розміщуються рятувальні кола з металевим кінцем, з інтервалом не більше 50м.

Рятувальні кола, нагрудники і жилети повинні відповідати вимогам "Правил класифікації і будівлі судів внутрішнього плавання".

На будівництвах, віддалених від населених пунктів і медичних установ, на час льодоходу, або високих повеневих вод організуються спеціальні рятувальні пости, кількість і оснащення яких залежить від місцевих умов.

На судноплавній чи сплавній ріці огорожуються місця проведення робіт (плавучі опори, плавучі установки й ін.) від навалу (удару) минаючих судів і плотів.

Штучні споруди, що попадають у зону льодоходу і паводка, відгороджуються від підмиву й ушкодження.

Повітряні електролінії, що попадають у зону затоплення, з відстанню від найбільш низької точки проводу до горизонту високої води менше 6м, переносяться або знеструмлюються.

Данні про терміни руху льоду, розкритті рік, горизонтах води під час повені й ін. одержують від органів гідрометеослужби.

Монтаж збірних конструкцій прогонових споруд мостів.

Перед виконанням найбільш складних і відповідальних монтажних робіт, крім ППР, мостобудівним підрозділом розробляються спеціальні виробничі інструкції щодо порядку проведення цих робіт і інструкції з охорони праці.

До самостійних верхолазних робіт (роботам, що виконуються на висоті більш 5м від поверхні землі, чи перекриття робітника настилу) допускаються особи не молодше вісімнадцяти років, що пройшли медичний огляд, мають стаж верхолазних робіт не менше одного року і розряд - не нижче III.

Робочі місця і проходи до них на висоті понад 1,3м і на відстані менше 2м від границі перепаду відгороджуються тимчасовим огородженням відповідно до вимог ГОСТ 12.4.059-89 Система стандартів безпеки праці. Будівництво. Огороження запобіжні інвентарні. Загальні технічні умови.

Складання, прикручування, зварювання і замонолічування вузлів конструкцій, що монтуються, проводиться з огорожених засобів підмоцвання. Вертикальні і похилі елементи до подачі їх на монтаж обладнуються монтажними драбинами.

У верхній частині цих елементів згідно з ПВР закріплюються площадки з огороженням. Розстроповування елементів проводиться із засобів підмоцвання або монтажних драбин.

У разі відсутності засобів підмоцвання допускається знаходження стропальника на горизонтальному елементі, що розстроповується з використанням запобіжних поясів передбачаються пристрої у виді туго натягнутих сталевих канатів (тросів) для закріплення за них карабінів попереджувальних поясів. У необхідних випадках використовуються страховочні сітки.

До початку монтажних робіт відповідно до вимог і «Правила безпеки праці під час проведення робіт з будівництва мостів», НПАОП 45.21-1.03-98 визначається порядок подачі умовних сигналів між обличчям, що керує монтажем, і машиністом (мотористом).

Перед підйомом елемента відповідальний керівник монтажних робіт зобов'язаний:

- ретельно оглянути надійність стропувальних пристроїв;
- перевірити правильність і надійність закріплення монтажного крана на цій стоянці;
- перевірити готовність до роботи кранівника (моториста лебідок крана), монтажників і сигнальників.

Не допускається перенесення краном конструкцій і елементів над людьми.

Елемент, що подається на монтаж, допускається направляти ломиками для установки в проектне положення після опущення на 20-30 см від нижнього його кінця (площини) до конструкції, що монтується.

Не допускається залишати підняті елементи в підвішеному стані.

Монтаж елементів, що вимагають роботу крана на одному з максимальних параметрів (вантажопідйомність, виліт чи стріли висота підйому гака), проводиться зі стоянок, розмічених на місцевості.

Твердість, стійкість і міцність встановлених елементів і конструкцій забезпечується тимчасовими кріпленнями.

Розчалування для тимчасового закріплення елементів і конструкцій прикріплюються до надійних опор (фундаментів, якорів і ін.). Кількість розчалувань, їхнього перетину, способи натягування і місця кріплення встановлюються ППР.

Розчалування не повинні стосуватися гострих кутів елементів і конструкцій і перегинатися на них. Перегини розчалувань у місцях перетинання їх з елементами і конструкціями допускаються після перевірки міцності і стійкості цих елементів і конструкцій під дією зусиль розчалувань.

Під час монтажу вертикальних мостових чи інвентарних конструкцій багатоярусних споруджень роботи в нижче розміщених ярусах проводити не допускається.

На змонтованому поясі (розкіс, стійка) металевої прогонової будови під час установки суміжного елемента дозволено знаходитися верхолазам-

монтажникам і персоналу, що має відношення до виконання роботи. Усі працюючі страхуються запобіжними поясами.

Прохід по змонтованих елементах, що не мають огороження, допускається у випадку наявності запобіжного пояса з карабіном і страховочного троса, що натягається уздовж необгородженого елемента. Діаметр і тип страховочного троса, конструкція його кріплення і кількість одночасна закріплених за трос карабінів визначаються ППР. Біля обох кінців страховочного троса встановлюються написи, що визначають кількість облич, що можуть одночасно закріплювати карабіни своїх поясів за трос.

Сполучення монтажних отворів і перевірка їхнього збігу в деталях, що монтуються, проводиться з використанням спеціального інструмента.

Гранично-допустима концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони, рівень шуму і вібрації на робочому місці контролюється згідно з «Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва» та «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» ДСТУ-Н Б А 3.2-1:2007, ДСН 3.3.6.039-99.

Використання засобів індивідуального захисту працівниками при запиленості забезпечується і контролюється згідно НПАОП 0.00-1.04-07. Незалежно від рівня запиленості повітря на виробництві повинна забезпечуватися природня и штучна вентиляції, а механізми і їх частини, що є джерелами забруднення, повинні бути прикритими або максимально герметизовані. Із засобів індивідуального захисту рекомендується користуватися респіраторами, захисними окулярами і одягом, що не пропускає пил.

В якості засобів індивідуального захисту від вібрації і шуму необхідно використовувати спеціальне взуття, на товстій підошві з губчатої гуми, спецрукавиці і протишумні навушники.

### 6.3. Дії працівників в аварійних ситуаціях

Аварійні ситуації можуть бути виробничого характеру, а також виникати під дією несприятливих атмосферних умов (дощу, вітру, урагану та ін.).

В процесі виконання робіт до виробничих аварій та нещасних випадків приводять наступні причини:

- складування матеріалів і виробів з порушенням вимог технічних умов і стандартів на складування для даного виду матеріалу, виробу, недотримання технологічних проїздів і проходів;
- невикористання засобів індивідуального захисту (спецодягу, спецвзуття, рукавиць, захисної каски та ін.);
- робота з несправним інструментом чи механізмами;
- куріння, робота з відкритим вогнем або використання металевого інструмента, що може викликати іскру, при розгрузці або складуванні вантажів з горючими матеріалами;
- падіння матеріалів з висоти;
- використання нестандартних засобів підмошування;
- використання несправних інструментів, механізмів та пристосувань.

При виникненні аварійної ситуації необхідно негайно припинити роботу, прийняти заходи до евакуації людей з небезпечної зони та рятування матеріальних цінностей. При необхідності відключити технологічне обладнання від електромережі.

При ураженні електричним струмом насамперед звільнити потерпілого від дії струму. Вимкнути рубильник або викрутити запобіжними. Якщо це неможливо, відтягнути провід сухою палицею або відтягнути потерпілого, використовуючи при цьому діелектричні рукавиці або підручні засоби: суху мотузку, палку, дошку і т.п.

Якщо стався нещасний випадок потерпілого необхідно доставити у медпункт. У разі погіршення самопочуття працівника, потрібно викликати швидку медичну допомогу по телефону "103". До прибуття лікарів потерпілому надати першу медичну допомогу .

При виникненні пожежі необхідно:

- терміново сповістити про загорання пожежну частину по телефону "101";
- гасіння електрообладнання проводити за допомогою вуглекислотних та порошкових вогнегасників тільки після відключення його від електромережі;
- організувати зустріч пожежних машин та інформувати пожежників про місцезнаходження гідрантів, колодязів та інших засобів пожежогасіння.

Якщо обстановка після аварії або нещасного випадку не загрожує життю і здоров'ю навколишніх працівників і не погрожує розширенням аварії, то обстановку слід зберегти такою, що була на момент події.

Про аварійні ситуації та нещасні випадки необхідно терміново повідомляти виконроба

## ВИСНОВОК

У даному дипломному проєкті було виконано порівняльний розрахунок і визначення оптимального варіанту реконструкції автодорожнього мосту що знаходиться км 62+572 автомобільної дороги загального користування державного значення Р-81 Казанка - Снігурівка – Антонівка - /Р-47/ у Миколаївській області в смт. Березнегувате (GPS-47.306972, 32.846556) і перетинає річку Висунь. Розрахункове навантаження Н10 і НГ-60.

Існуючий автодорожній залізобетонний міст трьох прогоновий, прогони складаються з автодорожніх плит. У прогонах 0-1 та 2-3 прогонові будови із збірного залізобетону. У прогоні 1-2 - залізобетонна монолітна плита. Отвір мосту перекрито за схемою 3×6,0 м.

Було розроблено три варіанти реконструкції мосту. Перший варіант - це ремонт мосту за старою схемою. У цьому варіанті мостового переходу передбачається ремонт мосту з використанням сучасних матеріалів. Прогонові будови потрібно замінити на нові плитно прогонові будови довжиною 6 м та висотою перерізу 300 мм, та об'єднати їх монолітною плитою проїзду. Встановлення гумових опорних частини Опори потрібно очистити від слабкого бетону та посилити залізобетонною сорочкою товщиною 15 см. Фундаменти потрібно підсилити буро-ін'єкційними палями.

Другий варіант це ремонт мосту за нотую схемою. У цьому варіанті мостового переходу було вирішено замінити 3 шести метрові прогони на один 18 м. В варіанті використано плитну прогонову будову П-18.1.0.0-01 серія 3.503-108 довжиною 18 метрів і висотою перерізу 750 мм. розроблені під тимчасові вертикальні навантаження АК-15, НК-100. Старі опори було демонтовано та встановленні нові стояни під прогонову будову.

У третьому варіанті мосту було вирішено замінити старий міст на новий з такою ж схемою. Варіант мосту передбачає прогонові будови з сталевими балками двотаврового типу з вистою перерізу 50 см та монолітною накладною плитою проїзної частини, які розроблені під

тимчасові вертикальні навантаження АК-15, НК-100. Опори використані стовбчасті, фундаменти з призматичних забивних палей довжиною 10 м

За техніко-економічним порівнянням варіантів, найбільше вигідний з точки зору вартості матеріалів був перший варіант. Зважаючи на техніко-економічне порівняння варіантів до подальшого розрахунку беремо варіант 1.

В рамках визначення оптимальних варіантів було виконано розрахунок прогонової будови першим варіанту. Була створена тривимірна модель прогонової будови, в якій використані пластинчасті елементи для моделювання роботи залізобетонної плитної прогонової будови. За результатами розрахунку зафіксовані зусилля максимального поздовжнього згинального моменту та поперечної сили на рівні 212 кН/м та 724 кН відповідно за завантаженням моделлю АК.

За аналітичним розрахунком при заданих навантаженнях кількість напружуваних канатів періодичного профілю Вр-II із проволоками діаметром 7 мм у нижньому поясі становить 8 штук по 5 дротів в кожному. За виконаними перевірками на міцність за загинальним моментом та поперечної сили, а також витривалістю, запроєктований переріз задовольняє умови міцності без змін в типових опалубних розмірах плити.

Зважаючи на все вищесказане робимо висновок, що конструкція прогонової будови для ремонту є найоптимальнішим варіантом конструкції прогонової будови в даному випадку та задовольняє необхідні вимоги під сучасне навантаження

**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. Закон України про охорону праці: / із змінами і доповненнями внесено Законами України 19.12.2017 р. № 2249–VIII – К.: 2017 р. – 668 с8. Закон України про пожежну безпеку: / із змінами і доповненнями внесено Законами України 05.07.2012 р. № 5081–VI – К.: 2013 р. – 458 с.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
  9. 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.
  10. 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.
  11. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. Зміна № 2 / Наказ від 30.12.2011 № 438 / Інститут "Київпромелектропроект" – К., 2011.
  12. Алексеев В.В. Железнодорожные и автодорожные мосты / В.В. Алексеев, Г.И. Тередики, Л.С. Блинков. // – М.: – 1994. – 220 с.
  13. ДБН В.2.3-26:2010 Споруди транспорту. Мости та труби. Сталеві конструкції. Правила проектування. Част.1, 2. Національний транспортний університет. Чинні від 01.10.2011 р.– Київ:– 2011. – 108 с.

**ДОДАТОК А**  
**РОЗРАХУНОК ПУСТОТНОЇ ПЛИТИ ПРОЇЗДУ**

**A.1. Нормативні навантаження**

Нормативний тиск від власної ваги прогонової будови [кПа]

Об'єм бетону однієї плити [м<sup>3</sup>]

$$V_{б.пл} := 1.24$$

Питома вага залізобетону [кН/м<sup>3</sup>]

$$\gamma_{зб} := 24.5$$

Ширина плити [м]

$$b_{пл} := 1$$

Розрахункова довжина прогону [м]

$$l_p := 4.6$$

$$q_{н.вв} := \frac{V_{б.пл} \cdot \gamma_{зб} \cdot b_{пл}}{l_p} \rightarrow \frac{1.24 \cdot 24.5}{4.6} = 6.6$$

Нормативний тиск від дорожнього покриття [кПа]

Товщина [м]

$$\delta_{дп} := 0.12$$

Питома вага [кН/м<sup>3</sup>]

$$\rho_{дп} := 23$$

Коефіцієнт надійності

$$\gamma_{дп} := 1$$

$$q_{н.дп} := \delta_{дп} \cdot \rho_{дп} \cdot \gamma_{дп} \rightarrow 0.12 \cdot 23 = 2.76$$

Нормативне навантаження від тандему АК на вісь [кН]

Максимальна кількість смуг

Ширина габариту [м]

$$\Gamma := 10$$

$$n := \text{floor}\left(\frac{\Gamma}{3.5}\right) \rightarrow \text{floor}\left(\frac{10}{3.5}\right) = 2$$

Клас навантаження

$$K := 15$$

Перша смуга [кН]

Коефіцієнт смуги

$$y := 1$$

$$P_1 := 9.81 \cdot K \cdot y \rightarrow 9.81 \cdot 15 = 147.15$$

Друга смуга [кН]

Коефіцієнт смуги

$$y := 1$$

$$P_2 := 9.81 \cdot K \cdot y \rightarrow 9.81 \cdot 15 = 147.15$$

Нормативне навантаження від розподіленого АК на смугу [кН/м]

Перша смуга [кН/м]

Коефіцієнт смуги

$$y := 1$$

$$\nu_1 := 0.98 \cdot K \cdot y \text{ explicit, ALL} \rightarrow 0.98 \cdot 15 = 14.7$$

Друга смуга [кН/м]

Коефіцієнт смуги

$$\gamma_{\text{м}} := 0.6$$

$$\nu_2 := 0.98 \cdot K \cdot \gamma_{\text{м}} \text{ explicit, ALL} \rightarrow 0.98 \cdot 15 \cdot 0.6 = 8.82$$

Нормативне навантаження на вісь від моделі НК [кН]

Клас навантаження

$$\text{НК} := 100$$

$$P_{\text{НК}} := \frac{9.81 \cdot \text{НК}}{4} = 245.25$$

## A.2. Розрахункові навантаження

**На міцність**

Розрахунковий тиск від власної ваги прогонової будови [кПа]

Коефіцієнт надійності

$$\gamma_f := 1.25$$

$$q_{\text{р.вв}} := q_{\text{н.вв}} \cdot \gamma_f \rightarrow 6.6 \cdot 1.25 = 8.26$$

Розрахунковий тиск від дорожнього покриття [кПа]

Коефіцієнт надійності

$$\gamma_{\text{ф}} := 2$$

$$q_{\text{р.дп}} := q_{\text{н.дп}} \cdot \gamma_f \rightarrow 2.76 \cdot 2 = 5.52$$

Розрахункове навантаження від тандему АК на вісь [кН]

Коефіцієнти надійності

$$\gamma_{\text{в}} := 1.5 \quad \mu := 0.3$$

Перша смуга [кН]

$$P_{\text{м.1}} := P_1 \cdot \gamma_{\text{в}} \cdot (1 + \mu) \rightarrow 147.15 \cdot 1.5 \cdot (1 + 0.3) = 286.94$$

Перша смуга [кН]

$$P_{\text{м.2}} := P_1 \cdot \gamma_{\text{в}} \cdot (1 + \mu) \rightarrow 147.15 \cdot 1.5 \cdot (1 + 0.3) = 286.94$$

Розрахункове навантаження від розподіленого АК на смугу [кН/м]

Коефіцієнти надійності

$$\gamma_{\text{м}} := 1.5 \quad \mu := 0$$

Перша смуга [кН/м]

$$\nu_{\text{м.1}} := \nu_1 \cdot \gamma_{\text{в}} \cdot (1 + \mu) \rightarrow 14.7 \cdot 1.5 \cdot (1 + 0) = 22.05$$

Друга смуга [кН/м]

$$\nu_{\text{м.2}} := \nu_2 \cdot \gamma_{\text{в}} \cdot (1 + \mu) \rightarrow 8.82 \cdot 1.5 \cdot (1 + 0) = 13.23$$

Розрахункове навантаження на вісь від моделі НК [кН]

$$P_{\text{м.НК}} := P_{\text{НК}} = 245.25$$

**На витривалість**

Розрахунковий тиск від власної ваги прогонової будови [кПа]

$$q_{в.вв} := q_{н.вв} = 6.6$$

Розрахунковий тиск від дорожнього покриття [кПа]

$$q_{в.дп} := q_{н.дп} = 2.76$$

Розрахункове навантаження від тандему АК на вісь [кН]

Перша смуга [кН/м]

$$P_{в.1} := P_1 = 147.15$$

Друга смуга [кН/м]

$$P_{в.2} := P_2 = 147.15$$

Розрахункове навантаження від розподіленого АК на смугу [кН/м]

Перша смуга [кН/м]

$$\nu_{в.1} := \nu_1 = 14.7$$

Друга смуга [кН/м]

$$\nu_{в.2} := \nu_2 = 8.82$$

### **А.3. Зусилля в плиті - ПК "Ліра"**

Максимальний поздовжній момент із розрахунку на міцність [кН\*м/м]

За моделлю АК  $M_{м.маx.1.АК} := 212$

За моделлю НК  $M_{м.маx.1.НК} := 143$

Прийнято максимальний  $M_{м.маx.1} := \max(M_{м.маx.1.АК}, M_{м.маx.1.НК}) = 212$

Максимальний та мінімальний поздовжні моменти із розрахунку на витривалість [кН\*м/м]

За моделлю АК  $M_{в.миn.1} := 16.1$      $M_{в.маx.1} := 68.8$

Максимальна поперечна сила [кН/м]

За моделлю АК  $Q_{м.маx.1.АК} := 724$

За моделлю НК  $Q_{м.маx.1.НК} := 299$

Прийнято максимальний  $Q_{м.маx.1} := \max(Q_{м.маx.1.АК}, Q_{м.маx.1.НК}) = 724$

### **А.4. Перевірка на міцність**

Площа перерізу бетону [м<sup>2</sup>]

$$A_b := 0.304$$

Площа верхньої ненапруженої арматури [м<sup>2</sup>]

Діаметр арматури [м]                      Кількість на погонний метр

$$d_s := 0.01 \qquad n'_{s.pcs} := 7$$

$$A'_s := n'_{s.pcs} \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_s}{2}\right)^2 \rightarrow 7 \cdot \pi \cdot \left(\frac{0.01}{2}\right)^2 = 0.00055$$

Площа нижньої ненапруженої арматури [м<sup>2</sup>]

Діаметр арматури [м]                      Кількість на погонний метр

$$d_s := 0.012 \quad n_{s.pcs} := 7$$

$$A_s := n_{s.pcs} \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_s}{2}\right)^2 \rightarrow 7 \cdot \pi \cdot \left(\frac{0.012}{2}\right)^2 = 0.00079$$

Відношення модулів пружності ненапруженої арматури

Модуль пружності ненапруженої арматури [кПа]

$$E_s := 200000000$$

Модуль пружності бетону класу В30 [кПа]

$$E_b := 32500000$$

$$n_{1s} := \frac{E_s}{E_b} \rightarrow \frac{200000000}{32500000} = 6.15$$

Площа верхньої напруженої арматури [м<sup>2</sup>]

*За поточними нормами матеріалів приймаємо аналогічний типовому канат із 7 проволоч діаметрами 7 мм Вр-II періодичного профілю.*

Діаметр канату [м]                      Кількість у пучку

$$d_p := 0.005 \quad n_p := 5$$

Площа перерізу одного канату [м<sup>2</sup>]

$$A_{p1} := \pi \cdot \left(\frac{d_p}{2}\right)^2 \rightarrow \pi \cdot \left(\frac{0.005}{2}\right)^2 = 0.00002$$

Кількість канатів на погонний метр

$$n_{p.pcs} := 2$$

$$A'_p := n_{p.pcs} \cdot A_{p1} \cdot n_p \rightarrow 2 \cdot 0.00002 \cdot 5 = 0.0002$$

Площа нижньої напруженої арматури [м<sup>2</sup>]

Кількість канатів на погонний метр

$$n_{p.pcs} := 8$$

$$A_p := n_{p.pcs} \cdot A_{p1} \cdot n_p \rightarrow 8 \cdot 0.00002 \cdot 5 = 0.00079$$

Відношення модулів пружності напруженої арматури до бетону

Модуль пружності напруженої арматури [кПа]

$$E_p := 196000000$$

$$n_{1p} := \frac{E_p}{E_b} \rightarrow \frac{196000000}{32500000} = 6.03$$

Площа зведеного перерізу балки [м<sup>2</sup>]

$$A_{red.b} := A_b + n_{1p} \cdot (A_p + A'_p) + n_{1s} \cdot (A_s + A'_s) = 0.31818$$

Статичний момент площі зведеного перерізу плити [м<sup>2</sup>]

$$S_{red.b} := A_b \cdot 0.233 + A_p \cdot 0.047 + A'_p \cdot 0.253 + A_s \cdot 0.03 + A'_s \cdot 0.27 = 0.07$$

Центр ваги зведеного перерізу [м]

$$x_c := \frac{S_{\text{red.b}}}{A_{\text{red.b}}} \rightarrow \frac{0.07}{0.32} = 0.22$$

Момент інерції зведеного перерізу балки відносно центра ваги [м<sup>4</sup>]

Діаметр отворів у плиті [м]

Кількість отворів у плиті

$$d_{\text{с.пл}} := 0.18$$

$$n_{\text{с.пл}} := 3$$

Висота пустотної плити + розподільча плита [м]

$$h_{\text{пл}} := 0.3 + 0.1 = 0.4$$

$$I_{\text{red}} := \frac{b_{\text{пл}} \cdot \left(\frac{A_b}{b_{\text{пл}}}\right)^3}{12} + A_b \cdot (0.233 - x_c)^2 \dots = 0.00263$$

$$+ -n_{\text{с.пл}} \cdot \left[ \frac{\pi \cdot \left(\frac{d_{\text{с.пл}}}{2}\right)^4}{4} + \pi \cdot \left(\frac{d_{\text{с.пл}}}{2}\right)^2 \cdot (x_c - 0.233)^2 \right] \dots$$

$$+ n_{1p} \cdot A_p \cdot (x_c - 0.047)^2 + n_{1p} \cdot A'_p \cdot (h_{\text{пл}} - x_c - 0.047)^2 \dots$$

$$+ n_{1s} \cdot A_s \cdot (x_c - 0.03)^2 + n_{1s} \cdot A'_s \cdot (h_{\text{пл}} - x_c - 0.03)^2$$

Залишкове напруження в арматурі [кПа]

Міцність напружуваної арматури [кПа]

$$R_p := 995000$$

Напруження в арматурі із врахування втрат [кПа]

*На даний час втрати попередньо напружуваної арматури  $A'_p$  невідомі, тому приймаємо що ці втрати дорівнюють 65% від розрахункового опору  $R_p$ .*

$$\sigma_{pc1} := 0.65 \cdot R_p = 646750$$

Найбільші стискальні напруження в напружуваній арматурі стиснутої зони [кПа]

$$R_{pc} := 500000$$

$$\sigma_{pc} := R_{pc} - \sigma_{pc1} \text{ explicit, ALL} \rightarrow 500000 - 646750 = -146750$$

Міцність бетону [кПа]

Міцність ненапружуваної арматури [кПа]

$$R_b := 15500$$

$$R_s := 265000$$

Висота стиснутої зони бетону [м]

$$x' := \frac{R_p \cdot A_p - \sigma_{pc} \cdot A'_p + R_s \cdot A_s - R_s \cdot A'_s}{R_b \cdot b_{\text{пл}}} = 0.05641$$

Відстань верхньої арматури від верхньої грані [м]

$$a'_p := 0.047$$

Відстань верхньої ненапружуваної арматури від верхньої грані [м]

$$a'_s := 0.03$$

Робоча висота бетону [м]

$$h_0 := h_{\text{пл}} - a'_p - 0.1 = 0.25 \quad h_{01} := h_{\text{пл}} - a'_s = 0.37$$

$$M_{\text{Гр}} := R_b \cdot b_{\text{пл}} \cdot x' \cdot (h_0 - 0.5 \cdot x') + \sigma_{\text{pc}} \cdot A'_p \cdot h_0 + R_s \cdot A'_s \cdot h_{01} = 243.17$$

$$M_{\text{M.max.1}} \leq M_{\text{Гр}} \text{ explicit, ALL} \rightarrow 212 \leq 243.17 = 1 \quad \boxed{\text{Умова виконана}}$$

### A.5. Перевірка на витривалість

#### За арматурою розтягнутої зони

Усталені (з вирахуванням втрат) попередні напруження в напружуваній арматурі розтягнутої зони [кПа]

$$\sigma_{\text{pl}} := \sigma_{\text{pc1}} = 646750$$

$$n_1 := n_{1p} = 6.03$$

Відстань від нижньої грані бетону до нижньої ненапружуваної арматури [м]

$$a_s := 0.03$$

*Прийнято вважати, що арматура передає свої напруження повністю на бетон*

Попереднє напруження в бетоні на рівні центра тяжіння напружуваної арматури викликане обтисненням перерізу всієї арматури [кПа]

$$\sigma_{\text{bp}} := \frac{\sigma_{\text{pl}} \cdot A_p \cdot (h_{\text{пл}} - x')}{h_{\text{пл}} \cdot b_{\text{пл}} \cdot h_{\text{пл}}} = -1090.8$$

Напруження в арматурі, що напружується [кПа]

$$\sigma_{\text{el.c}} := n_1 \cdot \sigma_{\text{bp}} = -6578.35$$

Відстань від нижньої грані бетону до нижньої напружуваної арматури [м]

$$a_p := 0.047$$

Напруження в бетоні від постійного навантаження відповідно розтягнутої і стиснутої зон [кПа]

$$\sigma_{\text{btg}} := M_{\text{в.min.l}} \cdot \frac{h_{\text{пл}} - a_p - x'}{I_{\text{red}}} + \sigma_{\text{bp}} = 724.99$$

$$\sigma_{\text{btv}} := M_{\text{в.max.l}} \cdot \frac{h_{\text{пл}} - a_p - x'}{I_{\text{red}}} + \sigma_{\text{bp}} = 6668.61$$

Напруження в арматурі від постійного навантаження [кПа]

$$\sigma_{\text{pg}} := -(n_1 \cdot \sigma_{\text{btg}}) = -4372.27$$

Напруження в арматурі від тимчасового навантаження [кПа]

$$\sigma_{\text{pv}} := -(n_1 \cdot \sigma_{\text{btv}}) = -40216.85$$

Напруження в напружуваній арматурі, відповідно максимальні і мінімальні [кПа]

$$\sigma_{\text{p.max}} := (\sigma_{\text{pl}} - \sigma_{\text{el.c}}) + \sigma_{\text{pg}} + \sigma_{\text{pv}} = 608739.22$$

$$\sigma_{\text{p.min}} := (\sigma_{\text{pl}} - \sigma_{\text{el.c}}) + \sigma_{\text{pg}} = 648956.07$$

$$\rho_b := \frac{\sigma_{p.min}}{\sigma_{p.max}} = 1.07$$

$$\varepsilon_{pp} := 0.85 \quad \beta_{pw} := 1$$

$$m_{ap1} := \varepsilon_{pp} \cdot \beta_{pw} = 0.85$$

$$R_{pf} := m_{ap1} \cdot R_p = 845750$$

$$\sigma_{p.max} \leq R_{pf} \text{ explicit, ALL} \rightarrow 608739.22 \leq 845750 = 1 \quad \boxed{\text{Умова виконана}}$$

### За стиснутим бетоном

$$\sigma_{bp'} := \frac{\sigma_{pl} \cdot A'_p}{h_{пл} \cdot b_{пл}} + \sigma_{bp} = -773.32$$

$$\sigma_{bc1} := \sigma_{bp'} = -773.32$$

$$\sigma_{bcg} := M_{в.min.l} \cdot \frac{x'}{I_{red}} + \sigma_{bp'} = -427.95$$

$$\sigma_{bcv} := M_{в.max.l} \cdot \frac{x'}{I_{red}} + \sigma_{bp'} = 702.55$$

$$\sigma_{bc.max} := \sigma_{bc1} + \sigma_{bcg} + \sigma_{bcv} = -498.73$$

$$\sigma_{bc.min} := \sigma_{bc1} + \sigma_{bcg} = -1201.28$$

$$\rho_{bc} := \frac{\sigma_{bc.min}}{\sigma_{bc.max}} = 2.41$$

$$\beta_b := 1.31 \quad \varepsilon_b := 1.035$$

$$m_{b1} := 0.6 \cdot \beta_b \cdot \varepsilon_b = 0.81$$

$$\sigma_{в.гр} := m_{b1} \cdot R_b = 12609.4$$

$$\sigma_{bc.max} \leq \sigma_{в.гр} \text{ explicit, ALL} \rightarrow -498.73 \leq 12609.4 = 1 \quad \boxed{\text{Умова виконана}}$$

### Перевірка за поперечною силою

Розрахунковий опір на сколювання при згині [кПа]

$$R_{b.sh} := 2.9$$

Довжина проєкції найневигіднішого похилого перерізу на поздовжню вісь елемента [м]

$$c := 2 \cdot h_0 = 0.51$$

Розрахунковий опір бетону на розтяг [кПа]

$$R_{bt} := 1100$$

Площа перерізу поперечної арматури [м<sup>2</sup>]

$$A_{sw} := 3.14 \cdot 0.006^2 \cdot 2.8 = 0.00181$$

$$Q_b := \frac{2 \cdot R_{bt} \cdot b_{пл} \cdot h_0^2}{c} = 278.3$$

Величина дотичного напруження [кПа]

$$\tau_q := 0.25 \cdot R_{b.sh} = 0.73$$

$$\underline{m} := 1.3 + 0.4 \cdot \left( \frac{R_{b.sh}}{\tau_q} - 1 \right) = 2.5$$

$$Q_b \leq m \cdot R_{bt} \cdot b_{пл} \cdot h_0 = 1 \quad m \cdot R_{bt} \cdot b_{пл} \cdot h_0 = 695.75$$

$$R_{sw} := 265000$$

$$Q := Q_b + R_{sw} \cdot A_{sw} = 757.59$$

$$Q_{M.max.1} < Q \text{ explicit, ALL} \rightarrow 724 < 757.59 = 1 \quad \boxed{\text{Умова виконана}}$$