Форма № 24

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний факультет
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра: Деталей машин і підйомно-транспортних механізмів
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи) МАГІСТР
(ступінь вищої освіти)

на тему: Методологічні особливості проектувальних розрахунків прогінних балок рудних перевантажувачів

Виконав: студент(ка) _6_курсу, групи М-323

Спеціальності 133 - Галузеве машинобудування
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація) Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання

ТКАЛІЧ О.І.
(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ____МАРТОВИЦЬКИЙ Л.М._____
(прізвище та ініціали)

Рецензент_____
(прізвище та ініціали)

2024

Форма № 25

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Машинобудівний
Кафедра Деталей машин і підйомно-транспортних механізмів
Ступінь вищої освіти Магістр
Спеціальність 133 - Галузеве машинобудування
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання.
(назва освітньої програми(спеціалізації)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри МАРТОВИЦЬКИЙ Л.М.

«__15___» _____12_____20_24 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ТКАЛІЧ Олег Ігорович
(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Методологічні особливості проектувальних розрахунків прогінних балок рудних перевантажувачів
керівник проєкту (роботи) доц. МАРТОВИЦЬКИЙ Леонід Максимович,
(науковий ступінь, вчене звання, ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)
затверджені наказом закладу вищої освіти від «_11__»____10____2024___року №387 2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 18.12.2024р._____ 3. Вихідні дані до проєкту (роботи)____Зразки зі сталі 3 із різними концентраторами напружень_____
_____
_____
_____
_____ 4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) вплив на витривалість металів середніх напружень циклу, вплив на витривалість концентраторів напружень, апроксимація кривих рівної довговічності, методика проведення експерименту та досліджувані матеріали, апроксимація кривих рівної довговічності діаграми граничних амплітуд сталі ст3

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів) _____

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРІЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	МАРТОВИЦЬКИЙ Леонід Максимович доцент		
2	МАРТОВИЦЬКИЙ Леонід Максимович доцент		
3	МАРТОВИЦЬКИЙ Леонід Максимович доцент		
4	МАРТОВИЦЬКИЙ Леонід Максимович доцент		
5	МАРТОВИЦЬКИЙ Леонід Максимович доцент		

7. Дата видачі завдання «__11___» _____10_____20_24року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Загальна частина	18.10.2024р	
2	Вплив на витривалість металів середніх напружень циклу	25.10.2024р	
3	Вплив на витривалість концентраторів напружень стрілових кранів	27.10.2024р	
4	Апроксимація кривих рівної довговічності	30.10.2024р	
5	Методика проведення експерименту та досліджувані матеріали	15.11.2024р	
6	Апроксимація кривих рівної довговічності діаграми граничних Амплітуд сталі ст3	17.11.2024р	
	Результати й висновки	01.12.2024р	
7	Оформлення пояснювальної записки	04.12.2024р	

Студент(ка) _____ **Олег ТКАЛІЧ**

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи) _____ **Леонід МАРТОВИЦЬКИЙ**

(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Р Е Ф Е Р А Т

ПЗ : 69 с., 19 рис., 14 табл., 7 додатки, 13 джерел.

Об′єкт дослідження – пролітні балки вугільного перевантажувача Q=32т

Мета роботи – перевірочний розрахунок пролітних балок вугільного перевантажувача. Розглянути оригінальну методику монтажу мостових перевантажувачів.

Проект широко розкриває методику розрахунку пролітних балок мостових перевантажувачів на міцність і витривалість .Тому що спочатку перевантажувач розраховувався за європейськими стандартами ,виникла необхідність у порівнянні результатів розрахунку з вітчизняними методиками розрахунку. Розрахунок проводився на жорсткість і витривалість небезпечних перерізів пролітної балки.

НАВАНТАЖЕННЯ,ЖОРСТКІСТЬ,ВИТРИВАЛІСТЬ,БАЛКА,ПЕРЕРІЗ.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ……3
ВСТУП……4
1. ПОЧАТКОВІ ДАНІ……6
2. НАВАНТАЖЕННЯ, ЩО ВРАХОВУЮТЬ ПРИ РОЗРАХУНКУ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ……7
2.1 Основні навантаження……7
2.2 Навантаження, що виникають при вертикальних рухах……8
2.2.1. Навантаження, що виникають при підйомі вантажу……8
2.3 Навантаження, що виникають при горизонтальних рухах ……9
2.3.1.1. Випадок руху кранового візка й пересування крана……10
2.3.2 Визначення горизонтального навантаження на їздову балку при розгойдуванні вантажу……11
2.3. 2. Навантаження від зіткнень й удару крана в тупик ……12
2.4.1. Вітрові навантаження……13
2.4.1.1. Швидкісний напір вітру……13
2.4.1.2. Розрахункові варіанти вітрового навантаження……14
2.4.1.2.1. Вітрове навантаження на кран у робочому стані……14
2.4.1.2.2. Вітрове навантаження для кранів у неробочому стані……14
2.4.1.3. Розрахунок вітрового навантаження……14
3. РОЗРАХУНКОВІ СПОЛУЧЕННЯ НАВАНТАЖЕНЬ……17
3.1. Випадок II. Робочий стан крана при вітрі……17
3.2. Вибір коефіцієнта перевантаження ……18
4 ПЕРЕВІРКА ГОЛОВНОЇ БАЛКИ ВУГІЛЬНОГО ПЕРЕВАНТАЖУВАЧА Q=32т……18
4.1 Розрахунок головної балки вугільного перевантажувача на міцність……18
4.1.1. Розрахунок початкових залежностей по методу граничних станів……18
4.1.2. Розрахунок головної балки……18
4.1.3 Визначення тиску коліс грейферного візка……20
4.1.4 Побудова ліній впливу……21
4.1.4.1 Побудова лінії впливу згинального моменту й поперечної сили в перетині С багатопролітньої балки……23
4.1.4.2 Побудова лінії впливу згинального моменту й поперечної сили в перетині D багатопролітньої балки……29
4.1.4.3 Визначення максимального згинаючого моменту та перерізуючу силу в небезпечному перетині балки ……32
4.1.5 Визначення геометричних параметрів перетину головної балки у прольоті і на лівій консолі……34
4.1.6 Нормальне напруження при згині в перерізі С-С від дії навантаження у вертикальній площині ……36
4.1.7 Місцеве напруження зминання крайки вертикальної стінки під рейкою……37
4.1.8 Перевірка міцності поясного зварного шва їздової балки……38
4.1.9 Визначення момента скручуваючий їздову балку в середині прольоту……39
4.1.10 Визначення момента скручуваючий їздову балку на лівій консолі……40
4.1.11 Визначення дотичних напружень……41
4.1.12 Визначення напруги від місцевого вигину……41
4.1.13 Перевірка умови міцності……43
4.2 Розрахунок їздової балки на опір втоми і довговічність…… 43
4.2.1 Теоретичні відомості ……43
4.2.2 Розрахунок ……45
4.3 Висновок……50
5 РЕКОМЕНДАЦІЇ……51
6. МОНТАЖ МОСТА……52
7. ВИМОГИ БЕЗПЕКИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ…… 58
8. РОЗРАХУНОК ОЦІНКИ РІВНЯ ТРАВМАТИЗМУ ТА КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ РІВНЯ ЗАХВОРЮВАННЯ НА ВИРОБНИЦТВІ……66
9. ЛІТЕРАТУРА……68
10. ДОДАТКИ

ВСТУП

Метою дипломного проекту є перевірочний розрахунок прольотних балок вугільного перевантажувача Q=32т.Пролітні балки є головними елементами перевантажувача, що сприймають основні навантаження і не припустимо їхнє руйнування. Перевірочний розрахунок складається з розрахунку на міцність і втому пролітних балок для небезпечних перерізів і найбільш вразливих місц. Попередній розрахунок проводився за методом кінцевих елементів в програмі ANSYS.

Даний кран є новою розробкою фірми “Kone” одним з провідних у світі підприємством в області кранобудування, що має багаторічний досвід по удосконаленню проектування і виготовлення кранів. Підприємство випускає усі види вантажопідйомних кранів, гарантійний термін їхньої експлуатації – 40 років, до першого ремонту – 10 років.

Металоконструкція перевантажувача виготовляється на запорізькому підприємстві “ЗАПОРОЖКРАН”. Для виготовлення елементів металоконструкцій використовуються високоякісні матеріали і новітня технологія. Як антикорозійний захист конструкцій, експлуатованих в умовах впливу агресивних середовищ, використовуються епоксидні лакофарбові матеріали, повторне покриття яких здійснюється через 10 років.

1. ПОЧАТКОВІ ДАНІ

Вантажопідйомність……..32 т.
Вмістимість грейфера ……..16.0м^3
Швидкості:
підйому вантажу……60 м/хвил.
закриття щелеп……90 м/хвил.
переміщення візка ……..…….....200 м/хвил.
переміщення крану ……28 м/хвил.
переміщення розвантажуючого хопера……...20 м/хвил.
Продуктивність……700т/ год.
Транспортуемий вантаж……..- вугілля
Насипна плотність ……...1 т/ м^3
Максимальна висота підйому……21,4 м
Максимальна нижня глибина……..13,6 м
Навантаження на колесо……...370 кН
Діапазон робочих температур ……± 40 ^{0}С
Тип підкранової рейки ……КР 120
Вітрові зони у відповідності з ГОСТ 1451-77…….....3-d зона
На висоті більше 10 м над поверхнею землі :
швидкість вітру для неробочого стану……..…..27 м/с
швидкість вітру для робочого стану ……...20 м/с
динамічний тиск для неробочого стану ……450 Па
динамічний тиск для робочого стану ……250 Па
Кран належить групи ISO 4301/1…….....А8
Проліт……...67,0 м
Довжина консолей :
на стороні гнучкої ноги ……....36 м
на стороні жорсткої ноги ……...38,5 м
Границі роботи грейферу на консолі
за гнучкою ногою…….…...25,0 м
за жорсткою ногою…….33,0 м
Вантажопідйомність сервісного крану ……12,5 т
Необхідне напруження струму ……...…380 В
Вага візка …….....45,561т
Вага грейферу ……..…..16 т
Вага крану ……..……....700т
Матеріал металоконструкції…….. …...…09Г2С

2 НАВАНТАЖЕННЯ, ЩО ВРАХОВУЮТЬ ПРИ РОЗРАХУНКУ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ

При розрахунку металоконструкцій визначаються напруги, що виникають під час роботи крана. Розрахунок цих напруг здійснюється з урахуванням наступних навантажень:

а) основних навантажень, що діють на металоконструкції крана в нерухомому стані при найбільше несприятливому навантажені;

б) навантажень від вертикальних рухів;

в) навантажень від горизонтальних рухів;

г) навантажень від дії кліматичних факторів.

Різні види навантажень, прийняті коефіцієнти перевантаження, а також практичний метод проведення розрахунків розглядаються нижче.

2.1 Основні навантаження

До основних навантажень ставляться:

- навантаження від власної ваги елемента $\boldsymbol{S_G}$:

$S_{G.ДО}$ =7000 кН- навантаження від ваги крана:
$S_{G.Л.}$ =1097,93 кН-навантаження від ваги лівої консолі;
$S_{G.M.}$ =1799,87 кН- навантаження від ваги моста;
$S_{G.П.}$ =1030,67 кН- навантаження від ваги правої консолі;
$S_{G.O.Ж.}$ =774,265 кН- навантаження від ваги твердої опори;
$S_{G.O.Г.}$ =721,765 кН- навантаження від ваги гнучкої опори;
$S_{G.N.}$ =172,2 кн-навантаження від ваги підкоса N;
$S_{G.B.}$ =430,1 кН-навантаження від ваги вантажного візка;
$S_{G.X.}$ =360 кН-навантаження від ваги хопера;
$S_{G.C.K.}$ = 96,3 кН- навантаження від ваги сервісного крана;
$S_{G.T.}$ =10 кН- навантаження від ваги електроталі;
$S_{G.K.T.}$ = 1,5 кН- навантаження від ваги контрольного візка;
$S_{G.Э.O.}$ = 255 кН- навантаження від ваги приміщення з електроустаткуванням;
$S_{G.П.}$ =187,4 кН - навантаження від ваги приміщення машинного встаткування;
q =4720 кН кН-розподілене навантаження від ваги моста з фермами

- робоче навантаження $\boldsymbol{S_L}$.

$S_{L.B.}$ =680 кН-навантаження від ваги вантажного візка;
$S_{L.B.}$ =1010 кН-навантаження від ваги хопера;

Розподілені :

$$q_{Л.К.} = \frac{S_{G.Л.К.} \times 0{,}5}{l_{Л.К}} \times M = \frac{1097{,}93 \times 0{,}5}{3930} \times 740{,}74 = 103{,}47 \frac{кН}{см} \qquad (2.1)$$

де

$l_{Л.До}$ довжина консолі;

М - масштаб, у якому побудовані лінії впливу;

$$q_{M} = \frac{S_{G.M.} \times 0,5}{L} \times M = \frac{1799.87 \times 0,5}{6700} \times 740,74 = 99,5 \frac{кН}{см}$$

$$q_{П.К.} = \frac{S_{G.П.П.} \times 0,5}{l_{п.к}} \times M = \frac{1030,67 \times 0,5}{3700} \times 740,74 = 103,17 \frac{кН}{см}$$

$$q_{E.O.} = \frac{S_{G.E.E}}{l_{E.O}} \times M = \frac{255}{1219,2} \times 740,74 \approx 155 \frac{кН}{см}$$

$$q_{П.} = \frac{S_{G.П.} \times 0,5}{l_{П}} \times M = \frac{187,4 \times 0,5}{1570} \times 740,74 \approx 44,2 \frac{кН}{см}$$

$$q_{E.O.} = \frac{S_{G.C.C} \times 0,5}{l_{C.K}} \times M = \frac{96,3 \times 0,5}{3483,3} \times 740,74 \approx 10,2 \frac{кН}{см}$$

Статичні

$$P_3 = P_4 = \frac{S_{L.X}}{4} = \frac{1010}{4} = 252,5 \text{ кН}$$

2.2 Навантаження, що виникають при вертикальних рухах

Ці навантаження виникають у результаті більш-менш різкого підйому робочого вантажу, прискорення (або уповільнення) руху підйому, а також внаслідок вертикальних поштовхів при русі крана по підкранових коліях.

.2.2.1. Навантаження, що виникають при підйомі вантажу

Щоб урахувати коливання, викликувані підйомом вантажу, навантаження, що виникають при підйомі вантажу (від робочого навантаження), множать на, так званий, динамічний коефіцієнт **ψ.**

Величина динамічного коефіцієнта **ψ**, на який множиться вага вантажу, що піднімає, визначається по формулі:

$$\psi = 1 + \xi V_L \qquad (2.2)$$

$\psi_{м.} = 1 + 0,6 \times 1 = 1,6$

$\psi_{к.} = 1 + 0,3 \times 1 = 1,3$

де

V_L =1- швидкість підйому вантажу, м/с;

ξ- коефіцієнт, отриманий досвідченим шляхом у результаті численних вимірів, що проводилися на кранах різних типів.

Приймаються наступні значення коефіцієнта ξ**:**

$\xi = 0,6$ для мостових і козлових кранів;

$\xi = 0,3$ для стрілових кранів.

Максимальна величина швидкості підйому, при якій застосовна дана формула, дорівнює 1 м/с. При більше високих швидкостях динамічний коефіцієнт не збільшується.

Значення коефіцієнта ψ, використовуваного в розрахунках, не може бути менш **1,15**.

Примітка. Розходження між коефіцієнтами ξ для мостових і козлових кранів, з одного боку, і для стрілових кранів, з іншого боку, порозуміється тим, що динамічний коефіцієнт ψ за інших рівних умов менше, коли зусилля підйому діє на елемент конструкції, що володіє відомою пружністю, гнучкістю, наприклад, у стрілових кранів, стріла яких завжди має досить низьку твердість.

Беручи до уваги це зауваження, можна використати значення динамічного коефіцієнта ψ, певні для стрілових кранів, для деяких інших кранів, наприклад, козлових кранів з консолями, при розрахунку навантажень, що діють на ці консолі. При розрахунку навантажень, прикладених між опорами такого крана, треба, зрозуміло, користуватися значенням динамічного коефіцієнта ψ, обчисленого для мостових і козлових кранів, оскільки твердість конструкції в цьому місці порівнянна із твердістю балки мостового крана

2.3 Навантаження, що виникають при горизонтальних рухах - S_H

До навантажень, що виникають у результаті горизонтальних рухів, ставляться:

1) сили інерції, що з'являються в результаті прискорень (або уповільнення) руху кранового візка, пересування крана. обертання поворотної платформи й підйому стріли, які обчислюються залежно від величини прискорень (або уповільнення);

2) відцентрові сили;

3) горизонтальні поперечні навантаження (поштовхи), що виникають при пересуванні крана;

4) навантаження, що виникають при ударі крана об тупик.

2.3.1. Горизонтальні навантаження, що виникають у результаті прискорень (або уповільнення).

До горизонтальних навантажень ставляться навантаження, що виникають у різних елементах металоконструкцій у результаті прискорень (або уповільнення), повідомлюваних рухливим елементам при пусках або гальмуваннях.

2.3.1.1. Випадок руху кранового візка й пересування крана.

При розрахунках навантажень у цьому випадку розглядається горизонтальне зусилля, прикладене до обіду ведучих коліс у напрямку, паралельному підкрановій колії.

Зусилля повинні розраховуватися виходячи із тривалості розгону або гальмування, припустимих залежно від умов експлуатації крана, і швидкостей, що досягають.

Виходячи із цих даних визначається величина прискорення в м/с^2, що використається при розрахунку горизонтального зусилля залежно від маси, що приводить у рух.

Можна розглядати три види умов експлуатації, відповідно до яких використаються:

а) крани малої й середньої швидкості, що мають великий шлях руху;

б) крани середньої й високої швидкості для звичайного застосування;

в) крани високої швидкості з більшими прискореннями.

За Додатком 1 визначаю [1]. прискорення і час прискорення крана .

Методом інтерполяції визначаю прискорення при пуску крана:

швидкість крана $V_{K.}$= 0,47м/с

$$a_р = 0,16 + \frac{(0,19 - 0,16)}{0,63 - 0,4} \times 0,07 = 0,167 \text{ м/с}$$

Сила інерції крана визначається:

$$F_{ин.} = (m + m_{гр.} + m_{х.})a_р = (700000 + 16000 + 73100) \times 0,167 = 131,78 \text{ кН}$$

Розподілене поперечне інерційне навантаження в горизонтальній площині, що виникає при пуску перевантажувача.

$$q'_{Л.К} = \frac{q_{Л.К}}{g} \times a_{ПР.max} = \frac{103,47}{9,81} \times 0,167 = 1,7614 \frac{\text{кН}}{\text{см}}$$

$$q'_{М} = \frac{q_{М}}{g} \times a_{ПР.max} = \frac{99,5}{9,81} \times 0,167 = 1,694 \frac{\text{кН}}{\text{см}}$$

$$q'_{П.К} = \frac{q_{П.К}}{g} \times a_{ПР.max} = \frac{103,17}{9,81} \times 0,167 = 1,7534 \frac{\text{кН}}{\text{см}}$$

$$q'_{Е.П.} = \frac{q_{Е.П.}}{g} \times a_{ПР.max} = \frac{155}{9,81} \times 0,167 = 2,64 \frac{\text{кН}}{\text{см}}$$

$$P'_3 = P'_4 = \frac{P_3}{g} \times a_{ПР\ max} = \frac{252,5}{9,81} \times 0,167 = 4,298 \text{ кН}$$

2.3.2 Визначення горизонтального навантаження на їздову балку при розгойдуванні вантажу.

Розгойдування вантажу на канатах виникають при прискоренні і гальмуванні механізмів пересування крана; тиску вітру на вантаж; при наїзді на кінцеві упори.[2]

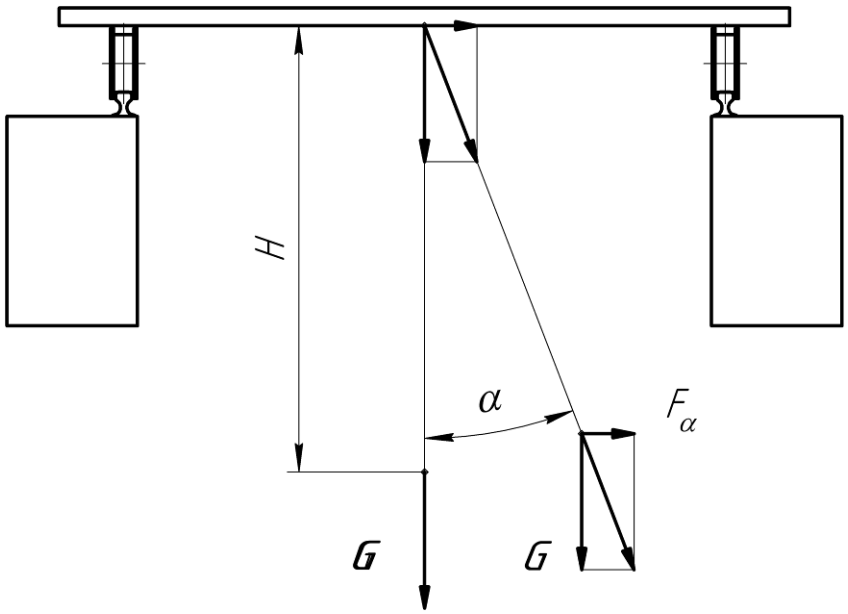


Рисунок 2.1 - Схема розгойдування вантажу на канатах як математичного маятника.

При поступовому зростанні рухомої сили горизонтальне навантаження на їздову балку визначається:

$$F_\alpha = G\ tg\alpha = \frac{G \times a(1+k_H)}{g} = \frac{320 \times 0{,}167 \times (1+0{,}19)}{9{,}81} = 6{,}43\ кН \qquad (2.3)$$

де

G =320 кН -сила ваги вантажу;

a =0,167 м/с^2 –лінійне прискорення точки підвісу вантажу;

k_H=0,19 – коефіцієнт зростання навантаження;

Період поперечних коливань вантажу з масою $m_в$ при нерухомій абсолютно жорсткій конструкції

$$\tau = 2\pi\sqrt{\frac{H}{g}} = 2 \times 3{,}14\sqrt{\frac{1}{9{,}81}} \approx 2\ c \qquad (2.4)$$

де

H=1м-довжина підвісу;

При рухомій конструкції з приведеною до точки підвісу вантажу $m_в$

$$\tau_к = \tau \sqrt{\frac{1}{1+\frac{m_В}{m_к}}} = 2\sqrt{\frac{1}{1+\frac{32000}{45560}}} = 1{,}53\ с \qquad (2.5)$$

де

$m_в$=32000 кг-маса вантажу;

$m_к$= 45560 кг-маса візка без вантажу;

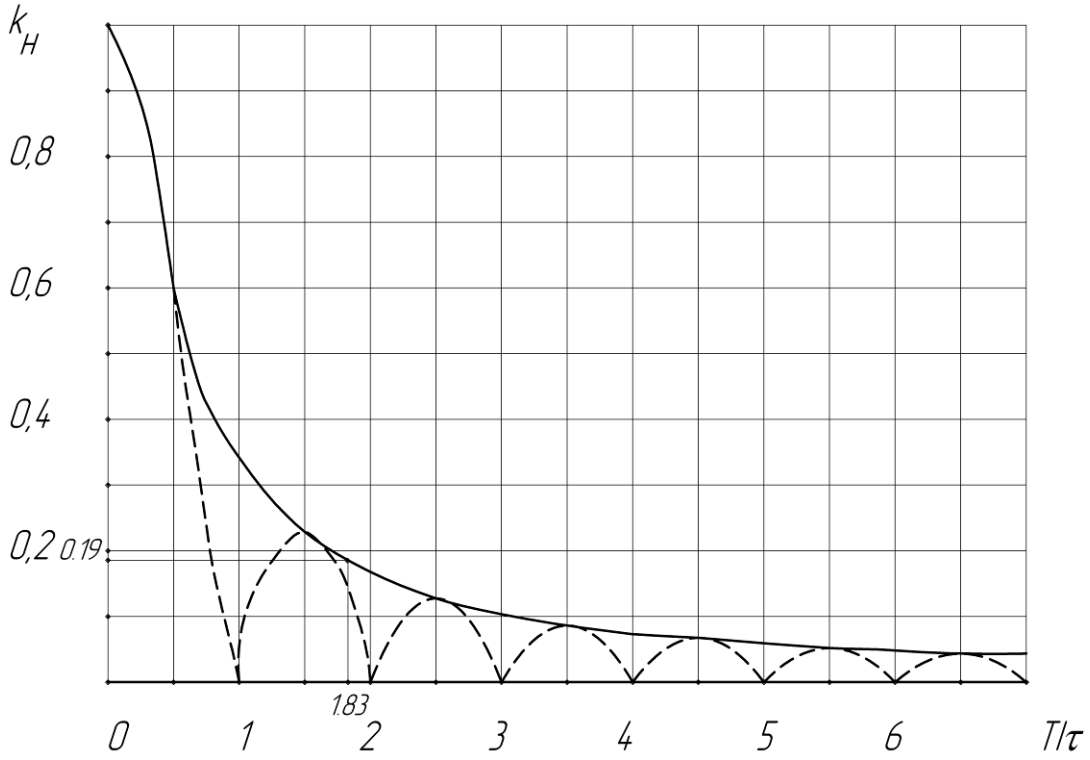


Рисунок 2.2 -Залежність коефіцієнта зростання навантаження k_H від T/τ

$$T = \frac{V_{кр.}}{a_{пр.}} = \frac{0{,}47}{0{,}167} = 2{,}8\ с \qquad (2.6)$$

де

Т-час зростання навантаження;

2.3. 2. Навантаження від зіткнень й удару крана в тупик $\boldsymbol{S_T}$

Розглядаються два випадки: 1- поштовх від зіткнення діє на конструкцію;
2- поштовх діє на підвішений вантаж.

2.3.2.1. Удар металоконструкцій

Тут також розрізняють два випадки:
1- коли підвішений вантаж може розгойдуватися;
2-коли тверді напрямні не дають вантажу розгойдуватися.

У першому випадку при розрахунку застосовуються наступні правила.
При швидкостях горизонтального переміщення крана менш 0,7 м/с дія удару в тупик у розрахунок не приймається. $V_{K.}$ = 0,47м/с

2.4. Навантаження обумовлені метеорологічними факторами

До навантажень від метеорологічних факторів ставляться: вітрові навантаження, навантаження від снігу й навантаження, викликані коливаннями температури навколишнього повітря.

2.4.1. Вітрові навантаження

Нижче розглядаються вітрові навантаження, що діють на металоконструкції кранів, приводиться спрощений метод розрахунку, при проведенні якого припускається, що вітер може діяти з постійною швидкістю в горизонтальній площині в усі напрямках і що має місце статична реакція, викликувана дією вітру на металоконструкції.

2.4.1.1. Швидкісний напір вітру

Швидкісний напір вітру визначається по формулі:

$$q = 0{,}613 V_s^2 \qquad (2.7)$$

де

q - швидкісний напір вітру(береться з початкових даних) , Н/м^2;
V_s - розрахункова швидкість вітру, м/с.

Для неробочого стану (при V_s = 27м/с)
q = 0,613×27^2 ≈ 450 Н/м^2

Для робочого стану (при V_s = 20м/с)
q = 0,613×20^2 ≈ 250 Н/м^2

2.4.1.2. Розрахункові варіанти вітрового навантаження

При розрахунку вітрових навантажень, що діють на кран, розрізняють два варіанти вітрового впливу.

2.4.1.2.1. Вітрове навантаження на кран у робочому стані

Вона визначає собою максимальне вітрове навантаження, на яку розрахован кран у робочому стані. Припускається, що вітрові навантаження діють у найбільш несприятливому напрямку в комбінації з найбільш несприятливими робочими навантаженнями. Величини швидкісного напору й швидкості вітру для робочого стану крана зазначені в Додатку 2. Вони вважаються постійними по всій висоті крана.

Крім того, припускається, що при екстремальних вітрових навантаженнях не обов'язкове досягнення робочих швидкостей і номінальних прискорень.

2.4.1.2.2. Вітрове навантаження для кранів у неробочому стані

Щоб уникнути порушення умов неробочого стану крана, зазначених виготовлювачем, ураховується максимальна сила вітру (злива), на яку розрахован кран. Швидкість вітру залежить від висоти установки крана над рівнем місцевості й від географічного місця розташування. Вітрове навантаження залежить крім того від впливу на кран вітру пануючого напрямку.

Величина розрахункового швидкісного напору й відповідних швидкостей вітру для неробочого стану кранів, призначених для роботи під відкритим небом, зазначені в Додатку 2.

2.4.1.3. Розрахунок вітрового навантаження.

Для більшості металоконструкцій й їхніх секцій, а також для окремих елементів, використовуваних у металоконструкціях, вітрове навантаження визначається рівнянням

$$F = A\ q\ C_f, \qquad (2.8)$$

де

F - вітрове навантаження, Н;

A - площа поверхні конструкції в м^2 , на яку діє вітер;

q - швидкісний напір вітру залежно від типу конструкції, Н/м^2;

C_f - коефіцієнт конфігурації конструкції в напрямку дії вітру.

Загальне вітрове навантаження являє собою суму навантажень, що діють на окремі елементи.

Розрахунки на міцність і стійкість кранів повинні проводитися з обліком сумарного вітрового навантаження.

1 Балка верхня :

$A_1 = l_1 \times b_1 = 121{,}25 \times 0{,}51 = 61{,}84\ м^2$

$$\frac{l}{b}=\frac{121,25}{0,51}=237,7 \qquad \frac{b}{d}=\frac{0,51}{0,43}=1,18$$

Згідно Додатку 3 $C_{f1} \approx 2$

2 Ферма :

$$A_2 = l_2 \times b_2 = 12 \times 0,49 = 5,88 \text{ м}$$

$$A_{2\text{Общ.}} = n \times A_2 = 16 \times 5,88 = 94,08 \text{м}^2$$

$$\frac{l}{b}=\frac{12}{0,49}=24,5 \qquad \frac{b}{d}=\frac{0,51}{0,49}=1,04$$

Згідно Додатку 3 $C_{f2} \approx 1,7$

3 Портал (РК)

$$A_3 = l_3 \times b_3 = 5,52 \times 0,98 = 5,41 \text{ м}^2$$

$$A_{3.\text{общ}} = n \times A_3 = 4 \times 5,41 = 21,64 \text{ м}^2$$

$$\frac{l}{b}=\frac{5,52}{0,98}=5,6 \qquad \frac{b}{d}=\frac{0,98}{1}=0,98$$

Згідно Додатку 3 $C_{f3} \approx 1,41$

4 Портал (РК 7)

$$A_4 = l_4 \times b_4 = 8,85 \times 0,98 = 8,673 \text{ м}^2$$

$$\frac{l}{b}=\frac{8,85}{0,98}=9,03 \qquad \frac{b}{d}=\frac{0,98}{1}=0,98$$

Згідно Додатку 3 $C_{f3} \approx 1,52$

5 Підкіс (РК 10)

$$A_5 = l_5 \times b_5 \times \sin^2\theta = 7,905 \times 0,3 \times 0,6^2 = 0,85 \text{ м}^2$$

$$\theta = 37^0$$

$$A_{5\,\text{общ.}} = n \times A_5 = 6 \times 0,85 = 5,12 \text{м}^2$$

$$\frac{l}{b}=\frac{7,905}{0,3}=26,35 \qquad \frac{b}{d}=\frac{0,3}{0,3}=1$$

Згідно Додатку 3 $C_{f5} \approx 1,81$

6 Пролітна балка (РК)

$$A_6 = l_6 \times b_6 = 143,12 \times 1,271 = 181,9 \text{ м}^2$$

$\frac{l}{b} = \frac{143,12}{1,271} = 112,7$ $\frac{b}{d} = \frac{1,271}{0,98} = 1,3$

Згідно Додатку 3 $C_{f6} \approx 2$

7 Стійка. Опора жорстка. (J2)

$A_7 = (l_7^{/} \times \sin^2\theta + l_7^{//}) \times b_7 = (23,4 \times 0,91 + 6,147) \times 0,98 = 26,89\ м^2$

$\theta = 76^0$

$\frac{l}{b} = \frac{29,034}{0,98} = 29,6$ $\frac{b}{d} = \frac{0,98}{1,04} = 0,94$

Згідно Додатку 3 $C_{f7} \approx 1,85$

8 Підкіс (N)

$A_8 = l_8 \times b_8 = 30 \times 0,73 = 21,9\ м^2$

$\frac{l}{b} = \frac{30}{0,73} = 41$ $\frac{b}{d} = \frac{0,73}{1} = 0,73$

Згідно Додатку 3 $C_{f8} \approx 1,4$

9 Машинне приміщення.

$A_9 = l_9 \times b_9 = 15,7 \times 5,25 = 82,425\ м^2$

Згідно Додатку 3 $C_{f9} \approx 1,1$

10 Приміщення з електроустаткуванням.

$A_{10} = l_{10} \times h_{10} = 12,192 \times 2,5 = 30,5\ м^2$

Згідно Додатку 3 $C_{f10} \approx 1,1$

11 Вантажний візок

$A_{11} = l_{11} \times h_{11} = 6,942 \times 2,376 = 16,5\ м^2$

Згідно Додатку 3 $C_{f11} \approx 1,1$

12 Кабіна

$A_{12} = l_{12} \times h_{12} = 2,4 \times 2,563 = 6,15\ м^2$

Згідно Додатку 3 $C_{f12} \approx 1,1$

13 Хопер

$A_{13} = h(\frac{l^{/} - l^{//}}{2} + l^{//}) = 3,2(\frac{7,5 - 3,4}{2} + 3,4) = 17,44 м^2$

$A_{13\,общ.} = A_{13} \times 1,25 = 17,44 \times 1,25 = 21,8\ м^2$

Вітрові навантаження на наступні елементи металоконструкції

Площа зовнішнього контуру:

$A_c = H(\frac{l^{/} - l^{//}}{2} + l^{//}) = 10,4(\frac{143,12 - 121,25}{2} + 121,25) = 1374,724 м^2$

Поверхня суцільних елементів:

$A = A_1 + A_{2\,общ.} + (A_{3\,общ.} + A_4) \times 0,85 + A_6 = 61,84 + 94,08 + (21,64 + 8,673) \times 0,85 + 181,9 = 363,6 м^2$

Відношення поверхонь

$$\frac{A}{A_c} = \frac{363,6}{1374,724} = 0,26$$

Відношення сторін поперечного переріза

$$\frac{a}{b} = \frac{5,33}{10,4} = 0,51$$

Коефіцієнт екранування по Додатку 3 η =0,352

Вітрове навантаження в не робочому стані:

$F_{3аг..}$ =(A_1 C_{f1}+ $A_{23аг..}$ C_{f2}+ $A_{33аг..}$ C_{f3}+ A_4 C_{f4}+ $A_{53аг..}$ C_{f5}+ $A_{6.}$ C_{f6}+ A_7 C_{f7}+ A_8 C_{f8}+ A_9 C_{f9}+ A_{10} C_{f10}+ A_{11} C_{f11}+ A_{12} C_{f12}+$A_{13}C_{f13}$+(A_1 C_{f1}+ $A_{23аг..}$ C_{f2}+ $A_{33аг..}$ C_{f3}+ A_4 C_{f4} + $A_{6.}$ C_{f6}) η+ A_7 C_{f7}+A_8C_{f8}×0,5)×$q_{нераб}$=

.=(61,84×2+94,08×1,04+21,64×1,4+9,03×1,52+5,12×1,81+181,9×2+26,89×1,85+21,9×1,4+(82,425+30,5+16,5+6,15+21,8)×1,1+(61,84×2+94,08×1,04+21,64×1,4+9,03×1,52++181,9×2)×0,352+26,89×1,85+21,4×0,5)×450 = 523,2 кН

Вітрове навантаження в робочому стані:

$F_{3аг..}$ =(A_1 C_{f1}+ $A_{23аг..}$ C_{f2}+ $A_{33аг..}$ C_{f3}+ A_4 C_{f4}+ $A_{53аг..}$ C_{f5}+ $A_{6.}$ C_{f6}+ A_7 C_{f7}+ A_8 C_{f8}+ A_9 C_{f9}+ A_{10} C_{f10}+ A_{11} C_{f11}+ A_{12} C_{f12}+$A_{13}C_{f13}$+(A_1 C_{f1}+ $A_{23аг..}$ C_{f2}+ $A_{33аг..}$ C_{f3}+ A_4 C_{f4} + $A_{6.}$ C_{f6}) η+A_7C_{f7}+A_8C_{f8}×0,5)×$q_{раб}$ =

.=(61,84×2+94,08×1,04+21,64×1,4+9,03×1,52+5,12×1,81+181,9×2+26,89×1,85+21,9×1,4+(82,425+30,5+16,5+6,15+21,8)×1,1+(61,84×2+94,08×1,04+21,64×1,4+9,03×1,52++181,9×2)×0,352+26,89×1,85+21,4×0,5)×250 = 290,7 кН

3. РОЗРАХУНКОВІ СПОЛУЧЕННЯ НАВАНТАЖЕНЬ.

Розглядаються три розрахункових випадки:

I. Робочий стан крана без вітру.

II. Робочий стан крана при максимально припустимому вітрі.

III. Виникнення особливих навантажень.

Після того, як різні навантаження будуть визначені відповідно до розділу 2, необхідно врахувати певну ймовірність перевищення отриманих напруг, пов'язану з можливою неточністю розрахунків й інших непередбачених обставин. Для цього використається коефіцієнт перевантаження (коефіцієнт множення) $\gamma_з$, що залежить від групи, по якій класифікується даний кран. Значення цього коефіцієнта дані в розділі 3.2.

3.1. ***Випадок II.*** Робочий стан крана при вітрі.

Беруться тіж навантаження, що й у випадку I , але до них додаються граничні вітрові навантаження, що діють на кран у робочому стані S_W:

$$\gamma_c (S_G + \psi S_L + S_H) + S_W \qquad (3.1)$$

3.2. Вибір коефіцієнта перевантаження γ_c.

Величина коефіцієнта перевантаження $\gamma_{із}$ залежить від групи, до якої ставиться кран Додаток 2.

Перевантажувач відноситься до групи А8,що визначає коефіцієнт перевантажування $\gamma_з=1,2$

4.Перевірка головної балки вугільного перевантажувача Q=32т.

4.1 Розрахунок головної балки вугільного перевантажувача на міцність.

4.1.1. Розрахунок початкових залежностей по методу граничних станів.

$$\sigma_{роз.} \le [\sigma] = R_Н К_М m \quad [МПа] \qquad (4.1)$$

де

$[\sigma]$-руйнуюче навантаження;

$R_Н$=330 - нормативний опір матеріалу [МПа];

$К_М$=1,1 - коефіцієнт безпеки по металу;

m - коефіцієнт умов роботи.

Коефіцієнт умов роботи визначається перемноженням трьох коефіцієнтів:

$$m = m_1 m_2 m_3 \qquad (4.2)$$

де

m_1=1-коефіцієнт, що характеризує вплив відмови елементів на конструкцію й наслідки, що можуть виникнути при цьому;

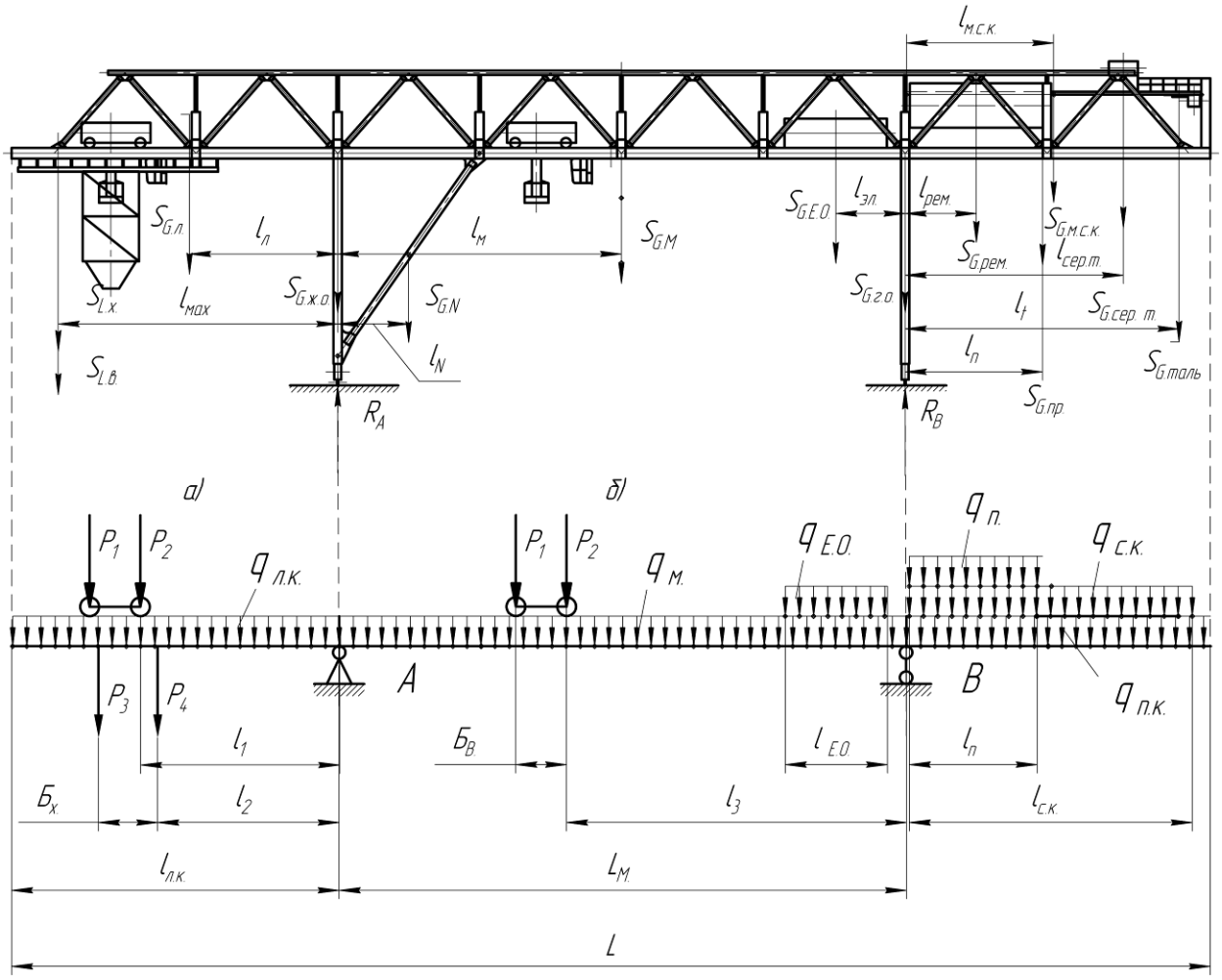
m_2 =0,9- коефіцієнт, що враховує можливі ушкодження елементів конструкції в процесі експлуатації, транспортування, монтажу;

m_3 =0,5- коефіцієнт недосконалості розрахунку, що враховує можливі відхилення, прийняті в розрахунковій схемі від дійсних умов роботи конструкції та її елементів.

$$m == 1 \times 0,9 \times 0,5 = 0,45$$
$$[\sigma] = 330 \times 1,1 \times 0,45 = 163,35 \text{ МП}a$$

4.1.2. Розрахунок головної балки.

Розрахунок головної балки ведеться в перетині у прольоті і на лівій консолі. Була складена схема крану і головної балки з прикладеними до них стаціонарних і рухомих навантажень з урахуванням коефіцієнтів динамічності і перевантажень у вертикальній площині.



а) перший розрахунковий випадок;
б) другий розрахунковий випадок;

Рисунок 4.1- Розрахункова схема крана і головної балки.

Лінійні розміри :
$Б_В$ =6м-база візка;
$Б_Х$ =7м-база візка;
$L_м$=143,12м-довжина моста;
L =67м- довжина прольоту;
$l_{л.к}$ =39,3м- довжина лівої консолі;
$l_{E.O.}$=12,129м- довжина приміщення з електроустаткуванням ;
$l_{п.}$=15,7м- довжина приміщення машинного встаткування;
$l_{с.к.}$=33,5м- довжина металоконструкції сервісного крана;
l_1, l_3-відстань до розрахункових перетинів балки;
l_2=21,5м- відстань до хоперу.

4.1.3 Визначення тиску коліс грейферного візка

Тиск коліс визначається за схемою(рис.4.2)

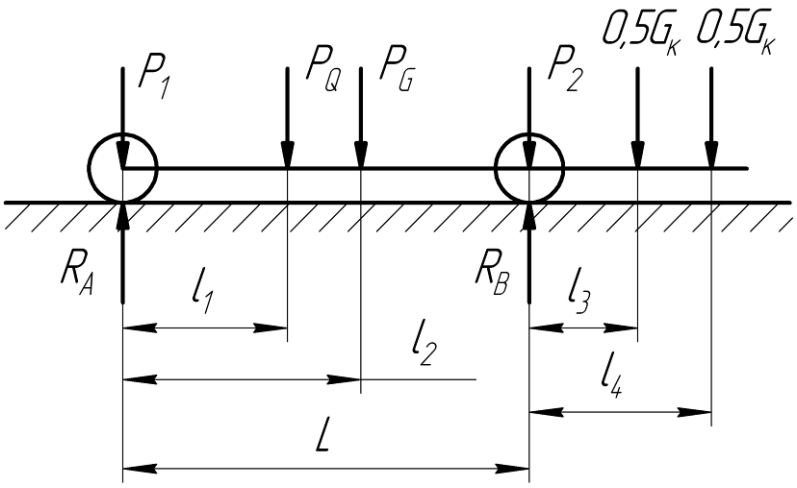


Рисунок 4.2 - Схема розрахунку вертикального тиску коліс візка.

Лінійні розміри :
l_1= 2,85 м - відстань до вантажу;
l_2= 3,338 м - відстань до центру ваги візка;
l_3= 0,961 м - відстань до опори підвісу кабіни;
l_4= 2,029 м - відстань до опори підвісу кабіни
L=6 м-база візка

Стаціонарні навантаження:
P_G=430,1 кН-сила ваги візка;
$P_{QM} = Q \times \psi \times 10 = 32 \times 1,6 \times 10 = 512$ кН-сила ваги вантажу;
G_K=23,6 кН-сила ваги кабіни керування краном;

Тиск коліс візка у вертикальній площині.

Візок знаходиться у прольоті:

$$R_A = P_{1M} = \frac{(P_{QM}(L-l_1) + P_G(L-l_2) - 0,5G_K(l_3+l_4))0,5}{L} =$$
$$\frac{(512(6-2,85) + 430,1(6-3,338) - 0,5 \times 23,8(0,961+2,029))0,5}{6} = 226,83 \text{ кН}$$

$$R_B = P_{2M} = \frac{(P_{QM} \times l_1 + P_G \times l_2 + 0,5G_K(2L+l_3+l_4))0,5}{L} =$$
$$\frac{(512 \times 2,85 + 430,1 \times 3,338 + 0,5 \times 23,8(2 \times 6 + 0,961 + 2,029))0,5}{6} = 256,07 \text{ кН}$$

Перевірка:

$$\frac{(P_Q + P_G + 0{,}5G_K)}{2} - R_A - R_B = 0$$

$$\frac{(512 + 430{,}1 + 0{,}523{,}8)}{2} - 226{,}83 - 256{,}07 = 0$$

Визначення положення рівнодіючої візка

$R=P_1+P_2=226{,}83+256{,}07=482{,}9$ кН

$$X_{R1} = \frac{P_1 L}{R} = \frac{226{,}83 \times 6}{482{,}9} = 2{,}818 \text{ м}$$

$$X_{R2} = L - X_{R1} = 6 - 2{,}818 = 3{,}182 \text{ м}$$

Візок знаходиться на консолі:

Стаціонарні навантаження:

$P_{QM} = Q \times \psi \times 10 = 32 \times 1{,}3 \times 10 = 416$ кН-сила ваги вантажу;

$$P_{1K} = P_{1M} - \frac{P_{QM}(L - l_1)0{,}5}{L} + \frac{P_{QK}(L - l_1)0{,}5}{L} = P_{1M} + 0{,}5\left(\frac{L - l_1}{L}(P_{QK} - P_{QM}\right) =$$

$$226{,}83 + 0{,}5\left(\frac{6 - 2{,}85}{6}(416 - 542\right) = 201{,}63 \text{ кН}$$

$$P_{2K} = P_{2M} + 0{,}5\left(\frac{l_1}{L}(P_{QK} - P_{QM}\right) = 256{,}07 + 0{,}5\left(\frac{2{,}85}{6}(416 - 512\right) = 233{,}27 \text{ кН}$$

Критичною силою є $P_2 > P_1$

Тиск коліс візка у горизонтальній площині

$$P_1' = \left(P_{1M} - \frac{P_{QM}(L - l_1)0{,}5}{L} + \frac{Q(L - l_1)0{,}5}{L}\right)\frac{a_{np\max}}{g} = \left(P_{1M} + 0{,}5\left(\frac{L - l_1}{L}(Q - P_{QM}\right)\right)\frac{a_{np\max}}{g} =$$

$$\left(226{,}83 + 0{,}5\left(\frac{6 - 2{,}85}{6}(320 - 512\right)\right)\frac{0{,}167}{9{,}81} = 3 \text{ кН}$$

4.1.4 Побудова ліній впливу.

Для спрощення розрахунку головної балки приймається модель багато пролітної нерозрізний статично не визначної балки. При побудові лінії впливу користуюся методом моментних фокусів [5]

Метод моментних фокусів застосуємо для розрахунку нерозрізних балок постійного перетину, завантажених тільки в одному прольоті. Цей метод заснований на тім властивості нерозрізних балок, що при завантажені якого-небудь одного прольоту балки в інших прольотах епюра моментів проходить завжди через строго певні крапки, що називаються моментними фокусами.

Величини k_i й k_i' називають лівими й правими фокусними відносинами. Ліві фокусні відношення обчислюють, починаючи з крайнього лівого прольоту , праві фокусні відношення –у зворотньому порядку.

Значення фокусних відношень для крайніх (початкових) прольотів залеже від типу крайній опори нерозрізної балки :якщо це опора шарнірна ,то k= ∞, якщо защемлена, то k= 2.

Обчислюю фокусні відносини:

$k_1 = \infty$

$$k_2 = 2 + \frac{l_i}{l_{i+1}}\left(2 - \frac{1}{k_i}\right) = 2 + \frac{16,75}{16,75}\left(2 - \frac{1}{\infty}\right) = 4$$

$$k_3 = 2 + \left(2 - \frac{1}{4}\right) = 3,75$$

$$k_4 = 2 + \left(2 - \frac{1}{3,75}\right) = 3,733$$

$$k_4 = 2 + \left(2 - \frac{1}{3,73}\right) = 3,732$$

$k_5 = k_6 = k_7 = k_8 = 3,732$

$k_8' = \infty$

$$k_7' = 2 + \frac{l_i}{l_{i+1}}\left(2 - \frac{1}{k_i}\right) = 2 + \frac{16,75}{16,75}\left(2 - \frac{1}{\infty}\right) = 4$$

$$k_6' = 2 + \left(2 - \frac{1}{4}\right) = 3,75$$

$$k_5' = 2 + \left(2 - \frac{1}{3,75}\right) = 3,733$$

$$k_4' = 2 + \left(2 - \frac{1}{3,73}\right) = 3,732$$

$k'_4 = k'_3 = k'_2 = k'_1 = 3,732$

Для побудування ліній впливу згинального моменту і перерізуючої сили необхідно обчислити опорні моменти M_3 і M_4. При числі опор більше чотирьох ліній впливу опорних моментів у середніх опор можна приймати такими ж, як у балки з нескінченним числом опор.

$$M_i = -\frac{l_i}{(k_i k_i' - 1)}\left(\varepsilon\xi(1+\varepsilon)k_i - \varepsilon\xi(1+\xi)\right); \qquad (4.3)$$

Слід зазначити, що ординати ліній впливу Q і *M* швидко убувають на прольотах, вилучених від завантаженого. Це характерна властивість нерозрізних балок.

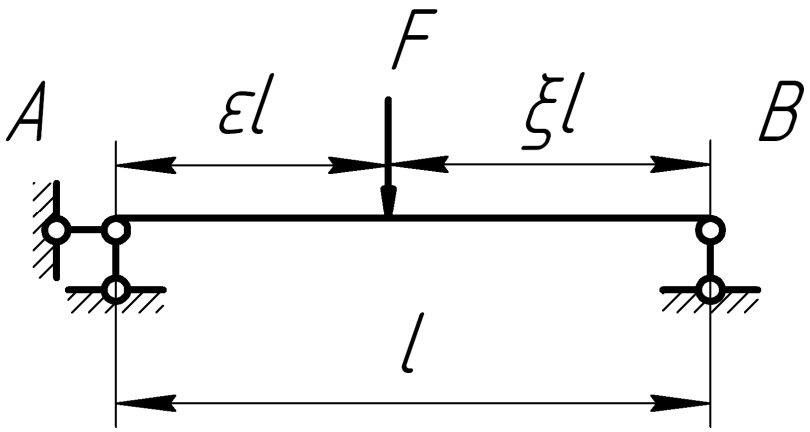


Рисунок 4,3- Схема завантаження панелі одиничною силою.

Ординати ліній впливи обчислюються з інтервалом $\frac{1}{5}l$ у кожному польоті

$$\varepsilon_1 = 0{,}2\,;\ \varepsilon_2 = 0{,}4\,;\ \varepsilon_3 = 0{,}6\,;\ \varepsilon_4 = 0{,}8\,;\ \varepsilon_5 = 0{,}5$$

Таблиця 4.1

ε	ξ	εξ(1+ε)	εξ(1+ε)
0	1	0	0
0,11	0.9	0,099	0,171
0,2	0,8	0,192	0,288
0,25	0,75	0,234	0,328
0,3	0,7	0,273	0,357
1/3	2/3	0,296	0,37
0,4	0,6	0.336	0,384
0,5	0,5	0,375	0,375
0.6	0,4	0,38»	0,336
2/3	1/3	0,37	0,296
0,7	0,3	0,357	0,273
0,75	0,25	0,328	0.234
0.8	0.2	0,286	0.192
0,9	0,1	0,171	0,099
1	0	0	0

Вибравши в панелі достатню кількість точок , визначаю при знаходженні одиничної сили в цих точках згинаючі моменти M_i.Значення εξ(1+ε) і εξ(1+ε) визначені в Таблиці 4.1для різноманітних ε і ξ.

За допомогою комп'ютеру були обчислені опорні моменти по приведеним нижче формулам, дані обчислення зведені в таблиці .

4.1.4.1Побудова лінії впливу згинального моменту й поперечної сили в перетині С багатопролітньої балки.

1.Сила F=1 прикладена в першому прольоті.
Згинальні моменти на опорах 3 й 4

$$M_3 = -\frac{1}{k_1'}(\varepsilon\xi(1+\varepsilon)) \times \frac{1}{k_2' k_3'}; \qquad (4.4)$$

$$M_4 = -\frac{1}{k_1'}(\varepsilon\xi(1+\varepsilon)) \times \frac{1}{k_2' k_3' k_4'}; \qquad (4.5)$$

2.Сила F=1 прикладена в іншому прольоті.
Згинальні моменти на опорах 3 й 4

$$M_3 = -\frac{l}{(k_2 k_2' - 1)}\left(\varepsilon\xi(1+\varepsilon)k_2 - \varepsilon\xi(1+\xi)\right)\times\frac{1}{k_3'}; \quad (4.6)$$

$$M_4 = -\frac{l}{(k_2 k_2' - 1)}\left(\varepsilon\xi(1+\varepsilon)k_2 - \varepsilon\xi(1+\xi)\right)\times\frac{1}{k_3' k_4'}; \quad (4.7)$$

3.Сила F=1 прикладена в третьому прольоті.
Згинальні моменти на опорах 3 й 4

$$M_3 = -\frac{l}{(k_3 k_3' - 1)}\left(\varepsilon\xi(1+\varepsilon)k_3 - \varepsilon\xi(1+\xi)\right); \quad (4.8)$$

$$M_4 = -\frac{l}{(k_3 k_3' - 1)}\left(\varepsilon\xi(1+\varepsilon)k_3 - \varepsilon\xi(1+\xi)\right)\times\frac{1}{k_4'}; \quad (4.9)$$

4.Сила F=1 прикладена в четвертому прольоті.
Згинальні моменти на опорах 3 й 4

$$M_3 = -\frac{l}{(k_4 k_4' - 1)}\left(\varepsilon\xi(1+\xi)k_4' - \varepsilon\xi(1+\varepsilon)\right); \quad (4.10)$$

$$M_4 = -\frac{l}{(k_4 k_4' - 1)}\left(\varepsilon\xi(1+\varepsilon)k_4 - \varepsilon\xi(1+\xi)\right); \quad (4.11)$$

5.Сила F=1 прикладена в п'ятому прольоті.
Згинальні моменти на опорах 3 й 4

$$M_3 = -\frac{l}{(k_5 k_5' - 1)}\left(\varepsilon\xi(1+\xi)k_5' - \varepsilon\xi(1+\varepsilon)\right)\times\left(-\frac{1}{k_4}\right); \quad (4.11)$$

$$M_4 = -\frac{l}{(k_5 k_5' - 1)}\left(\varepsilon\xi(1+\xi)k_5' - \varepsilon\xi(1+\varepsilon)\right); \quad (4.12)$$

6.Сила F=1 прикладена в шостому прольоті.
Згинальні моменти на опорах 3 й 4

$$M_3 = -\frac{l}{(k_6 k_6' - 1)}\left(\varepsilon\xi(1+\xi)k_6' - \varepsilon\xi(1+\varepsilon)\right)\times\left(\frac{1}{k_4 k_5}\right); \quad (4.13)$$

$$M_4 = -\frac{l}{(k_6 k_6' - 1)}\left(\varepsilon\xi(1+\xi)k_6' - \varepsilon\xi(1+\varepsilon)\right)\times\left(-\frac{1}{k_5}\right); \quad (4.14)$$

7.Сила F=1 прикладена в сьомому прольоті.
Згинальні моменти на опорах 3 й 4

$$M_3 = -\frac{l}{(k_7 k_7' - 1)}\left(\varepsilon\xi(1+\xi)k_7' - \varepsilon\xi(1+\varepsilon)\right)\times\left(-\frac{1}{k_4 k_5 k_6}\right); \quad (4.15)$$

$$M_4 = -\frac{l}{(k_7 k'_7 - 1)}\left(\varepsilon\xi(1+\xi)k'_7 - \varepsilon\xi(1+\varepsilon)\right)\times\left(-\frac{1}{k_5 k_6}\right); \quad (4.16)$$

8.Сила F=1 прикладена у восьмому прольоті.
Згинальні моменти на опорах 3 й 4

$$M_3 = -\frac{l}{(k_8 k'_8 - 1)}\left(\varepsilon\xi(1+\xi)k'_8 - \varepsilon\xi(1+\varepsilon)\right)\times\left(-\frac{1}{k_4 k_5 k_6 k_7}\right); \quad (4.17)$$

$$M_4 = -\frac{l}{(k_8 k'_8 - 1)}\left(\varepsilon\xi(1+\xi)k'_8 - \varepsilon\xi(1+\varepsilon)\right)\times\left(-\frac{1}{k_5 k_6 k_7}\right); \quad (4.18)$$

9.Сила F=1 прикладена на лівій консолі.
Згинальні моменти на опорах 3 й 4

$$M_3 = -\frac{x_1}{k'_1 k'_2 k'_3} \quad (4.19)$$

$$M_4 = \frac{x_1}{k'_1 k'_2 k'_3 k'_4} \quad (4.20)$$

10.Сила F=1 прикладена на правій консолі.
Згинальні моменти на опорах 3 й 4

$$M_3 = -\frac{x_2}{k_4 k_5 k_6 k_7 k_8} \quad (4.21)$$

$$M_4 = \frac{x_2}{k_5 k_6 k_7 k_8} \quad (4.22)$$

Таблиця 4.2

M_3									
1проліт	2проліт	3проліт	4проліт	5проліт	6проліт	7проліт	8проліт	ліва конс.	права конс.
-0,06197	0,15484	-0,55715	-1,1444	0,30703	-0,08232	0,02226	-0,00668	0,112	0,00485
-0,10845	0,28259	-1,12111	-1,42209	0,38172	-0,10234	0,02782	-0,00891		
-0,12394	0,35367	-1,41393	-1,12759	0,30289	-0,0812	0,02226	-0,00779		
-0,09296	0,28461	-1,13783	-0,55539	0,14937	-0,04005	0,01113	-0,00445		

M_4

1проліт	2проліт	3проліт	4проліт	5проліт	6проліт	7проліт	8проліт	ліва конс.	права конс.
0,016614	-0,0415	0,14937	-0,55539	-1,1444	0,307039	-0,08255	0,024921	0,03	0,0181
0,029075	-0,0757	0,30289	-1,12759	-1,42209	0,381724	-0,10319	0,033228		
0,033228	-0,0948	0,381724	-1,42209	-1,12759	0,30289	-0,08255	0,029075		
0,024921	-0,0763	0,307039	-1,1444	-0,55539	0,14937	-0,04128	0,016614		

Таблиця 4.3

Визначення згинального моменту M_0 у прольоті балки.

$$M_0^c = \frac{\varepsilon\,\xi\,l^2}{l} = \varepsilon\xi\,l = 0{,}5^2 \times 16{,}75 = 4{,}1875 \text{ кНм}$$

Визначення критичного перетину в панелі

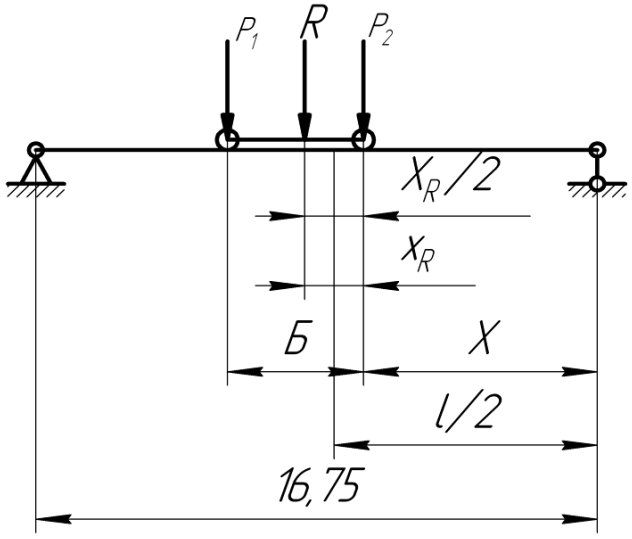


Рисунок 4.4- Схема визначення критичного перетину в панелі

$$X = \frac{l}{2} - \frac{X_R}{2} = \frac{16{,}75}{2} - \frac{3{,}182}{2} = 6{,}784\text{м}$$

Визначення згинального моменту M^c і поперечної Q^c сили в багато пролітній балки

Лінія впливу згинального моменту в перетині *C* являє собою алгебраїчну суму ліній впливу в цьому перетині в основній системі M_0 і двох ліній впливу, що залежать від опорних моментів M_3 і M_4.

$$M^c = M_0^c + \frac{X \times M_3}{l} + \frac{(l-X)M_4}{l} = M_0^c + 0{,}405M_3 + 0{,}595M_4; \qquad (4.23)$$

Лінія впливу сили, що перерізує, у даному перетині С являє собою алгебраїчну суму ліній впливу в цьому перетині в основній системі Q_0 і двох ліній впливу, що залежать від опорних моментів M_3 і M_4.

$$Q^c = Q_0 + \frac{(M_3 + M_4)}{l} \qquad (4.24)$$

Таблиця 4.4

Mc									
1проліт	2проліт	3проліт	4проліт	5проліт	6проліт	7проліт	8проліт	ліва конс.	права конс.
-0,02268	0,05666	-0,20389	0,5071	-0,41868	0,11236	-0,03015	0,00912	0,071	0,0114
-0,03969	0,10341	-0,40911	1,4392	-0,52019	0,13969	-0,03768	0,01216		
-0,04536	0,12942	-0,5161	2,7612	-0,41235	0,11084	-0,03015	0,01064		
-0,03402	0,10415	-0,41539	1,1431	-0,20301	0,05466	-0,01507	0,00608		

Таблиця 4.5

Qc									
1проліт	2проліт	3проліт	4проліт	5проліт	6проліт	7проліт	8проліт	ліва конс.	права конс.
0,00469	-0,01172	0,04218	-0,1648	-0,08665	0,02324	-0,00626	0,00188	-0,041	0,00662
0,00821	-0,02139	0,08501	-0,3824	-0,10769	0,02889	-0,00782	0,00251		
0,00938	-0,02678	0,10720	-0,61758 0,38242	-0,0854	0,02293	-0,00626	0,00220		
0,00703	-0,02155	0,08626	0,16483	-0,04208	0,01130	-0,00313	0,00125		

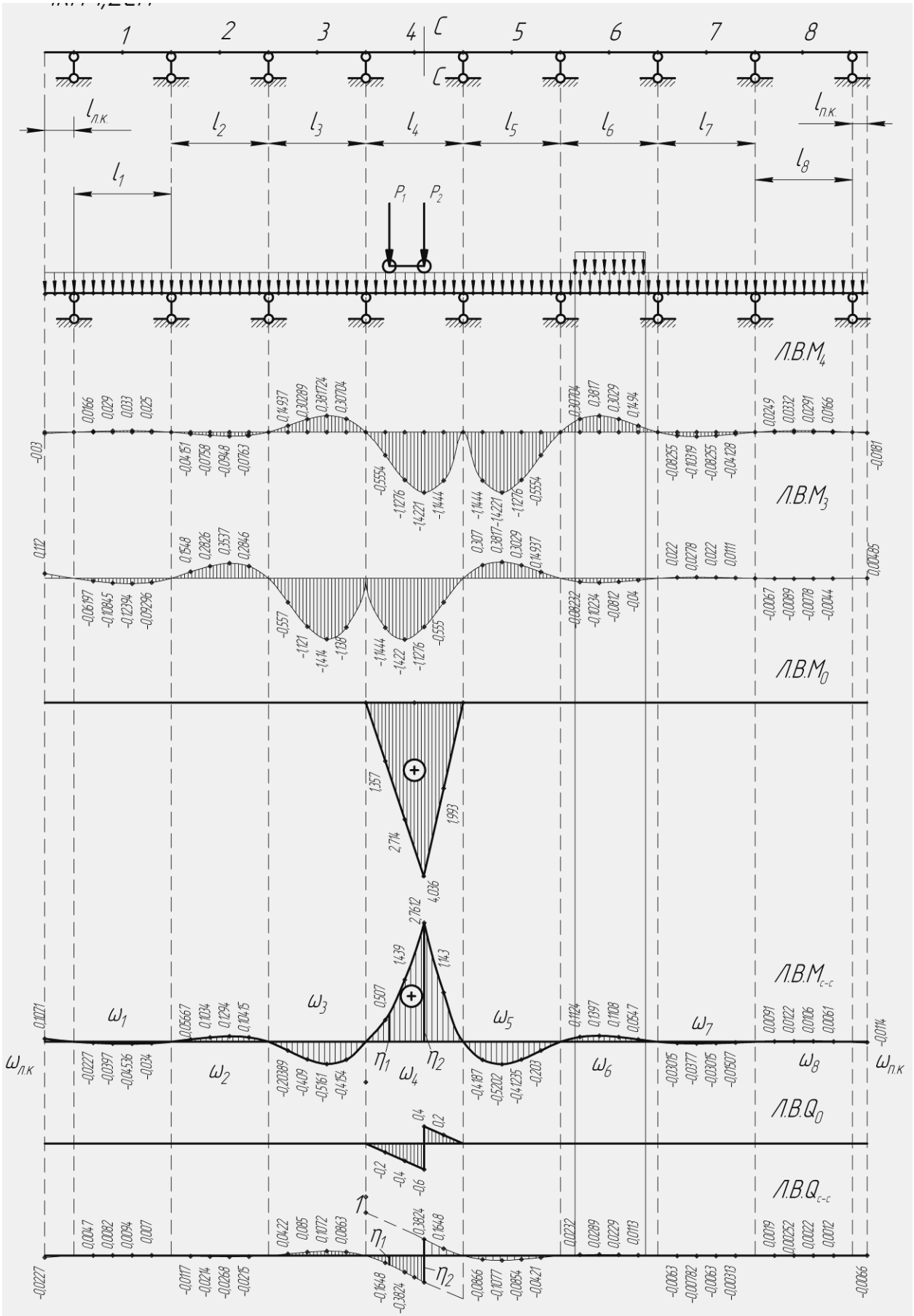


Рисунок 4.5- Лінії впливу для балки при розтошувані візка у прольоті.

4.1.4.2 Побудова лінії впливу згинального моменту й поперечної сили в перетині D багатопролітньої балки.

Найбільше значення опорного моменту буде в опори 1, коли одинична сила *P* перебуває в першому прольоті, тому що відсутнє розвантажуючий вплив останньої безмоментной опори.

1.Сила F=1 прикладена в першому прольоті.
Згинальні моменти на опорах 0 й 1

$$M_0 = 0$$

$$M_1 = -\frac{l}{k_1'}(\varepsilon\xi(1+\varepsilon)); \qquad (4.25)$$

2.Сила F=1 прикладена в іншому прольоті.
Згинальні моменти на опорі 1

$$M_1 = -\frac{l}{(k_2 k_2' - 1)}(\varepsilon\xi(1+\xi)k_2' - \varepsilon\xi(1+\varepsilon)); \qquad (4.26)$$

3.Сила F=1 прикладена в третьому прольоті.
Згинальні моменти на опорі 1

$$M_1 = -\frac{l}{(k_3 k_3' - 1)}(\varepsilon\xi(1+\xi)k_3' - \varepsilon\xi(1+\varepsilon))\left(-\frac{1}{k_2}\right); \qquad (4.27)$$

4.Сила F=1 прикладена в четвертому прольоті.
Згинальні моменти на опорі 1

$$M_1 = -\frac{l}{(k_4 k_4' - 1)}(\varepsilon\xi(1+\xi)k_4' - \varepsilon\xi(1+\varepsilon))\left(\frac{1}{k_2 k_3}\right); \qquad (4.28)$$

5.Сила F=1 прикладена в п'ятому прольоті.
Згинальні моменти на опорі 1

$$M_1 = -\frac{l}{(k_5 k_5' - 1)}(\varepsilon\xi(1+\xi)k_5' - \varepsilon\xi(1+\varepsilon)) \times \left(-\frac{1}{k_2 k_3 k_4}\right); \qquad (4.30)$$

Таблиця 4.5

M_2									
1проліт	2проліт	3проліт	4проліт	5проліт	6проліт	7проліт	8проліт	ліва конс.	права конс.
-0,8622	-0,99045	0,28445	-0,07629	0,02045	0	0	0	0	0
-1,50885	-1,23079	0,35348	-0,09481	0,02541	0	0	0		
-1,7244	-0,9759	0,28027	-0,07517	0,02015	0	0	0		
-1,2933	-0,48068	0,13805	-0,03703	0,00992	0	0	0		

Таблиця 4.6

Md									
1проліт	2проліт	3проліт	4проліт	5проліт	6проліт	7проліт	8проліт	ліва конс.	права конс.
0,92590	-0,49523	0,14222	-0,03815	0,01022	0	0	0	0	0
1,9596	-0,61539	0,17674	-0,0474	0,01270	0	0	0	0	0
3,1738	-0,48795	0,14013	-0,03759	0,01007	0	0	0	0	0
1,34635	-0,24034	0,06902	-0,01851	0,00496	0	0	0	0	0

Таблиця 4.7

Qd									
1проліт	2проліт	3проліт	4проліт	5проліт	6проліт	7проліт	8проліт	ліва конс.	права конс.
-0,25147	-0,05913	0,01698	-0,00455	0	0	0	0	0	0
-0,49008	-0,07348	0,02110	-0,00566	0	0	0	0	0	0
-0,70295	-0,05826	0,01673	-0,00449	0	0	0	0	0	0
0,29705									
0,12278	-0,0287	0,00824	-0,00221	0	0	0	0	0	0

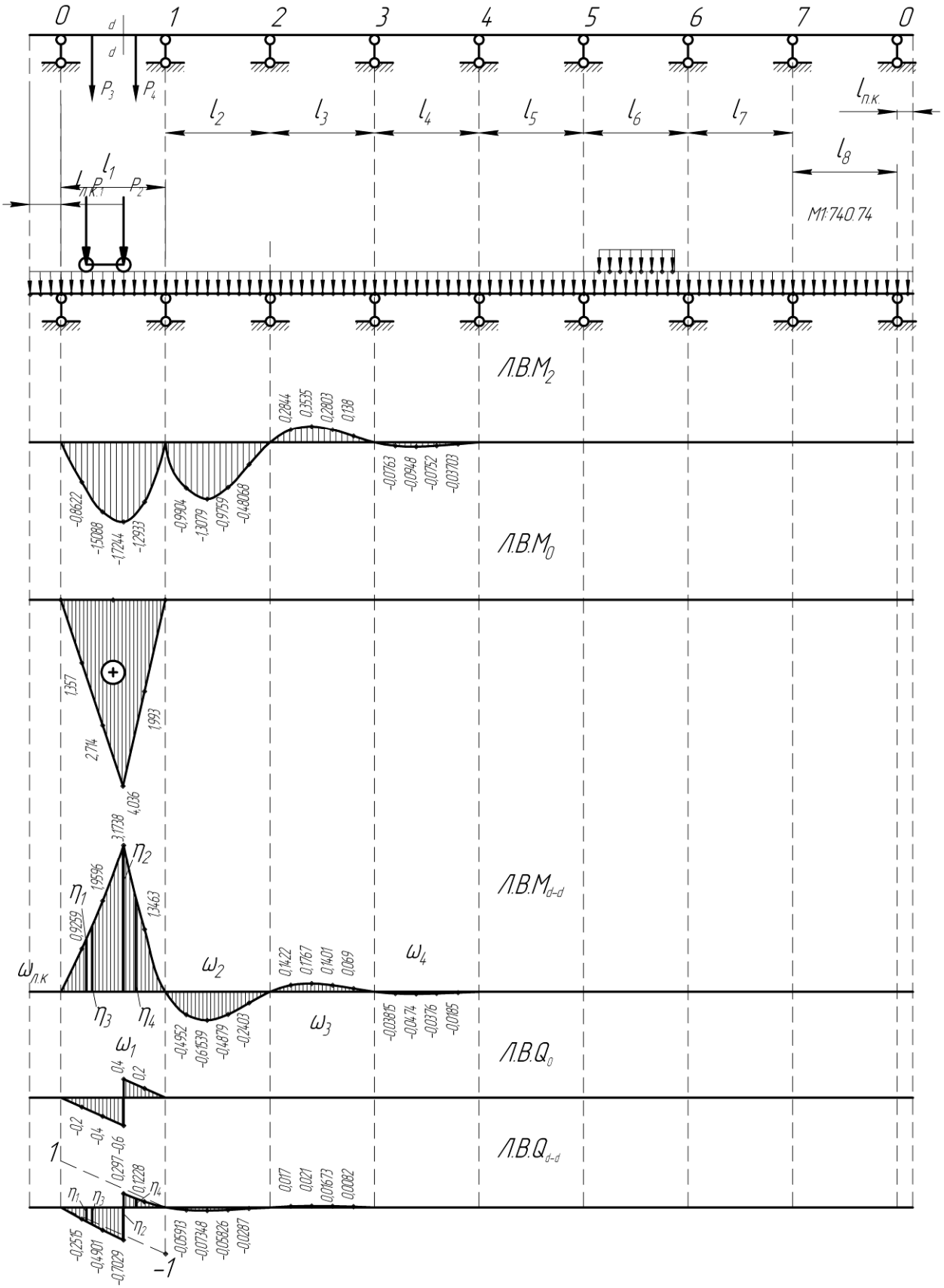


Рисунок 4.6- Лінії впливу для балки при розтошувані візка на лівій консолі.

4.1.4.3 Визначення максимального згинаючого моменту та перерізуючую силу в небезпечному перетині балки .

1 Посередині прольоту перетин С.

- у вертикальній площині:

$$M^{c}_{max} = (w_{л.к.}q_{л.к.} + w_{1.}q_{л.к.} + w_2 q_{л.к.} + w_3 q_{м.} + w_4 q_{м.} + w_5 q_{м.} + w_6 q_{м.} + w_7 q_{п.к.} + w_8 q_{п.к.} + w_{e.o} q_{e.o.} + P_1\eta_1 + P_2\eta_2)\gamma_c = 1244{,}452\,\text{кН} \quad (4.31)$$

$$Q^{c}_{max} = (w_{л.к.}q_{л.к.} + w_{1.}q_{л.к.} + w_2 q_{л.к.} + w_3 q_{м.} + w_{-4} q_{м.} + w_{+4} q_{м.} + w_5 q_{м.} + w_6 q_{м.} + w_7 q_{п.к.} + w_8 q_{п.к.} + w_{e.o} q_{e.o.} + P_1\eta_1 + P_2\eta_{-2} + P_2\eta_{+2} + P_3\eta_3 + P_4\eta_4)\gamma_c = -293{,}754\ \text{кН} \quad (4.32)$$

- у горизонтальній площині:

$$M'^{c}_{max} = (w_{л.к.}q'_{л.к.} + w_{1.}q'_{л.к.} + w_2 q'_{л.к.} + w_3 q'_{м.} + w_4 q'_{м.} + w_5 q'_{м.} + w_6 q'_{м.} + w_7 q'_{п.к.} + w_8 q'_{п.к.} + w_{e.o} q'_{e.o.} + P'_1\eta_1 + P'_2\eta_2)\gamma_c + q_B\sum\omega = 37{,}059\ \text{кН} \quad (4.33)$$

$$Q'^{c}_{max} = (w_{л.к.}q'_{л.к.} + w_{1.}q'_{л.к.} + w_2 q'_{л.к.} + w_3 q'_{м.} + w_{-4} q'_{м.} + w_{+4} q'_{м.} + w_5 q'_{м.} + w_6 q'_{м.} + w_7 q'_{п.к.} + w_8 q'_{п.к.} + w_{e.o} q'_{e.o.} + P'_1\eta_1 + P'_2\eta_{-2} + P'_2\eta_{+2} + P'_3\eta_3 + P'_4\eta_4)\gamma_c + q_B\sum\omega = -2{,}7103\ \text{кН} \quad (4.34)$$

2 На лівій консолі перетин D

- у вертикальній площині:

$M_1=0$

$$M^{d}_{max} = (w_{1.}q_{л.к.} + w_2 q_{л.к.} + w_3 q_{м.} + w_4 q_{м.} + P_1\eta_1 + P_2\eta_2 + P_3\eta_3 + P_4\eta_4)\gamma_c = 2323{,}28\ \text{кН} \quad (4.35)$$

$$Q^{c}_{max} = (w_{-1.}q_{л.к.} + w_{+1.}q_{л.к.} + w_2 q_{л.к.} + w_3 q_{м.} + w_4 q_{м.} + P_1\eta_1 + P_2\eta_{-2} + P_2\eta_{+2} + P_3\eta_3 + P_4\eta_4) = -299{,}085\ \text{кН} \quad (4.36)$$

- у горизонтальній площині:

$$M'^{d}_{max} = (w_{л.к.}q'_{л.к.} + w_{1.}q'_{л.к.} + w_2 q'_{л.к.} + w_3 q'_{м.} + w_4 q'_{м.} + P'_1\eta_1 + P'_2\eta_2 + P'_3\eta_3 + P'_4\eta_4)\gamma_c + q_B\sum\omega = 44{,}24\ \text{кН} \quad (4.37)$$

$$Q'^{d}_{max} = (w_{-1.}q'_{л.к.} + w_{+1.}q'_{л.к.} + w_2 q'_{л.к.} + w_3 q'_{м.} + w_4 q'_{м.} + P'_1\eta_1 + P'_2\eta_{-2} + P'_2\eta_{+2} + P'_3\eta_3 + P'_4\eta_4)\gamma_c + q_B\sum\omega = \text{-}5{,}81696\,\text{кН} \quad (4.38)$$

Всі обчислення приведені у Таблиці 4.8

Таблиця 4.8

Параметри Л.В і навантажень		Розрахунковий силовий фактор							
		M^c_{max}	Q^c_{max}	M^d_{max}	Q^d_{max}	M'^c_{max}	Q'^c_{max}	M'^d_{max}	Q'^d_{max}
площа лінії впливу $см^2$	w л. к.	0,021	0,012	0	0	0,021	0,012	0	0
	w1	-0,045	0,014	3,022	-0,495 0,119	-0,045	0,014	3,022	-0,495 0,119
	w2	0,124	-0,0383	-1,03	-0,103	0,124	-0,0383	-1,03	-0,103
	w3	-0,486	0,151	0,295	0,03	-0,486	0,151	0,295	0,03
	w4	2,54	-0,381 0,157	-0,079	0 0	2,54	-0,381 0,157	-0,079	0 0
	w5	-0,971	-0,151	0	0	-0,971	-0,151	0	0
	w6	0,261	0,041	0	0	0,261	0,041	0	0
	w7	-0,071	0	0	0	-0,071	0	0	0
	w8	0,021	0	0	0	0,021	0	0	0
	w п. к.	-0,02	0	0	0	-0,02	0	0	0
	w э.о.	0,232	0,036	0	0	0,232	0,036	0	0
Ординати см	η1	0,727	0,111	1,041	-0,304	0,727	0,111	1,041	-0,304
	η2	2,733	-0,6 0,4	3,001	-0,703 0,297	2,733	-0,6 0,4	3,001	-0,703 0,297
	η3	0	0	1,31	-0,373	0	0	1,31	-0,373
	η4	0	0	1,84	0,188	0	0	1,84	0,188
Зусилля від розподіленого навантаження q кН	q л. до	2,17287	1,24164	0	0	0,036981	0,021132	0	0
	q1	-4,65615	1,44858	312,6863	-51,2177 12,31293	-0,07925	0,024654	5,321742	-0,8717 0,201586
	q2	12,3375	-3,9629	-102,481	-10,6574	0,218364	-0,06745	-1,81383	-0,18138
	q3	-48,3551	15,0239	29,35132	2,98488	-0,82328	0,255794	0,49973	0,05082
	q4	252,7198	-37,908 15,62087	-7,86018	0 0	4,30276	-0,64541 0,265958	-0,13383	0
	q5	-96,6106	-15,0239	0	0	-1,64487	-0,25579	0	0
	q6	25,96846	4,079336	0	0	0,442134	0,069454	0	
	q7	-7,32507	0	0	0	-0,12449	0	0	0
	q8	2,16657	0	0	0	0,036821	0	0	
	q п. к.	-2,0634	0	0	0	-0,03507	0	0	0
	q э.о.	35,94376	5,57748	0	0	0,393008	0,060984	0	
	q в.	0	0	0	0	16,13973	-1,60091	22,18961	-5,7082
Зусилля від статичного навантаження кН	P3	0	0	330,382	-94,0706	0	0	0	
	P4	0	0	464,048	47,4136	0	0	0	
Зусилля від рухомого навантаження кН	P1	164,9054	25,17813	209,8968	-61,2955	2,181	0,333		3,123
	P2	699,8393	-153,642 -102,428	700,0433	-163,989 69,28119	9,8388	-2,16 1,44	10,8036	-2,5308 1,0692
Результат кН		1244,452	-293,754	2323,28	-299,085	37,05916	-2,7103	44,24043	-5,81696

4.1.5 Визначення геометричних параметрів перетину головної балки у прольоті і на лівій консолі.

Перетин головної балки у прольоті.

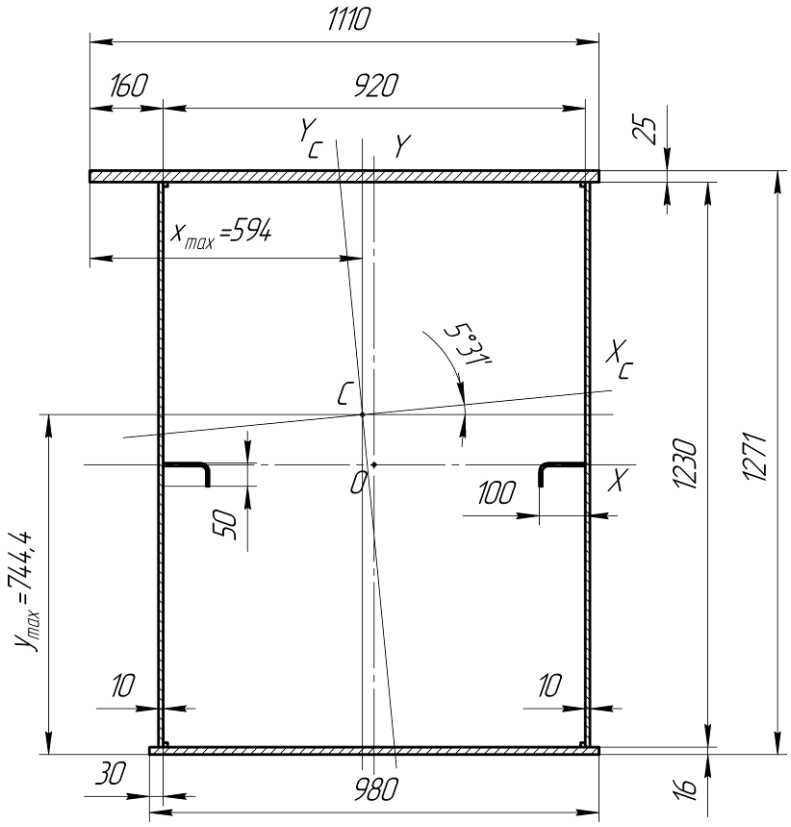


Рисунок 4.7-Геометричні характеристики перетину головної балки посередині польоту.

Розрахунок МЦХ плоских фігур

Кількість тіл	N = 10
Кількість отворів	N1 = 0
Площа	S = 0.0.070081 м2
Центр мас	Xc = -0.025738 м
	Yc = 0. 10889 м
У заданій системі координат:	
Осьові моменти інерції	Jx = 0.0202651 м4
	Jy = 0.00988582 м4
Відцентровий момент інерції	Jxy = -0.00113185 м4
У центральній системі координат:	
Осьові моменти інерції	Jx = 0.0194341 м4
	Jy = 0.00983939 м4
Відцентровий момент інерції	Jxy = -0.000935443 м4

У головній центральній системі координат:

Осьові моменти інерції $Jx_c = 0.0195245$ м4

$Jy_c = 0.00974904$ м4

Кут нахилу головних осей $\alpha = 5.516848°$

Момент опору:

$$W_{xc} = \frac{I_{xc}}{y_{max}} = \frac{0.0195245}{1.271 \times 0.5 + 0.10889} = 0.02623 м^3 \quad (4.39)$$

$$W_{xc} = \frac{I_{yc}}{x_{max}} = \frac{0.00974904}{0.92 \times 0.5 + 0.16 - 0.025738} = 0.016405 м^3 \quad (4.40)$$

Перетин головної балки на лівій консолі.

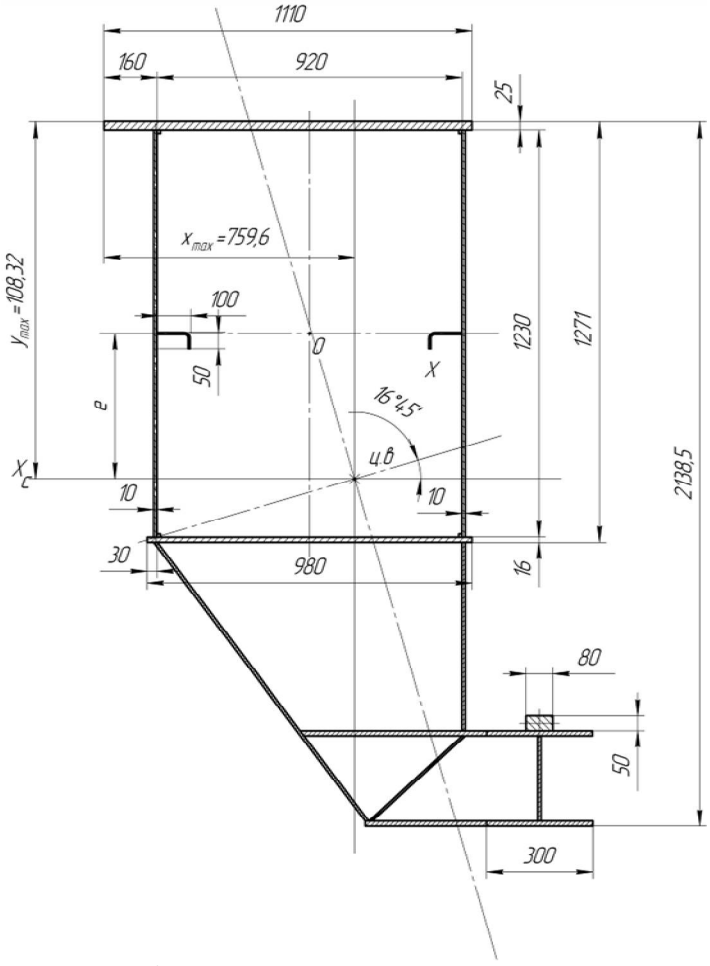


Рисунок 4,8-Геометричні характеристики перетину головної балки на лівій консолі.

Розрахунок МЦХ плоских фігур

Кількість тіл N = 11

Кількість отворів N1 = 0

Площа S = 0.112598 м2

Центр мас Xc = 0.356643м

Yc = 0.110610м

У заданій системі координат:
Осьові моменти інерції Jx = 0.068239м4
Jy = 0.032030 м4
Відцентровий момент інерції Jxy = 0.020458м4

У центральній системі координат:
Осьові моменти інерції Jx = 0.066862м4
Jy = 0.017709м4
Відцентровий момент інерції Jxy = 0.016016м4

У головній центральній системі координат:
Осьові моменти інерції Jx_c = 0.071620м4
Jy_c = 0.012950м4
Кут нахилу головних осей $\alpha = 16.45^0$
Момент опору:

$$W_{xc} = \frac{I_{xc}}{y_{\max}} = \frac{0.071620}{1,0832} = 0,07162\ м^3$$

$$W_{xc} = \frac{I_{yc}}{x_{\max}} = \frac{0.012950}{0,7596} = 0,017048\ м^3$$

4.1.6 Нормальне напруження при згині в перерізі C-C від дії навантаження:
у вертикальній площині

$$\sigma_1 = \frac{M^c{}_{\max}}{W_{xc}} = \frac{1244,452}{0,02623} = 47,44\ \text{МПа} \qquad (4.41)$$

у горизонтальній площині

$$\sigma_2 = \frac{M'^c{}_{\max}}{W_{xc}} = \frac{37,059}{0,02623} = 1,41\ \text{МПа} \qquad (4.42)$$

Нормальне напруження при згині в перерізі D-D від дії навантаження:
у вертикальній площині

$$\sigma_1 = \frac{M^d{}_{\max}}{W_{xc}} = \frac{2323,28}{0,07162} = 32,44\ \text{МПа} \qquad (4.43)$$

у горизонтальній площині

$$\sigma_2 = \frac{M'^d{}_{\max}}{W_{xc}} = \frac{44,24}{0,017048} = 2,59\ \text{МПа} \qquad (4.44)$$

4.1.7 Місцеве напруження зминання крайки вертикальної стінки під рейкою.

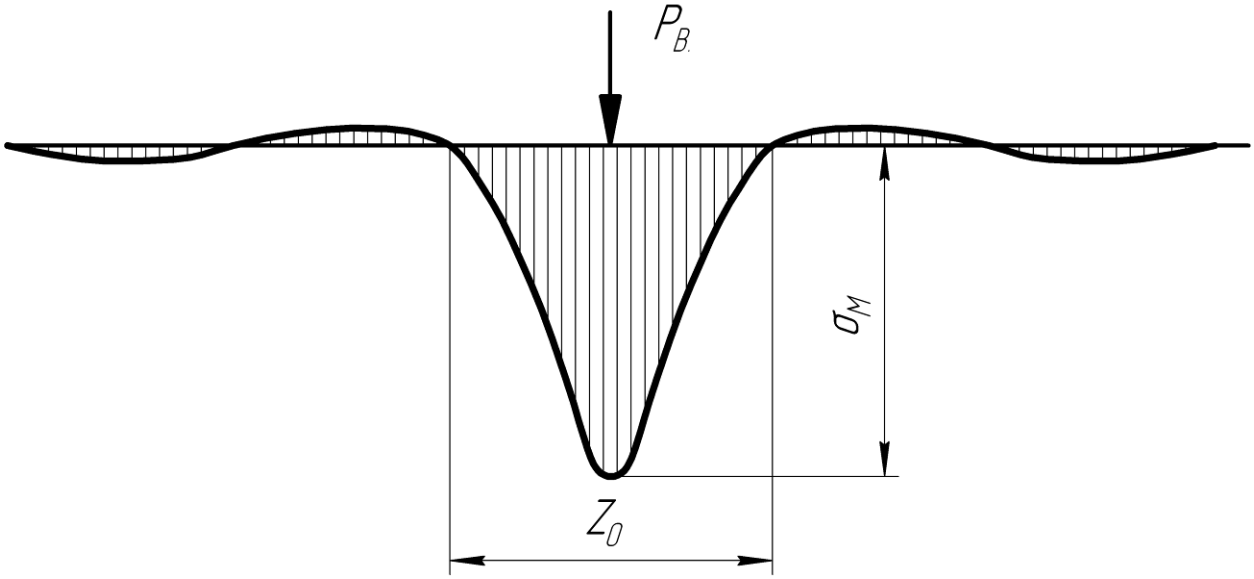


Рисунок 4.9- Загальний характер епюри тиску на стінку

$$\sigma_м = \frac{1{,}2P\gamma_c}{z\delta} \qquad (4.45)$$

де

1,2- коефіцієнт, що враховує бічні навантаження й тиск вітру;

γ_c=1,2- коефіцієнт перевантаження;

P-тиск колеса на рейку,

$P_м$=256,07 кН

$P_к$=233,27 кН

z-умовна довжина розподілу тиску від зосередженого вантажу;

$$z = c\sqrt[3]{\frac{I_п}{\delta}} \qquad (4.46)$$

c - розрахунковий коефіцієнт, для зварених балок c=3,25;

δ =1см - товщина стінки під рейкою;

$I_п$ – сума моментів інерції рейки КР 100 і частини верхнього пояса в підрейковій зоні довжиною від зовнішнього краю пояса до відстані 10-12 товщин верхнього пояса відлічуваного від осі стінки усередину балки:

$I_п = I_р + I_{в.п}$=2806 +40,36=2846,36 см^4

$$I_{в.п} = \frac{lh^3}{12} = \frac{31 \times 2{,}5^3}{12} = 40{,}36 \text{ см}^4$$

Використовуючи наведені вище формули знаходжу напруги зминання крайки вертикальної стінки балки в підрейковій зоні.

$$z = 2{,}35\sqrt[3]{\frac{2846{,}36}{1}} = 46{,}06 \text{ см} \approx 0{,}4606 \text{ м}$$

$$\sigma_{\text{м м.}} = \frac{1{,}2^2 \times 256070}{0{,}4606 \times 0{,}01} = 80{,}05 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{м к.}} = \frac{1{,}2^2 \times 233270}{0{,}4606 \times 0{,}01} = 72{,}92 \text{ МПа}$$

Так як під рейкою знаходиться пружня підкладка з малим модулем пружності, то необхідно зменшити місцеве напруження на 20%.

$\sigma_{\text{м м.}} = 80{,}5 \times 0{,}8 = 64{,}4$ МПа

$\sigma_{\text{м к.}} = 72{,}92 \times 0{,}8 = 58{,}336$ МПа

4.1.8 Перевірка міцності поясного зварного шва їздової балки.

$$\tau = \frac{Q_{max} S_n}{I_{xc}(\delta_{c1} + \delta_{c2})} \tag{4.47}$$

де

$Q_{max} = Q^d{}_{max}$ =299,085кН- перерізуюча сила у перетині D-D

$Q_{max} = Q^c{}_{max}$ =293,754 кН- перерізуюча сила у перетині С-С

S_n - статичний момент пояса

$$S_n = B \times \delta_п \frac{\delta_п}{2} = 1{,}11 \times 0{,}025 \frac{0{,}025}{2} = 0{,}000347 \text{ м}^3 \tag{4.48}$$

$I_{xc} = 0{,}071620$ м^4- момент інерції балки поперечного перерізу на консолі.

$I_{xc} = 0{,}019545$ м^4- момент інерції балки поперечного перерізу у прольоті.

Дотична сила на один метр зварного шва дорівнює

$$T = \tau \times \delta_{c1} = 0{,}261 \times 10^6 \times 0{,}01 = 2{,}61 \frac{\text{кН}}{\text{м}} \tag{4.49}$$

Нормальний вертикальний тиск на один метр зварного шва дорівнює

$$V = \frac{P_2\ \gamma_c}{z} = \frac{256{,}07 \times 10^3 \times 1{,}2}{0{,}4606} = 667 \frac{\text{кН}}{\text{м}} \tag{4.50}$$

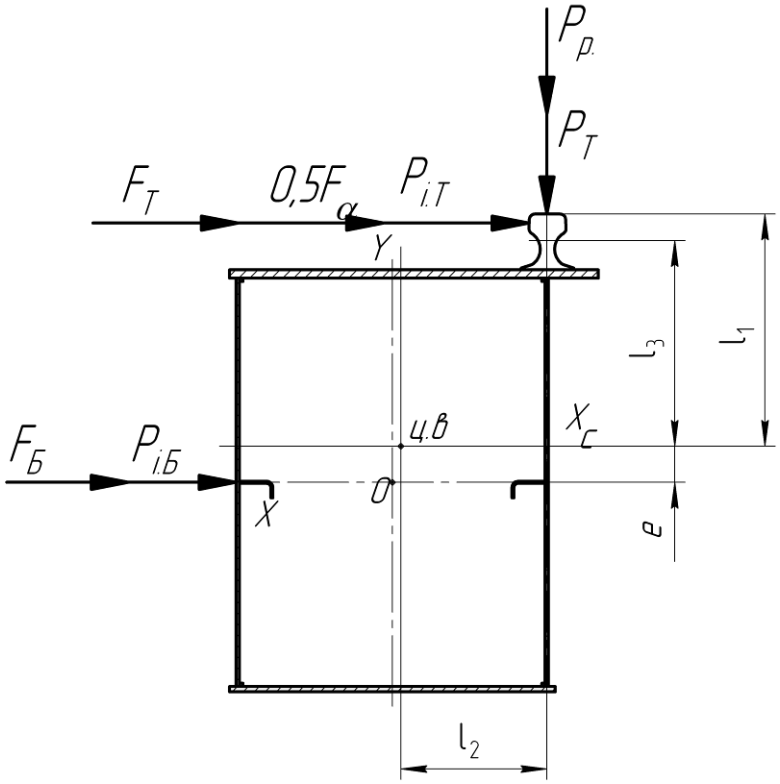
$$\tau_p = \frac{\sqrt{T^2 + V^2}}{\beta\ k} = \frac{\sqrt{2{,}61^2 + 667^2}}{1 \times 0{,}01} = 66{,}7 \text{ МПа} \tag{4.51}$$

$$\tau_1^к = \frac{299085 \times 0{,}000347}{0{,}071620 \times (0{,}01 + 0{,}01)} = 0{,}0724 \text{ мПа}$$

$$\tau_м = \frac{293754 \times 0{,}000347}{0{,}019545 \times (0{,}01 + 0{,}01)} = 0{,}261 \text{ мПа}$$

4.1.9 Визначення момента скручуваючий їздову балку в середині прольоту.

Для спрощення розрахунку скручуючого моменту розглядається ділянка їздової балки обмежена розмірами панелі $l_п$=16,75 м.



l_1=0,677 м
l_2=0,594 м
l_3=0,607 м
e =0,109 м

Рисунок 4.9-Схема до розрахунку скручуючого моменту

$$M_{скр.} = l_1(P_{I.B.} + 0{,}5F_a + F_B) + P_p(l_2 + l_3\frac{a}{g}) + P_B l_2 - e(F_Б + P_{I.Б.}) = 0{,}677(6{,}6 + 0{,}5\times 6{,}43 + 4{,}5375) +$$

$$+14{,}924(0{,}594 + 0{,}607\frac{0{,}167}{9{,}81}) + 482{,}9\times 0{,}594 - 0{,}109(4{,}79 + 1{,}926) = 300{,}6\ \frac{кН}{м}$$

де (4.52)

$P_{I.B.}$ -зосереджене інерційне поперечне навантаження в горизонтальній площині від ваги візка з вантажем при пуску крана.

$$P_{I.B.} = P_1' + P_2' = 3 + 3{,}6 = 6{,}6\ кН$$

$F_a = 6{,}43\ кН$ -горизонтальне навантаження при розгойдувані вантажу;

F_B - сила тиску вітра на вантажний візок

$$F_B = A_{11}\times q_{роб}\times C_{f11} = 16{,}5\times 0{,}25\times 1{,}1 = 4{,}5375\ кН$$

A_{11}=16,5м^2-навітрена площа візка.

$q_{роб}$ = 0,25 кН - швидкісний напір вітру залежно від типу конструкції, Н/м^2;

C_{f11}- коефіцієнт конфігурації конструкції в напрямку дії вітру;

P_p -сила ваги рейки КР100

$$P_р = q_р\times l_п = 0{,}891\times 16{,}75 = 14{,}924\ кН$$

де

$q_р$=0,891кН/м-розподілене навантаження ваги рейки;

P_B - зосереджене поперечне навантаження в вертикальній площині від

ваги візка з вантажем.

$$P_В = P_{1М} + P_{2М} = 226,83 + 256,07 = 482,9 \text{ кН}$$

$F_Б$- сила тиску вітра на їздову балку

$$F_Б = A_Б \times q_{роб} \times C_{fБ} = l_n \times H_Б \times q_{роб} \times C_{fБ} = 16,75 \times 1,271 \times 0,25 \times 0,9 = 4,79\ кН$$

$$\frac{l}{b} = \frac{16,75}{1,271} = 13,17 \qquad \frac{b}{d} = \frac{1,271}{0,98} = 1,3$$

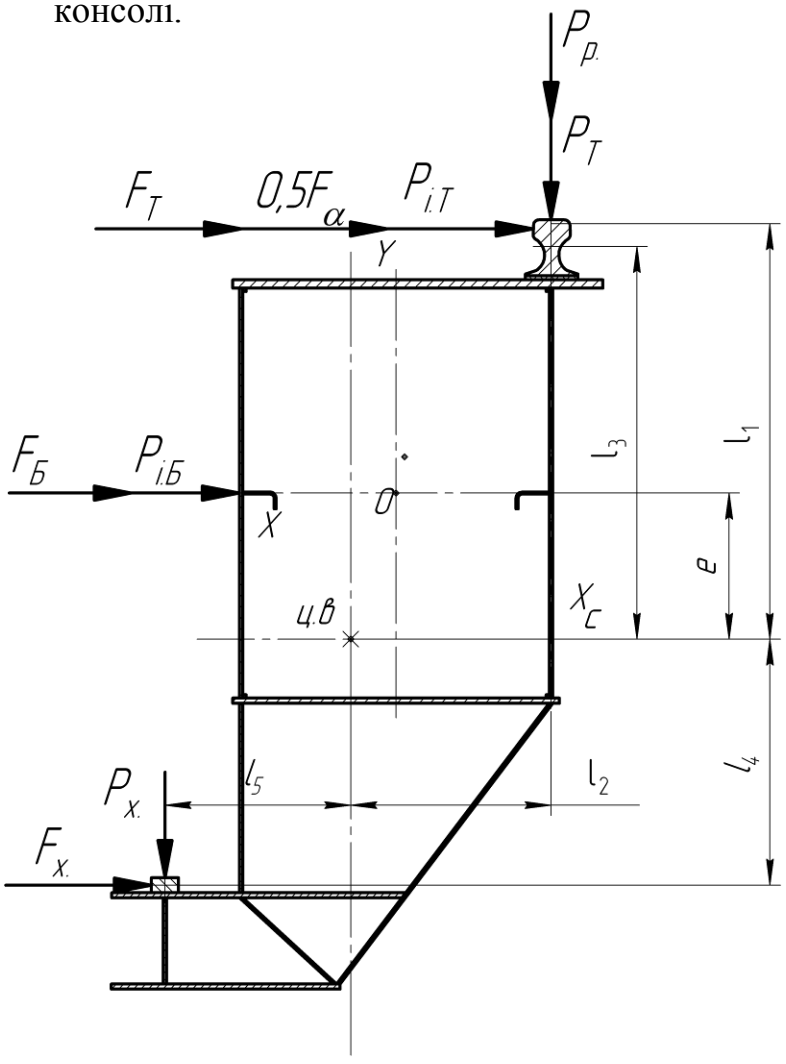
Згідно з Дод.1 $C_{fБ} \approx 0,9$

$P_{I.Б.}$ - зосереджене поперечне інерційне навантаження в горизонтальній площині, виникаюча при пуску, на балку у панелі

$$P_{I.Б.} = q_б \frac{a}{g} \times l_n = 6,776 \frac{0,167}{9,81} \times 16,75 = 1,926\ кН$$

$q_б$ = 6,77кН –розподілене навантаження балки

4.1.10 Визначення момента скручуваючий їздову балку на лівій консолі.



l_1=1,21 м
l_2=0,59 м
l_3=1,16 м
l_4=0,73 м
l_5=0,55 м
e =0,43 м

Рисунок 4.10- Схема до розрахунку скручуючого моменту

$$M_{скр.} = l_1(P_{I.B.} + 0{,}5F_a + F_B) + P_p(l_2 + l_3\frac{a}{g}) + P_B l_2 - e(F_Б + P_{I.Б.}) - P_x l_5 - F_x l_4 = 1{,}21(6{,}6 + 0{,}5 \times 6{,}43 + 4{,}5375) +$$

$$+ 14{,}924(0{,}59 + 1{,}16\frac{0{,}167}{9{,}81}) + 482{,}9 \times 0{,}59 - 0{,}43(4{,}79 + 2{,}0958) - 252{,}5 \times 0{,}55 - 4{,}298 \times 0{,}73 = 166{,}4\ \frac{кН}{м}$$

де (4.53)

$P_{I.Б.}$ - зосереджене поперечне інерційне навантаження в горизонтальній площині, виникаюча при пуску, на балку у панелі на лівій консолі

$$P_{I.Б.} = q_б \frac{a}{g} \times l_п = 7{,}35\frac{0{,}167}{9{,}81} \times 16{,}75 = 2{,}0958\ кН$$

$q_6 = 7{,}35$кН –розподілене навантаження балки на консолі

4.1.11 Визначення дотичних напружень.

Дотичні напруження виникають від дії поперечних сил і скручуючого моменту. Дотичні напруження від дії скручуючого моменту розраховуються за формулі Бредта [6]

$$\tau_2^м = \frac{M_{кр}}{W_{кр}} = \frac{M_{кр}}{2F\delta_{ст}} \qquad (4.54)$$

Де $F_м = 1{,}2505 \times 0{,}91 = 1{,}13795\ м^2$ - площа прямокутника ,обмеженого вісями, що проходять крізь середини стінок і поясів.

$F_к$=1,70655 м^2

$$\tau_2^м = \frac{300600}{2 \times 1{,}13795 \times 0{,}01} = 13{,}2\ МПа$$

$$\tau_2^к = \frac{166400}{2 \times 1{,}70655 \times 0{,}01} = 4{,}875\ МПа$$

Максимальні дотичні напруження

$$\tau^м = \tau_1^м + \tau_2^м = 13{,}2 + 0{,}0261 = 13{,}461\ МПа$$
$$\tau^к = \tau_1^к + \tau_2^к = 4{,}875 + 0{,}0724 = 4{,}9424\ МПа$$

4.1.12 Визначення напруги від місцевого вигину.

Місцевий вигин виникає внаслідок конструктивних особливостей і специфічно діючих навантажень]:

- горизонтальних впливів візка на рейку;
- несиметричності плями контакту між колесом і головкою рейки й між підошвою рейки й верхнім поясом;
- зсуву рейки в плані щодо осі стінки;
- початкових й інших недосконалостей й інших причин, що роблять незначну дію.

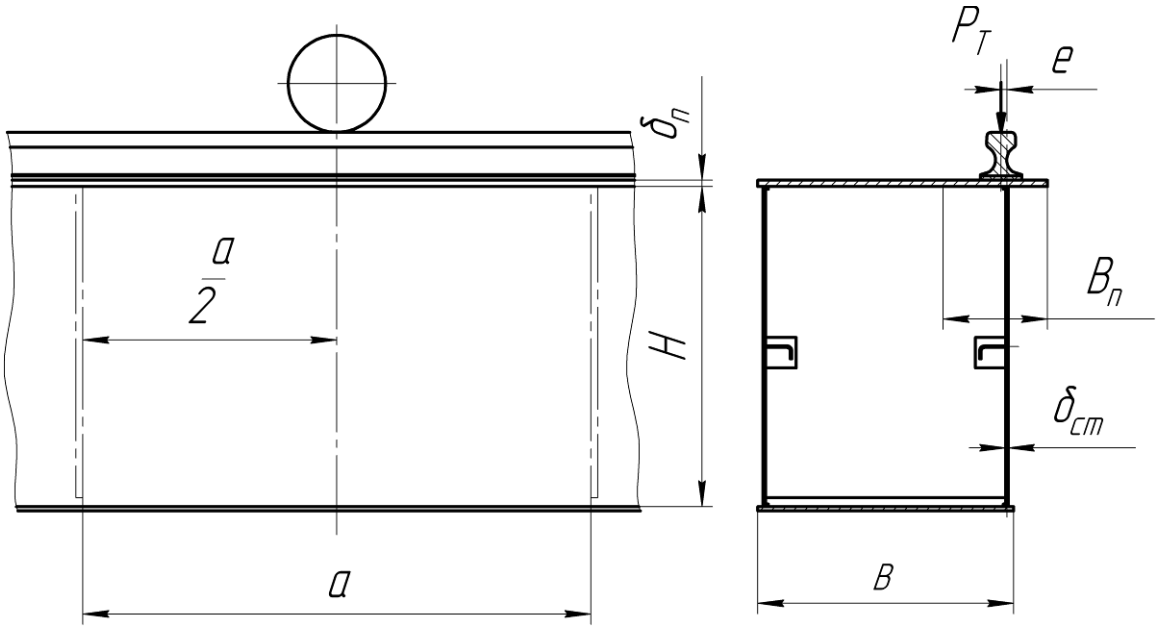


Рисунок 4.11-Схема завантаження головної балки з ексцентриситететом.

Напруга від місцевого вигину:

$$\sigma_{И} = \frac{6M}{\delta_{ст}^2} \qquad (4.55)$$

де

M- максимальне значення діючі на одиницю довжини стінки згинального моменту.

По І.М. Одіну [8]:

$$M = \frac{2{,}5 \times \gamma \times P \times e}{a + \frac{4\varphi}{\delta_{ст}^3}(I_к^р + I_к^п)} \qquad (4.56)$$

де

P=256,07кн-сила тиску колеса візка на рейку;

e=1см - ексцентриситет осі рейки щодо осі стінки;

φ =1,066- коефіцієнт, що залежить від H/a;

a=200см- відстань між діафрагмами;

$I_к^р$=396,57см^4-момент інерції крутіння рейки КР 100;

$I_к^п$ - момент інерції крутіння пояса

$$I_к^п = h^3 \times b_п \times К_З = 2{,}5^3 \times 31 \times 0{,}333 = 161{,}3 \text{ см}^4 \qquad (4.57)$$

де

$К_З$=0,333-коефіцієнт для розрахунку прямокутних перетинів на крутіння[10]

По середині прольоту моста

$$M = \frac{2,5 \times 1,2 \times 256070 \times 1}{200 + \frac{4 \times 1,066}{1^3}(396,57 + 161,3)} = 297,80 \frac{Нсм}{см} = 2,978 \frac{Нм}{м}$$

$$\sigma_И = \frac{6 \times 2,978}{0,01^2} = 0,1787 \text{ МПа}$$

На лівій консолі

$$M = \frac{2,5 \times 1,2 \times 233270 \times 1}{200 + \frac{4 \times 1,066}{1^3}(396,57 + 161,3)} = 271,28 \frac{Нсм}{см} = 2,7128 \frac{Нм}{м}$$

$$\sigma_И = \frac{6 \times 2,7128}{0,01^2} = 0,1628 \text{ МПа}$$

4.1.13 Перевірка умови міцності

$$\sigma_{роз} = \sqrt{\sigma_x{}^2 + \sigma_y{}^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau^2} \le [\sigma] \quad [МПа] \qquad (4.58)$$

$$\sigma^{м}{}_{роз} = \sqrt{47,44^2 + 1,41^2 - 47,44 \times 1,41 + 3 \times 13,461^2} = 52,2 \le [\sigma] = 163,35$$

$$\sigma^{к}{}_{роз} = \sqrt{32,44^2 + 2,59^2 - 32,44 \times 2,59 + 3 \times 4,9424^2} = 32,38 \le [\sigma] = 163,35$$

4.2 Розрахунок їздової балки на опір втоми і довговічність.

4.2.1 Теоретичні відомості

Розрахунки на опір втоми (циклічну міцність) та на втомну довговічність є розрахунками на міцність при напруженнях**,** змінних за часом, які проводяться за навантаженнями першого розрахункового випадку Іа,Ів. Граничним розрахунковим напруженням є межа витривалості σ_{RK}, яка визначається з урахуванням коефіцієнту асиметрії циклу $R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$ і ефективного коефіцієнту концентрації напруження К. Значення $\sigma_{RK} = \sigma_{max}$ можна визначити осцилографічним графіком (Рисунок 4.12 б) або розрахунком. Характеристиками циклів є: σ_{max}, σ_{min} - максимальні і мінімальні напруження ;

$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$ - середнє напруження

$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$ - амплітуда напруження циклу;

Найбільш небезпечним з точки зору втомного руйнування є. симетричний цикл σ_{-1K} (РИСУНОК, 4.12 а) у якого коефіцієнт асиметрії циклу

$$R = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} = -1 \qquad (4.59)$$

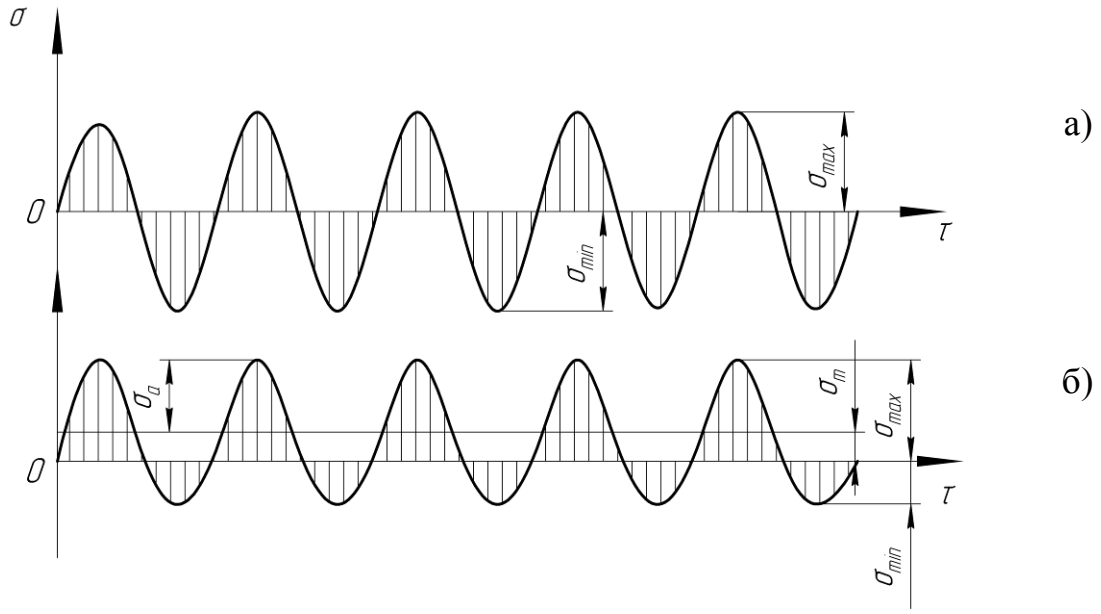


Рисунок 4.12 – Цикли змінних напружень

Металеві конструкції вантажопідйомних кранів при експлуатації наражаються на дію змінних напружень які через певну кількість циклів $Z_б$ і призводять до втомного руйнування. Дослідженнями встановлено закон лінійного накопичення пошкоджень, критична кількість яких призводить до виникнення втомних тріщин або руйнування елементу металоконструкцій. Кожний цикл змінних напружень має свою межу витривалості σ_{RK} - це найбільше напруження циклу, безкінечна дія якого не буде причиною руйнування. Вважається, що коли руйнування не відбувається при Zб числі циклів (базовому числі циклів), то руйнування не буде і при подальшій експлуатації. Найбільше напруження циклу, яке при базовому числі циклів ще не викликає руйнування є межею витривалості σ_{RK} з коефіцієнтом асимет- рії R. і ефективним коефіцієнтом концентрації К.

При цьому встановлено, якщо коефіцієнт К<2,0, межа витривалості дося- гається при числі циклів змінних напружень $N_б=2\times10^6$, а коли К≥2,0 – при Nб=5×10

Кожна марка сталі має свою характерну криву втоми, прикладякої в лагаріфмічних координатах наведено на рисунку 4.13

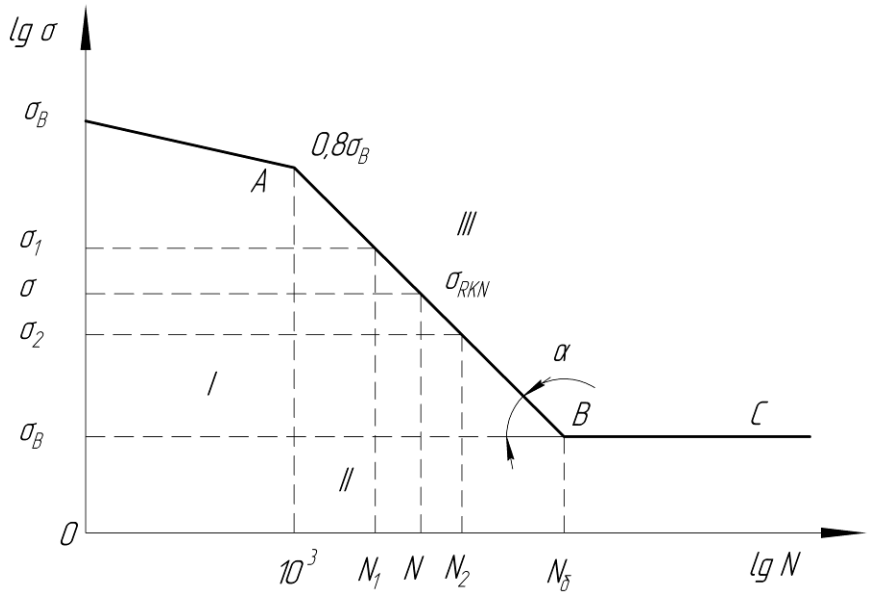


Рисунок 4.13 - Крива втоми. в логаріфмічних координатах
Рівняння кривої втоми можна виразити у вигляді

$$\sigma_i^m N = const \qquad (4.60)$$

де

m=ctg α- показник ступені кривої втоми.

На рис.4.13 зображено: I - зона обмеженої витривалості, II – зона необме - жненої витривалості, III- зона втомного руйнування.

В першому наближенні для металевих конструкцій як з вуглецевих, так і низколегованих сталей ,для яких σ_{-1K} можна приймати

$$m \times k \approx const \approx 12 \qquad (4.61)$$

В реальних умовах експлуатації металоконструкція потерпає від дії нестаціонарних навантажень з нерівними асиметріями циклів. Кожний цикл вносить свою долю пошкоджень металоконструкції. Лінійна сума пошкод - жень від різних циклів може бути також і від еквівалентного стаціонарного циклу. Таким циклом з еквівалентними напруженнями прийнято вважати симетричний цикл. Як видно основна задача зводиться до приведення нестаціонарних циклів напружень до напружень еквівалентного пошкодженням симетричного циклу.

$$\sigma_{-1Kекв} = \frac{\sigma_{-1K}}{\sigma_{RK}} \sigma_i \qquad (4.62)$$

де

σ_{-1K} - межа витривалості при симетричному циклі;

σ_{RK} - межа витривалості при коефіцієнті асиметрії R.:

σ_i - напруження і-ої пупені гістограми напружень.

4.2.2Розрахунок

Для інтенсивно працюючих кранів характерні втомні ушкодження головних балок. Вразливими місцями головної балки вугільного перевантажувача-є точки 1,2,3,4 зазначені на рисунку 4.14. Найбільш небезпечне місце - зварний

шов з'єднуючий стінку з верхнім поясом, над яким встановлена рейка. На рисунку 4,14 цей шов визначений 3-м.

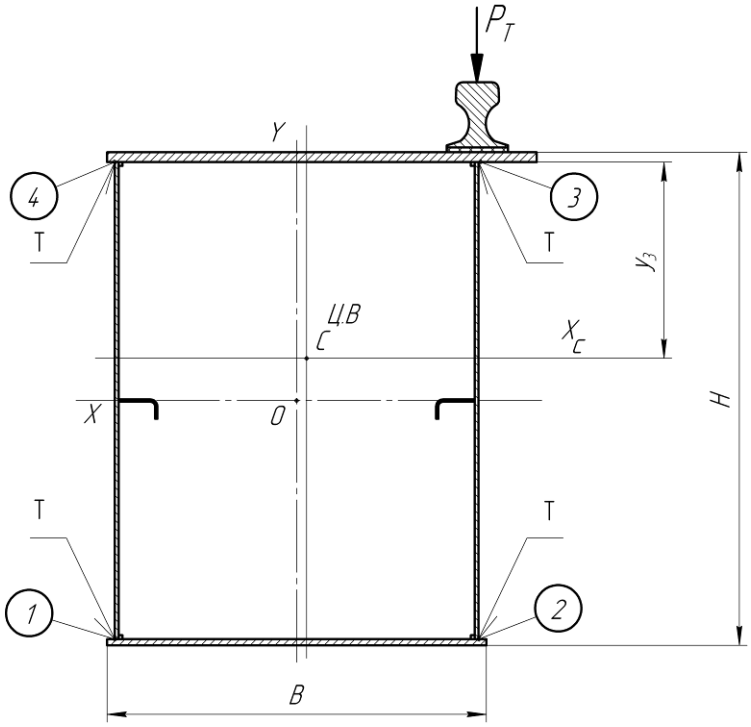


Рисунок 4.14- Схема головної балки для розрахунку на втому

Визначаю максимальні напруження від згину в точки 3:
-в середині прольоту

$$\sigma^{c}_{MAX} = \frac{M^{c}_{max}}{W_{X3}} = \frac{1244452}{0,03892} = 31,975 \text{ МПа} \qquad (4.64)$$

$$\sigma^{c}_{MIN} = \frac{M^{c}_{min}}{W_{X3}} = \frac{379707,3}{0,03892} = 9,76 \text{ МПа} \qquad (4.65)$$

-на лівий консолі

$$\sigma^{d}_{MAX} = \frac{M^{d}_{max}}{W_{X3}} = \frac{2323280}{0,06768} = 34,32 \text{ МПа}$$

$$\sigma^{d}_{MIN} = \frac{M^{d}_{min}}{W_{X3}} = \frac{1413340}{0,06768} = 20,88 \text{ МПа}$$

де

W_{X3} - момент опору перетину балки у точці 3

$$W^{м}_{X3} = \frac{I_{XC}}{y_3} = \frac{0,0195245}{0,50161} = 0,03892 \ м^3$$

$$W^{к}_{X3} = \frac{I_{XC}}{y_3} = \frac{0,071620}{1,0582} = 0,06768 \ м^3$$

M^{c}_{max} і M^{d}_{max} - згинаючі момент головної балки від дії візка (Таблиця 4.8)

M^{c}_{min} і M^{d}_{min} - згинаючі момент головної балки від власної ваги

$$M^{c}_{min} = M^{c}_{max} - P1 - P2 = 1244,452 - 164,9054 - 699,8393 = 379,707 \text{ кН}$$

$$M^{d}_{min} = M^{d}_{max} - P1 - P2 = 2323{,}28 - 209{,}8968 - 700{,}0433 = 1413{,}34 \text{ кН}$$

3 По таблицям(Додаток.6) для низько легованої сталі 09Г2С,з якої виготовлено балку, визначаю σ_{RK} -для R= 0 і R= - 1 при заданому коефіцієнт К=3,2(Додаток7).

σ_{RK}= -105 МПа - для R= 0

σ_{RK}= 44 МПа - для R= -1

4. Приведення напружень σ_{MAX} і σ_{MIN} до еквівалентних напружень симетричного циклу

1.Від згину

- в середині прольоту

$$\sigma_{-1e1} = \frac{\sigma_{-1K}}{\sigma_{RK}} \sigma^{c}_{MAX} = \frac{40{,}6}{97} \times 31{,}975 = 13{,}4 \text{ МПа} \quad (4.66)$$

$$\sigma_{-1e2} = \frac{\sigma_{-1K}}{\sigma_{RK}} \sigma^{c}_{MIN} = \frac{40{,}6}{97} \times 9{,}76 = 1{,}2 \text{ МПа} \quad (4.67)$$

- на лівий консолі

$$\sigma_{-1e1} = \frac{\sigma_{-1K}}{\sigma_{RK}} \sigma^{d}_{MAX} = \frac{40{,}6}{97} \times 34{,}32 = 14{,}36 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{-1e2} = \frac{\sigma_{-1K}}{\sigma_{RK}} \sigma^{d}_{MIN} = \frac{40{,}6}{97} \times 20{,}88 = 8{,}74 \text{ МПа}$$

За Додатком 5. визначаю межу витривалості при симетричному циклі і межу витривалості при коефіцієнті асиметрії R=3,2

$$\sigma_{-1K} = \frac{\sigma_{B}}{520} \sigma_{RK} = \frac{480}{520} \times 44 = 40{,}6 \text{ МПа} \quad (4.68)$$

$$\sigma_{RK} = \frac{\sigma_{B}}{520} \sigma_{RK} = \frac{480}{520} \times 105 = 97 \text{ МПа} \quad (4.69)$$

2 Для дотичних напружень:

$$\sigma_{-1e3} = \frac{\sigma_{-1K}}{\sigma_{RK}} \tau^{м} = \frac{40{,}6}{97} \times 13{,}461 = 5{,}63 \text{ МПа} \quad (4.70)$$

$$\sigma_{-1e3} = \frac{\sigma_{-1K}}{\sigma_{RK}} \tau^{к} = \frac{40{,}6}{97} \times 4{,}9424 = 2{,}07 \text{ МПа} \quad (4.71)$$

3 Для місцевого напруження:

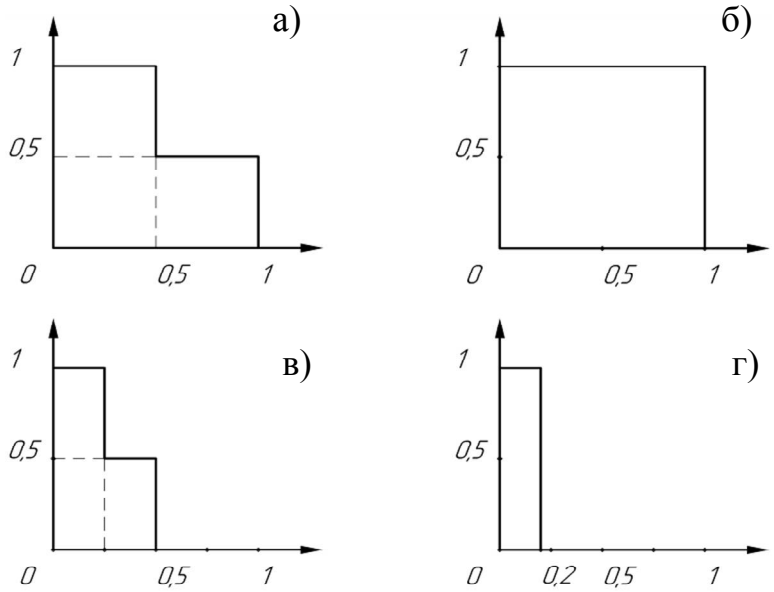
$$\sigma_{-1e4} = \frac{\sigma_{-1K}}{\sigma_{RK}} \sigma_{м.м} = \frac{40{,}6}{97} \times 64{,}4 = 27 \text{ МПа} \quad (4.72)$$

$$\sigma_{-1e4} = \frac{\sigma_{-1K}}{\sigma_{RK}} \sigma_{м.к} = \frac{40{,}6}{97} \times 58{,}336 = 24{,}4 \text{ МПа} \quad (4.73)$$

4 Для напруження місцевого згину:

$$\sigma_{-1e5} = \frac{\sigma_{-1K}}{\sigma_{RK}} \sigma_{м.м} = \frac{40{,}6}{97} \times 0{,}1787 = 0{,}0748 \text{ МПа} \quad (4.74)$$

$$\sigma_{-1e5} = \frac{\sigma_{-1K}}{\sigma_{RK}} \sigma_{м.к} = \frac{40{,}6}{97} \times 0{,}1628 = 0{,}068 \text{ МПа} \quad (4.75)$$



4.15 Діаграма напружень від окремих навантажень у відносних одиницях

5. Обчислити параметри і побудувати сумарну гістограму нестаціонарних напружень середнього перетину балки рисунок 4.16

Обчислення ступенів гістограми

- в середині прольоту

$\sigma_1 = \sigma_{-1e1} + \sigma_{-1e2} + \sigma_{-1e3} + \sigma_{-1e4} + \sigma_{-1e5} = 13,4 + 1,2 + 5,6327 + 27 + 0,0748 = 47,3$ МПа

$\sigma_2 = \sigma_{-1e1} + \sigma_{-1e2} + \sigma_{-1e3} = 13,4 + 1,2 + 5,6327 + 0,0748 = 20,3$ МПа

$\sigma_3 = \sigma_{-1e1} + \sigma_{-1e2} + 0,5\sigma_{-1e3} + \sigma_{-1e4} + \sigma_{-1e5} = 13,4 + 1,2 + 0,5 \times 5,6327 + 27 + 0,0748 = 44,5$ МПа

$\sigma_4 = \sigma_{-1e1} + \sigma_{-1e2} + 0,5\sigma_{-1e3} = 13,4 + 1,2 + 0,5 \times 5,6327 = 17,42$ МПа

$\sigma_5 = \sigma_{-1e1} + \sigma_{-1e2} + \sigma_{-1e4} + \sigma_{-1e5} = 13,4 + 1,2 + 27 + 0,0748 = 41,675$ МПа

$\sigma_6 = \sigma_{-1e1} + \sigma_{-1e2} = 13,4 + 1,2 = 14,6$ МПа

$\sigma_7 = 0,5\sigma_{-1e1} + \sigma_{-1e2} + \sigma_{-1e3} + \sigma_{-1e4} + \sigma_{-1e5} = 0,5 \times 13,4 + 1,2 + 5,6327 + 27 + 0,0748 = 40,6$ МПа

$\sigma_8 = 0,5\sigma_{-1e1} + \sigma_{-1e2} + \sigma_{-1e3} = 0,5 \times 13,4 + 1,2 + 5,6327 = 13,53$ МПа

$\sigma_9 = 0,5\sigma_{-1e1} + \sigma_{-1e2} + 0,5\sigma_{-1e3} + \sigma_{-1e4} + \sigma_{-1e5} = 0,5 \times 13,4 + 1,2 + 0,5 \times 5,6327 + 27 + 0,0748 = 37,79$ МПа

$\sigma_{10} = 0,5\sigma_{-1e1} + \sigma_{-1e2} + 0,5\sigma_{-1e3} = 0,5 \times 13,4 + 1,2 + 0,5 \times 5,6327 = 10,71$ МПа

$\sigma_{11} = 0,5\sigma_{-1e1} + \sigma_{-1e2} + \sigma_{-1e4} + \sigma_{-1e5} = 0,5 \times 13,4 + 1,2 + 27 + 0,0748 = 34,97$ МПа

$\sigma_{12} = 0,5\sigma_{-1e1} + \sigma_{-1e2} = 0,5 \times 13,4 + 1,2 = 7,9$ МПа

- на лівий консолі

$\sigma_1 = \sigma_{-1e1} + \sigma_{-1e2} + \sigma_{-1e3} + \sigma_{-1e4} + \sigma_{-1e5} = 14,36 + 8,74 + 2,07 + 24,4 + 0,068 = 49,638$ МПа

$\sigma_2 = \sigma_{-1e1} + \sigma_{-1e2} + \sigma_{-1e3} = 14,36 + 8,74 + 2,07 = 25,17$ МПа

$\sigma_3 = \sigma_{-1e1} + \sigma_{-1e2} + 0,5\sigma_{-1e3} + \sigma_{-1e4} + \sigma_{-1e5} = 14,36 + 8,74 + 0,5 \times 2,07 + 24,4 + 0,068 = 48,6$ МПа

$\sigma_4 = \sigma_{-1e1} + \sigma_{-1e2} + 0,5\sigma_{-1e3} = 14,36 + 8,74 + 0,5 \times 2,07 = 12,585$ МПа

$\sigma_5 = \sigma_{-1e1} + \sigma_{-1e2} + \sigma_{-1e4} + \sigma_{-1e5} = 14,36 + 8,74 + 24,4 + 0,068 = 47,568$ МПа

$\sigma_6 = \sigma_{-1e1} + \sigma_{-1e2} = 14,36 + 8,74 = 23,1$ МПа

$$\sigma_7 = 0{,}5\sigma_{-1e1} + \sigma_{-1e2} + \sigma_{-1e3} + \sigma_{-1e4} + \sigma_{-1e5} = 0{,}5 \times 14{,}36 + 8{,}74 + 2{,}07 + 24{,}4 + 0{,}068 = 42{,}458 \text{ МПа}$$

$$\sigma_8 = 0{,}5\sigma_{-1e1} + \sigma_{-1e2} + \sigma_{-1e3} = 0{,}5 \times 14{,}36 + 8{,}74 + 2{,}07 = 17{,}99 \text{ МПа}$$

$$\sigma_9 = 0{,}5\sigma_{-1e1} + \sigma_{-1e2} + 0{,}5\sigma_{-1e3} + \sigma_{-1e4} + \sigma_{-1e5} = 0{,}5 \times 14{,}36 + 8{,}74 + 0{,}5 \times 2{,}07 + 24{,}4 + 0{,}068 = 41{,}423 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10} = 0{,}5\sigma_{-1e1} + \sigma_{-1e2} + 0{,}5\sigma_{-1e3} = 0{,}5 \times 14{,}36 + 8{,}74 + 0{,}5 \times 2{,}07 = 16{,}955 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{11} = 0{,}5\sigma_{-1e1} + \sigma_{-1e2} + \sigma_{-1e4} + \sigma_{-1e5} = 0{,}5 \times 14{,}36 + 8{,}74 + 24{,}4 + 0{,}068 = 40{,}388 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12} = 0{,}5\sigma_{-1e1} + \sigma_{-1e2} = 0{,}5 \times 14{,}36 + 8{,}74 = 15{,}92 \text{ МПа}$$

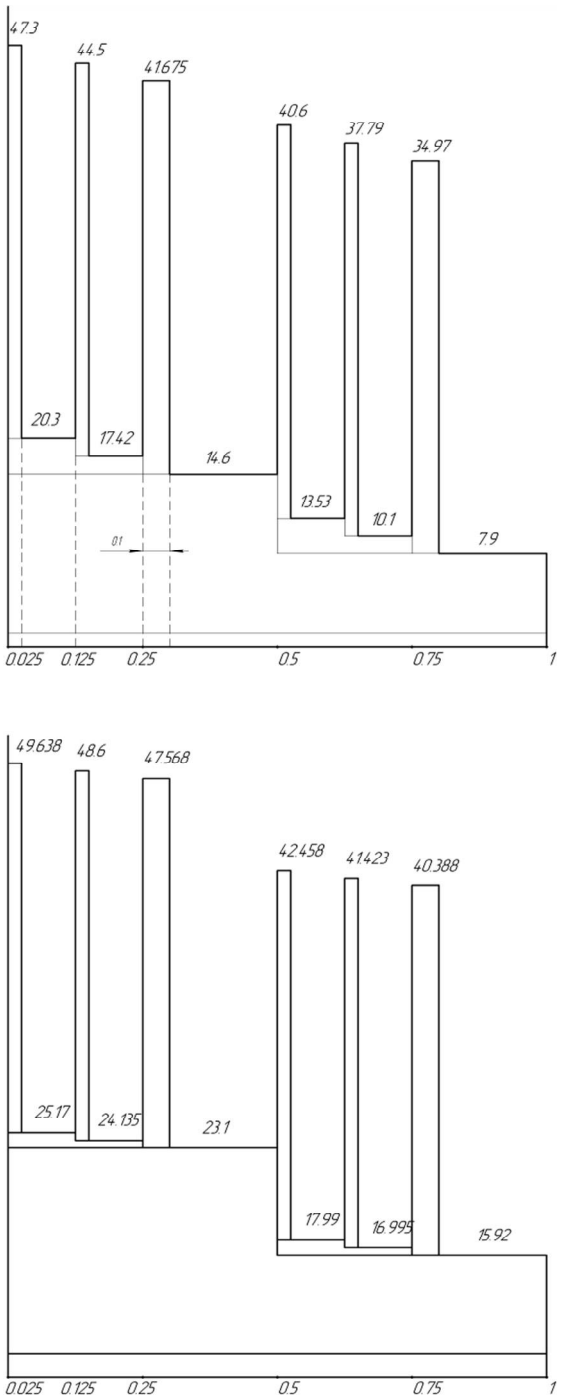


Рисунок 4.16 - Сумарна гістограма нестаціонарних напружень

6. Обчислення приведеного напруження $\sigma_{пр.}$ стаціонарного циклу еквівалентного по пошкодженням нестаціонарним напруженням сумарної гістограми

$$\sigma_{пр} = \sqrt[m]{\sum_{i}^{k} \sigma_i^m \frac{Z_i}{\sum Z_i}} \qquad (4.76)$$

$$\sigma^{м}_{пр} = \sqrt[4,3]{47,3^{4,3} \times 0,025 + 20,3^{4,3} \times 0,1 + 44,5^{4,3} \times 0,025 + 17,42^{4,3} \times 0,1 + 41,675^{4,3} \times 0,05} +$$

$$\sqrt[4,3]{14,6^{4,3} \times 0,15 + 40,6^{4,3} \times 0,025 + 13,53^{4,3} \times 0,1 + 37,79^{4,3} \times 0,025 + 10,71^{4,3} \times 0,1 + 34,97^{4,3} \times 0,05 + 7,9^{4,3} \times 0,15} = 28,6 \text{ МПа}$$

$$\sigma^{м}_{пр} = \sqrt[4,3]{49,638^{4,3} \times 0,025 + 25,17^{4,3} \times 0,1 + 48,6^{4,3} \times 0,025 + 24,135^{4,3} \times 0,1 + 47,568^{4,3} \times 0,05} +$$

$$\sqrt[4,3]{23,1^{4,3} \times 0,15 + 42,458^{4,3} \times 0,025 + 17,99^{4,3} \times 0,1 + 41,423^{4,3} \times 0,025 + 16,955^{4,3} \times 0,1 + 40,388^{4,3} \times 0,05 + 15,92^{4,3} \times 0,15}$$

$= 32,1$ МПа

де

m=4,3- показник ступені кривої втоми;

7. Визначення несучої здатності визначеної точки металоконструкції балки.

$$R = \frac{m_k \sigma_{-1KN} K_0}{K_M} = \frac{0,9 \times 40,6 \times 0,9}{1,1} = 29,896 \text{ МПа} \qquad (4.77)$$

де

$m_k = m_1 \times m_2 \times m_3 = 0,9$ - коефіцієнт умов роботи;

к=0,9 - коефіцієнт однорідності по випробувань на втому;

$к_м$- коефіцієнт надійності по металу; к=1,1 - для низьколегованої сталі;

8, Порівняти приведене напруження з несучою здатністю

$$\sigma_{пр} \le R \qquad (4.78)$$

визначити запас витривалості

$$n^{м}_{д} = \frac{R}{\sigma_{пр}} = \frac{29,896}{28,6} = 1,045 \ge 1$$

$$n^{к}_{д} = \frac{R}{\sigma_{пр}} = \frac{29,896}{32,1} = 0,931 < 1$$

4.3 Висновок

Був проведень перевірочний розрахунок складається з розрахунку на міцність і втому пролітних балок для небезпечних перерізів
- на лівій консолі перетин D-D;
- посередині прольоту перетин С-С;
і найбільш вразливого місця в перетині.

Після проведення розрахунків на втому були виявленні недоліки конструкції пролітної балки, що можливо до приведення аварійного стану крану.

Вразливим місцем перетину пролітної балки є зварний шов з'єднуючий стінку з верхнім поясом. Як показала практика в цьому місці найбільш частіше з'являються тріщини. Багато робіт присвячено дослідженням підкранових балок, які як конструктивно, так і за умовами навантаження подібні з описаною конструкцією. Тріщини у зварених швах підкранових балок відзначалися як основна причина дефекації на заводах ФРН, Польщі, Англії, США й ін. країн. Згідно [13], на частку тріщин у зварених швах доводиться близько 80 % ушкоджень
(табл. 4.9).

Таблиця 4.9 - Співвідношення кількості тріщин у поясних швах і стінках балок [13].

	Обстежено			Кількість тріщин		
	Цехів	Балок			У тому числі	
		шт.	м.	Усього	У поясних швах	В основному металі стінок
1	32	1239	9937	782 100	617 79	164 21
2	-	672	4992	283 100	231 81,6	52 18,4

Примітки: 1. У п. 1 наведені результати обстеження виконані переважно А. Б. Патрикєєвим; у п. 2 узагальнені дані отримані в ЦНИИПСК, Укр. ПСК і З ім. Е. О. Патона.
2. У чисельнику кількість тріщин у штуках, у знаменнику в процентах.

З огляду на, що самі ці тріщини є вогнищами вторинних руйнувань вони є причиною ще більшої кількості ушкоджень.

Причина виникнення тріщини – великі місцеві напруження стиску.

5 РЕКОМЕНДАЦІЇ

Для зменшення можливості виникнення тріщини необхідно зменшити вплив місцевого напруження стиску. Існує багато методів зменшення місцевого напруження стиску ,але як показала практика набіл ефективніші є метод встановлення стовщених ділянок стінки Рисунок 5.1 і метод Т-образних елементів.[11]

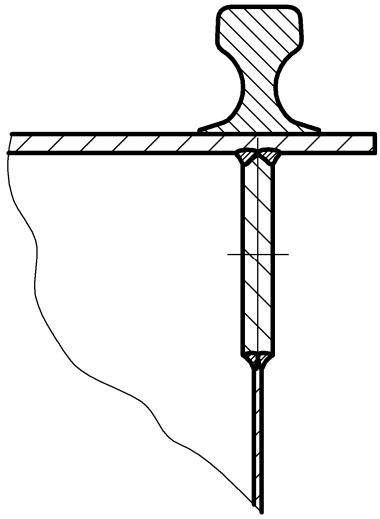


Рисунок 5.1 Встановлення стовщених ділянок стінки.

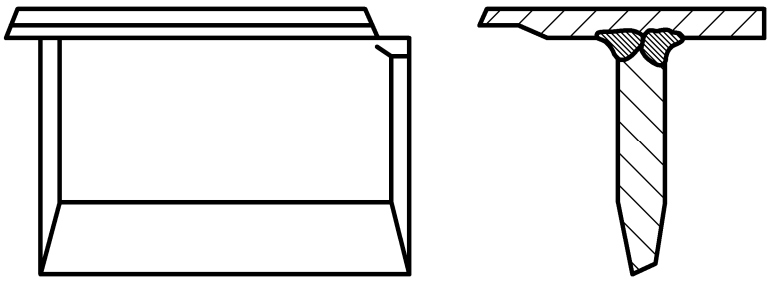


Рисунок 5.2 Т-образний елемент.

Метод Т-образних елементів полягає в наступному: в умовах цеху виготовляють з'єднання частини верхнього пояса 8=30 мм зі стінкою 5=50 мм. Оброблення крайок двостороння механічна, зварювання в нижнім положенні з наступним ультразвуковим контролем, що легко дозволяють виявити не провар У поясного шва необхідно забезпечити ввігнуту форму. Для збільшення твердості встановлені ребра. В існуючої балки зрізують частина верхнього пояса й стінки й установлюють Т - образний елемент. На конструкції зварюють лише стикові шви стінки й пояса. По вимогах технології Т — образні елементи мають довжину порядку чотирьох метрів, тому в прольоті їх є кілька штук; стикові шви стінки й пояси їх рознесені (Рисунок 5.2). Як треба з формул (1) -(4), обидва види напруг знижуються . Тому що збільшено товщину пояса й стінки, то змінюються відразу кілька величину формулах.

6. МОНТАЖ ПЕРЕВАНТАЖУВАЧА

1. ВІДКРИТТЯ МОНТАЖНОЇ ПЛОЩАДКИ
2. СКЛАДУВАННЯ ВУЗЛІВ КРАНА Й ОЧИЩЕННЯ МОНТАЖНОЇ ПЛОЩАДКИ
3. МАРКУВАННЯ СКЛАДАЛЬНОГО МІСЦЯ КРАНА

- Маркірувати (керном і фарбою) осьову лінію крана на рейках підкранової колії в кожному кінці
- Спочатку осьова лінія маркірується на рейках з боку твердої опори. Відтіля осьова лінія за допомогою теодоліта переноситься на рейки з боку гнучкої опори, повертаючи на 90°.
- Місця ходових візків на рейках визначаються шляхом виміру по оцінках осьових ліній крана.

4. Підготовка місця монтажу

- Заповнити вугіллям місце монтажу, вирівняти, виконати можливі розтяжні крапки.
- Щільно втрамбувати підстава, заповнена вугіллям.

5. Установка ходових візків твердої опори й обпирання на рейки.
6. Установка кінцевої балки твердої опори й обпирання на ходові візки
7. Установка ходових візків з боку гнучкої опори й обпирання на рейки.
8. Установка кінцевої балки з боку гнучкої опори й обпирання на ходові візки

E1.E7 Прокладка кабелів на кінцях ходового візка й злектросоединения ходових візків.

9. Устоновить і приварити
10. Виконати підстава для зборки моста

Установити верхні кінці опорних стійок на ту ж оцінку з нижніми поверхнями головних балок.

11. Підняти блоки 3 й 4 головні балки на складальну підставу

- Установити блоки паралельно відносно один одного й осьової лінії крана.
- Положення блоків у поздовжньому напрямку відносно один одного перевіряється за допомогою перехресного виміру, наприклад по осьових лініях пілонів " з " й " b ".

12. Установити й прихопити зварюванням пілони " з " й " b "
13. Установити й прихопити зварюванням блоки 1 й 2 кінцеві балки.
14. Установити й прихопити зварюванням кінцеву коробку 9 між блоками 1 й 2.
15. Установити й прихопити зварюванням пілон "А"
16. Приступитися до зварювання з'єднань блоків, зазначених у пунктах п. 11-14.
17. Приступитися до зварювання з'єднань між блоками 1 й 3, 2 й 4 нижні коробки кінцевої балки. Почати також зварювання пілонів "З" й "D" Ь

18. Установити й прихопити зварюванням блоки 5 й 6 нижньої коробки головної балки.
19. Установити й прихопити зварюванням пілони " D " й "E"
20. Установити й прихопити зварюванням блоки нижньої коробки головної балки 7 й 8.
21. Установити й прихопити зварюванням кінцеву коробку 10 між блоками 7 й 8, а також пілони F й G.
22. Виконати зварювання нижньої коробки головної балки 3 й 5, 4 й 6, 5 й 7, а також 6 й 8.Приварити стики пілонів D, E, F й G. Приварити стики між блоками нижньої коробки головної балки 7-8 і кінцевої коробки 10.
23. Після завершення всіх зварювальних з'єднань, зазначених у пунктах у п. 16,17 й 22, установлюються ходові рейки візка на нижніх коробках головної балки.
24. Підняти монтажні до пілонів E, C и D на рейках нижніх коробок головної балки з боку твердої опори.
25. Підняти блоки 11,Л,61иН1 моста головної балки верхньої коробки на монтажні стійки й прихопити зварюванням сполучні стики И - G1 і Л -Н1.
26. Виконати зварювання з'єднань І1-G1 і Л - Н1.
27. Установити й прихопити зварюванням вертикальні розкоси, (ОР32) між блоками И, Л, 61, Н1 верхньої коробки й нижніх коробок кінцевої балки
28. Установити й прихопити зварюванням праворуч горизонтальні розкоси, що йдуть ліворуч, Х між верхніми коробками.
29. Виконати зварювання розкосів, зазначених у пунктах 27 - 28.
30. Пересунути середню монтажну стійку до пілона В з боку твердої опори.
31. Установити й зварити горизонтальний розкіс, В, (ОР34) між блоками Н1 - И верхньої коробки. Установити й прихопити розкіс Z, (-ОР35) між пілоном D і верхньою аркою
32. Підняти блоки верхньої коробки Е1 й F1 моста головної балки на монтажні стійки й прихопити з'єднання між блоками Е1 - G1 иР1-Н1.
33. Виконати зварювання з'єднань G1 - E1 й D1 - F1.
34. Установити й прихопити зварюванням вертикальні розкоси, -ОР32) між блоками Е1, F1 верхньої коробки й нижніх коробок головної балки, (2 шт. / Бік).
35. Установити й прихопити зварюванням идущий ліворуч праворуч, (Х), горизонтальний розкіс між верхніми коробками.
36. Виконати зварювання розкосів, зазначених у пунктах у пунктах 33-35.

37. Пересунути середню монтажну стійку від пілона С к пілону А, а також монтажну стійку

38. Установити й зварити горизонтальний розкіс Y, (ОР34), між блоками G1-F1 верхньої коробки.

39. Підняти блоки А1 - В1 верхньої коробки моста головної балки на монтажні стійки й прихопити зварюванням з'єднання між блоками З1 - Е1, D1-F1 й А1 - З1, а також В1-D1.

40. Виконати зварювання з'єднань між блоками А1-З1 вербл -01,атакжеС1-І1 иА1-З1.

41. Установити й прихопити зварюванням вертикальні розкоси, (ОР32), між блоками верхньої коробки З1, D1, А1, В1 і нижньої коробки головної балки, (4 шт. / бік).

42.Установити й прихопити зварюванням вертикальний розкіс Х між верхніми коробками З1 - D1.

43. Виконати зварювання стрижнів, зазначених у пунктах 41.

44.Підняти монтажну стійку від пілонів А и В до пілона Е и F з боку твердої опори.Підняти допоміжну монтажну стійку від кінця головної балки до пілона G з боку твердої опори.

45.Підняти вантажний візок на рейки на головній балці, з боку жесккой опори крана.Пересунути візок по рейках на головній балці в місце, визначне балансом навантаження підйому головної балки. Після переміщення візка встановити кабіну керування.Це виконується до підйому головної балки при наявності достатнього простору між головною балкою й землею.При відсутності необхідного простору припинити підйом на врема установки кабіни, поки головна балка не піднята в тій мері, що установку кабіни можливо виконати.

46. Установити й прихопити зварюванням горизонтальний стрижень, (-ОРЗЗ) між блоками верхньої коробки А1 й В1.

47. Установити й прихопити зварюванням вертикальний розкіс Y, між верхньої коробокой З1 й В1.

48. Установити й прихопити зварюванням розкіс Z, між верхньої коробчатой балкою й пілоном К.

49. Виконати зварювання розкосів, зазначених у пунктах 46 - 48.

50. Підняти блоки ДО1 й L1 верхньої коробки моста головної балки на монтажні стійки й прихопити зварюванням з'єднання блоками 11 - ДО1 і Л -L1.

51. Виконати зварювання з'єднань И - ДО1 і Л - L1.

52. Установити й прихопити зварюванням вертикальні розкоси (-ОР32) між блоками ДО1, L1 верхньої коробки й нижніми коробками головної балки 53. Установити й прихопити зварюванням праворуч горизонтальний розкіс, що йде ліворуч, Х (- ОР34) , між верхніми коробками ДО1 й L1.

54. Виконати зварювання розкосів, зазначених у пунктах 52 - 53
55. Підняти монтажну стійку від пілона Е в кінець головної балки з боку гнучкої опори.
56. Установити й зварити горизонтальний розкіс Y (-ОР34), між блоками Л и К1 верхньої коробки. Установити й зварити розкіс Z між верхньою аркою й пілоном Е.
57. Підняти блоки верхньої коробки М1 й N1 моста головної балки на монтажні стійки й прихопити зварюванням з'єднання між блоками
58. Виконати зварювання з'єднань ДО1-М1 й L1-N1.
59. Установити й прихопити зварюванням вертикальні розкоси (- ОР32) між блоками М1, N1 верхньої коробки й нижньої коробки головної балки (2 шт. /бік).
60. Установити й прихопити зварюванням праворуч горизонтальний розкіс, що йде ліворуч, Х (- ОР34) , між блоків верхньої коробки М1 й N1.
61. Виконати зварювання розкосів, зазначених у пунктах 59 - 60.
62. Видалити монтажну стійку від пілона F.коробки. Установити й зварити розкіс Z (-ОР34), між верхньою аркою й пілоном F
64. Підняти блоки ПРО1 і Р1 верхню коробку моста головної балки на монтажні стійки й прихопити зварюванням з'єднання М1 - ПРО1 й N1 - Р1.
65. Виконати зварювання з'єднань блоків М1 - ПРО1 них1-Р1.
66. Установити й прихопити зварюванням вертикальні стрижні (- ОР31), між блоками ПРО1 - Р1 верхню коробку й нижніми коробками, (2 шт. / бік).
67. Установити й прихопити зварюванням горизонтальний стрижень між блоками ПРО1 і Р1 верхню коробку.
68. Виконати зварювання розкосів, зазначених у пунктах 66 - 67.
69. Видалити дві монтажні стійки, що залишилися.
70. Установити й прихопити зварюванням горизонтальні розкоси, Х, В (-ОР34), між блоками N1 -ПРО1 иО1 - Р1 верхню коробку.Установити й прихопити зварюванням розкіс Z між верхньою аркою й пілоном G
71. Виконати зварювання розкосів, зазначених у пункті 70.
72. Установити й прихопити зварюванням кріпильні вушка опорних стрижнів твердих опор до нижньої поверхні нижніх коробок головної балки в пілона З (2 шт).
73. Виконати зварювання вушок, зазначених у пункті 72.
74. Установити й прихопити зварюванням кронштейни электропомещения до моста головної балки.
75. Виконати зварювання кронштейнів, зазначених у пункті 74.
76. Установити электропомещение.
77. Установити площадки обслуговування моста головної балки та інше оснащення.Е2 Прокласти електрокабелі моста головної балки.

78. Установити троллейный токопровод візка.
79. Установити й зварити шлях сервісного крана.
80. Установити сервісний кран.
81. Установити на головній балці канатні блоки для підйому.
82. Установити проходи, площадки та інші оснащення на гнучких опорах.
83. Підняти гнучкі опори на головній балці на монтажні шарніри стикового місця ніг і монтажні стійки
84. Підняти по однієї у вертикальне положення гнучкі опори й обперти на растяжки.
85. Підігнати, прихопити й зварити з'єднання нижнього кінця гнучких опор.
86. Установити на опорі для підйому з боку гнучкої опори канатні блоки для підйому, робочі площадки й закріпити растяжки.
87. Підняти опору для підйому на кінець гнучких опор і закріпити болтами на опорах , обперти за допомогою растяжек.
88. Підняти тверді опори на кінцевій балці на монтажні шарніри стикового місця ніг і монтажні стійки
89. Установити проходи, площадки та інші оснащення на твердих опорах і закріпити растяжки на верхніх кінцях опор.Е4 Прокласти електрокабелі на твердих опорах.
90. Підняти по однієї тверді опори у вертикальне положення й обперти на растяжки.Перевірити за допомогою теодоліта вертикальність опор.По положенню опор урахувати можливий нахил, зазначений в окремому посібнику з підйому головної балки.Даний нахил виконується після приварки опор до кінцевої балки.
91. Підігнати, прихопити й зварити з'єднання нижніх кінців твердих опор.Е5 Прокласти електрокабелі через зварювальніз'єднання на нижніх кінцях опор.
92. Установити на опорі для підйому з боку твердої опори канатні блоки для підйому, робочі площадки й закріпити растяжки.
93. Підняти опору для підйому на кінець твердих опор і закріпити болтами на опорах , обперти за допомогою растяжек.
94. Закріпити на кінцевих балках застосовувані при підйомі лебідки й установити їхні робочі площадки.
95. Витягнути канати вантажних лебідок на поліспаст між канатними блоками, розташованими в кінцевій балці й опорах для підйому.
96. Перевірити положення твердої опори (нахил).Перевірити також положення шарнірної опори й що відстань між опорами кожного кінця відповідає відстані між кріпильними місцями опор (пілони B и F) на головній балці.Перевірити також всі інші вузли, оказывающе вплив на підйом.
97. Підняти головну балку у верхнє положення й закріпити болтами на опорах.По виконанню підйому головної балки і її установці на болтах передбачене окреме керівництво.Е6-7 Прокласти електрокабелі через з'єднання на головній балці.Виконати електричні підключення крана.
98. Установити опорні стрижні опор.
99. Зварити з'єднання опорних стрижнів опор.

100. Зняти растяжки опор й опорні конструкції кінців і ходових візків.
101. Зняти поліспасти вантажних канатів,
102. Отсоединить вантажні лебідки з кінців.
103. Зняти канатні блоки з головної балки.
104. Установити незакінчені проходи
105. Зняти опору для підйому з боку твердої опори з верхнього кінця опор.
106. Зняти опору для підйому з верхнього кінця опор з боку гнучкої опори.
107. Виконати підфарбування.
108. Установити кабельний барабан і ліру для токоподвода до крана.
109. Виконати на крані процедури змащення й заповнення мастильних матеріалів.Е8 Виконати установку токоподвода до крана і його підключення.
Е9 Виконати пуско-наладку крана.
110. Зібрати вирву й установити встаткування
111. Установити вантажні канати крана.
112. Установити вирву на свій шлях на крані, для виробництва роботи можна исопользовать сам кран. Зробити остаточні налагодження крана й програмування без навантаження й з вантажами.
113. Зробити візуальний приймально-здавальний контроль крана.
114. Зробити приймально-здавальні випробування крана без навантаження.
115. Зробити приймально-здавальні випробування крана з навантаженням.
116. Зробити випробування продуктивності крана.
117. Розбирання монтажної площадки.

7 ВИМОГИ БЕЗПЕКИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

7.1 Конструкція, компоновка елементів і механізмів крану, відповідає вимогам ГОСТ 12.2.003 - 74, "Правила устройства й безопасной зксплуатации грузоподьемньїх кранов", "Правил устройства електроустановок", "Правил технической зксплуатации електроустановок потребителей", "Правил техники безопасности при зксплуатации електроустановок потребителей" й "Санитарньм правилам по устройству оборудованию кабин машинистов кранов".

7.2 Для безпечного доступу до механізмів, запобіжних пристроїв і до електрообладнання, які вимагають постійного технічного обслуговування, передбачають відповідні люки, сходи, майданчики, огорожі згідно з вимогами ГОСТ 12.2.003-81.

7.3 Частини крану, які знаходяться у руху, зачиняються міцно закріпленими з'ємними огорожами, допускаючи зручний огляд і змащення по ГОСТ 12.2.003 — 81. Обов'язковому огородженню підлягають:

1) зубчаті передачі;
2) зубчаті муфти;
3) вали механізмів пересування і підйому крану.

7.4 До ходових колес кранів і візків прилаштовують щитки, які захищають колеса від потрапляння в них посторонніх речей. Зазор між щитком і рельсом не повинен перевищувати 10 мм.

7.5 Всі оголені струмопровідні частини кранового електрообладнання, в тому числі вимикача, контактори! панелі, ящики опору - огороджуються. Огорожею підлягають також оголені струмопроведні частини вимикача, які подають напругу на головні тролейні дроти або живлять кабель.

7.6 На випадок поломки ходових коліс або їх вісей, крани обладнують опорними деталями, які встановлюються на довжині не більш 20 мм від рельсов, по яких рухається кран або візок, і розраховані на найбільш можливе навантаження на ці деталі.

7.7. На кінцях рельсового шляху, для попередження сходу кранів або візків, встановлюють упори.

Для пом'ягченя можливого удару об упор або о другий кран, крани обладнують буферними пристроями.

7.8. Крани обладнанні кінцевими вимикачами, пристроями для автоматичного зняття напруги з крану при виході на його галерею, електричним блокуванням дверей і люків, аварійними вимикачами, нульовим захистом, звуковими сигнальними пристроями, робочим та аварійним освітленням.

7.9. Освітлення в кабіні на робочих поверхнях пульта і важелях керування встановлює не менш 20 лк від системи (плафона) загального освітлення кабіни.

7.10. Система загального освітлення кабіни обладнана вимикачами для вимикання світу при роботі крану.

7.11 якості джерела світлу в наріжній установки використовують лампи типу ДРЛ с пристроєм, який перешкод жує самовідгвинчуваню, або лампи накалювання з амортизаційним пристроєм, який поглинає вібрацію.

7.12 ри експлуатації крана забезпечується освітленість не менш 10 лк на майданчиках прийому і подачи вантажу в зоні роботи крана, і на вантажозахоплюючим пристроєм на будь якому рівні його підйому і пересуванні в горизонтальної площині.

Денна освітленість забезпечується з урахуванням цехового освітлення.

7.13 Граничне допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі закритої кабіни не перевищує норм, встановлених згідно з ГОСТ 12.1.005 - 77.

7.13 лектрична схема керування електродвигунами кранових механізмів вилучає:

1) самозапуск електродвигунів після встановлення напруги в мережі, яка живлює кран;

2) пуск електродвигунів не по заданої схемі прискорень;

3) пуск електродвигунів контактами запобіжних пристроїв (кінцевих вимикачів і блокувальних пристроїв).

7.14 інцеві вимикачи пристроїв безпеки, працюють на розрив електричної ланки.

7.15 одача напруги на кран від зовнішньої ланки здійснюється через введений пристрій, який має ручний і дистанційний пристрій для зняття напруги.

7.17. Металоконструкції та інші металеві частини крана, які можуть потрапити під напругу, як наслідок псування ізоляції, заземлюються.

7.18. Крани, які керуються з кабіни, постачаються звуковим сигнальним пристроєм, який повинен бути гарно чутним в місцях підйому і опусканні вантажа.

7.19. Ергономічні показники кранів - зручність керування, зручність положення кранівника, гігієнічні умови в кабіні, обзорність і безпечність праці,

забезпечуються відповідним пристроями кабіни управління і розташованих в ній механізмів і апаратів керування в згоді з ГОСТ 12.2.032-78.

Важелі керуванням крана розташовують в кабіні на висоті від 200 до 300 мм від рівня верхньої поверхні сидіння.

Рукоятки важелів виготовляють з мете ріалу низької теплопровідністю.

7.20. Загальні умови безпеки по шуму і допускні рівні на робочім місці кранівника відповідають вимогам ГОСТ 12.1.003 - 83.

7.21. Допускні рівні звукового тиску в октавних смугах частот та рівні звуку в зачиненої кабіні не перевищують значень, наведених в табл. 1.

Таблиця 7.1

Середньогеометричні частоти октавних смуг, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Рівні звукового тиску, дБ	94	87	82	78	75	73	71	70
Рівні звуку, дБ	80							

7.22. Вібраційні характеристики на робочому місці кранівника відповідають вимогам ГОСТ 12.1.012 - 78 в місті вимог, які відносяться до транспортне технологічним машинам.

7.23. Середнє квадратичне значення віброшвидкості і їх рівні в октавних смугах частот на робочому місці не перевищують значень, які наведенні в табл.7.2.

Таблиця 7.2

Середньогеометричні частоти октавних смуг, Гц	2	-4	8	16	31,5	63
Середнє квадратичне значення віброшвидкості,	3,5	1,3	0,63	0,55	0,55	0,56
Рівні віброшвидкості, дБ	117	108	108	101	101	101

7.24. Рівні віброшвидкості, які передаються на руки кранівника від ричагів керування (локальні або місцеві вібрації) не перевищують значень, наведених в табл.7.3.

Таблиця 7.3

Середньогеометричні частоти октавних смуг, Гц	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Середнє квадратичне значення віброшвидкості,	5,0	5,0	3,5	2,5	1,8	1.3	0,8	0,65
Рівні віброшвидкості, дБ	120	120	117	114	111	108	105	102

7.25 Кабіна кранівника - основне робоче місце на крані з якого керують краном (див. Рис 7.1).

Місце кабіни повинно бути таким, щоб кранівник міг без перешкод наглядати за вантажозахватним органом та вантажем у процесі роботи крану, забезпечуючи безпеку людини, яка знаходиться у робочий зоні, збереженість будівель та обладнання.

Кут огляду повинен бути 45° - 30°.

Освітленість (загальна) кабіни повинна бути не менш 50 лк на висоті 1200 мм від рівня підлоги.

У кабіні обов'язково має бути аптечка.

Інтенсивність променевого потіку крізь скло не повина перевищувати 350 Вт/($м^2$ к).

7.26. Висота встановлених педалей над рівнем підлоги встановлює не більш 80мм.

7.27. Кабіна обладнана кріслом з м'яким сидінням і спинкою. Крісло має вертикальне і горизонтальне регулювання в межах ± 50 мм.

7.28. Покриття подушок сидінь виготовляються з пом'якшеного повітронепроникливого нетоксичного матеріалу.

7.29. Кабіна засклена безосколочним високоміцним склом, мати відчинені проеми (вікна, фор точки) для вентиляції кабіни, можливість лушпиння скла зсередини і ззовні.

7.30. Скло на підлогах кабіни, на яке може ставати кранівник захищається ґратами.

7.31. Двері для входу в кабіну можуть бути розпашними або рухомі і мають запір с зовнішньої сторони.

Розпашні двері відчиняються усередену кабіни.

При наявні перед входом в кабіну майданчика с відповідним огородженням, двері кабіни можуть відчинятись назовні.

7.32. В кабіні встановлюють вогнегасник та вішалку, для одягу, а також передбачають місце для встановлення крісла стажера, для збереження документації, інструменту і аптечки.

7.33.В кабіні не припускається розташовувати пускокерувальні опори та інше електрообладнання, яке являє собою джерело тепловиділення, а також пристроїв, які призводять до шуму під час спрацюванні.

7.44. Підлогу кабіни вкривають малотеплопроводним матеріалом. Поверхня
підлоги не має бути слизькою. В місцях обслуговування електрообладнання настилають діелектричний килим.

Температура зовнішніх огорож поверхні в кабіні не перевищує 35°С.

7.35. Кабіни усіх кранів обладнують електронагрівальними пристроями. Система опалення замкненої кабіни крана забезпечує температуру повітря в кабіні відповідаючи нормам ГОСТ 12.1.005 - 77.

7.36.Тепло і звукоізоляція кабіни крана забезпечується обшивкою зовнішньої
поверхні її малотеплопровідними і звукопоглинаючими матеріалами (пенопластом, фанерою, лінолеумом і т.п.).

7.37.Вимоги безпеки до кабіни відповідають вимогам ГОСТ 12.2.066 -81.

7.38. Кабіни, гакові підвіски та інші вантажозахватні органи, зовнішні елементи ходових частин мають застереджуюче фарбування по ГОСТ 12.4.026 - 76 і ГОСТ 12.2.058 - 81 у вигляді чергувальних смужок
жовтого та чорного кольорів під кутом 45°, фарби виготовляє споживач. Аварійний вимикач фарбують в червоний колір.
7.39.Органи керування краном відповідають ГОСТ 12.2.064 - 81 і мають написи або графічні символи відповідно до ГОСТ 12.4.040 - 78.
7.40Виготовлення сталевих конструкцій кранів с застосуванням сварки, відповідає вимогам ГОСТ 12.2.070-81.
7.41. Загальні вимоги безпеки до конструкцій кранів, матеріалу і маркуванню відповідають вимогам ГОСТ 12.2.065 -81.

Таблиця 7.4 - Обмежувачи робочих рухів, блокувальні і запобіжні пристрої перевантажувача з підвищеним електричним захистом.

№/п	Найменування пристроїв	Умови спрацювання	Примітки
1	Блокування входів на кран.	При відкритті дверей входу.	Вимикають відповідно рух крану та вантажного візка.
2 3	Блокування висоти підйому. Блокування руху вантажних візків.	При підході гакових підвісок до верхнього положення. При підході візків до тупикових натисках. При підйомі вантажу більш ніж 250 т на вильоті 57 м	Вимикають механізм підйому. Вимикають рух візка.
4 5	Блокування механізмів підйому. Нульове блокування.	Перевищення ваги вантажу більше 10%, відповідно з графіком вантажопідйомності. Після спрацювання захисного блокування усі контролери повині бути виставлені в	Вимикають механізм підйому. Вимикають живлення крану.
6	Захист від обриву фаз.	При розриві однієї з фаз живлення крану або зміни чергування фаз.	Вимикають живлення крану.
7	Блокування крану.	При підході крана до тупиків.	Вимикають рух крану.

Таблиця 7.5 Небезпеки які виникають при роботі вугільного перевантажувача з підвищеним електричним захистом.

№	Технічний процес	Небезпека яка виникає	Умови які сприяли небезпеці	Дії по запобіганню
1	Транспортування розчиненого металу.	Ураження електричним струмом.	Робота у середовищі електролізу.	Встановлюють електроізоляційни и матеріал: - під рельсами по яких рухається візок; - в місцях з'єднання електропривода візка з рамою;
2		Попадання пилу в кабіну.		Герметизація кабіни, кондиціювання і вентиляція повітря
3	Пересування крану.	Зіткнення.	Переміщення вантажу.	Про рух попереджують звуковим сигналом, в кінці шляху встановлюють буферні пристрої
4	Транспортування розчиненого металу.	В ипромінювання світла і тепла.	Середовище розчиненого металу.	Встановлюється спеціальне захистне скло на вікнах кабіни крану.

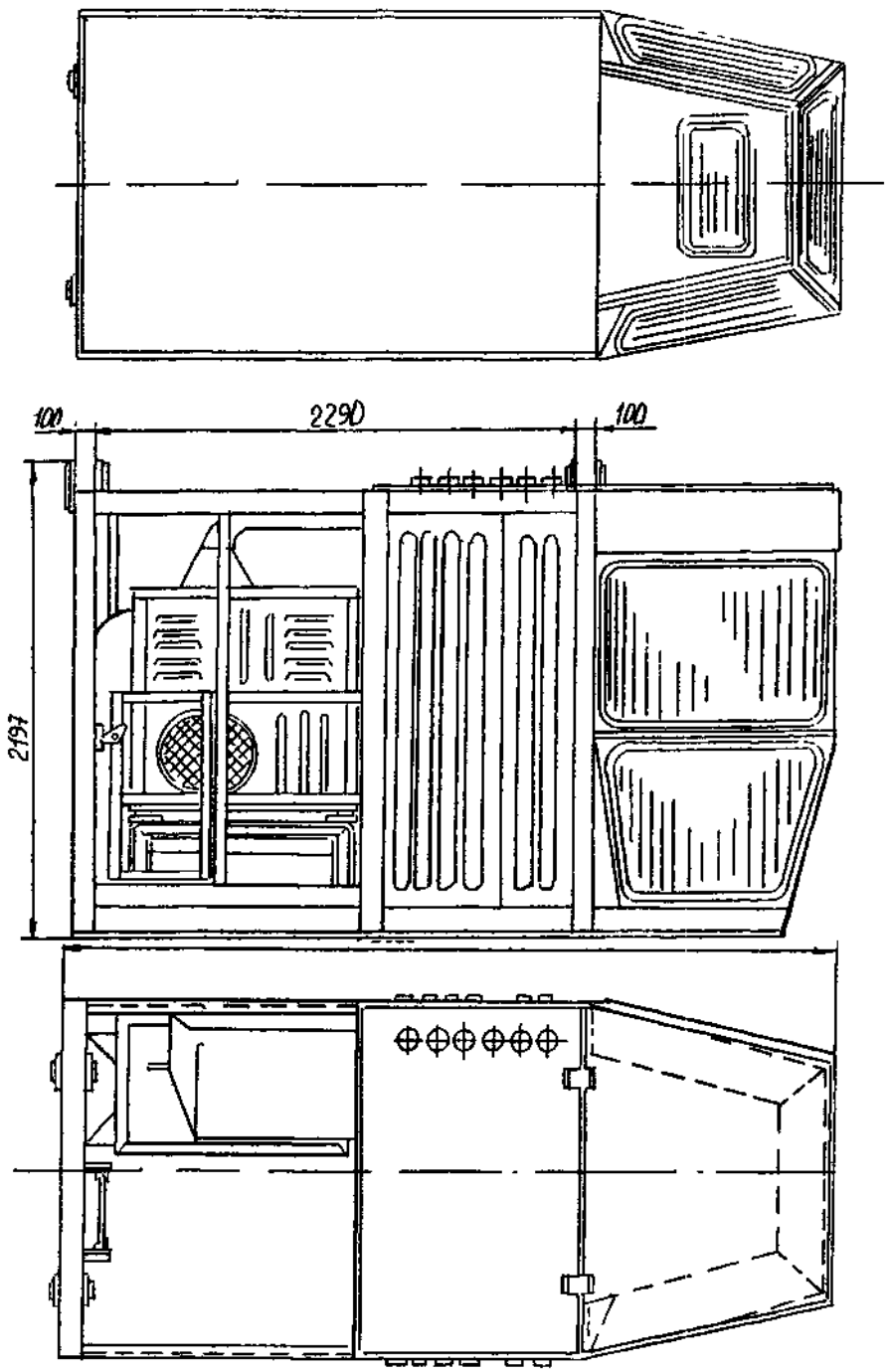


Рисунок 7.1 - Креслення кабіни крану.

8. РОЗРАХУНОК ОЦІНКИ РІВНЯ ТРАВМАТИЗМУ ТА КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ РІВНЯ ЗАХВОРЮВАННЯ НА ВИРОБНИЦТВІ

Травма - порушення анатомічної цілісності організму людини або його функцій внаслідок дії небезпечних виробничих факторів.

Нещасний випадок - випадок з людиною внаслідок непередбаченого збігу обставин та умов, за котрих завдається шкода здоров'ю або настає смерть потерпілого. Нещасний випадок на виробництві пов'язується з дією на працівника небезпечного виробничого фактора.

Виробничий травматизм характеризується сукупністю травм, а також причинами їх виникнення, та деякими факторами, пов'язаними з виробництвом.

Для аналізу виробничого травматизму застосовують такі методи:

— статистичний;

—топографічний;

— монографічний;

— економічний;

— метод анкетування;

— метод експертних оцінок.

Для оцінки рівня травматизму, розраховують показники його частоти та важкості

$$П_{чт} = \frac{A \cdot 100}{T} = \frac{135 \cdot 100}{1500} = 90{,}6 \qquad (8.1)$$

де Пчт - показник частоти травматизму

А = 136 - кількість випадків травматизму за звітний період

Т= 1500 - середньоспискова чисельність працівників

Показник важкості травматизму

$$П_{вт} = \frac{Д}{A} = \frac{5045}{136} = 37 \qquad (8.2)$$

де А = 136 - кількість випадків травматизму за звітний період

Д = 5045 - кількість днів непрацездатності

Показник непрацездатності - це число людино-днів непрацездатності, що припадає на 1000 працівників.

Показник непрацездатності

$$П_{нт} = \frac{Д \cdot 1000}{T} = \frac{5045 \cdot 1000}{1500} = 3363 \qquad (8{,}3)$$

З метою кількісної оцінки рівня захворюваності на виробництві розраховують
показник частоти випадків захворювань $П_{чз}$ та показник важкості захворювання Пвз (кількість днів непрацездатності, що припадають на 1000 працюючих).

$$П_{чз} = \frac{З \cdot 1000}{Т} = \frac{8000 \cdot 1000}{1500} = 53,3 \quad (8.4)$$

Показник частоти випадків захворювань

де З = 8000 - кількість випадків захворювань
Т= 5045 - середньоспискова чисельність працівників
Показник важкості захворювання

$$П_{вз} = \frac{Д}{З} = \frac{5045}{8000} = 0,63 \quad (8.5)$$

де З = 8000 - кількість випадків захворювань
Д = 5045 - кількість днів непрацездатності.
Власник підприємства зобов'язанний інформувати працівників про стан охорони праці, причини нещасних випадків, професійних захворювань та про заходи, котрих вжито для забезпечення умов праці на рівні нормативних вимог.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ EN 13001-3-2:2019 Крани вантажопідіймальні. Конструкція загального призначення. Частина 3-2. Граничні стани та перевірка безпеки тросових систем. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019..
2. Клименко Г. В., Мартовицький Л. М. Металеві конструкції підйомно-транспортних машин: навчальний посібник. Запоріжжя: Національний університет «Запорізька політехніка», 2020. 240 с.
3. ДСТУ 34589-2019 «Крани вантажопідйомні. Крани мостові та козлові. Загальні технічні вимоги.» / Офіційне видання. 2019р., 27ст.
4. ДБН В.2.6-198:2014 «Сталеві конструкції. Норми проектування. Зі Зміною № 1» / Український науково-дослідний та проектний інститут сталевих конструкцій ім. В.М. Шимановського. 2014р.,
5. ДСТУ 34589-2019 Крани вантажопідйомні. Крани мостові та козлові. Загальні технічні вимоги. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 27 с.
6. ДБН В.2.6-198:2014 Сталеві конструкції. Норми проектування. Зі Зміною № 1. Київ: Мінрегіон України, 2014. 199 с.,
7. Шпак З. Я., Павлище В. Т. Проєктування деталей машин у середовищі САПР: навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. 210 с.
8. НПАОП 0.00-1.80-18 «Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання». / Міністерство соціальної політики України. 2018р.
9. Савостей В. М., Коваленко О. В. Експлуатація та надійність підйомно-транспортних машин: навчальний посібник. Харків: ХНАДУ, 2018. 185 с.