

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Кафедра «Мости та тунелі»

До захисту:

Завідувач кафедри МТ

_____ О. Л. Тютюкін

« ____ » _____ 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття ОС «магістр»

Галузь знань 19 «Архітектура та будівництво»

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Спеціалізація «Мости і транспортні тунелі»

Тема: «Особливості проектування та будівництва металевих залізничних мостів
на діючих залізничних перегонах»

Theme: “Features of design and construction of metal railway bridges on existing
railway stages”

Керівник магістерської роботи	<u>Д.т.н., доц.</u> _____ (посада)	_____ (підпис)	<u>Марочка В.В.</u> _____ (ПБ)
Консультант розділу з БЖД	<u>К.т.н., доц.</u> _____ (посада)	_____ (підпис)	<u>Заяць Ю.Л.</u> _____ (ПБ)
Нормоконтролер	<u>Ст.викладач</u> _____ (посада)	_____ (підпис)	<u>Овчинников П.А.</u> _____ (ПБ)
Виконавець, студент групи МТ1921			<u>Тимошенко Д.В.</u> _____ (ПБ)
Student		_____ (підпис)	<u>Tymoshenko Dmytro</u>

2020 р.

РЕФЕРАТ

Дипломний проект представлений на ____ сторінках та містить ____ рисунків, ____ таблиць, ____ літературних джерел, ____ додатки.

Об'єкт: Залізничний шляхопровід над автомобільною дорогою.

Мета: Рішення задач по тимчасовому перевлаштуванню існуючого перегону та розроблення способу будівництва шляхопроводу.

Робота складається з 5 розділів. В першому розділі наведені основні будівельні рішення по конструкціям шляхопроводу та приведені основні технічні показники. В другому розділі описується організаційно-технічна послідовність основних робіт при будівництві даного шляхопроводу. В третьому розділі приводиться розрахунок системи шпунтової огорожі. В четвертому розділі наведений розрахунок головних балок прогонової будови з пониженим перерізом в приопорних вузлах. В п'ятому розділі описані вимоги стосовно безпеки праці при будівництві опор шляхопроводу та дії працівників в аварійних ситуаціях.

Ключові слова: Підпірна стінка, шпунтове огороження, активний/пасивний/ тиск, несуча здатність, напруження в елементі.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 БУДІВЕЛЬНІ РІШЕННЯ ПО СПОРУДЖЕННЮ ЗАЛІЗНИЧНОГО ШЛЯХОПРОВОДУ. ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ПОКАЗНИКИ.....	10
1.1 Проміжні опори та стояни.....	10
1.2 Проміжні опори.....	12
1.3 Мостове полотно.....	12
1.4 Антикоровійний захист конструкцій шляхопроводу	13
1.5 Основні технічні показники.....	16
РОЗДІЛ 2 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ПОСЛІДОВНІСТЬ РОБІТ ПО ПЕРЕНЕСЕННЮ ІСНУЮЧОЇ КОЛІЇ ТА СПОРУДЖЕННЯ ОПОР ШЛЯХОПРОВОДУ	17
2.1 Загальна частина	17
2.2 Технологічна послідовність спорудження тимчасового обходу	17
2.3 Технологічна послідовність спорудження опор шляхопроводу в тілі існуючого перегону	21
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ШПУНТОВОЇ ОГОРОЖІ ОПОР	30
3.1 Теоретичні передумови до розрахунку	30
3.2 Другий етап будівництва. Розробка ґрунту до відмітки 53,1 м	31
3.3 Третій етап будівництва. Розробка ґрунту до відмітки 47,6 м, нижче на один метр від другого ряду розпірок	35
3.4 Етап будівництва опор	38
3.5 Результат розрахунку шпунтової огорожі по програмі «Шпунт» ...	42
РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК ГОЛОВНИХ БАЛОК ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ LP = 45,0 М.....	45

					011.160023.ДР.2020.000		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ		
Розробив		Тимошенко Д.В.					
Керівник		Марочка В.В.					
Керів.розділу		Марочка В.В.					
Консуьлт.							
Н.контроль		Овчиннико П.А					
					Літ.	Арк.	Аркушів
					4		

ВСТУП

Дипломна робота присвячена особливостям проектування та будівництва металевих залізобетонних мостів на діючих залізничних перегонах, з метою рішення задач по тимчасовому перевлаштуванню існуючого перегону та розроблення способу будівництва шляхопроводу із забезпеченням передбаченого нормами рівня безпеки руху автотранспорту.

При написанні даної дипломної роботи, за приклад було взято споруду №18 – залізничного шляхопроводу на ПК15+67 автомобільної дороги «Прибережне шосе-Південне шосе», яка входить до пускового комплексу №6 I черги будівництва автотранспортної магістралі через р. Дніпро в м. Запоріжжі та використані наступні вихідні матеріали:

1. Стереотопографічна зйомка масштабу 1:500 ділянки автотранспортної магістралі у місці розташування споруди №18.
2. Інженерно-геологічні вишукування площадок будівництва штучних споруд на ділянці автотранспортної магістралі.
3. Робочі креслення проектної документації, розробленої проектним бюро «Київсоюзшляхпроект» у 2005-2008 роках по об'єкту «Залізнодорожній шляхопровід на ПК 15+67 автомобільної дороги «Прибережне шосе-Південне шосе».
4. Робочі креслення складних допоміжних споруд і пристроїв для будівництва споруди №18, розроблені інститутом «Укрдніпробудміст» у 2008 році.
5. Містобудівні умови та обмеження від 11.09.2017 р. затверджені наказом Департаменту архітектури та містобудування Запорізької міської ради.

					011.160023.ДР.2020.000			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Тимошенко Д.В.			Вступ	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Марочка В.В.					6	
Керів.розділу		Марочка В.В.						
Консульт.								
Н.контроль		Овчинников П.А.						

Інженерно-геологічні вишукування на ділянці будівництва споруди №18 – залізнодорожнього шляхопроводу на ПК15+67 автомобільної дороги «Прибережне шосе-Південне шосе», були виконані метою вивчення інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов майданчика, визначення фізико-механічних властивостей ґрунтів та хімічного складу підземних вод, а також одержання даних для складання передбачень змін природного середовища під дією виконуваних будівельних робіт та подальшої експлуатації споруди.

Споруда №18 розташована на лівому березі р. Дніпро, на ділянці перетину проектованої автомобільної магістралі з двома головними залізничними коліями Укрзалізниці.

В геоморфологічному відношенні місце досліджень представляє собою крутий береговий схил, складений масивом гранітоїдів, розбитих на блоки тектонічними розломами та перекритим чохлаом осадових порід.

В геологічному розрізі до розвіданої глибини 28,8 м беруть участь:

- Насипні ґрунти, що представлені щебенисто-гравійними ґрунтами з включенням окремих брил, з супісково-суглинистим заповнювачем 30-40 %, супісками та суглинками твердими з включенням будівельного сміття 20-40 %, загальною потужністю 1,5-6,3м;
- Четвертинні алювіально-делювіальні, еолово-делювіальні ґрунти, представлені пісками пилюватими, середньої щільності та щільними маловологими та вологими, з прошарком супіску 10-20 %, лесовими супісками та суглинками твердими з включенням карбонатів 5-10 %, з прошарком піску пилюватого 5-10%, просідними, гравійно-галечниковими ґрунтами з супіщано-піщаним заповнювачем 30-45%, насиченим водою, з включенням жорстви, щебеню, брил до 20-30 %, загальною потужністю 9,0-19,6 м;
- Ґрунти кори вивітрювання гранітоїдів – жорствяно-щебеністі ґрунти з супіщаним заповнювачем 15-30 %, щебенисто-брилові

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

грунти з жорствяно-суглинистим заповнювачем 20-35%, загальною потужністю 1,7-3,8м.

В основі розрізу розкриті гранітоїди крупно- та середньозернисті, масивної текстури, різного ступеню вивітрілості та тріщинуваті, від малої міцності до дуже міцних, розкритою потужністю 1,9-7,8 м.

До глибини 13,4-15,2 м лесові ґрунти мають II тип по просідності - просідання від сласної ваги при замочуванні сягає 9,7-11,2 см.

Ґрунтові води, що зустрінуті свердловиною 13 на глибині 18,8 м, гідравлічно пов'язані з водами р. Дніпро і мають середню вуглекислу та сильну сульфатну агресивність по відношенню до бетону марки W4, відповідно ДСТУ Б В.2.6-145:2010.

Нормативна глибина сезонного промерзання розрахована згідно ДБН В.2.1-10:2009 «Основи та фундаменти споруд» складає для суглинків і глин 0,74 м; для супісків, пісків дрібних та пилюватих 0,90 м; для пісків гравіюватих, крупних та середньої крупності 0,97 м; для великоуламкових ґрунтів 1,09 м.

Прогонова схема і технічні характеристики шляхопроводу визначились:

- Затвердженим генеральним планом розташування елементів автотранспортної магістралі через р. Дніпро в м. Запоріжжі, у тому числі ділянки перетину проекрованої автомагістралі з двома головними залізничними коліями Укрзалізниці;
- Характеристиками залізничних колій на ділянці перетину (поздовжнім профілем, величиною міжколійя, та ін.);
- Технічними умовами ДП «Придніпровська залізниця» та причетними експлуатаційними підрозділами Укрзалізниці;
- Глибиною залягання несучого шару ґрунту та його характеристиками згідно звітних даних інженерно-геологічних досліджень:

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Вимогами діючих нормативних документів по конструктивним обмеженням при проектуванні опор, прогонових будов та елементів мостового полотна.

Основні геометричні характеристики споруди №18 наступні:

- Прогонова схема споруди – 27,0+2x45,0+27,0 м;
- Повна довжина (по заднім граням крил стоянів) – 160,52 м;
- Кількість залізничних колій – 2;
- Величина міжколійя – 4,5 м;
- Кут перетину осі шляхопроводу з віссю проектованої ділянки автомагістралі, що проходить під спорудою – 36°;
- Проектний поздовжній ухил споруди – 4%;
- Ширина споруди (по зовнішнім граням технологічних тротуарів) – 10,98 м.

Шляхопровід споруджується з роздільними опорами та прогоновими будовами під парну та непарну залізничну колії.

Згідно проекту під шляхопроводом у прогонах 2-3 та 3-4 передбачений пропуск двох роздільних проїзних частин автотранспортної магістралі шириною по 12,5 м, що забезпечує пропуск 3-х смуг руху у кожному напрямку.

Відстань від верху автопроїзду до низу конструкції прогонових будов (підмостовий габарит) становить від 12 до 14 м.

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

БУДІВЕЛЬНІ РІШЕННЯ ПО СПОРУДЖЕННЮ ЗАЛІЗНИЧНОГО ШЛЯХОПРОВОДУ. ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ПОКАЗНИКИ

1.1 Проміжні опори та стояни

По інженерно - геологічним умовам площадки будівництва шляхопроводу фундаменти стоянів та проміжних опор, у зв'язку з глибоким заляганням несучого шару ґрунту, споруджуються на пальовій основі із закладенням бурових паль у скельні ґрунти з границею міцності осьовому стиску $R_c \geq 130 \text{ кг/см}^2$.

Проміжні опори під парну та непарну колію споруджуються на пальовій основі із бурових стовпів діаметром 1,5 м, довжиною від 11,7 до 16,0 м із закладенням підошви стовпів у скельні ґрунти.

Ґрунтові води, що зустрінуті розвідувальними свердловинами на глибині 18,8 м, гідравлічно пов'язані з водами р. Дніпро і мають середню вуглекислу та сильну сульфатну агресивність по відношенню до бетону марки W4, відповідно ДСТУ Б В.2.6-145:2010. У зв'язку з цим бурові стовпи споруджуються з використанням бетону на сульфатостійкому цементі по ДСТУ Б В.2.7-85-99 з наступними характеристиками - B25, W6, F 200.

Монолітні пальові ростверки у плані запроєктовані шестигранної форми, розмірами 7,5x6,33 м за умови об'єднання 7-ми бурових стовпів. Висота ростверків прийнята 2,0 м.

Геометричні характеристики бурових стовпів і пальових ростверків та їх армування прийняті на підставі розрахунків несучої спроможності основи з урахуванням конструктивних обмежень та вимог нормативних документів.

Армування пальових ростверків здійснюється горизонтальними сітками, які розподіляють постійні та тимчасові навантаження на бурові стовпи, а також контурними протиусадними каркасами.

					<i>011.160023.ДР.2020.000</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Тимошенко Д.В.				Розділ 1 Будівельні рішення по спорудженню залізничного шляхопроводу. Основні технічні показники	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Марочка В.В.						10	
Керів.розділу	Марочка В.В.							
Консульт.								
Н.контроль	Овчинников П.А.							

Проектні характеристики бетону пальових ростверків – В30, W6, F 200.

Із пальових ростверків передбачені арматурні випуски для об'єднання з тілом проміжних опор.

Тіло усіх проміжних опор запроектовано циліндричної форми, діаметром у перерізі 3,0 м.

На перехідних ділянках між тілом опор та ригелями передбачене три ступеневе поширення овальної форми. Розміри нижньої ступені у плані складають 3,2х3,0м, верхньої – 4,4х3,0 м.

Ригелі проміжних опор також мають овальну форму у перерізі, розмірами 5,2х3,2 м у плані та висоту 1,0 м.

Опорні тумби (підферменники) проміжних опор прямокутного перерізу у плані з призначенням висоти у залежності від будівельних висот прогонових будов, які на них обпираються.

Проектні характеристики бетону тіла опор, ригелів та підферменників – В30, W6, F 200.

Стояни №0 та №4 запроектовані роздільними під парну та непарну колію і споруджуються на пальовій основі із бурових стовпів діаметром 1,5 м, довжиною від 17,9 до 25,0 м із закладенням підошви стовпів у скельні ґрунти.

Монолітні пальові ростверки у плані запроектовані прямокутної форми, розмірами 7,3х4,5 м за умови об'єднання 6-ти бурових стовпів. Висота ростверків прийнята 1,7 м.

Із пальових ростверків передбачені арматурні випуски для об'єднання з тілом стоянів.

Тіло стоянів, ригелі, підферменники, шафові коробки та бокові крила запроектовані із монолітного залізобетону.

Усі поверхні конструкцій проміжних опор та стоянів, які засипаються ґрунтом та баластом, покриваються обмазувальною гідроізоляцією із 2-х шарів бітуму по бітумному ґрунтуванню.

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Проміжні опори

Прогонові будови середніх прогонів, під якими проходить проєктована автомобільна магістраль, виконані за індивідуальним проєктом і прийняті металевими з суцільними стінками та їздою верхом на безбаластному мостовому полотні (БМП).

Розрахунковий прогін $L_p = 45,0$ м, повна довжина $L_n = 46,0$ м.

Опорні вузли з боку сполучення з крайніми (береговими) прогонами передбачені з пониженою будівельною висотою.

Крайні прогони - металеві, зварні, з суцільними стінками та їздою верхом на безбаластному мостовому полотні (БМП).

Розрахунковий прогін $L_p=27,0$ м, повна довжина $L_p=27,6$ м.

Опорні частини у вузлах обпирання прогонових будов $L_p=27,0$ м металеві, секторного типу, литі, нерухомі та рухомі, марки СН-Л та СП-Л, які виготовляються по типовому проєкту серії 3.501.1-129 (інв.№1263/1,2).

Опорні частини у вузлах обпирання прогонових будов $L_p=45,0$ м металеві, секторного типу, литі, нерухомі та рухомі, типу III по типовому проєкту серії 3.501-35 (інв. №583).

Конструктивні характеристики складових елементів прогонової будови $L_p = 45,0$ м та вузлів їх сполучення між собою, а також розрахунок приведені у відповідному розділі та на кресленнях, що додаються до даної дипломної роботи.

1.3 Мостове полотно

Проєктні рішення укладання безбаластного мостового полотна на прогонових будовах $L_p=45,0$ м та $L_p=27,0$ м розроблені згідно вимог ЦП-0137 «Інструкція з укладання та експлуатації безбаластного мостового полотна (БМП) на залізобетонних плитах».

Конструкція плит БМП прийнята по робочим кресленням НКТЬ ЦП УЗ, розробленим згідно з вимогами ТУ У 26.6-01116472-088-2003 "Плити залізобетонні безбаластного мостового полотна зі стержневою арматурою без попереднього напруження" з внесенням змін до армування з метою підвищення довговічності та тріщиностійкості плит. Дана конструкція плит пройшла

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

експлуатаційні дослідження та рекомендована для установки на мостах залізниць України.

При укладанні плит БМП, згідно з вимогами інструкції по утриманню штучних споруд, стріла підйому рейкової колії призначена 1/2000Lp. Обвід проектного профілю колії прийнятий по кривій, яка відповідає формі лінії прогину прогонової споруди під навантаженням.

Для поліпшення гідроізоляції плит БМП використовується двошарова гідроізоляційна система "Елімінатор" на основі двокомпонентного метилметакрилатного покриття.

Для попередження попадання сипучих вантажів на проїзну частину автодорожньої магістралі проектними рішеннями передбачається устаткування захисних елементів в рівні верху технологічних тротуарів і міжколійного настилу згідно з рекомендаціями «Інструкції ...» ЦП/0092.

Високоміцні шпильки кріплення плит БМП до верхніх поясів головних балок прогонових будов із загартованої сталі 40Х по ГОСТ 4543-71.

Елементи облаштування міжколійя, технологічних тротуарів та площадок-сховищ на прогонових будовах парної та непарної колії, а також стаціонарних оглядових та захисних облаштувань (металеві тротуарні консолі, залізобетонні плити проходів, металеві ходові трапи, жолоби для прокладання кабелів, та перильне огороження) індивідуальної розробки з дотриманням вимог ДБН В.2.3-14:2006 та ЦП /0092 «Інструкція щодо улаштування й конструкції мостового полотна на залізничних мостах».

1.4 Антикорозійний захист конструкцій шляхопроводу

Проміжні опори та стояни. Для підвищення довговічності несучих конструкцій шляхопроводу, проектними рішеннями передбачається здійснити поверхневий гідроізоляційний захист усіх відкритих бетонних поверхонь проміжних опор та стоянів матеріалами типу «Sika».

Після ретельного піскоструминного очищення і знепилення поверхонь тіла проміжних опор, ригелів, підферменників, шафових стін та бокових крил

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стоянів здійснюється нанесення шару шпаклівки матеріалом Sikagard-720 EpoCem (товщина шару 1 мм).

По шару шпаклівки наноситься захисне покриття системою Sikagard-680 S Betoncolor наступного складу:

грунтовка Sikagard-702 W Aquaphob - концентрат, розбавлений у пропорції 1:9 з чистою водою (прогнозована витрата концентрату 0,02 кг/м²);

захисне покриття Sikagard-680 S Betoncolor - загальна товщина 130 мкр. (прогнозована теоретична витрата 0,4 кг/м²);

розчинник Verduennung C (витрата 0,02 кг/м²).

Металоконструкції прогонових будов. Антикоровий захист установлених у проектне положення металоконструкцій прогонових будов передбачається виконувати з обов'язковим попереднім піскоструминним очищенням усіх непофарбованих поверхонь від заводського ґрунтувального шару, який за час транспортування, складування та монтажного зварювання блоків заводського виготовлення у значній мірі піддається руйнуванню.

Антикоровий захист усіх зовнішніх поверхонь металоконструкцій прогонових будов Lp=45,0 м та Lp=27,0 м виконується системою покриття на основі поліуретану, загальною товщиною 240 мкм, наступного складу:

ґрунтувальний шар WG-Ferrogalvanik, Δ=80 мкм;

проміжний шар WG-Weleflex, Δ=100 мкм;

верхній шар WG-Sulacover, Δ=60 мкм.

Захист від корозії внутрішніх поверхонь металоконструкцій прогонових будов Lp=45,0 м виконується системою покриття на основі поліуретану, загальною товщиною 200 мкм, наступного складу:

ґрунтувальний шар WG-Ferrogalvanik, Δ=80 мкм;

основний шар WG-Weleflex, Δ=120 мкм;

Бетонні поверхні елементів мостового полотна. Для підвищення довговічності елементів мостового полотна шляхопроводу, проектними рішеннями передбачається здійснити поверхневий гідроізоляційний захист плит

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

БМП та технологічних тротуарів і площадок – сховищ, а також відкритих бетонних поверхонь опор контактної мережі матеріалами типу «Sika».

Після піскоструминного очищення і знепилення поверхонь елементів мостового полотна здійснюється нанесення шару шпаклівки матеріалом Sikagard-720 EpoCem (товщина шару 1 мм).

По шару шпаклівки наноситься захисне покриття системою Sikagard-680 S Betoncolor наступного складу:

грунтовка Sikagard-702 W Aquaphob;

захисне покриття Sikagard-680 S Betoncolor - загальна товщина 130 мкр;

розчинник Verduennung C.

Роботи по нанесенню антикорозійної системи захисту повинні виконуватись згідно операційно-технологічних карт на виконання антикорозійних робіт на поверхнях бетонних конструкцій опор та мостового полотна, а також сталевих прогонових будов.

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ПОСЛІДОВНІСТЬ РОБІТ ПО ПЕРЕНОСЕННЮ ІСНУЮЧОЇ КОЛІЇ ТА СПОРУДЖЕННЯ ОПОР ШЛЯХОПРОВОДУ

2.1 Загальна частина

Особливою складністю виконання робіт є те, що шляхопровід передбачено споруджувати в тілі існуючого насипу висотою до 10 м з перенесенням двох головних магістральних колій на досипану частину насипу без зупинки руху потягів.

Виходячи з місцевих умов, залізничні колії перенести на безпечну зону неможливо, тому необхідно споруджувати шляхопровід під захистом тимчасової підпірної стінки. В зв'язку з тим, що висота цієї стінки від дна котловану становить більше 6,0 м її необхідно закріпити тяжами за тимчасову анкерну стінку, улаштовану зі сторони досипаної частини насипу.

Необхідність спорудження тимчасової підпірної стінки зумовлено також монтажем прогонових будов шляхопроводу, які потребують зрізки насипу до відповідної позначки.

Технологічні схеми передбачають загальні, але основні етапи виконання робіт.

2.2 Технологічна послідовність спорудження тимчасового обходу

Перед виконанням основних робіт необхідно перенести всі підземні та наземні інженерні мережі та комунікації, які знаходяться в зоні будівництва.

Паралельно залізничним коліям на відстані 5,56 м від осі І-ї головної колії необхідно спорудити підпірну стінку довжиною 180 м із шпунтових паль «Larssen 605» довжиною $L=16$ м, що представлено на рис. 2.1.

					<i>011.160023.ДР.2020.000</i>						
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 2. Організаційно-технологічна послідовність робіт по перенесенню існуючої колії та спорудженню опор шляхопроводу			Літ.	Арк.	Аркушів	
Розробив	Тимошенко Д.В.									17	
Керівник	Марочка В.В.										
Керів.розділу	Марочка В.В.										
Консульт.											
Н.контроль	Овчинников П.А.										

I Занурення підпірної шпунтової стінки.

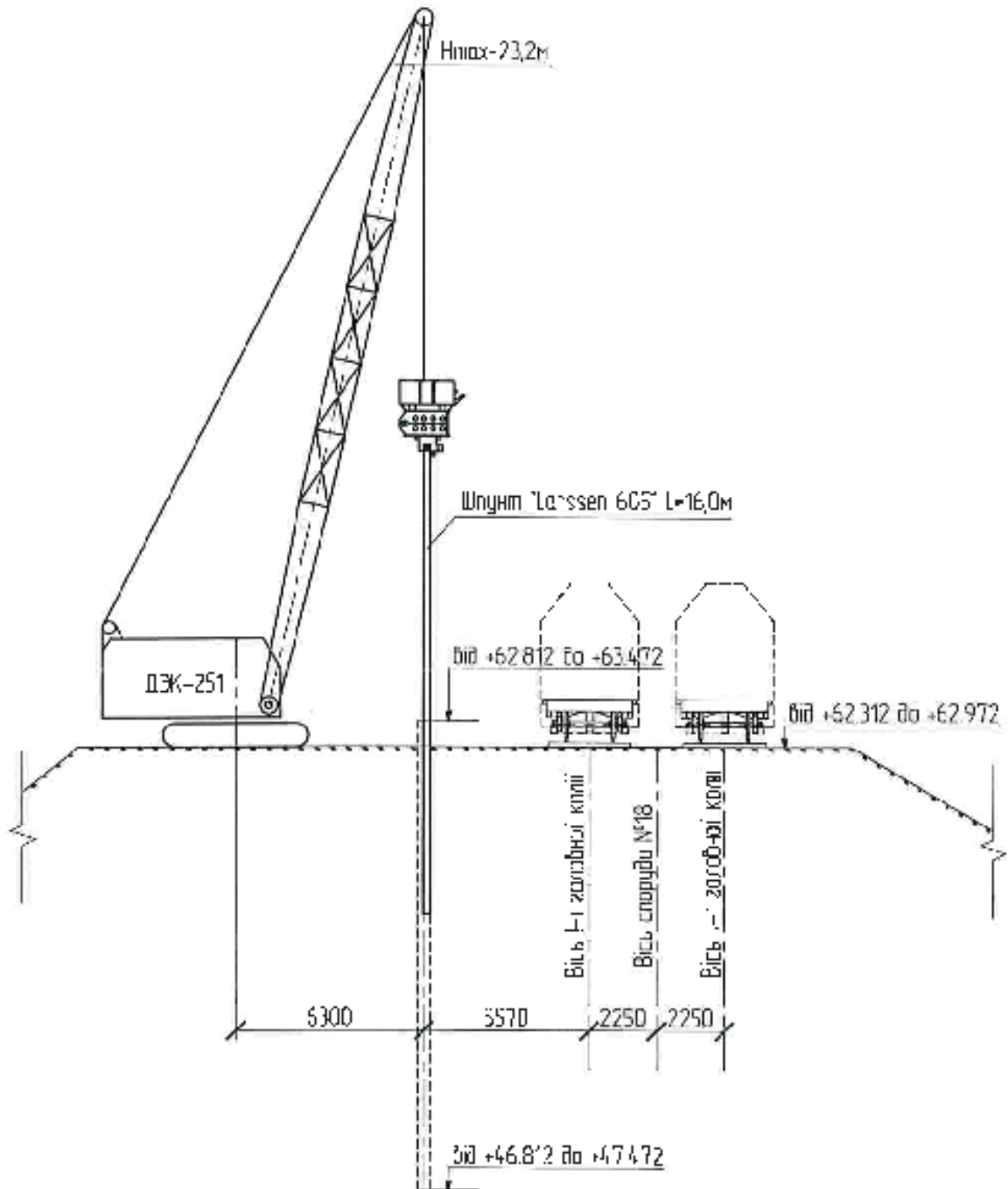


Рисунок 2.1 – Занурення підпірної шпунтової стінки

Для утримання підпірної стінки необхідно з іншого боку насипу спорудити анкерну стінку на відстані 4 м від осі I-ї тимчасової колії. Занурення шпунтових палей «Larssen 605» довжиною L=12 м, приведено на рис. 2.2, виконати аналогічно як і на підпірній стінці.

Зом. і № УР	
Підп. і дата	20.03.08р
№б. УР ар.-з.	121023-1 м

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

II Занурення анкерної шпунтової стінки.

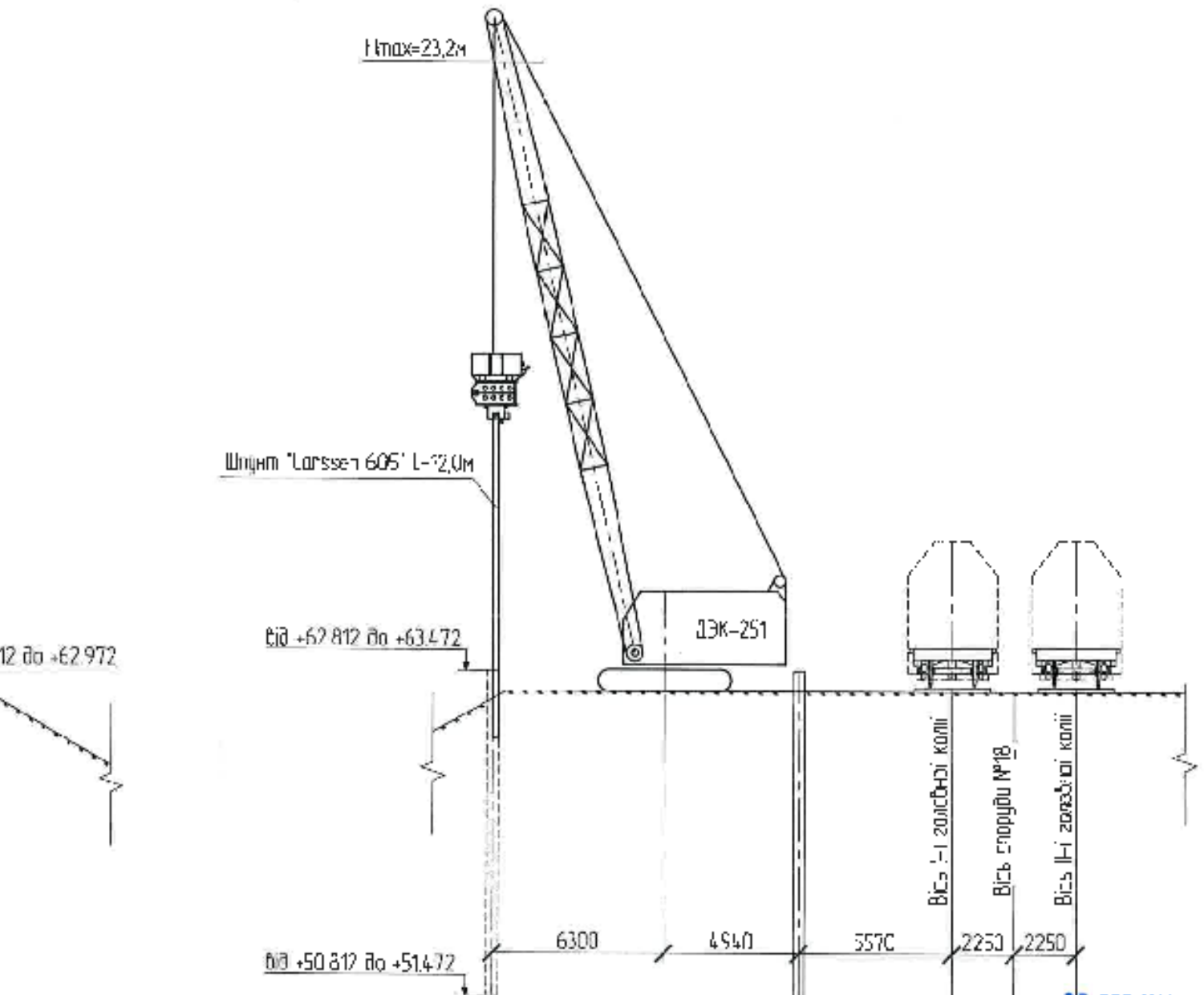


Рисунок 2.2 — Занурення анкерної шпунтової стінки

27 БЕР 2008

В производстві работ
Будівельний підрозділ
Київської залізничної дирекції
П.А. Григорюк

Після встановлення обох стінок необхідно об'єднати їх за допомогою тяжів діаметром 60 мм через пакети обв'язок, закріплені на опорних столиках в верхній частині шпунтових стін, схема наведена на рис. 2.3.

Тяжі необхідно розміщувати нижче шпал в баластній призмі. Збільшення відстані між тяжами категорично забороняється з причини їх пере навантаження. Тому монтаж залізничних колій та улаштування баластної призми виконувати тільки після встановлення і закріплення всіх тяжів між шпунтовими стінками.

78/П-АМ-ШС18-ПВР.01-03					
Проект виконання робіт по будівництву об'їзду транспортної магістралі через р. Дніпро в м. Золотошані					
Зн.	Кін.	Арх.	М.Зок.	Підпис	Дата
Козлов П.	Панченко				03.08.08
Керів. групи	Шафчак				03.08.08
Н.Контр.	Козлов				03.08.08
Сп.р. №18					АТЗТ
КИЇВСЬКА ЗАЛІЗНИЧНА ДИРЕКЦІЯ					

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

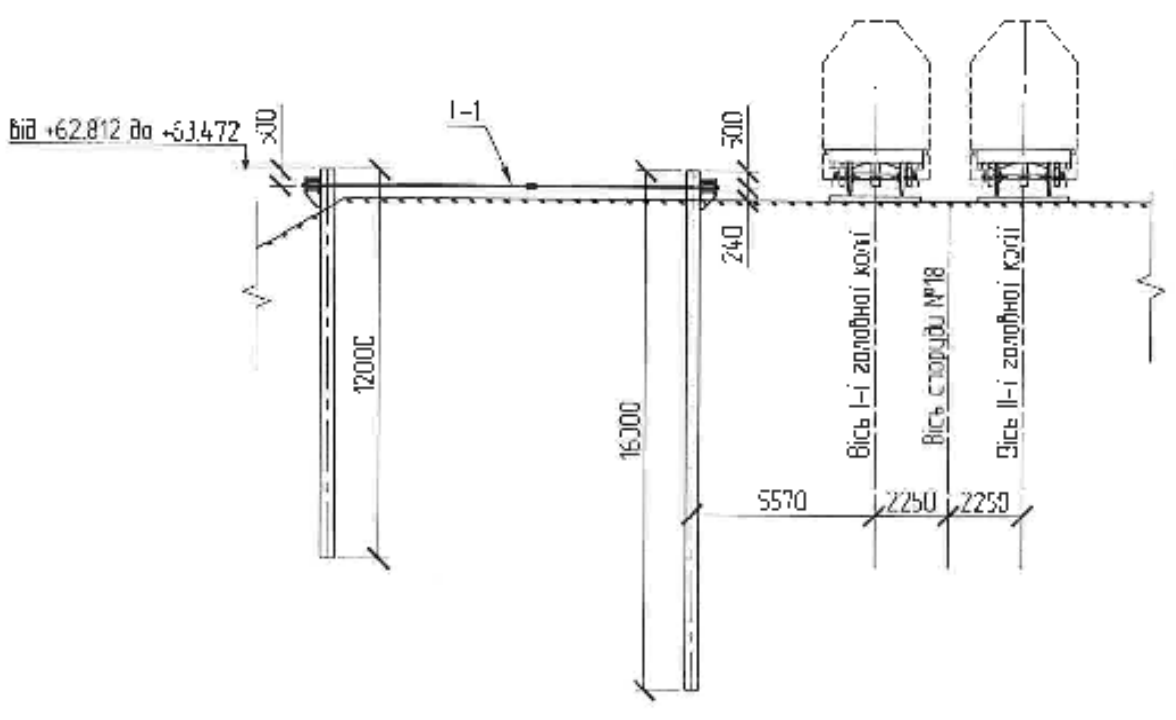
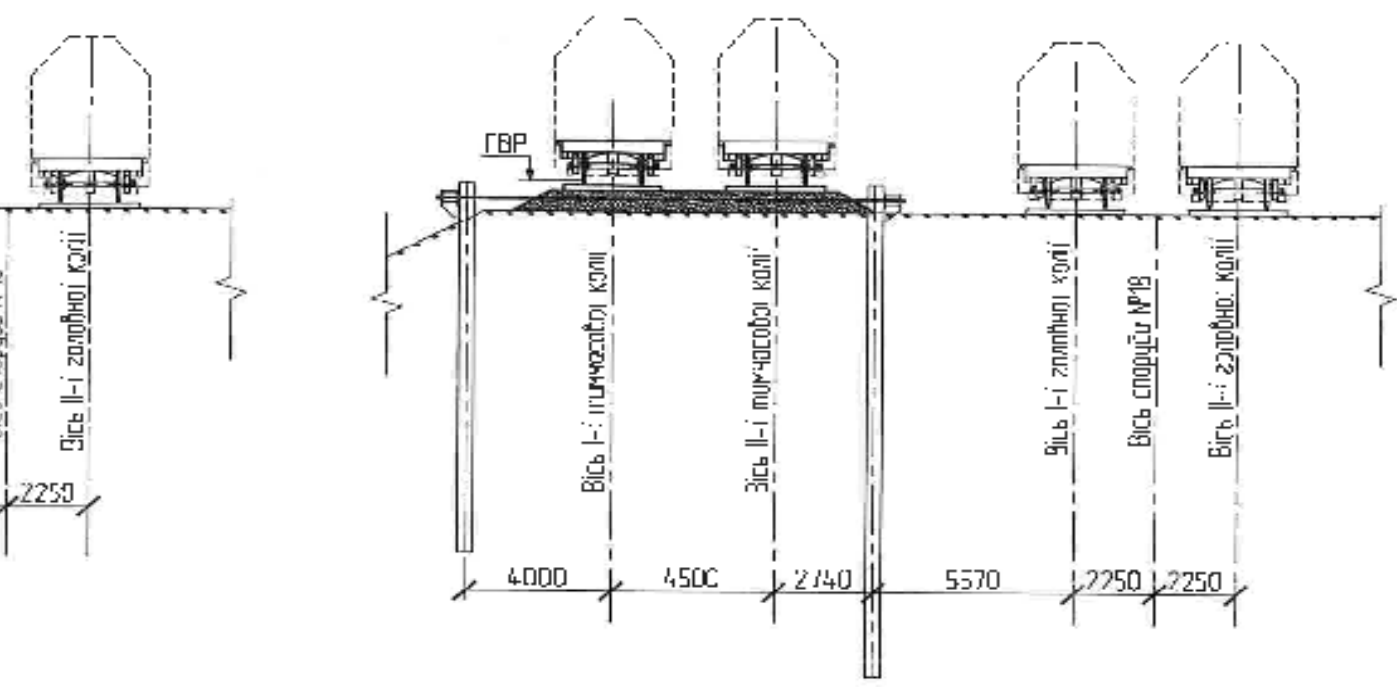


Рисунок 2.3 – Улаштування шпунтової колії №18.
 Розділення баластної призми
 Укладання залізничної колії та улаштування баластної призми на

IV. Улаштування баластної призми
 Монтаж тимчасових залізничних колій.
 Переключення руху на тимчасові залізничні колії.



№18.
 Рисунок 2.4 – Улаштування баластної призми. Монтаж тимчасової залізничної колії. Переключення руху на тимчасові залізничні колії



2.3 Технологічна послідовність спорудження опор шляхопроводу в тілі існуючого перегону

Перед виконанням основних робіт необхідно перенести всі підземні і надземні інженерні мережі та комунікації, які знаходяться в зоні будівництва.

Спорудження залізничного шляхопроводу виконувати в наступній технологічній послідовності:

1. Виконуються необхідні підготовчі роботи та створюється геодезична розбивка осей запроєктованого залізничного мосту. Встановлюється страхувальний рельсовий пакет довжиною 25м під дві рельсові нитки (зі сторони спорудження нового шляхопроводу згідно плану)

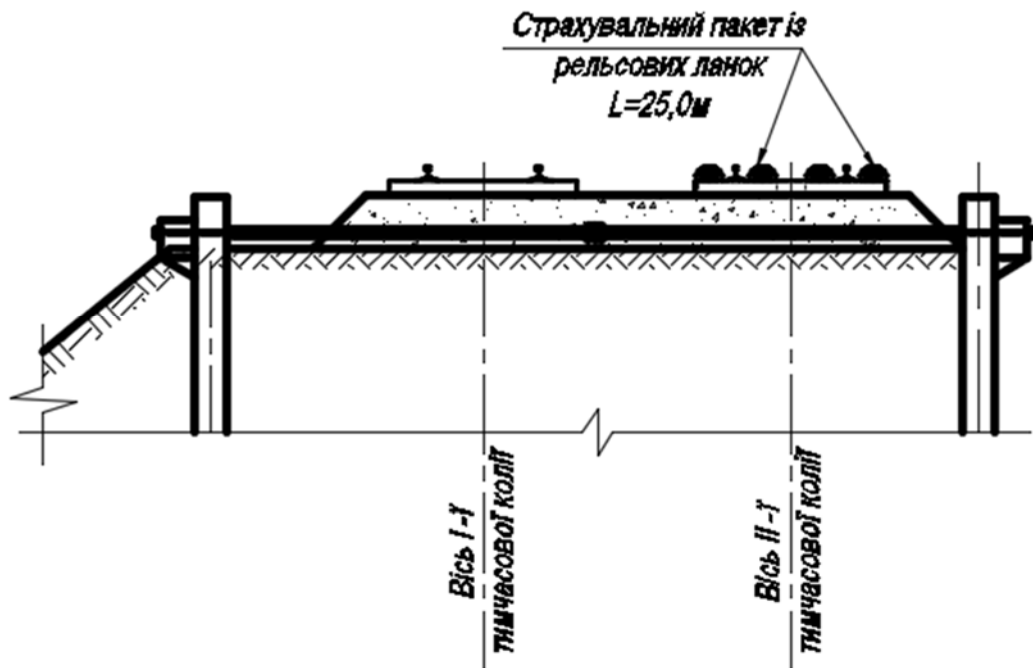


Рисунок 2.5 – Встановлення страхувального рельсового пакету

В цей час виконуються роботи по розробці ґрунту, наведено на рис.2.6, насипу до рівня будівельної площадки, на 6,5 м.

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

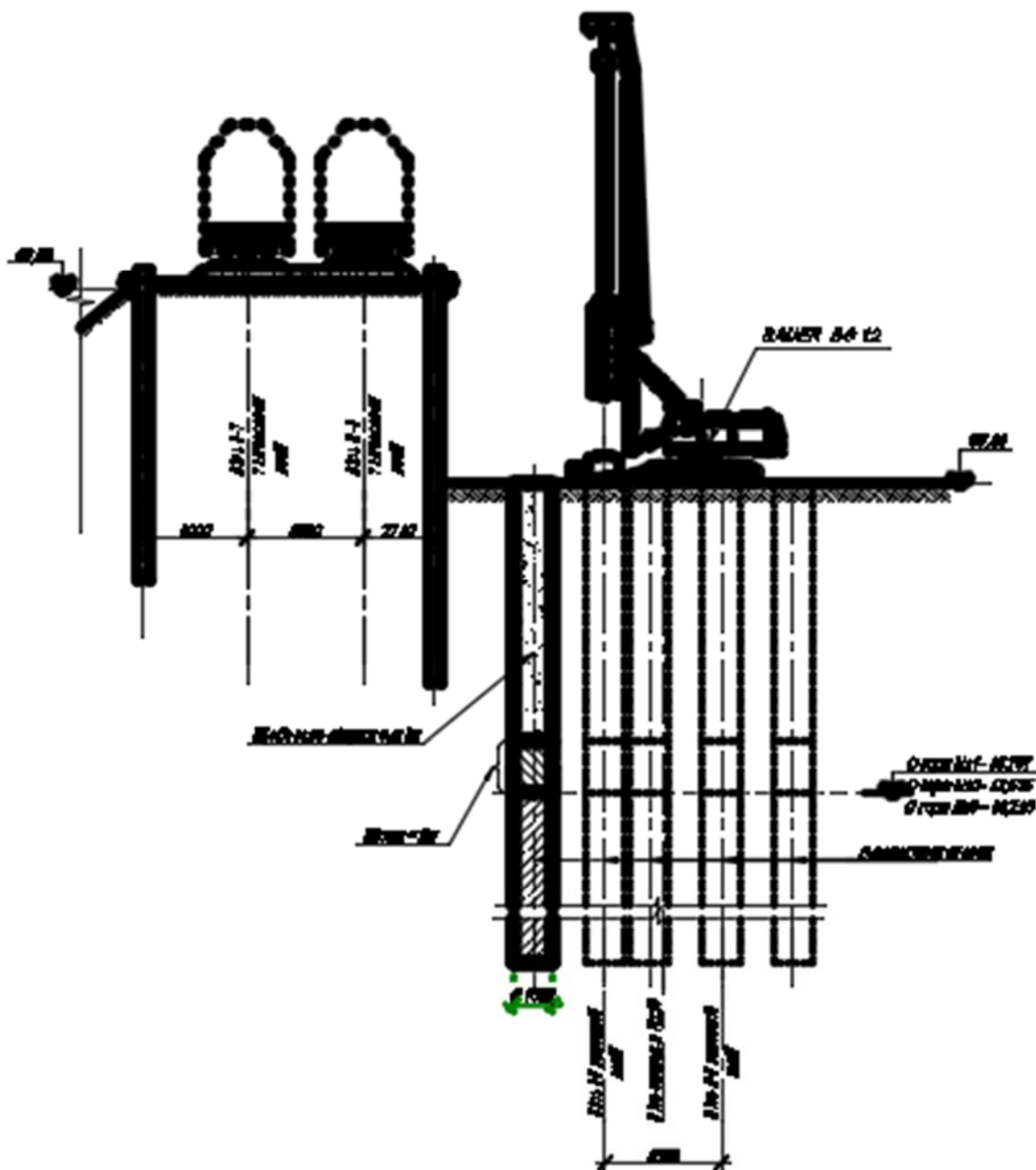


Рисунок 2.7 – Спорудження бурових паль

Бурові палі бетонуються на всю довжину та з урахуванням шламу ($\approx 2\text{м}$). У БНС вище рівня шламу свердловини, по мірі виймання секцій обсадних труб, заповнити щебенево-піщаною сумішшю.

4. Віброзанурювачем марки М8-25 за допомогою крану GROVE GMK5220 в/п=220 улаштовується шпунтове огороження замкнутого контуру.

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

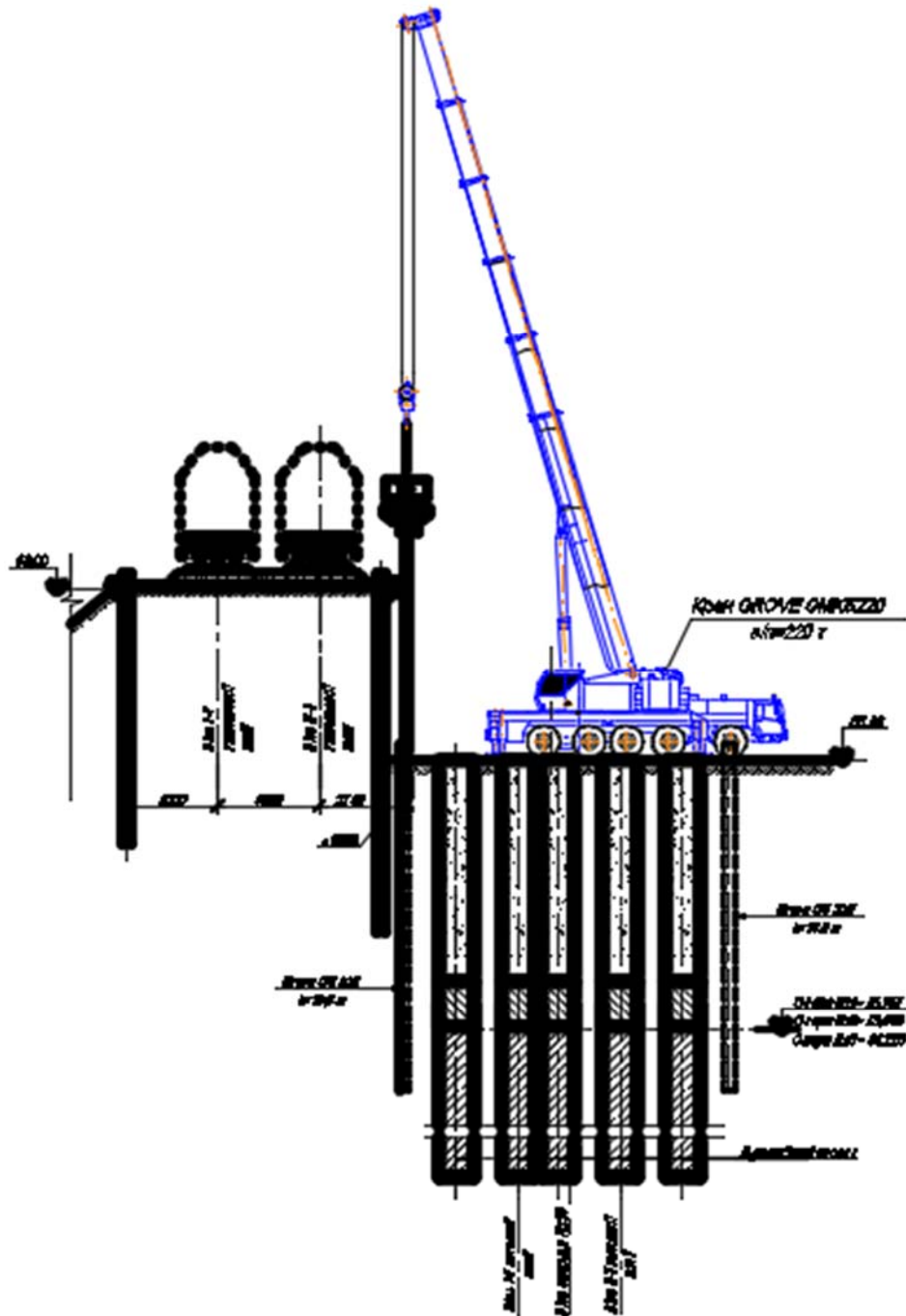


Рисунок 2.8 – Занурення шпунтової огорожі опор

5. В шпунтовому огороженні проміжних опор виконується розробка ґрунту до проектних позначок з одночасним встановленням розпірок кріплення котлованів. При цьому забезпечити перекриття руху залізничного транспорту на ділянці тимчасового об'їзду на термін розробки ґрунту та встановлення розпірок у шпунті.

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Встановлюються необхідні монтажні риштування та пристрої і проводиться бетонування конструкції тіла проміжних опор.

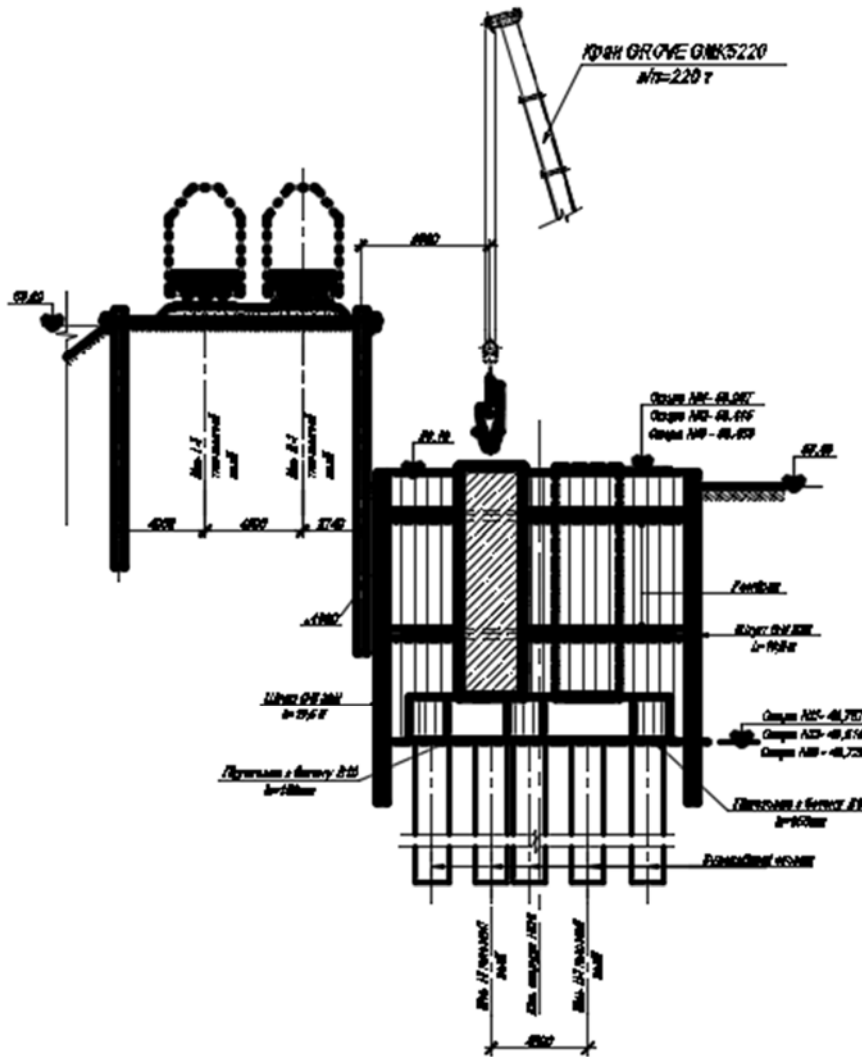


Рисунок 2.11 – Бетонування тіла опори

8. Виконується засипка щебенево-піщаною сумішшю котлованів, (улаштованих для спорудження проміжних опор) з ущільненням ковшбуром до рівня будмайданчику. Розбираються поступово розпірки.

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

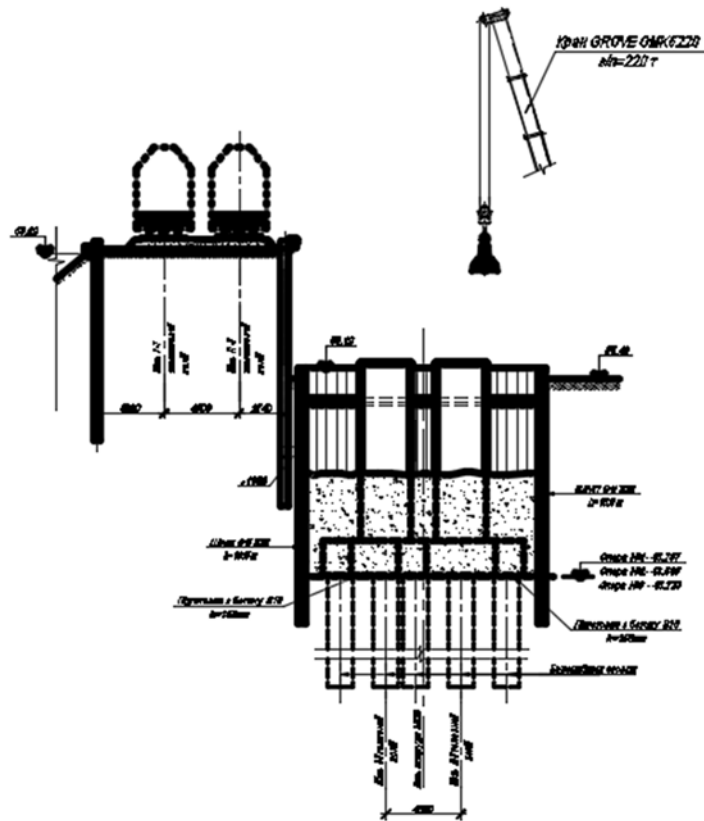


Рисунок 2.12 – Поетапна засипка котловану ґрунтом з розбиранням обв'язки та розпірок

9. Встановлюються монтажні риштування та пристрої і проводиться бетонування конструкції всіх ригелів проміжних опор.

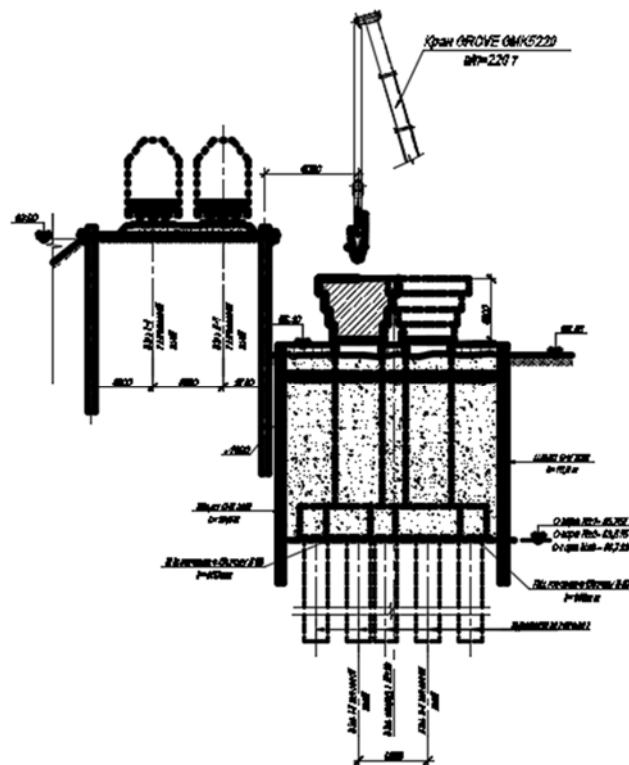


Рисунок 2.13 – Бетонування ригеля опори

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

14. Спорудження стоянів №1 та №4 виконується з будмайданчику з підвищеним рівнем (приведено у кресленнях стоянів). Спорудження БНС ростверку та тіла стоянів виконується із закриттям руху поїздів з врахуванням границь потенційно небезпечних зон при роботі бурових установок, кранів та іншої техніки.

15. На всіх стадіях технологічних процесів необхідно виконувати вимоги БДН А.3.2-2:2009 "Охорона праці та промислова безпека у будівництві", ДСТУ Б В.2.8-43:2011 "Огородження ділянок будівельних робіт" у межах границі небезпечних зон при виконанні робіт із застосуванням будівельної техніки, обладнанню будвельного майданчику, облаштуванням та пристроями для робіт в глибоких котлованах, на висоті, наявністю руху залізничного транспорту та інш.

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ШПУНТОВОЇ ОГОРОЖІ ОПОР

3.1 Теоретичні передумови до розрахунку

Фізико механічні характеристики ґрунтів прийняті нормативні, після водонасичення.

Відомості по інженерно-геологічним елементам (ІГЕ):

- ІГЕ-65** Насипний ґрунт – суглинисто-супісковий ґрунт твердий та напівтвердий з будівельним сміттям 20-40 %. Номер ґрунту по складності розробки –26а. Умовний опір не нормований.
- ІГЕ-414** Пісок пилюватий, сіро-жовтий, середньої щільності, мало вологий, з прошарком супіску 10-20%. Номер ґрунту по складності розробки – 29в. Умовний опір не нормований.
- ІГЕ-701** Супісок лесовий, жовто-сірий, твердий, з прожилками карбонатів, з прошарком піску пилюватого 5-10%, просідний. Номер ґрунту по складності розробки – 36б. Умовний опір не нормований.
- ІГЕ-716** Супісок лесовий, жовто-сірий, твердий, з прожилками карбонатів, з прошарком піску пилюватого 5-10%, просідний. Номер ґрунту по складності розробки – 36б. Умовний опір не нормований.

Розрахунок шпунтової огорожі виконаний по «Інструкції по проектуванню морських причальних та берегоукріплювальних споруд РД 31.31.55-93», та в програмі «Selena».

При визначенні зусиль в шпунті, активний тиск ґрунту на шпунт, при його розрахунку по схемі нерозрізної балки, врахований до нижньої опори, розташованій на глибині половини розрахункового заглиблення.

Активний тиск ґрунту на шпунтову огорожу опор від взаємного впливу шпунтів приймається рівним пасивному відпору ґрунту на шпунтову підпірну стінку від відмітки 55,6м до відмітки 51,0 м.

					<i>011.160023.ДР.2020.000</i>				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Тимошенко Д.В.				Розділ 3. Розрахунок шпунтової огорожі опор				
Керівник	Марочка В.В.			Літ.				Арк.	Аркушів
Керів.розділу	Марочка В.В.							30	
Консульт.									
Н.контроль	Овчинников П.А.								

Пасивний відпор ґрунту на шпунтову стінку розраховується без врахування зчеплення і тертя ґрунту по шпунту.

Розрахунок шпунтової огорожі опори на етапах будівництва виконаний з урахуванням зчеплення ґрунтів.

При другому етапі будівництва виїмка ґрунту знаходиться на 1 м нижче відміток першого ряду розпірок.

При третьому етапі будівництва виконана установка першого ряду розпірок. Рівень ґрунту на 1 м нижче відміток другого ряду розпірок.

3.2 Другий етап будівництва. Розробка ґрунту до відмітки 53,1 м

Мінімальна довжина шпунта на другому етапі будівництва становить $L=11,6$ м, та визначається з умови стійкості проти перекидання навколо точки О на відмітці 44,0.

Сума моментів активних сил навколо точки О становить 458,3 т/м.

Сума моментів пасивних сил навколо точки О становить 488,6 т/м.

Шпунт розглядається як консольний стержень з закріпленням по низу. Зусилля в шпунті визначається від дії активного і пасивного тиску на консольний стержень.

Згинальний момент в шпунті 97,4 т/м.

Несуча здатність шпунта GU32N по згинальному моменту 73,6 т/м.

$$97,4 \text{ т/м} > 73,6 \text{ т/м} - \text{Умова не виконана}$$

Виходячи з даної умови, необхідно додатково встановити монтажні розпірки по верху шпунта. Після встановлення першого ряду розпірок на відмітці 54,10 м, монтажні розпірки демонтуються.

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

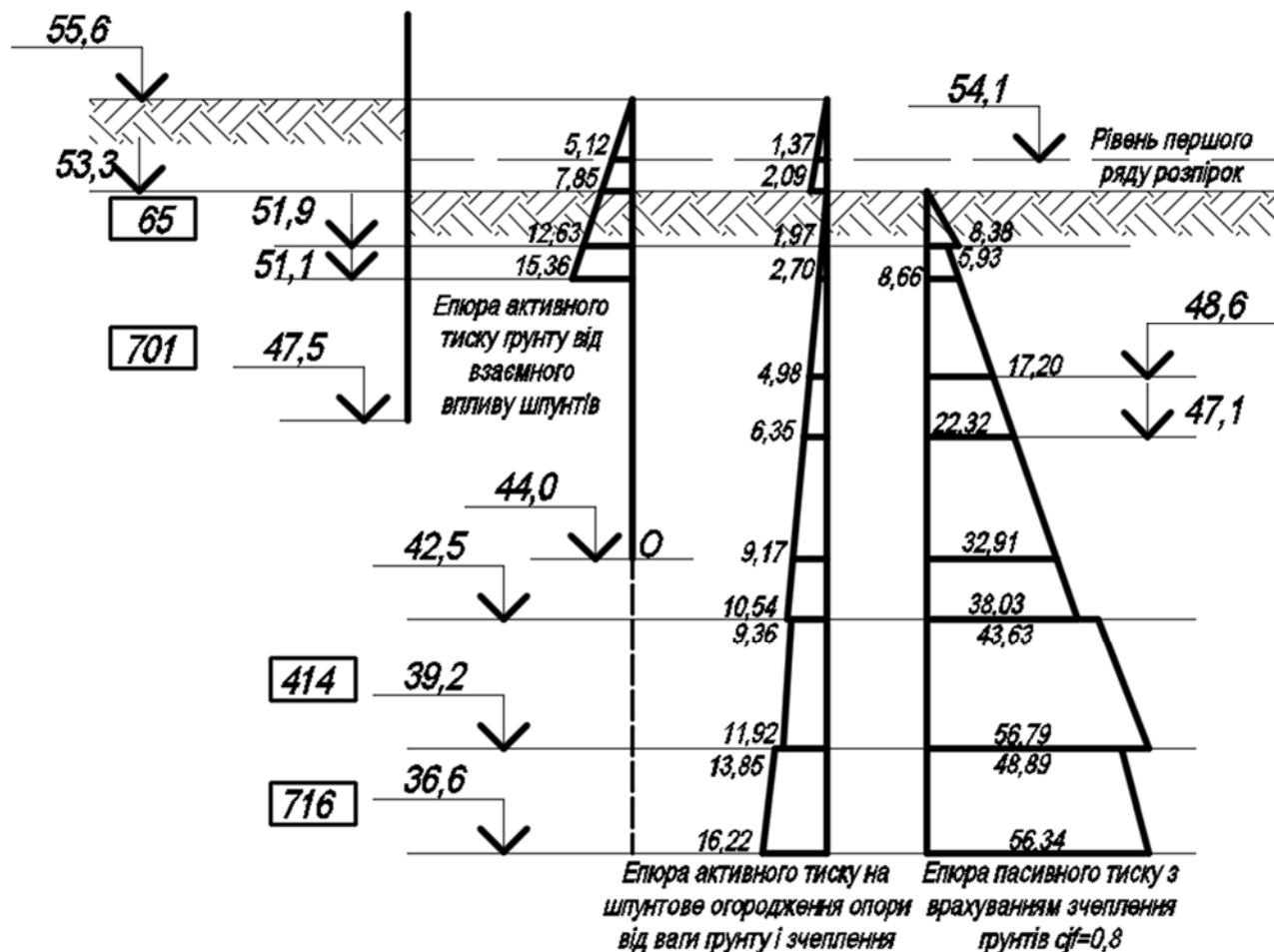


Рисунок 3.1 – Епюра тиску на шпунт котловану опори зі сторони залізничних колій на другому етапі будівництва (до встановлення першого ряду розпірок)

Активний тиск на шпунт котловану опори від взаємного впливу шпунтів дорівнює пасивному відпору (з коефіцієнтом $\gamma_f = 0.8$) на шпунтову стінку без врахування зчеплення ґрунтів і тертя ґрунту по шпунту, відповідно до «Инструкция по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений РД 31.31.55-93».

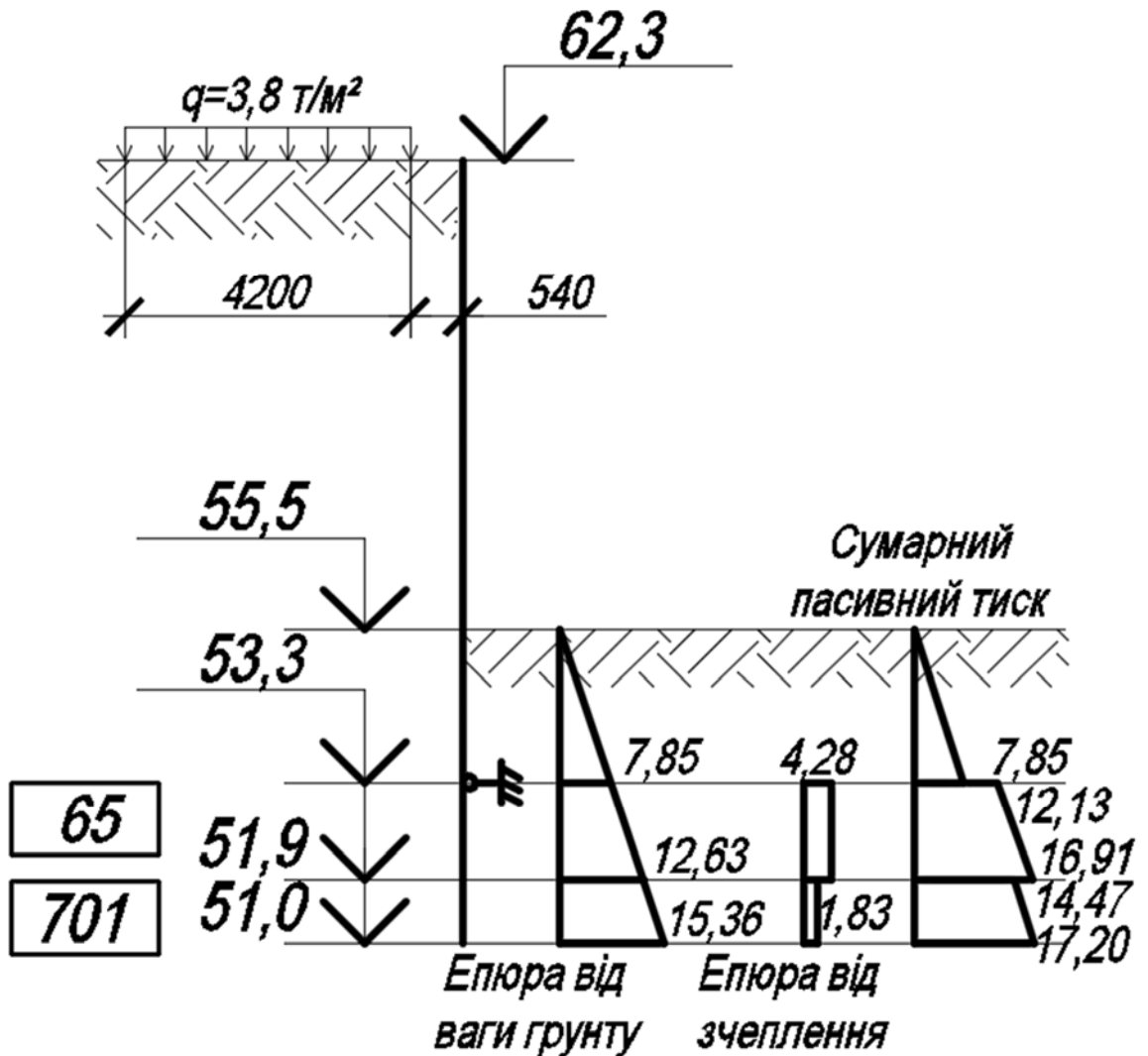


Рисунок 3.2 – Сумарна еюра пасивного тиску шпунтової підпірної стінки без врахування тертя в пасивному відпорі

Активний тиск на шпунт котловану опори прийнятий рівним пасивному відпору, від взаємного впливу шпунтів, на шпунтову підпірну стінку від ваги ґрунту, без врахування зчеплення.

Ординати еюри тиску з врахуванням зчеплення ґрунту приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Ординати епюр тиску на шпунт огороження котловану

Відмітка, м	Ордината активного тиску від взаємного впливу шпунтів	Ордината активного тиску від ваги ґрунту з врахуванням зчеплення	Ординати пасивного відпору від ваги ґрунту	Сумарні ординати
55,6	0	0	0	0
54,1	5,12	1,37	0	6,49
53,31	7,85	2,09	0	9,94
53,29	7,85	0	0	7,85
53,1	8,53	0	0	8,53
52,1	11,95	0	-6,98	4,97
51,91	12,63	0	-8,38	4,97
51,89	12,63	1,97	-5,93	8,67
51,11	15,36	2,7	-8,66	9,4
51,09	0	2,7	-8,66	-5,96
48,6	0	4,98	-17,2	-12,22
47,1	0	6,35	-22,32	-15,97
44	0	9,17	-32,91	-23,74

Таблиця 3.2 – Характеристика епюри згинальних моментів

Елемент		Qz	My
1	початок	$-1,137 \cdot 10^{-12}$	$1,478 \cdot 10^{-12}$
	кінець	-4,867	-2,437
2	початок	-4,867	-2,434
	кінець	-11,44	-8,773
3	початок	-20,75	-32,03
	кінець	-27,97	-51,48
4	початок	-27,97	-51,48
	кінець	-5,248	-96,27
8	початок	-5,248	-96,27
	кінець	77,46	49,51
9	початок	-11,44	-8,773
	кінець	-13,08	-11,22
10	початок	-13,08	-11,22
	кінець	-20,75	-32,03

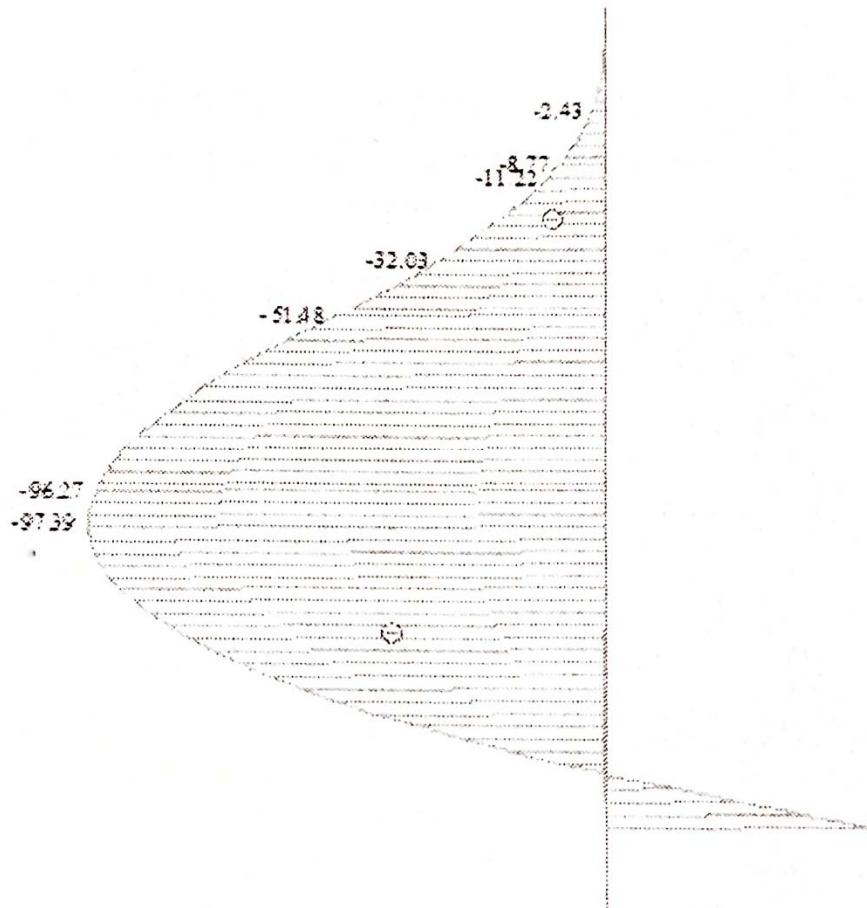


Рисунок 3.3 – Епюра згинальних моментів при розробці ґрунту до відмітки 53,1 м

3.3 Третій етап будівництва. Розробка ґрунту до відмітки 47,6 м, нижче на один метр від другого ряду розпірок

Мінімальна довжина шпунту на третьому етапі будівництва $L=13,6$ м, визначена з умови стійкості шпунту проти повороту навколо осі обпирання шпунту на кріплення, точки О на відмітці 54,1 м розташованого на рівні першого ряду розпірок.

Сума моментів активних сил навколо точки О – 577,0 т/м.

Сума моментів пасивних сил навколо точки О – 614,0 т/м.

Шпунт розглядається як нерозрізна балка на двох опорах. Верхня опора знаходиться на відмітці 54,1 м на рівні першого ряду розпірок. Нижня опора розташована на відмітці 44,8 м, тобто, на половині мінімальної глибини заглиблення шпунту.

Згинальний момент в шпунті – 70,6 т/м.

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Несуча здатність шпунту GU32N по згинальному моменті 73,6 т/м.

70,6 т/м < 73,6т/м – Умова виконана.

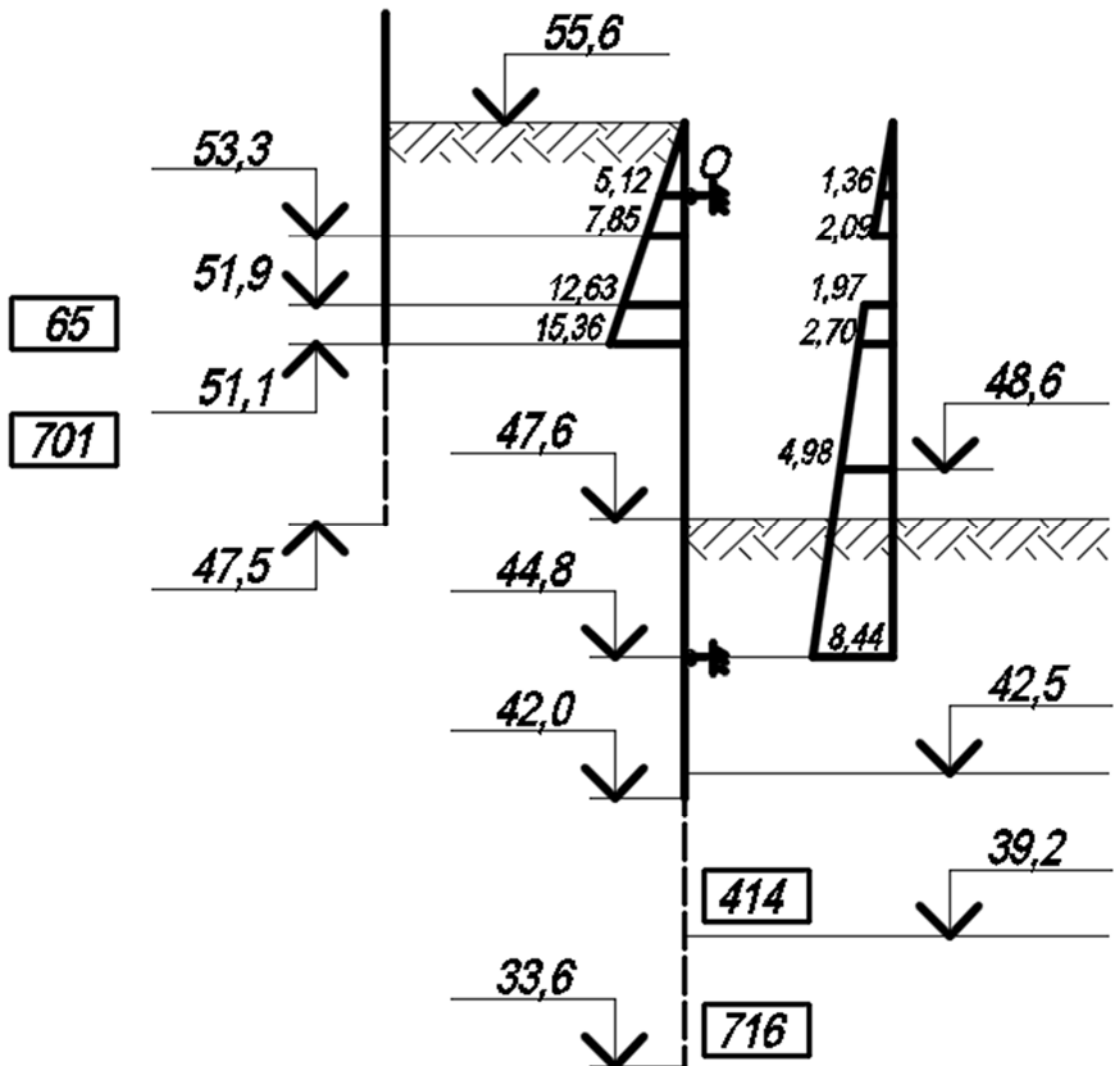


Рисунок 3.4 – Еюра тиску на шпунтове огородження котловану опори зі сторони залізничних колій на третьому етапу будівництва (до встановлення другого ряду розпірок і розробки ґрунту до відміток на 1 м нижче другого ряду розпірок)

Відмітка нижньої опори шпунту по схемі нерозрізної балки

$$\frac{47,6 + 42,0}{2} = 44,8 \text{ м}$$

Ординати на шпунтове огородження котловану опор з врахуванням зчеплення ґрунтів приведені в таблиці 3.3.

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Таблиця 3.3 – Ординати епюр тиску на шпунт огороження котловану з врахуванням зчеплення

Відмітка, м	Ордината активного тиску від взаємного впливу шпунтів	Ордината активного тиску від ваги ґрунту з врахуванням зчеплення	Сумарні ординати
55,6	0	0	0
54,1	5,12	1,36	6,48
53,31	7,85	2,09	9,94
53,29	7,85	0	7,85
51,91	12,63	0	12,63
51,89	12,63	1,97	14,6
51,11	15,36	2,7	18,06
51,09	0	2,7	2,7
48,6	0	4,98	4,98
44,8	0	8,44	8,44

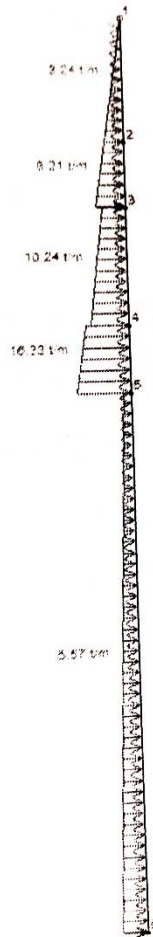


Рисунок 3.5 – Навантаження на шпунтове огороження котловану опор

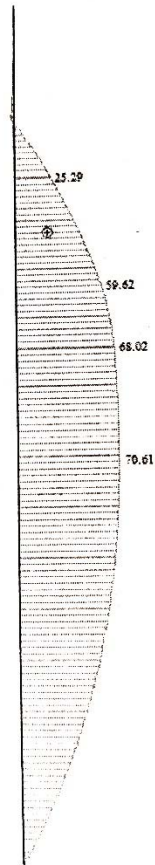


Рисунок 3.6 – Епюра згинальних моментів шпунтового огородження котловану опор

3.4 Етап будівництва опор

Довжина шпунту на етапі будівництва опор $L=19,5$ м, визначена з умов стійкості шпунта компанією Arcelor Mittal.

Звідси визначаємо відмітку низу шпунту 36,6 м.

Шпунт розглядається як нерозрізна балка на трьох опорах, верхня опора на рівні першого ряду розпірок, середня опора на рівні другого ряду розпірок, остання дорівнює половині мінімальної глибини заглиблення шпунта.

Згинальний момент в шпунті становить – 57,9 т/м.

Несуча здатність шпунту GU32N по згинальному моменті 73,6 т/м.

$$57,9 \text{ т/м} < 73,6 \text{ т/м} - \text{Умова виконана.}$$

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

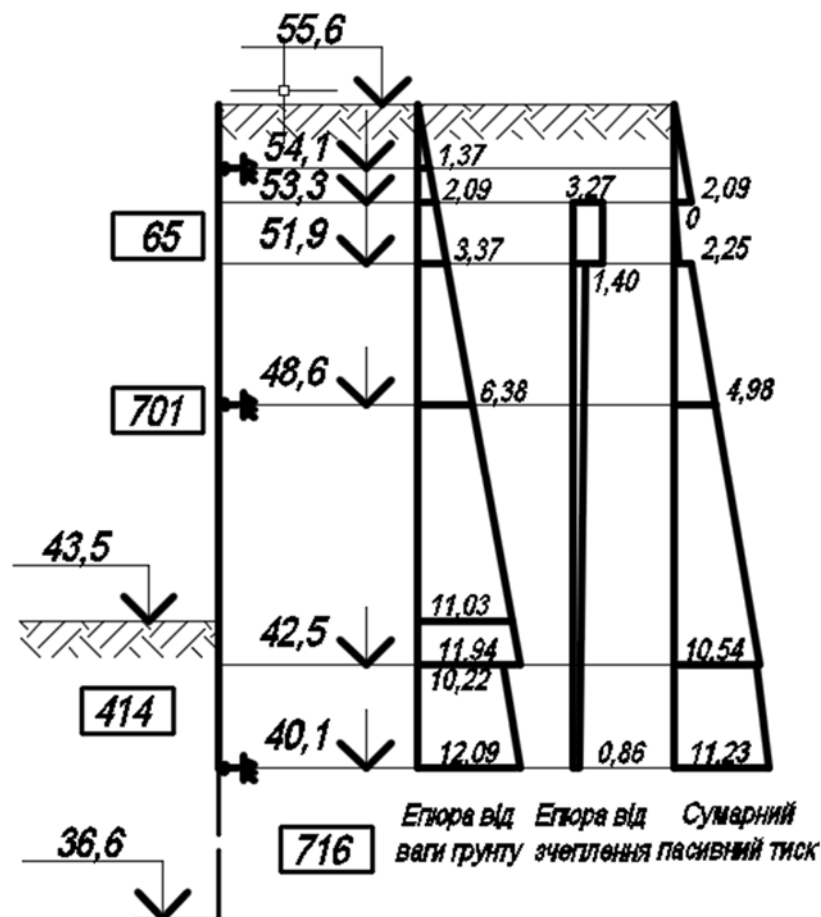


Рисунок 3.7 – Активний тиск на шпунт від ваги ґрунту зі щепленням

Розпірки встановлені по пропорції Arcelor Msttal.

Таблиця 3.4 – Ординати епюр тиску на шпунт огороження котловану з врахуванням зчеплення

Відмітка, м	Ордината активного тиску від взаємного впливу шпунтів	Ордината активного тиску від ваги ґрунту з врахуванням зчеплення	Сумарні ординати
55,6	0	0	0
54,1	5,12	1,37	6,49
53,31	7,85	2,09	9,94
53,29	7,85	0	7,85
52,1	11,95	0	11,95
51,91	12,63	0	12,63
51,89	12,63	1,97	14,6
51,11	15,36	2,7	18,06
51,09	0	2,7	2,7
48,6	0	4,98	4,98
47,1	0	6,35	6,35
42,51	0	10,54	10,54
42,49	0	9,36	9,36
40,1	0	11,22	11,22

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

011.160023.ДР.2020.000

Арк.

39

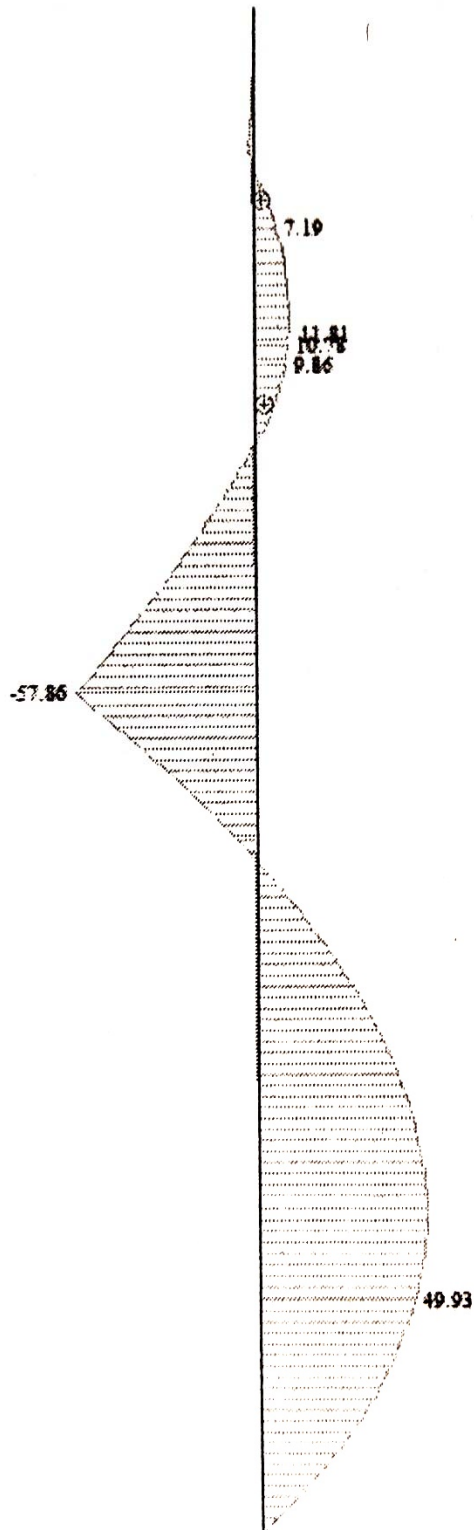


Рисунок 3.8 – Епюра згинальних моментів в шпунтовому огороженні

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

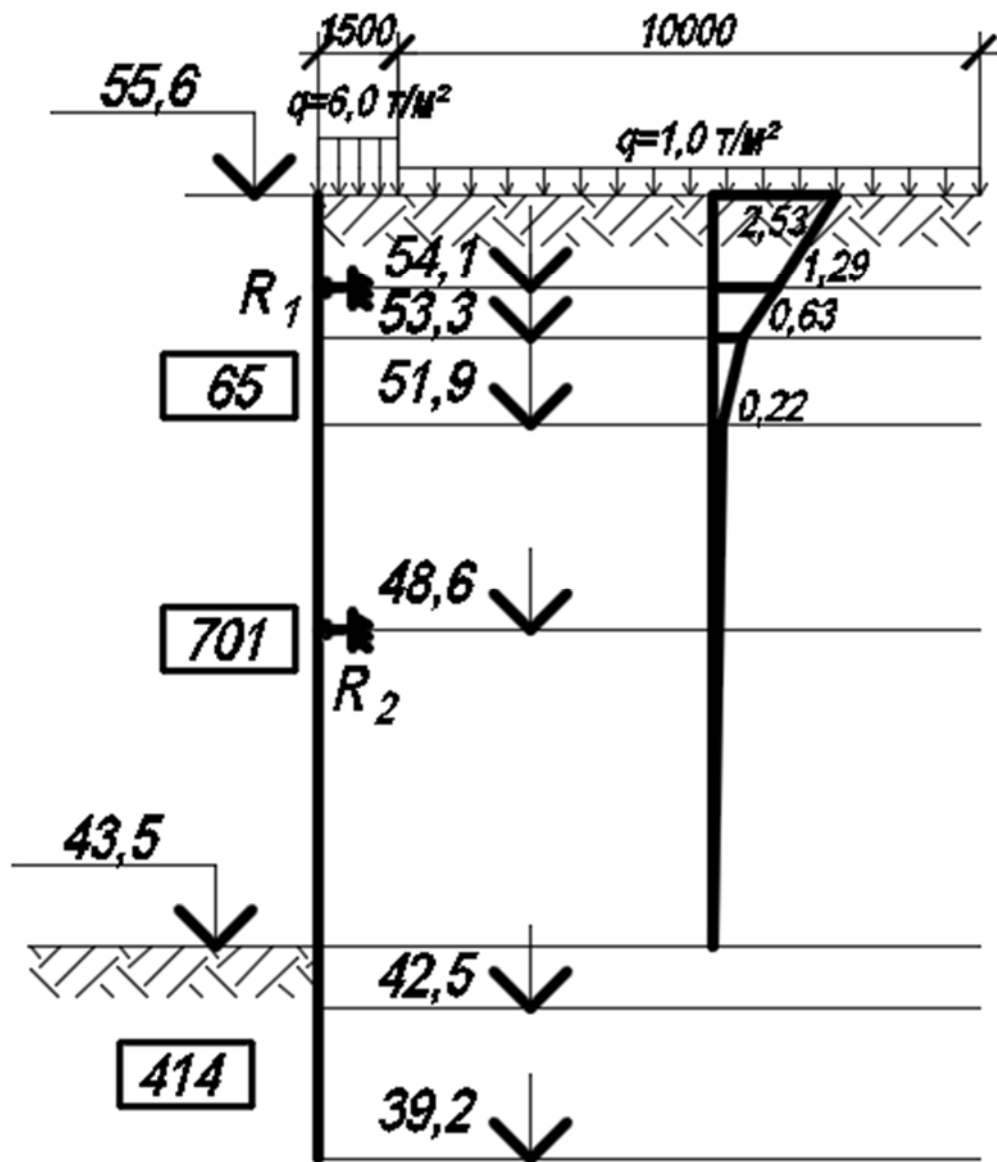


Рисунок 3.9 – Епюра активного тиску на низовий шпунт від крана на будівельному майданчику

Епюра активного тиску на низовий шпунт від крана на будівельному майданчику розрахована відповідно РД 31.31.53-93.

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

3.5 Результат розрахунку шпунтової огорожі по програмі «Шпунт»

В таблицях 3.5 та 3.6 приведені результати розрахунків шпунтової огорожі з різними варіантами розташування розпірок.

Таблиця 3.5 – Варіант розрахунку з розпірками на відмітках 54,1 м та 48,6 м

	Одиниці виміру	Другий етап будівництва	Третій етап будівництва	
Відмітка дна котлована	м	53,1	47,6	43,5
Глибина котловану	м	2,5	8	12,1
Довжина шпунту	м	6	13,7	16,8
Зусилля в розпірці R1	т/м	-	17,9	49,8
Зусилля в розпірці R2	т/м	-	-	43,5
Згинальний момент в шпунті	тм/м	16,7	30,2	43,5
Момент опору шпунта	тм/м	725	1313	1787

Таблиця 3.6 – Варіант розрахунку з розпірками на відмітках 52,1 м та 47,1 м

	Одиниці виміру	Другий етап будівництва	Третій етап будівництва	
Відмітка дна котлована	м	53,1	47,6	43,5
Глибина котловану	м	2,5	8	12,1
Довжина шпунту	м	6	13,7	16,8
Зусилля в розпірці R1	т/м	-	17,9	49,8
Зусилля в розпірці R2	т/м	-	-	43,5
Згинальний момент в шпунті	тм/м	16,7	30,2	43,5
Момент опору шпунта	тм/м	725	1313	1787

Обв'язка розрахована по програмі «Selena» на зусилля в розпірках другого ряду.

Обв'язка прийнята з двох двотаврів індивідуального перетину, приведений на рисунку 3.10.

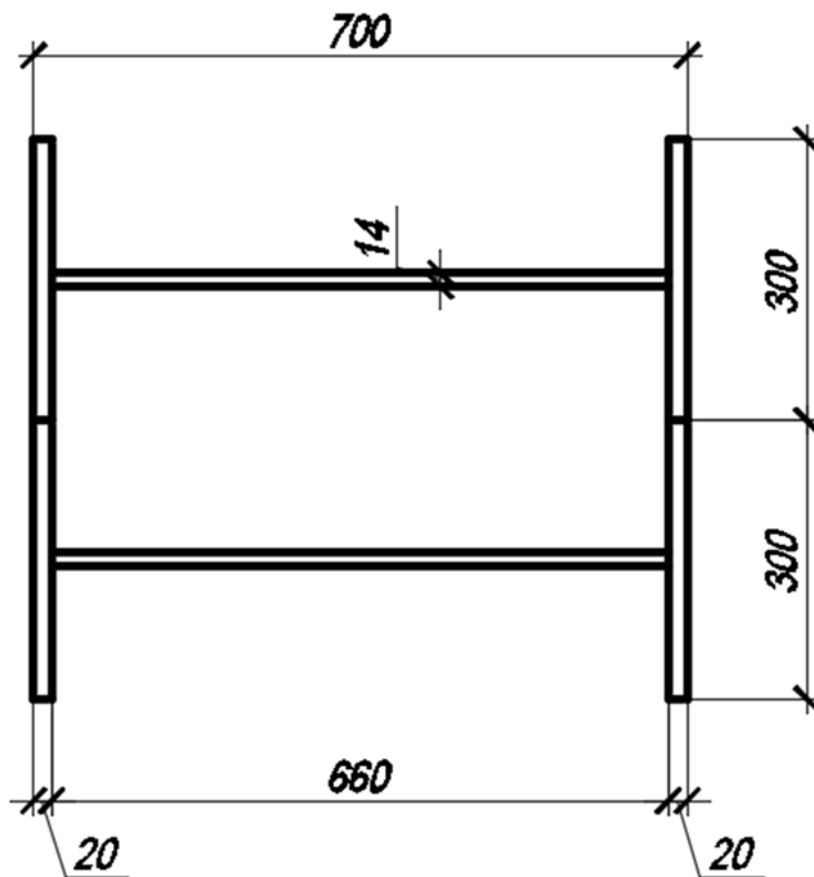


Рисунок 3.10 – Поперечний переріз обв'язки

Розпірки приймаємо з труби 530x8.

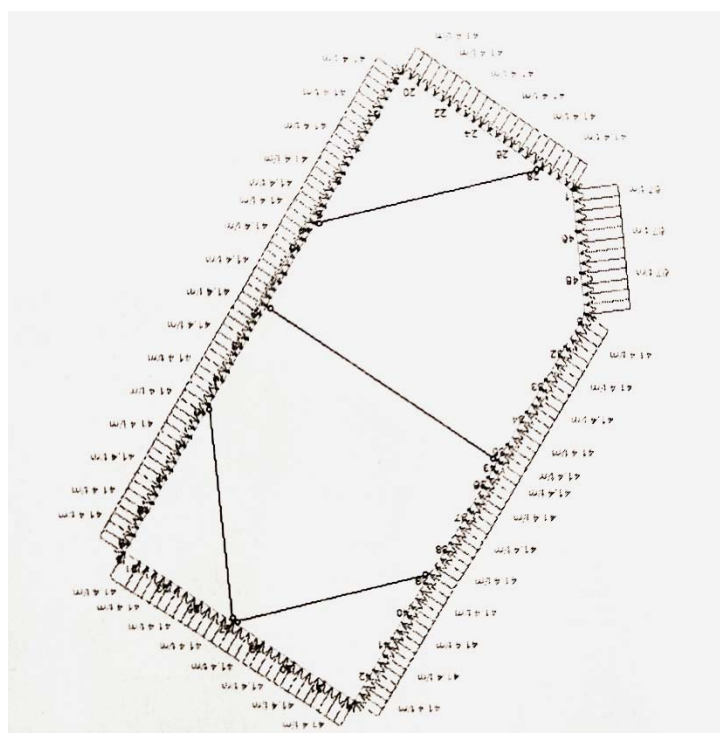


Рисунок 3.11 – Розрахункова схема розпірок

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Таблиця 3.7 – Характеристика епюри згинальних моментів

Елемент		N_x	Q_z	M_y
15	початок	-171	79,06	72,68
	кінець	-171	128,7	197,4
16	початок	-171	-155,6	197,4
	кінець	-171	-105,9	40,42
17	початок	-284,4	0	0
	кінець	-284,4	0	0
40	початок	-233,3	-121,7	-94,48
	кінець	-233,3	-146,5	-174,9
41	початок	-233,3	137,8	-174,9
	кінець	-233,3	113,0	-99,7

Таблиця 3.8 – Характеристика напруження

Елемент	$\sigma_1, \text{т/м}^2$	$\sigma_2, \text{т/м}^2$	$\sigma_3, \text{т/м}^2$	$\sigma_4, \text{т/м}^2$	$\sigma_5, \text{т/м}^2$	$\sigma_6, \text{т/м}^2$	$\sigma_7, \text{т/м}^2$	$\sigma_8, \text{т/м}^2$
15	$-1,141 \cdot 10^4$	2934	3356	$-1,141 \cdot 10^4$	$-2,407 \cdot 10^4$	$1,487 \cdot 10^4$	$1,602 \cdot 10^4$	$-2,407 \cdot 10^4$
16	$-2,407 \cdot 10^4$	$1,487 \cdot 10^4$	$1,602 \cdot 10^4$	$-2,407 \cdot 10^4$	-8131	-154,6	79,97	-8131
17	4105	$-1,454 \cdot 10^4$	$-1,509 \cdot 10^4$	4105	$1,228 \cdot 10^4$	$-2,224 \cdot 10^4$	$-2,326 \cdot 10^4$	$1,228 \cdot 10^4$
40	$1,228 \cdot 10^4$	$-2,224 \cdot 10^4$	$-2,326 \cdot 10^4$	$1,228 \cdot 10^4$	4636	$-1,504 \cdot 10^4$	$-1,562 \cdot 10^4$	4636

РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК ГОЛОВНИХ БАЛОК ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ $L_p = 45,0$ М

4.1 Визначення зусиль, що виникають в конструкції

Зусилля в елементах балки від постійної і тимчасової вертикальної навантаження визначаються по лініях впливу.

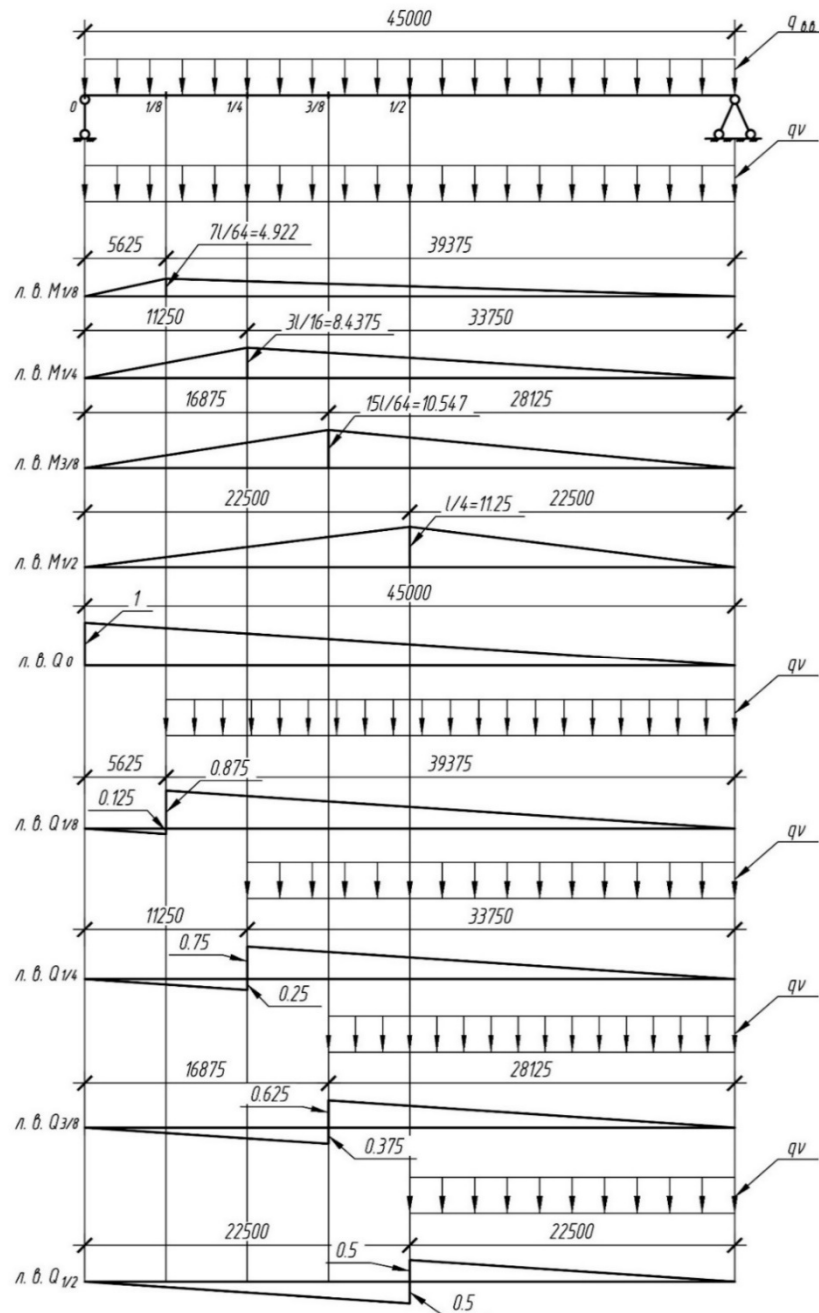


Рисунок. 4.1 – Лінії впливу зусиль, що виникають в прогоновій будові

					011.160023.ДР.2020.000				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Тимошенко Д.В.				Розділ 4. Розрахунок головних балок прогонової будови $L_p=45,0$ м		Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Марочка В.В.							45	
Керів.розділу	Марочка В.В.								
Консульт.									
Н.контроль	Овчинников П.А.								

Основні параметри ліній впливу – площа ліній впливу ω , довжина завантаження – λ і коефіцієнт α , що характеризує положення вершини лінії впливу. Для двозначних ліній впливу визначаються площі ω_1 і ω_2 і довжина завантаження λ_1 ділянок, завантажених тимчасовим навантаженням. Площі ліній впливу і площі їх окремих ділянок визначаються як площі відповідних трикутників.

Для кожної лінії впливу визначені необхідні параметри:

- л.в. $M_{1/8}$

$$\lambda = l = 45\text{м} \quad \alpha = \frac{0,125l}{l} = 0,125 \quad \omega = \frac{7l^2}{128} = 110,742\text{м}^2$$

- л.в. $M_{1/4}$

$$\lambda = l = 45\text{м} \quad \alpha = \frac{0,25l}{l} = 0,25 \quad \omega = \frac{3l^2}{32} = 189,844\text{м}^2$$

- л.в. $M_{3/8}$

$$\lambda = l = 45\text{м} \quad \alpha = \frac{0,375l}{l} = 0,375 \quad \omega = \frac{15l^2}{128} = 237,305\text{м}^2$$

- л.в. $M_{1/2}$

$$\lambda = l = 45\text{м} \quad \alpha = \frac{0,5l}{l} = 0,5 \quad \omega = \frac{l^2}{8} = 253,125\text{м}^2$$

- л.в. Q_0

$$\lambda = l = 45\text{м} \quad \alpha = 0 \quad \omega = \frac{l}{2} = 22,5\text{м}$$

- л.в. $Q_{1/8}$

$$\lambda_1 = \frac{7l}{8} = 39,375\text{м} \quad \alpha = 0 \quad \omega_1 = \frac{\lambda_1^2}{2 \cdot l} = 17,227\text{м} \quad \omega_2 = -\frac{(l-\lambda_1)^2}{2 \cdot l} = -0,352\text{м}$$

- л.в. $Q_{1/4}$

$$\lambda_1 = \frac{3l}{4} = 33,75\text{м} \quad \alpha = 0 \quad \omega_1 = \frac{\lambda_1^2}{2 \cdot l} = 12,656\text{м} \quad \omega_2 = -\frac{(l-\lambda_1)^2}{2 \cdot l} = -1,406\text{м}$$

- л.в. $Q_{3/8}$

$$\lambda_1 = \frac{5l}{8} = 28,125\text{м} \quad \alpha = 0 \quad \omega_1 = \frac{\lambda_1^2}{2 \cdot l} = 8,789\text{м} \quad \omega_2 = -\frac{(l-\lambda_1)^2}{2 \cdot l} = -3,164\text{м}$$

- л.в. $Q_{1/2}$

$$\lambda_1 = \frac{l}{2} = 22,5\text{м} \quad \alpha = 0 \quad \omega_1 = \frac{\lambda_1^2}{2 \cdot l} = 5,625\text{м} \quad \omega_2 = -\frac{(l-\lambda_1)^2}{2 \cdot l} = -5,625\text{м}$$

Для визначення зусиль в одній балці по лініях впливу спочатку визначаються інтенсивності постійного і тимчасового вертикального еквівалентного навантаження.

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункові навантаження на одну балку для розрахунків на міцність, стійкість і витривалість визначаються за формулами:

а) від постійного навантаження (власна вага всіх елементів прогонової будови – несних та допоміжних)

$$q_{\text{вв}}^{M,C} = \frac{1}{2} q_{\text{вв}}^H \gamma_{fn} \quad (4.1)$$

$$q_{\text{вв}}^B = \frac{1}{2} q_{\text{вв}}^H \gamma_{fn}^B \quad (4.2)$$

де

$q_{\text{вв}}^{M,C}$ – інтенсивність характеристичного вертикального навантаження на одну балку при розрахунках на міцність та стійкість, кН/м;

$q_{\text{вв}}^H = 47,206$ – розподілене навантаження на прогонову будову від власної ваги з урахуванням мостового полотна, додаткових пристроїв та елементів з'єднань, кН/м;

$\gamma_{fn} = 1,1$ – коефіцієнт надійності за постійним навантаженням при розрахунках на міцність, стійкість;

$q_{\text{вв}}^B$ – інтенсивність характеристичного вертикального навантаження на одну балку при розрахунках на витривалість, кН/м;

$\gamma_{fn}^B = 1$ – коефіцієнт надійності за постійним навантаженням при розрахунках на витривалість.

$$q_{\text{вв}}^{M,C} = \frac{1}{2} \cdot 47,206 \cdot 1,1 = 25,963 \text{ кН/м} \quad (4.3)$$

$$q_{\text{вв}}^B = \frac{1}{2} \cdot 47,206 = 23,603 \text{ кН/м} \quad (4.4)$$

б) від тимчасового навантаження (вертикальне навантаження від рухомого складу залізниць)

$$q_m^{M,C} = \frac{v}{2} \gamma_{fm} (1 + \mu) \quad (4.5)$$

$$q_m^B = \varepsilon \frac{v}{2} \gamma_{fm}^B \left(1 + \frac{2}{3} \mu\right) \quad (4.6)$$

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де

$q^{m,c}_m$ – інтенсивність характеристичного тимчасового вертикального навантаження від рухомого складу залізниць на одну балку при розрахунках на міцність та стійкість, кН/м;

v – інтенсивність еквівалентного навантаження, визначена за додатком Б норм [1], кН/м;

γ_{fm} – коефіцієнт надійності за навантаженням від рухомого складу залізниць при розрахунках на міцність, стійкість, визначається в залежності від довжини завантаження лінії впливу за нормами [1];

$(1 + \mu)$ та $(1 + \frac{2}{3}\mu)$ – динамічні коефіцієнти, що визначаються за формулами:

$$(1 + \mu) = 1 + \frac{18}{30+\lambda} \geq 1,15 \quad (4.7)$$

$$(1 + \frac{2}{3}\mu) = 1 + \frac{12}{30+\lambda} \geq 1,10 \quad (4.8)$$

q^e_m – інтенсивність характеристичного тимчасового навантаження від рухомого складу залізниць на одну балку при розрахунках на витривалість, кН/м;

ε – коефіцієнт зменшення навантаження, що визначається за табл. 7.1 норм [1];

$\gamma_{fm}^e = 1$ – коефіцієнт надійності за навантаженням від рухомого складу залізниць при розрахунках на витривалість.

Визначимо коефіцієнти та інтенсивності характеристичних тимчасових вертикальних навантажень від рухомого складу для кожного завантаження ліній впливу при розрахунках на міцність, стійкість та витривалість:

Таблиця 4.1 - коефіцієнти та інтенсивності характеристичних тимчасових вертикальних навантажень для кожного завантаження ліній впливу

	λ , м	v , кН/м	μ	γ	ε	$q^{m,c}_m$, кН/м	q^e_m , кН/м
л.в. М _{1/8}	45	157,479	0,24	1,165	0,97	113,747	88,598
л.в. М _{1/4}	45	152,399	0,24	1,165	0,97	110,078	85,74
л.в. М _{3/8}	45	147,319	0,24	1,165	0,97	106,409	82,882
л.в. М _{1/2}	45	142,239	0,24	1,165	0,97	102,74	80,024
л.в. Q ₀	45	162,559	0,24	1,165	0,97	117,417	91,456
л.в. Q _{1/8}	39,375	168,95	0,259	1,182	0,936	125,743	92,77
л.в. Q _{1/4}	33,75	176,978	0,282	1,199	0,903	136,027	94,894
л.в. Q _{3/8}	28,125	187,09	0,31	1,216	0,869	148,931	98,045
л.в. Q _{1/2}	22,5	199,891	0,343	1,232	0,85	165,417	104,371

Зусилля в балках прогонової будови при врахуванні першого сполучення навантажень (власної ваги та тимчасового вертикального навантаження від рухомого складу) для розрахунків на міцність, стійкість та витривалість визначається за формулами:

Для однозначних ліній впливу (л.в. $M_{1/8}$, $M_{1/4}$, $M_{3/8}$, $M_{1/2}$ та Q_0)

$$\frac{M_n^{M,C}}{Q_n} = (q_{\text{вв}}^{M,C} + q_m^{M,C}) \cdot \omega \quad (4.9)$$

$$\frac{M_n^{\text{вв}}}{Q_n} = (q_{\text{вв}}^{\text{вв}} + q_m^{\text{вв}}) \cdot \omega \quad (4.10)$$

де

$\frac{M_n^{M,C}}{Q_n}$ – максимальний момент або поперечне зусилля у n -ному перерізі відповідно;

ω – площа лінії впливу відповідного зусилля в n -ному перерізі.

- Для двозначних ліній впливу (л.в. $Q_{1/8}$, $Q_{1/4}$, $Q_{3/8}$ та $Q_{1/2}$)

$$Q_n^{M,C} = q_{\text{вв}}^{M,C} \cdot (\omega_1 + \omega_2) + q_m^{M,C} \cdot \omega_1 \quad (4.11)$$

$$Q_n^{\text{вв}} = q_{\text{вв}}^{\text{вв}} \cdot (\omega_1 + \omega_2) + q_m^{\text{вв}} \cdot \omega_1 \quad (4.12)$$

де

$Q_n^{M,C}$ – максимальне поперечне зусилля у n -ному перерізі;

ω_1 – більша за абсолютним значенням площа лінії впливу в n -ному перерізі зі своїм знаком;

ω_2 – менша за абсолютним значенням площа лінії впливу в n -ному перерізі зі своїм знаком;

Для визначення найменших за абсолютним значенням напружень при розрахунках на витривалість необхідним є навантаження ліній впливу відповідним чином:

- Для однозначних ліній впливу (л.в. $M_{1/8}$, $M_{1/4}$, $M_{3/8}$, $M_{1/2}$ та Q_0)

$$\frac{M_n^{\text{вв}}(\min)}{Q_n(\min)} = q_{\text{вв}}^{\text{вв}} \cdot \omega \quad (4.13)$$

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Для двозначних ліній впливу (л.в. $Q_{1/8}$ та $Q_{1/4}$)

$$Q_n^g (min) = q_{gg}^g \cdot (\omega_1 + \omega_2) + q_m^g \cdot \omega_2 \quad (4.14)$$

- Для двозначних ліній впливу (л.в. $Q_{3/8}$ та $Q_{1/2}$)

$$Q_n^g (min) = q_{gg}^g \cdot (\omega_1 + \omega_2) \quad (4.15)$$

Таблиця 4.2 – Характеристики ліній впливу

	На міцність, стійкість	На витривалість	На витривалість (min)
$M_{1/8}$, кН·м	15471,868	12425,377	2613,843
$M_{1/4}$, кН·м	25826,615	20758,073	4480,888
$M_{3/8}$, кН·м	31412,533	25269,375	5601,11
$M_{1/2}$, кН·м	32577,918	26230,569	5974,509
Q_0 , кН	3226,049	2588,826	531,068
$Q_{1/8}$, кН	2604,245	1996,406	365,646
$Q_{1/4}$, кН	2013,683	1466,538	132,11
$Q_{3/8}$, кН	1455,006	994,49	132,77
$Q_{1/2}$, кН	930,468	587,089	0

4.2 Перевірка перерізів конструкції на міцність та витривалість

4.2.1 Розрахунок опорних перерізів балки

Опорний переріз балки працює лише на зріз (згинальний момент M_0 рівний нулю), тобто необхідним є виконання наступних розрахунків:

Розрахунок на міцність за дотичними напруженнями

Значення дотичних напружень τ при пружних розрахунках повинне задовольняти умову:

$$\tau = 10 \cdot \frac{Q_0^M \cdot S}{I \cdot t_w} \leq \frac{R_s \cdot m}{\gamma_r} \quad (4.16)$$

де

τ – дотичні напруження, що виникають в балці, МПа;

$Q_0^M = 3226,05$ – поперечна сила для опорного перерізу балки, кН;

S – статичний момент частини перерізу, що зсувається, см³;

I – момент інерції перерізу, см⁴;

t_w – товщина стінки балки, см;

R_s – розрахунковий опір прокату на зсув, МПа;

$m = 0,9$ – коефіцієнт умов роботи визначений за табл. 6.2 норм [2];

$\gamma_r = 1,05$ – коефіцієнт відповідальності, прийнятий за табл. 4.1 норм [3];

Розрахунковий опір прокату на зсув визначається за табл. 5.1 норм [2] за формулою:

$$R_s = 0,58 \frac{R_{yn}}{\gamma_m} \quad (4.17)$$

де

$R_{yn} = 390$ – границя текучості прокату 10ХСНД-2 товщиною 16-50 мм визначена за табл. Г.1 норм [2], МПа;

$\gamma_m = 1,1$ – коефіцієнт надійності за матеріалом для сталевого прокату з табл. Г.1, прийнятий за табл. 5.2 норм [3];

Розрахунковий опір прокату на зсув дорівнює:

$$R_s = 0,58 \cdot \frac{390}{1,1} = 205,636 \text{ МПа}$$

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Права частина нерівності (2.1) дорівнює:

$$\frac{R_s \cdot m}{\gamma_r} = \frac{205,636 \cdot 0,9}{1,05} = 176,26 \text{ МПа} \quad (4.18)$$

Попередньо приймаємо розрахунковий переріз:

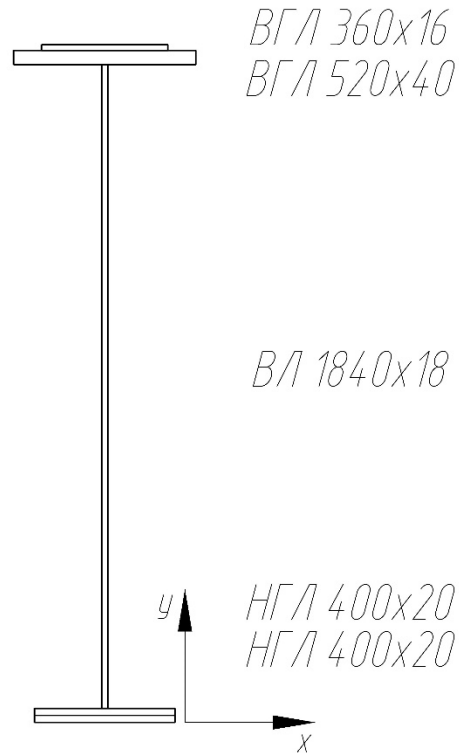


Рисунок. 4.2 – Опорний переріз балки

Визначимо центр ваги перерізу:

$$y_{цв} = \frac{A_{f4} \cdot \frac{t_{f4}}{2} + A_{f3} \cdot \frac{(t_{f4} + t_{f3})}{2} + A_w \cdot \frac{(t_{f4} + t_{f3} + w)}{2}}{A_{f1} + A_{f2} + A_w + A_{f3} + A_{f4}} + \frac{A_{f2} \cdot \frac{(t_{f4} + t_{f3} + w + t_{f2})}{2} + A_{f1} \cdot \frac{(t_{f4} + t_{f3} + w + t_{f2} + t_{f1})}{2}}{A_{f1} + A_{f2} + A_w + A_{f3} + A_{f4}} \quad (4.19)$$

де

$y_{цв}$ – ордината центру ваги перерізу відносно низу перерізу балки, см;

A_{fi} – площа i -того горизонтального листа, см²;

Площа i -того горизонтального листа визначається за формулою:

$$A_{fi} = b_{fi} \cdot t_{fi} \quad (4.20)$$

де

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

b_{fi} – ширина i -того горизонтального листа, см;

t_{fi} – висота i -того горизонтального листа, см;

Нумерація горизонтальних листів прийнята згори вниз:

$$A_{f1} = b_{f1} \cdot t_{f1} = 36 \cdot 1,6 = 57,6 \text{ см}^2 \quad (4.21)$$

$$A_{f2} = b_{f2} \cdot t_{f2} = 52 \cdot 4 = 208 \text{ см}^2 \quad (4.22)$$

$$A_{f3} = b_{f3} \cdot t_{f3} = 40 \cdot 2 = 80 \text{ см}^2 \quad (4.23)$$

$$A_{f4} = b_{f4} \cdot t_{f4} = 40 \cdot 2 = 80 \text{ см}^2 \quad (4.24)$$

A_w – площа стінки балки, см²;

Площа стінки балки визначається за формулою:

$$A_w = \square_w \cdot t_w \quad (4.25)$$

де

$t_w = 1,8$ – ширина стінки балки, см;

$h_w = 184$ – висота стінки балки, см;

$$A_w = 184 \cdot 1,8 = 331,2 \text{ см}^2$$

Ордината центру ваги дорівнює:

$$y_{цв} = \frac{80 \cdot \frac{2}{2} + 80 \cdot \frac{(2+2)}{2} + 331,2 \cdot \frac{(2+2+184)}{2}}{57,6 + 208 + 331,2 + 80 + 80} + \frac{208 \cdot \frac{(2 + 2 + 184 + 4)}{2} + 57,6 \cdot \frac{(2 + 2 + 184 + 4 + 1,6)}{2}}{57,6 + 208 + 331,2 + 80 + 80} = 109,329 \text{ см}$$

Момент інерції перерізу визначається за формулою:

$$I = \frac{t_w \cdot \square_w^3}{12} + A_w \cdot a_{0w}^2 + \frac{b_{fi} \cdot t_{fi}^3}{12} + A_{fi} \cdot a_{ofi}^2 \quad (4.26)$$

де

I – момент інерції бруто (нетто) перерізу, см⁴;

a_{0w} – відстань між центрами ваги стінки та всього перерізу балки, см;

a_{ofi} – відстань між центрами ваги i -того горизонтального листа та всього перерізу балки, см;

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відстані між відповідними центрами ваги визначаються за формулами:

$$a_{of4} = y_{цв} - \frac{t_{f4}}{2} = 109,329 - \frac{2}{2} = 108,329 \text{ см} \quad (4.27)$$

$$a_{of3} = y_{цв} - \frac{t_{f4} - t_{f3}}{2} = 109,329 - 2 - \frac{2}{2} = 106,329 \text{ см} \quad (4.28)$$

$$a_{ow} = y_{цв} - t_{f4} - t_{f3} - \frac{\square_w}{2} = 109,329 - 2 - 2 - \frac{184}{2} = 13,329 \text{ см} \quad (4.29)$$

$$a_{of2} = t_{f4} + t_{f3} + \square_w + \frac{t_{f2}}{2} - y_{цв} = 2 + 2 + 184 + \frac{4}{2} - 109,329 = 80,671 \text{ см} \quad (4.30)$$

$$a_{of1} = t_{f4} + t_{f3} + \square_w + t_{f2} + \frac{t_{f1}}{2} - y_{цв} = 2 + 2 + 184 + 4 + \frac{1,6}{2} - 109,329 = 83,471 \text{ см} \quad (4.31)$$

Момент інерції перерізу:

$$I = \frac{1,8 \cdot 184^3}{12} + 331,2 \cdot 13,329^2 + \frac{36 \cdot 1,6^3}{12} + 57,6 \cdot 83,471^2 + \frac{52 \cdot 4^3}{12} + 208 \cdot 80,671^2 + \frac{40 \cdot 2^3}{12} + 80 \cdot 106,329^2 + \frac{40 \cdot 2^3}{12} + 80 \cdot 108,329 = 4591839,79 \text{ см}^4$$

Статичний момент частини перерізу, що зсувається розраховується за формулою:

$$S = A_{f4} \cdot a_{of4} + A_{f3} \cdot a_{of3} + (y_{цв} - t_{f4} - t_{f3}) \cdot t_w \cdot \frac{y_{цв} - t_{f4} - t_{f3}}{2} \quad (4.32)$$

$$S = 80 \cdot 108,329 + 80 \cdot 106,329 + (109,329 - 2 - 2) \cdot 1,8 \cdot \frac{109,329 - 2 - 2}{2} = 27157,5 \text{ см}^3$$

Ліва частина нерівності (4.16) дорівнює:

$$\tau = 10 \cdot \frac{3226,049 \cdot 27157,5}{4591839,79 \cdot 1,8} = 106 \text{ МПа} \quad (4.33)$$

Умова (4.16) виконана:

$$106 \leq 176,26$$

Розрахунок на витривалість за дотичними напруженнями

Розрахунок на витривалість за дотичними напруженнями виконується за формулою:

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\tau_{max,ef} \leq 0,75 \cdot \gamma_w \frac{R_y \cdot m}{\gamma_r} \quad (4.34)$$

де

$\tau_{max,ef}$ – абсолютне найбільше значення дотичних напружень, МПа;

R_y – розрахунковий опір прокату на розтяг, стиск та гнуття за границею текучості, МПа;

γ_w – коефіцієнт, що враховує зменшення розрахункового опору текучості за рахунок утомленості.

Розрахунковий опір прокату на розтяг, стиск та гнуття за границею текучості визначається за табл. 5.1 норм [2] за формулою:

$$R_y = \frac{R_{yn}}{\gamma_m} \quad (4.35)$$

$$R_y = \frac{390}{1,1} = 354,545 \text{ МПа}$$

Абсолютне найбільше значення дотичних напружень визначається за формулою:

$$\tau_{max,ef} = 10 \cdot \frac{Q_0^{\epsilon} \cdot S}{I \cdot t_w} \quad (4.36)$$

де

$Q_0^{\epsilon} = 2588,826$ – максимальне поперечне зусилля в перерізі при розрахунках на витривалість, кН·м;

Ліва частина нерівності (4.34) набуває вигляду:

$$\tau_{max,ef} = 10 \cdot \frac{2588,826 \cdot 27157,5}{4591839,79 \cdot 1,8} = 85,062 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт, що враховує зменшення розрахункового опору текучості за рахунок утомленості визначається за формулою:

$$\gamma_w = \frac{1}{\xi \cdot \vartheta [(\alpha \cdot \beta \pm \delta) - (\alpha \cdot \beta \mp \delta) \cdot \rho]} \leq 1 \quad (4.37)$$

де

ξ – коефіцієнт, який приймається рівним 1 для залізничних мостів;

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

ϑ – коефіцієнт, що залежить від довжини завантаження лінії впливу при розрахунках σ_{\max} ; при $\lambda > 22\text{м}$ ($\lambda = 45\text{ м}$); $\vartheta = 1$;

α та δ – коефіцієнти, що враховують опір текучості сталі і нестационарність режиму

навантаження, визначаються за таблицею 14.1 норм [2];

$$\alpha = 0,81 \quad \delta = 0,20$$

$\beta = 1,0$ – ефективний коефіцієнт концентрації напружень в сталі, визначений за додатком Н норм [2];

ρ – коефіцієнт асиметрії циклу змінних напружень, що визначається за формулою:

$$\rho = \frac{\tau_{\min}}{\tau_{\max}} \quad (4.38)$$

де

τ_{\min} та τ_{\max} – найменші та найбільші за абсолютним значенням напруження зі своїми знаками, що виникають в одному перерізі.

Оскільки формули визначення τ_{\min} та τ_{\max} відрізняються лише поперечним зусиллям Q_0 , що використовується при розрахунках, формула (4.38) набуває вигляду:

$$\rho = \frac{Q_{0\min}^e}{Q_0^e} \quad (4.39)$$

де

$Q_{0\min}^e = 531,068$ – мінімальне поперечне зусилля в перерізі при розрахунках на витривалість, кН·м;

$$\rho = \frac{531,068}{2588,826} = 0,205$$

В формулі (4.60) верхні знаки (+ або –) приймають для перевірки за дотичними напруженнями завжди. Таким чином формула (4.37) набуває вигляду:

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\gamma_w = \frac{1}{1 \cdot 1 \cdot [(0,81 \cdot 1 + 0,20) - (0,81 \cdot 1 - 0,20) \cdot 0,205]} = 1,13 > 1$$

Приймаємо $\gamma_w = 1$.

Права частина нерівності (4.34) набуває вигляду:

$$0,75 \cdot 1 \cdot \frac{354,545 \cdot 0,9}{1,05} = 227,922 \text{ МПа}$$

Умова (4.34) виконана:

$$85,062 < 227,922$$

4.2.2 Розрахунок перерізу 1/8

Для перерізу в 1/8 довжини балки необхідними є наступні розрахунки:

Розрахунок на міцність за нормальними напруженнями

$$10 \cdot 100 \cdot \frac{M}{I_{xn}} y \leq \frac{R_y \cdot m}{\gamma_r} \quad (4.40)$$

де

$M = 15471,868$ – максимальний згинальний момент в перерізі при розрахунках на міцність, кН·м;

I_{xn} – момент інерції перерізу нетто, визначений з урахуванням ефективних геометричних характеристик перерізів в розрахунках на міцність, см⁴;

y – відстань від головної осі до найбільш навантаженого волокна, см;

Права частина нерівності (4.40) дорівнює:

$$\frac{R_y \cdot m}{\gamma_r} = \frac{354,545 \cdot 0,9}{1,05} = 303,896 \text{ МПа} \quad (4.41)$$

Попередньо приймаємо розрахунковий переріз:

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

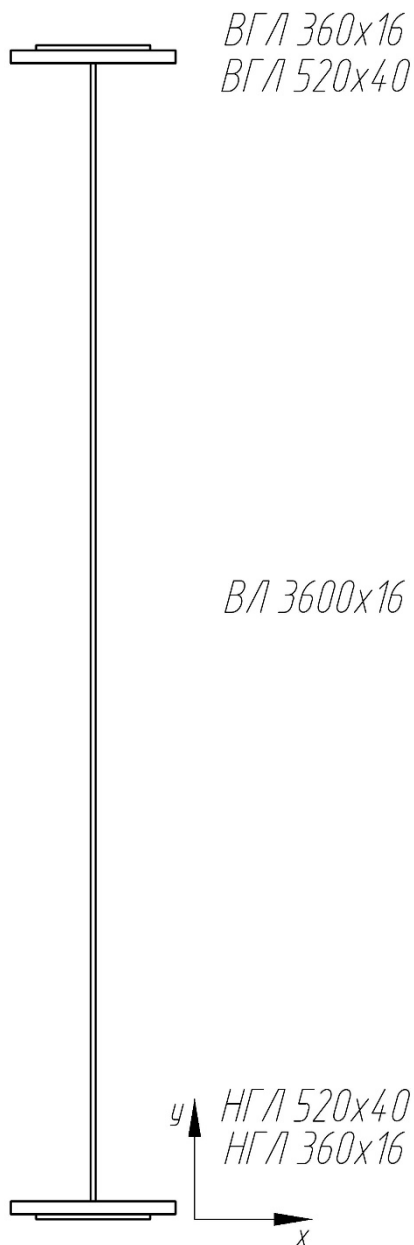


Рисунок 4.2 – Переріз балки в 1/8 довжини

Визначимо центр ваги перерізу:

$$\begin{aligned}
 y_{цв} = & \frac{A_{f4} \cdot \frac{t_{f4}}{2} + A_{f3} \cdot \frac{(t_{f4} + t_{f3})}{2} + A_w \cdot \frac{(t_{f4} + t_{f3} + \square_w)}{2}}{A_{f1} + A_{f2} + A_w + A_{f3} + A_{f4}} + \\
 & + \frac{A_{f2} \cdot \frac{(t_{f4} + t_{f3} + \square_w + t_{f2})}{2} + A_{f1} \cdot \frac{(t_{f4} + t_{f3} + \square_w + t_{f2} + t_{f1})}{2}}{A_{f1} + A_{f2} + A_w + A_{f3} + A_{f4}}
 \end{aligned}
 \tag{4.42}$$

Нумерація горизонтальних листів прийнята згори вниз:

$$A_{f1} = b_{f1} \cdot t_{f1} = 36 \cdot 1,6 = 57,6 \text{ см}^2
 \tag{4.43}$$

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A_{f2} = b_{f2} \cdot t_{f2} = 52 \cdot 4 = 208 \text{ см}^2 \quad (4.44)$$

$$A_{f3} = b_{f3} \cdot t_{f3} = 52 \cdot 4 = 208 \text{ см}^2 \quad (4.45)$$

$$A_{f4} = b_{f4} \cdot t_{f4} = 36 \cdot 1,6 = 57,6 \text{ см}^2 \quad (4.46)$$

A_w – площа стінки балки, см^2 ;

Площа стінки балки визначається за формулою:

$$A_w = \square_w \cdot t_w \quad (4.47)$$

де

$t_w = 1,6$ – ширина стінки балки, см ;

$h_w = 360$ – висота стінки балки, см ;

$$A_w = 360 \cdot 1,6 = 576 \text{ см}^2$$

Ордината центру ваги дорівнює:

$$y_{цв} = \frac{57,6 \cdot \frac{1,6}{2} + 208 \cdot \frac{(1,6+4)}{2} + 576 \cdot \frac{(1,6+4+360)}{2}}{57,6+208+576+208+57,6} + \frac{208 \cdot \frac{(1,6+4+360+4)}{2} + 57,6 \cdot \frac{(1,6+4+360+4+1,6)}{2}}{57,6+208+576+208+57,6} = 185,6 \text{ см}$$

Момент інерції перерізу визначається за формулою:

$$I = \frac{t_w \cdot \square_w^3}{12} + A_w \cdot a_{0w}^2 + \frac{b_{fi} \cdot t_{fi}^3}{12} + A_{fi} \cdot a_{ofi}^2 \quad (4.48)$$

Відстані між відповідними центрами ваги визначаються за формулами:

$$a_{of4} = y_{цв} - \frac{t_{f4}}{2} = 185,6 - \frac{1,6}{2} = 184,8 \text{ см} \quad (4.49)$$

$$a_{of3} = y_{цв} - \frac{t_{f4} + t_{f3}}{2} = 185,6 - 1,6 - \frac{4}{2} = 182 \text{ см} \quad (4.50)$$

$$a_{0w} = y_{цв} - t_{f4} - t_{f3} - \frac{\square_w}{2} = 185,6 - 1,6 - 4 - \frac{360}{2} = 0 \quad (4.51)$$

$$a_{of2} = t_{f4} + t_{f3} + \square_w + \frac{t_{f2}}{2} - y_{цв} = 1,6 + 4 + 360 + \frac{4}{2} - 185,6 = 182 \text{ см} \quad (2.37)$$

$$a_{of1} = t_{f4} + t_{f3} + \square_w + t_{f2} + \frac{t_{f1}}{2} - y_{цв} = 1,6 + 4 + 184 + 4 + \frac{1,6}{2} - 185,6 = 184,8 \text{ см} \quad (2.38)$$

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Момент інерції перерізу:

$$I = \frac{1,6 \cdot 360^3}{12} + 576 \cdot 0^2 + \frac{36 \cdot 1,6^3}{12} + 57,6 \cdot 184,8^2 + \frac{52 \cdot 4^3}{12} + 208 \cdot 182^2 + \frac{52 \cdot 4^3}{12} + 208 \cdot 182^2 + \frac{36 \cdot 1,6^3}{12} + 57,6 \cdot 184,8^2 = 23935163,05 \text{ см}^4$$

Відстань від головної осі до найбільш навантаженого волокна дорівнює:

$$y = y_{цв} = 185,6 \text{ см} \quad (4.52)$$

Ліва частина нерівності (4.40) дорівнює:

$$10 \cdot 100 \cdot \frac{15471,868}{23935163,05} \cdot 185,6 = 119,973 \text{ МПа}$$

Умова (4.40) виконана:

$$119,973 \leq 303,896$$

Розрахунок на міцність за дотичними напруженнями

Значення дотичних напружень τ при пружних розрахунках повинне задовольняти умову:

$$\tau = 10 \cdot \frac{Q_{1/8} \cdot S}{I \cdot t_w} \leq \frac{R_s \cdot m}{\gamma_r} \quad (4.53)$$

Статичний момент частини перерізу, що зсувається розраховується за формулою:

$$S = A_{f4} \cdot a_{of4} + A_{f3} \cdot a_{of3} + \frac{a_w}{2} \cdot t_w \cdot \frac{a_w}{2} \quad (4.54)$$

$$S = 57,6 \cdot 184,8 + 208 \cdot 182 + \frac{360}{2} \cdot 1,6 \cdot \frac{360}{2} = 74420,48 \text{ см}^3$$

Ліва частина нерівності (4.53) дорівнює:

$$\tau = 10 \cdot \frac{2604,245 \cdot 74420,48}{23935163,05 \cdot 1,6} = 50,608 \text{ МПа} \quad (4.55)$$

Умова (4.53) виконана:

$$50,608 \leq 176,26$$

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

*Розрахунок на міцність за сумісною дією нормальних та дотичних
напружень*

Розрахунок за сумісною дією нормальних та дотичних напружень виконується за формулою:

$$\sigma_x^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + \sigma_y^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2 \leq \gamma' \frac{R_y \cdot m}{\gamma_r} \quad (4.56)$$

де

σ_x – нормальні напруження, паралельні осі балки в точці, що перевіряється, МПа;

σ_y – нормальні напруження, перпендикулярні осі балки, МПа;

τ_{xy} – дотичні напруження в точці стінки балки, що перевіряється, МПа;

γ' – коефіцієнт, що дорівнює 1,15 при $\sigma_y = 0$ та 1,1 при $\sigma_y \neq 0$;

Нормальні напруження були розраховані (ліва частина нерівності (4.40)) та дорівнюють:

$$\sigma_x = 119,973 \text{ МПа} \quad (4.57)$$

Нормальні напруження, перпендикулярні осі балки відсутні в даному сполученні навантажень, тобто:

$$\sigma_y = 0 \quad (4.58)$$

Дотичні напруження були розраховані (ліва частина нерівності (4.53)) та дорівнюють:

$$\tau_{xy} = 50,608 \text{ МПа} \quad (4.59)$$

Права частина нерівності (4.56) дорівнює:

$$1,15 \cdot \frac{354,545 \cdot 0,9}{1,05} = 349,481 \text{ МПа}$$

Ліва частина нерівності (4.56) дорівнює:

$$\sqrt{119,973^2 + 3 \cdot 50,608^2} = 148,583 \text{ МПа}$$

Умова (4.56) виконана:

$$148,583 < 349,481$$

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок на витривалість за нормальними напруженнями

Розрахунок на витривалість за нормальними напруженнями виконується за формулою:

$$\sigma_{max,ef} \leq \gamma_w \frac{R_y \cdot m}{\gamma_r} \quad (4.60)$$

де

$\sigma_{max,ef}$ – абсолютне найбільше значення нормальних напружень, МПа;

Абсолютне найбільше значення нормальних напружень визначається за формулою:

$$\sigma_{max,ef} = 10 \cdot 100 \cdot \frac{M^e}{I_{xn}} y \quad (4.61)$$

де

$M^e = 12425,377$ – максимальний згинальний момент в перерізі при розрахунках на витривалість, кН·м;

$I_{xn} = 23935163,05$ – момент інерції перерізу нетто, визначений з урахуванням ефективних геометричних характеристик перерізів в розрахунках на міцність, см⁴;

$y = 185,6$ – відстань від головної осі до найбільш навантаженого волокна, визначена за формулою (4.52), см;

Ліва частина нерівності (4.60) набуває вигляду:

$$\sigma_{max,ef} = 10 \cdot 100 \cdot \frac{12425,377}{23935163,05} \cdot 185,6 = 96,35 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт, що враховує зменшення розрахункового опору текучості за рахунок утомленості визначається за формулою:

$$\gamma_w = \frac{1}{\xi \cdot \vartheta [(\alpha \cdot \beta \pm \delta) - (\alpha \cdot \beta \mp \delta) \cdot \rho]} \leq 1 \quad (4.62)$$

де

ρ – коефіцієнт асиметрії циклу змінних напружень, що визначається за формулою:

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\rho = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} \quad (4.63)$$

де

σ_{min} та σ_{max} – найменші та найбільші за абсолютним значенням напруження зі своїми знаками, що виникають в одному перерізі.

Оскільки у формулах визначення σ_{min} та σ_{max} момент інерції I_{xn} та відстань від головної осі до найбільш навантаженого волокна у однакові, формула (4.59) набуває вигляду:

$$\rho = \frac{M_{min}^e}{M^e} \quad (4.64)$$

де

$M_{min}^e = 2613,843$ – мінімальний згинальний момент в перерізі при розрахунках на витривалість, кН·м;

$$\rho = \frac{2613,843}{12425,377} = 0,21$$

В формулі (4.58) верхні знаки (+ або –) приймають для перевірки за нормальними напруженнями якщо $\sigma_{max} > 0$. Оскільки $\sigma_{max} > 0$ формула (4.58) набуває вигляду:

$$\gamma_w = \frac{1}{1 \cdot 1 \cdot [(0,81 \cdot 1 + 0,20) - (0,81 \cdot 1 - 0,20) \cdot 0,21]} = 1,134 > 1$$

Приймаємо $\gamma_w = 1$.

Права частина нерівності (4.60) набуває вигляду:

$$1 \cdot \frac{354,545 \cdot 0,9}{1,05} = 303,896 \text{ МПа}$$

Умова (4.60) виконана:

$$96,35 < 303,896$$

Розрахунок на витривалість за дотичними напруженнями

Розрахунок на витривалість за дотичними напруженнями виконується за наступною формулою:

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\tau_{max,ef} \leq 0,75 \cdot \gamma_w \frac{R_y \cdot m}{\gamma_r} \quad (4.65)$$

Абсолютне найбільше значення дотичних напружень визначається за формулою:

$$\tau_{max,ef} = 10 \cdot \frac{Q_{1/8}^6 \cdot S}{I \cdot t_w} \quad (4.66)$$

де

$Q_{1/8}^6 = 1996,406$ – максимальне поперечне зусилля в перерізі при розрахунках на витривалість, кН·м;

Ліва частина нерівності (4.65) набуває вигляду:

$$\tau_{max,ef} = 10 \cdot \frac{1996,406 \cdot 74420,48}{23935163,051 \cdot 1,6} = 38,796 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт асиметрії циклу змінних напружень дорівнює:

$$\rho = \frac{Q_{1/8min}^6}{Q_{1/8}^6} \quad (4.67)$$

де

$Q_{1/8}^6_{min} = 365,646$ – мінімальне поперечне зусилля в перерізі при розрахунках на витривалість, кН·м;

$$\rho = \frac{365,646}{1996,406} = 0,183$$

$$\gamma_w = \frac{1}{1 \cdot 1 \cdot [(0,81 \cdot 1 + 0,20) - (0,81 \cdot 1 - 0,20) \cdot 0,183]} = 1,113 > 1$$

Приймаємо $\gamma_w = 1$.

Права частина нерівності (4.65) набуває вигляду:

$$0,75 \cdot 1 \cdot \frac{354,545 \cdot 0,9}{1,05} = 227,922 \text{ МПа}$$

Умова (4.65) виконана:

$$38,796 < 227,922$$

4.2.3 Розрахунок перерізу 1/4

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для перерізу в 1/4 довжини балки необхідними є наступні розрахунки:

Розрахунок на міцність за нормальними напруженнями

$$10 \cdot 100 \cdot \frac{M}{I_{xn}} y \leq \frac{R_y \cdot m}{\gamma_r} \quad (4.68)$$

де

$M = 25826,615$ – максимальний згинальний момент в перерізі при розрахунках на міцність, кН·м;

Права частина нерівності (4.68) дорівнює:

$$\frac{R_y \cdot m}{\gamma_r} = \frac{354,545 \cdot 0,9}{1,05} = 303,896 \text{ МПа} \quad (4.69)$$

Попередньо приймаємо розрахунковий переріз:

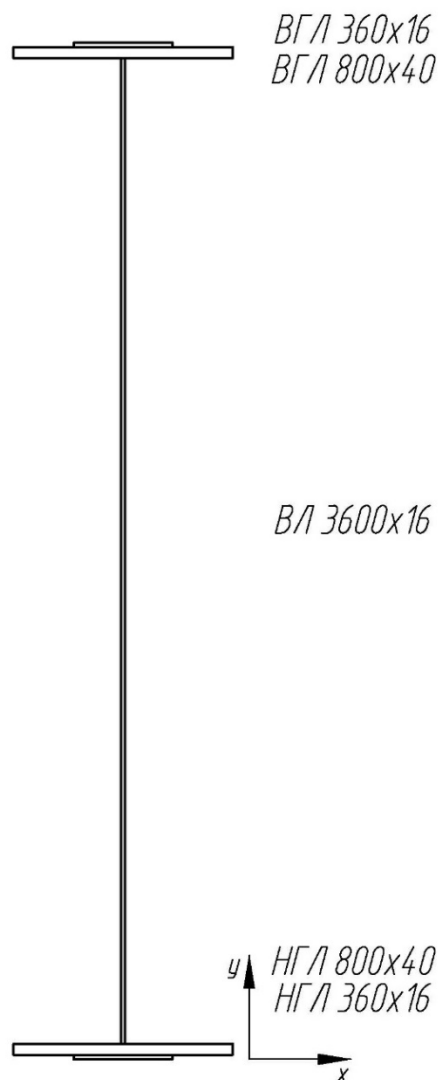


Рисунок 4.3 – Переріз балки в 1/4 довжини

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо центр ваги перерізу:

$$y_{цв} = \frac{A_{f4} \cdot \frac{t_{f4}}{2} + A_{f3} \cdot \frac{(t_{f4} + t_{f3})}{2} + A_w \cdot \frac{(t_{f4} + t_{f3} + \square_w)}{2}}{A_{f1} + A_{f2} + A_w + A_{f3} + A_{f4}} + \frac{A_{f2} \cdot \frac{(t_{f4} + t_{f3} + \square_w + t_{f2})}{2} + A_{f1} \cdot \frac{(t_{f4} + t_{f3} + \square_w + t_{f2} + t_{f1})}{2}}{A_{f1} + A_{f2} + A_w + A_{f3} + A_{f4}} \quad (4.70)$$

Нумерація горизонтальних листів прийнята згори вниз:

$$A_{f1} = b_{f1} \cdot t_{f1} = 36 \cdot 1,6 = 57,6 \text{ см}^2 \quad (4.71)$$

$$A_{f2} = b_{f2} \cdot t_{f2} = 80 \cdot 4 = 320 \text{ см}^2 \quad (4.72)$$

$$A_{f3} = b_{f3} \cdot t_{f3} = 80 \cdot 4 = 320 \text{ см}^2 \quad (4.73)$$

$$A_{f4} = b_{f4} \cdot t_{f4} = 36 \cdot 1,6 = 57,6 \text{ см}^2 \quad (4.74)$$

Площа стінки балки визначається за формулою:

$$A_w = \square_w \cdot t_w \quad (4.78)$$

де

$t_w = 1,6$ – ширина стінки балки, см;

$h_w = 360$ – висота стінки балки, см;

$$A_w = 360 \cdot 1,6 = 576 \text{ см}^2$$

Ордината центру ваги дорівнює:

$$y_{цв} = \frac{57,6 \cdot \frac{1,6}{2} + 320 \cdot \frac{(2,5+4)}{2} + 576 \cdot \frac{(1,6+4+360)}{2}}{57,6+320+576+320+57,6} + \frac{320 \cdot \frac{(1,6+4+360+4)}{2} + 57,6 \cdot \frac{(1,6+4+360+4+1,6)}{2}}{57,6+320+576+320+57,6} = 185,6 \text{ см}$$

Момент інерції перерізу визначається за формулою:

$$I = \frac{t_w \cdot \square_w^3}{12} + A_w \cdot a_{0w}^2 + \frac{b_{fi} \cdot t_{fi}^3}{12} + A_{fi} \cdot a_{ofi}^2 \quad (4.80)$$

Відстані між відповідними центрами ваги визначаються за формулами:

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$a_{of4} = y_{цв} - \frac{t_{f4}}{2} = 185,6 - \frac{1,6}{2} = 184,8 \text{ см} \quad (4.81)$$

$$a_{of3} = y_{цв} - \frac{t_{f4} - t_{f3}}{2} = 185,6 - 1,6 - \frac{4}{2} = 182 \text{ см} \quad (4.82)$$

$$a_{0w} = y_{цв} - t_{f4} - t_{f3} - \frac{\square_w}{2} = 185,6 - 1,6 - 4 - \frac{360}{2} = 0 \quad (4.83)$$

$$a_{of2} = t_{f4} + t_{f3} + \square_w + \frac{t_{f2}}{2} - y_{цв} = 1,6 + 4 + 360 + \frac{4}{2} - 185,6 = 182 \text{ см} \quad (4.84)$$

$$a_{of1} = t_{f4} + t_{f3} + \square_w + t_{f2} + \frac{t_{f1}}{2} - y_{цв} = 1,6 + 4 + 360 + 4 + \frac{1,6}{2} - 185,6 = 184,8 \text{ см} \quad (4.85)$$

Момент інерції перерізу:

$$I = \frac{1,6 \cdot 360^3}{12} + 576 \cdot 0^2 + \frac{36 \cdot 1,6^3}{12} + 90 \cdot 184,8^2 + \frac{80 \cdot 4^3}{12} + 320 \cdot 182^2 + \frac{80 \cdot 4^3}{12} + 320 \cdot 182^2 + \frac{36 \cdot 1,6^3}{12} + 90 \cdot 184,8^2 = 31355237,72 \text{ см}^4$$

Відстань від головної осі до найбільш навантаженого волокна дорівнює:

$$y = y_{цв} = 185,6 \text{ см} \quad (4.86)$$

Ліва частина нерівності (4.68) дорівнює:

$$10 \cdot 100 \cdot \frac{25826,615}{31355237,72} \cdot 185,6 = 152,875 \text{ МПа}$$

Умова (4.68) виконана:

$$152,875 \leq 303,896$$

Розрахунок на міцність за дотичними напруженнями

Значення дотичних напружень τ при пружних розрахунках повинне задовольняти умову:

$$\tau = 10 \cdot \frac{Q_{1/4}^M \cdot S}{I \cdot t_w} \leq \frac{R_s \cdot m}{\gamma_r} \quad (4.87)$$

Статичний момент частини перерізу, що зсувається розраховується за формулою:

$$S = A_{f4} \cdot a_{of4} + A_{f3} \cdot a_{of3} + \frac{\square_w}{2} \cdot t_w \cdot \frac{\square_w}{2 \cdot 2} \quad (4.88)$$

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S = 57,6 \cdot 184,8 + 320 \cdot 182 + \frac{360}{2} \cdot 1,6 \cdot \frac{360}{2 \cdot 2} = 94804,48 \text{ см}^3$$

Ліва частина нерівності 4.87) дорівнює:

$$\tau = 10 \cdot \frac{2013,683 \cdot 94804,48}{31355237,72 \cdot 1,6} = 38,053 \text{ МПа} \quad (4.89)$$

Умова (4.87) виконана:

$$38,053 \leq 176,26$$

Розрахунок на міцність за сумісною дією нормальних та дотичних напружень

Розрахунок за сумісною дією нормальних та дотичних напружень виконується за формулою:

$$\sigma_x^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + \sigma_y^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2 \leq \gamma' \frac{R_y \cdot m}{\gamma_r} \quad (4.90)$$

де

σ_x – нормальні напруження, паралельні осі балки в точці, що перевіряється, МПа;

σ_y – нормальні напруження, перпендикулярні осі балки, МПа;

τ_{xy} – дотичні напруження в точці стінки балки, що перевіряється, МПа;

γ' – коефіцієнт, що дорівнює 1,15 при $\sigma_y = 0$ та 1,1 при $\sigma_y \neq 0$;

Нормальні напруження були розраховані в (ліва частина нерівності (4.68)) та дорівнюють:

$$\sigma_x = 152,875 \text{ МПа} \quad (4.91)$$

Нормальні напруження, перпендикулярні осі балки відсутні в даному сполученні навантажень, тобто:

$$\sigma_y = 0 \quad (4.92)$$

Дотичні напруження були розраховані в (ліва частина нерівності (4.87)) та дорівнюють:

$$\tau_{xy} = 38,053 \text{ МПа} \quad (4.93)$$

Права частина нерівності (4.90) дорівнює:

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$1,15 \cdot \frac{354,545 \cdot 0,9}{1,05} = 349,481 \text{ МПа}$$

Ліва частина нерівності (4.90) дорівнює:

$$\sqrt{152,875^2 + 3 \cdot 38,053^2} = 166,478 \text{ МПа}$$

Умова (4.90) виконана:

$$166,478 < 349,481$$

Розрахунок на витривалість за нормальними напруженнями

Розрахунок на витривалість за нормальними напруженнями виконується за формулою:

$$\sigma_{max,ef} \leq \gamma_w \frac{R_y \cdot m}{\gamma_r} \quad (4.94)$$

де

$\sigma_{max,ef}$ – абсолютне найбільше значення нормальних напружень, МПа;

Абсолютне найбільше значення нормальних напружень визначається за формулою:

$$\sigma_{max,ef} = 10 \cdot 100 \cdot \frac{M^e}{I_{xn}} y \quad (4.95)$$

де

$M^e = 20758,073$ – максимальний згинальний момент в перерізі при розрахунках на витривалість, кН·м;

$I_{xn} = 31355237,72$ – момент інерції перерізу нетто, визначений з урахуванням ефективних геометричних характеристик перерізів в розрахунках на міцність, см⁴;

$y = 185,6$ – відстань від головної осі до найбільш навантаженого волокна, см;

Ліва частина нерівності (4.94) набуває вигляду:

$$\sigma_{max,ef} = 10 \cdot 100 \cdot \frac{20758,073}{31355237,72} \cdot 185,6 = 122,873 \text{ МПа}$$

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт, що враховує зменшення розрахункового опору текучості за рахунок утомленості визначається за формулою:

$$\gamma_w = \frac{1}{\xi \cdot \vartheta [(\alpha \cdot \beta \pm \delta) - (\alpha \cdot \beta \mp \delta) \cdot \rho]} \leq 1 \quad (4.96)$$

де

ρ – коефіцієнт асиметрії циклу змінних напружень, що визначається за формулою:

$$\rho = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} \quad (4.97)$$

де

σ_{min} та σ_{max} – найменші та найбільші за абсолютним значенням напруження зі своїми знаками, що виникають в одному перерізі.

Оскільки у формулах визначення σ_{min} та σ_{max} момент інерції I_{xn} та відстань від головної осі до найбільш навантаженого волокна у однакові, формула (4.97) набуває вигляду:

$$\rho = \frac{M_{min}^e}{M_{max}^e} \quad (4.98)$$

де

$M_{min}^e = 4480,888$ – мінімальний згинальний момент в перерізі при розрахунках на витривалість, кН·м;

$$\rho = \frac{4480,888}{20758,073} = 0,216$$

В формулі (4.96) верхні знаки (+ або –) приймають для перевірки за нормальними напруженнями якщо $\sigma_{max} > 0$. Оскільки $\sigma_{max} > 0$ формула (4.96) набуває вигляду:

$$\gamma_w = \frac{1}{1 \cdot 1 \cdot [(0,81 \cdot 1 + 0,20) - (0,81 \cdot 1 - 0,20) \cdot 0,216]} = 1,139 > 1$$

Приймаємо $\gamma_w = 1$.

Права частина нерівності (4.94) набуває вигляду:

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$1 \cdot \frac{354,545 \cdot 0,9}{1,05} = 303,896 \text{ МПа}$$

Умова (4.94) виконана:

$$122,873 < 303,896$$

Розрахунок на витривалість за дотичними напруженнями

Розрахунок на витривалість за дотичними напруженнями виконується за наступною формулою:

$$\tau_{max,ef} \leq 0,75 \cdot \gamma_w \frac{R_y \cdot m}{\gamma_r} \quad (4.99)$$

Абсолютне найбільше значення дотичних напружень визначається за формулою:

$$\tau_{max,ef} = 10 \cdot \frac{Q_{1/4}^{\epsilon} \cdot S}{I \cdot t_w} \quad (4.100)$$

де

$Q_{1/4}^{\epsilon} = 1466,538$ – максимальне поперечне зусилля в перерізі при розрахунках на витривалість, кН·м;

Ліва частина нерівності (4.99) набуває вигляду:

$$\tau_{max,ef} = 10 \cdot \frac{1466,538 \cdot 94804,48}{31355237,72 \cdot 1,6} = 27,714 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт асиметрії циклу змінних напружень дорівнює:

$$\rho = \frac{Q_{1/4min}^{\epsilon}}{Q_{1/4}^{\epsilon}} \quad (4.101)$$

де

$Q_{1/4min}^{\epsilon} = 132,11$ – мінімальне поперечне зусилля в перерізі при розрахунках на витривалість, кН·м;

$$\rho = \frac{132,11}{1466,538} = 0,09$$

$$\gamma_w = \frac{1}{1 \cdot 1 \cdot [(0,81 \cdot 1 + 0,20) - (0,81 \cdot 1 - 0,20) \cdot 0,09]} = 1,047 > 1$$

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо $\gamma_w = 1$.

Права частина нерівності (4.99) набуває вигляду:

$$0,75 \cdot 1 \cdot \frac{354,545 \cdot 0,9}{1,05} = 227,922 \text{ МПа}$$

Умова (4.99) виконана:

$$27,714 < 227,922$$

4.2.4 Розрахунок перерізу 3/8

Для перерізу в 3/8 довжини балки необхідними є наступні розрахунки:

Розрахунок на міцність за нормальними напруженнями

$$10 \cdot 100 \cdot \frac{M}{I_{xn}} y \leq \frac{R_y \cdot m}{\gamma_r} \quad (4.102)$$

де

$M = 31412,533$ – максимальний згинальний момент в перерізі при розрахунках на міцність, кН·м;

Права частина нерівності (4.102) дорівнює:

$$\frac{R_y \cdot m}{\gamma_r} = \frac{354,545 \cdot 0,9}{1,05} = 303,896 \text{ МПа} \quad (4.103)$$

Розрахунковий переріз відповідає перерізу в 3/8 прогону:

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

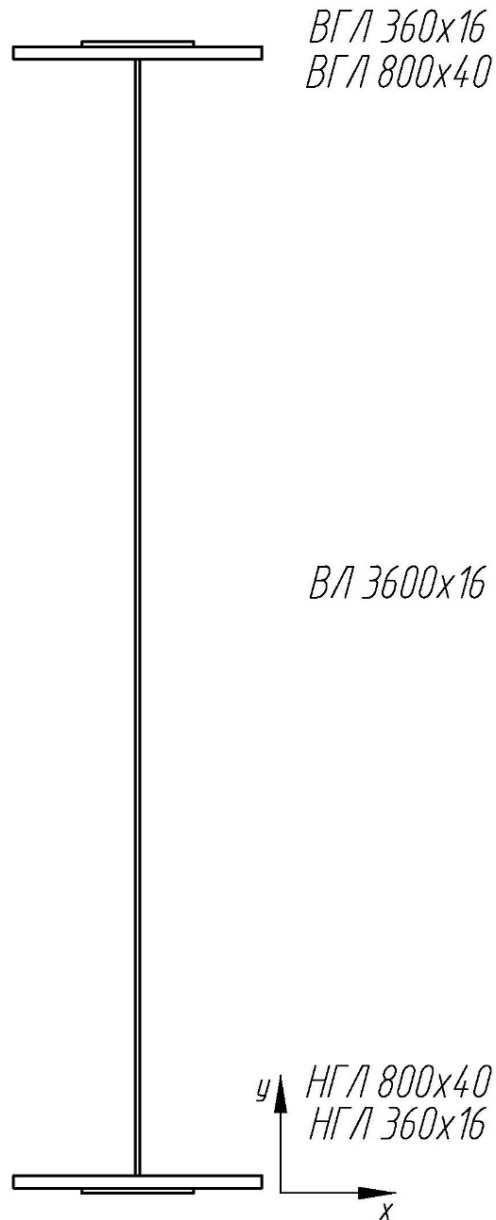


Рисунок 4.4 – Переріз балки в 3/8 довжини

Ліва частина нерівності (4.102) дорівнює:

$$10 \cdot 100 \cdot \frac{31412,533}{31355237,72} \cdot 185,6 = 185,939 \text{ МПа}$$

Умова (4.102) виконана:

$$185,939 \leq 303,896$$

Розрахунок на міцність за дотичними напруженнями

Значення дотичних напружень τ при пружних розрахунках повинне задовольняти умову:

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

$$\tau = 10 \cdot \frac{Q_{3/8} \cdot S}{I \cdot t_w} \leq \frac{R_s \cdot m}{\gamma_r} \quad (4.104)$$

Ліва частина нерівності (4.104) дорівнює:

$$\tau = 10 \cdot \frac{1455,006 \cdot 94804,48}{31355237,72 \cdot 1,6} = 27,496 \text{ МПа} \quad (4.105)$$

Умова (4.104) виконана:

$$27,496 \leq 176,26$$

Розрахунок на міцність за сумісною дією нормальних та дотичних напружень

Розрахунок за сумісною дією нормальних та дотичних напружень виконується за формулою:

$$\sigma_x^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + \sigma_y^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2 \leq \gamma' \frac{R_y \cdot m}{\gamma_r} \quad (4.106)$$

де

σ_x – нормальні напруження, паралельні осі балки в точці, що перевіряється, МПа;

σ_y – нормальні напруження, перпендикулярні осі балки, МПа;

τ_{xy} – дотичні напруження в точці стінки балки, що перевіряється, МПа;

γ' – коефіцієнт, що дорівнює 1,15 при $\sigma_y = 0$ та 1,1 при $\sigma_y \neq 0$;

Нормальні напруження були розраховані в (ліва частина нерівності (4.102)) та дорівнюють:

$$\sigma_x = 185,939 \text{ МПа} \quad (4.107)$$

Нормальні напруження, перпендикулярні осі балки відсутні в даному сполученні навантажень, тобто:

$$\sigma_y = 0 \quad (4.108)$$

Дотичні напруження були розраховані в (ліва частина нерівності (4.104)) та дорівнюють:

$$\tau_{xy} = 27,496 \text{ МПа} \quad (4.109)$$

Права частина нерівності (4.106) дорівнює:

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$1,15 \cdot \frac{354,545 \cdot 0,9}{1,05} = 349,481 \text{ МПа}$$

Ліва частина нерівності (4.106) дорівнює:

$$\sqrt{185,939^2 + 3 \cdot 27,496^2} = 191,941 \text{ МПа}$$

Умова (4.106) виконана:

$$191,941 < 349,481$$

Розрахунок на витривалість за нормальними напруженнями

Розрахунок на витривалість за нормальними напруженнями виконується за формулою:

$$\sigma_{max,ef} \leq \gamma_w \frac{R_y \cdot m}{\gamma_r} \quad (4.110)$$

де

$\sigma_{max,ef}$ – абсолютне найбільше значення нормальних напружень, МПа;

Абсолютне найбільше значення нормальних напружень визначається за формулою:

$$\sigma_{max,ef} = 10 \cdot 100 \cdot \frac{M^e}{I_{xn}} y \quad (4.111)$$

де

$M^e = 25269,375$ – максимальний згинальний момент в перерізі при розрахунках на витривалість, кН·м;

$I_{xn} = 31355237,72$ – момент інерції перерізу нетто, визначений з урахуванням ефективних геометричних характеристик перерізів в розрахунках на міцність, см⁴;

$y = 185,6$ – відстань від головної осі до найбільш навантаженого волокна, см;

Ліва частина нерівності (4.110) набуває вигляду:

$$\sigma_{max,ef} = 10 \cdot 100 \cdot \frac{25269,375}{31355237,72} \cdot 185,6 = 149,576 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт, що враховує зменшення розрахункового опору текучості за рахунок утомленості визначається за формулою:

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\gamma_w = \frac{1}{\xi \cdot \vartheta [(\alpha \cdot \beta \pm \delta) - (\alpha \cdot \beta \mp \delta) \cdot \rho]} \leq 1 \quad (4.112)$$

де

ρ – коефіцієнт асиметрії циклу змінних напружень, що визначається за формулою:

$$\rho = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} \quad (4.113)$$

де

σ_{min} та σ_{max} – найменші та найбільші за абсолютним значенням напруження зі своїми знаками, що виникають в одному перерізі.

Оскільки у формулах визначення σ_{min} та σ_{max} момент інерції I_{xn} та відстань від головної осі до найбільш навантаженого волокна у однакові, формула (4.113) набуває вигляду:

$$\rho = \frac{M_{min}^e}{M^e} \quad (4.114)$$

де

$M_{min}^e = 5601,11$ – мінімальний згинальний момент в перерізі при розрахунках на витривалість, кН·м;

$$\rho = \frac{5601,11}{25269,375} = 0,222$$

В формулі (4.112) верхні знаки (+ або –) приймають для перевірки за нормальними напруженнями якщо $\sigma_{max} > 0$. Оскільки $\sigma_{max} > 0$ формула (4.112) набуває вигляду:

$$\gamma_w = \frac{1}{1 \cdot 1 \cdot [(0,81 \cdot 1 + 0,20) - (0,81 \cdot 1 - 0,20) \cdot 0,222]} = 1,143 > 1$$

Приймаємо $\gamma_w = 1$.

Права частина нерівності (4.110) набуває вигляду:

$$1 \cdot \frac{354,545 \cdot 0,9}{1,05} = 303,896 \text{ МПа}$$

Умова (4.110) виконана:

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$149,576 < 303,896$$

Розрахунок на витривалість за дотичними напруженнями

Розрахунок на витривалість за дотичними напруженнями виконується за наступною формулою:

$$\tau_{max,ef} \leq 0,75 \cdot \gamma_w \frac{R_y \cdot m}{\gamma_r} \quad (4.115)$$

Абсолютне найбільше значення дотичних напружень визначається за формулою:

$$\tau_{max,ef} = 10 \cdot \frac{Q_{3/8}^6 \cdot S}{I \cdot t_w} \quad (4.116)$$

де

$Q_{3/8}^6 = 994,49$ – максимальне поперечне зусилля в перерізі при розрахунках на витривалість, кН·м;

Ліва частина нерівності (4.99) набуває вигляду:

$$\tau_{max,ef} = 10 \cdot \frac{994,49 \cdot 94804,48}{31355237,72 \cdot 1,6} = 18,793 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт асиметрії циклу змінних напружень дорівнює:

$$\rho = \frac{Q_{3/8min}^6}{Q_{3/8}^6} \quad (4.117)$$

де

$Q_{3/8min}^6 = 132,77$ – мінімальне поперечне зусилля в перерізі при розрахунках на витривалість, кН·м;

$$\rho = \frac{132,77}{994,49} = 0,134$$

$$\gamma_w = \frac{1}{1 \cdot 1 \cdot [(0,81 \cdot 1 + 0,20) - (0,81 \cdot 1 - 0,20) \cdot 0,134]} = 1,077 > 1$$

Приймаємо $\gamma_w = 1$.

Права частина нерівності (4.115) набуває вигляду:

$$0,75 \cdot 1 \cdot \frac{354,545 \cdot 0,9}{1,05} = 227,922 \text{ МПа}$$

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова (4.115) виконана:

$$18,793 < 227,922$$

4.2.5 Розрахунок перерізу 1/2.

Для перерізу в 1/2 довжини балки необхідними є наступні розрахунки:

Розрахунок на міцність за нормальними напруженнями

$$10 \cdot 100 \cdot \frac{M}{I_{xn}} y \leq \frac{R_y \cdot m}{\gamma_r} \quad (4.118)$$

де

$M = 32577,918$ – максимальний згинальний момент в перерізі при розрахунках на міцність, кН·м;

Права частина нерівності (4.118) дорівнює:

$$\frac{R_y \cdot m}{\gamma_r} = \frac{354,545 \cdot 0,9}{1,05} = 303,896 \text{ МПа} \quad (4.119)$$

Розрахунковий переріз відповідає перерізу в 1/2 прогону:

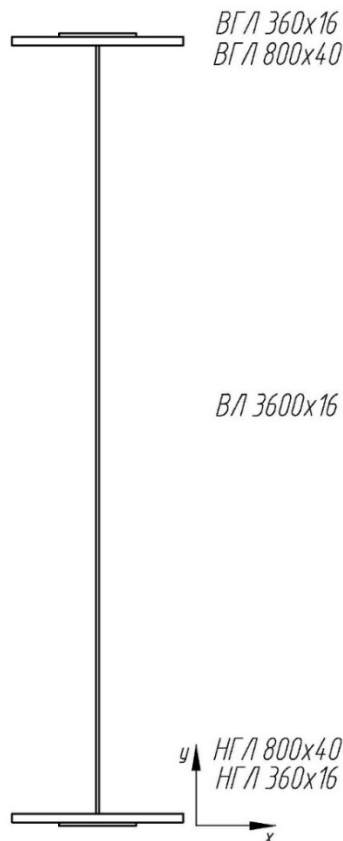


Рисунок 4.5 – Переріз балки в 1/2 довжини

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ліва частина нерівності (4.118) дорівнює:

$$10 \cdot 100 \cdot \frac{32577,918}{31355237,72} \cdot 185,6 = 192,837 \text{ МПа}$$

Умова (4.118) виконана:

$$192,837 \leq 303,896$$

Розрахунок на міцність за дотичними напруженнями

Значення дотичних напружень τ при пружних розрахунках повинне задовольняти умову:

$$\tau = 10 \cdot \frac{Q_{3/8} \cdot S}{I \cdot t_w} \leq \frac{R_s \cdot m}{\gamma_r} \quad (4.120)$$

Ліва частина нерівності (4.120) дорівнює:

$$\tau = 10 \cdot \frac{930,468 \cdot 94804,48}{31355237,72 \cdot 1,6} = 17,583 \text{ МПа} \quad (4.121)$$

Умова (4.120) виконана:

$$17,583 \leq 176,26$$

Розрахунок на міцність за сумісною дією нормальних та дотичних напружень

Розрахунок за сумісною дією нормальних та дотичних напружень виконується за формулою:

$$\sigma_x^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + \sigma_y^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2 \leq \gamma' \frac{R_y \cdot m}{\gamma_r} \quad (4.122)$$

де

σ_x – нормальні напруження, паралельні осі балки в точці, що перевіряється, МПа;

σ_y – нормальні напруження, перпендикулярні осі балки, МПа;

τ_{xy} – дотичні напруження в точці стінки балки, що перевіряється, МПа;

γ' – коефіцієнт, що дорівнює 1,15 при $\sigma_y = 0$ та 1,1 при $\sigma_y \neq 0$;

Нормальні напруження були розраховані в (ліва частина нерівності (4.118)) та дорівнюють:

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_x = 192,837 \text{ МПа} \quad (4.123)$$

Нормальні напруження, перпендикулярні осі балки відсутні в даному сполученні навантажень, тобто:

$$\sigma_y = 0 \quad (4.124)$$

Дотичні напруження були розраховані (ліва частина нерівності (4.120)) та дорівнюють:

$$\tau_{xy} = 17,583 \text{ МПа} \quad (4.125)$$

Права частина нерівності (4.122) дорівнює:

$$1,15 \cdot \frac{354,545 \cdot 0,9}{1,05} = 349,481 \text{ МПа}$$

Ліва частина нерівності (4.122) дорівнює:

$$\sqrt{192,837^2 + 3 \cdot 17,583^2} = 195,227 \text{ МПа}$$

Умова (4.122) виконана:

$$195,227 < 349,481$$

Розрахунок на витривалість за нормальними напруженнями

Розрахунок на витривалість за нормальними напруженнями виконується за формулою:

$$\sigma_{max,ef} \leq \gamma_w \frac{R_y \cdot m}{\gamma_r} \quad (4.126)$$

де

$\sigma_{max,ef}$ – абсолютне найбільше значення нормальних напружень, МПа;

Абсолютне найбільше значення нормальних напружень визначається за формулою:

$$\sigma_{max,ef} = 10 \cdot 100 \cdot \frac{M^e}{I_{xn}} \text{ у} \quad (4.127)$$

де

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$M^e = 26230,569$ – максимальний згинальний момент в перерізі при розрахунках на витривалість, кН·м;

$I_{xn} = 31355237,72$ – момент інерції перерізу нетто, визначений з урахуванням ефективних геометричних характеристик перерізів в розрахунках на міцність, см⁴;

$y = 185,6$ – відстань від головної осі до найбільш навантаженого волокна, см;

Ліва частина нерівності (4.127) набуває вигляду:

$$\sigma_{max,ef} = 10 \cdot 100 \cdot \frac{26230,569}{31355237,72} \cdot 185,6 = 155,266 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт, що враховує зменшення розрахункового опору текучості за рахунок утомленості визначається за формулою:

$$\gamma_w = \frac{1}{\xi \cdot \vartheta [(\alpha \cdot \beta \pm \delta) - (\alpha \cdot \beta \mp \delta) \cdot \rho]} \leq 1 \quad (4.128)$$

де

ρ – коефіцієнт асиметрії циклу змінних напружень, що визначається за формулою:

$$\rho = \frac{M_{min}^e}{M^e} \quad (4.129)$$

де

$M_{min}^e = 5974,509$ – мінімальний згинальний момент в перерізі при розрахунках на витривалість, кН·м;

$$\rho = \frac{5974,509}{26230,569} = 0,228$$

В формулі (2.128) верхні знаки (+ або –) приймають для перевірки за нормальними напруженнями якщо $\sigma_{max} > 0$. Оскільки $\sigma_{max} > 0$ формула (2.128) набуває вигляду:

$$\gamma_w = \frac{1}{1 \cdot 1 \cdot [(0,81 \cdot 1 + 0,20) - (0,81 \cdot 1 - 0,20) \cdot 0,228]} = 1,148 > 1$$

Приймаємо $\gamma_w = 1$.

Права частина нерівності (4.126) набуває вигляду:

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$1 \cdot \frac{354,545 \cdot 0,9}{1,05} = 303,896 \text{ МПа}$$

Умова (4.126) виконана:

$$155,266 < 303,896$$

Розрахунок на витривалість за дотичними напруженнями

Розрахунок на витривалість за дотичними напруженнями виконується за наступною формулою:

$$\tau_{max,ef} \leq 0,75 \cdot \gamma_w \frac{R_y \cdot m}{\gamma_r} \quad (4.130)$$

Абсолютне найбільше значення дотичних напружень визначається за формулою:

$$\tau_{max,ef} = 10 \cdot \frac{Q_{1/2}^e \cdot S}{I \cdot t_w} \quad (4.131)$$

де

$Q_{1/2}^e = 587,089$ – максимальне поперечне зусилля в перерізі при розрахунках на витривалість, кН;

Ліва частина нерівності (4.99) набуває вигляду:

$$\tau_{max,ef} = 10 \cdot \frac{587,089 \cdot 94804,48}{31355237,72 \cdot 1,6} = 11,094 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт асиметрії циклу змінних напружень дорівнює:

$$\rho = \frac{Q_{1/2min}^e}{Q_{1/2}^e} \quad (4.132)$$

де

$Q_{3/8}^e \min = 0$ – мінімальне поперечне зусилля в перерізі при розрахунках на витривалість, кН;

$$\rho = \frac{0}{587,089} = 0$$

$$\gamma_w = \frac{1}{1 \cdot 1 \cdot [(0,81 \cdot 1 + 0,20) - (0,81 \cdot 1 - 0,20) \cdot 0]} = 0,99 < 1$$

Приймаємо $\gamma_w = 0,99$.

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Права частина нерівності (4.130) набуває вигляду:

$$0,75 \cdot 0,99 \cdot \frac{354,545 \cdot 0,9}{1,05} = 225,665 \text{ МПа}$$

Умова (4.130) виконана:

$$11,094 < 225,665$$

4.3 Розрахунок місцевої стійкості стінок балок, підкріплених ребрами жорсткості

Стінку головної балки ділимо на відсіки поперечними ребрами жорсткості та додаємо поздовжнє ребро жорсткості. Розміри відсіків прийняті наступні: у приопорній зоні стінка поділена на два відсіки шириною 1,35 м, всі інші відсіки мають ширину 1,32 м; по висоті стінка розбита поздовжнім ребром, яке розташоване на відстані 0,9 м від верхньої кромки стінки балки (для зручності відсіки пронумеровані, починаючи від середини балки).

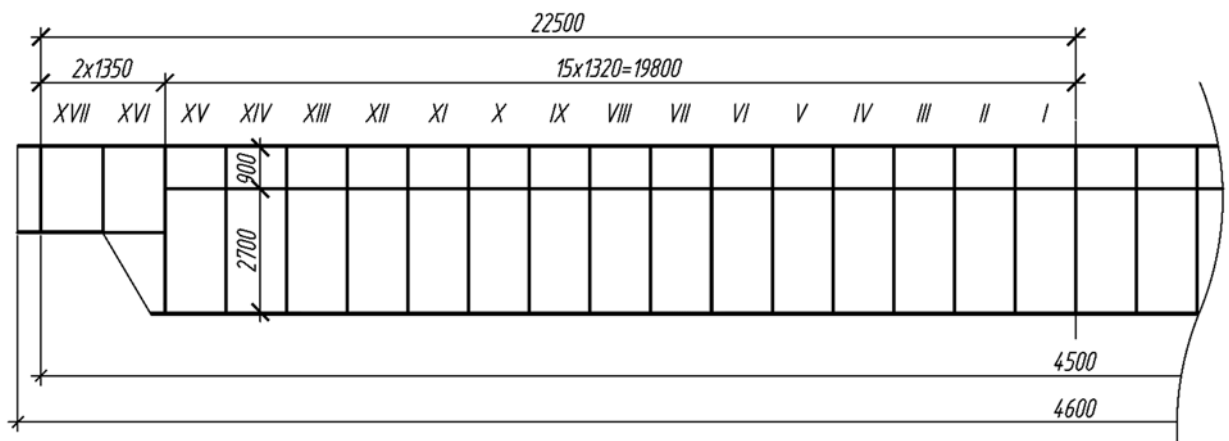


Рисунок 4.6 – Стінка балки, підкріплена ребрами жорсткості

4.3.1 Стійкість відсіку I (верхній)

Для визначення напружень у відсіку необхідно визначити зусилля (M та Q) у ньому.

Відсік **I** розташований на відстані 21,84 м від осі обпирання прогонової будови.

$$M_{21,84} = 32658,77 \text{ кНм},$$

						011.160023.ДР.2020.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			83

$$Q_{21,84} = 990,107 \text{кН.}$$

Найбільше навантаження на балку від рухомого складу:

$$F = \frac{24,5K}{2} = \frac{24,5 \times 14}{2} = 171,5 \text{кН} \quad (4.133)$$

Розподілене навантаження під шпалою:

$$p = \frac{F}{b_{шп}} = \frac{171,5}{20} = 8,575 \text{кН/см} \quad (4.134)$$

де

$b_{шп} = 20 \text{см}$ - ширина шпали.

$$\sigma_y = \frac{p}{t} (1 - 3v^2 + 2v^3) = \frac{8,575}{1,6} (1 - 3 \times 0,063^2 + 2 \times 0,063^3) = 5,299 \text{кН/см}^2 \quad (4.135)$$

де

$v = 0,5 \frac{□_F}{□_w} = 0,5 \times \frac{45}{360} = 0,063$ - відношення ділянки стінки від навантаженого

поясу до рівня розрахунку напружень до висоти стінки,

$t = 1,6 \text{см}$ - товщина стінки балки.

$$\sigma_x = \frac{M \times 100 \times y_i}{I} = \frac{32658,77 \times 100 \times 135}{31355237,717} = 14,061 \text{кН/см}^2, \quad (4.136)$$

де

$y_i = \frac{□_w}{2} - \frac{□_{відс}}{2} = \frac{360}{2} - \frac{90}{2} = 135 \text{см}$ - відстань від центру мас до рівня розрахунку

напружень,

$I = 31355237,717 \text{см}^4$ - момент інерції головної балки.

$$\tau_{xy} = \frac{Q \times S_i}{I \times t} = \frac{990,107 \times 80201,44}{31355237,717 \times 1,6} = 1,583 \text{кН/см}^2, \quad (4.137)$$

де

$S_i = 80201,44 \text{см}^3$ - статичний момент відсіченої частини.

За таблицею К.1 норм [2] прийнятий розрахунковий випадок РВ 3

$$\sigma_{x,cr,ef} = 9,05 \times 10^{-5} \times \chi \times \varepsilon \times \left(\frac{100 \times t}{h_{відс}} \right)^2 \times E \quad (4.138)$$

									011.160023.ДР.2020.000	Арк.
										84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Де

$\chi = 1,299$ - коеф. за табл. К.4.6 [2], як функція від γ ,

$$\gamma = \beta \times \frac{b_f}{a_{\text{відс}}} \times \left(\frac{t_f}{t}\right) = 0,3 \times \frac{80}{90} \times \left(\frac{4}{1,6}\right)^3 = 4,167 \quad - \text{ коефіцієнт, що враховує}$$

утримання стінки поясом балки,

$\varepsilon = 5,633$ - коеф. за табл. К.4.9 [2], як функція від μ_i та ξ_i ,

$$\mu_i = \frac{a_{\text{відс}}}{h_{\text{відс}}} = \frac{132}{90} = 1,467 \quad - \text{ коеф. форми відсіку,}$$

$$\xi_i = 1 - \frac{\sigma_{x.i.min}}{\sigma_{x.i.max} = 1 - \frac{8,738}{17,476} = 0,5} \quad - \text{ коеф. нелінійності епюри напружень в межах}$$

відсіку,

$E = 2,06 \times 10^4 \text{кН/см}^2$ - модуль пружності сталі.

$$\begin{aligned} \sigma_{x,cr,ef} &= 9,05 \times 10^{-5} \times 1,299 \times 5,633 \times \left(\frac{100 \times 1,6}{90}\right)^2 \times 2,06 \times 10^4 \\ &= 43,114 \text{кН/см}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_{x,cr} = \left[-215,8 \times \left(\frac{\sigma_{x,cr,ef}}{E}\right)^2 + 1,238 \times \frac{\sigma_{x,cr,ef}}{E} - 0,1091 \times 10^{-3} \right] \times E$$

$$\begin{aligned} \sigma_{x,cr} &= \left[-215,8 \times \left(\frac{43,114}{2,06 \times 10^4}\right)^2 + 1,238 \times \frac{43,114}{2,06 \times 10^4} - 0,1091 \times 10^{-3} \right] \times 2,06 \\ &\times 10^4 = 31,655 \text{кН/см}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_{y,cr,ef} = 9,05 \times 10^{-5} \times \chi \times \frac{(1 + \mu_i^2 \times \iota^2)^2}{\mu_i^2 \times \iota^2} \times \left(\frac{100 \times t}{a_{\text{відс}}}\right)^2 \times E,$$

де

$$\iota = 1,$$

$\chi = 1,367$ - коеф. за табл. К.4.7 та К.4.8 [2].

$$\begin{aligned} \sigma_{y,cr,ef} &= 9,05 \times 10^{-5} \times 1,367 \times \frac{(1 + 1,467^2 \times 1^2)^2}{1,467^2 \times 1^2} \times \left(\frac{100 \times 1,6}{132}\right)^2 \times 2,06 \\ &\times 10^4 = 17,284 \text{кН/см}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_{y,cr} = 0,9 \times \sigma_{y,cr,ef} = 0,9 \times 17,284 = 15,555 \text{кН/см}^2$$

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

$$\tau_{xy,cr,ef} = 0,476 \times 10^{-6} \times \chi_1 \times \left(1020 - \frac{760}{\mu_i^2}\right) \times \left(\frac{100 \times t}{d_i}\right)^2 \times E,$$

$$\text{де: } \chi_1 = \frac{1+\chi}{2} = \frac{1+1,383}{2} = 1,192, \chi = 1,383 - \text{ за табл. К.4.5 [2],}$$

$$d_i = h_i = 90 \text{ см.}$$

$$\begin{aligned} \tau_{xy,cr,ef} &= 0,476 \times 10^{-6} \times 1,193 \times \left(1020 - \frac{760}{1,467}\right) \times \left(\frac{100 \times 1,6}{90}\right)^2 \times 2,06 \times 10^4 \\ &= 50,71 \text{ кН/см}^2 \end{aligned}$$

$$\tau_{xy,cr,ef} = \left(\left[-215,8 \times \left(\frac{\tau_{xy,cr,ef}}{E \times 0,6} \right)^2 + 1,238 \times \frac{\tau_{xy,cr,ef}}{E \times 0,6} - 0,1091 \times 10^{-3} \right] \times E \right) \times 0,6$$

$$\begin{aligned} \tau_{xy,cr,ef} &= \left(\left[-215,8 \times \left(\frac{50,71}{2,06 \times 10^4 \times 0,6} \right)^2 + 1,238 \times \frac{50,71}{2,06 \times 10^4 \times 0,6} \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - 0,1091 \times 10^{-3} \right] \times 2,06 \times 10^4 \right) \times 0,6 \end{aligned}$$

$$\tau_{xy,cr,ef} = 16,533 \text{ кН/см}^2$$

Перевірка стійкості стінки:

$$\frac{\sigma_x}{\omega_1 \times \sigma_{x,cr}} + \frac{\sigma_y}{\sigma_{y,cr}} + \left(\frac{0,9 \times \tau_{xy}}{\tau_{xy,cr}} \right)^2 \leq \frac{m}{\gamma_r} \quad (4.139)$$

де

$\omega_1 = 1,05$ - коеф. за табл. К.4.2 [2], як функція від ξ_i ,

$m = 0,9$ - коефіцієнт умов роботи, що приймається за таблицею 6.2 [2],

$\gamma_r = 1,05$ - коефіцієнт відповідальності, що приймається за

таблицею 4.1 [3].

$$\begin{aligned} \frac{14,061}{1,05 \times 31,655} + \frac{5,299}{15,555} + \left(\frac{0,9 \times 1,583}{16,533} \right)^2 &\leq \frac{0,9}{1,05} \\ 0,771 &\leq 0,857 \end{aligned}$$

Умова виконана, стійкість стінки зберігається

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

4.3.2 Стійкість відсіків II-XV (верхній)

Стійкість відсіків **II-XV** (верхні) розраховується аналогічно наведеному розрахунку у пункті 4.3.1.

Таблиця 4.3 - Результати розрахунку відсіків **II-XV**

№ відсіку	σ_x	$\sigma_{x,cr}$	σ_y	$\sigma_{y,cr}$	τ_{xy}	$\tau_{xy,cr}$	$\frac{\sigma_x}{\omega_1 \times \sigma_{x,cr}} + \frac{\sigma_y}{\sigma_{y,cr}} + \left(\frac{0,9 \times \tau_{xy}}{\tau_{xy,cr}}\right)^2$	$\frac{m}{\gamma_r}$
II	14,057	31,655	5,299	15,555	1,776	16,533	0,773	0,857
III	13,954	31,655	5,299	15,555	1,972	16,533	0,772	0,857
IV	13,75	31,655	5,299	15,555	2,172	16,533	0,768	0,857
V	13,442	31,655	5,299	15,555	2,375	16,533	0,762	0,857
VI	12,782	31,655	5,299	15,555	2,684	16,533	0,752	0,857
VII	12,508	31,655	5,299	15,555	2,789	16,533	0,740	0,857
VIII	11,878	31,655	5,299	15,555	3,000	16,533	0,725	0,857
IX	14,591	31,428	5,299	15,555	3,141	16,533	0,812	0,857
X	13,472	31,428	5,299	15,555	3,353	16,533	0,782	0,857
XI	12,203	31,428	5,299	15,555	3,567	16,533	0,748	0,857
XII	10,781	31,428	5,299	15,555	3,785	16,533	0,710	0,857
XIII	9,203	31,428	5,299	15,555	4,005	16,533	0,667	0,857
XIV	7,468	31,428	5,299	15,555	4,228	16,553	0,620	0,857
XV	5,571	31,428	5,299	15,555	4,453	16,553	0,568	0,857

4.3.3 Стійкість відсіку XVI

Для визначення напружень у відсіку необхідно визначити зусилля (M та Q) у ньому.

Відсік **XVI** розташований на відстані 2,025 м від осі обпирання прогонової будови.

$$M_{2,025} = 6181,299 \text{кНм}$$

$$Q_{2,025} = 2998,607 \text{кН}$$

Найбільше навантаження на балку від рухомого складу:

$$F = \frac{24,5K}{2} = \frac{24,5 \times 14}{2} = 171,5 \text{кН} \quad (4.140)$$

Розподілене навантаження під шпалою

$$p = \frac{F}{b_{\text{шп}}} = \frac{171,5}{20} = 8,575 \text{кН/см}, \quad (4.141)$$

де

$b_{\text{шп}} = 20 \text{см}$ - ширина шпали.

$$\sigma_y = \frac{p}{t} (1 - 3v^2 + 2v^3) = \frac{8,575}{1,8} (1 - 3 \times 0,25^2 + 2 \times 0,25^3) = 4,02 \text{кН/см}^2 \quad (4.142)$$

де

$v = 0,5 \frac{b_F}{b_w} = 0,5 \times \frac{92}{184} = 0,25$ - відношення ділянки стінки від навантаженого

поясу до рівня розрахунку напружень до висоти стінки,

$t = 1,8 \text{см}$ - товщина стінки балки.

$$\sigma_x = \frac{M \times 100 \times y_i}{I} = \frac{6181,299 \times 100 \times 13,329}{4591839,789} = 1,794 \text{кН/см}^2 \quad (4.143)$$

де

$y_i = 109,329 - \frac{b_{\text{відс}}}{2} = 109,329 - \frac{184}{2} = 13,329 \text{см}$ - відстань від центру мас до

рівня розрахунку напружень,

$I = 4591839,789 \text{см}^4$ - момент інерції головної балки.

$$\tau_{xy} = \frac{Q \times S_i}{I \times t} = \frac{2998,607 \times 1996,458}{4591839,789 \times 1,8} = 7,243 \text{кН/см}^2 \quad (4.144)$$

де

$S_i = 1996,458 \text{см}^3$ - статичний момент відсіченої частини.

За таблицею К.1 норм [2] прийнятий розрахунковий випадок РВ 1

$$\sigma_{x,cr,ef} = 9,05 \times 10^{-5} \times \chi \times \varepsilon \times \left(\frac{100 \times t}{h_{\text{відс}}} \right)^2 \times E \quad (4.145)$$

де

$\chi = 1,442$ - коеф. за табл. К.4.3 [2], як функція від γ ,

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

$\gamma = \beta \times \frac{b_f}{a_{відс}} \times \left(\frac{t_f}{t}\right) = 0,3 \times \frac{52}{184} \times \left(\frac{4}{1,8}\right)^3 = 0,930$ - коефіцієнт, що враховує утримання стінки поясом балки,

$\varepsilon = 5,040$ - коеф. за табл. К.4.9 [2], як функція від μ_i та ξ_i ,

$$\mu_i = \frac{a_{відс}}{h_{відс}} = \frac{135}{184} = 0,734 \text{ - коеф. форми відсіку,}$$

$\xi_i = 1 - \frac{\sigma_{x.i.min}}{\sigma_{x.i.max} = 1 - \frac{11,344}{14,717} = 0,229}$ - коеф. нелінійності епюри напружень в межах відсіку,

$E = 2,06 \times 10^4 \text{ кН/см}^2$ - модуль пружності сталі.

$$\sigma_{x,cr,ef} = 9,05 \times 10^{-5} \times 1,442 \times 5,040 \times \left(\frac{100 \times 1,8}{184}\right)^2 \times 2,06 \times 10^4 = 12,996 \text{ кН/см}^2 \quad (4.146)$$

$$\sigma_{x,cr} = 0,9 \times \sigma_{x,cr,ef} = 0,9 \times 12,966 = 11,670 \text{ кН/см}^2 \quad (4.147)$$

$$\sigma_{y,cr,ef} = 9,05 \times 10^{-5} \times \zeta \times \chi \times z \times \left(\frac{100 \times t}{a_{відс}}\right)^2 \times E \quad (4.148)$$

де

$$\zeta = 1,$$

$\chi = 1,380$ - коеф. за табл. К.4.4 [2],

$z = 5,661$ - коеф. за табл. К.4.11 [2].

$$\sigma_{y,cr,ef} = 9,05 \times 10^{-5} \times 1 \times 1,380 \times 5,661 \times \left(\frac{100 \times 1,8}{135}\right)^2 \times 2,06 \times 10^4 = 25,892 \text{ кН/см}^2 \quad (4.149)$$

$$\sigma_{y,cr} = 0,9 \times \sigma_{y,cr,ef} = 0,9 \times 25,892 = 23,303 \text{ кН/см}^2 \quad (4.150)$$

$$\tau_{xy,cr,ef} = 0,476 \times 10^{-6} \times \chi \times \left(1020 + \frac{760}{\mu_1^2}\right) \times \left(\frac{100 \times t}{d_i}\right)^2 \times E \quad (4.151)$$

де

$\chi = 1,113$ - за табл. К.4.5 [2],

$d_i = a_i = 135 \text{ см,}$

$$\mu_1 = \frac{1}{\mu_i} = \frac{1}{0,734} = 1,363.$$

						011.160023.ДР.2020.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			89

$$\tau_{xy,cr,ef} = 0,476 \times 10^{-6} \times 1,113 \times \left(1020 + \frac{760}{1,363}\right) \times \left(\frac{100 \times 1,8}{135}\right)^2 \times 2,06 \times 10^4 = 27,728 \text{кН/см}^2 \quad (4.152)$$

$$\tau_{xy,cr,ef} = 0,9 \times \tau_{xy,cr,ef} \times 0,6 = 0,9 \times 27,728 \times 0,6 = 14,973 \text{кН/см}^2 \quad (4.153)$$

Перевірка стійкості стінки:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{\omega_1 \times \sigma_{x,cr}} + \frac{\sigma_y}{\sigma_{y,cr}}\right) + \left(\frac{0,9 \times \tau_{xy}}{\omega_2 \times \tau_{xy,cr}}\right)^2} \leq \frac{m}{\gamma_r} \quad (4.154)$$

де

$\omega_1 = 1,023$ - коеф. за табл. К.4.2 [2], як функція від ξ_i ,

$\omega_2 = 1$ - для залізничних мостів,

$m = 0,9$ - коефіцієнт умов роботи, що приймається за таблицею 6.2 [2],

$\gamma_r = 1,05$ - коефіцієнт відповідальності, що приймається за таблицею 4.1 [3].

$$\sqrt{\left(\frac{1,794}{1,023 \times 11,67} + \frac{4,02}{23,303}\right) + \left(\frac{0,9 \times 7,243}{1 \times 14,973}\right)^2} \leq \frac{0,9}{1,05} \quad (4.155)$$

$$0,542 \leq 0,857$$

Умова виконана, стійкість стінки зберігається

4.3.4 Стійкість відсіку XVII

Для визначення напружень у відсіку необхідно визначити зусилля (М та Q) у ньому.

Відсік XVII розташований на відстані 0,675 м від осі обпирання прогонової будови.

$$M_{0,675} = 2138,333 \text{кНм}$$

$$Q_{0,675} = 3149,786 \text{кН}$$

Найбільше навантаження на балку від рухомого складу

$$F = \frac{24,5K}{2} = \frac{24,5 \times 14}{2} = 171,5 \text{кН} \quad (4.156)$$

Розподілене навантаження під шпалою

						011.160023.ДР.2020.000	Арк.
							90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$p = \frac{F}{b_{шп}} = \frac{171,5}{20} = 8,575 \text{кН/см} \quad (4.157)$$

де

$b_{шп} = 20 \text{см}$ - ширина шпали.

Розподілене навантаження під опорною частиною

$$p_R = \frac{R}{b_{оч}} = \frac{168,928}{40} = 4,223 \text{кН/см} \quad (4.158)$$

де

$b_{оч} = 40 \text{см}$ - ширина опорної частини,

$$R = \frac{F \times 0,675}{45} = \frac{171,5 \times 0,675}{45} = 168,928 \text{кН} - \text{величина опорної реакції.}$$

$$\sigma_y = \frac{p+p_R}{t} (1 - 3\nu^2 + 2\nu^3) = \frac{8,575+4,223}{1,8} (1 - 3 \times 0,25^2 + 2 \times 0,25^3) = 5,999 \text{кН/см}^2 \quad (4.159)$$

де

$\nu = 0,5 \frac{\square F}{\square w} = 0,5 \times \frac{92}{184} = 0,25$ - відношення ділянки стінки від навантаженого

поясу до рівня розрахунку напружень до висоти стінки,

$t = 1,8 \text{см}$ - товщина стінки балки.

$$\sigma_x = \frac{M \times 100 \times y_i}{I} = \frac{2138,333 \times 100 \times 13,329}{4591839,789} = 0,621 \text{кН/см}^2 \quad (4.160)$$

де

$y_i = 109,329 - \frac{\square_{відс}}{2} = 109,329 - \frac{184}{2} = 13,329 \text{см}$ - відстань від центру мас до

рівня розрахунку напружень,

$I = 4591839,789 \text{см}^4$ - момент інерції головної балки.

$$\tau_{xy} = \frac{Q \times S_i}{I \times t} = \frac{3149,786 \times 1996,458}{4591839,789 \times 1,8} = 7,609 \text{кН/см}^2 \quad (4.161)$$

де

$S_i = 1996,458 \text{см}^3$ - статичний момент відсіченої частини.

За таблицею К.1 норм [2] прийнятий розрахунковий випадок РВ 1

						011.160023.ДР.2020.000	Арк.
							91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$\sigma_{x,cr,ef} = 9,05 \times 10^{-5} \times \chi \times \varepsilon \times \left(\frac{100 \times t}{h_{відс}} \right)^2 \times E \quad (4.162)$$

де

$\chi = 1,442$ - коеф. за табл. К.4.3 [2], як функція від γ ,

$\gamma = \beta \times \frac{b_f}{\square_{відс}} \times \left(\frac{t_f}{t} \right) = 0,3 \times \frac{52}{184} \times \left(\frac{4}{1,8} \right)^3 = 0,930$ - коефіцієнт, що враховує утримання стінки поясом балки,

$\varepsilon = 5,040$ - коеф. за табл. К.4.9 [2], як функція від μ_i та ξ_i ,

$\mu_i = \frac{a_{відс}}{h_{відс}} = \frac{135}{184} = 0,734$ - коеф. форми відсіку,

$\xi_i = 1 - \frac{\sigma_{x.i.min}}{\sigma_{x.i.max} = 1 - \frac{11,344}{14,717} = 0,229}$ - коеф. нелінійності епюри напружень в межах

відсіку,

$E = 2,06 \times 10^4 \text{кН/см}^2$ - модуль пружності сталі.

$$\sigma_{x,cr,ef} = 9,05 \times 10^{-5} \times 1,442 \times 5,040 \times \left(\frac{100 \times 1,8}{184} \right)^2 \times 2,06 \times 10^4 = 12,996 \text{кН/см}^2 \quad (4.163)$$

$$\sigma_{x,cr} = 0,9 \times \sigma_{x,cr,ef} = 0,9 \times 12,966 = 11,670 \text{кН/см}^2 \quad (4.164)$$

$$\sigma_{y,cr,ef} = 9,05 \times 10^{-5} \times \zeta \times \chi \times z \times \left(\frac{100 \times t}{a_{відс}} \right)^2 \times E \quad (4.165)$$

де

$\zeta = 1$,

$\chi = 1,380$ - коеф. за табл. К.4.4 [2],

$z = 5,661$ - коеф. за табл. К.4.11 [2].

$$\sigma_{y,cr,ef} = 9,05 \times 10^{-5} \times 1 \times 1,380 \times 5,661 \times \left(\frac{100 \times 1,8}{135} \right)^2 \times 2,06 \times 10^4 = 25,892 \text{кН/см}^2 \quad (4.166)$$

$$\sigma_{y,cr} = 0,9 \times \sigma_{y,cr,ef} = 0,9 \times 25,892 = 23,303 \text{кН/см}^2 \quad (4.167)$$

$$\tau_{xy,cr,ef} = 0,476 \times 10^{-6} \times \chi \times \left(1020 + \frac{760}{\mu_1^2} \right) \times \left(\frac{100 \times t}{a_i} \right)^2 \times E \quad (4.167)$$

де

$\chi = 1,113$ - за табл. К.4.5 [2],

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

$$d_i = a_i = 135 \text{ см},$$

$$\mu_1 = \frac{1}{\mu_i} = \frac{1}{0,734} = 1,363.$$

$$\tau_{xy, cr, ef} = 0,476 \times 10^{-6} \times 1,113 \times \left(1020 + \frac{760}{1,363}\right) \times \left(\frac{100 \times 1,8}{135}\right)^2 \times 2,06 \times 10^4 = 27,728 \text{ кН/см}^2 \quad (4.165)$$

$$\tau_{xy, cr, ef} = 0,9 \times \tau_{xy, cr, ef} \times 0,6 = 0,9 \times 27,728 \times 0,6 = 14,973 \text{ кН/см}^2 \quad (4.166)$$

Перевірка стійкості стінки:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{\omega_1 \times \sigma_{x, cr}} + \frac{\sigma_y}{\sigma_{y, cr}}\right) + \left(\frac{0,9 \times \tau_{xy}}{\omega_2 \times \tau_{xy, cr}}\right)^2} \leq \frac{m}{\gamma_r} \quad (4.167)$$

де

$\omega_1 = 1,023$ - коеф. за табл. К.4.2 [2], як функція від ξ_i ,

$\omega_2 = 1$ - для залізничних мостів,

$m = 0,9$ - коефіцієнт умов роботи, що приймається за таблицею 6.2 [2],

$\gamma_r = 1,05$ - коефіцієнт відповідальності, що приймається за таблицею 4.1 [3].

$$\sqrt{\left(\frac{0,621}{1,023 \times 11,67} + \frac{5,999}{23,303}\right) + \left(\frac{0,9 \times 7,609}{1 \times 14,973}\right)^2} \leq \frac{0,9}{1,05}$$

$$0,552 \leq 0,857$$

Умова виконана, стійкість стінки зберігається

4.3.5 Стійкість відсіку *I* (нижній)

Для визначення напружень у відсіку необхідно визначити зусилля (*M* та *Q*) у ньому.

Відсік *I* розташований на відстані 21,84 м від осі обпирання прогонової будови.

$$M_{21,84} = 32658,77 \text{ кНм},$$

$$Q_{21,84} = 990,107 \text{ кН}.$$

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

Найбільше навантаження на балку від рухомого складу

$$F = \frac{24,5K}{2} = \frac{24,5 \times 14}{2} = 171,5 \text{кН} \quad (4.168)$$

Розподілене навантаження під шпалою

$$p = \frac{F}{b_{\text{шп}}} = \frac{171,5}{20} = 8,575 \text{кН/см} \quad (4.169)$$

де

$b_{\text{шп}} = 20 \text{см}$ - ширина шпали.

$$\sigma_y = \frac{p}{t} (1 - 3v^2 + 2v^3) = \frac{8,575}{1,6} (1 - 3 \times 0,313^2 + 2 \times 0,313^3) = 4,116 \text{кН/см}^2 \quad (4.170)$$

де

$v = 0,5 \frac{w}{w} = 0,5 \times \frac{225}{360} = 0,313$ - відношення ділянки стінки від навантаженого

поясу до рівня розрахунку напружень до висоти стінки,

$t = 1,6 \text{см}$ - товщина стінки балки.

$$\sigma_x = \frac{M \times 100 \times y_i}{I} = \frac{32658,77 \times 100 \times 45}{31355237,717} = 4,687 \text{кН/см}^2 \quad (4.171)$$

де

$y_i = \frac{w}{2} - \frac{e_{\text{відс}}}{2} = \frac{360}{2} - \frac{270}{2} = 45 \text{см}$ - відстань від центру мас до рівня розрахунку

напружень,

$I = 31355237,717 \text{см}^4$ - момент інерції головної балки.

$$\tau_{xy} = \frac{Q \times S_i}{I \times t} = \frac{990,107 \times 93161,440}{31355237,717 \times 1,6} = 1,839 \text{кН/см}^2 \quad (4.172)$$

де

$S_i = 93161,440 \text{см}^3$ - статичний момент відсіченої частини.

За таблицею К.1 норм [2] прийнятий розрахунковий випадок РВ 2

$$\sigma_{x,cr,ef} = 9,05 \times 10^{-5} \times \chi \times \varepsilon \times \left(\frac{100 \times t}{h_{\text{відс}}} \right)^2 \times E \quad (4.173)$$

де

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

$$\chi = 1,$$

$\varepsilon = 17,56$ - коеф. за табл. К.4.9 [2], як функція від μ_i та ξ_i ,

$$\mu_i = \frac{a_{відс}}{h_{відс}} = \frac{132}{270} = 0,489 \text{ - коеф. форми відсіку,}$$

$$\xi_i = 1 - \frac{\sigma_{x.i.min}}{\sigma_{x.i.max} = 1 - \left(\frac{9,374}{18,748}\right) = 1,5} \text{ - коеф. нелінійності епюри напружень в межах}$$

відсіку,

$E = 2,06 \times 10^4 \text{ кН/см}^2$ - модуль пружності сталі.

$$\sigma_{x,cr,ef} = 9,05 \times 10^{-5} \times 1 \times 17,56 \times \left(\frac{100 \times 1,6}{270}\right)^2 \times 2,06 \times 10^4 = 11,496 \text{ кН/см}^2 \quad (4.174)$$

$$\sigma_{x,cr} = 0,9 \times \sigma_{x,cr,ef} = 0,9 \times 11,496 = 10,347 \text{ кН/см}^2 \quad (4.175)$$

$$\sigma_{y,cr,ef} = 9,05 \times 10^{-5} \times \zeta \times \chi \times z \times \left(\frac{100 \times t}{a_{відс}}\right)^2 \times E \quad (4.176)$$

де

$$\zeta = 1,6,$$

$$\chi = 1,$$

$z = 5,094$ - коеф. за табл. К.4.11 [2].

$$\sigma_{y,cr,ef} = 9,05 \times 10^{-5} \times 1,6 \times 1 \times 5,094 \times \left(\frac{100 \times 1,6}{132}\right)^2 \times 2,06 \times 10^4 = 22,325 \text{ кН/см}^2 \quad (4.177)$$

$$\sigma_{y,cr} = 0,9 \times \sigma_{y,cr,ef} = 0,9 \times 22,325 = 20,092 \text{ кН/см}^2 \quad (4.178)$$

$$\tau_{xy,cr,ef} = 0,476 \times 10^{-6} \times \chi \times \left(1020 + \frac{760}{\mu_1^2}\right) \times \left(\frac{100 \times t}{d_i}\right)^2 \times E \quad (4.179)$$

де

$$\chi = 1,$$

$$d_i = a_i = 132 \text{ см,}$$

$$\mu_1 = \frac{1}{\mu_i} = \frac{1}{0,489} = 2,045.$$

$$\tau_{xy,cr,ef} = 0,476 \times 10^{-6} \times 1 \times \left(1020 + \frac{760}{2,045}\right) \times \left(\frac{100 \times 1,6}{132}\right)^2 \times 2,06 \times 10^4 = 17,312 \text{ кН/см}^2 \quad (4.180)$$

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\tau_{xy, cr, ef} = 0,9 \times \tau_{xy, cr, ef} \times 0,6 = 0,9 \times 17,312 \times 0,6 = 9,348 \text{кН/см}^2 \quad (4.190)$$

Перевірка стійкості стінки:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{\omega_1 \times \sigma_{x, cr}} + \frac{\sigma_y}{\sigma_{y, cr}}\right) + \left(\frac{0,9 \times \tau_{xy}}{\omega_2 \times \tau_{xy, cr}}\right)^2} \leq \frac{m}{\gamma_r} \quad (4.191)$$

де

$\omega_1 = 1,15$ - коеф. за табл. К.4.2 [2], як функція від ξ_i ,

$\omega_2 = 1$ - для залізничних мостів,

$m = 0,9$ - коефіцієнт умов роботи, що приймається за таблицею 6.2 [2],

$\gamma_r = 1,05$ - коефіцієнт відповідальності, що приймається за таблицею 4.1 [3].

$$\sqrt{\left(\frac{4,687}{1,15 \times 10,347} + \frac{4,116}{20,092}\right) + \left(\frac{0,9 \times 1,839}{1 \times 9,348}\right)^2} \leq \frac{0,9}{1,05}$$

$$0,624 \leq 0,857$$

Умова виконана, стійкість стінки зберігається

4.3.6 Стійкість відсіків II-XV (нижній)

Стійкість відсіків II-XV (нижні) розраховується аналогічно наведеному розрахунку у пункті 3.4.5

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку відсіків II-XV (нижні)

№ відсіку	σ_x	$\sigma_{x, cr}$	σ_y	$\sigma_{y, cr}$	τ_{xy}	$\tau_{xy, cr}$	$\sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{\omega_1 \times \sigma_{x, cr}} + \frac{\sigma_y}{\sigma_{y, cr}}\right) + \left(\frac{0,9 \times \tau_{xy}}{\omega_2 \times \tau_{xy, cr}}\right)^2}$	$\frac{m}{\gamma_r}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
II	4,68 6	10,34 7	4,11 6	20,09 2	2,06 3	9,34 8	0,631	0,85 7
III	4,65 1	10,34 7	4,11 6	20,09 2	2,29 1	9,34 8	0,635	0,85 7
IV	4,58 3	10,34 7	4,11 6	20,09 2	2,52 3	9,34 8	0,638	0,85 7
V	4,48 1	10,34 7	4,11 6	20,09 2	2,75 8	9,34 8	0,639	0,85 7
VI	4,34 3	10,34 7	4,11 6	20,09 2	2,99 7	9,34 8	0,639	0,85 7

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
VII	4,16 9	10,34 7	4,11 6	20,09 2	3,23 9	9,34 8	0,637	0,85 7
VIII	3,95 9	10,34 7	4,11 6	20,09 2	3,48 5	9,34 8	0,634	0,85 7
IX	4,86 4	10,34 7	4,11 6	20,09 2	3,82 1	9,34 8	0,715	0,85 7
X	4,49 1	10,34 7	4,11 6	20,09 2	4,07 9	9,34 8	0,702	0,85 7
XI	4,06 8	10,34 7	4,11 6	20,09 2	4,06 8	9,34 8	0,688	0,85 7
XII	3,59 4	10,34 7	4,11 6	20,09 2	4,60 5	9,34 8	0,673	0,85 7
XIII	3,06 8	10,34 7	4,11 6	20,09 2	4,87 2	9,34 8	0,659	0,85 7
XIV	2,48 9	10,34 7	4,11 6	20,09 2	5,14 3	9,34 8	0,645	0,85 7
XV	1,85 7	10,34 7	4,11 6	20,09 2	5,41 8	9,34 8	0,634	0,85 7

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ВИМОГИ БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Вимоги безпеки під час будівництва проміжної опори

Перелік робіт при будівництві проміжної опори:

- Забивання шпунта
- Розробка ґрунту
- Буріння скважин
- Бетонування палі
- Бетонування ростверку
- Бетонування тіла опори
- Вилучення шпунту

Опис машин та механізмів:

Пальові молоти. При ударному способі занурення паль в нескельні ґрунти в якості основних робочих органів використовують пальові молоти. Незалежно від конструктивного виду, щоб надати палі поступальний рух в ґрунті, в молоті використовується енергія падаючої ударної частини. Для цього її попередньо піднімають на деяку висоту. Тому всі пальові молоти працюють циклічно: підйом (холостий хід) - падіння, тобто прискорений рух ударної частини вниз, удар по палі.

Копри та копрові установки. Процес занурення паль включає в себе підйом і установку паль в направляючі, підйом, установку на палю і запуск молота, забезпечення спільного поступального руху палі і молота. Всі ці функції виконуються палейними агрегатами - копрами. Як копри можуть використовуватися спеціально створені для цього самохідні машини або установки у вигляді навісного копрового обладнання на базові машини - трактора, екскаватора, підйомного крана.

					011.160023.ДР.2020.000			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Тимошенко Д.В.				Розділ 5. Охорона праці та вимоги безпеки в надзвичайних ситуаціях	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Марочка В.В.						98	
Керів.розділу	Заяць Ю.М.							
Консульт.								
Н.контроль	Овчинников П.А.							

Стрілові крани. Стрілові самохідні крани є одним з найбільш універсальних засобів механізації будівельно-монтажних робіт. Різноманіття існуючих конструкцій і типорозмірів кранів дає можливість раціонального вибору крана, найбільш відповідає умовам його роботи в конкретних умовах.

Вантажні автомобілі. На будівництві мостів використовують звичайні засоби наземного транспорту - залізничний і автомобільний рухомий склад. Тип і марку транспортного засобу в кожному конкретному випадку підбирають з урахуванням маси, габаритів і умов перевезення вантажу.

Лебідки. Прості вантажопідйомні машини, що складаються з приводного барабана і сталевого каната, намотуваного на барабан при робочому ході лебідки і змотують з барабана при холостому ході. Лебідки можуть бути з ручним або механічним приводом.

Механізація будівельно-монтажних робіт на об'єкті (застосування будівельних машин, устаткування та засобів малої механізації) здійснюється із врахуванням:

- індивідуальних властивостей об'єкта та умов його будівництва;
- терміну здачі об'єкта замовнику, обумовленого договором підряду;
- забезпечення комплексної безпеки будівництва;
- організаційно-технічних можливостей підрядника.

Загальний характер механізації робіт на об'єкті визначається у ПОБ. Деталізація виконується підрядником або, за його завданням, розробниками ПВР на стадії підготовки будівельного виробництва відповідно до умов і термінів будівництва окремих об'єктів або виконання окремих видів робіт, до можливостей підрядника тощо.

Рішення з механізації робіт фіксуються в ПОБ і ПВР (відповідно до розділу 3) і є основою для встановлення режиму виконання, тривалостей і термінів робіт в календарних планах і графіках будівництва.

Склад комплектів будівельних машин, технологічних комплектів засобів малої механізації, устаткування, оснастки, інвентаря, пристроїв та інструменту,

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

їх розміщення на будівельному майданчику та регламентація правил їх безпечної експлуатації визначається в ПОБ і ПВР.

За необхідності деталізації технології виконання робіт з використанням засобів механізації та особливих умов безпеки у складі ПВР розробляються відповідні технологічні карти.

Розстановка на об'єкті вантажопідіймальних машин визначається у ПОБ, уточнюється і деталізується у ПВР з урахуванням їх спільної безпечної роботи.

У разі, якщо під час організації або виконання будівельно-монтажних робіт виникає виробнича необхідність у відхиленні від рішень, прийнятих у ПОБ та ПВР, відповідну документацію коригують у встановленому порядку.

За необхідності сумісної роботи кількох вантажопідіймальних кранів, зони дії яких перетинаються, у ПВР розробляються обов'язкові для дотримання схеми їх безпечної сумісної роботи для кожного варіанта виробничих потреб на кожному з етапів будівництва. Працівники, відповідальні за безпечну експлуатацію вантажопідіймальних машин, забезпечують неухильне дотримання цих схем.

За умови оснащення кранів технічними засобами забезпечення безпечної сумісної роботи, експлуатація кранів здійснюється відповідно до інструкцій з експлуатації вказаних засобів.

Експлуатація будівельних машин повинна відповідати вимогам СНиП III-4, ДБН В.2.8-3, ДБН В.2.8-4, ДБН В.2.8-9, НПАОП 0.00-1.01, НПАОП 0.00-1.36, "Порядку проведення огляду, випробування та експертного обстеження (технічного діагностування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки".

Під час виконання будівельно-монтажних робіт із застосуванням машин і механізмів здійснюються передбачені у ПВР заходи із забезпечення комплексної безпеки будівництва з урахуванням індивідуальних особливостей умов будівництва об'єкта, а також організаційних і технологічних умов, що складаються на кожному етапі будівництва.

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Безпечність механізації робіт з будівництва на ділянках ущільненої існуючої забудови забезпечується з урахуванням вимог розділу 9 та додатку К ДБН В.1.2-12.

Машини, механізми, устаткування, транспортні засоби, придбані за кордоном, допускаються до експлуатації лише за умови проведення експертизи на їх відповідність нормативно-правовим актам з охорони праці, що чинні на території України.

На будівельному майданчику, відповідно до будгенпланів, розроблених у ПТД, влаштовуються безпечні маршрути проїзду, місця розвороту, розвантаження і завантаження транспортних засобів. Біля в'їздів на будівельний майданчик розміщують його плани із зазначенням вказаних маршрутів.

5.2 Небезпечні та шкідливі фактори на будівництві

Висотні роботи. Під час організації робіт на висоті слід урахувати, що основними небезпечними виробничими факторами під час виконання цих робіт є падіння працівника або падіння предметів; супутніми можуть бути фактори: пожежна безпека, дія електричного струму, підвищені рівні запиленості, загазованості повітря, шуму, несприятливі кліматичні умови тощо.

Арматурні роботи. Під час виконання робіт арматурних робіт, на працівника можуть впливати такі небезпечні та шкідливі виробничі чинники:

Фізичні небезпечні та шкідливі виробничі чинники:

- машини і механізми, що рухаються;
- підвищена запиленість повітря робочої зони;
- підвищена або понижена вологість повітря;
- підвищена або понижена температура повітря робочої зони;
- підвищена рухомість повітря;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищена сонячна радіація;
- розміщення робочого місця на значній щодо поверхні землі або підлоги висоті (глибині).

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Психофізіологічні небезпечні та шкідливі виробничі чинники:

- фізичні перевантаження (статичні, динамічні);
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці, емоційні перевантаження).

Конкретні небезпечні та шкідливі виробничі чинники визначаються під час атестації робочих місць.

Бетонні роботи. При виконанні бетонних робіт на працівника можуть впливати такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори, пов'язані з характером роботи: розташування робочого місця поблизу перепаду по висоті 1,3 м і більше; гострі кромки, кути, стирчать штирі; вібрація; рухомі машини, механізми та їх частини; підвищена напруга в електричному ланцюзі, при замиканні якій струм може пройти через тіло людини; мимовільне обвалення конструкцій і падіння матеріалів.

5.3 Вимоги безпеки при будівництві

Вимоги під час будівництва проміжної опори повинні відповідати НПАОП 45.21–1.03–98 «Правила безпеки праці під час проведення робіт з будівництва мостів». Згідно цього документа:

- Допускаються на будівельний майданчик працівники, які пройшли перевірку знань з охорони праці та пожежної безпеки відповідно до вимог законів України НПАОП 0.00-4.12-05 «Про охорону праці»;

Працівники повинні бути споряджені необхідними засобами безпеки;

Спеціальні допоміжні споруди та улаштування (риштування) повинні мати необхідну міцність, стійкість, щоб не стати джерелом небезпеки;

Забезпечити необхідну освітленість на робочих місцях та безпечні проходи до них;

Машини та механізми, що використовуються під час ремонту, повинні бути справними та мати паспорт і інструкції з експлуатації.

Згідно НПАОП 0.00-1.15-07 «Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті» працівники повинні:

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дбати про особисту безпеку, а також про безпеку оточуючих людей під час виконання будь-яких робіт на висоті;

Виконувати роботи із застосуванням касок, запобіжних поясів, інших засобів індивідуального та колективного захисту;

Використовувати спеціальні сумки, або пристрої для зберігання падіння інструменту, яким працює;

Не дозволяється виконувати роботи на висоті у відкритих місцях при швидкості вітру 10 м/с і більше, при ожеледиці, грозі або тумані, який затрудняє видимість в межах фронту робіт, а також у нічний час при недостатній освітленості та якщо температура повітря вище плюс 35.0С або нижче мінус 20.0С. Невідкладні роботи на висоті в більш складних погодних умовах (при інших температурах тощо), виконуються за рішенням роботодавця. При цьому в ПВР слід передбачити додаткові заходи безпеки, що відповідають цим умовам.

Згідно НПАОП 45.2-3.01-04 «Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам, зайнятим у будівельному виробництві, працівників, що зайняті на роботах зі шкідливою та/або небезпечними умовами праці, а також роботах, пов'язаних із забрудненням, або тих, що працюють у несприятливих метеорологічних умовах, забезпечують спеціальними засобами індивідуального захисту.

До засобів захисту від падіння з висоти належать:

Страхувальні канати;

Верхолазне спорядження;

Уловлювачі з вертикальним канатом;

Запобіжні пояси;

Каски;

Огородження, захисні сітки, знаки безпеки тощо.

При виконанні робіт з фарбування, що супроводжуються виділенням шкідливих парів, пилу та зв'язаних з небезпекою розбризкування горючих та

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

їдких рідин, працівникам необхідно видавати засоби індивідуального захисту: протигази, респіратори, захисні окуляри, рукавиці, гумові рукавички та чоботи.

НПАОП 0.00-1.80-18 «Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання» зазначає, що :

Обладнання повинно мати чіткі позначення їх номінальної вантажопідіймальності, за потреби має бути споряджене табличкою (діаграмою чи таблом) розподілу навантаження із зазначенням номінальної вантажопідіймальності для будь-якої конфігурації обладнання;

Навантаження на кран не повинно перевищувати зазначеного в паспорті крана для даного вильоту;

Забороняється залишати без нагляду будівельні машини та інші засоби механізації з включеним двигуном;

Повинні розробитися способи безпечного стропування, обв'язування вантажів, а також способи безпечного кантування вантажів, якщо така операція проводиться за допомогою вантажопідіймальних кранів та машин, із зазначенням пристроїв, що застосовуються, а стропальники ознайомлені з цими способами. Графічні зображення (схеми) стропування типових вантажів та обв'язування вантажів видаються на руки стропальникам і машиністам кранів і вивішуються в місцях проведення робіт.

Зона демонтажу будівельної машини повинна бути огорожена або позначена знаками безпеки і попереджувальними написами.

5.4 Дії працівників при аварійних ситуаціях

Під час будівництва, на майданчику, можуть виникнути аварійні ситуації, що призводять до травмування людей.

При виникненні такого нещасного випадку необхідно:

Потерпілий, або робітник, що знайшов його, чи свідок аварійної ситуації, повинні негайно повідомити керівнику роботи про випадок. Потерпілому надається невідкладна медична допомога. Якщо є необхідність, відправити його у лікувальний заклад.

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		104

Керівник робіт повинен повідомити про нещасний випадок роботодавцю та зберегти до прибуття комісії з розслідування у такому стані, в якому воно було у момент надзвичайної ситуації (якщо це не загрожує життю. Чи здоров'ю інших працівників).

Роботодавець, отримавши повідомлення, повинен проінформувати на протязі години, з використанням засобів зв'язку, та на протязі доби на паперовому носії про нещасний випадок:

- фондові за місцезнаходженням підприємства, на якому трапилась надзвичайна ситуація;
- керівника первинної організації профсоюзу, якщо потерпілий є працівником іншого підприємства;

Напротязі доби створити комісію для проведення розслідування у складі не менше 3х осіб.

Схема послідовності при надання першої долікарської допомоги.

- Вибрати потерпілому найбільш зручне положення, що забезпечує спокій.
- Визначити вид травми (електроураження, перелом, поранення, опік тощо).
- Визначити загальний стан потерпілого, встановити, чи не порушені функції життєво важливих органів.
- Розпочати проведення необхідних заходів (зупинити кровотечу; зафіксувати місце перелому; вжити реанімаційних заходів : штучне дихання, зовнішній масаж серця; обробити ушкоджені частини тіла.)
- Одночасно з наданням долікарської допомоги необхідно викликати швидку допомогу, або підготувати транспорт для відправки потерпілого до найближчої медичної установи.

Для звільнення потерпілого при поразені електричним струмом необхідно:

- вимкнути рубильник або викрутити запобіжник;
- вимкнути струмоведучі, мережу живлення;

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- сухою палкою відкинути від потерпілого провід, який знаходиться під напругою;
- відтягнути потерпілого від електричних проводів, від струмопроводних частин установки. При напрузі в установках до 1000 В можна взятися за сухий одяг потерпілого, не торкаючись відкритих частин тіла.

Слід користуватися гумовими рукавичками або намотати на руку шарф, прогумований плащ і т.п. Рекомендується стати на ізолюваний предмет (на суху дошку, на згорток сухого спецодягу).

Якщо після звільнення потерпілого від дії струму він не дихає, то потрібно негайно приступити до штучного дихання і непрямого (зовнішнього) масажу серця. Більш ефективним методом штучного дихання є «з рота в рот» або «або з рота в ніс». Робиться це таким чином: стають з лівого боку від потерпілого, підкладаються під його потилицю ліву руку, а правою тиснуть на його лоб. Це забезпечить вільну прохідність гортані. Під лопатки потерпілому кладуть валик із скрученого одягу, а рот витирають від слизу. Зробивши 2-3 глибокий вдихи, особа, яка надає допомогу, вдуває через марлю або хустку повітря із свого рота в рот або ніс потерпілого. При вдуванні повітря через рот особа, що надає допомогу, закриває пальцями ніс потерпілого; при задування через ніс потерпілому закривають рот.

Після закінчення вдування в рот чи ніс потерпілого звільняють, щоб дати можливість вільному видиху. Частота вдування повітря потерпілому повинна бути 12-13 разів на хвилину.

При відсутності у потерпілого дихання і пульсу йому потрібно разом із штучним диханням роботи масаж серця. Робиться це так: потерпілого кладуть на спину на підлозі, звільняють грудну клітку від одягу, який стискає потерпілого. Особа, що надає допомогу, знаходиться з лівого боку від потерпілого, долонями двох рук натискає на нижню частину грудної клітки потерпілого з силою, щоб змістити її на 3-4 см. Після кожного натискування потрібно швидко забирати руки з грудної клітки, щоб дати можливість їй випростатись. У такій ситуації операції чергуються. Після 2-3 вдувань повітря роблять 4-6 натискань на грудну

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

клітку. Для перевірки появи пульсу масаж припиняють на 2-3 секунди. Перші ознаки того, що потерпілий приходить до свідомості, – поява самостійного дихання, зменшення синюватості шкіри та поява пульсу.

При переломах, вивихах необхідно надати потерпілому зручне положення, яке виключає рухи пошкодженої частини тіла. Це досягається шляхом накладання шини, а при її відсутності можна використати палки, дошки, фанеру і т.д. Шина повинна бути накладена так, щоб були надійно іммобілізовані два сусідні з місцем ушкодження суглоби (вище і нижче), а якщо перелом плеча чи стегна, – то три суглоби. Накладають шину поверх одягу або кладуть під неї що-небудь м'яке – вату, шарф, рушник. Шина повинна бути накладена так, щоб центр її знаходився на рівні перелому, а кінці накладалися на сусідні суглоби по обидва боки перелому. Фіксація відкритого перелому вимагає дотримання додаткових умов. З метою попередження забруднення рани, необхідно змастити поверхню шкіри навколо рани настоянкою йоду, попередньо зупинивши кровотечу, і накладіть стерильну пов'язку.

Особливо небезпечні травми хребта. У таких випадках необхідно обережно, не піднімаючи потерпілого, підсунути під його спину дошку, щит, двері тощо.

При переломі ребер необхідно міцно забинтувати груди або стягнути їх рушником під час видиху. При ушкодженні тазу необхідно обережно стягнути його широким рушником, покласти на тверді носі, а під зігнуті і розведені колінні суглоби підкласти валик.

При переломах і вивихах ключиці у підм'язову западину кладуть вату або інший матеріал, згинають руку в лікті під прямим кутом і прибинтовують її до тулуба. Рука нижче ліктя повинна перебувати у косинці, яку підв'язують до шиї.

При переломах і вивихах кисті та пальців рук роблять таким чином: кисть руки з вкладеним у долоню жмутом вати, бунти (пальці зігнуті) прикладають до шини, яка повинна починатися біля середини передпліччя і закінчується біля кінців пальців, і перебинтовують.

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		107

При розтягу зв'язок суглобів – підняти хвору кінцівку догори, накласти холодний компрес ти тісну пов'язку, створити спокій до прибуття лікаря.

При ударах – забезпечити потерпілому повний спокій, накласти на місце удару холодний компрес. При ударах із синцями не слід класти примочки, місце удару змастити настоянкою йоду і накласти пов'язку.

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						108
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі наведено теоретичні дослідження проектування та будівництва металевих залізничних мостів на діючих перегонах. За результатами роботи зроблено наступні висновки:

1) Проаналізовано різні варіанти розрахунку шпунтової огорожі та взаємний вплив шпунтів при якому активний тиск шпунту, що знаходиться поруч, передається в вигляді пасивного тиску.

2) Розроблено варіант будівництва шляхопроводу в тілі існуючого насипу при умові неможливості перенести існуючу колію на безпечну відстань.

3) Проаналізовано напружено деформований стан балки прогонової будови з пониженою будівельною висотою в приопорних вузлах.

					011.160023.ДР.2020.000		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Тимошенко Д.В.				Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Марочка В.В.					109	
Керів.розділу	Марочка В.В.				ВИСНОВКИ		
Консульт.							
Н.контроль	Овчинников П.А.						

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Державні будівельні норми. Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи [Текст]: ДБН В.1.2-15:2009 / затв. Наказом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 11.11.2009 р. № 484 / Мін-во регіонального розв. та будівництва України. – К.: 2009. – 83 с.

2. Державні будівельні норми. Споруди транспорту. Мости та труби. Сталеві конструкції. Правила проектування [Текст]: ДБН В.2.3-26:2010 / затв. Наказом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 28.12.2010 р. № 556 / Мін-во регіонального розв. та будівництва України. – К.: 2011. – 195 с.

3. Державні будівельні норми. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування [Текст]: ДБН В.2.3-22:2009 / затв. Наказом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 11.11.2009 р. № 484 / Мін-во регіонального розв. та будівництва України. – К.: 2009. – 73 с.

1. Бычковский Н.Н. Примеры проектирования металлических мостов с балочными пролетными строениями: учеб. пособие / Н.Н. Бычковский // Саратов: СГТУ. – 1992. – 75 с.

2. Бялонович А.В. Исследование накопленных усталостных повреждений в сталях с применением Фурье- преобразования изображения структуры / Бялонович А.В., Матохнюк Л.Е. // Пробл. прочности. – 2011.- № 6. – С. 136-145.

3. ВБН В.3.1-218-174-2002 Мости та труби. Оцінка технічного стану автодорожніх мостів, що експлуатуються. Транспортна Академія України. – 2003. – 47с.

4. Гибаленко А. Н. Оценка живучести металлоконструкций при моделировании факторов эксплуатации / А. Н. Гибаленко, Т. С. Трофимчук //

					<i>011.160023.ДР.2020.000</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Тимошенко Д.В.			ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Марочка В.В.					110	
Керів.розділу		Марочка В.В.						
Консульт.								
Н.контроль		Овчинников П.А.						

Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту «Наука та прогрес транспорту». – 2016. – № 2. – С.62-71.

5. Гибшман Е.Е. Проектирование металлических мостов / Е.Е. Гибшман // – М.: – Транспорт. – 1969. – 416 с.

6. ГСТУ 32.6.03.111-2002. Правила визначення вантажопідйомності металевих прогонових будов залізничних мостів. – Чинні від 2001-12-05. – Київ: – Мін. тран-ту України. – 2003. – 382 с.

7. ДБН В.1.2-15:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи. – Чинні від 2009-11-11. – Київ: – Мінрегіонбуд України. – 2009. – 83 с.

8. ДБН В.2.3-14:2006. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування. Введ. 2007-02-01. – К.: Міні-буд., архіт. та житл.-комун, госп-ва. – 2006. – 359 с.

9. ДБН В.2.3-6-2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження і випробування.– Київ: – Мінрегіонбуд України. – 2009. – 48с.

10. ДБН В.2.3-26:2010 Споруди транспорту. Мости та труби. Сталеві конструкції. Правила проектування. Част.1, 2. Національний транспортний університет. Чинні від 01.10.2011 р.– Київ: – 2011. – 108 с.

11. Едвабный В. И. Расчет этажно расположенных балок проезжей части железнодорожных мостов по уточненным схемам / Едвабный В. И. // Труды ДИИТа, вып. 116. – Дн-ск: – 1970. – С.14-16.

12. Едвабный В.И. Результаты расчетно-экспериментального исследования работы этажно расположенных балок проезжей части однопутных мостов / Едвабный В. И. // Сб. «Вопросы статической и динамической работы мостов», вып. 127. – Дн-ск: – 1972. – С.134-140.

13. Ильясевич С.А. Металлические коробчатые мосты / С.А. Ильясевич // М.: Транспорт. – 1970. – 280 с.

14. Інституція по організації догляду за штучними спорудами. І.Н.В. 3.2.-218-003449261.036-96 УДВТП “Укрдортехнологія” – Київ: – 1996. – 90с.

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						111
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15. Інструкція з визначення умов пропуску рухомого складу по металевих та залізобетонних залізничних мостах . – Чинна від 2002-06-10. / Головне управління колійного господарства Укрзалізниці. – Київ: Мін. тран-ту України, 2002. – 301 с.

16. Інструкція по утриманню штучних споруд . – Чинна від 1999-04-27. / В. Ф. Сушков, Л. П. Ватуля, М. М. Літвінов і ін. – Київ: Мін. тран-ту України. – 1999. – 96 с.

17. Ключник С. В. «Опыт эксплуатации этажной проезжей части». / Ключник С. В., Марочка В. В. // Тезисы докладов 72 Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта». – Днепропетровск: – 2012. – С. 158.

18. Ключник С.В. «Обзор вариантов усиления та ремонту балок проїзної частини поверхового типу» / Ключник С.В., Марочка В.В. //Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. Випуск 5. – Дніпропетровськ: – 2014. – С.35-40.

19. Линник Г. О. Відновлення експлуатаційного ресурсу та підвищення несучої здатності прогонових будов залізничних мостів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : [спец.] 05.23.01 "Буд. конструкції, будівлі та споруди" / Линник Георгій Олегович // Держ. вищ. навч. закл. "Придніпров. держ. акад. буд-ва та архіт.", [Дніпропетров. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. М-во трансп. та зв'язку України]. — Дніпропетровськ: – 2011. – С.15—16.

20. Линник, Г. О. Шляхи удосконалення системи управління станом штучних споруд на залізницях України / Г. О. Линник, В. І. Соломка // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. Дніпропетровськ: — 2012. — Вип. 3. — С. 106—110.

21. Лучко Й.Й. «Проблеми та методики оцінки корозійної стійкості та довговічності бетонних і залізобетонних конструкцій». / Лучко Й.Й. // Строительство, материаловедение, машиностроение. Сборник научных трудов. Выпуск 50. – Днепропетровск: – 2009. – С.326-338.

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						112
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

22. Мирошник В.А. «Проблемы аварийности мостовых конструкций» // Мирошник В.А., Ключник С.В., Журбенко М.К. (ДИИТ) // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Випуск 1. Дніпропетровськ: – 2012, – С. 55-59.

23. Мирошніченко Е.А. Расчет усиления статически неопределимых систем при ограниченных пластических деформациях / Е. А. Мирошніченко, Н. Л. Чернов, В. С. Шебанин // Прочность и долговечность мостов и сооружений : сб трудов Краснодар. политех. ин-та. – Краснодар: – 1988. –211с.

24. Мирошніченко, О. А. Усиление стальных двутавров при изгибе с учетом предельных пластических деформаций / О. А. Мирошніченко // Информ. листок № 89-0566. - М. : ВИМИ. – 1989. –173с.

25. Мюллер Жан М. Мосты сверхдлинных пролетов. Идея, материал и методы возведения / Жан М. Мюллер // Мостостроение мира. М.:1– 1998. – № 1-2. – С. 34-45.

26. Н.Н. Бычковский «Металлические мосты» / Бычковский Н.Н., А.Ф. Данковцев // г. Саратов: 2005. – 130 с.

27. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2009 Мінрегіонбуд України. – 2009. – 53с.

28. НДР № 603 від 22.04.2004р «Визначення вантажопідйомності прогонових будов $l=55,0$ м на мосту через річку Південний Буг на 49 км лінії Вапнярка – Христинівка і розробка рекомендацій по підготовці мосту до швидкісного руху поїздів».

29. Національний стандарт України ДСТУ-НБ EN 1991-2:2010. Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 2. Рухомі навантаження на мости (EN 1991-2:2003). – Надано чинності 2013-07-01. – Київ: Мінрегіонбуд України. – 2003. – 217 с.

30. Панасюк В.В. Нормативи на сталі для суцільнокатаних високоміцних залізничних коліс / Панасюк В.В., Осташ О.П., Андрейко І.М., Кулик В.В., Дацишин О.П., Іваницький Я.Л., Глазов А.Ю., Ленковський Т.М., Ваврух В.І. //

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		113

Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин. – Київ: Інститут електрозварювання ім. Е.О. Патона НАН України. – 2012. – С. 594-598.

31. Петропавловский, А. А. Проектирование металлических мостов: учебник / А. А. Петропавловский и др. // – М.: Транспорт. – 1982. – 320 с.

32. Положение по оценке состояния и содержания искусственных сооружений на железных дорогах СССР. - М.: Транспорт. – 1991. – 12 с.

33. Правила визначення вантажопідйомності балкових залізобетонних прогонових будов залізничних мостів / В. І. Борщов і ін. // – Д.: – Вид-во ДНУЗТ. – 2003. – 404 с.

34. Протасов К.Г. Металлические мосты / К.Г. Протасов, А.В. Теплицкий, С.Я. Крамарев // – М.: – Транспорт. – 1973. – 352 с.

35. Прочность усиленных стальных конструкций при ограниченных пластических деформациях / В. С. Шебанин, И. Д. Бурковский, Н. Л. Чернов, В. Г. Богза // Реконструкция промышленных зданий и сооружений. – М.: – Стройиздат. – 1988. – 86с.

36. Казакевич М. И. «Современные аспекты мониторинга мостов» / Казакевич М. И. // «Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. Лазаряна», Вип. 21. – Дніпропетровськ: – 2008. – С. 107-113

37. «Развитие металлических конструкций». ЦНИПСК, МИСИ, ЦНИИСК. – Москва: «Вестник мостостроения». – № 1. – 2008. – С.17-23.

38. Рекомендации по расчету стальных конструкций по критериям ограниченных пластических деформаций. ЦНИИ Проектстальконструкция им. Мельникова. – М.: 1985. – С. 3-4.

39. Руководство по определению грузоподъемности металлических пролетных строений железнодорожных мостов, Москва: «Транспорт». – 1987. – 211с.

40. Руководство по определению грузоподъемности опор железнодорожных мостов. – М.: Транспорт. – 1995. – 144 с.

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						114
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

41. Савин К. Д. Искусственные сооружения. / Савин К. Д. // Изд. 4-е, перераб. и доп. Учебник для техникумов и учебн. пособие для техн. школ ж.-д. трансп. – М.: «Транспорт». – 1977. – 256 с.

42. Сеницын А.П. Расчет конструкций на основе теории риска. / Сеницын А.П. // – М.: Стройиздат, 1985. – 304 с.

43. Солдатов К.И. Курс на усиление и реконструкцию эксплуатируемых искусственных сооружений железных дорог Украины / Солдатов К. И. (ДИИТ), Блохин С. Е. (НГУ, Днепропетровск) // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. — Дніпропетровськ: 2010. — Вип. 33. — С. 262-271.

44. Солдатов К. І. До питання нормування статичного навантаження на наплавні мости //Солдатов К. І., Горбатюк Ю. М., Ключник С. В., Журбенко М. К. // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. Випуск 4. – Дніпропетровськ: – 2013. – С. 89-97.

45. Солдатов К.І. Визначення класів залізничних залізобетонних прогонових будов мостів за величиною пружних прогинів // Солдатов К.І., Журбенко М.К., Ключник С.В., Мірошник В.А. (ДПТ) // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. – Випуск 3. – Дніпропетровськ: – 2012. – С. 187-194.

46. Солдатов К.І. Порівняльний розрахунок класу залізничної залізобетонної прогонової будови моста / К.І.Солдатов, М. К. Журбенко, С. В. Ключник, А. В. Гармаш (ДНТ) // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. Випуск 3. – Дніпропетровськ: – 2012. – С. 194-199.

47. Строительная механика и расчет сооружений 2006 №05 Москва: ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – 2006. – 81 с.

48. Строительные нормы и правила. Мосты и трубы. СНиП 2.05.03-84. М.: – 1996. – 214 с.

49. Тарасенко В. П. Расчет усиления элементов главных ферм эксплуатируемых металлических мостов при недостаточной их грузоподъемности / Тарасенко В. П. // «Строительство, материаловедение, машиностроение» Сборник научных трудов. Выпуск 50. – Днепропетровск: – 2009. – С.573-580.

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		115

50. Шибанин В.С. Учет влияния стесненного кручения при сложном сопротивлении стальных открытых сечений тонкостенных стержней при ограниченных пластических деформациях / В. С. Шибанин, Н. Л. Чернов, И. А. Артюшкин, Ю. В. Купченко // Известия вузов. Сер. Строительство и архитектура. – 1990. - № 12.

51. Цепурит, О. В. Экспериментальные исследования работы усиленных разрезных и неразрезных стальных балок за пределом упругости / О. В. Цепурит, Е. А. Мирошниченко, С. В. Домашева, В. С. Шибанин // Итоги науч. исследований за 1989 г. проф-преп. состава : науч. конф. : сб. докл. – Николаев : НФОСХИ. – 1990. 131с.

52. Шапиро Л.Б. Сооружения арочного пролетного строения нового Краснолужского моста через р. Москву в Москве / Л.Б. Шапиро, Д.В. Шишкина, В.Е. Николаев // Вестник мостостроения. – М.: – 2002. – № 1-2. – С. 25-27.

53. Шибанин В. С. Исследование работы элементов пространственных стальных стержневых систем с учетом физической и геометрической нелинейности за пределом упругости / В. С. Шибанин // Металлические конструкции. – Донецк; Макеевка: – 1998. - Т. 1. – Вып. 1.

54. Шибанин В. С. Расчет усиленных под нагрузкой элементов стальных конструкций по критериям ограниченных пластических деформаций / В. С. Шибанин, Н. Н. Стрелецкий, Н. Л. Чернов, В. Г. Богза // Строительная механика и расчет сооружений. – 1987. – № 3.

55. Шибанин В. С. Расчет элементов стальных стержневых систем за пределом упругости по деформированной схеме / В. С. Шибанин, Н. Л. Чернов, И. А. Артюшкин, Ю. В. Купченко // Известия вузов. Сер. Строительство и архитектура. – 1991. - № 7.

56. Шибанин В.С. Прочность изгибаемых стальных стержневых конструкций при учете физической и геометрической нелинейности в области ограниченных пластических деформаций.– Дис. докт. техн.. наук: 05.23.01. – Одесса: – 1993.

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						116
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

57. Шебанин В. С. Об одном алгоритме подбора сечений элементов в стержневых металлоконструкциях / В. С. Шебанин, Н. Л. Чернов, В. М. Фридкин // Известия вузов. Сер. Строительство и архитектура. – 1989. - № 7.

58. Шебанин В.С. Предельное напряженно-деформированное состояние стальных стержней при ограниченных пластических деформациях / В. С. Шебанин, Н. Л. Чернов, В. Л. Тарасенко // 1Укр. науч.-техн. конф. по металлическим конструкциям : тез.докл. – К.: 1992. – С.202.

59. Шебанин, В. С. Прочность балочных систем / В. С. Шебанин, Н. Л. Чернов, В. Л. Тарасенко // Совершенствование металлических конструкций. – К. : Наук.думка. – 1992. – 147с.

60. Шебанин, В. С. Прочность изгибаемых элементов при ограниченных пластических деформациях / В. С. Шебанин, Н. Л. Чернов, В. Л. Тарасенко // Совершенствование металлических конструкций. – К. : Наук.думка, 1992. – 208с.

61. Шебанин, В. С. Прочность стальных стержней при переменных нагрузениях / В. С. Шебанин, Н. Л. Чернов // Промышленное стр-во и инж. сооружения. – 1992. - № 2. – 244с.

62. Шебанін В. С. Проблеми міцності металевих конструкцій в області обмежених пластичних деформацій з врахуванням умов першого та другого граничних станів / В. С. Шебанін, Л. П. Шебаніна, І. І. Хилько // Вісник аграрної науки Причорномор'я. - Миколаїв : МДАУ. – 2004. - Вип. 1 (25). - С. 158-163.

					011.160023.ДР.2020.000	Арк.
						117
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Визначення зусиль (**опорні реакції**) по центру фундаменту від прогонових будов, в т

Ллів, розрахун. 45
 Лправ, розрахун. 45

Вид навантаження	Інтенсивність навантаження на п.м. прогонової будови	Нормативне					Коеф.перевант,gr	Розрахункове		
		Nn	вздовж моста		поперек моста			Np	My	Mx
			ey (знак мінус)	My	ex	Mx				
Металоконструкції прогонової будови (лівої) головні балки, діафрагми, в'язи	2.958	66.56	-0.55	-36.61	0.00	0.00	1.10	73.21	-40.27	0.00
Залізобетонні плити мостового полотна (лівої прогонової будови, з бетоном омонолічування)	1.35	30.38	-0.55	-16.71	0.00	0.00	1.10	33.41	-18.38	0.00
Метал мостового полотна (лівої прогонової будови)	0.426	9.59	-0.55	-5.27	0.00	0.00	1.10	10.54	-5.80	0.00
Залізобетонні плити тротуарів (лівої прогонової будови)	0.289	6.50	-0.55	-3.58	0.00	0.00	1.10	7.15	-3.93	0.00
Оглядові пристосування і метизи (для лівої прогонової будови)	0.215	4.84	-0.55	-2.66	0.00	0.00	1.10	5.32	-2.93	0.00
Всього опорна реакція лівої прогонової будови		117.86		-64.82		0.00		129.64	-71.30	0.00

Металоконструкції прогонової будови (правої)	2.958	66.56	0.55	36.61	0.00	0.00	1.10	73.21	40.27	0.00
Залізобетонні плити мостового полотна (правої прогонової будови)	1.35	30.38	0.55	16.71	0.00	0.00	1.10	33.41	18.38	0.00
Метал мостового полотна (правої прогонової будови)	0.426	9.59	0.55	5.27	0.00	0.00	1.10	10.54	5.80	0.00
Залізобетонні плити тротуарів (правої прогонової будови)	0.289	6.50	0.55	3.58	0.00	0.00	1.10	7.15	3.93	0.00
Оглядів пристосування і метизи(для правої прогонової будови)	0.215	4.84	0.55	2.66	0.00	0.00	1.10	5.32	2.93	0.00
Всього опорна реакція правої прогонової будови		117.86		64.82		0.00		129.64	71.30	0.00
Всього		235.71		0.00		0.00		259.28	0.00	0.00

Вертикальне навантаження С14

	Довжина лінії впливу λ,м	Положення вершини впливу,α	Інтенсивність рівномірно-розподіленого навантаження С14 т/м	Площа лінії впливу	Ексцентриситет вздовж моста,м	Ексцентриситет поперек моста,м	$2,718^{λ^{0,04}}$	$λ^2$	Коефіцієнт надійності за навантаження м		Вертикальне зусилля N,т	Момент вздовж моста Mu,тм	Момент поперек моста Mx,тм
навантажені 2 прогонові будови	91.10	0.5	14.00	45.55		0	38.24	8299.21	ЛОЖЬ	1.12945	1275.40	0.00	0
навантажена 1 прогонова будова(ліва)	45.55	0	16.20	22.775	-0.55	0	6.18	2074.8	1.16335	ЛОЖЬ	737.95	-405.87	0
навантажена 1 прогонова будова(права)	45.55	0	16.20	22.775	0.55	0	6.18	2074.8	1.16335	ЛОЖЬ	737.95	405.87	0

Навантаження від ударів

	Довжина лінії впливу λ,м	Інтенсивність ударів від С14 т/м	Горизонтальне зусилля Н _у ,т	Ексцентриситет до переріза 1-1,м	Момент поперек моста Мх,тм (переріз 1-1)	Ексцентриситет до переріза 2-2,м	Момент поперек моста Мх,тм (переріз 2-2)	Коефіцієнт надійності за навантаження м	
навантажені 2 прогонові будови	91.10	0.84	38.26	17.91	685.27	19.91	761.80	ЛОЖЬ	1.1
навантажена 1 прогонова будова(ліва)	45.55	0.84	19.13		342.64		380.90	1.1089	ЛОЖЬ
навантажена 1 прогонова будова(права)	45.55	0.84	19.13		342.64		380.90	1.1089	ЛОЖЬ

	Довжина лінії впливу λ,м	Положення вершини впливу,α	Інтенсивність рівномірно-розподіленого навантаження С14 т/м	Ексцентриситет до переріза 1-1,м	Ексцентриситет до переріза 2-2,м	$2,718^{\lambda^{0,04*\lambda}}$	λ^2		Коефіцієнт надійності за навантаженням		Гальмування Н _х ,т	Момент вздовж моста М _у ,тм для переріза 1-1	Момент вздовж моста М _у ,тм для переріза 2-2
навантажена 1 прогонова будова(права)	45.55	0.5	14.18	13.66	15.66	6.18305	2074.8		1.1089	ЛОЖЬ	64.57	882.06	1011.21

Навантаження в перерізах 1-1,2-2

Номер навантаження	Постійне навантаження		Нормативні навантаження				Коеф.переван.g _f	Розрахункові навантаження					
			N	Вздовж моста		поперек моста		N	Вздовж моста		поперек моста		
				H _x	M _y	H _y			M _x	H _x	M _y	H _y	M _x
1.0		Опорна реакція від ваги головних балок	235.71		0.00		0.00	1.10	259.28		0.00		0.00
2.0		Вага опори до обрізу фундаменту (переріз 1-1)	282.00					1.10	310.20		0.00		
2.1		Вага опори до підшви фундаменту (переріз 2-2)	479.00					1.10	526.90				
5.1		Вага ґрунту на фундаменті для перерізу 2-2	0.10					1.10	0.11				
6.1	переріз 1-1	Всього постійне навантаження g _f =1	517.71	0.00	0.00	0.00	0.00						
6.2		g _f >1						569.48	0.00	0.00	0.00	0.00	
6.3		g _f <1						465.94	0.00	0.00	0.00	0.00	
6.4	переріз 2-2	Всього постійне навантаження g _f =1	714.81	0.00	0.00	0.00	0.00						
6.5		g _f >1						786.29	0.00	0.00	0.00	0.00	
6.6		g _f <1						643.33	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Тимчасове навантаження											
7.1		С14 на 2-х прогонових будовах	1275.40		0.00		0.00	1.10	1402.94		0.00		0.00
7.2		С14 на лівій прогоновій будові	737.95		-405.87		0.00	1.15	848.64		-466.75		0.00
7.3		С14 на правій прогоновій будові	737.95		405.87		0.00	1.15	848.64		466.75		0.00

9.0		Відцентрові сили (переріз 1-1)										
9.1		Відцентрові сили (переріз 2-2)										
10.0		Поперечні удари на 2-х прогонових будовах (переріз 1-1)			38.26	685.27	1.10				42.09	753.80
10.1		Поперечні удари на лівій прогоновій будові (переріз 1-1)			19.13	342.64	1.11				21.21	379.95
10.2		Поперечні удари на правій прогоновій будові (переріз 1-1)			19.13	342.64	1.11				21.21	379.95
10.3		Поперечні удари на 2-х прогонових будовах (переріз 2-2)			38.26	761.80	1.10				42.09	837.98
10.4		Поперечні удари на лівій прогоновій будові (переріз 2-2)			19.13	380.90	1.11				21.21	422.38
10.5		Поперечні удари на правій прогоновій будові (переріз 2-2)			19.13	380.90	1.11				21.21	422.38
11.0		Гальмування або сила тяги (переріз 1-1)	64.57	882.06			1.11		71.60	978.12		
11.1		Гальмування або сила тяги (переріз 2-2)	64.57	1011.21			1.11		71.60	1121.33		
12.0		Вітрове навантаження на (переріз 1-1)										
12.1		Вітрове навантаження (переріз 2-2)										
	переріз 1-1	Всього постійне навантаження +АК15(7,1) переріз 1-1 $g_f=1$	1793.11	0.00	0.00							
		Всього постійне навантаження						1972.42				0.00

		+AK15(7,1)переріз 1-1 gf>1										
		Всього постійне навантаження +AK15(7,1)переріз 1-1 gf<1							1868.88			
переріз 2-2		Всього постійне навантаження +AK15(7,1) переріз 2-2 gf=1	1990.21		0.00		0.00					
		Всього постійне навантаження +AK15(7,1)переріз 2-2gf>1							2189.23			0.00
		Всього постійне навантаження +AK15(7,1)переріз 2-2 gf<1							2046.27			

**Сполучення
навантажень**

	Сполучення	Нормативні навантаження					Розрахункові навантаження					Максимальний тиск	Мінімальний тиск	номер сполучення по СНІП 2.05.03-84	
		N	Вздовж моста		поперек моста		N	Вздовж моста		поперек моста					
			Hx	My	Hу	Mx		Hx	My	Hу	Mx				
переріз 1-1	6,1+7,1+9,0	1793. 11	0.00	0.00	0.0 0	0.0 0									1(розкриття тріщин)
	6,1+7,2+9,0	1255. 66	0.00	- 405.8 7	0.0 0	0.0 0									
	6,1+7,3+9,0	1255. 66	0.00	405.8 7	0.0 0	0.0 0									
	6,1+0,8*7,1+0,8*9,0+0,8*11,0	1538. 03	51.6 6	705.6 5	0.0 0	0.0 0									14(розкриття тріщин)
	6,1+0,8*7,2+0,8*9,0+0,8*11,0	1108. 07	51.6 6	380.9 5	0.0 0	0.0 0									
	6,1+0,8*7,3+0,8*9,0+0,8*11,0	1108. 07	51.6 6	1030. 35	0.0 0	0.0 0									
		6,2+0,8*7,1+0,8*9,0+0,8*11,0+0,5*12,0					1691. 83	57.2 8	782.4 9	0.00	0.00	534.57	-55.84		14
	6,2+0,8*7,2+0,8*9,0+0,8*11,0+0,5*12,0					1248. 40	57.2 8	409.0 9	0.00	0.00	330.96	22.29			
	6,2+0,8*7,3+0,8*9,0+0,8*11,0+0,5*12,0					1248. 40	57.2 8	1155. 90	0.00	0.00	612.70	-259.45			
переріз 2-2	6,4+7,1+9,1	1990. 21	0.00	0.00	0.0 0	0.0 0								1(розкриття тріщин)	
	6,4+7,2+9,1	1452. 76	0.00	- 405.8 7	0.0 0	0.0 0									
	6,4+0,8*7,3+0,8*9,1+0,8*11,1	1305. 17	51.6 6	1133. 66	0.0 0	0.0 0								14(розкриття тріщин)	

6,4+0,8*7,1+0,8*9,1+0,8*11,1	1735. 13	51.6 6	808.9 7	0.0 0	0.0 0									
6,4+0,8*7,2+0,8*9,1+0,8*11,1	1305. 17	51.6 6	484.2 7	0.0 0	0.0 0									
6,5+7,1+10,3						2189. 23	0.00	0.00	42.0 9	837.9 8	408.27	217.23		2
6,5+7,2+10,4						1634. 94	0.00	- 466.7 5	21.2 1	422.3 8	227.81	239.31		
6,5+7,3+10,5						1634. 94	0.00	466.7 5	21.2 1	422.3 8	335.61	131.52		
6,5+0,8*7,1+0,8*9,1+0,8*11,1+0,5*12,1						1908. 64	57.2 8	897.0 6	0.00	0.00	376.25	169.08		14
6,5+0,8*7,2+0,8*9,1+0,8*11,1+0,5*12,1						1465. 21	57.2 8	523.6 6	0.00	0.00	269.78	148.85		
6,5+0,8*7,3+0,8*9,1+0,8*11,1+0,5*12,1						1465. 21	57.2 8	1270. 46	0.00	0.00	356.02	62.61		
6,5+7,1+9,1						2189. 23	0.00	0.00	0.00	0.00	312.75	312.75		1
6,5+7,2+9,1						1634. 94	0.00	- 466.7 5	0.00	0.00	179.66	287.46		
6,5+7,3+9,1						1634. 94	0.00	466.7 5	0.00	0.00	287.46	179.66		
6,6+0,8*7,1+0,8*9,1+0,8*11,1+0,5*12,1						1765. 68	57.2 8	897.0 6	0.00	0.00	355.83	148.65		14
6,6+0,8*7,2+0,8*9,1+0,8*11,1+0,5*12,1						1322. 24	57.2 8	523.6 6	0.00	0.00	249.36	128.42		
6,6+0,8*7,3+0,8*9,1+0,8*11,1+0,5*12,1						1322. 24	57.2 8	1270. 46	0.00	0.00	335.60	42.19		

Сполучення
навантажень

	Сполучення	Нормативні навантаження					Розрахункові навантаження					Максимальний тиск	Мінімальний тиск	номер сполучення по СНІП 2.05.03-84		
		N	Вздовж моста		поперек моста		N	Вздовж моста		поперек моста						
			Hx	My	Hу	Mx		Hx	My	Hу	Mx					
переріз 1-1	6,1+7,1+9,0	1793.11	0.00	0.00	0.00	0.00									1(розкриття тріщин)	
	6,1+7,2+9,0	1255.66	0.00	405.87	0.00	0.00										
	6,1+7,3+9,0	1255.66	0.00	405.87	0.00	0.00										
	6,1+0,8*7,1+0,8*9,0+0,8*11,0	1538.03	51.66	705.65	0.00	0.00									14(розкриття тріщин)	
	6,1+0,8*7,2+0,8*9,0+0,8*11,0	1108.07	51.66	380.95	0.00	0.00										
	6,1+0,8*7,3+0,8*9,0+0,8*11,0	1108.07	51.66	1030.35	0.00	0.00										
		6,2+0,8*7,1+0,8*9,0+0,8*11,0+0,5*12,0						1691.83	57.28	782.49	0.00	0.00	534.57	-55.84		14
	6,2+0,8*7,2+0,8*9,0+0,8*11,0+0,5*12,0						1248.40	57.28	409.09	0.00	0.00	330.96	22.29			
	6,2+0,8*7,3+0,8*9,0+0,8*11,0+0,5*12,0						1248.40	57.28	1155.90	0.00	0.00	612.70	-259.45			
переріз 2-2	6,4+7,1+9,1	1990.21	0.00	0.00	0.00	0.00									1(розкриття тріщин)	
	6,4+7,2+9,1	1452.76	0.00	405.87	0.00	0.00										
	6,4+0,8*7,3+0,8*9,1+0,8*11,1	1305.17	51.66	1133.66	0.00	0.00									14(розкриття тріщин)	
	6,4+0,8*7,1+0,8*9,1+0,8*11,1	1735.13	51.66	808.97	0.00	0.00										

6,4+0,8*7,2+0,8*9,1+0,8*11,1	1305. 17	51.6 6	484.2 7	0.0 0	0.0 0									
6,5+7,1+10,3						2189. 23	0.00	0.00	42.0 9	837.9 8	408.27	217.23		2
6,5+7,2+10,4						1634. 94	0.00	- 466.7 5	21.2 1	422.3 8	227.81	239.31		
6,5+7,3+10,5						1634. 94	0.00	466.7 5	21.2 1	422.3 8	335.61	131.52		
6,5+0,8*7,1+0,8*9,1+0,8*11,1+0, 5*12,1						1908. 64	57.2 8	897.0 6	0.00	0.00	376.25	169.08		14
6,5+0,8*7,2+0,8*9,1+0,8*11,1+0, 5*12,1						1465. 21	57.2 8	523.6 6	0.00	0.00	269.78	148.85		
6,5+0,8*7,3+0,8*9,1+0,8*11,1+0, 5*12,1						1465. 21	57.2 8	1270. 46	0.00	0.00	356.02	62.61		
6,5+7,1+9,1						2189. 23	0.00	0.00	0.00	0.00	312.75	312.75		1
6,5+7,2+9,1						1634. 94	0.00	- 466.7 5	0.00	0.00	179.66	287.46		
6,5+7,3+9,1						1634. 94	0.00	466.7 5	0.00	0.00	287.46	179.66		
6,6+0,8*7,1+0,8*9,1+0,8*11,1+0, 5*12,1						1765. 68	57.2 8	897.0 6	0.00	0.00	355.83	148.65		14
6,6+0,8*7,2+0,8*9,1+0,8*11,1+0, 5*12,1						1322. 24	57.2 8	523.6 6	0.00	0.00	249.36	128.42		
6,6+0,8*7,3+0,8*9,1+0,8*11,1+0, 5*12,1						1322. 24	57.2 8	1270. 46	0.00	0.00	335.60	42.19		

Визначення зусиль в розрахункових перерізах опори, в т

Вид навантаження	Нормативне N _н	Коеф.перевант, g _f	Розрахункове N _р
Опорні тумби, консоль	15	1.1	16.5
Ригель	108	1.1	118.8
Тіло опори	159	1.1	174.9
Всього постійне навантаження від опори для переріза 1 (обріз фундаменту)	282		310.2
Фундамент(ростверк)	197	1.1	216.7
Всього постійне навантаження від опори для переріза 2 (підшва фундаменту)	479	1.1	526.9