

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)

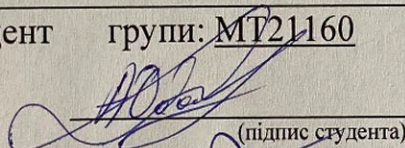
на тему: Обґрунтування параметрів капітального ремонту залізобетонного мосту

за освітньою програмою «Мости і транспортні тунелі»

зі спеціальності: 192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

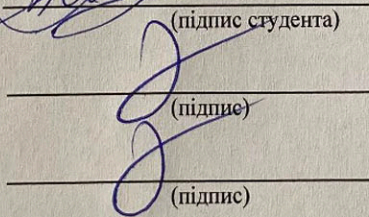
Виконав: студент групи: MT21160


(підпис студента)

/ Андрій ЮДАКОВ /

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

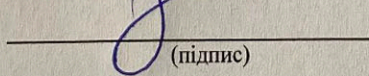
Керівник:


(підпис)

/ ст. викл. Павло ОВЧИННИКОВ /

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер:


(підпис)

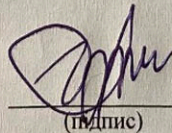
/ ст. викл. Павло ОВЧИННИКОВ /

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Консультанти:

Охорона праці та безпека в
надзвичайних ситуаціях

(назва розділу)

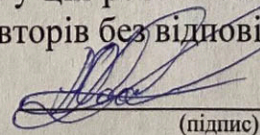

(підпис)

/ 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, Юдакова Андрія Віталійовича
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

студента(ки) групи МТ20160 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)

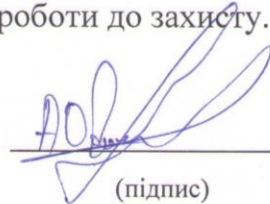
заявляю, що моя випускна кваліфікаційна робота на тему:

Обґрунтування параметрів калібального
ремонтно-защитного 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.

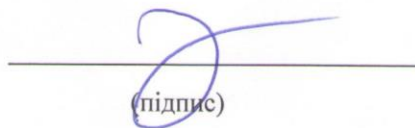
Студент(ка)


(підпис)

Юдаков Андрій Віталійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Дата 19.06.2023

Керівник ВКР


(підпис)

П. Обчиниш
(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»

Юдакова Андрія Віталійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: «Обґрунтування параметрів капітального ремонту 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: Justification of the parameters of capital repair of a 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: MT21160 / Andriy YUDAKOV /

(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 ТЮТКІН
« » _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

до випускної кваліфікаційної роботи на здобуття ОС «бакалавр»

студента MT21160 Юдакова Андрія Віталійовича
(номер групи) (прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема ВКР на здобуття ОС «бакалавр» Обґрунтування параметрів капітального ремонту 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 капітального ремонту; Розробка варіанту капітального ремонту; організація будівництва

5. Перелік креслень (демонстраційного матеріалу)

Вихідні дані
Варіанти капітального ремонту
Розробка варіанту

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 капітального ремонту	01.05 - 07.05.2023	30%
2.	Розробка обраного варіанту	22.05 - 28.05.2023	60%
3.	Організація будівництва Оформлення роботи	12.06 - 18.06.2023	100%
4.			

Дата видачі завдання « 17 » квітня 2023 р.

Керівник ВКР

(підпис)

Павло ОВЧИННИКОВ

(Ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Андрій ЮДАКОВ

(Ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота представлена на 79 сторінках та містить 38 рисунків, 5 таблиць, 13 літературних джерел, 1 додатки та _ креслень.

Об'єкт розробки: ремонт автодорожнього мосту.

Мета роботи: визначення та пропозиції варіантів реконструкції мосту та розробка обраного варіанту.

У бакалаврській роботі був розроблений проєкт реконструкції автомобільного мосту. В процесі дослідження було проведено техніко-економічне порівняння різних варіантів реконструкції мосту, що включали збереження початкової довжини мосту та збільшення розрахункового навантаження під сучасні вимоги.

Ключові слова: міст, залізобетонний міст, автодорожній міст, реконструкція, балка, розрахунок балки.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНІ ДАНІ.....	9
1.1 Опис споруди.....	11
РОЗДІЛ 2 ДЕФЕКТИ ШТУЧНОЇ СПОРУДИ.....	16
2.1 Прогонові будови.....	16
2.2 Опори.....	19
2.3 Мостове полотно.....	23
2.4 Підходи до мосту та підмостовій зоні.....	26
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ПОРІВНЯННЯ ВАРІАНТІВ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ МОСТУ.....	28
3.1 Варіант 1.....	28
3.2 Варіант 2.....	32
3.3 Варіант 3.....	36
3.4 Порівняння варіантів.....	39
Висновок.....	39
РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК ПЛИТИ ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ.....	40
РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНОК БАЛКИ ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ.....	41
РОЗДІЛ 6 ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ МОСТУ.....	45
6.1 Улаштування та заглиблення заздалегідь виготовлених паль.....	45
6.2 Бетонування монолітних опор.....	47
6.3. Улаштування проїзної частини та тротуарів.....	48
РОЗДІЛ 7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	51

7.1 Вимоги безпеки праці під час монтажу плити проїзду на автодорожньому мосту	51
7.1 Спорудження монолітних конструкцій	51
7.1 Експлуатація машин і обладнання	55
ВИСНОВКИ.....	61
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	62

ВСТУП

В сучасному світі однією із актуальніших проблем в мостобудуванні є забезпечення надійної та довговічної експлуатації мостів . Це пояснюється такими факторами:

- збільшення віку мостів;
- зростає інтенсивність руху, динамічні впливи та власна вага конструкцій;
- зростає агресивність зовнішнього середовища

Конструкції мостів в основному схильні до руйнування через розповсюдження дефектів типу тріщин. Процес руйнування в таких матеріалах може тривати роками – від моменту утворення перших тріщини і до початку її критичного зростання. Тому своєчасне виявлення таких дефектів є важливою та складною проблемою. Виявлення значної частини дефектів в мостах ускладнюється внаслідок того, що металеві елементи покриті фарбами, в залізобетонних конструкціях арматура знаходиться в бетоні.

Фактичний термін роботи залізобетонних конструкцій мостів – 25-30 років, після чого потрібні дорогі ремонтні роботи, що не відповідає потенціальним властивостям залізобетону як матеріалу.

Тому дослідження світового досвіду і впровадження ефективних конструкцій на автодорожніх мостах є важливою і актуальною задачею в мостобудуванні.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ДАНІ

Автодорожній міст знаходиться км 24+093 автомобільної дороги загального користування державного значення Р-81 Казанка - Снігурівка – Антонівка - /Р-47/ у Миколаївській області поблизу с. Скобелеве і перетинає річку Висунь. Підмостовий габарит – 4,73 м. Міст розташований на а/д III категорії.

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 6,96 м плюс два тротуари по 0,84 м. Габарит забезпечує пропуск автотранспорту по двох смугах руху $b=3,48$ м у кожному напрямку. Загальна ширина мосту – 9,46 м.

Міст побудований у 1968 році. Відомості про проектну та будівельну організацію відсутні. Проектні розрахункові навантаження Н30 і НК80. Балансоутримувачем споруди є Служба автомобільних доріг у Миколаївській області.

Технічна документація на даний міст представлена карткою на міст, складеною дорожньо-експлуатаційним управлінням 732 Миколаївського Управління доріг у 1970 роках.

На рис. 1.1 наведено загальний вид мосту, а на рис. 1.2 вказане місцезнаходження мосту на карті Миколаївської області поблизу с. Скобелеве в Казанківському районі Миколаївської області. Схема (фасад і розрізи) мосту за результатами натурних обмірювань наведена у Додатку Г.



Рисунок 1.1 – Загальний вид мосту

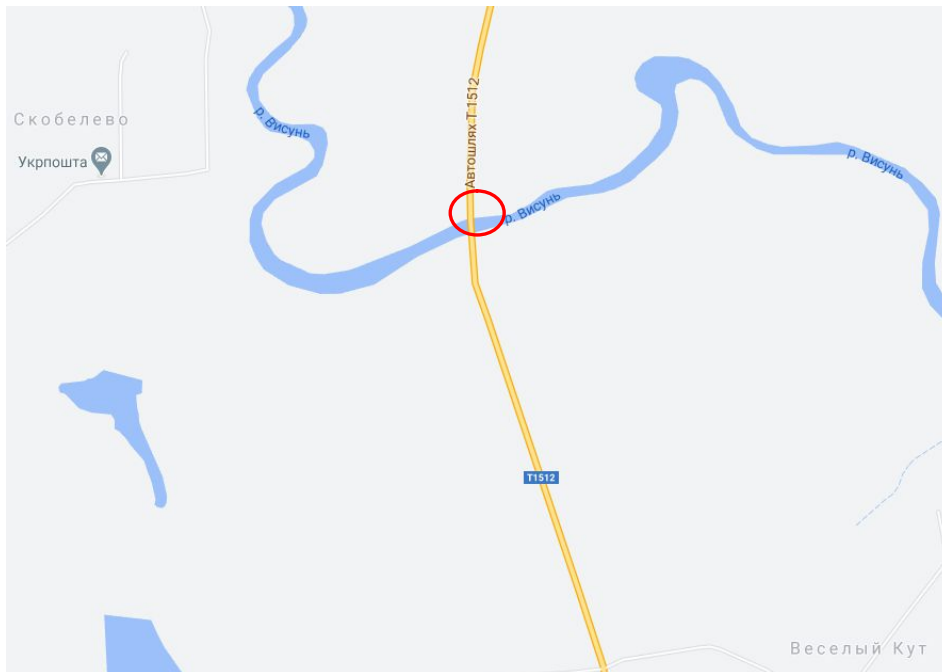


Рисунок 1.2 – Викопіювання із карти Миколаївської області

1.1 Опис споруди

- Прогонові будови

Прогонові будови – балкові, розрізні із збірного залізобетону, двотаврового перерізу, з діафрагмами. Розрахункова довжина прогонової будови – $l_p = 10,8$ м, повна довжина $l_p = 11,36$ м. Розрахункове навантаження Н30 і НК80.

В прогонах 0-1, 1-2, 2-3, 3-4 і 4-5 – за типовим проектом Вип. 122-62 з натягом високоміцної пучкової арматури на упори до бетонування. Кожна прогонова будова в поперечному напрямку складається із п'яти балок, встановлених на ригель опор із середнім кроком 166 см (рис. 1.3). Між собою балки об'єднані діафрагмами. По довжині прогону встановлено п'ять діафрагм; над опорами, в четвертях та середині прогону. Діафрагми між собою об'єднані за допомогою закладних деталей у вигляді металевих пластин з омоноличуванням бетоном.



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

- Опорні частини

Опорні частини відсутні. Балки прогонових будов встановлені на листи руберойду, укладені на ригелі опор

- Опори

Проміжні опори мосту – залізобетонні, пальові, об'єднані поверху залізобетонною насадкою (ригелем). На опорах №№ 1 та 4 палі встановлені у один ряд (в поперечному напрямку п'ять паль), на опорах №№2 і 3 – в два ряди (в поперечному напрямку п'ять рядів). Палі перерізом 35×35 см. Висота залізобетонної насадки (ригеля) 70 см.

Загальний вид проміжної опори №1 наведено на рис. 1.4.



Рисунок 1.4 – Загальний вид проміжної опори № 1

Стояни №0 і №5 – залізобетонні, пальові однорядні, об'єднані поверху залізобетонною насадкою (ригелем). Палі перерізом 35×35 см. В поперечному напрямку опора має 5 паль встановлених в один ряд. Висота залізобетонної насадки (ригеля) – 70 см, ширина – 75 см. Стоян обсіпного типу.

- Мостове полотно та експлуатаційні облаштування.\

Габарит проїзної частини Г6,96 плюс два тротуари по 0,84 м, що забезпечує пропуск автотранспорту по двох смугах руху шириною по 3,48 м у кожному напрямку.

Вид на проїзну частину з боку с. Казанка наведено на рис.1.5.



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

На проїзній частині укладено асфальтобетонне мостове полотно загальною товщиною разом з підготовчим шаром до 35 см.

Тротуари збірні, залізобетонні, накладні, шириною 84 см. Складаються із системи поздовжніх і поперечних блоків на які укладено тротуарні плити. Тротуарні блоки прикріплені до зовнішньої консолі балок Б1 та Б5. Покриття тротуару асфальтове товщиною 5 см.

Транспортне огороження на мосту – металеве, з профільної балки W-подібного перерізу на металевих стояках зі швелеру №12, висотою 0,70 м. Бар'єрна огорожа кріпиться до тротуарних плит через два швелери №10, які з'єднані між собою болтом (рис. 1.6).

Перильна огорожа на мосту відсутня (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Тротуар з лівого боку за ходом кілометражу

Відвід води із проїзної частини здійснюється через водовідвідні трубки діаметром $\varnothing 100$ мм, які встановлені з обох сторін проїзної частини.

Деформаційні шви – закритого типу з металевим компенсатором. Освітлення на мосту відсутнє.

- Підходи до мосту та підмостова зона

Параметри автодороги на підходах до мосту з обох сторін: ширина проїзної частини – 5,8 м; ширина узбіччя – до 2,2 м (рис. 1.7).

Покриття проїзної частини на підходах – асфальтобетон.

Розмітка проїзної частини – відсутня.

Підходи до мосту: зі сторони м. Казанка влаштовані з ухилом 22 ‰ від опори №0; зі сторони м. Снігурівка з ухилом 5 ‰ до опори №5.

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



Рисунок 1.7 – Вид на проїзну частину підходу до мосту з боку м. Снігурівка

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.

РОЗДІЛ 2

ДЕФЕКТИ ШТУЧНОЇ СПОРУДИ

2.1 Прогонові будови

При обстеженні прогонових будов мосту виявлені наступні загальні дефекти.

1. Суцільний білий колір бетону балок прогонових будов з брудними і зеленкуватими та коричнюватими патьоками, проти природнього сірого. Це ознаки наявності в бетоні фізичної і біологічної корозії. Причиною появи вказаного дефекту є порушення гідроізоляції плити проїзної частини, розладнання герметизації поздовжніх швів між балками 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 балки 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 – Суцільний білий колір бетону з брудними патьоками. Прогонова будова 0-1. Вид на опору № 0

2. Тріщини у захисному шарі бетону закладних деталей в об'єднаннях діафрагм між балками прогонових будов над опорами (рис. 2.2). Причиною появи дефекту є розладнання деформаційних швів і вплив навколишнього середовища. Під дією навколишнього середовища (постійне замокання) 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 слабкий бетон та 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 2.2 – Тріщини у захисному шарі бетону закладних деталей в об'єднаннях діафрагм між балками прогонової будови 0-1 над опорою №0.

3. На боковій поверхні балок Б1 та Б5 усіх прогонових будов бетон має білувато-червонуватий і брудний колір. Це наслідки фізичної і біологічної корозії, що відбувається у бетоні. Під дією процесу постійного зволоження і висихання бетону, заморожування і відтавання, в бетоні відбуваються процеси руйнування структури і вимивання його складових, в даному випадку вилугування цементного каменю (рис. 2.3). 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 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 2.3 – Фізична і біологічна корозія бетону на боковій поверхні балки Б1 прогонової будови 0-1.

4. Розладнання в герметизації поздовжніх швів між балками прогонових будов (рис. 2.4). В результаті відбувається просочування води скрізь розладнані шви, про що свідчать брудні патьоки на внутрішній поверхні консолей плити проїзної частини, які переходять на ребро і діафрагми балок. В результаті відбувається вилуговування цементного каменю бетону і внутрішня корозія арматури. Цей дефект впливає на довговічність і надійність конструкції.

Необхідно зняти асфальтобетонне покриття, відновити герметизацію бетоном між поздовжніми швами, влаштувати монолітну залізобетонну плиту проїзду, покрити гідроізоляцією і влаштувати асфальтобетонне покриття.

2.2 Опори

При обстеженні опор мосту виявленні наступні загальні дефекти:

1. 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. 2.11). Брудні і зеленкуваті патьоки по поверхні бетону є наслідком біологічної корозії бетону, викликані мікроорганізмами, що поселилися на поверхні бетону. Хімічні продукти, що виникають внаслідок життєдіяльності бактерій і мікроорганізмів, безпосередньо діють на бетон і можуть призводити до його руйнування. Цей дефект впливає на довговічність і надійність конструкції.

Щоб усунути вказаний дефект 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. Для запобігання виникнення такого дефекту у майбутньому необхідно виконати капітальний ремонт проїзної частини з встановленням деформаційного шва згідно з чинними нормами.



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

2. По низу паль проміжних опор № 1, 2, 3 і 4 у змінному рівні води бетон має брудний колір і сліди вилуговування цементного каменю (див. рис. 2.7). Причиною є поперемінне замочування і висихання бетонної поверхні внаслідок чого в бетоні виникають корозійні процеси із вилуговуванням цементного каменю. Дефект впливає на довговічність і надійність. Для запобігання подальшого розвитку дефекту рекомендується пофарбувати чи покрити спеціальними сумішами і захистити бетон від корозії.

3. Локальна щербеність і раковини в бетоні ригелів і паль (рис. 2.8).

При ремонті 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. Заповнити раковини ремонтним розчином. Пофарбувати або покрити спеціальними сумішами поверхню бетону.



Рисунок 2.8 – Щебенистість і раковини в бетоні. Опора №4.

При обстеженні опор виявлені наступні дефекти і пошкодження.

Опора № 0.

1. Суцільне замкнення поверхні ригеля (рис. 2.13). Причиною появи такого дефекту є розладнання в деформаційному шві та атмосферний вплив. Через розладнаний деформаційний шов під час опадів у вигляді дощу вода попадає на ригель, вимиває із бетону сполуки вапна чим спричиняє корозію бетону I виду.

Щоб усунути вказаний дефект необхідно відновити герметичність деформаційного шву.



Рисунок 2.9 – Суцільне замокання поверхні ригеля.

2. Наноси ґрунту і сміття на ригель між усіма балками (див. рис. 2.9). Дефект впливає на довговічність. Необхідно розчистити ригель від сміття і наносів ґрунту та перевлаштувати сполучення мосту з підходами згідно діючих норм.

3. Укріплення конусу насипу зруйноване (рис. 2.10). Відбувається вимивання ґрунту та руйнування бетонних плит укріплення.



Рисунок 2.10 – Укріплення конусу насипу зруйноване

2.3 Мостове полотно

Загальними дефектами для мостового полотна є:

1. Розладнання у роботі деформаційних швів і просочування води на ригелі опор (рис. 2.11).
2. Поперечні тріщини у асфальтобетонному покритті від бордюру до бордюру через усю проїзну частину (рис. 2.11).
3. Поперечні тріщини у асфальтобетонному покритті проїзної частини в місці установки деформаційних швів (див. рис. 2.11).



Рисунок 2.11 – Поперечні тріщини у асфальтобетонному покритті проїзної частини у місці встановлення деформаційного шва між прогоновими будовами 2-3 і 3-4.

4. Пошкодження гідроізоляції проїзної частини.
5. Відсутня поручнева огорожа (рис. 2.12).
6. Ліворуч (16 м від опори №5 в сторону опори №0) та праворуч (2,8 м від опори №5 в сторону опори №0) по ходу кілометражу відсутня бар'єрна огорожа. Корозія бар'єрної огорожі (рис. 2.12).
7. Біля бордюрного каменю з обох сторін проїзної частини наноси землі, сміття і поросль бур'яну (рис. 2.12).



Рисунок 2.12 – Наноси землі, сміття і поросль бур'яну біля бордюрного каменя з обох сторін проїзної частини. Відсутня поручнева огорожа. Відсутнє бар'єрне огороження.

8. Відсутність 2-ох тротуарних плит на прогоновій будові 1-2 ліворуч проїзної частини (рис. 2.13).

9. Пролом в тротуарних плитах і блоках прогонової будови 1-2, 2-3 і 3-4 праворуч проїзної частини (рис. 2.14).

10. Руйнування асфальтобетонного покриття тротуару прогонової будови 0-1 праворуч проїзної частини (рис. 2.15).

11. Тріщини в покритті тротуарів на стиках тротуарних плит.

12. Частина водовідвідних трубок закатана асфальтобетоном, а інші без решіток.



Рисунок 2.13 – Відсутність 2-ох тротуарних плит на прогоновій будові 1-2 ліворуч проїзної частини.



Рисунок 2.14 – Пролом в тротуарних плитах прогонової будови 1-2 праворуч проїзної частини.



Рисунок 2.15 – Руйнування асфальтобетонного покриття тротуару прогонової будови 0-1 праворуч проїзної частини.

2.4 Підходи до мосту та підмостовій зоні

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

1. На підходах до мосту з обох боків асфальтобетонне покриття має сітку хаотичних тріщин, вибоїни, ями та напливи (рис. 2.16).

2. На підходах до мосту зі сторони м. Казанка металева бар'єрна огорожа знаходиться в незадовільному стані. Спостерігається суцільне лущення фарби, відсутні болти в з'єднаннях секцій, корозія усіх елементів (рис. 2.17).

3. На підходах до мосту зі сторони м. Снігурівка відсутня металева бар'єрна огорожа.

4. На підходах до мосту з обох сторін зруйноване сполучення мосту з підходами пішохідної частини, спостерігається розмивання ґрунту.

5. Ростуть дерева із укріплення конусів насипів стоянів № 0 і № 5. На підходах до мосту з обох сторін провали перед в'їздом на міст.



Рисунок 2.16 – Сітка хаотичних тріщин, вибоїни, ями та напливи у асфальтобетонному покритті на підходах до мосту з боку м. Казанка.



Рисунок 2.17 – Лущення фарби, відсутні болти в з'єднаннях секцій, корозія усіх елементів бар'єрної огорожі на підході з боку м. Казанка.

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

Визначення вартості робіт варіанту №1 наведено в таблиці 3.1.

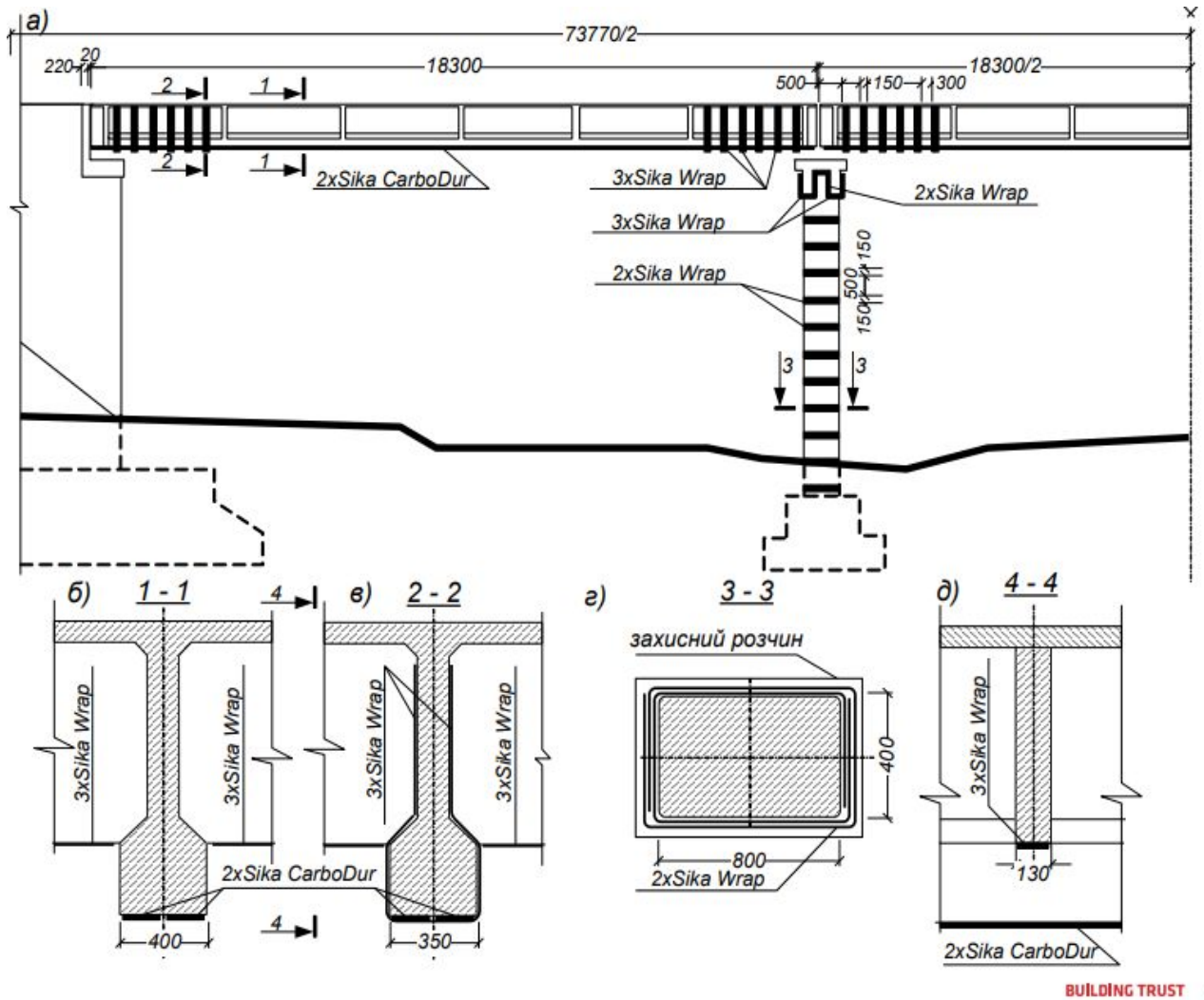


Рисунок 3.2 – Схема посилення прогонової будови стрічками Sika



Рисунок 3.3 – Фото посилення прогонової будови стрічками Sika

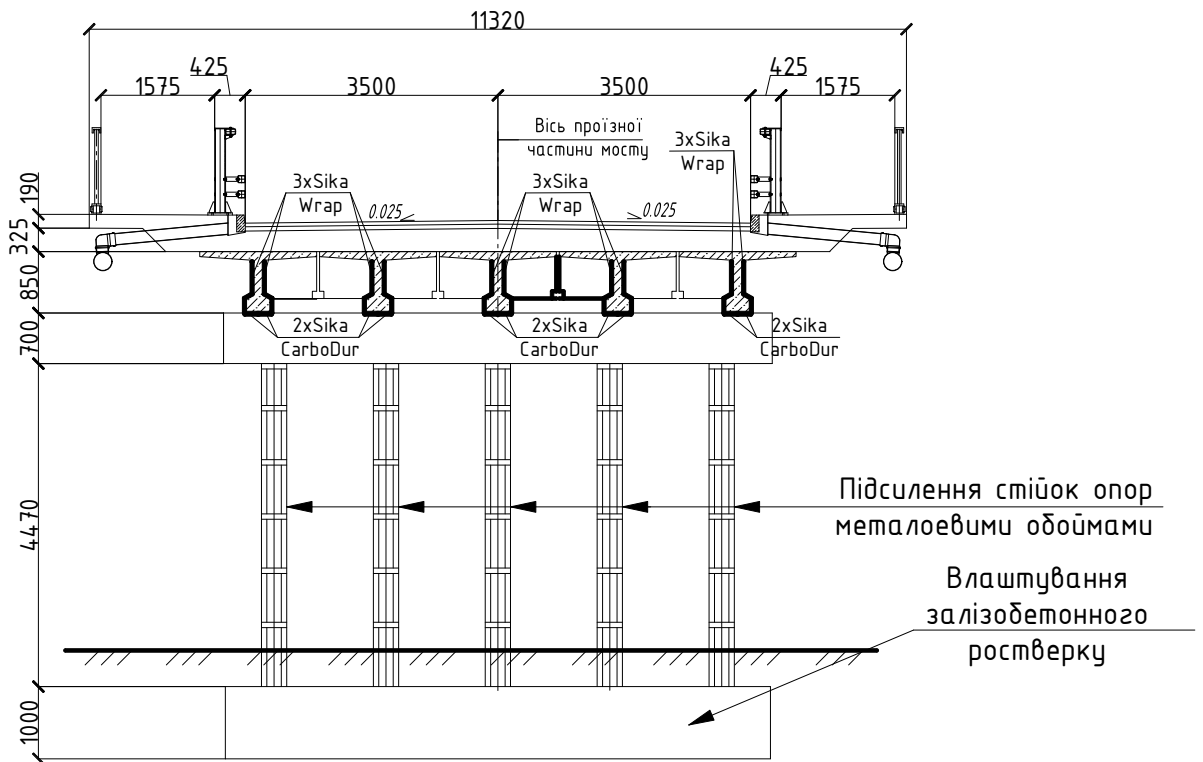


Рисунок 3.4 Поперечний переріз мосту

Таблиця 3.1 – Визначення вартості варіанту №1

№ з/п	Найменування робіт	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці	Загальна вартість
1	2	3	4	5	6
		1. Основні роботи 1 варіант			
	Демонтаж старого мостового полотна	100 м2	3.99.	4060	16 199.4
	Демонтаж старих деформаційних швів	м3	2.1	2500	5250
	Ремонт та посилення прогонових будова	м2	553.8	1000	553 800
	Ремонт ригелів опор	м3	36.67	5000	183 350
	Підсилення стійок опори	м3	21.87	5000	109 350
	Палі	м3	14.7	2500	36 750
	Ростверки	м3	80.61	5000	403 050
	Перепланування укосу насипу	м ³	331.13	560	185 432.8
	Сотояни	м3	11.92	5000	59 600
	Монолітна залізобетонна плити.	м3	205.2	5000	1 026 000
	Укладка нового полотна автодороги	м2	399	1000	399 000
	Установка бар'єрного огороження	м.п.	122	4500	549 000
	Установка перильного огороження	м.п.	122	4000	488 000
	всього				3 994 782.2

3.2 Варіант 2

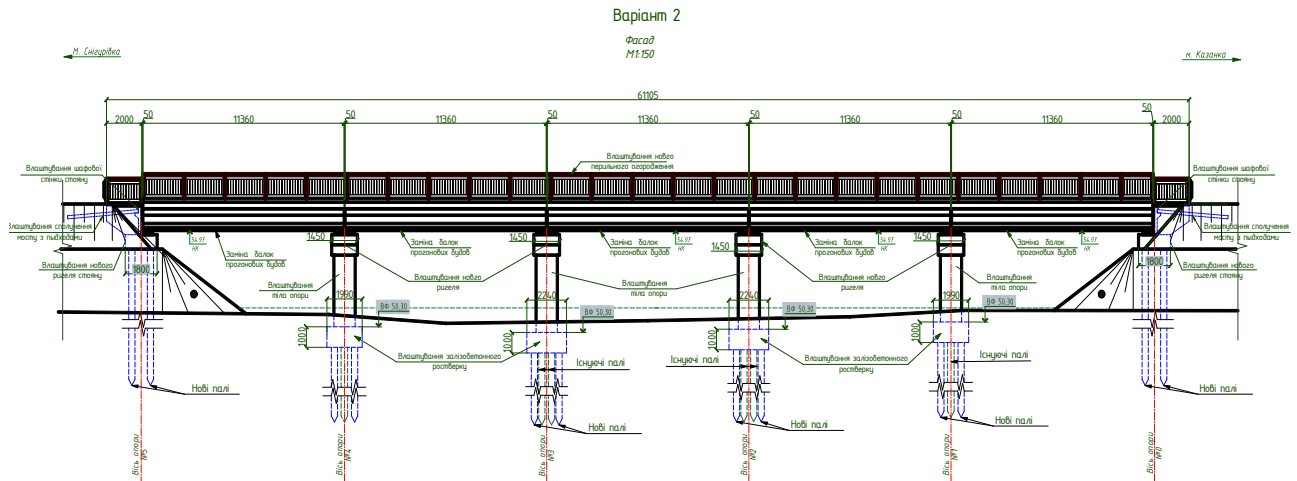


Рисунок 3.5 – Схема варіанта №2

Варіант №2 – це ремонт за старою схемою. У цьому варіанті мостового переходу передбачається замінити старі прогонові будови на попередньо напружені залізобетонні балки довжиною до 11.36 м з висотою перерізу 1.1 м збірно-монолітних прогонових мостів та шляхопроводів виробництва «Обербетон» розроблені під тимчасові вертикальні навантаження А-15, НК-100.

Улаштування монолітної залізобетонної плити проїзду. Також посилення фундаментів за допомогою збільшення кількості палів. Улаштування монолітного залізобетонного розтертку та зведення тіла опори, улаштування нового ригеля. Заміна опорних частин.

Згідно другого варіанту ремонту мосту передбачається виконати такі роботи:

- Демонтажні роботи
- Забивання додаткових палів
- Улаштування монолітного залізобетонного розтертку
- Зведення тіла опори
- Улаштування нового ригеля
- Заміна опорних частин
- Заміна балок прогонові будови на нові.
- Улаштування монолітної залізобетонної плити проїзду.
- Перевлаштування конусу насипу.

- Відновити тротуарні консолі.
- Влаштувати нове мостове металеве бар'єрне огородження 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

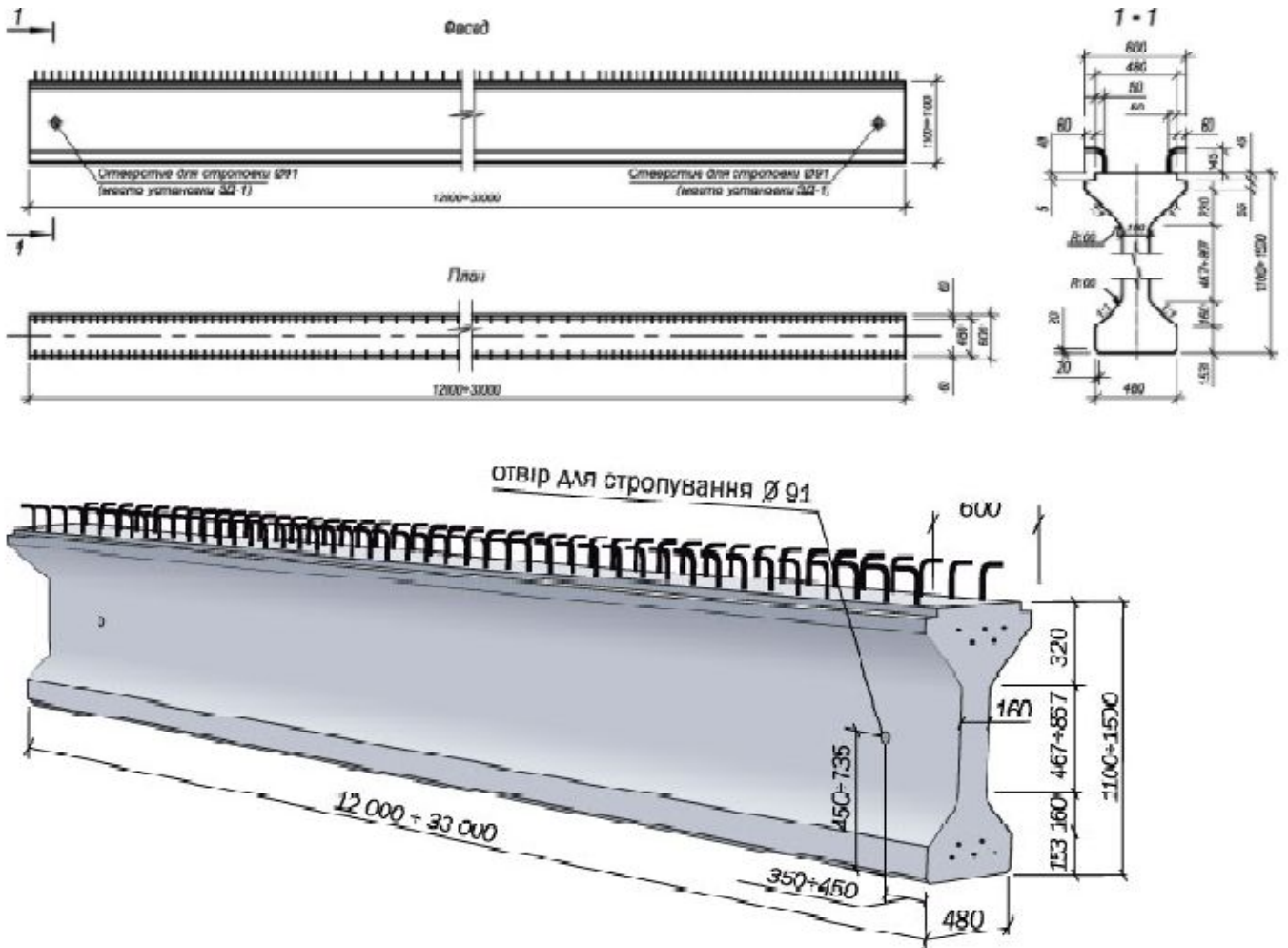


Рисунок 3.6 – Попередньо напружена залізобетонна балка

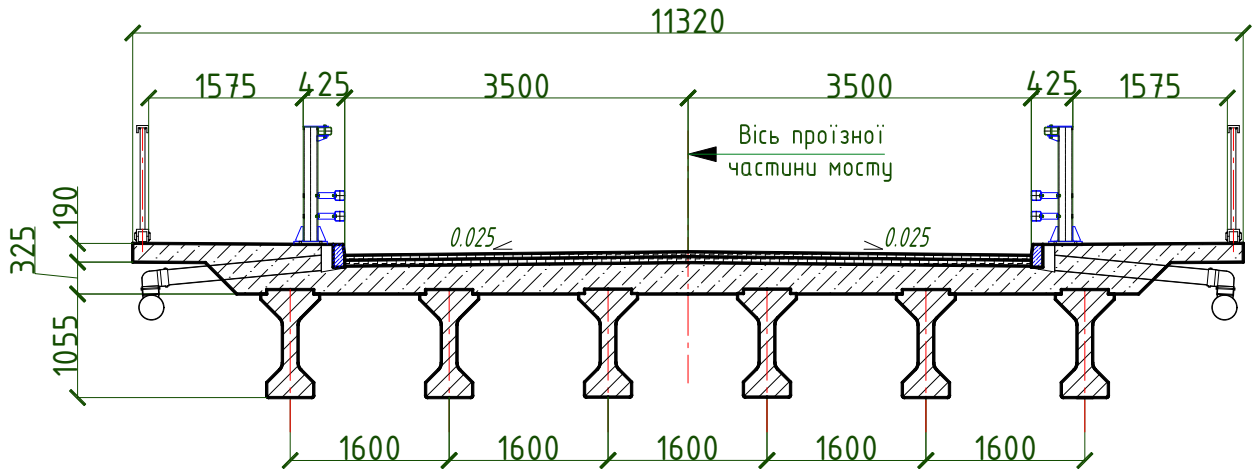


Рисунок 3.7 – Поперечний переріз прогонової споруди

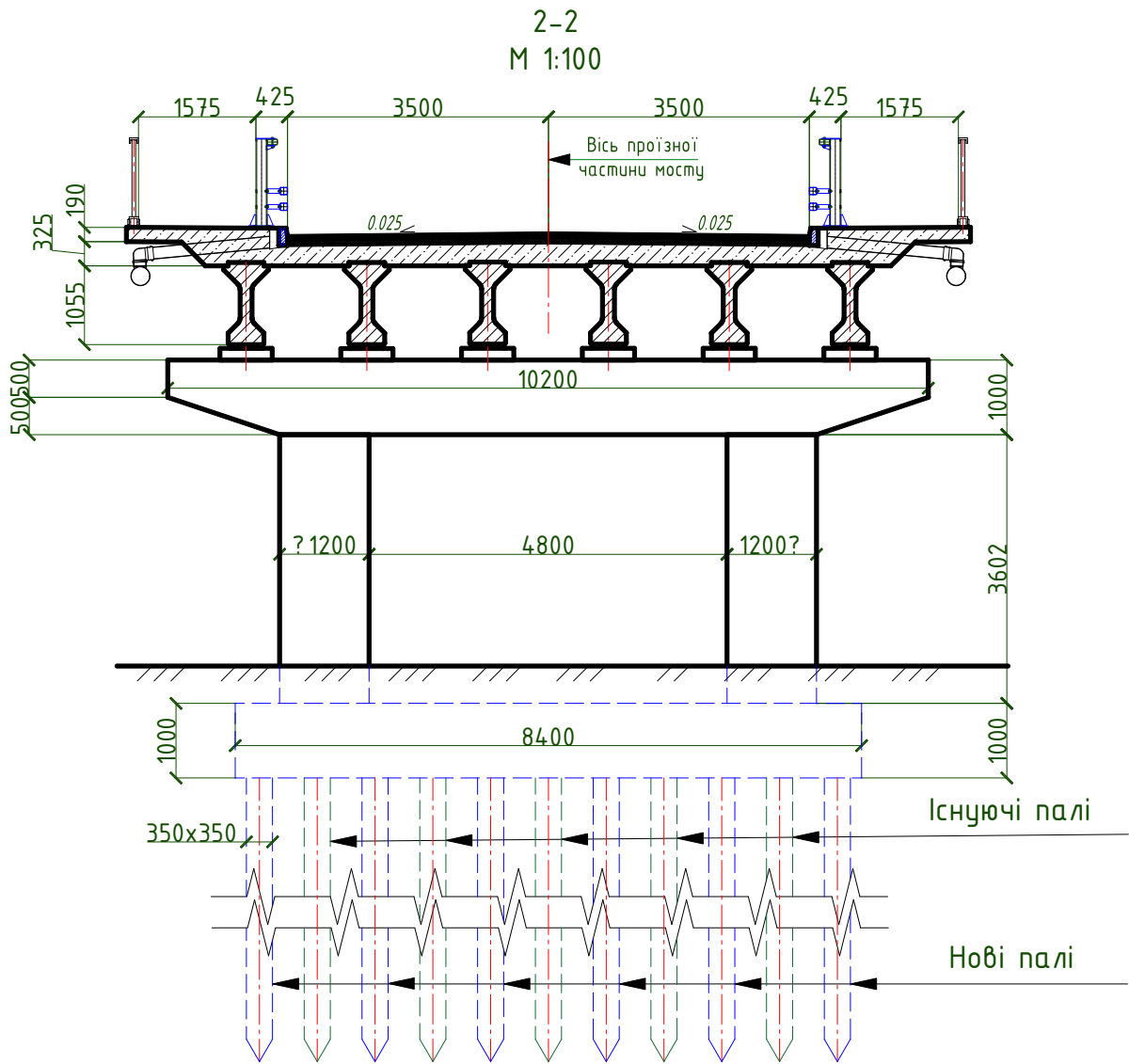


Рисунок 3.8 – Поперечний переріз мосту

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 1 варіант					
1	Демонтаж старого мостового полотна	100 м ²	3.99.	4060	16 199.4
2	Демонтаж старих деформаційних швів	м ³	2.1	2500	5250
3	Демонтаж прогонових споруд	шт	25	5000	69 480
4	Розбирання залізобетонних ригелів моста	100м ³	0.335	9260	3102.1
5	Зрізання паль	100м ³	0.205	9260	1 898.3
6	Палі	м ³	69.55	2500	166 375
7	Ростверк	м ³	31.92	5000	159 600
8	Стояни	м ³	15.95	5000	79 750
9	Тіло опор	м ³	32.54	5000	162 700
10	Ригеля	м ³	82.69	5000	413 500
11	Залізобетоні балки	шт	48	35000	1 680 000
12	Перепланування укосу насипу	м ²	331.13	560	185 432.8
13	монолітна залізобетонна плити проїзду.	м ³	197.22	5000	986 100
14	Укладка нового полотна автодороги	м ²	399	1000	399 000
15	Установка бар'єрного огороження	м.п.	122	4500	549 000
16	Установка перильного огороження	м.п.	122	4000	488 000
	Всього				5 285 637.6

3.3 Варіант 3

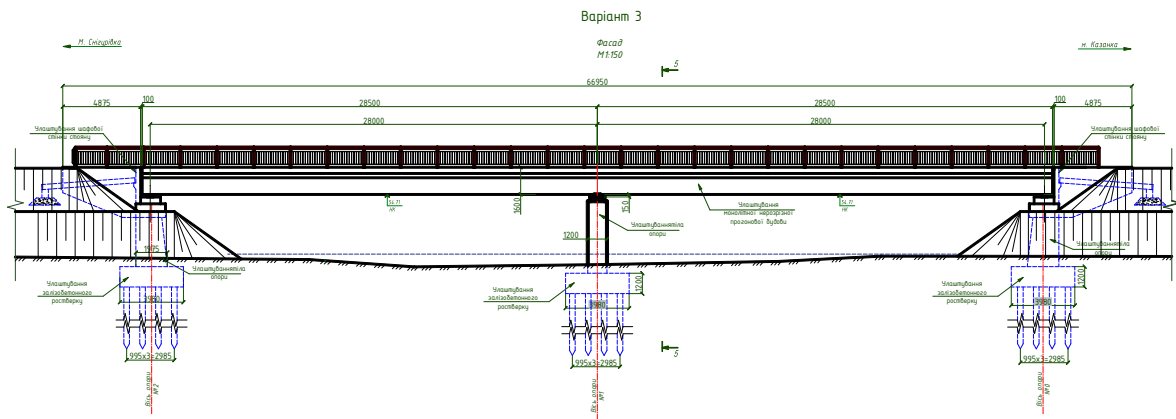


Рисунок 3.9 – Схема варіанта №3

Варіант №3 – у цьому варіанті мостового переходу було вирішено замінити старий міст на новий в якому було використано монолітну нерозрізну прогонову будову з схемою 28.5+28.5. Варіант мосту передбачає нерозрізну монолітну прогонову будову з вистою перерізу 1660 мм розроблену під тимчасове вертикальне навантаження А-15, НК-100. Проміжна опора мосту передбачає два масивні стовпи діаметром 1200 мм та ригель який об'єднує стовпи.

Згідно варіанту реконструкції мосту передбачається виконати такі роботи:

- Демонтування старого мосту
- Забивання палів
- Улаштування ростверків
- Улаштування стоянів
- Улаштування тіла опори
- Встановлення опорних частин
- Улаштування монолітної нерозрізної прогонової будови
- Перевлаштування конусу насипу.
- Влаштувати нове мостове металеве бар'єрне огороження проїзної частини та перильну огорожу.
- Влаштувати нове асфальтобетонне покриття проїзної частини.

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 1 варіант					
1	Демонтаж старого мостового полотна	100 м ²	3.99.	4060	16 199.4
2	Демонтаж старих деформаційних швів	м ³	2.1	2 500	5250
3	Демонтаж прогонових споруд	шт	25	5 000	69 480
4	Розбирання залізобетонних ригелів моста	100м ³	0.335	9 260	3102.1
5	Зрізання паль	100м ³	0.205	9 260	1 898.3
6	Палі	м ³	87.84	2 500	219 600
7	Ростверк	м ³	113.52	5 000	567 600
8	Стояни	м ³	91.74	5 000	458 700
9	Тіло опори	м ³	9.49	5 000	47 450
10	Ригель	м ³	4.45	5 000	22 250
11	Монолітна залізобетонна прогонова будова	м ³	372.31	10 000	3 722 100
12	Перепланування укосу насипу	м ²	331.13	560	185 432.8
13	Укладка нового полотна автодороги	м ²	399	1000	399 000
141	Установка бар'єрного огороження	м.п.	122	4 500	549 000
15	Установка бар'єрного огороження	м.п.	122	4 500	549 000
	Всього				6 753 861.8

3.4 Порівняння варіантів

Таблиця 3.4 – Техніко-економічне порівняння

№ 3/п	Найменування	Од. Вим.	Об'єм		
			Варіант№1	Варіант№2	Варіант№3
1	Схема мосту	м	11.36x5	11.36x3	28.5x2
2	Вартість метеріалів	грн	3 994 782.2	5 285 637.6	6 753 861.8
3	Вартість одного ПМ	грн	70 083.89	92 730.48	118 488.80

Висновок

Зробивши техніко-економічне порівняння варіантів бачимо, що найбільше вигідний з точки зору вартості матеріалів є перший варіант. Але в навчальних цілях обираємо другий варіант через те що в ньому є прогонова будова, яка складеться з балок, які розраховані на навантаження АК 15 та НК100. До подальшого розрахунку беремо варіант №2

РОЗДІЛ 4

РОЗРАХУНОК ПЛИТИ ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ

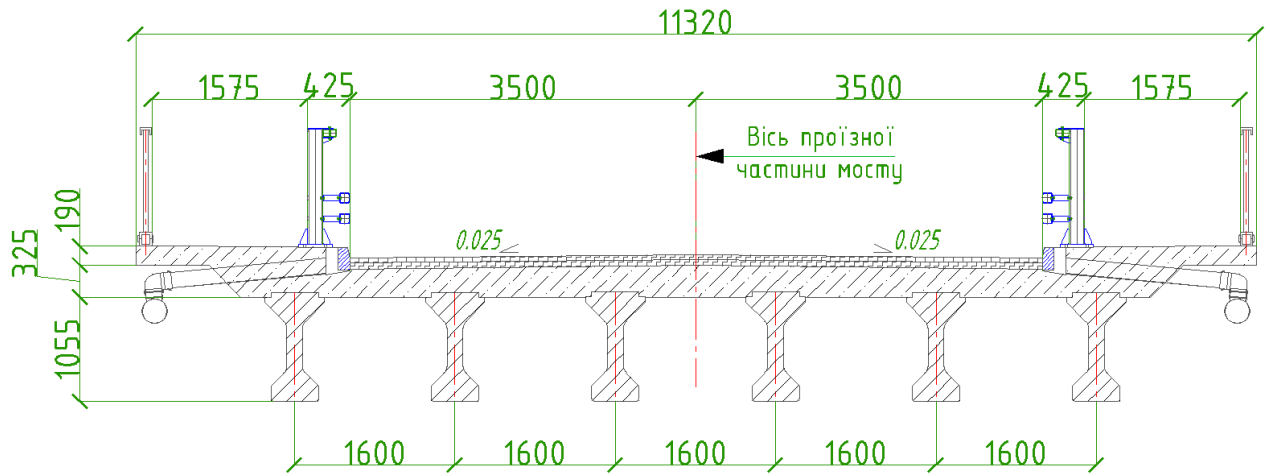


Рисунок 4.1 – Поперечний переріз прогонової будови

Габарит мосту Г-7,0 м, тротуари по 1,6 м. Прогонова будова компонується із шести 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.

Постійне навантаження на 1 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.

За проведеними розрахунками приймаємо переріз плити товщиною 22 см, арматуру у верхньої зони 5 штук діаметром 1,2 см, а у нижній зоні 6 штук діаметром 1,6 см.

РОЗДІЛ 5

РОЗРАХУНОК БАЛКИ 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.

Навантаження А15

Навантаження від автотранспортних засобів на кожну 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. $K=11$.

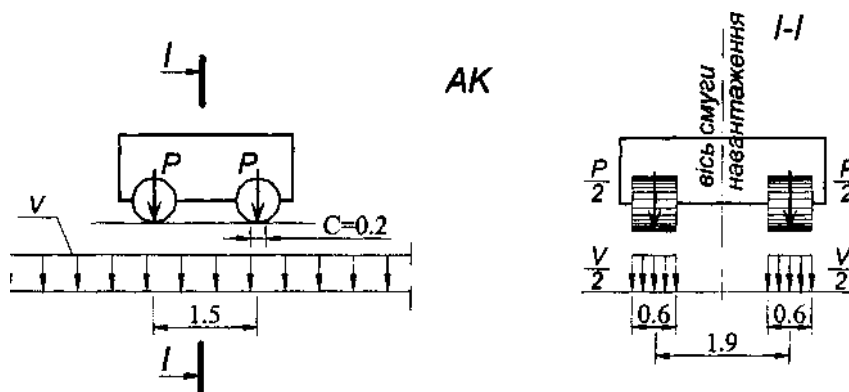


Рисунок 5.1– Модель АК.

Розміщення смуг навантажень АК поперек мосту виконується за двома правилами:

- мінімальна відстань від осі смуги до огорожі (бар'єра, парапету, бордюрутощо) 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).

Навантаження НК100.

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

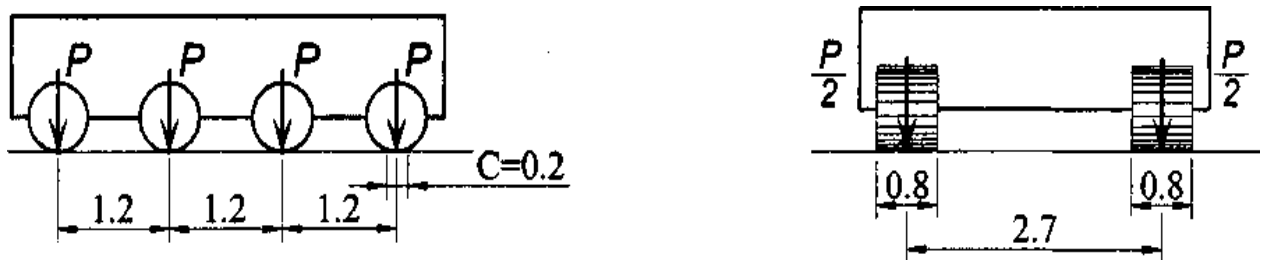


Рисунок 5.2 – Модель НК.

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

Усі подальші розрахунки виконано в комплексі MATHCAD і приведені в додатку А.

Таблиця 5.1 – Результати розрахунків прогонової будови

Назва розрахункової перевірки	Розраховані зусилля	Допустиме значення несучої здатності
Плита проїзду		
На міцність за згинальним моментом нижньої зони	38,41 кН·м	68,15 кН·м
На міцність за згинальним моментом верхньої зони	24 кН·м	33,43 кН·м
На витривалість за стиснутим бетоном	7254,54 МПа	15120 МПа
На витривалість за арматурою	170,91 МПа	189 МПа
Балка		
На міцність за згинальним моментом – балка Б5	1063,19 кН·м	2481,12 кН·м
На міцність за згинальним моментом – балка Б4	1355,26 кН·м	
На міцність за згинальним моментом – балка Б3	1638,31 кН·м	

Висновок.

За проведеними розрахунками бачимо, що більше завантажена балка Б2 при зміщенні автомобільного навантаження до бар'єрного огородження. Отже, за результатами розрахунків кількість напружених пучків у верхньому поясі становить 2 шт., у нижньому – 18 шт. Переріз напруженого пучка складається із 7 проволоку діаметром 0,5 см. Кількість робочої арматури діаметром 1 см у верхньому поясі 4 шт., у нижньому – 4 шт.

РОЗДІЛ 6

ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ МОСТУ

6.1 Улаштування та заглиблення задалегідь виготовлених паль

Палі – це стержневі конструкції фундаментів, які передають навантаження від будівлі або споруди на ґрунт. Традиційно палі застосовують для передавання навантаження від будівлі через слабкі ґрунти на більш заглиблені міцні, але за останні 30 років їх використовують і в міцних ґрунтах, оскільки це дає змогу значно зменшити обсяги земляних робіт при зведенні підземної частини будівлі.

До таких належать різні за формою і конструктивними особливостями палі, що виготовлені на заводах, у майстернях і на полігонах, доставлені на будівельний майданчик і будь-яким методом заглиблені у ґрунт. Серед них циліндричні, призматичні, пірамідальні, з жорстким потовщенням ствола, з розширенням ствола, що розкривається, з гвинтовим розширенням ствола

Призматичні палі переважно виготовляють із залізобетону. Метал застосовують тільки за економічним обґрунтуванням або у випадках, коли через деякий час палі зможуть витягти для повторного використання. Довжина залізобетонних призматичних паль найчастіше 4...16 м, стикових – до 30 м, форма поперечного перерізу може бути різною.

Палі квадратного поперечного перерізу зі стороною 25...40 см армують чотирма поздовжніми стрижнями і охоплюючими хомутами. Таке армування потрібне здебільшого тільки для того, щоб паля не зламалась під час її заглиблення в ґрунт. Через таке досить насичене армування (від 50 до 150 кг/м³) залізобетонні палі можуть бути менш ефективні, ніж інші типи фундаментів.

Застосовують також залізобетонні палі, армовані одним стрижнем, який попередньо напружують. У них витрачається на кубічний метр бетону 5...12 кг металу.

Прямокутний поперечний переріз має ряд переваг над квадратним. По-перше, більшу несучу здатність бокової поверхні, бо при рівній площі

поперечного перерізу периметр прямокутника більший, ніж квадрата. По-друге, така палля краще працює на горизонтальне навантаження. Недоліки – ускладнення під час заглиблення, пов'язані з тим, що орієнтацію палі треба витримати відповідно до проекту.

Трикутний поперечний переріз дає збільшення бокової поверхні палі в 1,4 раза по відношенню до рівновеликого квадратного.

Тавровий переріз має практично ті самі переваги, що і трикутний, але виготовлення такого профілю досить дороге і трудомістке.

Двотавровий переріз працює аналогічно прямокутному і дає змогу досягти значної економії матеріалу, але виготовлення такої палі потребує значних витрат, які нерідко знецінюють запланований ефект.

Серед пірамідальних палей виділяють малопірамідальні й пірамідальні.

За формою малопірамідальні палі з конусністю 3...8 % близькі до призматичних, але в середніх і добрих за несучою здатністю грунтах вони спроможні сприйняти вертикальне навантаження на 40...60 % більше, ніж призматичні.

Пірамідальні палі з розмірами основ 80 x 80 см та 10 x 10 см і 2,8...3,2 м заввишки успішно експлуатують у щільних грунтах. Найбільш ефективні ці палі при роботі на горизонтальні навантаження, особливо в спорудах, де виникає розпір (тришарнірні арки та рами).

Машини, які підтримують палі в потрібному положенні (як правило, вертикально), а також робочий орган, за допомогою якого заглиблюють палі, називають копрами. Копри бувають у вигляді спеціальних мостів на рейковому ході, змонтовані на автомобілях, тракторах, екскаваторах та стрілових кранах.

Крім копрів для заглиблення палей випускають спеціальне коперне обладнання для базових машин. За його допомогою виконують значений обсяг палевих робіт, проте спеціалізований копер має ряд переваг у вигляді спеціальних пристроїв для автоматизованого виставлення палі у вертикальне положення, підтягування її до машини тощо. Забивають палі молотами, котрі

підвішують, як і палю, на копрі. Молоти бувають механічні, пароповітряні, дизельні, гідравлічні.

Дизельні молоти (штангові та трубчасті) використовують найбільш широко.

У штангових молотах рухомий циліндр масою 500..5000 кг б'є по поршню, розвиваючи енергію удару до 90 кДж. Трубчастий дизельний молот має поршень масою до 2500 кг, який рухається в трубі-циліндрі й розвиває енергію удару до 20 кДж. Тиск у камері згоряння у цій конструкції значно менший, ніж у штанговому молоті, тому трубчастий молот у робочому режимі застосовують у більш широкому діапазоні ґрунтів.

Необхідну енергію удару молота E_h , кДж, визначають за формулою

$$E_h = 0,045 N$$

де N – розрахункове навантаження на палю, кН.

6.2 Бетонування монолітних опор

Бетонний розчин вкладають шарами, висоту яких приймають 15 – 30 см з умов зручності вкладання та ущільнення.

Швидкість бетонування повинна бути такою, щоб нижні застигли шари не могли потрапити в радіус дії вібратора.

При стаціонарній, або щитовій опалубці, зведеній на всю висоту опори, або на значну її висоту, бетонний розчин, який перевозиться в тарі подають до місця вкладання. Якщо це неможливо, то розчин заздалегідь завантажують в бункер, встановлений на настилу на рівні верху опалубки. Вільне скидання розчину допускається з висоти не більше 1.5 м.

Якщо висота скидання бетонного розчину більше 3-х метрів, то розчин з бункеру можна подавати до місця вкладання по гнучким металевим трубам, які складаються з вільно підвішеними ділянками – хоботами.

При вимушених перервах бетонування, коли вкладений бетон встигає застигнути, відновлення вкладання починається після твердіння бетону та набирання ним міцності в 1.2 МПа.

Щоб прискорити твердіння бетону, та застерегти його від нерівномірного вкладання, поверхню бетону поливають водою та покривають вологоємкими матеріалами, особливо влітку. Перед продовженням бетонування після перерви необхідно зняти з поверхні бетону цементну плівку, очистити та промити поверхню.

Знімати опалубку монолітних опор можна після досягання бетоном міцності, яка забезпечує збереження його поверхні, якщо проектом не вказані особливі умови розпалубування.

Облицювання монолітних опор застосовують з каменів, бетонних блоків, залізобетонних плит. Облицювання зі штучних каменів можна виконувати в процесі зведення кладки опори.

6.3. Улаштування проїзної частини та тротуарів

Улаштування проїзної частини прогонової будови шляхопроводу та тротуарів планується виконувати після завершення в повному обсязі улаштування насипів підходу (виконується по іншому проекту) до шляхопроводу та сполучення шляхопроводу з підходами з урахуванням наступної послідовності:

1. Виконуються роботи по улаштуванню щебеневої підготовки під лежень товщиною $h=0,4\text{м}$.
2. Монтуються залізобетонні блоки лежнів.
3. Улаштовується щебенева підготовка під перехідні плити.
4. Укладаються перехідні плити.
5. Виконується обмазочна гідроізоляція бетонних поверхонь перехідних плит, що засипаються, бітумною мастикою (2 шари) по шару праймера.
6. На прогонових будовах шляхопроводу укладається бетон вирівнюючого шару. Перевезення бетону на об'єкт проводиться в автобетонозмішувачах і для укладання подається бетононасосом.
7. На прогонових будовах та перехідних плитах по бітумному праймеру влаштовується гідроізоляції Техноеластмост Б, що наплавляється, товщиною $\delta = 5,5\text{ мм}$.

8. Встановлюється гранітний бортовий камінь.
9. На прогонових будовах улаштовуються дренажні трубки.
10. Ґрунтується поверхня монолітного тротуару (2 шари).
11. Улаштовується покриття тротуару товщиною $\delta = 5$ мм матеріалом Sika Elastomastic TF.
12. Поверхня тротуару присипається кварцовим піском та укладається захисне покриття Sikafloor 3570.
13. Улаштовується асфальтобетонне покриття проїзної частини шляхопроводу:
 - основа обробляється ґрунтовками;
 - наноситься гідроізоляційна мембрана.
 - зв'язуюче покриття наноситься на гідроізоляційну мембрану безпосередньо під асфальтом або щебеним дорожнім покриттям;
 - влаштовується дерев'яна опалубка висотою, рівною товщині шару.
 - гусасфальт подається до місця проведення робіт;
 - виконується укладання гусасфальту (місця, що не доступні для механічного укладання литої суміші асфальтують вручну).
 - лита асфальтобетонна суміш після вкладання ущільнюється вібротрамбуючим брусом асфальтоукладальної машини на етапі вкладання та легкими катками на етапі запресування чорного щебеню;
 - виконується додаткова процедура розподілення та запресування щебеню;
 - знімається опалубка.

Роботи з улаштування асфальтобетонного покриття проїзної частини з гарячих сумішей планується влаштовувати в суху погоду у весняно-літній період при температурі повітря не нижче 5°C , у осінній період - не нижче 10°C .

Асфальтобетонна суміш доставляється до місця вкладання автомобілями-самоскидами й вивантажується в бункер самохідного асфальтоукладальника.

Асфальтоукладацьник розподіляє суміш із заданим поперечним ухилом на проектну товщину з урахуванням коефіцієнту ущільнення 1,15-1,25 та попередньо ущільнює шар при допомозі трамбууючого бруса. Довжина ділянки укладання асфальтобетону розраховується таким чином, щоб не було охолодження асфальтобетону й забезпечувалась належна якість поздовжнього стику. Поверхня вкладеного гусасфальту після проходу асфальтоукладацьника має бути рівною, однорідною, без розривів і раковин. Укладений гусасфальт ущільнюється самохідними котками. Необхідна кількість проходів котка по одному місцю встановлюється пробним укоченням. Ущільнювати суміш треба до повного зникнення слідів від ударів на поверхні покриття. У недоступних для котка місцях асфальтобетонну суміш передбачається ущільнювати гарячими металевими трамбуваннями.

РОЗДІЛ 7

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Вимоги безпеки праці під час монтажу плити проїзду на автодорожньому мосту

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.

Роботи:

бетонні, арматурні, опалубні.

7.1 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.

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 огорожуються.

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

Верстати для правлення, різання та гнуття арматури обладнуються пневмовідсмоктувачами для видалення металевого пилю та окалини. Під час видалення пилю 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 огорожується.

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

Різання електродуговим способом не допускається. Дискова пилка огорожується 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.

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 клітьми 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.

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 (баддях) 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.

7.1 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 по нагляду за вантажопідймальними машинами згідно з НПАОП 0.00-1.80-18 – «Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідймальних кранів, підймальних пристроїв і відповідного обладнання».

Персонал, що обслуговує машину, керується інструкцією заводу-виготовлювача з монтажу та експлуатації машини та НПАОП 0.00-1.80-18

Машини і обладнання, на які вимоги НПАОП 0.00-1.80-18 не поширюються (палубне 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 0.00-1.80-18.

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. Електробезпека. Загальні вимоги» і НПАОП 0.00-1.80-18.

Металеві частини машин на ізолювальному (гумовому) ході, 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 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.

Підіймання, переміщення і встановлення вантажів (конструкцій) двома кранами проводиться відповідно до ПВР, НПАОП 0.00-1.80-18 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.

Вантажопідіймальні операції, що виконуються двома кранами, проводяться послідовно мінімальними циклами. Новий цикл підймання (опускання, переміщення) відбувається після приведення вантажних поліспастів 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 вантажопідіймальності крана, на граничному вильоті стріли і повороті, вказаному в проекті.

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.

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.

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.

ВИСНОВКИ

У даному дипломному проєкті було виконано порівняльний розрахунок і визначення оптимального варіанту ремонту залізобетонного мосту що розташований на км 24+093 на шляху автомобільної дороги загального користування державного значення Р-81 Казанка – Снігурівка – Антонівка через річку Висунь.

Було розроблено три варіанти капітального ремонту мосту. У першому варіанті мостового переходу передбачається ремонт мосту за старою схемою, балки прогонових будов ремонтуються та посилюються за допомогою наклейки стрічок Sika, ригелі ремонтуються, стійки опор посилюються металевими обіймами. У другому варіанті передбачається заміна старих прогонових будов на попередньо напружені залізобетонні балки довжиною до 11.36 м з висотою перерізу 1.1 м збірно-монолітних прогонових мостів та шляхопроводів виробництва «Обербетон» розроблені під тимчасові вертикальні навантаження А-15, НК-100. У третьому варіанті мостового переходу було вирішено замінити старий міст на монолітну нерозрізну прогонову будову з схемою 28.5+28.5 м також під тимчасове вертикальне навантаження А-15, НК-100. Проміжна опора мосту передбачає два масивні стопи діаметром 1200 мм та ригель, який об'єднує стовпи.

За техніко-економічним порівнянням варіантів, найбільше вигідний з точки зору вартості матеріалів був перший варіант. Зважаючи на техніко-економічне порівняння варіантів до подальшого розрахунку було взято варіант 2.

За проведеними розрахунками було визначено, що більше завантажена балка Б2 при зміщенні автомобільного навантаження до бар'єрного огороження. Отже, за результатами розрахунків кількість напружений пучків у верхньому поясі становить 2 шт., у нижньому – 18 шт. Переріз напруженого пучка складається із 7 проволоч діаметром 0,5 см. Кількість робочої арматури діаметром 1 см у верхньому поясі 4 шт., у нижньому – 4 шт.

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-комунального 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. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. Зміна № 2 / Наказ від 30.12.2011 № 438 / Інститут "Київпромелектропроект" – К., 2011.

5. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації / Постанова від 01.12.1999 № 39/ Міністерство охорони здоров'я (МОЗ) – К., 1999.

6. О. Загора Проектування і розрахунок мостів 2007

7. ГОСТ 25100-82. Грунти, класифікація. –М. :Изд-востандартов, 1982.

8. 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.

9. 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 /

Держнаглядохоронпраці (Державний комітет України з нагляду за охороною праці) – К.:, 2007.

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

ДОДАТОК А

А.1. Вхідні дані

$K_{\text{ww}} := 15$	- клас навантаження АК
$NK := 100$	- клас навантаження НК
$\gamma_{\text{зб}} := 24.5$	- питома вага залізобетону, кН/м ³
$R_b := 20000$	- розрахунковий опір бетону на стиск, кПа
$R_{bt} := 1250$	- розрахунковий опір бетону на розтяг, кПа
$E_b := 36000000$	- модуль пружності бетону, кПа
$L_p := 10.76$	- розрахункова довжина прогону, м
$L_{\text{II}} := 11.36$	- повна довжина прогону, м
$A_G := 0.33839$	- площа перерізу балки, м ²
$h_{\text{пл}} := 0.325$	- товщина плити, м
$d_{\text{пл}} := 1.62$	- довжина прогону плити між вісями головних балок, м
$d_k := 1.61$	- довжина тротуарної консолі від вісі балки, м
$b_{\text{пл}} := 1$	- розрахункова ширина перерізу плити, м
$h_G := 1.1$	- висота балки, м
$h'_{f,G} = 0.24$	- зведена висота верхнього поясу балки, м
$b'_{f,G} = 0.6$	- повна ширина верхнього поясу балки, м
$b_p := 0.16$	- ширина ребра, м
$h_{f,G} = 0.27$	- зведена висота нижнього поясу, м
$b_{f,G} = 0.48$	- повна ширина нижнього поясу балки, м
$R_s := 350000$	- розрахунковий опір ненапруженої арматури, кПа
$E_s := 196000000$	- модуль пружності ненапруженої арматури, кПа
$d_{s,\text{пл}} := 0.016$	- діаметр нижніх стрижнів арматури плити, м
$d'_{s,\text{пл}} := 0.012$	- діаметр верхніх стрижнів арматури плити, м
$d'_{s,G} := 0.014$	- діаметр стрижнів верхньої ненапруженої арматури у балці, м
$d_{s,G} := 0.014$	- діаметр стрижнів нижньої ненапруженої арматури у балці, м
$n'_{s,G} := 4$	- кількість стрижнів верхньої ненапруженої арматури у балці, шт
$n_{s,G} := 0$	- кількість стрижнів нижньої ненапруженої арматури у балці, шт
$R_p := 1025000$	- розрахунковий опір напружуваних стрижнів арматури, кПа
$E_p := 1055000000$	- модуль пружності напружуваних пучків арматурних канатів арматури, кПа

$d_p := 0.012$	- діаметр канату напруженого пучка арматури, м
$n_{pp} := 3$	- кількість канатів у нижньому напруженому пучку арматури, шт
$n'_{pp} := 1$	- кількість канатів у верхньому напруженому пучку арматури, шт
$n'_p := 2$	- кількість верхніх напружених пучків арматури, шт
$n_p := 6$	- кількість нижніх напружених пучків арматури, шт
$b_{a.AK} := 0.6$	- ширина колеса АК вздовж прогону плити, м
$a_a := 0.2$	- ширина колеса АК та НК поперек прогону плити, м
$b_{вп.АК} := 1.1$	- найближча відстань між вісями колес поперек АК, м
$b_{a.НК} := 0.8$	- ширина колеса НК вздовж прогону плити, м
$b_{вп.НК} := 2.7$	- відстань між вісями колес поперек НК, м
$n_{в.НК} := 4$	- кількість вісей НК, м
$\delta_{АБ.д} := 0.08$	- товщина шару дрібнозернистого асфальтобетону, м
$\delta_{АБ.п} := 0.04$	- товщина шару піщаного асфальтобетону, м
$\delta_r := 0.005$	- товщина шару гідроізоляції, м
$\rho_{АБ.д} := 23$	- питома вага дрібнозернистого асфальтобетону, кН/м ³
$\rho_{АБ.п} := 20$	- питома вага піщаного асфальтобетону, кН/м ³
$\rho_r := 15$	- питома вага шару гідроізоляції, кН/м ³
$\gamma_{АБ.п.н} := 1$	- нормативний коефіцієнт надійності для дрібнозернистого асфальтобетону
$\gamma_{АБ.д.н} := 1$	- нормативний коефіцієнт надійності для піщаного асфальтобетону
$\gamma_{r.н} := 1$	- нормативний коефіцієнт надійності для гідроізоляції
$\gamma_{пл.н} := 1$	- нормативний коефіцієнт надійності для плити проїзду
$\gamma_{АБ.п.р} := 2$	- розрахунковий коефіцієнт надійності для дрібнозернистого асфальтобетону
$\gamma_{АБ.д.р} := 2$	- розрахунковий коефіцієнт надійності для піщаного асфальтобетону
$\gamma_{r.р} := 1.25$	- розрахунковий коефіцієнт надійності для гідроізоляції
$\gamma_{пл.р} := 1.25$	- розрахунковий коефіцієнт надійності для плити проїзду
$\epsilon_b := 1$	- коефіцієнт, який залежить від асиметрії циклу повторюваних напружень
$\beta_b := 1.26$	- коефіцієнт, що враховує збільшення міцності бетону в часі
$\Delta_{cr} := 0.02$	- допустиме розкриття тріщин у ненапруженій плиті, см
$\gamma_{fr.НК} := 1$	- коефіцієнт надійності за навантаженням НК
$\gamma_{fr.АК} := 1.5$	- коефіцієнт надійності за навантаженням АК
$\gamma_{fv} := 1.5$	- коефіцієнт надійності за навантаженням

$\mu_{AK} := 0.3$	- динамічний коефіцієнт для АК
$\mu_{HK} := 0$	- динамічний коефіцієнт для НК
$\nu := 0.3$	- коефіцієнт Пуасона для бетону
$G_b := 0.4 \cdot E_b$ explicit, ALL $\rightarrow 0.4 \cdot 36000000 = 14400000$	- модуль зсуву бетону
$n'_{ДБН} := 10$	- відношення модулів пружності E_s та E_b
$\beta := 1$	- коефіцієнт, що враховує ступінь зчеплення арматурних елементів з бетоном
$\mu_{пл} := 0.009$	- коефіцієнт армування плити

А.2. Розрахунок плити проїзду

А.2.1. Визначення навантажень

Нормативна власна вага від плити та дорожнього одягу

$$g_{пл.н} := \delta_{АБ.д} \cdot \rho_{АБ.д} \cdot \gamma_{АБ.д.н} + \delta_{АБ.п} \cdot \rho_{АБ.п} \cdot \gamma_{АБ.п.н} + \delta_{Г} \cdot \rho_{Г} \cdot \gamma_{Г.н} + h_{пл} \cdot \gamma_{зб} \cdot \gamma_{пл.н} = 10.68$$

Розрахункова власна вага від плити та дорожнього одягу

$$g_{пл.р} := \delta_{АБ.д} \cdot \rho_{АБ.д} \cdot \gamma_{АБ.д.р} + \delta_{АБ.п} \cdot \rho_{АБ.п} \cdot \gamma_{АБ.п.р} + \delta_{Г} \cdot \rho_{Г} \cdot \gamma_{Г.р} + h_{пл} \cdot \gamma_{зб} \cdot \gamma_{пл.р} = 15.33$$

Товщина дорожнього одягу

$$h_{до} := \delta_{АБ.д} + \delta_{АБ.п} + \delta_{Г} = 0.125$$

Нормативний згинальний момент від власної ваги плити та дорожнього одягу

$$M_{g.пл.н} := \frac{g_{пл.н} \cdot d_{пл}^2}{8} = 3.5$$

Розрахунковий згинальний момент від власної ваги плити та дорожнього одягу

$$M_{g.пл.р} := \frac{g_{пл.р} \cdot d_{пл}^2}{8} = 5.03$$

Перший випадок рухомого навантаження

Рівномірно-розподілене навантаження від АК

$$\nu_{AK} := 0.98 \cdot K = 14.7$$

Навантаження від АК на одну вісь

$$P_{AK} := 9.81 \cdot K = 147.15$$

Ширина площадки розподілу навантаження вздовж прогону плити

$$b_{a.p} := b_{a.AK} + 2 \cdot h_{до} = 0.85$$

Ширина площадки розподілу навантаження поперек прогону плити

$$a_{a.p} := a_a + 2 \cdot h_{до} + \frac{d_{пл}}{3} = 0.99$$

Умова

$$f(a_{a.p}) := \begin{cases} a_{a.p} & \text{if } a_{a.p} \geq \frac{2}{3} \cdot d_{пл} \\ \frac{2}{3} \cdot d_{пл} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Приймаємо

$$a_{\text{мавп}} := f(a_{\text{a.p}}) = 1.08$$

Інтенсивність рівномірно-розподіленого навантаження від АК на 1 п. м. плити

$$q_{\text{V}} := \frac{\nu_{\text{АК}}}{b_{\text{a.p}}} \cdot 1 = 8.65$$

Інтенсивність навантаження від одного колеса тандему АК на вісь

$$q_{\text{АК}} := \frac{P_{\text{АК}}}{2 \cdot a_{\text{a.p}} \cdot b_{\text{a.p}}} = 80.15$$

Нормативний згинальний момент в середині прогону плити

$$I_{\text{M}_H} := \frac{g_{\text{ПЛ.Н}} \cdot d_{\text{ПЛ}}^2}{8} + (q_{\text{V}} + q_{\text{АК}}) \cdot b_{\text{a.p}} \cdot \frac{d_{\text{ПЛ}} - 0.5 \cdot b_{\text{a.p}}}{4} = 26.05$$

Розрахунковий згинальний момент в середині прогону плити - на міцність

$$I_{\text{M}_M} := \frac{g_{\text{ПЛ.Р}} \cdot d_{\text{ПЛ}}^2}{8} + [q_{\text{V}} \cdot \gamma_{\text{fv}} + (1 + \mu_{\text{АК}}) \cdot \gamma_{\text{fp.АК}} \cdot q_{\text{АК}}] \cdot b_{\text{a.p}} \cdot \frac{d_{\text{ПЛ}} - 0.5 \cdot b_{\text{a.p}}}{4} = 48.01$$

Розрахунковий згинальний момент в середині прогону плити - на витривалість

$$I_{\text{M}_B} := [(1 + \mu_{\text{АК}}) \cdot \gamma_{\text{fp.АК}} \cdot q_{\text{АК}}] \cdot b_{\text{a.p}} \cdot \frac{d_{\text{ПЛ}} - 0.5 \cdot b_{\text{a.p}}}{4} = 39.69$$

$$y_1 := \frac{1 \cdot \left(d_{\text{ПЛ}} - \frac{b_{\text{a.p}}}{2} \right)}{d_{\text{ПЛ}}} \text{explicit, ALL} \rightarrow \frac{\left(1.62 - \frac{0.85}{2} \right)}{1.62} = 0.738$$

$$I_{\text{Q}_M} := \frac{g_{\text{ПЛ.Р}} \cdot d_{\text{ПЛ}}}{2} + \gamma_{\text{fv}} \cdot \frac{\nu_{\text{АК}}}{2} \cdot y_1 + (1 + \mu_{\text{АК}}) \cdot \gamma_{\text{fp.АК}} \cdot \frac{P_{\text{АК}}}{2} \cdot \frac{y_1}{a_{\text{a.p}}} = 118.54$$

Другий випадок рухомого навантаження

Загальна площадка розподілення тиску від двох коліс

$$b_{\text{a.p.ІІ}} := b_{\text{ВП.АК}} + b_{\text{a.p}} = 1.95$$

Умова

$$b_{\text{a.p.ІІ}} \leq d_{\text{ПЛ}} = 0$$

Умова не виконується

Третій випадок рухомого навантаження

Ширина площадки розподілу навантаження вздовж прогону плити

$$b_{\text{мавп}} := b_{\text{a.НК}} + 2 \cdot h_{\text{до}} = 1.05$$

Ширина площадки розподілу навантаження поперек прогону плити

$$a_{\text{мавп}} := (n_{\text{В.НК}} - 1) \cdot b_{\text{ВП.НК}} + a_{\text{a}} + 2 \cdot h_{\text{до}} + \frac{d_{\text{ПЛ}}}{3} = 9.09$$

Умова

$$f(a_{\text{a.p}}) := \begin{cases} a_{\text{a.p}} & \text{if } a_{\text{a.p}} \geq (n_{\text{В.НК}} - 1) \cdot b_{\text{ВП.НК}} + \frac{2}{3} \cdot d_{\text{ПЛ}} \\ (n_{\text{В.НК}} - 1) \cdot b_{\text{ВП.НК}} + \frac{2}{3} \cdot d_{\text{ПЛ}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Приймаємо

$$a_{a,p} := f(a_{a,p}) = 9.18$$

Вздовж руху ширина площадки розподілення співпадає з шириною площадки для колеса тандему АК, тому може дорівнювати йому дорівнювати, але не більше ніж відстань між колесами НК.

$$P_{HK} := \frac{HK \cdot 9.81}{n_{B,HK}} = 245.25$$

Інтенсивність навантаження

$$q_P := \frac{4 \cdot \frac{P_{HK}}{2}}{a_{a,p} \cdot b_{a,p}} = 50.89$$

Розрахунковий згинальний момент в середині прогону плити - на міцність

$$III_M_M := \frac{g_{пл,p} \cdot d_{пл}^2}{8} + (1 + \mu_{HK}) \cdot \gamma_{fr,HK} \cdot q_P \cdot b_{a,p} \cdot \frac{d_{пл} - 0.5 \cdot b_{a,p}}{4} = 19.65$$

Поперечна сила на опорі

$$y := \frac{1 \cdot \left(d_{пл} - \frac{b_{a,p}}{2} \right)}{d_{пл}} = 0.676$$

Розрахункова поперечна сила на опорі - на міцність

$$III_Q_M := \frac{g_{пл,p} \cdot d_{пл}}{2} + (1 + \mu_{HK}) \cdot \gamma_{fr,HK} \cdot \frac{4 \cdot \frac{P_{HK}}{2}}{a_{a,p}} \cdot y = 48.53$$

Загальна таблиця результатів:

1 випадок АК, 1 колесо	2 випадок АК, 1 колесо	3 випадок НК
$I_M_H = 26.05$	$II_M_H = \blacksquare$	$III_M_H = \blacksquare$
$I_M_M = 48.01$	$II_M_M = \blacksquare$	$III_M_M = 19.65$
$I_M_B = 39.69$	$II_M_B = \blacksquare$	$III_M_B = \blacksquare$
$M_{g,пл,н} = 3.5$	$M_{g,пл,н} = 3.5$	$M_{g,пл,н} = 3.5$
$M_{g,пл,p} = 5.03$	$M_{g,пл,p} = 5.03$	$M_{g,пл,p} = 5.03$
$I_Q_M = 118.54$	$II_Q_M = \blacksquare$	$III_Q_M = 48.53$

Приймаємо

$$M_H := I_M_H = 26.05$$

$$M_M := I_M_M = 48.01$$

$$M_B := I_M_B = 39.69$$

$$Q_M := I_Q_M = 118.54$$

Поправочні коефіцієнти

$$I_k := \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{d_{пл}}{h_{пл}} - 0.63 \right) \cdot h_{пл}^4 = 0.01619$$

$$D := \frac{E_b \cdot h_{\text{пл}}^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)} = 113169.64$$

$$\underline{D} := 694 \cdot E_b \cdot 0.000001 = 24984$$

$$n_1 := \frac{D \cdot d_{\text{пл}}^3}{G_b \cdot I_k} = 0.45549$$

$$\underline{n_k} := 0.00001 \cdot \frac{694 \cdot E_b \cdot d_{\text{пл}}^3}{0.42 \cdot E_b \cdot I_k} = 4.34$$

$$\underline{n_k} := 0.00001 \cdot \frac{694 \cdot d_{\text{пл}}^3}{0.42 \cdot I_k} = 4.34$$

При $n_1 < 30$: $M_{op} = -0.8 \cdot M_M$ та $M_{op} = +0.25 \cdot M_M$
 $M_{pr} = +0.5 \cdot M_M$ та $M_{pr} = -0.25 \cdot M_M$

- біля опори:

$$M_{n_op_max} := -0.8 \cdot M_H = -20.84$$

$$M_{n_op_min} := 0.25 \cdot M_H = 6.51$$

$$M_{op_max} := -0.8 \cdot M_M = -38.41$$

$$M_{op_min} := 0.25 \cdot M_M = 12$$

$$M'_{op_max} := -0.8 \cdot M_B = -31.75$$

$$M'_{op_min} := 0.25 \cdot M_B = 9.92$$

$$Q := Q_M = 118.54$$

- в середині прольоту:

$$M_{n_pr_max} := 0.5 \cdot M_H = 13.03$$

$$M_{n_pr_min} := -0.25 \cdot M_H = -6.51$$

$$M_{pr_max} := 0.5 \cdot M_M = 24$$

$$M_{pr_min} := -0.25 \cdot M_M = -12$$

$$M'_{pr_max} := 0.5 \cdot M_B = 19.84$$

$$M'_{pr_min} := -0.25 \cdot M_B = -9.92$$

А.2.2. Перевірки

Підбір перерізу плити

$$\xi := \mu_{\text{пл}} \cdot \frac{R_s}{R_b} = 0.158$$

$$\zeta := 1 - 0.5 \cdot \xi = 0.921$$

$$h_0 := \sqrt{\frac{|M_{op_max}|}{R_b \cdot b_{\text{пл}} \cdot \xi \cdot \zeta}} = 0.115$$

$$h_f := h_0 + 0.5 \cdot d_{s,\text{пл}} + 0.03 = 0.153$$

Приймаємо: $\underline{h_f} := 0.2$

Розрахунок армування нижньої зони плити

Товщина захисного шару бетону

$$a_b := 0.02$$

$$a_s := a_b + \frac{d_{s.пл}}{2} = 0.028$$

$$h_0 := h_f - a_s = 0.172$$

$$\alpha_0 := \frac{|M_{op_max}|}{R_b \cdot b_{пл} \cdot h_0^2} = 0.065$$

За знайденим α_0 визначаємо

$$\gamma_0 := 0.964 \quad A_0 := 0.065$$

$$\xi := \frac{A_0}{h_0} = 0.378$$

$$\omega := 0.85 - 0.008 \cdot R_b \cdot 0.001 = 0.69$$

Граничне напруження в арматурі стиснутої зони, кПа

$$\sigma_2 := 500000$$

$$\xi_y := \frac{\omega}{1 + \frac{R_s}{\sigma_2} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1.1}\right)} = 0.547$$

$$\xi = 0.378 \quad \xi < \xi_y \quad \xi_y = 0.547 \quad \text{Умова виконана}$$

$$A_s := \frac{|M_{op_max}|}{R_s \cdot h_0 \cdot \gamma_0} = 0.0006618$$

Приймаємо: $A_s := 0.001206$ $n := 6$ $d_{s.пл} = 0.016$

Перевірка на міцність

$$x' := \frac{R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b_{пл}} = 0.02111$$

$$M_u := R_b \cdot b_{пл} \cdot x' \cdot \left(h_0 - \frac{x'}{2}\right) = 68.15$$

$$M_u = 68.15 \quad M_u > M_{op_max} \quad |M_{op_max}| = 38.41 \quad \text{Умова виконана}$$

Розрахунок армування верхньої зони плити

$$a_{b'} := 0.02$$

$$a_{s'} := a_{b'} + \frac{d'_{s.пл}}{2} = 0.026$$

$$h_{0'} := h_f - a_{s'} = 0.174$$

$$\alpha_{0'} := \frac{|M_{pr_max}|}{R_b \cdot b_{пл} \cdot h_{0'}^2} = 0.04$$

За знайденим α_0 визначаємо

$$\gamma_{0'} := 0.980 \quad A_{0'} := 0.039$$

$$\xi := \frac{A_{0'}}{h_{0'}} = 0.227$$

$$\omega := 0.85 - 0.008 \cdot R_b \cdot 0.001 = 0.69$$

$$\xi_{yy} := \frac{\omega}{1 + \frac{R_s}{\sigma_2} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1.1}\right)} = 0.547$$

$$\xi = 0.227 \quad \xi < \xi_y \quad \xi_y = 0.547 \quad \text{Умова виконана}$$

$$A_{s'} := \frac{|M_{pr_max}|}{R_s \cdot h_0 \cdot \gamma_0} = 0.0004022$$

$$\text{Приймаємо: } A_{s'} := 0.000565 \quad n' := 5 \quad d'_{s,пл} = 0.012$$

Перевірка на міцність

$$x' := \frac{R_s \cdot A_{s'}}{R_b \cdot b_{пл}} = 0.00989$$

$$M_u := R_b \cdot b_{пл} \cdot x' \cdot \left(h_0 - \frac{x'}{2}\right) = 33.43$$

$$M_u = 33.43 \quad M_u > M_{pr_max} \quad |M_{pr_max}| = 24 \quad \text{Умова виконана}$$

Розрахунок на витривалість за згинальним моментом

$$r := \frac{n' \cdot \text{ДБН} \cdot (A_s + A_{s'})}{b_{пл}} = 0.01771$$

$$S_a := 2 \cdot n' \cdot \text{ДБН} \cdot \frac{A_s \cdot h_0 + A_{s'} \cdot a_s}{b_{пл}} = 0.00444$$

$$x' := -r + \sqrt{r^2 + S_a} = 0.051$$

$$I_{red,пл} := \frac{b_{пл} \cdot x'^3}{3} + n' \cdot \text{ДБН} \cdot A_s \cdot (h_0 - x')^2 + n' \cdot \text{ДБН} \cdot A_{s'} \cdot (x' - a_s)^2 = 0.0002243$$

$$\sigma_{b_max} := M'_{op_max} \cdot \frac{x'}{I_{red,пл}} = -7254.59$$

$$\sigma_{b_min} := M'_{op_min} \cdot \frac{x'}{I_{red,пл}} = 2267.06$$

$$\rho_b := \frac{\sigma_{b_min}}{\sigma_{b_max}} = -0.313$$

$$\rho_b := 0 \quad \text{Тому, що напруження різних знаків}$$

$$m_{b1} := 0.6 \cdot \beta_b \cdot \epsilon_b = 0.756$$

$$m_{b1} \cdot R_b = 15120$$

$$\frac{|M'_{op_max}|}{I_{red,пл}} \cdot x' = 7254.59 \quad \frac{|M'_{op_max}|}{I_{red}} \cdot x' < m_{b1} \cdot R_b \quad m_{b1} \cdot R_b = 15120 \quad \text{Умова виконана}$$

Перевірка умови міцності арматури плити на витривалість за формулою табл.

3.21 ДБН В.2.3-14:2006

$$\sigma_{s_max} := n' \cdot \text{ДБН} \cdot M'_{op_max} \cdot \frac{h_f - x' - a_s}{I_{red,пл}} = -170904.53$$

$$S_{a'} := 2 \cdot n'_{\text{ДБН}} \cdot \frac{A_s \cdot a_s + A_s \cdot r \cdot h_0'}{b_{\text{ПЛ}}} = 0.00264$$

$$x_{1'} := -r + \sqrt{r^2 + S_{a'}} = 0.03665$$

$$\sigma_{s_min} := n'_{\text{ДБН}} \cdot M'_{\text{op_min}} \cdot \frac{x_{1'} - a_{s'}}{I_{\text{ред.ПЛ}}} = 4711.45$$

$$\rho_s := \frac{\sigma_{s_min}}{\sigma_{s_max}} = -0.028$$

$$\varepsilon_{\rho s} := 0.54 \quad \text{За табл. 3.15 ДБН В.2.3-14:2006}$$

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

$$m_{as1} := \varepsilon_{\rho s} \cdot \beta_{\rho w} = 0.54$$

$$m_{as1} \cdot R_s = 189000$$

$$|\sigma_{s_max}| = 170904.53 \quad \sigma_{s_max} < m_{as1} \cdot R_s \quad m_{as1} \cdot R_s = 189000 \quad \text{Умова виконана}$$

Розрахунок на міцність за поперечною силою

$$c := h_0 = 0.17$$

$$m := 1.3$$

$$m \cdot R_{bt} \cdot b_{\text{ПЛ}} \cdot h_0 = 279.5$$

$$Q_b := \frac{2 \cdot R_{bt} \cdot b_{\text{ПЛ}} \cdot h_0^2}{c} = 430$$

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

$$Q_b := m \cdot R_{bt} \cdot b_{\text{ПЛ}} \cdot h_0 = 279.5$$

$$A_{\gamma w} := A_s \cdot 2 = 0.00241$$

$$Q_{\gamma w} := A_{\gamma w} \cdot 1000 \cdot 100 \cdot 1 = 241.2$$

$$Q = 118.54 \quad Q \leq Q_b + Q_{\gamma w} \quad Q_b + Q_{\gamma w} = 520.7 \quad \text{Умова виконана}$$

Розрахунок на тріщинотійкість

$$x := \frac{R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b_{\text{ПЛ}}} = 0.02111$$

$$x' := \frac{R_s \cdot A_{s'}}{R_b \cdot b_{\text{ПЛ}}} = 0.00989$$

$$\sigma_s := \frac{Mn_{\text{op_max}}}{A_s \cdot \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)} = -107037.08$$

$$\sigma_{s'} := \frac{Mn_{\text{pr_max}}}{A_s \cdot r \cdot \left(h_0' - \frac{x'}{2} \right)} = 136368.24$$

$$A_T := b_{\text{ПЛ}} \cdot \left(a_b + \frac{d_{\text{с.ПЛ}}}{2} + d_{\text{с.ПЛ}} \right) = 0.044$$

$$A_{T'} := b_{\text{ПЛ}} \cdot \left(a_{b'} + \frac{d'_{\text{с.ПЛ}}}{2} + d'_{\text{с.ПЛ}} \right) = 0.038$$

$$R_T := \frac{A_T}{\beta \cdot n \cdot d_{\text{с.ПЛ}}} = 0.45833$$

$$R_{T'} := \frac{A_{T'}}{\beta \cdot n' \cdot d_{\text{с.ПЛ}}} = 0.475$$

$$\psi_s := 1.5 \sqrt{R_T} = 1.016$$

$$\psi_{s'} := 1.5 \sqrt{R_{T'}} = 1.034$$

$$a_{\text{ср}} := \frac{|\sigma_s|}{E_s} \cdot \psi_s = 0.0005546$$

$$a_{\text{ср}'} := \frac{|\sigma_{s'}|}{E_s} \cdot \psi_{s'} = 0.0007193$$

Умова виконана, якщо: $a_{\text{ср}} \leq \Delta_{\text{ср}} \quad \Delta_{\text{ср}} = 0.02$

А.3. Розрахунок балки

А.3.1. Геометричні характеристики перерізу балки

Площа перерізу бетону, м²

$$A_{\text{б}} := h_{\text{б}} \cdot b_{\text{п}} + (b'_{\text{ф.б}} - b_{\text{п}}) \cdot h'_{\text{ф.б}} + (b_{\text{ф.б}} - b_{\text{п}}) \cdot h_{\text{ф.б}} = 0.368$$

Площа верхньої ненапруженої арматури у балці, м²

$$A'_{\text{с.б}} := \frac{\pi \cdot d'^2_{\text{с.б}}}{4} \cdot n'_{\text{с.б}} = 0.0006158$$

Площа нижньої ненапруженої арматури у балці, м²

$$A_{\text{с.б}} := \frac{\pi \cdot d_{\text{с.б}}^2}{4} \cdot n_{\text{с.б}} = 0$$

Площа перерізу одного пучка нижнього напруженого канату, м²

$$A_{\text{п1}} := \frac{\pi \cdot d_{\text{п}}^2}{4} \cdot n_{\text{пп}} = 0.0003393$$

Площа перерізу одного пучка нижнього напруженого канату, м²

$$A'_{\text{п1}} := \frac{\pi \cdot d_{\text{п}}^2}{4} \cdot n'_{\text{пп}} = 0.0001131$$

Площа перерізу верхніх напружених пучків арматури, м²

$$A'_{\text{п}} := A'_{\text{п1}} \cdot n'_{\text{п}} = 0.0002262$$

Площа перерізу нижніх пучків арматури, м²

$$A_{\text{п}} := A_{\text{п1}} \cdot n_{\text{п}} = 0.0020358$$

Відношення модулів пружності ненапруженої арматури та бетону

$$n_{1s} := \frac{E_s}{E_b} = 5.444$$

Відношення модулів пружності напружуваних пучків арматури та бетону

$$n_{1p} := \frac{E_p}{E_b} = 29.306$$

Площа зведеного перерізу балки до бетону, м²

$$A_{red.б} := A_б + n_{1s} \cdot (A_{s.б} + A'_{s.б}) + n_{1p} \cdot (A_p + A'_p) = 0.43764$$

Центри ваги арматури

$$a_{s.б} := 0.04$$

$$a'_{s.б} := 0.04$$

$$a'_p := \frac{A_{p1} \cdot 0.067 \cdot 2}{A_{p1} \cdot 2} = 0.067$$

$$a_p := \frac{A_{p1} \cdot 0.055 \cdot 4 + A_{p1} \cdot 0.129 \cdot 2}{A_{p1} \cdot 4 + A_{p1} \cdot 2} = 0.08$$

Статичний момент площі зведеного перерізу балки до бетону, м³

$$S_{red.б} := (b'_{f.б} - b_p) \cdot h'_{f.б} \cdot \left(h_б - \frac{h'_{f.б}}{2} \right) + b_p \cdot \frac{h_б^2}{2} + (b_{f.б} - b_p) \cdot \frac{h_{f.б}^2}{2} \dots = 0.22711$$

$$+ [n_{1s} \cdot A'_{s.б} \cdot (h_б - a'_{s.б}) + n_{1p} \cdot A'_p \cdot (h_б - a'_p) + n_{1p} \cdot A_p \cdot a_p + n_{1s} \cdot A_{s.б} \cdot a_{s.б}]$$

Центр ваги зведеного перерізу балки, м

$$x_{c.б} := \frac{S_{red.б}}{A_{red.б}} = 0.519$$

Момент інерції зведеного перерізу балки відносно центра ваги, м⁴

$$I_{red} := \frac{b_{f.б} \cdot x_{c.б}^3}{3} - \frac{(b_{f.б} - b_p) \cdot (x_{c.б} - h_{f.б})^3}{3} \dots = 0.0683774$$

$$+ \frac{b'_{f.б} \cdot (h_б - x_{c.б})^3}{3} - \frac{(b'_{f.б} - b_p) \cdot (h_б - x_{c.б} - h'_{f.б})^3}{3} \dots$$

$$+ n_{1s} \cdot A'_{s.б} \cdot (h_б - x_{c.б} - a'_{s.б})^2 + n_{1p} \cdot A'_p \cdot (h_б - x_{c.б} - a'_p)^2 \dots$$

$$+ n_{1p} \cdot A_p \cdot (x_{c.б} - a_p)^2 + n_{1s} \cdot A_{s.б} \cdot (x_{c.б} - a_{s.б})^2$$

A.3.2. Визначення КПУ методом пружних опор

Коефіцієнт характеризуючий відносну гнучкість балки

$$\alpha := 12.8 \cdot \frac{d_{пл}^3}{L_p^4} \cdot \frac{I_{red}}{I_{red.пл}} = 1.238$$

Ординати ліній впливу на кінцях тротуарних консолей

- B0 $R_{p.n0.B0} := 0.655$ - ордината л. в. крайньої балки

$d_{R.M.n0.B0} := 0.295$ - табличне значення

$$Y_{nk.B0} := R_{p.n0.B0} + d_k \cdot \frac{d_{R.M.n0.B0}}{d_{пл}} = 0.948$$

-B1 $R_{p.n0.B1} := 0.371$ - ордината л. в. крайньої балки
 $d_{R.M.n0.B1} := 0.035$ - табличне значення

$$Y_{nk.B1} := R_{p.n0.B1} + d_k \cdot \frac{d_{R.M.n0.B1}}{d_{пл}} = 0.406$$

-B2 $R_{p.n0.B2} := 0.147$ - ордината л. в. крайньої балки
 $d_{R.M.n0.B2} := -0.082$ табличне значення

$$Y_{nk.B2} := R_{p.n0.B2} + d_k \cdot \frac{d_{R.M.n0.B2}}{d_{пл}} = 0.066$$

Лінії впливу та ординати КПУ

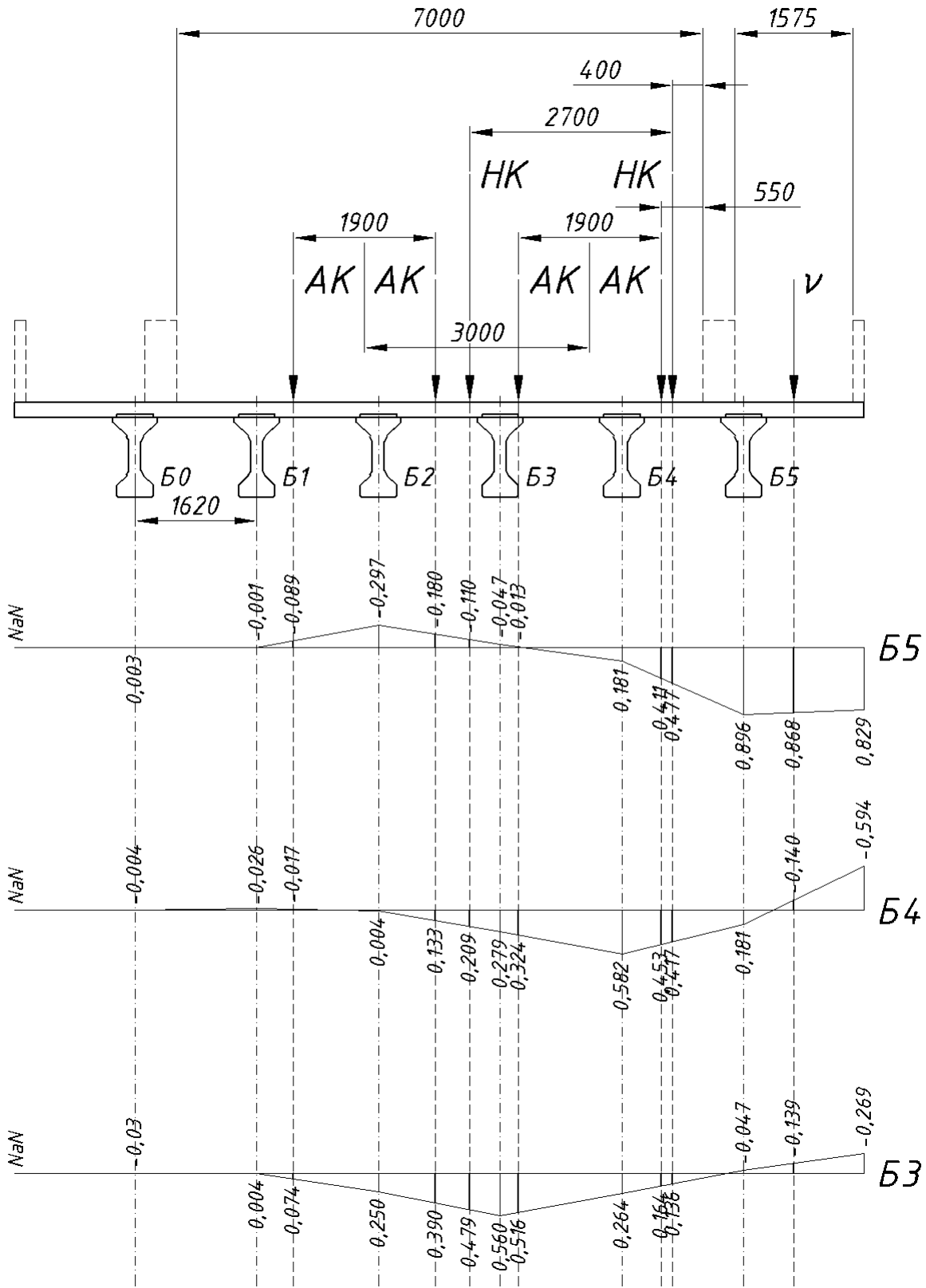


Рисунок А.1 - Лінії впливу КПУ

#

А.3.3. Перевірка на міцність

$$h_{0\omega} := h_0 - a_p = 1.02$$

$$h_{01} := h_0 - a_s = 1.072$$

$$x := \frac{R_p \cdot A_p + R_s \cdot A_s - R_s \cdot A'_{s,\bar{\sigma}}}{R_b \cdot d_{пл}} = 0.07$$

Несуча здатність

$$M_{gr} := R_b \cdot d_{пл} \cdot x \cdot (h_0 - 0.5 \cdot x) + R_s \cdot A'_{s,\bar{\sigma}} \cdot (h_{01} - a'_{s,\bar{\sigma}}) = 2481.12$$

Постійні нормативні навантаження на крайні балки

- балка $q_{nb} := A_0 \cdot \gamma_{зб} \text{ explicit, ALL} \rightarrow 0.368 \cdot 24.5 = 9.02$

- плита $q_{nsab} := 1.87 \cdot g_{пл.н} = 19.97$

- БО $q_{nbo} := 1$

- ПО $q_{npo} := 0.8$

- А/Б $q_{nab} := 0.5 \cdot (\delta_{АБ.д} \cdot \rho_{АБ.д} \cdot \gamma_{АБ.д.н} + \delta_{АБ.п} \cdot \rho_{АБ.п} \cdot \gamma_{АБ.п.н} + \delta_{Г} \cdot \rho_{Г} \cdot \gamma_{Г.н} + \delta_{Г} \cdot \rho_{Г} \cdot \gamma_{Г.р}) = 1.4$

Постійні розрахункові навантаження на крайні балки

- балка $q_{rb} := q_{nb} \cdot 1.25 \text{ explicit, ALL} \rightarrow 9.016 \cdot 1.25 = 11.27$

- плита $q_{rsab} := 1.87 \cdot g_{пл.р} = 28.66$

- БО $q_{rbo} := 1.25$

- ПО $q_{rpo} := 1$

- А/Б $q_{rab} := 0.5 \cdot (\delta_{АБ.д} \cdot \rho_{АБ.д} \cdot \gamma_{АБ.д.р} + \delta_{АБ.п} \cdot \rho_{АБ.п} \cdot \gamma_{АБ.п.р} + \delta_{Г} \cdot \rho_{Г} \cdot \gamma_{Г.р}) = 2.69$

Сумарні

$$q_{npk} := q_{nb} + q_{nsab} + q_{nbo} + q_{npo} + q_{nab} = 32.19$$

$$q_{rpk} := q_{rb} + q_{rsab} + q_{rbo} + q_{rpo} + q_{rab} = 44.87$$

Перша стадія

$$q_i := q_{nb} + q_{nsab} = 28.98$$

$$q_{ri} := q_{rb} + q_{rsab} = 39.93$$

Друга стадія

$$q_{ii} := q_{nbo} + q_{npo} + q_{nab} = 3.2$$

$$q_{rii} := q_{rbo} + q_{rpo} + q_{rab} = 4.94$$

$$\omega := \frac{L_p}{4} \cdot \frac{L_p}{2} = 14.47 \quad \text{- площа лінії впливу моменту}$$

Зусилля від постійного навантаження

Перша стадія

$$M_{ri} := q_{ri} \cdot \omega = 577.89$$

Друга стадія

$$M_{rii} := q_{rii} \cdot \omega = 71.45$$

Всього

$$M_p := M_{ri} + M_{rii} = 649.34$$

$$M_{gr} - M_p = 1831.77$$

Перевірка на міцність за згинальним моментом

Найбільш невідне положення**Балка Б5**

Ординати КПУ

Натовп $\eta_p := 0.698$

НК $\eta_{nk} := \frac{0.477 - 0.110}{2} = 0.184$

АК $\eta_{ak} := \frac{0.411 - 0.013}{2} + \frac{-0.180 - 0.089}{2} = 0.064$

$\eta_{akv} := \frac{0.411 - 0.013}{2} + 0.6 \cdot \frac{0.143 + 0.003}{2} = 0.243$

Ординати ліній впливу

$y_{max} := \left(\frac{L_p}{4} \right) = 2.69$

НК $y_2 := y_{max} \cdot \frac{\frac{L_p}{2} - 0.6}{\frac{L_p}{2}} = 2.39$ $y_3 := y_{max} \cdot \frac{\frac{L_p}{2} - 1.8}{\frac{L_p}{2}} = 1.79$

АК $y_{ak} := y_{max} \cdot \frac{\frac{L_p}{2} - 0.75}{\frac{L_p}{2}} = 2.315$

Коефіцієнти до тимчасового навантаження

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

$q_p := 1.96 \cdot 0.75 = 1.47$ - навантаження від пішоходів

$M_{ak} := 1.1 \cdot [P_{AK} \cdot \eta_{ak} \cdot 2 \cdot y_1 \cdot \gamma_{vp} \cdot (1 + \mu_p) + \omega \cdot \nu_{AK} \cdot \eta_{akv} \cdot \gamma_{vv} + q_p \cdot \omega \cdot \gamma_p \cdot \eta_p] = 199.09$

$M_{nk} := 1.1 \cdot [P_{HK} \cdot (2 \cdot y_2 + 2 \cdot y_3) \cdot \eta_{nk}] = 413.85$

$S_{max} := \max(M_{ak}, M_{nk}) = 413.85$

$M_{gr} = 2481.12$ $M_{gr} > M_p + S_{max}$ $M_p + S_{max} = 1063.19$ Умова виконується

Балка Б4

Ординати КПУ

Натовп $\eta_p := 0$

НК $\eta_{nk} := \frac{0.417 + 0.209}{2} = 0.313$

АК $\eta_{ak} := \frac{-0.017 + 0.133}{2} + \frac{0.453 + 0.24}{2} = 0.405$

$\eta_{akv} := \frac{-0.017 + 0.133}{2} + 0.6 \cdot \frac{0.453 + 0.24}{2} = 0.266$

$M_{ak} := 1.1 \cdot [P_{AK} \cdot \eta_{ak} \cdot 2 \cdot y_1 \cdot \gamma_{vp} \cdot (1 + \mu_p) + \omega \cdot \nu_{AK} \cdot \eta_{akv} \cdot \gamma_{vv} + q_p \cdot \omega \cdot \gamma_p \cdot \eta_p] = 684.47$

$M_{nk} := 1.1 \cdot [P_{HK} \cdot (2 \cdot y_2 + 2 \cdot y_3) \cdot \eta_{nk}] = 705.91$

$$S_{\max} := \max(M_{ak}, M_{nk}) = 705.91$$

$$M_{gr} = 2481.12 \quad M_{gr} > M_p + S_{\max} \quad M_p + S_{\max} = 1355.26 \quad \text{Умова виконується}$$

Балка Б3

Ординати КПУ

$$\text{Натовл} \quad \eta_{\max} := 0$$

$$\text{НК} \quad \eta_{nk} := \frac{0.136 + 0.479}{2} = 0.308$$

$$\text{АК} \quad \eta_{ak} := \frac{0.074 + 0.390}{2} + \frac{0.164 + 0.516}{2} = 0.572$$

$$\eta_{akv} := \frac{0.074 + 0.390}{2} + 0.6 \cdot \frac{0.164 + 0.516}{2} = 0.436$$

$$M_{ak} := 1.1 \cdot [P_{AK} \cdot \eta_{ak} \cdot 2 \cdot y_1 \cdot \gamma_{vp} \cdot (1 + \mu_p) + \omega \cdot \nu_{AK} \cdot \eta_{akv} \cdot \gamma_{vv} + q_p \cdot \omega \cdot \gamma_p \cdot \eta_p] = 988.97$$

$$M_{nk} := 1.1 \cdot [P_{HK} \cdot (2 \cdot y_2 + 2 \cdot y_3) \cdot \eta_{nk}] = 693.51$$

$$S_{\max} := \max(M_{ak}, M_{nk}) = 988.97$$

$$M_{gr} = 2481.12 \quad M_{gr} > M_p + S_{\max} \quad M_p + S_{\max} = 1638.31 \quad \text{Умова виконується}$$