

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 проекту (роботи)

\_\_\_\_\_ (ступінь вищої освіти)

на тему Кран козловий вантажопідйомністю 100т

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи М-312

Спеціальності

133 «Галузеве машинобудування»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

ОПП «Підйомнотранспортні, дорожні,

будівельні меліоративні машини і

обладнання»

\_\_\_\_\_ БОНДАРЕНКО Д.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник МАРТОВИЦЬКИЙ Л.М.

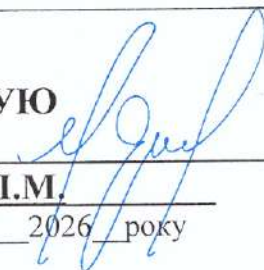
(прізвище та ініціали)

Рецензент СИДОРЕНКО М.В.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»  
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет НУЗП, Машинобудівний факультет  
Кафедра Деталей машин і підйомно-транспортних механізмів  
Ступінь вищої освіти Бакалавр  
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»  
(код і найменування)  
Освітня програма (спеціалізація) Підйомнотранспортні, дорожні, будівельні меліоративні машини і обладнання  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри   
**Мартовицький Л.М.**  
« \_\_\_\_\_ » 2026 року

**ЗАВДАННЯ**  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

БОНДАРЕНКО Данило Володимирович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Кран козловий Q = 100 т

керівник проєкту (роботи) МАРТОВИЦЬКИЙ Леонід Максимович, доцент, к.т.н.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 15 » 04 2026 року №163

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 01.06.2026

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) \_\_\_\_\_

Вихідна конструкція крану козлового

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_

1. Вступ та аналіз вхідних даних 2. Розрахунок навантажень 3. Розрахунок мосту крана  
4. Розрахунок опори крану 5. Розрахунок механізму підйому крану 6. Розрахунок  
механізму пересування візка 7. Розрахунок механізму пересування крану 8.  
Розрахунок економічного ефекту проєкту 9. Охорона праці 10. Висновок

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Кран козловий – 1 лист А1; Опора - 1 лист А1; Консоль – 1 лист А0; Візок монтажний  
– 1 лист А1; Механізм головного підйому– 1 лист А1; Проводний візок – 1 лист А0;  
Механізм пересування крану – 1 лист А0.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                           |
|--------|-------------------------------------------|----------------|---------------------------|
|        |                                           | завдання видав | прийняв виконане завдання |
| 1      | Мартовицький Л.М., доцент, к.т.н          |                |                           |
| 2      | Мартовицький Л.М., доцент, к.т.н          |                |                           |
| 3      | Мартовицький Л.М., доцент, к.т.н          |                |                           |
| 4      | Мартовицький Л.М., доцент, к.т.н          |                |                           |
| 5      | Мартовицький Л.М., доцент, к.т.н          |                |                           |
| 6      | Мартовицький Л.М., доцент, к.т.н          |                |                           |
| 7      | Мартовицький Л.М., доцент, к.т.н          |                |                           |
| 8      | Мартовицький Л.М., доцент, к.т.н          |                |                           |
| 9      | Мартовицький Л.М., доцент, к.т.н          |                |                           |
| 10     | Мартовицький Л.М., доцент, к.т.н          |                |                           |

7. Дата видачі завдання « 16 » березня 2026 року.

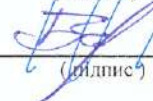
**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів дипломного проєкту (роботи)        | Срок виконання етапів проєкту (роботи) | Примітка |
|-------|-------------------------------------------------|----------------------------------------|----------|
| 1     | Вступ та аналіз вхідних даних. Опис конструкції | 10.04.2026                             |          |
| 2     | Розрахунок навантажень                          | 20.04.2026                             |          |
| 3     | Розрахунок мосту крана                          | 30.04.2026                             |          |
| 4     | Розрахунок опори крану                          | 10.05.2026                             |          |
| 5     | Розрахунок механізму підйому крану              | 15.05.2026                             |          |
| 6     | Розрахунок механізму пересування візка          | 20.05.2026                             |          |
| 7     | Розрахунок механізму пересування крану          | 25.05.2026                             |          |
| 8     | Розрахунок економічного ефекту проєкту          | 29.05.2026                             |          |
| 9     | Охорона праці.                                  | 30.05.2026                             |          |
| 10    | Висновки                                        | 01.05.2026                             |          |
|       |                                                 |                                        |          |
|       |                                                 |                                        |          |
|       |                                                 |                                        |          |
|       |                                                 |                                        |          |

Студент

  
(підпис) **БОНДАРЕНКО Д.В.**  
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

  
(підпис) **МАРТОВИЦЬКИЙ Л.М.**  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

КРАН, КАНАТ, БЛОК, БАРАБАН, ТРАВЕРСА, ПІДШИПНИК,  
ДВИГУН, РЕДУКТОР, ГАЛЬМА, МУФТА, ВІЗОК.

Пояснювальна записка до магістерської роботи містить: 109 с., 12 рис.,  
7 табл., 16 джерел.

Об'єкт дослідження – козловий кран.

Мета роботи – розрахунок козлового крану.

Проектний кран експлуатується в умовах незначних перевантажень елементів металоконструкцій на підприємстві. За результатами виконаних розрахунків і аналізу отриманих даних було оцінено економічну ефективність модернізації та заміни німецьких приводів механізму відчинення. Проведений економічний аналіз підтвердив доцільність реалізації модернізації крана.

## ЗМІСТ

|                                                           | С. |
|-----------------------------------------------------------|----|
| Вступ.....                                                | 7  |
| 1 Вхідні данні .....                                      | 9  |
| 2 Розрахунок навантажень.....                             | 11 |
| 2.1 Навантаження від ваги мосту та вантажу.....           | 11 |
| 2.2 Від рухомого навантаження.....                        | 12 |
| 2.3 Інерційні навантаження.....                           | 18 |
| 2.4 Вітрове навантаження.....                             | 24 |
| 3 Розрахунок мосту крана.....                             | 39 |
| 3.1. Розрахункові комбінації навантажень.....             | 39 |
| 3.2. Визначення навантажень в перетині мосту.....         | 40 |
| 4 Розрахунок опори крану.....                             | 46 |
| 4.1. Визначення геометричних характеристик.....           | 46 |
| 4.2 Характеристики перетину опори.....                    | 47 |
| 4.3 Розрахунок прокової рами опори.....                   | 51 |
| 4.4 Розрахунок поперечної рами опори.....                 | 53 |
| 5 Розрахунок механізму підйому крану.....                 | 56 |
| 5.1 Вибір схеми та кратності поліспасти.....              | 56 |
| 5.2 Вибір сталевого каната.....                           | 57 |
| 5.3 Розрахунок розмірів барабана та блоків.....           | 58 |
| 5.4 Гакові підвіски.....                                  | 60 |
| 5.5. Вибір електродвигуна.....                            | 62 |
| 5.6 Вибір редуктора.....                                  | 62 |
| 5.7 Вибір гальм.....                                      | 63 |
| 5.8 Перевірка електродвигуна.....                         | 63 |
| 6 Розрахунок механізму пересування візка.....             | 66 |
| 6.1. Визначення максимального тиску на ходові колеса..... | 66 |
| 6.2 Вибір електродвигуна та редуктора.....                | 68 |

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| 6.3 Розрахунок гальма.....                                 | 73  |
| 6.4 Розрахунок ходових коліс.....                          | 74  |
| 7 Розрахунок механізму пересування крану.....              | 76  |
| 7.1 Вхідні данні для розрахунку.....                       | 76  |
| 7.2 Визначення тиску крана.....                            | 77  |
| 7.3 Вибір електродвигунів.....                             | 83  |
| 7.4 Визначення необхідного гальмівного моменту гальма..... | 89  |
| 8 Розрахунок економічного ефекту проекту.....              | 91  |
| 9 Охорона праці.....                                       | 94  |
| 9.1 Заходи безпеки з охорони праці.....                    | 95  |
| 9.2 Заходи з цивільної оборони.....                        | 105 |
| 10. Висновки.....                                          | 108 |
| Перелік джерел посилань.....                               | 109 |

## ВСТУП

Козлові крани використовують для обслуговування відкритих складів і вантажних площадок (як крани загального призначення), а також під час монтажу збірних будівельних конструкцій і обладнання на промислових об'єктах. Вони застосовуються при експлуатації гідротехнічних споруд, для перевантаження великотоннажних контейнерів і довгомірних вантажів. Такі крани зазвичай оснащуються гаковими підвісками або спеціалізованими захоплювальними пристроями.

За конструкцією мосту козлові крани поділяються на одно- та двобалкові. Найчастіше їх виконують із двома консолями. Для забезпечення переміщення крана використовуються окремі приводи, при цьому привідними роблять щонайменше половину ходових коліс. Окремі конструкції передбачають можливість самостійного монтажу: у таких кранах опорні стійки шарнірно з'єднані з пролітною частиною, а під час встановлення стягуються поліспастом із використанням лебідки.

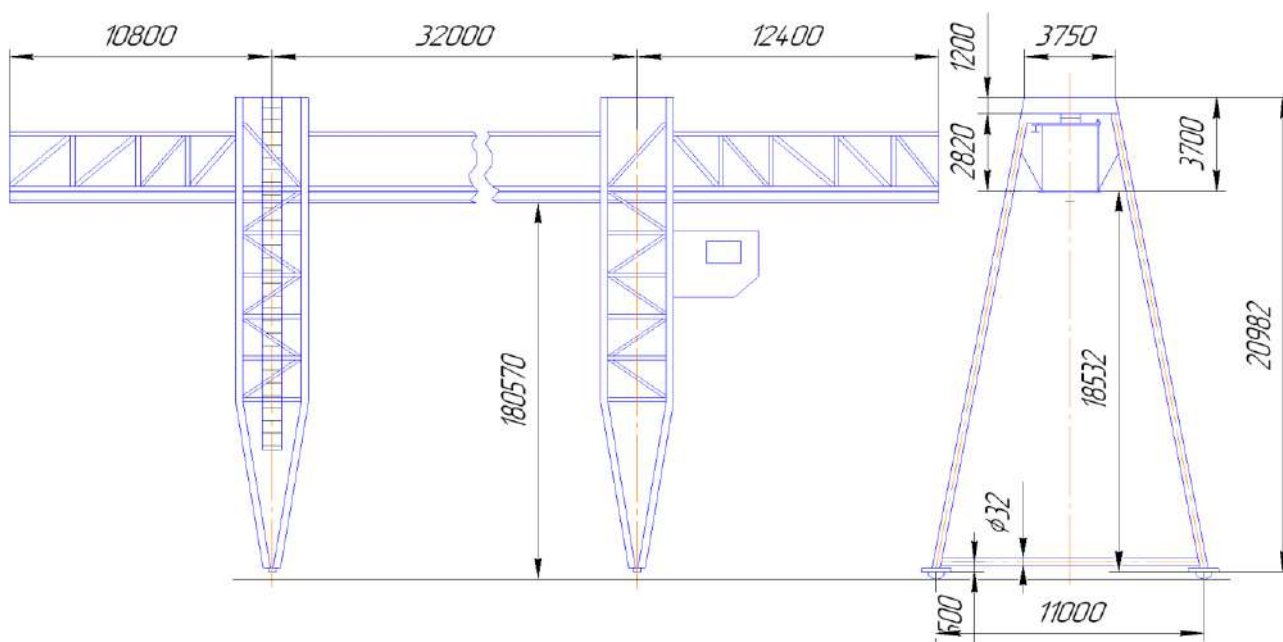


Рисунок 1 – Розрахункова схема крану

### Механізм пересування візка

Механізм реалізовано за типовою конструктивною схемою. Візок спирається на чотири уніфіковані ходові колеса діаметром 740 мм. Два з них є приводними та приводяться в обертання електродвигунами через вертикальні редуктори. Вихідні вали редукторів з'єднані з валами коліс за допомогою зубчастих муфт.

### Механізм пересування крану

Цей механізм виконаний за типовою схемою з роздільними приводами. Він оснащений чотирма приводними ходовими колесами, кожне з яких обертається від електродвигуна постійного струму через вертикальний редуктор і зубчасту муфту. Кожен привід має короткохідне гальмо зі шківом діаметром 400 мм, що працює на постійному струмі. Два з чотирьох гальм обладнані електромагнітними котушками шунтового типу та виконують функцію аварійних (спрацьовують при знеструмленні крана), тоді як інші два оснащені котушками серійного типу й відрегульовані на половину номінального гальмівного моменту.

## 1 ВХІДНІ ДАННІ

|                                       |                                               |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1) Вантажопідіймальність крану:       | $Q = 100\text{т} ;$                           |
| 2) Режим роботи:                      | легкий ;                                      |
| - Динамічний коефіцієнт :             | $\psi = 1.1 ;$                                |
| - Коефіцієнт товчка:                  | $k = 1 ;$                                     |
| 3) Вильот крану:                      | $L = 32\text{м} ;$                            |
| - Висота крану:                       | $H = 18\text{м} ;$                            |
| 4) Швидкість пересування крану:       | $V_{кр} = 18.9 \frac{\text{м}}{\text{мин}} ;$ |
| 5) Швидкість пересування візка:       | $V_T = 31.5 \frac{\text{м}}{\text{мин}} ;$    |
| 6) Вага окремих частин крану          |                                               |
| - Маса мосту з консолями:             | $G_M = 57 \text{т} ;$                         |
| - Маса мосту у вильоті з обладнанням: | $G_{М.ПР} = 50\text{т} ;$                     |
| - Консоль ліва                        | $G_{КЛ} = 3,5\text{т} ;$                      |
| - Консоль права:                      | $G_{КП} = 3,6\text{т} ;$                      |
| - Вантажний візок з підвіскою:        | $G_{Т.ГР} = 33,7\text{т} ;$                   |
| - Таль ТЭ1038:                        | $G_{ТЭ} = 2,11\text{т} ;$                     |
| - Опора:                              | $2G_{ОП} = 34\text{т} ;$                      |
| - Кабіна:                             | $G_{КАБ} = 3\text{т} ;$                       |
| - Дробина з площадкою на одній опорі: | $G_{Д.П.Л} = 6\text{т} ;$                     |
| - Вага токоприймника:                 | $G_{Т.П.Р} = 1\text{т} ;$                     |
| - Ходові візки:                       | $4G_{ХТ} = 16\text{т} ;$                      |

- Протиугоні захвати:

$$4G_3 = 2T ;$$

- Повна вага крану:

$$G_{KP} = 156 \text{ т} .$$

7) База крану:

$$B_{KP} = 11 \text{ м} ;$$

8) Матеріали:

Сталь низьколегована 09Г2С ГОСТ19282-73.

## 2 РОЗРАХУНОК НАВАНТАЖЕНЬ

До розрахункових навантажень відноситься :

Навантаження від ваги мосту та вантажу ;

Інерційні навантаження ;

Навантаження від робочого перекосу ;

Вітрові навантаження.

### 2.1 Навантаження від ваги мосту та вантажу

Навантаження від власної ваги (нерухоме навантаження) :

$$g_M = \frac{G_{np}}{L+2.1} = \frac{50}{32+2.1} = 14.6 \frac{H}{m}$$

Від ваги консолей :

$$g_{KL} = \frac{G_{KL}}{l_{KL}} = \frac{3.5}{10.8} = 3.2 \frac{H}{m}$$

$$g_{KP} = \frac{G_{KP}}{l_{KP}} = \frac{3.6}{12.4} = 2.9 \frac{H}{m}$$

## 2.2 Дія рухомого навантаження

Визначимо тиск на колеса вантажного візка :

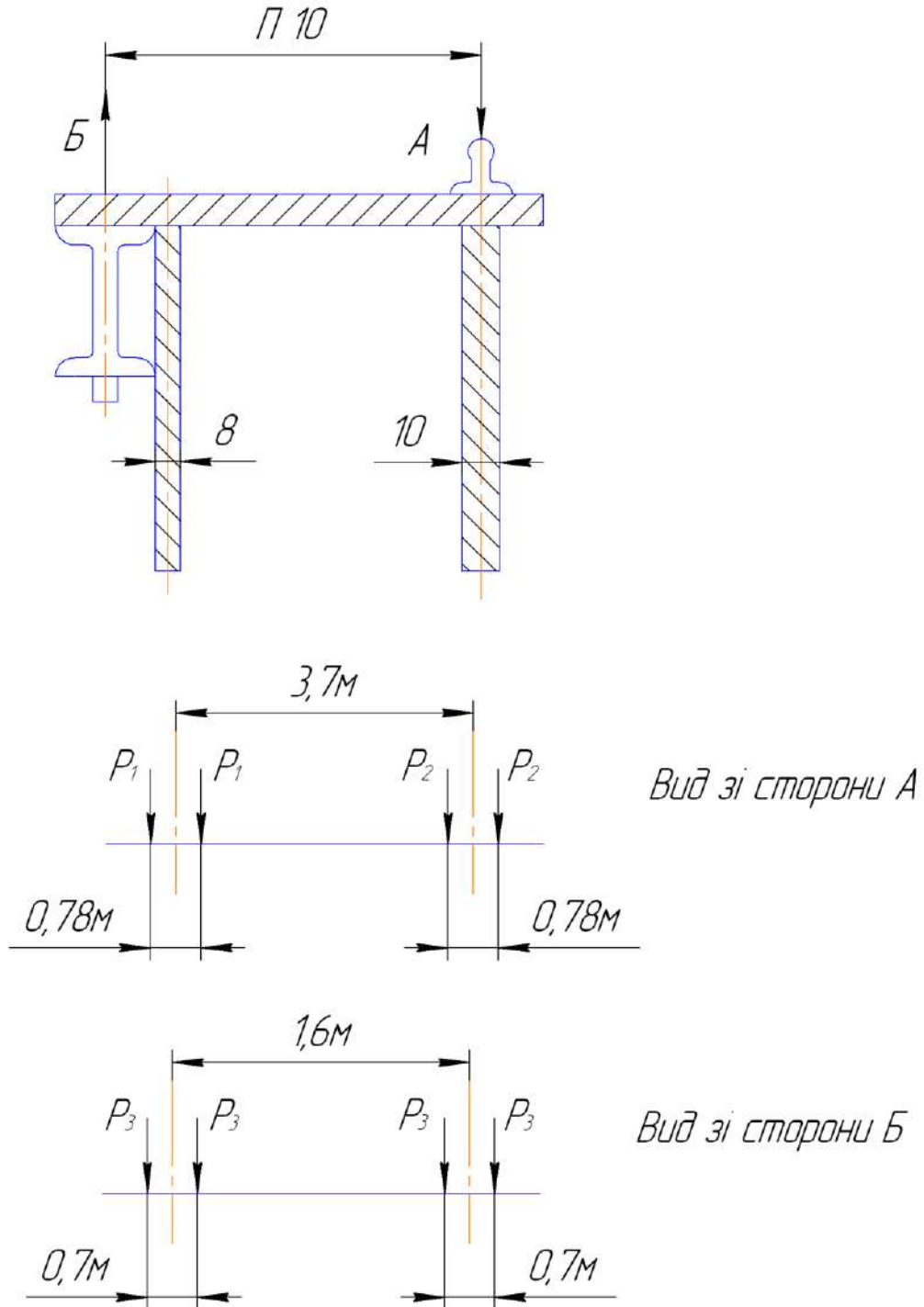


Рисунок 2.1 – Розрахунок навантаження на колеса вантажного візка.

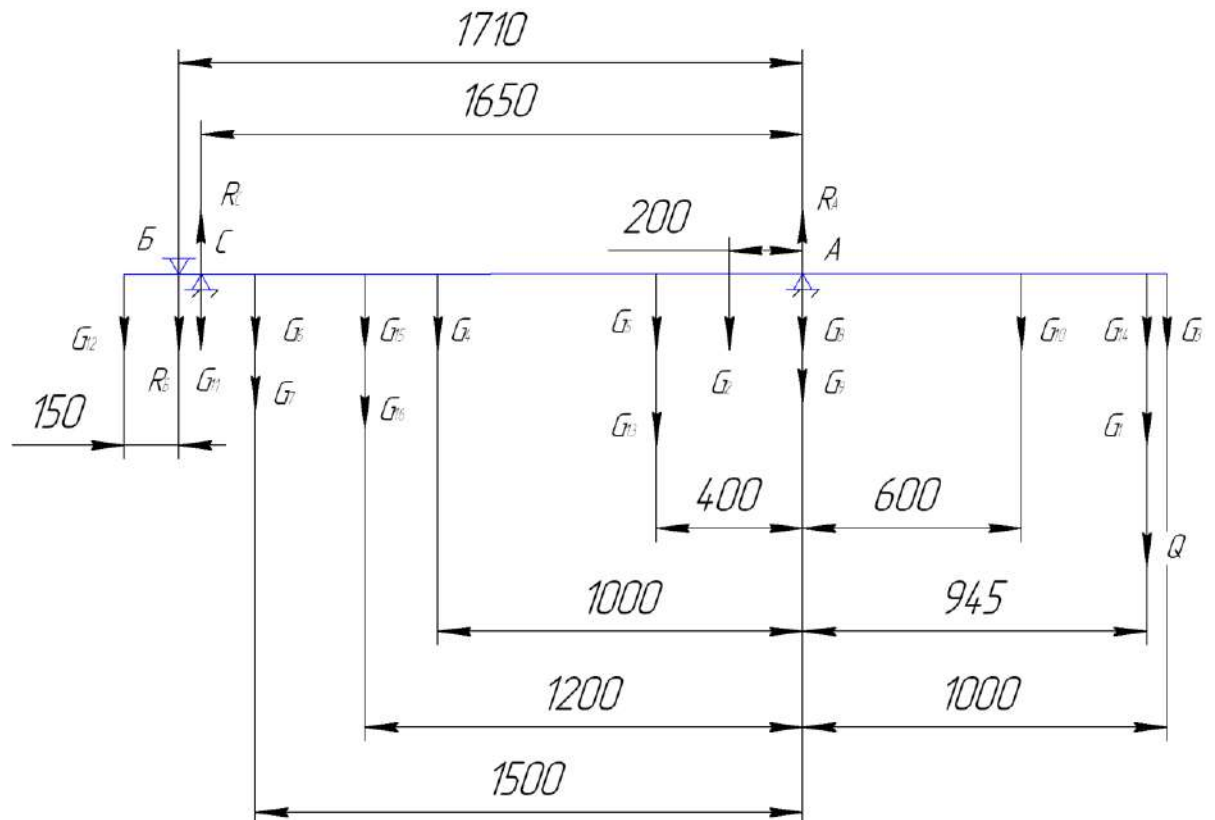


Рисунок 2.2 – Схема навантажень від візка

На рисунку зображено :

т.А – колеса; т.Б – зворотні катки; т.С – катки.

Зі сторони рейки (сторона А) стоять чотири колеса , по два на відстані  $B_1 = 3.7\text{м}$  (рис.1).

Зі сторони обратної рейки (сторона Б) стоять чотири колеса , по два на відстані  $B_2 = 1,6\text{м}$  (рис.1)

Зі сторони С стоять два утримуючих колеса на відстані  $B = 3.55\text{м}$

$G_1 = 4\text{т}$  – вага підвіски головного підйому ;

$G_2 = 6.2\text{т}$  – вага встановлення барабану головного підйому ;

$G_3 = 1\text{т}$  – блоки ;

$G_4 = 0.8\text{т}$  – редуктор механізму пересування візка ;

$G_5 = 3.86\text{т}$  – редуктор Ц2-1000 ;

$G_6 = 0.51\text{т}$  – двигун головного підйому ;

$G_7 = 0.12\text{т}$  – гальмо ;

$G_8 = 2\text{т}$  – балансир приводний ;

$G_9 = 1.96\text{т}$  – балансир холостий ;

$G_{10} = 0.12\text{т}$  – електродвигун ;

$G_{11} = 0.44\text{т}$  – колеса опорні ;

$G_{12} = 4\text{т}$  – встановлення утримуючих коліс ;

$G_{13} = 5.4\text{т}$  – вага рами ;

$G_{14} = 1.6\text{т}$  – вага канатів ;

$G_{15} = 0.16\text{т}$  – муфта ;

$G_{16} = 0.4\text{т}$  – редуктор.

Загальна вага візка  $G_{ТГР} = 33,7\text{т}$ .

Визначаємо реакції на опорах при ненавантаженому візку.

При ненавантаженому візку в роботі приймають участь колеса на рейці і катки.

Сума моментів відносно опори С :

$$\begin{aligned}
 & -G_{12} \cdot (1.71 - 1.65 + 0.15) + (G_6 + G_7(1.65 - 1.5)) + (G_{15} + G_{16}) \\
 & \quad \cdot (1.65 - 1.2) + G_4(1.65 - 1.0) + (G_5 + G_{13}) \cdot \\
 & \cdot (1.65 - 0.4) + G_2(1.65 - 0.2) - R_A \cdot 1.65 + (G_8 + G_9)1.65 + G_{10}(1.65 + 0.6) \\
 & \quad + (G_{14} + G_1) \cdot (1.65 + 0.945) + \\
 & + G_3(1.65 + 1.0) = 0
 \end{aligned}$$

$$R_A = \frac{0.63 \cdot 0.15 + 0.56 \cdot 0.45 + 0.8 \cdot 0.65 + 9.26 \cdot 1.25}{1.65} +$$

$$+ \frac{6.2 + 1.45 + 3.96 \cdot 1.65 + 0.12 \cdot 2.25 + 5.6 \cdot 2,595 + 1 \cdot 2,65 - 4 \cdot 0.21}{1.65}$$

$$= \frac{44.6}{1.65} = 270 \text{кН}$$

$$\sum_{i=1}^{16} G_i = (4 + 6.2 + 1 + 0.8 + 3.86 + 0.51 + 0.12 + 2 + 1.96 + 0.12 + 0.44 + 4 + 5.4 + 1.6 + 0.16 + 0.4) = 336 \text{кН}$$

$$R_C = \sum_{i=1}^{16} G_i - R_A = 336 - 270 = 66 \text{кН.}$$

Визначаємо реакції на опорах при навантаженому візку.

При навантаженому візку в роботі приймають участь колеса на рейці і зворотні катки.

Сума моментів відносно опори А :

$$G_{12} \cdot (1.71 + 0.15) + R_B \cdot 1.71 + G_{11} \cdot 1.65 + (G_6 + G_7)1.5 + (G_{15} + G_{16})1.2$$

$$+ G_4 \cdot 1.0 + (G_5 + G_{13})0.4 +$$

$$+ G_2 \cdot 0.2 - G_{10} \cdot 0.6 - (G_1 + G_{14})0.945 - G_3 \cdot 1.0 - Q \cdot 0.945 = 0$$

$$-R_B = \frac{4 \cdot 1,86 + 0,44 \cdot 1,65 + 0,83 \cdot 1,5 + 0,56 \cdot 1,2 + 0,8 \cdot 1,0}{1,71} +$$

$$+ \frac{9,26 \cdot 0,4 + 6,2 \cdot 0,2 - 0,12 \cdot 0,6 - 5,6 \cdot 0,945 - 1 - 100 \cdot 0,945}{1,71} =$$

$$= \frac{7,44 + 0,726 + 0,945 + 0,672 + 0,8 + 3,72 + 1,24 - 0,72 - 5,3 - 1 - 94,5}{1,71}$$

$$= \frac{15,543 - 100,87}{1,71} = -498 \text{кН}$$

$$R_B = 498 \text{кН}$$

З урахуванням коефіцієнта динамічності  $\psi = 1.1$

$$R_B^\psi = \frac{-7,44 - 0,726 - 0,945 - 0,672 - 0,8 - 3,72 - 1,24 + 0,72 + 1,6 \cdot 0,945}{1,71} + \frac{1,1 + 1,1 \cdot 0,945 + 0,945 \cdot 100 \cdot 1,1}{1,71} = 556 \text{кН}$$

Реакція зі сторони А при навантаженому візку :

$$R_{AP} = \sum_{i=1}^{16} G_i - R_B = 33,7 + 100 + 49,6 = 1836 \text{кН}$$

$$R_A^\psi = 33,7 - 4 + (100 + 4)1,1 + 55,6 = 2002 \text{кН}$$

На катки зворотної рейки навантаження здійснюється рівномірно.

$$P_B = \frac{R_B}{4} = \frac{498}{4} = 124,5 \text{кН}$$

$$P_B^\psi = \frac{556}{4} = 139 \text{кН}$$

На основні колеса навантаження здійснюється нерівномірно, однак різниця ця незначна. Тому вважають їх однаковими.

$$P_A = \frac{R_A}{4} = \frac{270}{4} = 67,5 \text{кН}$$

$$P_C = \frac{R_C}{2} = \frac{66}{2} = 33 \text{кН}$$

$$P_{AP} = R_{AP} = \frac{1835}{4} = 458 \text{кН}$$

$$P_{AP}^{\psi} = \frac{R_{AP}^{\psi}}{4} = \frac{2002}{4} = 500.5 \text{ кН}$$

Складемо схему та таблицю тиску ходових коліс і роликів вантажного візка.

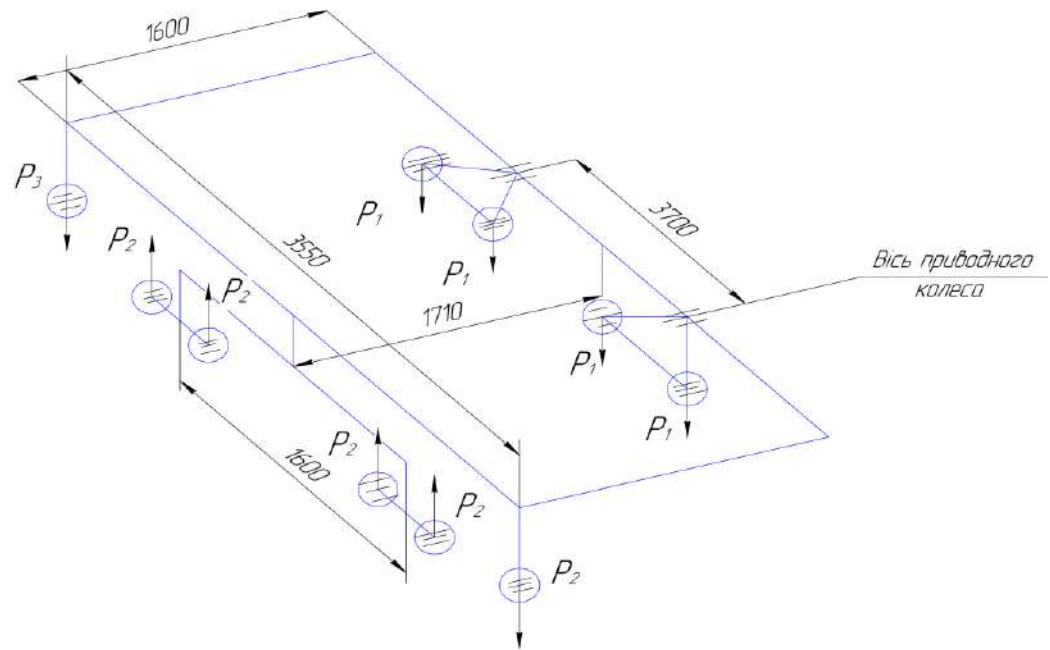


Рисунок 2.3 – Схема тиску ходових коліс

Таблиця 2.1 – Навантаження на ходові колеса

| Вид навантаження                | Тиск на колесо |       |       |       |       |
|---------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|
|                                 | $P_1$          | $P_1$ | $P_2$ | $P_2$ | $P_3$ |
| Від власної ваги                | 6,75           | -     | -     | -     | 2,3   |
| Від власної ваги і вантажу 100т | 45,8           | 50    | 12,5  | 13,9  | -     |

### 2.3 Інерційні навантаження

Інерційні навантаження, що виникають при гальмуванні крану за час

$$t_{KP} = 2c$$

Навантаження від власної ваги мосту крану :

- у вильоті :

$$q_M = \frac{50}{(32+2.1)} = 14.6 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

- від ваги лівої консолі :

$$q_{KL} = 3,2 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Швидкість пересування крану  $V_{KP} = 18,9 \approx 20 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$

Інерційні навантаження

- від вильоту мосту :

-

$$T_{M2} = G_M \cdot \frac{V_{KP}}{t_{KP}} = 8.5 \text{кН}$$

- від ваги мосту у вильоті :

-

$$q_{M2} = \frac{q_M}{g} \cdot a_{K2} = \frac{14.6}{9.81} \cdot 0.167 = 0.25 \frac{\kappa H}{m}$$

- від ваги консолі :

$$q_{K2} = \frac{q_K}{g} \cdot a_{K2} = \frac{3.2}{9.81} \cdot 0.167 = 0.053 \frac{\kappa H}{m}$$

Прискорення при гальмуванні крана :

$$a_{K2} = \frac{V_{KP}}{t_{KP} \cdot 60} = \frac{20}{2 \cdot 60} = 0.167 \frac{m}{c^2}$$

Сила інерції ваги частин крану

Міст у вильоті :

$$T_{M2} = 8.5 \kappa H;$$

Консоль :

$$T_{K2} = \frac{G_M}{g} \cdot a_{K2} = \frac{36}{9.81} \cdot 0.167 = 0.6 \kappa H$$

Опора :

$$T_{OP2} = \frac{G_{OP}}{g} \cdot a_{K2} = \frac{170}{9.81} \cdot 0.167 = 2.89 \kappa H$$

Дробина та площадки :

$$T_{ЛП} = \frac{G_{ЛП}}{g} \cdot a_{K2} = \frac{50}{9.81} \cdot 0.167 = 0.85 \text{кН}$$

Ходовий візок :

$$T_{ТХ2} = \frac{G_{ТХ}}{g} \cdot a_{K2} = \frac{40}{9.81} \cdot 0.167 = 0.7 \text{кН}$$

Вантажний візок :

$$T_{ГР.Т2} = \frac{G_{ГР.Т}}{g} \cdot a_{K2} = \frac{337}{9.81} \cdot 0.167 = 6 \text{кН}$$

Кабіна :

$$T_{КАБ2} = \frac{G_{КАБ}}{g} \cdot a_{K2} = \frac{30}{9.81} \cdot 0.167 = 0.5 \text{кН}$$

Таль :

$$T_{Т2} = \frac{G_{Т}}{g} \cdot a_{K2} = \frac{21.1}{9.81} \cdot 0.167 = 0.4 \text{кН}$$

Інерційні навантаження, що виникають при гальмуванні крану за час  $t_{KP} = 1c$  (аварійне гальмування).

При гальмуванні крана за  $t_{KP} = 1c$  інерційні навантаження подвоюється на відміну від навантажень, які утворюються при гальмуванні крану за 2 секунди.

Сила інерції ваги частин крану

Міст у вильоті :

$$T_{M1} = 8.5 \cdot 2 = 17кН;$$

Консоль :

$$T_{K1} = 0.6 \cdot 2 = 1.2кН$$

Опора :

$$T_{OP1} = 2,89 \cdot 2 = 57.8кН$$

Дробина та площадки :

$$T_{ЛП1} = 0.85 \cdot 2 = 1.7кН$$

Ходовий візок :

$$T_{ТХ1} = 0.7 \cdot 2 = 1.4кН$$

Вантажний візок :

$$T_{ГР.Т1} = 6 \cdot 2 = 12кН$$

Кабіна :

$$T_{КАБ1} = 1.0кН$$

Таль :

$$T_{Т1} = 0.4 \cdot 2 = 0.8кН$$

Інерційні навантаження, що виникають при гальмуванні крану за час  $t_{КР} = 4с$  Прискорення :

$$a_{К4} = \frac{V_{КР}}{t_{КР} \cdot 60} = \frac{20}{4 \cdot 60} = 0.08 \frac{м}{с^2}$$

$$\frac{a_{К4}}{a_{К2}} = \frac{0.08}{0.167} = 0.5$$

Сила інерції ваги частин крану

Міст у вильоті:

$$T_{М4} = 8.5 \cdot 0.5 = 4.3кН;$$

Консол:

$$T_{K4} = 0.6 \cdot 0.5 = 0.3 \text{кН}$$

Опора:

$$T_{OP4} = 2,89 \cdot 0.5 = 1.44 \text{кН}$$

Дробина та площадки:

$$T_{ЛП4} = 0.85 \cdot 0.5 = 0.43 \text{кН}$$

Ходовий візок:

$$T_{ТХ4} = 0.7 \cdot 0.5 = 0.35 \text{кН}$$

Вантажний візок:

$$T_{ГР.Т4} = 6 \cdot 0.5 = 3 \text{кН}$$

Кабіна:

$$T_{КАБ4} = 0.5 \cdot 0.5 = 0.25 \text{кН}$$

Таль:

$$T_{T4} = 0.4 \cdot 0.5 = 0.2 \text{кН}$$

Навантаження на міст крану:

$$q_{M4} = q_{M2} \cdot 0.5 = 0.25 \cdot 0.5 = 0.125 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Сила інерції ваги вантажу і вантажного візка, яка з явилась під час гальмування або пуску візка з вантажем :

$$T_{ГГ} = \frac{(G_T + Q)Q_T}{g} = \frac{(33.7 + 100)0.19}{9.81} = 26 \text{кН}$$

При часу гальмування 4 секунди :

$$a_T = \frac{V_T}{t_T \cdot 60} = \frac{31.5}{4 \cdot 60} \cong 0.18 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

## 2.4 Вітрове навантаження

Загальні положення

Розрахункове вітрове навантаження на кран визначається у відповідності з ГОСТ 1451-77.

Згідно п. п. 2,1 та п. п. 2,3 ГОСТу, вітрове навантаження, яке діє на елемент конструкції або вантаж, визначається за формулою :

$$W = P \cdot F ,$$

де  $F$  – розрахункова площа елемента або вантажу ;

$P$  – розрахункове вітрове навантаження на одиницю розрахункової площини елемента конструкції або вантажу в даній зоні висоти.

$$P = q \cdot k \cdot c \cdot n ,$$

де  $q$  – динамічний тиск вітру ;

$k$  – коефіцієнт, враховуючий зміну динамічного тиску по висоті ;

$c$  – коефіцієнт аеродинамічної сили ;

$n$  – коефіцієнт перенавантаження ;

$n = 1$  т. я. кран рахується по допустимим навантаженням.

Для робочого стану крана динамічний тиск вітру повинен бути

$$q = 125 \frac{H}{m^2} \text{ (п. 6.1 ГОСТу).}$$

В неробочому стані кран прийнято  $q_H = 550 \frac{H}{m^2}$  для 4 –го вітрового району.

Коефіцієнт  $K=1$  при висоті над поверхнею землі 10 метрів,  $K=1,25$  при висоті від 10 до 20 метрів,  $K=1,4$  від 20 до 30 метрів.

Визначення величини підвітряних площин та аеродинамічних коефіцієнтів.

Підвітряна площа та аеродинамічні коефіцієнти при напрямку вітру вздовж підкранових колій.

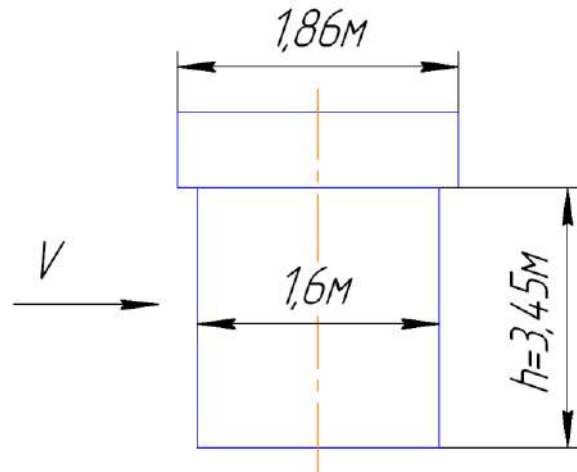


Рисунок 2.4 – Підвітряна площа рігеля

Міст у прольоті  $h = 2824 + 150 + 475 = 3450\text{м}$

для  $\frac{h}{a} = \frac{3450}{1600} = 2.15$

$$C_{xm} = 1.85$$

$$F_M = (2.82 + 0.475 + 0.15) \cdot (32 + 2.4) \cong 120$$

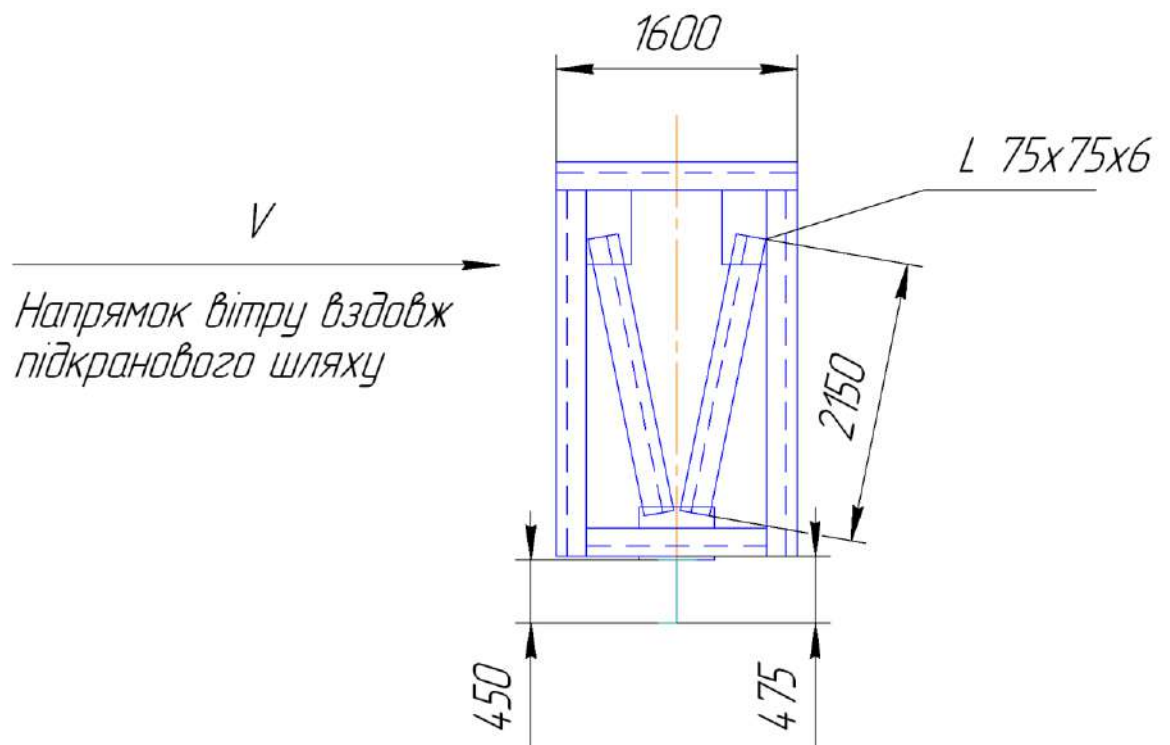


Рисунок 2.5 – Розрахунок перетину крану

Площа визначена зовнішнім контуром

$$A_3 = 10.68 \cdot 2.85 = 30.5 \text{ м}^2$$

Площа внутрішніх елементів ферми

$$A = (0.1 + 0.125) \cdot 10.68 + 5 \cdot 2.8 \cdot 0.09 + 4 \cdot 0.4 \cdot 0.1 + 8 \cdot 0.12 \cdot 0.3 = 5.3 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт заповнення

$$\phi = \frac{A}{A_3} = \frac{5.3}{30.5} = 0.175$$

Аеродинамічний коефіцієнт  $C_x = 3.42$

Площа монорейки  $F_M = 0.45 \cdot 12 = 5.5 \text{ м}^2$

$$C_{xI} = 2.05$$

Площа вантажу та тельферу  $F_{\text{BAH}}^K = 10 \text{ м}^2$   $F_T = 2 \text{ м}^2$

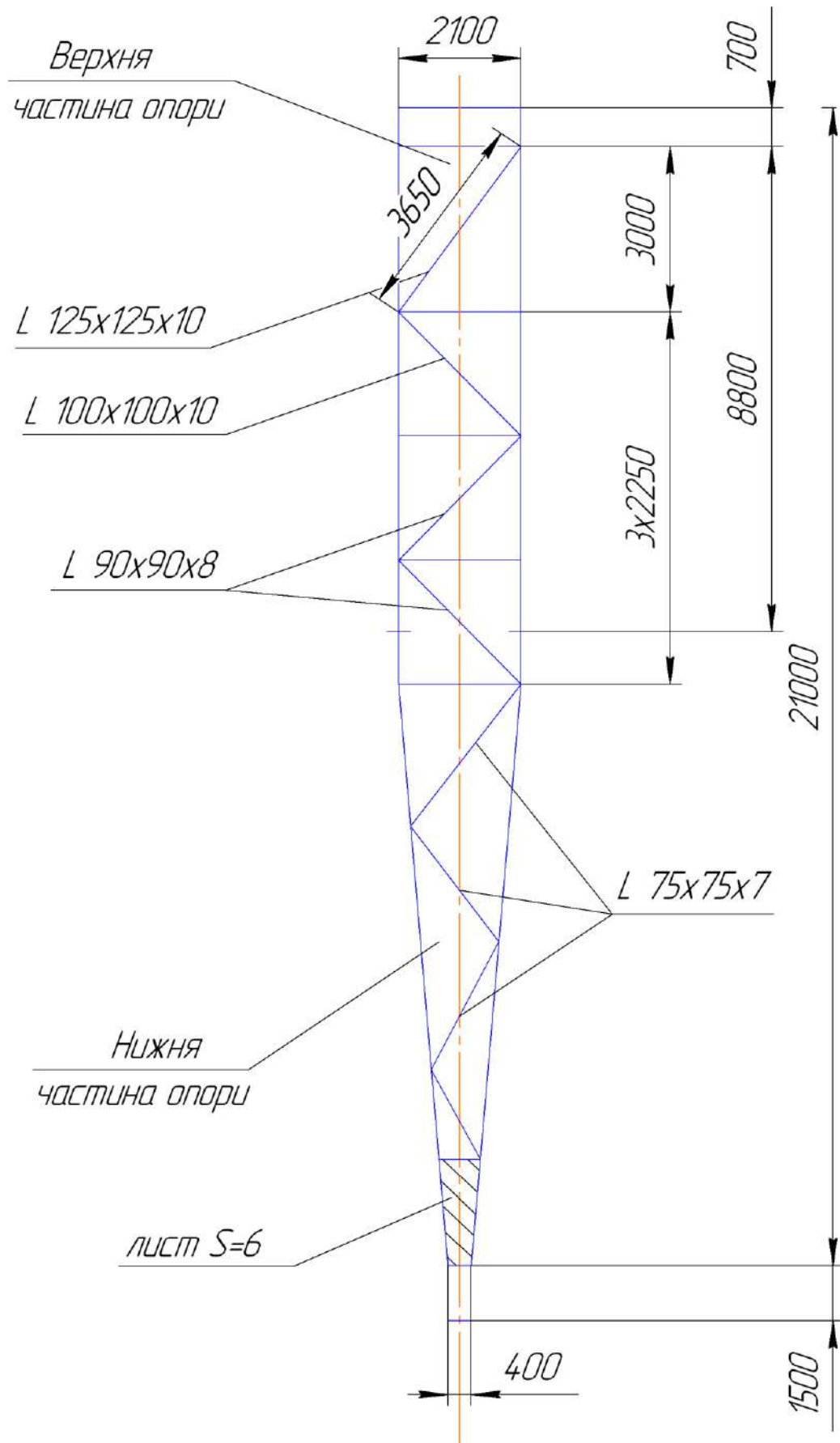
$$C_x = 1,2$$

Вітер робочого стану на консолі

$$\begin{aligned} W_K &= W_{K1} + W_{\text{BAH}} \\ &= (5.3 \cdot 3,42 + 5,5 \cdot 2,05) \cdot 12,5 \cdot 1,25 + (10 + 2) \cdot 1,2 \cdot 1,25 \cdot 12,5 \\ &= 7 \text{ кН} \end{aligned}$$

Вітер на консолі не робочого стану

$$W_K^H = 475 \cdot \frac{55}{12,5} + 2 \cdot 1,2 \cdot 1,25 \cdot 55 = 22,65 \text{ кН}$$



## Рисунок 2.6 – Розрахункова схема опори

Верхня частина

$$F_{on.6} = 0.22 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 0.9 = 4m^2 - \text{площа поясів ветві}$$

Коефіцієнт заповнювання опори  $\phi = 0.71$

Площа решітки гілки

$$F_p = 0.7 \cdot 2.1 + 3.65 \cdot 0.125 + 3.1 \cdot 0.1 + 3 \cdot 3.1 \cdot 0.09 + 2.1 \cdot 0.22 + 3 \cdot 2.1 \cdot 0.075 = 4m^2$$

Коефіцієнт аеродинамічності

$$C'_x = C_x \cdot (1 + \eta(i - 1)) = 1.8(1 + 0.45(2 - 1)) = 2.9$$

$$F_{p.CX} = 4 \cdot 2.9 = 11.6m^2$$

$$\sum F_{oi} \cong 16i^2$$

Площа нижньої частини опори приблизно дорівнює площі верхньої частині опори

$$F_{on.6} = 16m^2$$

$$F_{BAH} = 40m^2 - \text{площа вантажу ;}$$

$$F_{KAB} = 4m^2 - \text{площа кабіни ;}$$

$$F_{BAH.BIZ} = 4m^2 - \text{площа вантажного візка ;}$$

$$F_{X.BIZ} = 3m^2 - \text{площа ходового візка ;}$$

$F_{Л.В} = 3\text{м}^2; F_{Л.Н} = 2\text{м}^2$  - площі дробин та площадок .

Підвітряна площа та аеродинамічні коефіцієнти при напрямку вітру поперек підкранових колій.

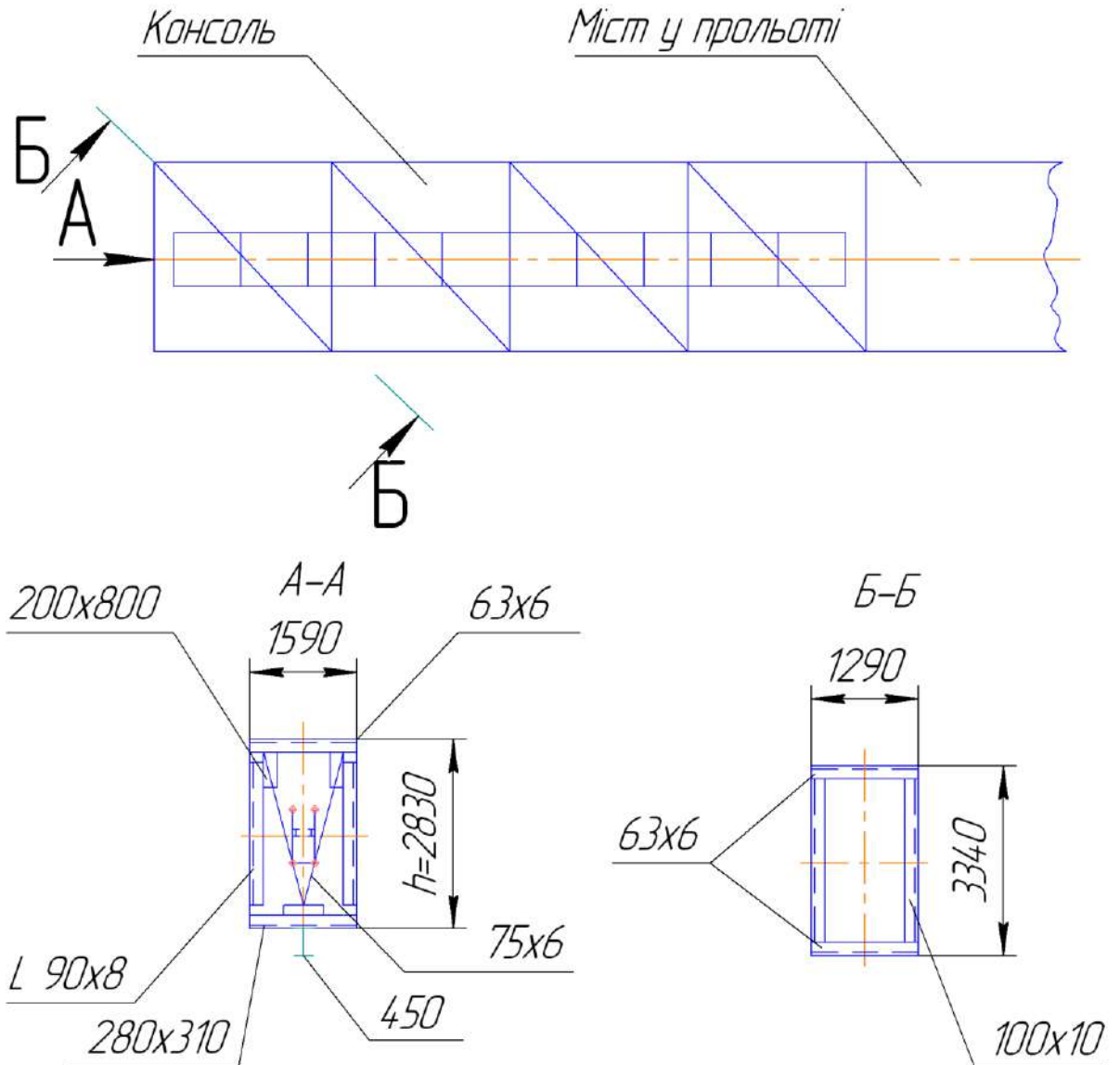


Рисунок 2.7 – Розрахункова схема консолі

Підвітряна площа торцу консолі без урахування розкосних діафрагм

$$A_T^A = 2(1.59 \cdot 0.063 + 2.83 \cdot 0.09) + 0.2 \cdot 0.8 \cdot 2 + 0.26 \cdot 0.31 + 2.2 \cdot 0.75 + 2 \cdot 0.96 \cdot 0.28 = 1.45 \text{ м}^2$$

З урахуванням аеродинамічних коефіцієнтів на кожний елемент торця консолі

$$C_i = 1.9 \quad C_{11} = 1.2 \quad C_o = 1.2$$

$$A_T^{CX} = (0.7 + 0.3) \cdot 1.9 + (0.32 + 0.08) \cdot 1.2 + 0.053 \cdot 1.2 = 2.44 \text{ м}^2$$

Підвітрова площа перетину ферми по розкосам решітки

$$A_T^E = 2(1.29 \cdot 0.063 + 3.34 \cdot 0.1) = 0.83 \text{ м}^2$$

Площа визначена зовнішнім контуром

$$A_H = 3.34 \cdot 1.3 = 4.3 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт заповнення ферми

$$\phi = \frac{A_T^E}{A_H} = \frac{0.83}{4.3} = 0.193$$

$$C_X(\theta) = C_X \cdot (C_{X0} + (1 - C_{X0}) \sin^3 \theta) + \Delta C_X(\theta), \text{ де}$$

$$\sin \theta = \frac{2773}{3836} = 0.7228$$

$$\Delta C_X(\theta) = 0.7 C_X \frac{A_P}{A} \sin^2 2\theta$$

$$\frac{A_p}{A} = \phi = 0.193$$

$$\theta = 48.26^\circ$$

$$C_{XO} = \frac{1}{2} \cdot (1 + \lambda) \cdot C_{XO.K} \cdot \frac{C_{X.K}}{C_X} = \frac{1}{2} (1 + 2.6) 0.03 \frac{3.2}{3.16} = 0.054$$

$$\lambda = \frac{3340}{1290} = 2.6$$

$$\Delta C_X(\theta) = 0.7 \cdot 3.16 \cdot 0.193 \cdot 0.989 = 0.42$$

$$C_X(\theta) = 3.16 [0.054 + (1 - 0.054) \cdot \sin^3 46.28^\circ] + 0.42 = 1.71$$

Так як у нас 4 відсіку , але розкоси перетинають стійки , тоді відстань між відсіками дорівнює 0,5 відсіку для визначення  $\eta$

$$C_X = \frac{A_T^{CX}}{A_T} = \frac{2.44}{1.45} = 1.68$$

З урахування затемнення

$$\phi = \frac{A_T^A}{A_{HK}} = \frac{1.45}{4.5} = 0.32 ; \quad \frac{l}{h} = \frac{\frac{2650}{2}}{2830} = 0.468 ; \quad \eta = 0.56$$

$$C_{X.CT} = 1.68 \cdot (1 + 0.56(3 - 1)) = 3.56$$

Стійки

Підвітрова площа стійок з урахуванням затемнення

$$A_{CT\eta} = 1.45 \cdot 3.56 = 5.16 \text{ м}^2$$

Для розкосів

Підвітрова площа розкосів з урахуванням затемнення

$$C_{РОЗК} = C_X(\theta) \cdot (1 + \eta(i - 1)) = 1,71(1 + 0,85(4 - 1)) = 6$$

$$A_{розк\eta} = 0,83 \cdot 6 = 5\text{м}^2$$

Підвітрова площа діафрагм в перетині консолі

$$\text{Площа кутників } F_{\text{діаф}} = 2,2 \cdot 0,075 = 0,3\text{м}^2$$

$$\text{Площа косинок } F_{\text{кос}} = 2 \cdot 0,2 \cdot 0,8 + 0,26 \cdot 0,31 = 0,4\text{м}^2$$

$$C_X = \frac{1,9 \cdot 0,3 + 1,2 \cdot 0,4}{0,3 + 0,4} = 1,5$$

$$\frac{s}{h} = \frac{2650}{75} = 35; \quad \phi = \frac{0,3+0,4}{45} = 0,015; \quad \eta \approx 1$$

$$C'_x = 1,5 \cdot (1 + 1(3 - 1)) = 4,5$$

$$F_{\text{діаф}\eta} = (0,3 + 0,4) \cdot 4,5 = 3,15\text{м}^2$$

Стійки перил

$$F_{\text{пер}} = 2,1 \cdot 0,28 = 0,56\text{м}^2$$

$$F_{\text{пер}\eta} = 0,56 \cdot 12 = 6,72\text{м}^2$$

$$C_{X,КР} = 1,2; \quad \frac{s}{h} = 1; \quad \eta = 0,9; \quad C'_{xкр} = 1,2(1 +$$

$$0,9(11 - 1)) = 12$$

Сумарна підвітрова площа консолі

$$\sum F_{\text{конс}}^C = 2,44 + 5,16 + 3,15 + 6,72 = 22,47\text{м}^2$$

Вітер поперек шляху на прольоті моста

$$F'_M = 1.59 \cdot 2.83 = 4.5 \text{ м}^2$$

$$C'_{X.M} = 1.2$$

$$F'_{M.CX} = 4.5 \cdot 1.2 = 5.4 \text{ м}^2$$

Сумарна підвітрова площа мосту при вітрі поперек шляху

$$\sum F'_M = 2 \cdot \sum F_{конс}^C = 2 \cdot 22,47 + 5,4 = 50,34 \text{ м}^2$$

Навантаження від тиску вітру при робочому стані крану

| Елемент крану      | Площа , F<br>м <sup>2</sup> | $q, \frac{H}{\text{м}^2}$ | C    | K    | $W = qkcF$ ,<br>H |
|--------------------|-----------------------------|---------------------------|------|------|-------------------|
| Вантаж             | 40                          | 125                       | 1,2  | 1,25 | 7500              |
| Міст               | 120                         | 125                       | 1,85 | 1,25 | 34400             |
| Ліва консоль       |                             | 125                       | 1,85 | 1,25 | 7000              |
| Права консоль      |                             | 125                       | 1,85 | 1,25 | 7000              |
| Опора              |                             |                           |      |      |                   |
| Верхня частина     | 16                          | 125                       |      | 1,25 | 10000             |
| Нижня частина      | 16                          | 125                       |      | 1,0  | 8000              |
| Драбини і площадки |                             |                           |      |      |                   |
| Верхня частина     | 3                           | 125                       | 1,65 | 1,25 | 1200              |
| Нижня частина      | 2                           | 125                       | 1,65 | 1,0  | 2400              |
| Кабіна             | 4                           | 125                       | 1,2  | 1,25 | 750               |
| Ходовий візок      | 3                           | 125                       | 1,4  | 1,0  | 2120              |
| Вантажний візок    | 4                           | 125                       | 1,2  | 1,4  | 850               |

$$\sum W = 80 \text{ кН}$$

## Навантаження від тиску вітру при дії поперек підкранового шляху

| Елемент крану      | Площа, F<br>м <sup>2</sup> | C    | K                      | $q, \frac{H}{м^2}$ | $W' = qkcF$<br>, Н |
|--------------------|----------------------------|------|------------------------|--------------------|--------------------|
| Вантаж             | 40                         | 1,2  | 1,25                   | 125                | 7500               |
| Ліва консоль       | 50,34                      | 1,2  | $\frac{1,25 + 1,4}{2}$ | 125                | 8300               |
| Вильот             |                            |      |                        |                    |                    |
| Права консоль      |                            |      |                        |                    |                    |
| Опора              |                            |      |                        |                    |                    |
| Верхня частина     | 38,4                       | 1,2  | 1,25                   | 125                | 19900              |
| Нижня частина      | 31,6                       | 1,2  | 1,0                    | 125                |                    |
| Драбини і площадки |                            |      |                        |                    |                    |
| Верхня частина     | 2                          | 1,65 |                        | 125                | 200                |
| Нижня частина      | 2                          | 1,65 | 1,0                    | 125                | 2000               |
| Кабіна             | 4                          | 1,2  | 1,25                   | 125                | 750                |
| Ходовий візок      | 2                          | 1,4  | 1,0                    | 125                | 1400               |
| Вантажний візок    | 4                          | 1,2  | 1,4                    | 125                | 850                |

$$\Sigma W' = 41кН$$

Навантаження від тиску вітру, при 40% від максимально допустимого.

$$W_{40} = 0.4 \cdot W$$

| елемент крану      | Напрямок вітру вздовж |                                         | Напрямок вітру поперек |                                           |
|--------------------|-----------------------|-----------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------|
|                    | $W, Н$                | $W_{40}, Н$                             | $W', Н$                | $W'_{40}, Н$                              |
| Вантаж             | $W_{ГР} = 7500$       | $W_{ГР40} = 3000$                       | $W'_{ГР} = 7500$       | $W'_{ГР40} = 7500$                        |
| Міст               | $W_{ПР} = 34400$      | $W_{ПР40} = 14700$                      | $W'_{ПР} = 8300$       | $W'_{ПР40} = 3320$                        |
| Верхня частина     | $W_{ОБ} = 2500$       | $W_{ОБ40} = 1340$<br>$2W_{ОБ40} = 4840$ | $W'_{ОБ} = 6000$       | $W'_{ОБ40} = 2400$<br>$2W'_{ОБ40} = 3980$ |
| Нижня частина      | $W_{ОН} = 2700$       | $W_{ОН40} = 1080$<br>$2W_{ОН40} = 9680$ | $W'_{ОН} = 3950$       | $W'_{ОН40} = 1580$<br>$2W'_{ОН40} = 7960$ |
| Драбини і площадки |                       |                                         |                        |                                           |
| Верхня частина     | $W_{ЛВ} = 800$        | $W_{ЛВ40} = 320$                        | $W'_{ЛВ} = 550$        | $W'_{ЛВ40} = 380$                         |
| Нижня частина      | $W_{ЛН} = 410$        | $W_{ЛН40} = 160$                        | $W'_{ЛН} = 410$        | $W'_{ЛН40} = 160$                         |
| Кабіна             | $W_K = 750$           | $W_{K40} = 300$                         | $W'_K = 750$           | $W'_{K40} = 300$                          |
| Ходовий візок      | $4W_{ХВ} = 2120$      | $4W_{ХВ40} = 850$                       | $4W'_{ХВ} = 1400$      | $4W'_{ХВ40} = 560$                        |
| Вантажний візок    | $W_{ВВ} = 850$        | $W_{ВВ40} = 340$                        | $W'_{ВВ} = 850$        | $W'_{ВВ40} = 340$                         |

$$\sum W_{0.4} = 32кН$$

$$\sum W'_{0.4} = 16,1кН$$

Навантаження від тиску вітру при неробочому стані для 4 вітрового району

$$q_H^{IV} = 550 \frac{H}{m^2}$$

$$W_H = W_P \frac{q_H^{IV}}{q_0} = W_P \frac{550}{125} = 4.4 \cdot W_P$$

| Елемент крану                    | Робочий вітер , Н | Неробочий вітер , Н |
|----------------------------------|-------------------|---------------------|
| Вітер вздовж підкранового шляху  |                   |                     |
| Міст                             | $W_{ПП} = 34400$  | $W_{ПП}^H = 151360$ |
| Консолі                          | $2W_K = 14000$    | $2W_K^H = 61500$    |
| Опора                            | $W_O = 9000$      | $2W_O^H = 79200$    |
| Драбини                          | $2W_D = 2400$     | $W_D^H = 10560$     |
| Кабіна                           | $W_K = 750$       | $W_K^H = 3300$      |
| Ходовий візок                    | $4W_{XB} = 2120$  | $4W_{XB}^H = 9330$  |
| Вантажний візок                  | $W_{BB} = 850$    | $W_{BB}^H = 3740$   |
| Вітер поперек підкранового шляху |                   |                     |
| Міст з консолями                 | $W'_M = 8300$     | $W'_M^H = 36520$    |
| Опора                            | $W'_{OP} = 9950$  | $W'_{OP}^H = 87560$ |
| Драбини                          | $W'_D = 1000$     | $W'_D^H = 8800$     |
| Кабіна                           | $W'_K = 750$      | $W'_K^H = 3300$     |
| Ходовий візок                    | $4W'_{XB} = 1400$ | $4W'_{XB}^Y = 6160$ |
| Вантажний візок                  | $W'_{BB} = 850$   | $W'_{BB}^H = 3740$  |

$$\Sigma W = 146кН$$

Навантаження від тиску вітру при неробочому стані для 1, 2, 3 вітрового району:

$$W_H = W_P \frac{q_H^I}{q_0} = W_P \frac{270}{125} = 2.16 \cdot W_P$$

$$W_H = W_P \frac{q_H^{II}}{q_0} = W_P \frac{350}{125} = 2.8 \cdot W_P$$

$$W_H = W_P \frac{q_H^{III}}{q_0} = W_P \frac{450}{125} = 3.6 \cdot W_P$$

| Елемент крану      | Робочий вітер , Н | Неробочий вітер , Н |       |        |        |
|--------------------|-------------------|---------------------|-------|--------|--------|
|                    |                   | I                   | II    | III    | IV     |
| Вантаж             | 7500              |                     |       |        |        |
| Міст               | 34460             | 7400                | 9650  | 124000 | 151360 |
| Ліва консоль       | 7000              | 15000               | 19600 | 25200  | 30800  |
| Права консоль      | 7000              | 15000               | 19600 | 25200  | 30800  |
| Опори(4шт)         | 18000             | 38800               | 50500 | 65000  | 79200  |
| Дробини і площадки | 2400              | 5180                | 6720  | 8400   | 10560  |
| Кабіна             | 750               | 1630                | 2100  | 2700   | 3700   |
| Ходовий візок      | 2120              | 4580                | 5940  | 7630   | 9330   |
| Вантажний візок    | 850               | 1840                | 2380  | 3060   | 3740   |

$$\sum W = 174\text{кН} \quad \sum W = 224\text{кН}$$

$$\sum W = 288\text{кН} \quad \sum W = 320\text{кН}$$

### 3 РОЗРАХУНОК МОСТУ КРАНУ

#### 3.1. Розрахункові комбінації навантажень.

Розрахунок крану виконується за наступними розрахунковими комбінаціями:

1. Сумісна дія вертикальних навантажень (власна вага, Вага вантажу з урахуванням динамічного коефіцієнту, горизонтальне вітрове навантаження неробочого стану поперек підкранового шляху, сила інерції від руху вантажного візка з вантажем вздовж мосту крана ).

2. Сумісна дія вертикальних навантажень від власної ваги і горизонтальне вітрове навантаження неробочого стану поперек підкранового шляху.

3. Сумісна дія вертикальних навантажень горизонтальне вітрове навантаження робочого стану вздовж підкранового шляху, інерційні навантаження, які виникли при пуску або уповільненню крана.

4. Сумісна дія вертикальних навантажень від власної ваги і горизонтальне вітрове навантаження неробочого стану вздовж підкранового шляху.

### 3.2. Визначення навантажень в перетині мосту.

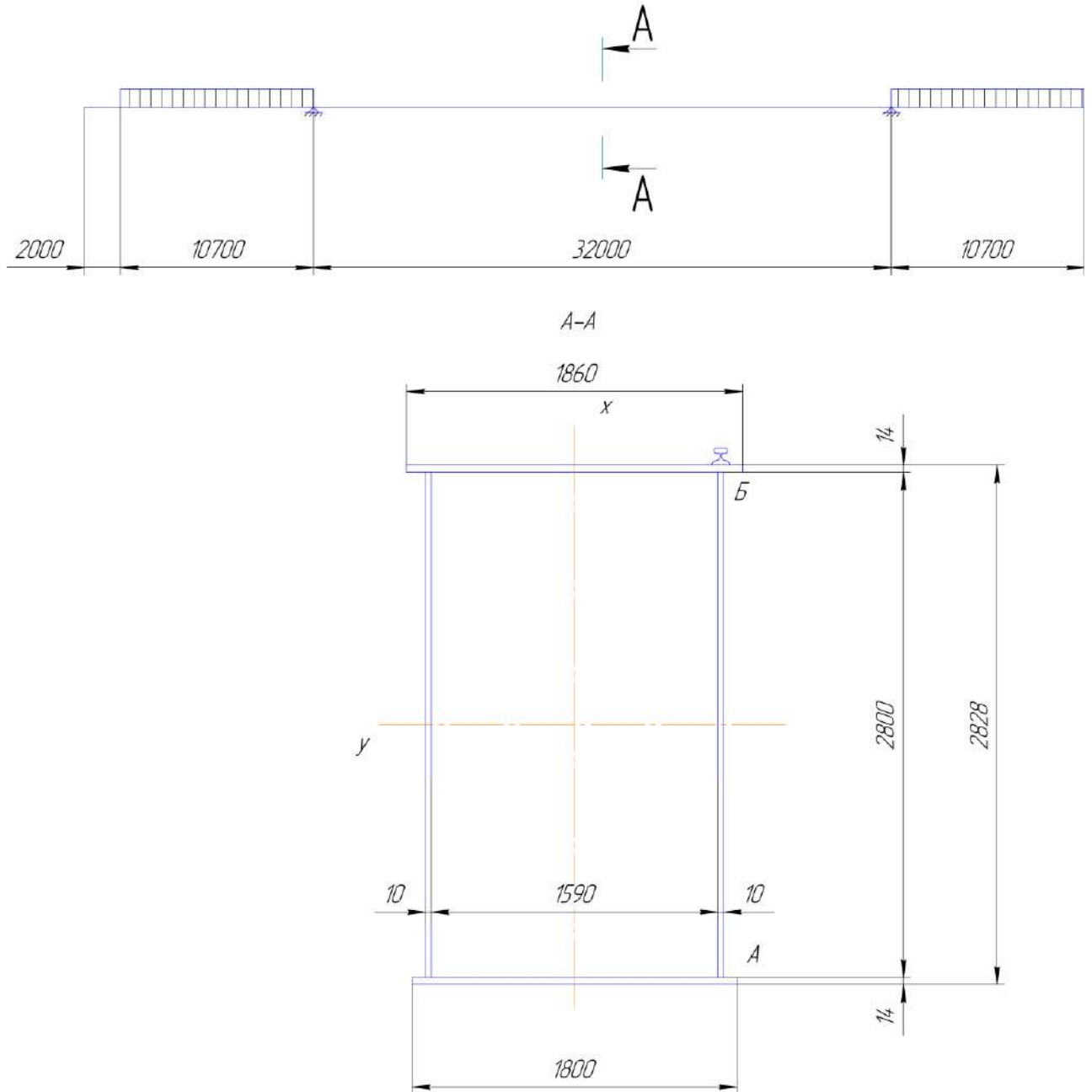


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема мосту крану

Геометрична характеристика перетину мосту

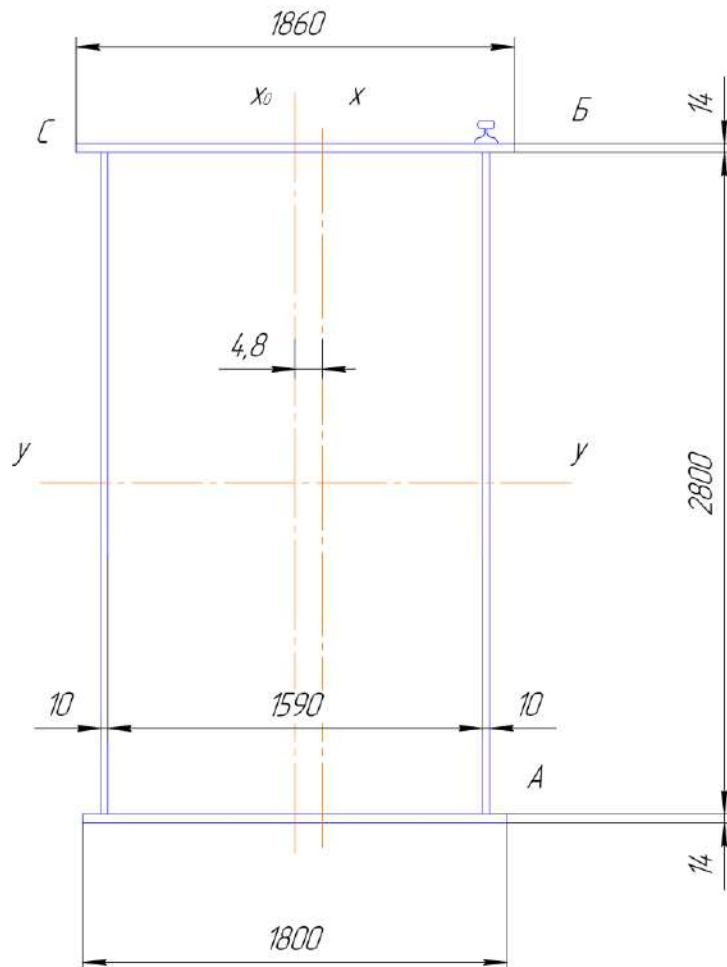


Рисунок 3.2 - Геометрична характеристика перетину мосту

$$F = 0.14 \cdot (1.86 + 1.8) + 0.1 \cdot 2.8 + 0.1 \cdot 2.8 = 1.07 \text{ м}^2$$

$$X = \frac{-0.1 \cdot 2.8 \cdot 79.9 + 0.1 \cdot 2.8 \cdot 80}{1.07} = 0.0477 \text{ м}$$

$$y = \frac{0.14 \cdot 1.86 - 0.14 \cdot 1.800}{1.07} \approx 0$$

$$I_y = 1.4 \cdot 1.86 \cdot 140.6^2 + 1.4 \cdot 1.80 \cdot 140.6^2 + \frac{1.0 \cdot 280^3}{12} + \frac{1.0 \cdot 280^3}{12}$$

$$= 12 \cdot 10^6 \text{ см}^4$$

$$I_x = \frac{1.4 \cdot 1.86^3}{12} + \frac{1.4 \cdot 1.80^3}{12} + 1.4 \cdot 1.86 \cdot 4.8^2 + 1.4 \cdot 1.80 \cdot 4.8^2 + 1.0 \cdot 280$$

$$\cdot 84.7^2 + 1.0 \cdot 280 \cdot 75.2^2 = 4.4 \cdot 10^6 \text{ см}^4$$

$$W_{xc} = \frac{I_x}{97.38} = \frac{4400000}{97.8} = 45000 \text{ см}^3$$

$$W_{yA} = \frac{I_y}{141.2} = \frac{12000000}{141.2} = 85000 \text{ см}^3$$

$$I_K = \frac{2 \cdot 159,9^2 \cdot 281,2^2 \cdot 1,0 \cdot 1,0}{159,9 \cdot 1,0 + 281,2 \cdot 1,4} = 9,25 \cdot 10^6 \text{ см}^4$$

Навантаження у серединні прольоту мосту.

Визначаємо зусилля та навантаження у серединній частині прольоту.

Обов'язково враховуємо те що міст на двох опорах - як балка.

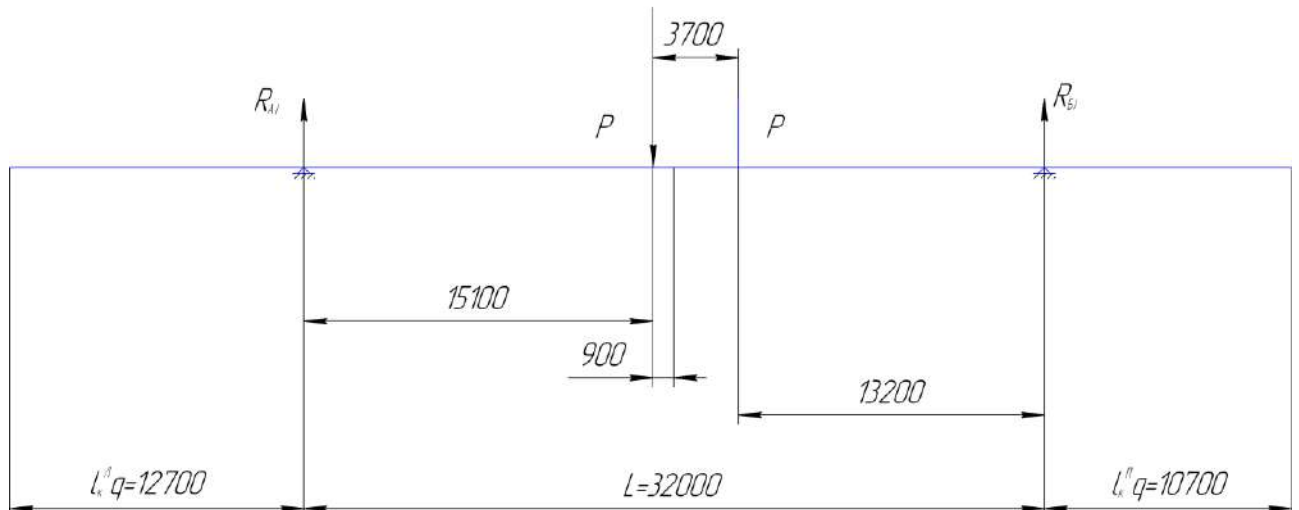


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема мосту крану з вантажем  
по середині вильоту

Визначаємо навантаження в перетині при вантажу  $Q=100$  т над перетином.

Визначаємо зусилля в перетині:

1. Згинаючий момент від рухомого навантаження, враховуючи зусилля

$$P = \frac{(Q + G_{II})\psi + G'_T}{2} = \frac{(100 + 4)1.1 + 29.7}{2} = 72.05 \text{кН}$$

$$R_{AI} = [P \cdot 13.2 + P \cdot (13.2 + 3.7)] \cdot \frac{1}{32} = [72.05 \cdot (13.2 + 13.2 + 3.7)] + \frac{1}{32} \\ = 68 \text{кН}$$

$$M_{PI} = R_{AI} \cdot 15.10 = 68 \cdot 15.10 = 1037 \text{кН} \cdot \text{м}$$

Момент від вантажного візка

$$P = 2P_I = 2 \cdot 6.75 = 13.6 \text{кН} \cdot \text{м}$$

$$M^H_{PI} = \frac{1037}{72.05} \cdot 13.6 = 199.4 \text{кН} \cdot \text{м}$$

1) Момент згинаючий від власної ваги мосту

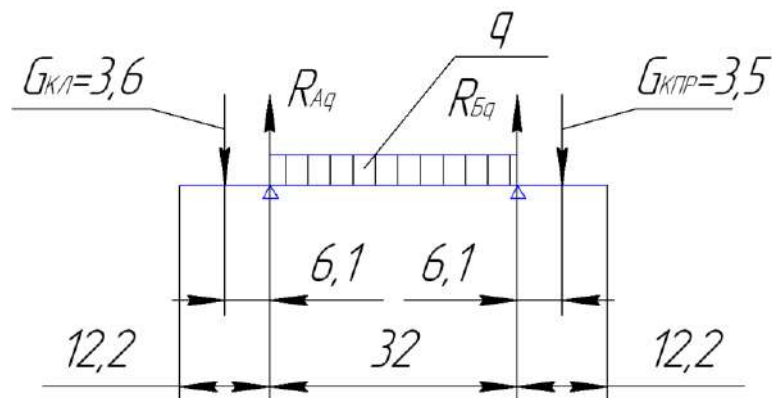


Рисунок 3.4 – Момент згинаючий від власної ваги мосту

$$R_{Aq} = q \frac{L}{2} + \frac{G_{KL}(6.1 + L) - G_{KPP}6.1}{32} = 14.6 \cdot 16 + \frac{3.6(6.1 + 32) - 3.5 \cdot 6.1}{32} \\ = 26.86 \text{кН}$$

$$M_{qI} = R_{Aq} \cdot 15.1 - \frac{q \cdot 15.1^2}{2} - G_{KO}(6.1 + 15.1)$$

$$= 26,86 \cdot 15.1 - \frac{14.6 \cdot 15.1^2}{2} - 3.5 \cdot 21.2 = 165 \text{кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{IH}^P = 1037 + 165 = 1202 \text{кН} \cdot \text{м}$$

$$ZM_i^P = 199.4 + 165 = 364.4 \text{кН} \cdot \text{м}$$

3) Згинаючий момент від інерційного навантаження

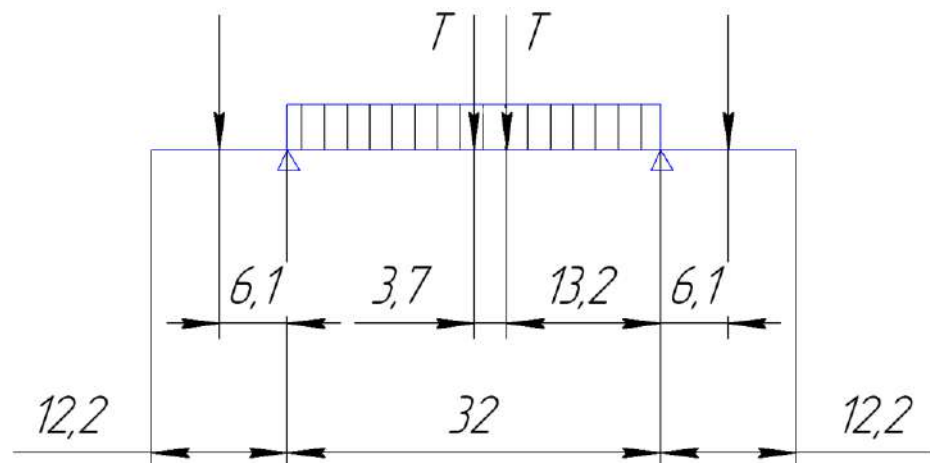


Рисунок 3.5 – Згинаючий момент від інерційного навантаження

$$T = \frac{1}{2}(T_{ГРТЗ} + H_4) = \frac{1}{2}(0,30 + 2,1) = 12 \text{кН}$$

$$M_{TI} = \frac{M_{PI}}{P} \cdot T = \frac{103.7}{72.3} \cdot 12 = 172 \text{кН} \cdot \text{м}$$

4) Згинаючий момент від вітрового навантаження

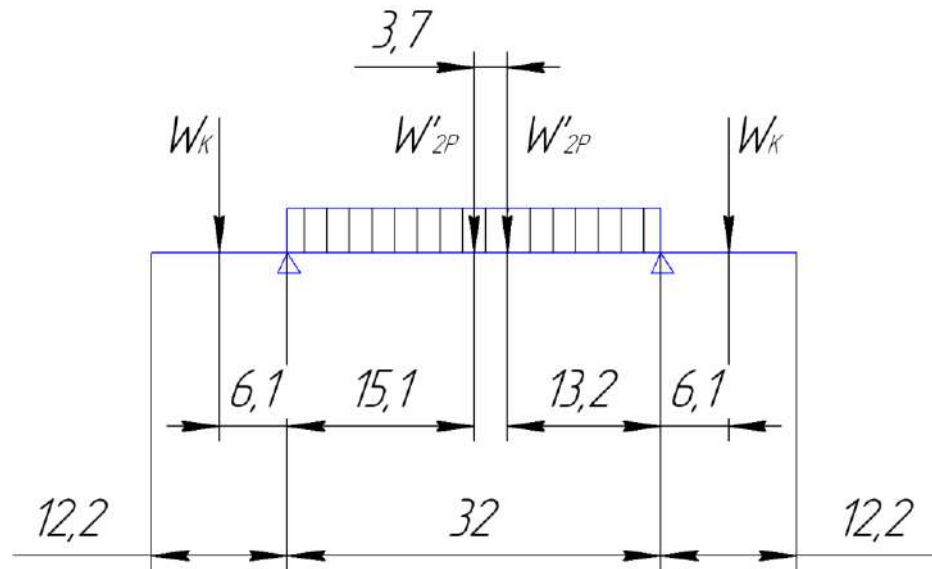


Рисунок 3.6 – Згинаючий момент від вітрового навантаження

$$W = \frac{1}{2}(W_{BB} + W_B) = \frac{1}{2}(7,5 + 0,85) = 4,2 \text{кН}$$

$$M_{WI} = \frac{1037}{72,3} \cdot 4,2 = 61 \text{кН} \cdot \text{м}$$

$$Mq_I^P = \frac{165}{14,6} \cdot 0,85 = 96 \text{кН} \cdot \text{м}$$

## 4 РОЗРАХУНОК ОПОРИ КРАНУ

Металоконструкція крана виконана у вигляді П-подібної рами, ригель якої спирається на дві жорстко закріплені опори.

У площині, що є перпендикулярною до поздовжньої осі мосту, опори мають форму трапецієподібних рам. Вони сприймають вертикальні навантаження від власної маси конструкції та вантажу, а також горизонтальні зусилля - інерційні та вітрові, спрямовані вздовж підкранового шляху.

### 4.1. Визначення геометричних характеристик

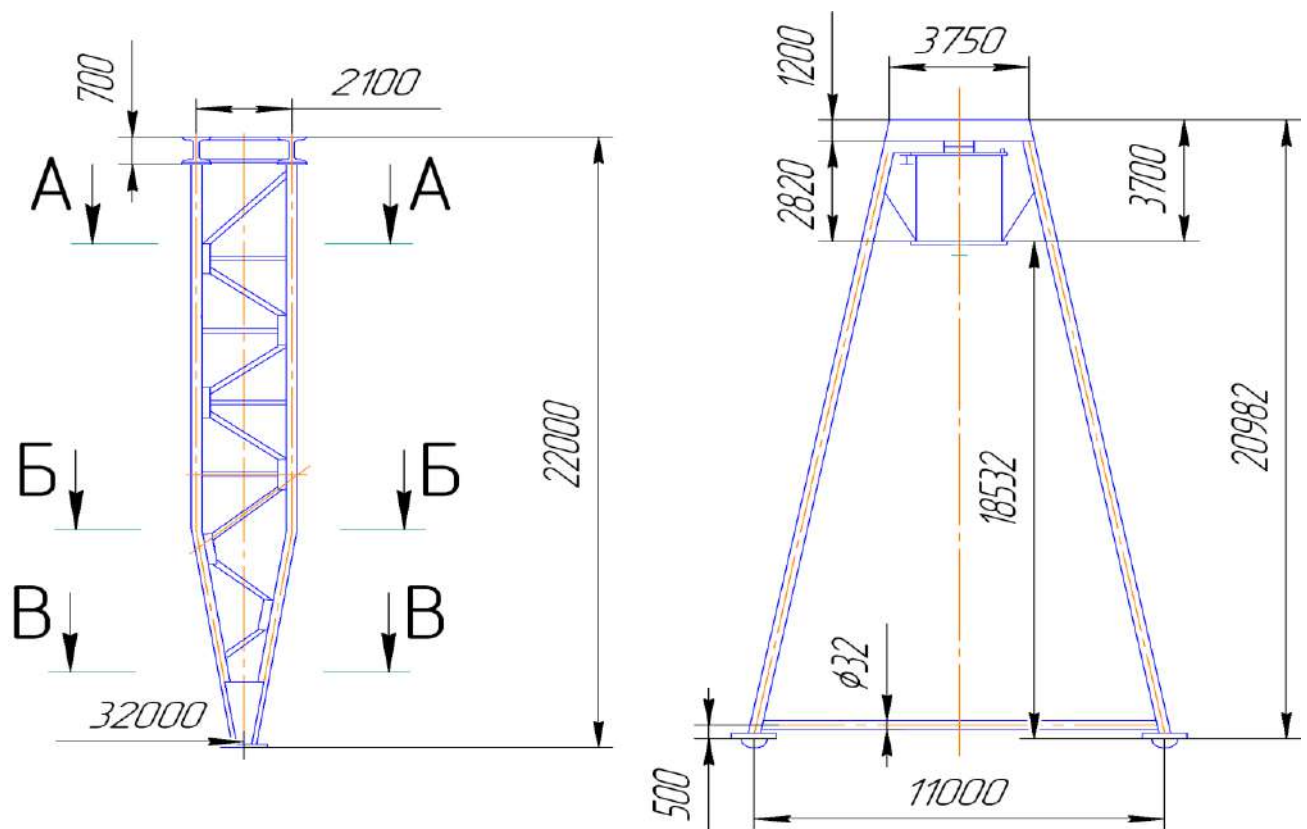


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема опори

## 4.2. Характеристики по ГОСТ 26020-83

$$F_I = 124.75 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$I_{XI} = 6279 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$$

$$W_{XI} = 2296 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

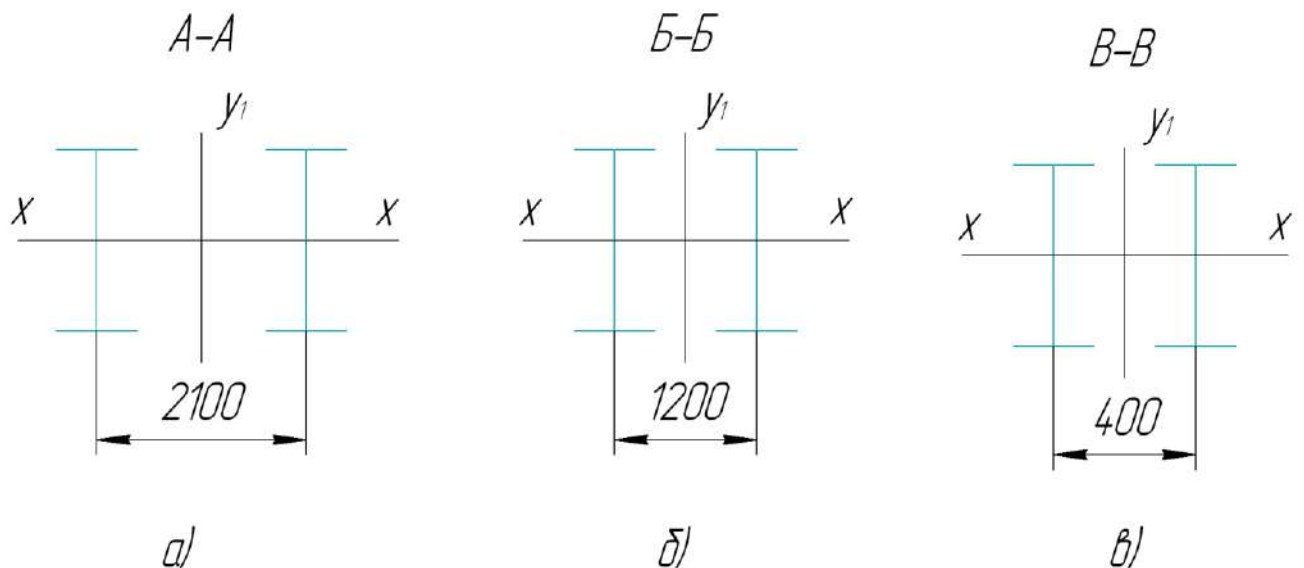
$$r_{XI} = 22.43 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$I_{YI} = 276 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$$

$$r_{YI} = 47 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$W_{YI} = 25069 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Характеристики перетину опори.



а) – перетин А-А; б) – перетин Б-Б ; в) – перетин В-В.

Рисунок 4.2 – Характеристики перетину опори.

Перетин А-А:

$$I_X^A = 2 \cdot I_{XI} = 2 \cdot 6279 \cdot 10^{-7} = 12558 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$$

$$W_X^A = 2 \cdot W_{XI} = 2 \cdot 2296 \cdot 10^{-6} = 4592 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$F_A = 2 \cdot F_I = 2 \cdot 124.75 \cdot 10^{-4} = 249.5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$\begin{aligned} I_Y^A &= 2 \cdot (I_{YI} + F \cdot a^2) = 2 \cdot (276 \cdot 10^{-7} + 124.75 \cdot 10^{-4} \cdot 1.05^2) \\ &= 2.75 \cdot 10^{-2} \text{ м}^4 \end{aligned}$$

Перетин Б – Б :

$$I_Y^B = 2 \cdot (I_{YI} + F \cdot a^2) = 2 \cdot (276 \cdot 10^{-7} + 124.75 \cdot 10^{-4} \cdot 0.6^2) = 0.9 \cdot 10^{-2} \text{ м}^4$$

Перетин В – В :

$$I_Y^B = 2 \cdot (I_{YI} + F \cdot a^2) = 2 \cdot (276 \cdot 10^{-7} + 124.75 \cdot 10^{-4} \cdot 0.2^2) = 0.1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^4$$

Середнє значення моментів інерції :

$$I_{XCP} = 12558 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$$

$$I_{YCP} = \frac{2.75 + 0.9 + 0.1}{3} \cdot 10^{-2} = 12.5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^4$$

$$r_{YMAX} = \frac{2.75 \cdot 10^{-2}}{124.75 \cdot 2} = 1.05 \text{ м}$$

$$r_{YB} = \frac{0.9 \cdot 10^{-2}}{124.75 \cdot 2} = 0.6 \text{ м}$$

Визначення гнучкості опори

$$\lambda_Y = \frac{\mu_1 \cdot \mu_2 \cdot l_1}{r_{YMAX}} = \frac{21.21990}{105} = 45.5$$

$\phi_Y = 0.867$  – в верхньому

перетині

$\mu_1 = 2; \mu_2 = 1.2$  – урахування податливості ґратки

$$\lambda_X = \frac{\mu \cdot l_2}{r_{XI}} = \frac{1750}{22.43} = 78$$

$$\phi_X = 0.646$$

$$\lambda_B^B = \frac{l_B}{r_{YI}} = \frac{300}{4.7} = 64$$

$\phi_{BB} = 0.752$  – в верхній частині опори

$$\lambda_B^H = \frac{l_{BH}}{r_{YI}} = \frac{4500}{4.7} = 96$$

$\phi_{BH} = 0.492$  – в нижній частині опори

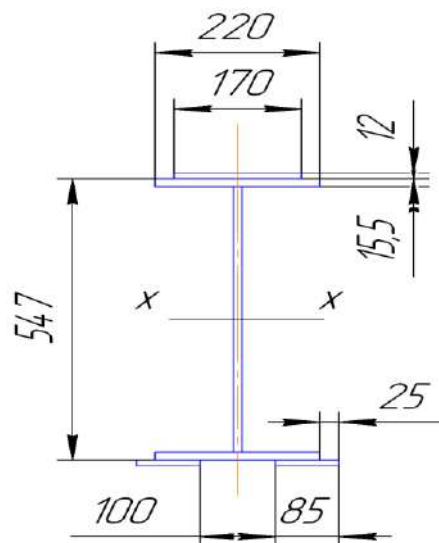


Рисунок 4.3 – Посилення опори

$$F = F_{\partial\theta} + F_n = 124.75 \cdot 10^{-4} + 1,2 \cdot 170 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 1,2 \cdot 8,5 \cdot 10 \\ = 162,55 \cdot 10^{-4} M^2$$

$$I_X = 938 \cdot 10^{-6} M^4$$

$$W_X = \frac{938 \cdot 10^{-6}}{28.55} = 32.35 \cdot 10^{-6} M^4$$

$$r_{XI} = \sqrt{\frac{I_X}{F}} = \sqrt{\frac{938 \cdot 10^{-6}}{162.55 \cdot 10^{-4}}} = 0.24 M$$

$$I_Y = 276 \cdot 10^{-7} + \frac{1.2 \cdot 17^3}{12} + \frac{21.2 \cdot 15.5^3 - 21.25^2}{12} = 376.4 \cdot 10^{-7} M^4$$

$$W_Y = \frac{376.4 \cdot 10^{-7}}{13.5} = 278 \cdot 10^{-6} M^4$$

$$r_Y^B = \sqrt{\frac{376.4 \cdot 10^{-7}}{162.55 \cdot 10^{-4}}} = 0.048 M$$

$$I_{YMAX} = 2 \cdot (I_Y + F \cdot a^2) = 2 \cdot (376.4 \cdot 10^{-7} + 162.55 \cdot 10^{-4} \cdot 1.05^2) \\ = 3.59 \cdot 10^{-2} M^4$$

$$r_{YMAX} = \sqrt{\frac{I_{YMAX}}{F}} = \sqrt{\frac{3.59 \cdot 10^{-2}}{162.55 \cdot 10^{-4}}} = 1.04 M$$

$$\lambda_Y = \frac{\mu_1 \cdot \mu_2 \cdot l_1}{r_{YMAX}} = \frac{2 \cdot 1.21 \cdot 990}{104} = 47 \quad \phi_Y = 0.855$$

$$\lambda_X = \frac{\mu \cdot l_2}{r_{XI}} = \frac{1750}{23.8} = 73.8 \quad \phi_X = 0.69$$

$$\lambda_B = \frac{l_B}{r_Y} = \frac{300}{4.8} = 62.5 \quad \phi_{BB} = 0.762$$

## 4.3 Розрахунок поперечної рами опори

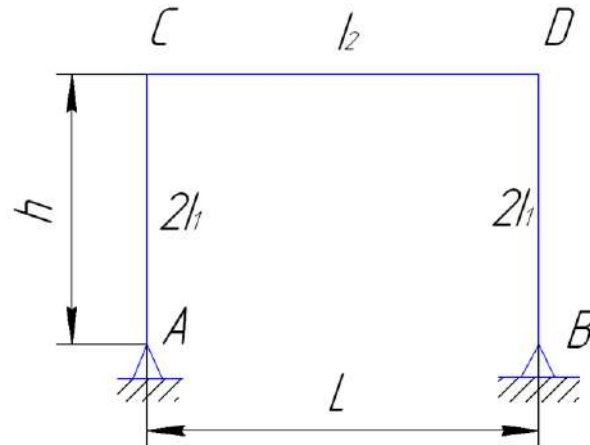


Рисунок 4.4 – Розрахункова схема поперечної рами опори

$$L = 32\text{м}$$

$$h = 18\text{м}$$

$$I_2 = 12 \cdot 10^{-2}\text{м}^4$$

$$I_1 = 1.25 \cdot 10^{-2}\text{м}^4$$

Розрахунок продольної рами від вертикального навантаження

Схема завантажень поперечної рами вертикальними навантаженням

$$P = 0.5G_Q = 0.5 \cdot 126 = 68\text{кН}$$

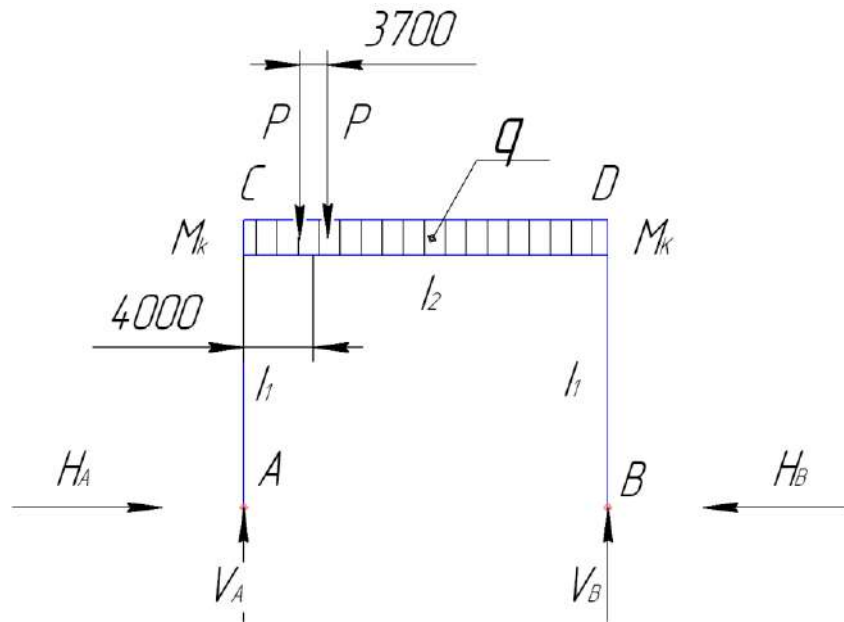


Рисунок 4.5 – Розрахункова схема продольної рами від вертикального навантаження

Опорні моменти та реакції :

$$V_B = \frac{\Delta_1}{l} = \frac{7470}{32} = 234 \text{кН}; \text{ де } \Delta_1 = \frac{q \cdot L^2}{2} = \frac{14.6 \cdot 32^2}{2} = 7470 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$V_A = \frac{\Delta_0}{l} - V_B = \frac{14950}{32} - 234 = 233.4 \text{кН}; \text{ де } \Delta_0 = q \cdot L^2 = 14950 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M_C = M_D = -\frac{3}{E}(\Delta_1 - \Delta_2) = -\frac{3}{2.9}(7470 - 4980) = 415 \text{кН} \cdot \text{м}; \text{ де}$$

$$\Delta_2 = \frac{q \cdot L^2}{3} = \frac{14.6 \cdot 32^2}{3} = 4980 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$E = 2K + 3 = 9;$$

$$K = \frac{I_2 \cdot h}{2I_1 \cdot L} = \frac{12 \cdot 10^{-2} \cdot 18000}{2 \cdot 1.25 \cdot 10^{-2} \cdot 32000} = 3;$$

$$H_A = H_B = -\frac{M_C}{h} = -\frac{415}{18} = -23 \text{кН}$$

## 4.4 Розрахунок поперечної рами опори

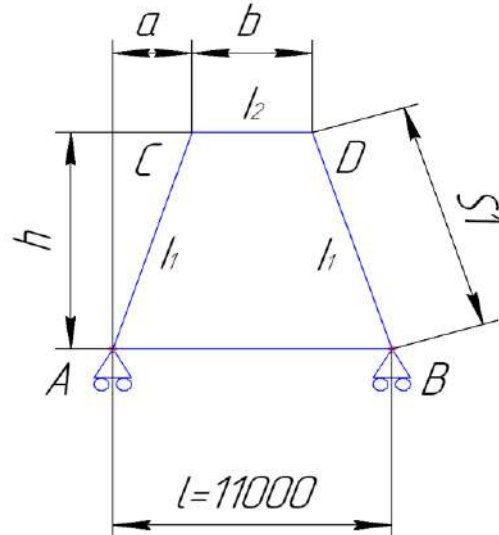


Рисунок 4.6 – Розрахункова схема поперечної рами опори

$$l = 11\text{м}$$

$$h = 121\text{м}$$

$$a = 3.625\text{м}$$

$$b = 3.75\text{м}$$

$$S = h = 21\text{м}$$

$$I_2 = 2918 \cdot 10^{-6}\text{м}^4$$

$$I_1 = 1255 \cdot 10^{-6}\text{м}^4$$

Допоміжні коефіцієнти :

$$K = \frac{I_2 \cdot S}{I_1 \cdot b} = \frac{2918 \cdot 10^{-6} \cdot 21}{1255 \cdot 10^{-6} \cdot 3.75} = 13;$$

$$m = \frac{a}{b} = \frac{3.625}{3.75} = 0.966;$$

$$F_{OT} = 79.67 \cdot 10^{-4} M^2;$$

$$L = \frac{3 \cdot I_2 \cdot l \cdot E_P}{h^2 \cdot F_{OT} \cdot b \cdot E_{OT}} = 0;$$

$$\Pi = K + 1 = 13 + 1 = 14;$$

$$C = 2K + 3 = 2 \cdot 13 + 3 = 29;$$

$$N = C = 29$$

Розрахунок рами від вертикального навантаження

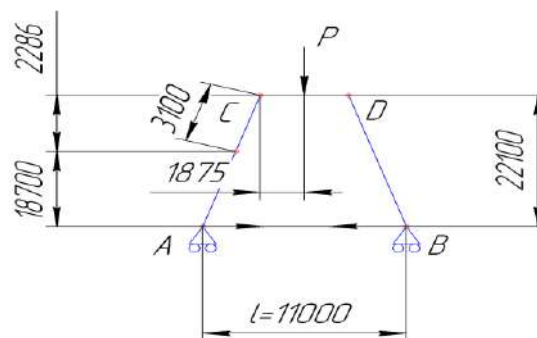


Рисунок 4.7– Розрахункова схема завантаження поперечної рами вертикальним навантаженням

$$P = 0.5G_M + G_P + G_K = 0.5 \cdot 50 + 3.6 + 2 = 32 \text{ кН}$$

Вантажні коефіцієнти :

$$\Delta_1 = \alpha \cdot P \cdot S = 0.5 \cdot 32.0 \cdot 3.75 = 601.8 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$\alpha = \frac{1.875}{3.75} = 0.5;$$

$$\Delta_0 = PS = 32.0 \cdot 3.75 = 1203.75 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$\Delta_2 = \alpha^2 \cdot PS = \frac{1203.75}{4} = 301 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

Реакція від навантаження ;

$$V_B = \frac{1}{l}(m\Delta_0 + \Delta_1) = \frac{1}{11}(0.966 \cdot 1203.75 + 601.8) = 160 \text{кН};$$

$$V_A = \frac{\Delta_0}{b} - V_B = \frac{1203.75}{3.75} - 160 = 161 \text{кН}.$$

Зусилля зтягування :

$$\begin{aligned} Z &= \frac{1}{2hN} [mC\Delta_0 + 3(\Delta_1 - \Delta_2)] \\ &= \frac{1}{2 \cdot 21 \cdot 29} [0.966 \cdot 29 \cdot 1203.75 + 3(601.8 - 301)] = 28.4 \text{кН} \end{aligned}$$

Вузлові моменти:

$$M_C = M_D = -h \cdot Z + a \cdot V_A = -21 \cdot 28.4 + 3.625 \cdot 160 = -16.4 \text{кН} \cdot \text{м}$$

## 5 РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПІДЙОМУ КРАНУ

### 5.1 Вибір схеми та кратності поліспада

З огляду на те, що механізм підйому цього козлового крана розміщений на візку, його доцільно оснастити здвоєним поліспастом. Така схема забезпечує вертикальне переміщення вантажу та сприяє рівномірному розподілу навантаження між опорами барабана і ходовими колесами під час підйому.

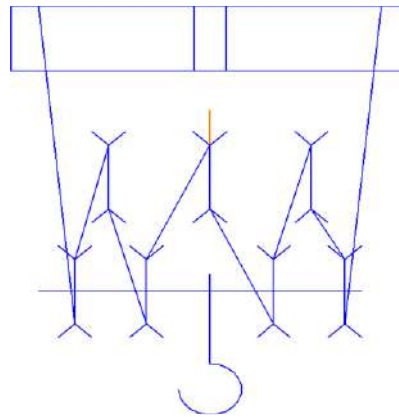


Рисунок 5.1 – Схема поліспада.

Визначаємо ККД поліспада:

$$\eta = \frac{1 + \eta + \dots + \eta^{i_n - 1}}{i_n} = \frac{1 + \eta + \eta^2 + \eta^3}{4} = \frac{1 + 0,98 + 0,98^2 + 0,98^3}{4} = 0,97$$

де  $\eta=0,98$  – ККД блока, який встановлюється на вальниці кочення

$i_n=4$  – кратність поліспада.

## 5.2 Вибір сталевого каната.

Вибирається із ГОСТ за розривним зусиллям.

$$S_{раз} = Zp \cdot S_{max},$$

де  $S_{max}$  – найбільше зусилля в канаті з урахуванням опору в блоках поліспасти.

$$S \frac{10^4 \cdot Q}{a \cdot i_n \cdot \eta_n \cdot \eta^m} \frac{10^4 \cdot (100 + 0.02 \cdot 100)}{2 \cdot 4 \cdot 0.97 \cdot 0.86} \quad max$$

де  $a$  - кількість гілок каната, який намотується на барабан.

$m$  - кількість відхиляючих блоків.

$Zp$  - коэф. використання каната

$$S_{раз} = 5 \cdot 152841 = 764205H$$

Обираємо сталевий канат подвійної звивки типу ЛК–Р конструкції 6×19 (1+6+6 /6) + 1 о. с. за ГОСТ 2688–80, з умовним позначенням:

Канат 35.5 – Г – В – Д – Н – 1764 ГОСТ 7669-80.

Сталевий канат подвійної звивки типу ЛК–Р - це канат, у якому дроти спочатку скручуються у пасма, а потім пасма скручуються навколо осердя (подвійна звивка). Тип ЛК–Р означає лінійний контакт дротів у пасмі з різними діаметрами дротів, що забезпечує підвищену гнучкість і зносостійкість. Такий канат добре працює в умовах багаторазових перегинів і широко застосовується в підйомно-транспортних механізмах.

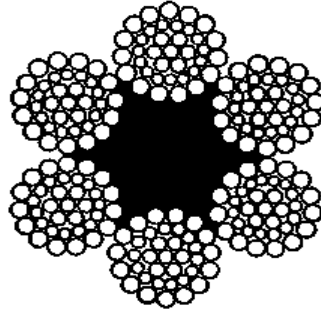


Рисунок 5.2 – Схема сталевого канату ЛК-РО.

### 5.3 Розрахунок розмірів барабана та блоків.

Визначаємо мінімально допустимі діаметри барабана та блоків:

$$D_{msnб} = d \cdot h_1 = 35.5 \cdot 16 = 568\text{мм},$$

приймаємо  $D_{б} = 800\text{мм}$

$$D_{msnбл} = d \cdot h_2 = 35.5 \cdot 18 = 639\text{мм},$$

приймаємо  $D_{бл} = 640\text{мм}$

де  $d$  – діаметр каната;

$h$  – коефіцієнт режиму роботи.

Визначаємо кількість витків нарізки на барабані:

$$Z = \frac{H \cdot i_n}{\pi \cdot D_{б}} + 4,5 = \frac{18 \cdot 4}{3,141 \cdot 0,8} + 4,5 = 33,15$$

де  $H$  – висота підймання вантажу.

Визначаємо довжину нарізки барабана:

$$l = Z \cdot t$$

де  $t \geq 1.1d$ - крок нарізки. Приймаємо  $t = 39\text{мм}$ .

$$l = 33.15 \cdot 39 = 1290\text{мм}$$

Визначаємо загальну довжину барабана:

$$L = 2l + 2b + c,$$

де  $b = 3t$  – довжина гладкої частини на кінцях барабана;

$c$  – довжина гладкої частини між нарізками,

$$c = A_1 - 2h_{min},$$

де  $A_1$  - відстань між осями блоків;

$$A_1 = b + 4\sqrt{D_{bl}} = 117 + 4\sqrt{640} = 218\text{мм}$$

$h_{min}$  - мінімальна відстань між віссю барабана та віссю блоків підвіски;

$\alpha \leq 6^\circ$ - допустимий кут відхилення канату від вертикальної осі.

$$c = 218 - 2 \cdot 4 \cdot 800 \cdot \text{tg}6^\circ = 454\text{мм}$$

$$L = 2 \cdot 1290 + 2 \cdot 117 + 454 = 3270\text{мм}$$

Матеріал барабана: Ст. 3 ( $\sigma_m = 240\text{МПа}$ ).

Товщину стінки барабана приймаємо  $\delta = 1.2d = 42,6\text{мм}$ .

Перевірка на стискання:

$$\sigma_{cm} = \frac{S_{max}}{\delta \cdot t[\sigma]_{cm}}$$

Визначимо напруження стиску в стінці барабану:

$$\sigma_{cm} = \frac{S_{max}}{\delta \cdot t \frac{152841H}{0.0426 \cdot 0.039}}$$

$$[\sigma]_{cm} = \frac{\sigma_m}{\kappa} = \frac{240}{2} = 120 \text{ МПа},$$

умова виконується.

5.4 Гакові підвіски.

Вибір гака.

Із ГОСТ 6628-73 за номінальною вантажопідіймальністю та режимом роботи обираємо гак № 13:

| D, мм |  | d <sub>1</sub> , мм | d <sub>0</sub> | L, мм | l, мм | l <sub>1</sub> , мм |
|-------|--|---------------------|----------------|-------|-------|---------------------|
| 250   |  | 200                 | Тр170x16       | 860   | 205   | 200                 |

Обираємо дворогий гак 13А ГОСТ 6628-73

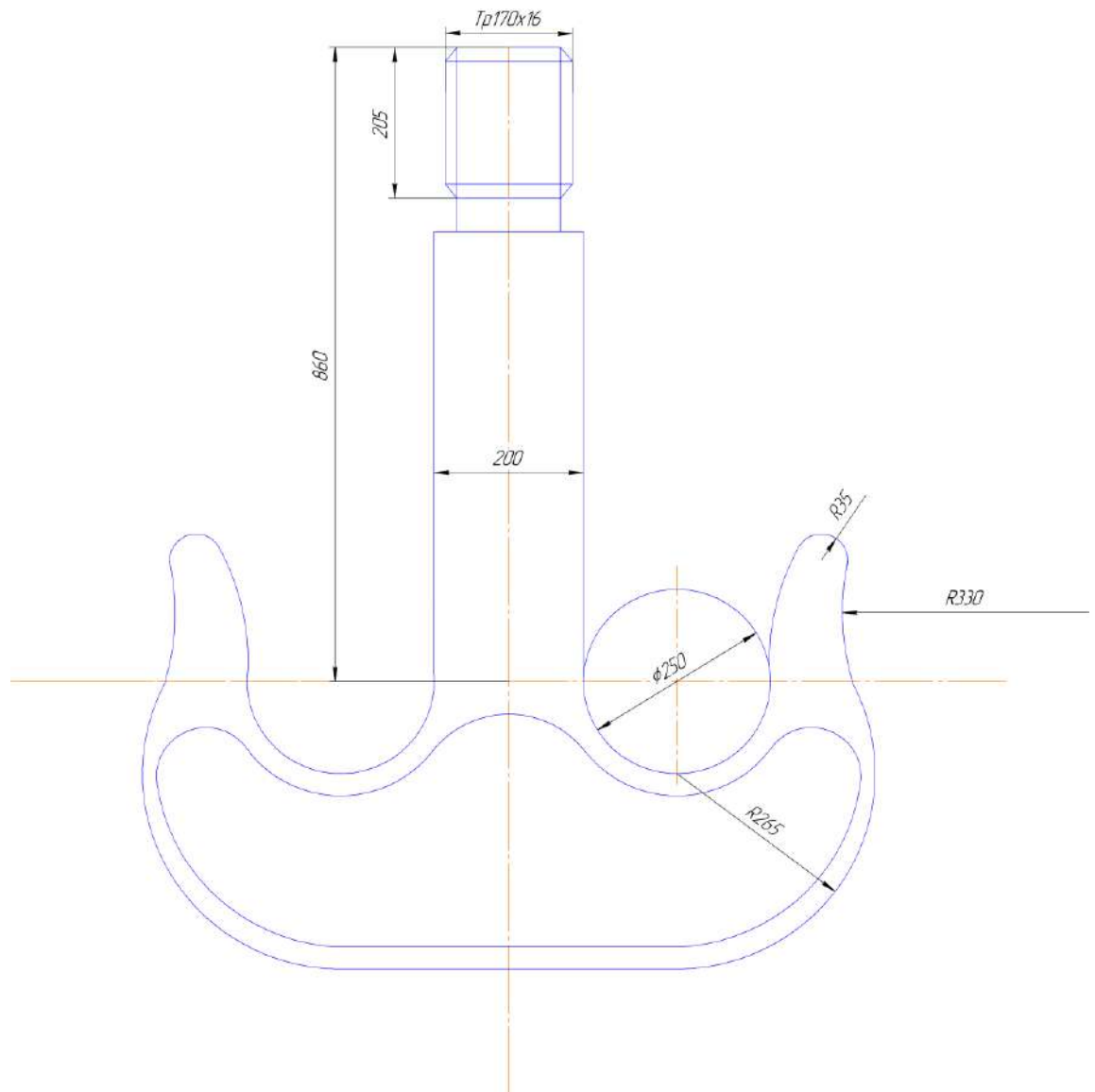


Рисунок 5.3 – Гакова підвіска

Вибір підшипника гака.

Упорний підшипник гака обираємо за діаметром шийки гака  $d$  та статичною вантажопідіймальністю  $C_0$ .

Статична вантажопідіймальність:

$$C_0 = 1,2 \cdot 10^4 \cdot Q_{\max} = 1,2 \cdot 10^4 \cdot 100 = 1200000 \text{ Н,}$$

Підбираємо підшипник кульковий упорний одинарний №8126 ГОСТ 6874–75

Таблиця 3 – Характеристика підшипника

| Умовне позначення | d, мм | D, мм | H, мм | r, мм | C <sub>o</sub> , Н | Маса, кг |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|--------------------|----------|
| 8126              | 130   | 170   | 30    | 1.5   | 1200000            | 1.87     |

### 5.5. Вибір електродвигуна:

Обираємо з каталогу за статичною потужністю:

$$P_{ст} = \frac{10 \cdot Q_{max}}{\eta_{м.п.} \cdot \frac{10 \cdot 102 \cdot 0.2}{0.89}} \text{кВт}$$

$$\eta_{м.п.} = \eta_n \cdot \eta_b \cdot \eta_p \cdot \eta_m = 0,98 \cdot 0,96 \cdot 0,96 \cdot 0,99 = 0,89$$

Обираємо двигун 4МТН 280L10У1

| $\eta_d, \text{хв}^{-1}$ | $P_d, \text{кВт}$ | $\eta, \%$ | $I_{рот}, \text{кг} \cdot \text{м}^2$ | $m, \text{кг}$ |
|--------------------------|-------------------|------------|---------------------------------------|----------------|
| 584                      | 75                | 87,0       | 5,6                                   | 1000           |

### 5.6 Вибір редуктора:

Редуктор обираємо з каталогу за передаточним числом та потужністю, яку він може передавати.

$$U_p = \frac{n_{дв}}{n_б} = \frac{584}{8.98} = 65$$

де  $n_{\delta}$  - частота обертання барабана.

$$n_{\delta} = \frac{60 \cdot V_{zp} \cdot i_n}{\pi \cdot D} = \frac{60 \cdot 0.2 \cdot 4}{3.141 \cdot 0.8} = 8.98$$

Обираємо редуктор типу РМ-500. Це циліндричний горизонтальний редуктор загального призначення, призначений для зниження частоти обертання та збільшення крутного моменту. Як правило, має двоступеневу передачу з косозубими колесами, що забезпечує плавну та малошумну роботу. Використовується у приводах підйомно-транспортного обладнання, зокрема в кранах і механізмах пересування. Число «500» зазвичай вказує на міжосьову відстань редуктора.

| $U_p$ | $n$ , об/хв | $P$ , кВт |
|-------|-------------|-----------|
| 23.34 | 1000        | 20.5      |

Перевіримо фактичну швидкість підймання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\delta} \cdot n_{\delta}}{i_n \cdot U_p \cdot 60} = \frac{3.141 \cdot 0.8 \cdot 910}{4 \cdot 23.34 \cdot 60} = 0.2041$$

$$\text{Відхилення від заданої швидкості: } \Delta V = \frac{V_{zp} - V_{\phi}}{V_{zp}} \cdot 100\% = \frac{0.2 - 0.2041}{0.2} \cdot 100\%$$

$$100\% = 2\%$$

Допускається відхилення швидкості 5%.

## 5.7 Вибір гальм

Необхідний гальмівний момент:

$$T_m = \frac{10^4 \cdot Q_{б_{м.п.т_{max}}}}{2 \cdot i_n \cdot U_p} \frac{10^4 \cdot 102 \cdot 0.8 \cdot 0.89 \cdot 2}{2 \cdot 4 \cdot 23.34}$$

Обираємо гальма ТТ – 160 нормально замкненого типу. Це колодкове гальмо барабанного типу, яке застосовується у підйомно-транспортних механізмах для зупинки та утримання валів. Число «160» означає діаметр гальмівного шківа (барабана) у міліметрах. Гальмо працює, як правило, з електромагнітним або електрогідравлічним приводом і забезпечує надійне гальмування та фіксацію механізму у заданому положенні.

|                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| Діаметр гальмівного шківа | $D_{ш} = 160\text{мм}$ |
| Ширина гальмівної колодки | $B = 75\text{мм}$      |
| Гальмівний момент         | $T_2 = 1000\text{Н}$   |
| Відхід колодок від шківа  | $\varepsilon = 1$      |
| Маса гальма               | $m = 18.8\text{кг}$    |

### 5.8 Перевірка електродвигуна.

Обраний двигун перевіряємо на нагрівання та за часом розгону. Еквівалентна потужність електродвигуна, коли перегрівання обмотки не відбувається:

$$P_e = K_{25} \cdot \gamma \cdot P_{cm} = 1 \cdot 0,86 \cdot 11.46 = 9.86 \text{ кВт} \leq P_{25} = 13 \text{ кВт},$$

де  $K_{25}$  - коефіцієнт зведення потужності (Для ПВ-40%  $K_{25}=1,0$ )

$\gamma$  - коефіцієнт еквівалентної за нагрівом потужності,  $\gamma = 0,86$ .

Також перевіряємо двигун за часом розгону:

$$t_1 = \frac{I_{np} \cdot \omega}{T_{cp} - T_{cr}} \leq [t_1] = 1 \dots 2c;$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_{\partial}}{30} = 98,418$$

$$I_{np} = \delta(I_p \cdot I_M) + \frac{m \cdot R_{\delta}^2}{i^n \cdot U_p^2 \cdot \eta_{mn}} = 1,2(0,212 + 0,6) + \frac{10200 \cdot 0,4^2}{4^2 \cdot 23,34^2 \cdot 0,89}$$

$$= 1,0007$$

$$T_n^{cp} = \psi \cdot T_H = 1,6 \cdot 115,42 = 184,68H \cdot M$$

$$T_H = \frac{10^3 \cdot P_{\partial\delta}}{\omega} = \frac{10^3 \cdot 75}{95,3} = 115,42H \cdot M;$$

$$T_{cm} = \frac{10^4 \cdot Q_{max}}{2 \cdot i_n \cdot U_p \cdot n_{\partial\delta} \frac{10^4 \cdot 102 \cdot 0,8}{8 \cdot 23,34 \cdot 0,89}}$$

$$t_1 = \frac{98,418}{184,68 - 122,76} = 1,589 \leq [t_1]$$

## 6 РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ ВІЗКА

### 6.1. Визначення максимального тиску на ходові колеса

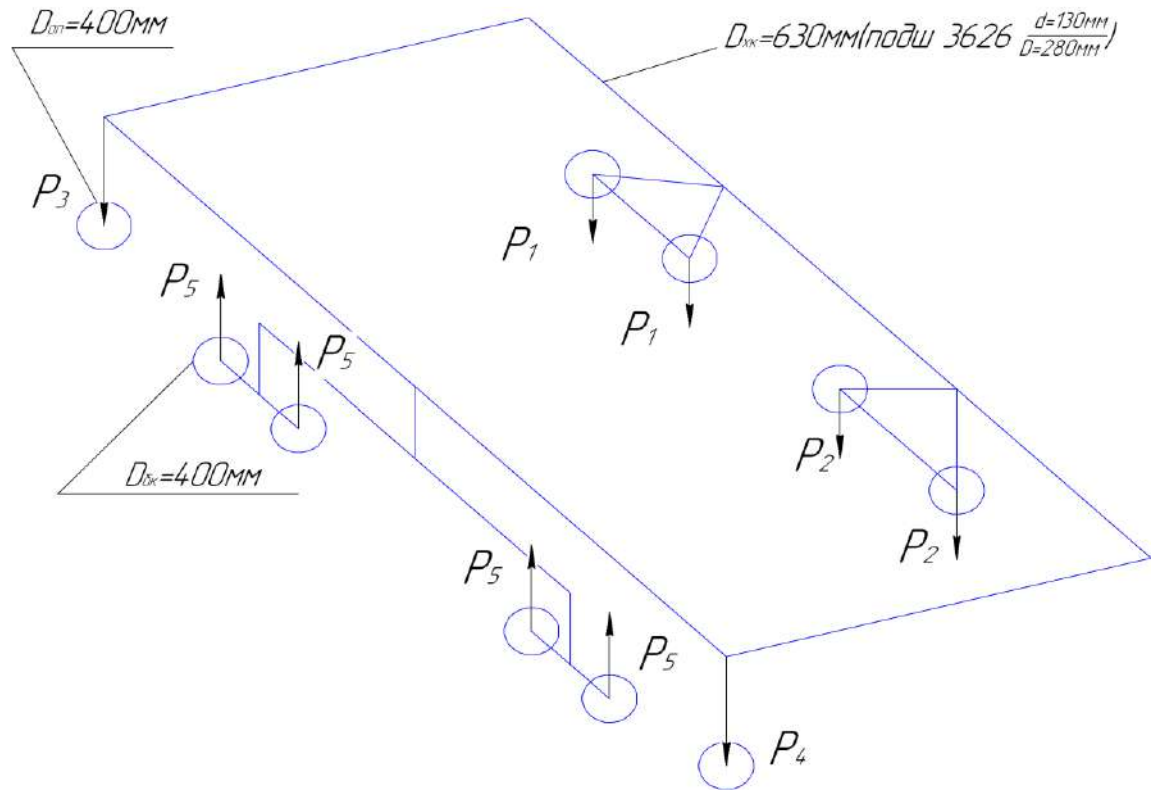


Рисунок 6.1 – Розрахункова схема

| Вид навантаження                | Тиск на колесо |       |       |       |       |
|---------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|
|                                 | $P_1$          | $P_2$ | $P_3$ | $P_4$ | $P_5$ |
| Від власної ваги                | 6900           | 6900  | 3300  | 3300  | -     |
| Від власної ваги і вантажу 100т | 45800          | 45800 | -     | -     | 12500 |

Повний статичний опір пересуванню візка

$$W = K_{np} \cdot (W_{мхк} + W_{тбк} + W_{мон.р}) + W_{ук} + W_B^{60\%}$$

Візок з вантажем 100 т :

опір пересуванню від тертя в ходових колесах :

$$W_{mxk} = 4P_1 \frac{1}{D_{ХК}} \cdot (2\mu + f d_{ХК}) = 4 \cdot 45.8 \frac{1}{0.63} \cdot (2 \cdot 0.08 + 0.015 \cdot 0.13) = 1.03 \text{кН} ,$$

де  $\mu = 0.08$  – плечо тертя качення колеса ;

$f = 0.015$  – коеф тертя в підшипниках ;

$d_{ХК} = 130\text{мм}$  – діаметр цапфи колеса ;

$D_{ХК} = 630\text{мм}$  – діаметр колеса.

Опір пересування візка від тертя в колесах балансира :

$$W_{тбк} = 4P_5 \frac{1}{D_{БК}} \cdot (2\mu + f d_{БК}) = 4 \cdot 12.5 \frac{1}{0.4} \cdot (2 \cdot 0.05 + 0.015 \cdot 0.12) = 0,35 \text{кН}$$

$\mu = 0.05$  – плече тертя кочення колеса ;

$f = 0.015$  – коеф тертя в підшипниках ;

$d_{БК} = 120\text{мм}$  – діаметр цапфи колеса ;

$D_{БК} = 400\text{мм}$  – діаметр колеса.

Опір пересування від опорних роликів дорівнюють нулю.

$$W_{Т.ОП} = 0$$

Опір пересування від нахилу під візкового шляху :

$$W_{УК} = \alpha \cdot 4(P_1 + P_5) = 0.002 \cdot 4(45.8 + 12.5) = 0.47 \text{кН}$$

де  $\alpha = 0.002$  – нахил шляху на мосту крана.

Опір пересування візка від вітрового навантаження:

$$W_B^{60\%} = 0.6 \cdot (W_{Т.ГР} + W_{ГР}) = 0,6 \cdot (0,09 + 0,84) = 0,56 \text{кН} ,$$

де  $W_{T,GP} = 0.09T$  – сила тиску вітру на вантажний візок ;

$W_{GP} = 0.84T$  – сила тиску вітру на вантаж поперек шляху.

Повний статичний опір :

$W = 1.2 \cdot (1.03 + 0.35 + 0) + 0.47 + 0.56 = 2.69 \text{кН}$  , де

$K_p = 1.2$  – прийнят умовно

Візок без вантажу, проти вітру, верх по схилу :

$$W_{BG}^{60\%} = K_{np} \cdot (W_{mxk}^{BG} + W_{m\acute{o}k}^{BG} + W_{mon.p}^{BG}) + W_{ук} + W_B^{60\%} , \text{ де}$$

$$W_{mxk}^{BG} = 4P_{1}^{BG} \frac{1}{D_{ХК}} \cdot (2\mu + f d_{ХК}) = 4 \cdot 6,9 \frac{1}{0.63} \cdot (2 \cdot 0.08 + 0.015 \cdot 0.13) = 0,16 \text{кН} ;$$

$$W_{m\acute{o}k}^{BG} = 0 ;$$

$$W_{T.OП}^{BG} = 4P_{3}^{BG} \frac{1}{D_{OП}} \cdot (2\mu + f d_{OП}) = 4 \cdot 3,3 \frac{1}{0.4} \cdot (2 \cdot 0.05 + 0.015 \cdot 0.12) = 0,05 \text{кН} ;$$

$$W_{УК} = \alpha \cdot (2P_{3}^{BG} + 4P_{1}^{BG}) = 0.002 \cdot (2 \cdot 3,3 + 4 \cdot 6,9) = 0.07 \text{кН} ;$$

$$W_B^{60\%} = 0.6 \cdot W_{T,GP} = 0,6 \cdot 0,09 = 0,05 \text{кН} ;$$

$$W_{BG}^{60\%} = 1,2 \cdot (0,16 + 0 + 0,05) + 0,07 + 0,05 = 0,37 \text{кН} ;$$

$$W_{BG}^{40\%} = 1,2 \cdot (0,16 + 0 + 0,05) + 0,07 + \frac{2}{3} 0,05 = 0,35 \text{кН}.$$

## 6.2 Вибір електродвигуна та редуктора

Необхідна потужність двигуна :

$$P = \frac{W \cdot V}{60 \cdot 102 \cdot \eta_3} = \frac{2.69 \cdot 10^3 \cdot 0.57}{60 \cdot 102 \cdot 0.93} = 16.0 \text{ кВт},$$

Де  $V = 0.57 \frac{M}{c}$  – швидкість пересування візка,

$$\eta_z = \eta_{ред} \cdot \eta_M^4 = 0,97 \cdot 0,99^4 = 0,93 - \text{ККД механізму};$$

$$\eta_{РЕД} = 0,97 - \text{ККД редуктора};$$

$$\eta_M = 0,99 - \text{ККД зубчатої муфти.}$$

Механізм пересування візка складається з чотирьох ходових коліс і чотирьох утримуючих коліс. Встановлюємо привод на одному з балансирів ходових коліс.

Вибираємо електродвигун МТФ 312-6У2 з потужністю  $P_d = 17,5 \text{ кВт}$  при ПВ=25%, числом обертів ротора  $n_d = 950 \text{ хв.}^{-1}$ , моментом інерції ротора двигуна

$$GD_p^2 = 1,25 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

$$M_{ПРЕД} = 480 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо час пуску візка з вантажем проти вітру ввєрх по нахилу.

Момент від опору пересування візка, приведений до валу двигуна:

$$M_c = \frac{W \cdot D_{ХК}}{2 \cdot U_0 \cdot \eta_0 \cdot m} = \frac{2,69 \cdot 10^4 \cdot 0,63}{2 \cdot 55,5 \cdot 0,93} = 164 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де  $U_0 = \frac{n_d}{n_k} = \frac{950}{\frac{34}{\pi \cdot 0,63}} = 55,3$ - передаточне число механізму;

$$M_{СР.ПУСК} = \frac{M_{МАХ} + M_c}{2} = \frac{19,5 + 8,86}{2} = 142 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Обираємо редуктор ВКУ-765М-56-23 з передаточним числом 55,5. Це вертикальний циліндричний редуктор, призначений для передачі обертального руху зі зниженням частоти обертання та збільшенням крутного моменту. Оснащений зубчастими передачами (зазвичай косозубими), що забезпечують плавність роботи та підвищену надійність.

Модель «765М» вказує на типорозмір і конструктивне виконання редуктора, а індекси «56-23» - на варіант виконання та компоновку. Передаточне число 55,5 означає значне зниження швидкості обертання на вихідному валу порівняно з вхідним. Такий редуктор широко використовується в приводах кранів, підйомних механізмів і іншого важкого промислового обладнання.

Середній пусковий момент :

$$M_{CP.ПУСК} = \frac{M_{ПРЕД} + M_C}{2} = \frac{480 + 164}{2} = 320 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Номінальний момент обраного двигуна :

$$M_H = 975 \frac{N}{n_0} = \frac{975 \cdot 17,5}{950} = 180 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Маховий момент візка з вантажем, приведений до валу двигуна :

$$GD_G^2 = \frac{365(G_{ТЕЛ} + Q) \cdot V^2}{60^2 \cdot n_0^2 \cdot \eta_0} = \frac{365(34,8 + 100) \cdot 34^2}{3600 \cdot 950^2 \cdot 0,93} = 18,8 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Загальний маховий момент :

$$GD_0^2 = GD_G^2 + 1,2(GD_p^2 + GD_T^2) = 18,8 + 1,2(1,25 + 0,6) = 20,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

де  $GD_T^2 = 0,6 \text{кг} \cdot \text{м}^2$  - маховий момент прийнятого гальма з діаметром гальмівної муфти 200 мм

Час запуску візка.

$$t_n = \frac{GD_0^2 \cdot n_\delta}{375 \cdot M_H} t_{ПО} = \frac{20,1 \cdot 950}{375 \cdot 18,0} \cdot 1,75 = 4,95 \text{с},$$

де  $t_{ПО} = 1,75 \text{с}$ - відносний час пуску для нормальних кранових приводів

Визначаємо час пуску візка без вантажу проти вітра 40% вгору по нахилу.

Момент сил опору пересування:

$$M_c^{БГ} = \frac{W_{БГ}^{40\%} \cdot D_{ХК}}{2 \cdot U_0 \cdot \eta_0} = \frac{0,35 \cdot 10^4 \cdot 0,63}{2 \cdot 55,5 \cdot 0,93} = 21,6 \text{Н} \cdot \text{м},$$

де  $W_{БГ}^{40\%} = 0,35 \text{кН}$

Маховий момент візка з вантажем :

$$\begin{aligned} GD_T^2 &= \frac{365(G_{ТЕЛ} + Q) \cdot V^2}{60^2 \cdot n_\delta^2 \cdot \eta_0} + 1,2(GD_P^2 + GD_T^2) \\ &= \frac{365(34,8 + 100) \cdot 34^2}{3600 \cdot 950^2 \cdot 0,93} + 1,2(1,25 + 0,6) = 6,2 \text{кг} \cdot \text{м}^2 \end{aligned}$$

Час пуску :

$$t_{н\delta} = \frac{GD_{ОБГ}^2 \cdot n_\delta}{375 \cdot M_H^{40\%/0}} \cdot t_{но} = \frac{6,2 \cdot 915}{375 \cdot 15,3} \cdot 1 = 1,03 \text{с},$$

$$\alpha = \frac{M_C}{M_H^{40\%/0}} = \frac{216}{153} = 0,14$$

$$\frac{M_{ПРЕД}}{M_H^{40\%/0}} = 2,5 \Rightarrow t_{no} = 1$$

Прискорення візка при розгоні :

$$j = \frac{V \cdot K}{t_{ПБЛ} \cdot 60} = \frac{34 \cdot 0,7}{1,03 \cdot 60} = 0,38 \frac{m}{c^2}$$

Перевірка запасу зчеплення ходових коліс з рейкою. Візок без вантажу, вітер 60%, вгору по схилу.

$$K_{CV} = \frac{G_{CV} \cdot f_1}{W_{БГ}^{60\%} + G_{ТЕЛ} \cdot \left( \frac{j}{9,81} - \frac{a-b}{a} f \cdot \frac{d_{ХК}}{D_{ХК}} \right)}$$

$$= \frac{13,8 \cdot 0,12}{0,35 + 34,8 \left( \frac{0,45}{9,81} - \frac{4-2}{4} 0,015 \cdot \frac{0,13}{0,63} \right)} = 1,01 \geq 1$$

де  $G_{CV} = 2 \cdot P_1 = 2 \cdot 6,9 = 13,8 \text{ кН}$  – сцепна вага опори ;

$a = 4$  - загальна кількість ходових коліс ;

$b = 2$  - кількість приводних коліс ;

$f_1 = 0,12$  – коеф зчеплення колеса з рейкою ;

$f = 0,015$  – коеф тертя в підшипниках .

### 6.3 Розрахунок гальма

Необхідний гальмівний момент визначаємо з прийнятого уповільнення візка

$$a = 0.4 \frac{m}{c^2}$$

Необхідний час гальмування :

$$t_T = \frac{V}{60 \cdot a} = \frac{0.57}{60 \cdot 0.4} = 1.4c$$

Гальмівний шлях при цьому :

$$S = a \frac{t_T^2}{2} = 0.4 \frac{1.4^2}{2} = 0.4m$$

Момент сил інерції, приведений до гальмівного шківка :

$$M_i = \frac{GD_0^2 \cdot n_d}{375 \cdot t_T} = \frac{20.1 \cdot 950 \cdot 10^4}{375 \cdot 1.4} = 364H \cdot m$$

Момент сил опору пересування :

$$M_c = \frac{(W - 2W_B^{60\%} - 2W_{YK}) \cdot D_{XK}}{2 \cdot U_0 \cdot \eta_0} = \frac{1,19 \cdot 10^4 \cdot 0,63}{2 \cdot 55,5 \cdot 0,93} = 72,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Необхідний гальмівний момент :

$$M_T = M_i - M_c = 364 - 72,5 = 291,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Приймаємо гальмо ТГ-200, яке потрібно налаштувати на гальмівний момент

$$M_T = 300 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

#### 6.4 Розрахунок ходових коліс

Максимальний тиск на ходове колесо

$$G_{MAX} = R_B^{\text{II}} \cdot \frac{1}{6} = 1967 \cdot \frac{1}{6} = 328 \text{ кН}$$

Еквівалентне навантаження

$$P_{EK} = \gamma \cdot K_K \cdot G_{MAX} = 0,86 \cdot 1,1 \cdot 328 = 288 \text{ кН}$$

де,  $\gamma = 0,86$  - коефіцієнт змінності навантажень ;

$K_K = 1,1$  - коефіцієнт режимів роботи.

$$\sigma_{CM} = 16500 \cdot m \sqrt[3]{\frac{P_{Ek}}{r^2}} = 16500 \cdot 0.4 \sqrt[3]{\frac{288 \cdot 10^5}{37.5^2}} = 18800 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} < [\sigma_{CM}]$$

де,  $m = 0.4$ ;

$[\sigma_{CM}] = 22000 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$  - для колес зі сталі 65Г.

## 7 РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ КРАНУ

### 7.1 Вхідні данні для розрахунку

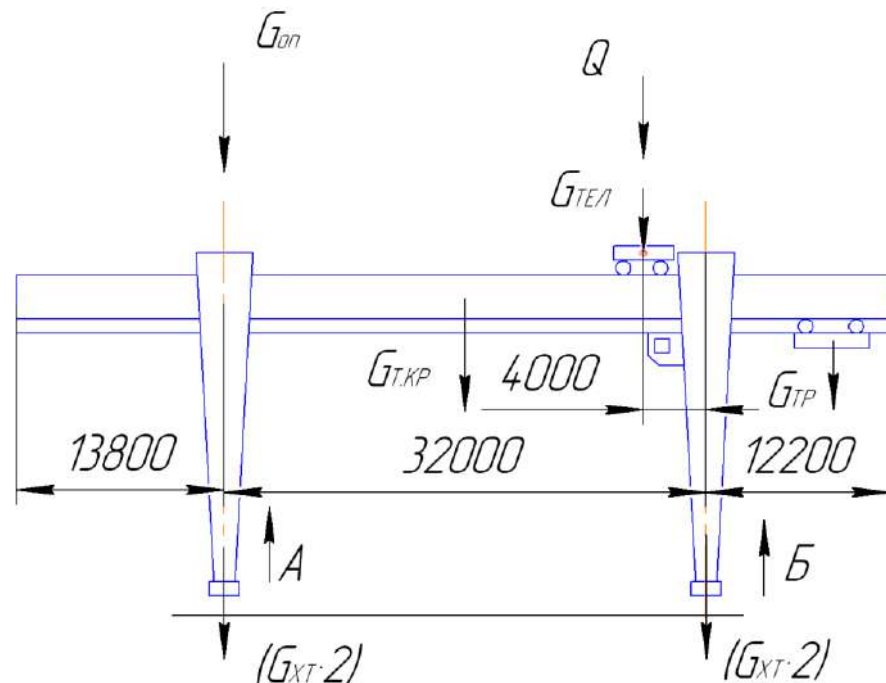


Рисунок 7.1 – Розрахункова схема

Повний статичний опір пересуванню

$$W = K_{np} \cdot W_{mp} + W_{оп} + W_{в}$$

Статичний опір визначається для кожної опори окремо при найвищому тиску коліс на рейку.

Тиск на рейку від ваги крану знаходимо з вихідних даних:

- 1) маса мосту з обладнанням  $G_M = 59\text{т}$  ;
- 2) вантажний візок з підвіскою  $G_{ТЕЛ} = 34,3\text{т}$ ;
- 3) дробина та площадка
  - на опорі з кабіною  $G_{ЛО} = 3,0\text{т}$  ;
  - на мосту  $G_{ЛМ} = 3,7\text{т}$ ;

|                             |                                      |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| 4) опори з обладнанням      | $2G_{ОП}=2 \times 32=64\text{т};$    |
| 5) вага крану               | $G_{КР}=187\text{т};$                |
| 6) ходові візки з захватами | $4G_{ХТ}=4 \times 4,3=17,2\text{т};$ |
| 7) таль ТЭ1038              | $G_{ТЭ}=2,1\text{т};$                |
| 8) ремонтний кран           | $G_{РЕМ.КР.}=2,7\text{ т.}$          |

## 7.2 Визначення тиску крана

Тиск на рейку від ваги крану.

$$A = G_{ОП} + \frac{1}{2}(G_M + G_{А.М.}) + 2G_{ХТ} + G_{ТЭ} = 32 + \frac{1}{2}(59 + 3,7) + 2 \cdot 4,3 + 2,1 = 74\text{кН}$$

$$B = G_{ОП} + \frac{1}{2}(G_M + G_{Л.М.}) + 2G_{ХТ} + G_{ТЭ} + G_{РЕМ.КР.} + G_{Л.О.}$$

$$= 32 + \frac{1}{2}(59 + 3,7) + 2 \cdot 4,3 + 2,1 + 3,0 = 79,7\text{кН}$$

Тиск на рейку від рухомого навантаження.

Візок з вантажем по середині вильоту :

$$A^c = B^c = (G_{ТЕЛ} + Q) \frac{1}{2} = \frac{1}{2}(33,7 + 100) = 66,85\text{кН}$$

Візок з вантажем біля правої опори:

$$A_{П}^{ОП} = (G_{ТЕЛ} + Q) \frac{4}{32} = \frac{4}{32}(33,7 + 100) = 16,7\text{кН};$$

$$B_{II}^{OP} = (G_{TEЛ} + Q) \frac{28}{32} = \frac{28}{32} (33.7 + 100) = 117 \text{кН}$$

Візок з вантажем біля лівої опори:

$$A_{л}^{OP} = (G_{TEЛ} + Q) \frac{28}{32} = \frac{28}{32} (33.7 + 100) = 117 \text{кН}$$

$$B_{л}^{OP} = (G_{TEЛ} + Q) \frac{4}{32} = \frac{4}{32} (33.7 + 100) = 16,7 \text{кН}$$

Сумарний тиск на рейку

Вантаж в середині вильоту:

$$R_A^C = A + A^c = 74 + 66,85 = 140,85 \text{кН}$$

$$R_B^C = B + B^c = 79,7 + 66,85 = 146,55 \text{кН}$$

Вантаж біля лівої опори:

$$R_{A_{OP}}^л = A + A_{л}^{OP} = 74 + 117 = 191 \text{кН}$$

$$R_{B_{OP}}^л = B + B_{л}^{OP} = 79,7 + 16,7 = 96,4 \text{кН}$$

Вантаж біля правої опори:

$$R_{A_{OP}}^п = A + A_{п}^{OP} = 74 + 16,7 = 90,7 \text{кН}$$

$$R_{B_{OP}}^п = B + B_{п}^{OP} = 79,7 + 117 = 196,7 \text{кН}$$

Опір пересуванню опор крана від тертя без урахування тертя реборд :

$$W_{TP} = \frac{R}{D_{XK}} (2\mu + fd),$$

де  $D_{XK}=0.75\text{м}$  – діаметр ходового колеса ;

$\mu=0,0009\text{м}$  – плечо тертя качення ;

$f = 0.0015$  - коефіцієнт тертя ;

$d = 0.14\text{м}$  – діаметр підшипників ходових колес.

Кран без вантажу з візком посередені вильоту:

$$W_{TP.A} = \frac{(\frac{G_{TEЛ}}{2} + A)(2\mu + fd)}{D_{XR}} = \frac{(\frac{33.7}{2} + 74)(2 \cdot 0.0009 + 0.015 \cdot 0.14)}{0.75} = 0.473\text{кН}$$

$$\begin{aligned} W_{TP.B} &= \frac{(\frac{G_{TEЛ}}{2} + B)(2\mu + fd)}{D_{XR}} = \frac{(\frac{33.7}{2} + 79,7)(2 \cdot 0.0009 + 0.015 \cdot 0.14)}{0.75} \\ &= 0,49\text{кН} \end{aligned}$$

Візок з вантажем в середині вильоту:

$$W_{TP.A}^C = \frac{R_A^C(2\mu + fd)}{D_{XR}} = \frac{140.85(2 \cdot 0.0009 + 0.015 \cdot 0.14)}{0.75} = 0.73\text{кН}$$

$$W_{TP.B}^C = \frac{R_B^C(2\mu + fd)}{D_{XR}} = \frac{146,55(2 \cdot 0.0009 + 0.015 \cdot 0.14)}{0.75} = 0.76\text{кН}$$

Візок з вантажем біля лівої опори:

$$W_{TP.A}^I = \frac{R_{A OII}^I(2\mu + fd)}{D_{XR}} = \frac{191(2 \cdot 0.0009 + 0.015 \cdot 0.14)}{0.75} = 0.99 \text{кН}$$

$$W_{TP.B}^I = \frac{R_{B OII}^I(2\mu + fd)}{D_{XR}} = \frac{96,4(2 \cdot 0.0009 + 0.015 \cdot 0.14)}{0.75} = 0.5 \text{кН}$$

Візок з вантажем біля правої опори:

$$W_{TP.A}^{II} = \frac{R_{A OII}^{II}(2\mu + fd)}{D_{XR}} = \frac{90,7(2 \cdot 0.0009 + 0.015 \cdot 0.14)}{0.75} = 0,47 \text{кН}$$

$$W_{TP.A}^{II} = \frac{R_{A OII}^{II}(2\mu + fd)}{D_{XR}} = \frac{196,7(2 \cdot 0.0009 + 0.015 \cdot 0.14)}{0.75} = 1,02 \text{кН}$$

Опір пересуванню опор від уклону підкранового шляху.

Кран без вантажу:

$$W_{укА} = (A + \frac{1}{2} G_{ТЕЛ})\alpha = 90,85 \cdot 0,003 = 0,27 \text{кН}$$

$$W_{укБ} = (B + \frac{1}{2} G_{ТЕЛ})\alpha = 96,55 \cdot 0,003 = 0,29 \text{кН}$$

де  $\alpha = 0,003$ - уклон підкранового шляху

Візок з вантажем посередені вильоту:

$$W_{укА}^C = R_A^C \cdot \alpha = 140.85 \cdot 0,003 = 0.42 \text{кН}$$

$$W_{укБ}^C = R_B^C \cdot \alpha = 146.55 \cdot 0,003 = 0.44 \text{кН}$$

Візок з вантажем біля лівої опори:

$$W_{укА}^I = R_{А ОП}^I \cdot \alpha = 191 \cdot 0,003 = 0,57 кН$$

$$W_{укБ}^I = R_{Б ОП}^I \cdot \alpha = 96,4 \cdot 0,003 = 0,29 кН$$

Візок з вантажем біля правої опори:

$$W_{укА}^{II} = R_{А ОП}^{II} \cdot \alpha = 90,7 \cdot 0,003 = 0,27 кН$$

$$W_{укБ}^{II} = R_{Б ОП}^{II} \cdot \alpha = 196,7 \cdot 0,003 = 0,59 кН$$

Вітрове навантаження на кран при вітрі вздовж шляху. Опір пересуванню опор.

Візок з вантажем посередені вильоту:

$$W_{ВАС}^{60^0/0} = \frac{1}{2} \sum W \cdot 0.6 = \frac{1}{2} 11 \cdot 0.6 = 3.3 кН$$

$$W_{ВБС}^{60^0/0} = W_{ВАС}^{60^0/0} = 3.3 кН$$

де  $\sum W = 11 кН$  – сила вітру яка діє на кран

Візок з вантажем біля лівої опори:

$$W_{ВА}^{60^0/0} = 0,6 \left[ \frac{\sum W - (W_{Т.ГР} + W_{ГР})}{2} + \frac{28}{32} (W_{Т.ГР} + W_{ГР}) \right]$$

$$= 0.6 \left[ \frac{11 - (0.09 + 0.84)}{2} + \frac{28}{32} (0.09 + 0.84) \right] = 3.51 кН$$

$$W_{BB}^{60^0/0} = 0,6 \left[ \frac{\sum W - (W_{T.GP} + W_{GP})}{2} + \frac{4}{32} (W_{T.GP} + W_{GP}) \right] = 0,6 \left[ \frac{11 - (0,09 + 0,84)}{2} + \frac{4}{32} (0,09 + 0,84) \right] = 3,0,9кН$$

Візок з вантажем біля правої опори:

$$W_{BA}^{60^0/0} = 0,6 \left[ \frac{\sum W - (W_{T.GP} + W_{GP})}{2} + \frac{4}{32} (W_{T.GP} + W_{GP}) \right] = 0,6 \left[ \frac{11 - (0,09 + 0,84)}{2} + \frac{4}{32} (0,09 + 0,84) \right] = 3,09кН$$

$$W_{BB}^{60^0/0} = 0,6 \left[ \frac{\sum W - (W_{T.GP} + W_{GP})}{2} + \frac{28}{32} (W_{T.GP} + W_{GP}) \right] = 0,6 \left[ \frac{11 - (0,09 + 0,84)}{2} + \frac{28}{32} (0,09 + 0,84) \right] = 3,51кН$$

Кран без вантажу:

$$W_{BA}^{60^0/0} = 0,6 \frac{\sum W - W_{GP}}{2} = 0,6 \frac{11 - 0,84}{2} = 3,05кН$$

$$W_{BB}^{60^0/0} = 0,6 \frac{\sum W - W_{GP}}{2} = 0,6 \frac{11 - 0,84}{2} = 3,05кН$$

де  $W_{GP} = 0,84кН$  – вітрове навантаження на вантаж ;

$W_{GP.T} = 0,09кН$  – вітрове навантаження на вантажний візок.

$$W_{BA}^{40^0/0} = \frac{2}{3} W_{BA}^{60^0/0} = \frac{2}{3} 3,05 = 2,0кН$$

$$W_{BB}^{40^0/0} = \frac{2}{3} W_{BB}^{60^0/0} = \frac{2}{3} 3,05 = 2,0кН$$

### 7.3 Вибір електродвигунів

Необхідна потужність електродвигуна

$$P = \frac{(\sum W_{AC}^{60\%/0} + \sum W_{BC}^{60\%/0})V}{60 \cdot 102 \cdot \eta_3} = \frac{(4.82 + 4.88)0.315}{60 \cdot 102 \cdot 0,9} = 33.3 \text{ кВт},$$

де  $\eta_3$  – загальний ККД привода.

$$\eta_3 = 0,9 \cdot W_{BA}^{40\%/0} = \frac{2}{3} W_{BA}^{60\%/0} = \frac{2}{3} 3.05 = 2.0 \text{ кВт}$$

$V_{кр} = 0.315$ - швидкість пересування крана, м/с

$$\begin{aligned} \sum W_{AC}^{60\%/0} &= W_{TP.AC} \cdot K_P + W_{ук.AC} + W_{BA}^{60\%/0} = 0,73 \cdot 1,5 + 0,42 + 3,3 \\ &= 4,82 \text{ кВт} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum W_{BC}^{60\%/0} &= W_{TP.BC} \cdot K_P + W_{ук.BC} + W_{BB}^{60\%/0} = 0,76 \cdot 1,5 + 0,44 + 3,3 \\ &= 4,88 \text{ кВт} \end{aligned}$$

$K_P = 1,5$  - коефіцієнт який враховує тертя реборд

Механізм пересування складається з 4-х трьохколісних візків. Одне колесо в кожному візку приводне.

Вибираємо електродвигун МТФ 211-6 з потужністю  $P_d = 9$ кВт при ПВ=25%, числом обертів ротора  $n_o = 915 \text{ хв.}^{-1}$ , моментом інерції ротора двигуна

Це асинхронний трифазний двигун з короткозамкненим ротором, призначений для роботи в приводах підйомно-транспортних механізмів.

Позначення «211» відповідає габариту двигуна, а «-6» означає шість полюсів, що визначає знижену швидкість обертання. Номінальна потужність двигуна становить  $P_d = 9P_{д} = 9P_{д} = 9$  кВт. Двигун характеризується підвищеною пусковою здатністю, надійністю та пристосованістю до частих пусків і гальмувань, що робить його придатним для використання у кранових механізмах.

Визначаємо час пуску усього крана з вантажем в центрі вильоту проти вітру вгору по нахилу.

Момент від опору пересування крану, приведений до вала двигуна:

$$M_c = \frac{(\sum W_{AC}^{60\%/0} + \sum W_{BC}^{60\%/0}) \cdot D_{ХК}}{2 \cdot U_0 \cdot \eta_0 \cdot m} = \frac{(4.82 + 4.88) \cdot 10^4 \cdot 0.75}{2 \cdot 114 \cdot 0.9 \cdot 4} = 88.6 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де  $m=4$  – кількість двигунів ;

$$U_0 = \frac{n_d}{n_k} = \frac{915}{8.02} = 114 - \text{передаточне число механізму ;}$$

$$n_k = \frac{v}{\pi \cdot D_{ХК}} = \frac{18.9}{3.14 \cdot 0.75} = 8.02 \text{ об/хв} - \text{частота обертів приводних колес}$$

$$M_{СР.ПУСК} = \frac{M_{МАХ} + M_c}{2} = \frac{19.5 + 8.86}{2} = 14.2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Обираємо редуктор М2-350-40-22МУ1 з передаточним числом 41,34

$$U = \frac{U_0}{41.34} = \frac{114}{41.34} = 2.76$$

Номінальний момент обраного двигуна:

$$M_H = 975 \frac{N}{n_\partial} = \frac{975,9}{915} = 96H \cdot m$$

Маховий момент крану з вантажем, приведений до валу двигуна:

$$GD_F^2 = \frac{365(G_{KP} + Q) \cdot V^2}{60^2 \cdot n_\partial^2 \cdot \eta_0} = \frac{365(187 + 100) \cdot 18,9^2}{3600 \cdot 915^2 \cdot 0,9} = 13,8_{кг} \cdot m^2$$

Загальний маховий момент:

$$GD_0^2 = GD_F^2 + 4,8(GD_p^2 + GD_T^2) = 13,8 + 4,8(0,46 + 0,6) = 19,0_{кг} \cdot m^2,$$

де  $GD_T^2 = 0,6_{кг} \cdot m^2$  - маховий момент прийнятого гальма з діаметром гальмівної муфти 200 мм

Час запуску усього крану.

$$t_n = \frac{GD_0^2 \cdot n_\partial}{375 \cdot 4 \cdot M_H} t_{ПО} = \frac{19,0 \cdot 915}{375 \cdot 4 \cdot 9,6} \cdot 2,3 = 2,8c,$$

де  $t_{ПО} = 2,3c$ - відносний час пуску для нормальних кранових приводів.

Визначаємо час пуску правої опори при положенні візка з вантажем біля цієї опори.

Приведений маховий момент :

$$GD_G^2 = 2 \cdot 1,2 \cdot (GD_P^2 + GD_T^2) + \frac{365 \cdot R_{Б^{OP}}^2 \cdot V^2}{60^2 \cdot n_\partial^2 \cdot \eta_0}$$

$$= 2 \cdot 1,2 \cdot (0,46 + 0,6) + \frac{365 \cdot 196,7 \cdot 18,9^2}{3600 \cdot 915^2 \cdot 0,9} = 12,05_{кг} \cdot м^2$$

Момент статичного опору пересування приведений до валу двигуна:

$$M_C = \frac{\sum W_{Б^{II}}^{60^0/0} \cdot D_{ХК}}{2 \cdot U_0 \cdot \eta_0} = \frac{5,62 \cdot 10^4 \cdot 0,75}{2 \cdot 114 \cdot 0,9} = 206 Н \cdot м,$$

$$\text{де } \sum W_{Б^{II}}^{60^0/0} = W_{ТР.Б^{II}} \cdot K_P + W_{ук.Б^{II}} + W_{Б^{II}}^{60^0/0} = 0,76 \cdot 1,02 + 0,59 + 3,51 = 5,62 м$$

Номінальний момент двох двигунів опори

$$M_H^{OP} = 2M_H = 2 \cdot 9,6 = 192 Н \cdot м$$

$$\alpha = \frac{M_C}{M_H^{OP}} = \frac{20,60}{19,2} = 1,07$$

$$\frac{M_{ПРЕД}}{M_H} = \frac{19,5}{9,6} = 2 \Rightarrow t_{no} = 3,2$$

$$t_n = \frac{GD^2 \cdot n_\partial}{375 \cdot M_H^{OP}} \cdot t_{no} = \frac{12,05 \cdot 915}{375 \cdot 19,5} \cdot 3,2 = 4,9 с \text{ що вкладається в норми.}$$

Ліва опори важить менше, тому її час пуску можна не перевіряти, він буде менший.

Визначення часу пуску крана без вантажу при відсутності вітру та схилу.

Приведений маховий момент :

$$GD^2 = 1.2 \cdot (GD_P^2 + GD_T^2) \cdot 4 + \frac{365 \cdot G_{KP} \cdot V^2}{60^2 \cdot n_\delta^2 \cdot \eta_0}$$

$$= 4 \cdot 1.2 \cdot (0.46 + 0.6) + \frac{365 \cdot 187 \cdot 18,9^2}{3600 \cdot 915^2 \cdot 0,9} = 14.2_{кг} \cdot м^2$$

Момент статичного опору пересування приведений до валу двигуна:

$$M_c = \frac{K_P(W_{TP.A} + W_{TP.B}) \cdot D_{XK}}{2 \cdot U_0 \cdot \eta_0 \cdot m} = \frac{1.5(0.473 + 0.49) \cdot 10^4 \cdot 0.75}{2 \cdot 114 \cdot 0.9 \cdot 4} = 132 Н \cdot м,$$

$$\alpha = \frac{M_c}{M_H^{40\%/0}} = \frac{1.32}{7.8} = 0.17$$

$$\frac{M_{ПРЕД}}{M_H^{40\%/0}} = \frac{19,5}{7,8} = 2,5 \Rightarrow t_{no} = 1$$

$$t_n = \frac{GD^2 \cdot n_\delta}{375 \cdot M_H^{40\%/0} \cdot 4} \cdot t_{no} = \frac{14.2 \cdot 915}{375 \cdot 7.8 \cdot 4} \cdot 1 = 1.11 с$$

Перевірка запасу зчеплення ходових коліс з рейкою. Кран без вантажу, вітер 40%, верх по схилу.

$$\sum W_{БГ}^{40\%/0} = K_P \frac{G_{KP} \cdot (2\mu + fd)}{D_{XK}} + W_{BA}^{40\%/0} + W_{BK}^{40\%/0} + W_{УК.А} + W_{УК.Б}$$

$$= 1.5 \frac{187 \cdot (2 \cdot 0.09 + 0.015 \cdot 0.14)}{0.75} + 2 + 2 +$$

$$+ 0.27 + 0.29 = 6.02 м$$

$$K_{CV} = \frac{G_{CV} \cdot f_1}{\sum \sum W_{БГ} + G_{min} \cdot \left( \frac{j}{9.81} \cdot \frac{a-b}{a} \cdot f \cdot \frac{d}{D_{nk}} \right)}, \text{ де}$$

$$G_{CY} = \frac{1}{3} G_{min}^{OP} \text{ сцепна вага опори ;}$$

$$G_{min}^{OP} = \frac{4}{32} \cdot \frac{4}{32} \text{ кН ;}$$

$a = 6$  - загальна кількість ходових коліс ;

$b = 2$  - кількість ведучих коліс ;

$d = 0.14$  м – діаметр вісі ходового колеса ;

$D_{XK} = 0.75$  м – діаметр ходового колеса ;

$f_1 = 0.12$  – коеф зчеплення колеса з рейкою ;

$f = 0.015$  – коеф тертя в підшипниках ;

$j = \frac{V \cdot 0.4}{t_{ПВГ} \cdot 60}$  – прискорення крана при розгоні.

При: 
$$t_n = \frac{GD^2 \cdot n_{\partial}}{375 \cdot M_H^{40\%/0.4}} \cdot t_{no} = \frac{14.2 \cdot 915}{375 \cdot 7.8 \cdot 4} \cdot 1.5 = 1.70 \text{ с}$$

Якщо:

$$\begin{aligned} GD^2 &= 1.2 \cdot (GD_P^2 + GD_T^2) \cdot 4 + \frac{365 \cdot G_{KP} \cdot V^2}{60^2 \cdot n_{\partial}^2 \cdot \eta_0} \\ &= 4 \cdot 1.2 \cdot (0.46 + 0.6) + \frac{365 \cdot 187 \cdot 18.9^2}{3600 \cdot 915^2 \cdot 0.9} = 14.2 \text{ кк} \cdot \text{м}^2 \end{aligned}$$

$t_{ПО} = 1.5$  при :

$$\alpha = \frac{M_C}{M_H^{40\%/0} \cdot 4} = \frac{22}{4 \cdot 7.8} = 0.7$$

$$\frac{M_{ПРЕД}}{M_H^{40\%/0}} = \frac{19.5}{7.8} = 2.5$$

$$M_c = \frac{\sum W_{БП}^{40\%} \cdot D_{ХК}}{2 \cdot U_0 \cdot \eta_0} = \frac{6.02 \cdot 10^3 \cdot 0.75}{2 \cdot 114 \cdot 0.9} = 220 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$K_{CV} = \frac{\frac{1}{3} 187 \cdot 0.12 \cdot 10^3}{8.12 \cdot 10^3 + 18.7 \cdot 10^3 \left( \frac{18.9 \cdot 0.4}{1.7 \cdot 60 \cdot 9.81} - \frac{6-2}{6} 0.015 \cdot \frac{0.14}{0.75} \right)} = 1.05 \text{ м}$$

Це достатньо для такої комбінації.

#### 7.4 Визначення необхідного гальмівного моменту гальма.

Гальмо повинне утримувати кран на місці при вітру робочого стану та при наявності нахилу підкранового шляху.

Для одного гальма:

$$P_T \geq 1,15 \frac{W_B + W_{YK} - W_{TP}}{4}$$

Кран без вантажу:

$$\begin{aligned} P_T &\geq 1,15 \frac{W_{BA}^{100\%} + W_{BB}^{100\%} + W_{YK.A} + W_{YK.B} - (W_{TP.A} + W_{TP.B})}{4} = \\ &= 1,15 \frac{\frac{1}{0,6} (3,05 + 3,05) + 0,27 + 0,29 - (0,473 + 0,49)}{4} = 2,8 \text{ м} \end{aligned}$$

Кран з вантажем по середині вильоту:

$$P_T \geq 1,15 \frac{W_{BA}^{100\%/0} + W_{BB}^{100\%/0} + W_{УК.А} + W_{УК.Б} - (W_{ТР.А} + W_{ТР.Б})}{4} =$$

$$= 1,15 \frac{5,5 + 5,5 + 0,42 + 0,44 - (0,73 + 0,76)}{4} = 2,98m$$

Необхідний гальмівний момент.

$$M_T = \frac{P_T \cdot D_{ХК}}{2 \cdot i} \cdot \eta_0 = \frac{2,98 \cdot 10^4 \cdot 0,75}{2 \cdot 114} 0,9 = 88H \cdot m$$

Приймаємо гальмо ТГ-200, яке потрібно налаштувати на гальмівний  
МОМЕНТ

$$M_T = 100H \cdot m$$

## 8 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ

Таблиця 8.1 – Вхідні дані до розрахунку

| Показник                               | Позначення | Одиниці | Величина показника                                                         |
|----------------------------------------|------------|---------|----------------------------------------------------------------------------|
| 1                                      | 2          | 3       | 4                                                                          |
| Вантажопідйомність крана               | Q          | т       | 100                                                                        |
| Конструктивна маса                     | G          | т       | 156                                                                        |
| Робочі швидкості                       | V          | м/с     | Підйом – 0.07<br>Пересування крана – 0.33<br>Пересування візка – 0.525     |
| Строк служби ПТМ                       | T          | років   | 20                                                                         |
| Встановлена потужність електродвигунів | W          | кВт     | Підйом головний - 75<br>Пересування крана – 33,3<br>Пересування візка – 16 |

У разі фінансових труднощів замовника виробник може надати виготовлений кран йому у лізинг. Для виробника лізинг виступає як додатковий канал збуту продукції, що дозволяє значно розширити продажі серед споживачів, які не мають достатньої кредитоспроможності для оплати товару готівкою.

Для орендодавця такий механізм є ефективним способом інвестування капіталу, що дозволяє раціонально використовувати наявні грошові ресурси. Зі свого боку, для орендаря лізинг служить засобом фінансування та користування майном без його придбання у власність. Саме ця особливість визначає ключову різницю між лізингом і капітальними вкладеннями в основний капітал.

Заміна придбання власності орендою дозволяє знизити прямі витрати і мінімізувати ризик морального старіння обладнання, адже швидкий технічний прогрес може перетворити купівлю у великий невігідний вклад. Використання лізингу значно зменшує ймовірність таких втрат.

Після підготовки машин та устаткування до відвантаження виробник виставляє лізинговій компанії рахунок і після його оплати лізингова фірма стає власником продукції на весь термін дії оренди. Обидві сторони угоди заздалегідь знають продажну ціну обладнання, але при підписанні лізингового договору документально закріплюються лише орендні платежі та порядок їх здійснення. При цьому орендодавець і орендар можуть використовувати одну й ту ж методику для приблизного визначення розміру платежів.

При проведенні таких розрахунків лізингова фірма виходить із суми щорічних лізингових платежів  $P_2$  :

$$P_2 = \frac{KP_n(U_n - U_0)}{100} + A_2$$

де:  $U_n$  - первісна ціна устаткування;

$P_n$  - річні відсоток фінансування;

$U_0$  - залишкова ціна устаткування;

$A_2$  - річні амортизаційні відрахування;

$K$  – коефіцієнт, що враховує вид устаткування, строк оренди, кількість випадків його здачі в оренду й т.п.

Розрахунок проводиться для спеціального козлового крана, який має продажну ціну 5 460 тис. грн. Термін амортизації становить 10 років, при цьому щорічні амортизаційні відрахування дорівнюють  $A_r = 546000$  грн. Строк оренди крана складає 6 років, що відповідає залишковій вартості  $U_0 = 2184$  тис. грн

Відсоткова ставка банківського кредиту ВАТ «Ощадбанк» становить 22% у гривні, на основі якої визначається ставка фінансування для лізингоотримувача.

Під час здійснення лізингових операцій необхідно прийняти рішення: або придбати кран на умовах лізингу, або купити його за кредитні кошти банку строком на 6 років під 22% річних.

У наведених умовах лізингодавець визначає розмір щорічної виплати за лізинговим договором таким чином:

$$P_n = \frac{0.5 \cdot 10 \cdot (5460 - 2184)}{100} + 546 = 709.2 \text{ тис. грн}$$

Такий відсоток влаштовує лізингоотримувача, тому що він набагато нижче, ніж банківський. Лізингоотримувач оцінює економічний ефект лізингової операції за формулою:

$$E = (P_n \cdot T_n + C_0) \geq C_n$$

$$E = (709200 \cdot 6 + 2184000) = 6439200 \geq 5460000 \text{ грн.}$$

Після завершення всіх розрахунків слід визначити вартість технічного обслуговування, яка щорічно оцінюється у відсотках від початкової ціни обладнання. За результатами проведених обчислень встановлено, що здача крана в лізинг забезпечить прибуток у розмірі 979 200 грн

## 9 ОХОРОНА ПРАЦІ

У дипломному проекті передбачено розробку козлового крана. Під час його експлуатації можуть виникати такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- ризик отримання удару крановим гаком, вантажною підвіскою або самим вантажем;
- можливість зриву вантажу зі стропів при недотриманні правил безпеки;
- травми внаслідок обриву вантажних канатів при порушенні правил їх використання;
- зміщення крана з рейок та його падіння на територію цеху;
- недостатнє освітлення робочих зон;
- небезпека ураження електричним струмом;
- вплив електромагнітних імпульсів;
- підвищений рівень шуму та вібрацій.

Крім того, можна виділити чинники, що негативно впливають на навколишнє середовище, зокрема через те, що об'єктом виробництва є атомна електростанція:

- забруднення повітря відпрацьованими газами;
- забруднення води внаслідок скиду відпрацьованої води з парової установки у водосховище.

Оскільки тема дипломного проекту - «Козловий кран,  $Q = 100$  т», далі будуть розглянуті заходи з охорони праці, виробничої санітарії, гігієни праці та пожежної безпеки під час експлуатації, ремонту та монтажу цього крана.

## 9.1 Заходи безпеки з охорони праці

Ось перефразований варіант вашого тексту з максимально збереженим обсягом і змістом:

Конструкція, розташування елементів і механізмів крана відповідають вимогам ДНАОП 12.2.003-02 «Правила влаштування та безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів», «Правил улаштування електроустановок», «Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів», «Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів» та «Санітарних правил щодо влаштування обладнання кабін машиністів кранів».

Для безпечного доступу до механізмів, запобіжних пристроїв та електрообладнання, що потребують регулярного технічного обслуговування, передбачені люки, сходи, майданчики та огороження відповідно до ГОСТ 12.2.003-81. Рухомі частини крана захищені міцно закріпленими знімними огорожами, які дозволяють зручний огляд і змащення механізмів згідно з ГОСТ 12.2.003-81.

Обов'язковому огороженню підлягають:

- 1.зубчасті передачі;
- 2.зубчасті муфти;
- 3.вали механізмів пересування та підйому крана.

До ходових коліс крана та візків встановлюються щитки для захисту від потрапляння сторонніх предметів, при цьому зазор між щитком і рейкою не перевищує 10 мм. Всі відкриті струмопровідні частини електрообладнання, включно з вимикачами, контакторами панелі та ящиками опору, підлягають огороженню. Аналогічно огорожуються струмопровідні частини вимикачів, що подають напругу на тролейні дроти або кабель.

На випадок поломки ходових коліс або їх осей крани обладнані опорними елементами, що встановлюються на відстані не більш ніж 20 мм від

рейок і розраховані на максимально можливе навантаження. На кінцях рейкових шляхів встановлюються упори для запобігання сходу крана чи візка, а для пом'якшення удару застосовуються буферні пристрої.

Крани оснащуються кінцевими вимикачами, пристроями для автоматичного зняття напруги при виході на галерею, електричним блокуванням дверей і люків, аварійними вимикачами, нульовим захистом, звуковими сигнальними пристроями, а також робочим та аварійним освітленням. Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у кабіні не перевищують норм ГОСТ 12.1.005-76.

Електрична схема керування двигунами крана виключає:

- самозапуск двигунів після подачі напруги;
- запуск двигунів за схемою, що не відповідає заданому прискоренню;
- запуск двигунів контактами запобіжних пристроїв (кінцевих вимикачів та блокувальних елементів).

Кінцеві вимикачі безпеки розмикають електричну ланку, а подача напруги від зовнішньої мережі здійснюється через пристрій із ручним та дистанційним управлінням. Металоконструкції та інші металеві частини, що можуть піддаватися нарузі через пошкодження ізоляції, заземлюються.

Крани з кабінным керуванням оснащуються звуковим сигналом, добре чутним у зоні підйому та опускання вантажу. Ергономічні показники - зручність керування, положення кранівника, гігієнічні умови та оглядовість - забезпечуються відповідними пристроями кабіни та розташованими у ній органами керування відповідно до ГОСТ 12.2.032-78.

Важелі керування встановлюються на висоті 200–300 мм від верхньої поверхні сидіння, рукоятки виготовляються з матеріалу з низькою теплопровідністю. Загальні вимоги щодо шуму та допустимі рівні на робочому місці відповідають ГОСТ 12.1.003-83. Кабіна зашклена високоміцним безосколочним склом, має проєми для вентиляції та можливість заміни скла зсередини і зовні. Скло на підлозі захищене ґратами.

Двері кабіни можуть бути розпашними або рухомими з запірним механізмом зовні; розпашні двері відчиняються всередину, а при наявності огороженого майданчика - назовні. У кабіні передбачені вогнегасник, вішалка для одягу, місце для крісла стажера, зберігання документації, інструменту та аптечки.

Не допускається розташування в кабіні пуско- та електрообладнання, що виділяє тепло або шум при роботі. Підлога вкривається ізоляційним матеріалом і не слизька; біля електрообладнання настеляють діелектричний килим, температура огорожень не перевищує 35°C. Кабіни обладнані електронагрівальними пристроями для підтримки нормальної температури повітря (ГОСТ 12.1.005-76).

Тепло- та звукоізоляція забезпечується обшивкою з малотеплопровідних і звукопоглинаючих матеріалів (пенопласт, фанера, лінолеум тощо). Вимоги безпеки кабіни відповідають ГОСТ 12.2.066-81. Гаків підвіски, вантажозахватні органи та зовнішні ходові елементи фарбуються за ГОСТ 12.4.026-76 і ГОСТ 12.2.058-81 у вигляді чергувальних жовто-чорних смуг під кутом 45°, аварійний вимикач - червоним кольором.

Органи керування відповідають ГОСТ 12.2.064-81 та маркуються відповідно до ГОСТ 12.4.040-78. Виготовлення сталевих конструкцій із застосуванням зварювання виконується за ГОСТ 12.2.070-81. Загальні вимоги до безпеки конструкцій, матеріалів і маркування відповідають ГОСТ 12.2.065-81.

Таблиця 9.1 - Обмежувачи робочих рухів, блокувальні і запобіжні пристрої козлового крану 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   | Блокування висоти підйому.        | При підході гакових підвісок до верхнього положення.                                               | Вимикають механізм підйому.                         |
| 3   | Блокування руху вантажних візків. | При підході візків до тупикових натискач. При підйомі вантажу більш ніж 250 т. на вильоті 57 м.    | Вимикають рух візка.                                |
| 4   | Блокування механізмів підйому.    | Перевищення ваги вантажу більше 10%, відповідно з графіком вантажопідйомності.                     | Вимикають механізм підйому.                         |
| 5   | Нульове блокування.               | Після спрацювання захисного блокування усі контролери повинні бути виставлені в нульове положення. | 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.                                |

Кабіна кранівника є головним робочим місцем на крані, з якого здійснюється керування краном. Розташування кабіни повинно забезпечувати кранівнику вільний огляд вантажозахватного органу та вантажу під час

роботи, що гарантує безпеку людини у робочій зоні та збереження будівель і обладнання. Кут огляду кабіни повинен становити  $30^{\circ}$ – $45^{\circ}$ . Загальна освітленість кабіни не має бути меншою за 50 лк на висоті 1200 мм від підлоги. В кабіні обов'язково передбачена аптечка.

Інтенсивність сонячного або штучного променевого потоку крізь скло не повинна перевищувати  $350 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Висота педалей над рівнем підлоги встановлюється не більше 80 мм. Кабіна обладнана кріслом з м'яким сидінням та спинкою, що має вертикальне і горизонтальне регулювання в межах  $\pm 50$  мм. Покриття сидінь виготовляється з м'якого, повітронепроникного та нетоксичного матеріалу.

Освітлення робочих поверхонь пульта та важелів керування кабіни забезпечується не менше ніж 20 лк від системи загального освітлення. Загальна система освітлення кабіни обладнана вимикачами для вимкнення світла під час роботи крана. Для нарізної установки використовуються лампи типу ДРЛ із пристроєм, що запобігає самовідгвинченню, або лампи розжарювання з амортизаційним пристроєм для поглинання вібрацій.

Під час експлуатації крана забезпечується загальна освітленість не менше 200 лк (4-й розряд) на майданчиках подачі та прийому вантажу в зоні роботи крана, а також на вантажозахоплюючому пристрої на будь-якому рівні його підйому та пересування по горизонталі. Денне освітлення враховує цехове освітлення.

Захист від шуму персоналу здійснюється двома способами: для стропальників від змінного шуму під час роботи крана та для оператора від шуму механічних металоробочих пристроїв застосовуються звукоізолюючі навушники; для пульта керування використовується вбудований у стінну конструкцію звукоізоляційний матеріал.

Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот і загальні рівні звуку в закритій кабіні не перевищують значень, наведених у таблиці 2.

Таблиця 9.2

|                                                |    |     |     |     |      |      |      |      |
|------------------------------------------------|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| Середньо геометричні 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 |     |     |     |      |      |      |      |

Вібраційні параметри на робочому місці кранівника відповідають нормам ГОСТ 12.1.012-78, що стосуються транспортно-технологічних машин. Середнє квадратичне значення віброшвидкості та їх рівні в октавних смугах частот на робочому місці не перевищують показників, наведених у таблиці 9.3. Рівні віброшвидкості, які передаються на руки кранівника через важелі керування (локальні або місцеві вібрації), також не перевищують допустимі значення, зазначені в таблиці 9.3.

Таблиця 9.3

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

Таблиця 9.4

|                                                  |     |     |      |     |     |     |     |      |
|--------------------------------------------------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
| Середньогометричні частоти октавних смуг, Гц     | 8   | 16  | 31,5 | 63  | 125 | 250 | 500 | 1000 |
| Середнє квадратичне значення віброшвидкості, м/с | 5,0 | 5,0 | 3,5  | 2,5 | 1,8 | 1ІЗ | 0,8 | 0,65 |
| Рівні віброшвидкості, дБ                         | 120 | 120 | 117  | 114 | 111 | 108 | 105 | 102  |

Пожежно - технічна класифікація. Будівельні матеріали.

Будівельні матеріали класифікуються за показниками пожежної небезпеки, до яких відносяться горючість, займистість, здатність поширювати полум'я по поверхні, димоутворювальна здатність та токсичність продуктів горіння.

За показником горючості виділяють два типи матеріалів: негорючі (НГ) та горючі (Г). Негорючі матеріали не класифікуються за іншими характеристиками пожежної небезпеки.

Горючі матеріали розподіляються на чотири групи:

- Г1 – низької горючості;
- Г2 – помірної горючості;
- Г3 – середньої горючості;
- Г4 – підвищеної горючості.

Визначення горючості та віднесення матеріалу до відповідної групи проводиться за результатами випробувань згідно з ДСТУ Б В.2.7-19.

За займистістю горючі матеріали поділяються на три категорії:

- В1 – важкозаймисті;
- В2 – помірнозаймисті;

-ВЗ – легкозаймисті.

Займистість матеріалів встановлюється за результатами випробувань відповідно до ДСТУ Б В.1.1-2.

За здатністю поширювати полум'я по поверхні горючі матеріали поділяються на чотири групи:

- РП1 – не поширюють;
- РП2 – локально поширюють;
- РП3 – помірно поширюють;
- РП4 – значно поширюють.

Ця класифікація застосовується до поверхневих шарів конструкцій підлог, покрівель та килимових покриттів, і встановлюється на підставі випробувань за ДСТУ Б В.2.7-70.

За димоутворювальною здатністю матеріали ділять на три групи:

- Д1 – з малою димоутворювальною здатністю;
- Д2 – з помірною димоутворювальною здатністю;
- Д3 – з високою димоутворювальною здатністю.

Групи визначаються залежно від коефіцієнта димоутворення, що встановлюється згідно з ГОСТ 12.1.044.

За токсичністю продуктів горіння виділяють чотири групи горючих матеріалів:

- Т1 – малонебезпечні;
- Т2 – помірно небезпечні;
- Т3 – високо небезпечні;
- Т4 – надзвичайно небезпечні.

Визначення групи проводиться на основі показників токсичності продуктів горіння відповідно до ГОСТ 12.1.044.

Показники пожежної небезпеки технологічних матеріалів і речовин (рідини, розчини, порошки, гранули тощо), що застосовуються у будівництві, встановлюються за ГОСТ 12.1.044.

Для забезпечення безпечної евакуації людей необхідно передбачити заходи, спрямовані на:

- створення умов для своєчасної та безперешкодної евакуації у разі пожежі;

- захист людей на шляхах евакуації від небезпечних факторів пожежі.

Ці заходи реалізуються комплексом об'ємно-планувальних, конструктивних та інженерно-технічних рішень із урахуванням призначення будівлі, категорії за вибухопожежною та пожежною безпекою, вогнестійкості, висоти будівлі та кількості осіб, що евакуюються.

Евакуація людей у випадку пожежі здійснюється шляхами евакуації через спеціальні виходи. Частина будівлі, відділені протипожежними стінами першого типу, повинні мати самостійні шляхи евакуації. Приміщення, розділені трансформованими перегородками або протипожежними завісами, також потребують окремих евакуаційних виходів з кожної частини.

Ліфти, ескалатори та інші механічні засоби транспортування, включаючи ті, що використовуються підрозділами пожежної охорони, не враховуються при проектуванні шляхів евакуації. Виходи, які не відповідають зазначеним вимогам, також не враховуються під час розрахунку шляхів евакуації, за винятком випадків, передбачених нормативними документами.

Не допускається розташування приміщень категорій А та Б безпосередньо над або під приміщеннями, призначеними для одночасного перебування понад 50 осіб.

Шляхи евакуації та виходи повинні мати позначення за допомогою знаків пожежної безпеки відповідно до ГОСТ 12.4.026. Проектування та організація евакуаційного освітлення здійснюється відповідно до вимог СНиП II-4, ПУЕ, ВСН 59 та інших нормативних документів.

Частина обірваного провідника під напругою довжиною  $l = 5\text{м}$  лежить на землі. Визначити напругу дотику  $U_{\text{дт}}$ , якщо людина знаходиться на відстані  $l_1 = 4,5\text{м}$  від провідника.

Вхідні данні :

- 1) Діаметр провідника  $2R = 0.01\text{м}$ ;
- 2) Струм короткого замикання на землі  $I_{КЗ} = 8\text{А}$  ;
- 3) Питомий опір ґрунту  $\rho = 100\text{Ом} \cdot \text{м}$ ;
- 4) Розрахунковий опір людини  $Rh = 1000\text{Ом}$ .

1. Визначаємо потенціал провідника, який лежить на землі, беручи до уваги, що він є подовженням заземлювачем круглого перетину:

$$\phi = \frac{I_{КЗ} \cdot \rho}{2\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{l}{R} = \frac{8 \cdot 100}{2 \cdot 3.141 \cdot 5} \ln \frac{5}{0.005} = 176\text{В}$$

2. Визначаємо потенціал на поверхні землі в місці, де стоїть людина :

$$\phi_{ПЗ} = \frac{I_{КЗ} \cdot \rho}{2\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{2x+l}{2x-l} = \frac{8 \cdot 100}{2 \cdot 3.141 \cdot 5} \ln \frac{2 \cdot 7 + 5}{2 \cdot 7 - 5} = 19\text{В} ,$$

де  $X$ - відстань від умовної точки замикання на землю до людини,

$$x = \frac{l}{2} + l_1 = \frac{5}{2} + 4.5 = 7\text{м}$$

3. Визначаємо коефіцієнт напруги дотику :

$$\alpha_2 = \frac{Rh}{Rh + 1.5\rho} = \frac{1000}{1000 + 150} = 0.8695$$

4. Визначаємо напругу дотику :

$$U_{ДТ} = (\phi - \phi_{ПЗ})\alpha_2 = (176 - 19)0.8695 = 136.5\text{В}$$

Близько 80% всіх випадків ураження електричним струмом зі смертельним наслідком пов'язані з напругою до 1000 В, перш за все ті, що працюють під напругою 220–380 В.

В Україні вважають безпечною напругою 12 В у приміщеннях з відносною вологістю 80–90% та при роботі на відкритому повітрі (наприклад, на складах).

У сухих приміщеннях безпечним вважається рівень напруги до 36 В.

## 9.2 Заходи з цивільної оборони:

Управління об'єктом є ключовою функцією начальника ЦО об'єкту, його штабу та служб і полягає у постійному керівництві підлеглими силами, організації їх дій та спрямуванні зусиль на своєчасне і ефективне виконання поставлених завдань. Управління має забезпечувати безперервність, стійкість, гнучкість і твердість керівництва, як у продуктивній діяльності, так і при виконанні заходів ЦО на всіх етапах.

Безперервність управління досягається своєчасним прийняттям рішень та швидким доведенням завдань до виконавців, безперебійним зв'язком із підлеглими та вищестоящими органами, раціональною організацією пунктів управління, автоматизацією процесів управління та оперативним відновленням порушеної системи.

Твердість управління забезпечується рішучим і послідовним виконанням прийнятих рішень, що гарантує досягнення цілей у встановлені терміни. Гнучкість управління проявляється у здатності реагувати на зміну обстановки, своєчасно уточнювати рішення та завдання для підлеглих.

Стійкість управління досягається завдяки: наявності обладнаних стаціонарних і замських пунктів управління (ПК); надійному захисту особового складу та засобів зв'язку від шкідливих впливів; забезпеченню рухливих ПК; дублюванню каналів зв'язку; створенню резерву сил і засобів

для відновлення управління; підготовці керівного складу та персоналу до користування технічними засобами зв'язку; дотриманню режимів роботи і правил прихованого управління.

Пункти управління готуються заздалегідь у мирний час. Стаціонарні ПК розміщуються у захищених спорудах, що забезпечують захист від ударної хвилі ядерного вибуху та радіоактивного зараження. Рухливий ПК обладнується в автобусі або іншому транспортному засобі із закритим кузовом і повинен забезпечувати належні умови роботи розрахунку та розміщення необхідних засобів зв'язку.

Склад і завдання розрахунку ПК визначаються відповідно до умов організації виробництва та завдань ЦО об'єкту. Наприклад, при двозмінній роботі об'єкту створюються два розрахунки, кожен із яких керує своєю зміною. Перший розрахунок може очолювати заступник директора з загальних питань, другий – головний інженер. До першого розрахунку входять провідні фахівці об'єкту, а до другого – їхні заступники.

Засоби радіо- та дротяного зв'язку, встановлені на ПК об'єкту, забезпечують управління сигналами ЦО, підтримку безперервного зв'язку з об'єднанням, ПК районів, замиськими ПК, збірним евакуаційним пунктом, посадковими станціями, притулками та виробничими підрозділами об'єкту.

Зв'язок замиського ПК організовується з штабом, ПК об'єкту, формуваннями ЦО, ПК сільських районів та взаємодіючими об'єктами. Рухливий ПК використовується для управління силами ЦО під час їх висунення у зону ураження, виконання рятувальних і невідкладних аварійно-відновних робіт.

Оцінку стійкості системи управління проводить дослідницька група штабу ЦО, визначаючи стан устаткування, надійність захисту особового складу, склад і можливості розрахунків ПК, надійність систем сповіщення та зв'язку.

Оптимальний склад розрахунків ПК, який забезпечує виконання завдань управління на всіх етапах ведення ЦО, визначається на основі аналізу характеру та обсягу робіт.

При оцінці надійності системи зв'язку і сповіщення враховуються тип і ємність АТС, потужність радіовузла, можливості диспетчерського зв'язку, реальність і надійність схеми сповіщення керівного складу, стан засобів подачі сигналів, можливість дублювання дротяного і радіозв'язку, наявність резерву засобів зв'язку, матеріалів і запасних деталей, а також стан пересувних електростанцій для зарядки акумуляторів.

Отримані дані аналізуються, на їх основі визначаються заходи щодо підвищення стійкості системи управління у військовий час.

## ВИСНОВКИ

У виконаній роботі були обрані схеми та проведені необхідні розрахунки для механізмів козлового крану, а також проведено оцінку доцільності модернізації приводів механізму відчинення. Всі обчислення виконані для крану вантажопідйомністю 100 т, який експлуатується в умовах незначних перевантажень металоконструкцій на підприємстві. Розрахунки проведені для основних механізмів: головного підйому, пересування крана та пересування візка.

Після виконання модернізації було здійснено перевірочний розрахунок вузлів з'єднання металоконструкцій крана на міцність. Для модернізації механізму відчинення були підбрані відповідні приводи, що забезпечують підвищення надійності та ефективності роботи обладнання. Після розрахунку механізмів та підбору необхідних деталей проведено оцінку відхилень фактичних параметрів від значень, передбачених проектом, які не перевищують допустимих меж.

Також у дипломному проекті виконано розрахунок економічної ефективності модернізації та проведено аналіз виробничих умов з урахуванням безпеки праці, що підтверджує доцільність впровадження запропонованих заходів на підприємстві.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Сукач М. К., Горбатюк Є. В., Марченко О. А. Синтез землерийної і дорожньої техніки : підручник. Київ : Ліра-К, 2017. 376 с. ISBN 978-966-2609-48-6.
2. Сукач М. К., Горбатюк Є. В., Марченко О. А. Синтез землерийної і дорожньої техніки : підручник. Київ : Ліра-К, 2017. 376 с.
3. Григоров О. В. Вантажопідйомні машини : навч. посібник / О. В. Григоров, Н. О. Петренко ; Нац. техн. ун-т “Харків. політехн. ін-т”. Харків : НТУ “ХПІ”, 2006. 304 с.
4. Сукач М. К. Будівельні машини і обладнання : підручник. Київ : Ліра-К, 2020. 390 с.
5. Мартовицький Л. М. Атлас металоконструкцій ПТМ : навч. посіб. / Л. М. Мартовицький, В. І. Глушко, Г. В. Клименко ; за ред. Л. М. Мартовицького ; Нац. ун-т “Запоріж. політехніка”. Запоріжжя : Нац. ун-т “Запоріж. політехніка”, 2019. 222 с.
6. Мартовицький Л. М. Крани спеціальні : навч. посібник / Л. М. Мартовицький, В. І. Глушко. Запоріжжя : Національний університет “Запорізька політехніка”, 2023. 396 с.
7. Shapiro L. K. Cranes and Derricks / L. K. Shapiro, J. P. Shapiro. 4th ed. New York : McGraw Hill Professional, 2010. 688 p.
8. Schmitt R. L. Moving the Earth: Excavation Equipment, Methods, Safety, and Cost / R. L. Schmitt, C. J. Schexnayder, A. B. Cohen, H. L. Nichols Jr., D. A. Day. 7th ed. New York : McGraw-Hill Education, 2019. 672 p.
9. НПАОП 0.00-1.80-18. Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідймальних кранів, підймальних пристроїв і відповідного обладнання : затв. наказом Міністерства соціальної політики України від 19.01.2018 № 62 ; зареєстр. в Міністерстві юстиції України 27.02.2018 за № 244/31696. Чинний від 10.04.2018. URL:

[https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=77156](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=77156) (дата звернення: 07.05.2026).

10. СНиП 2.09.03-85. Споруди промислових підприємств. Зміна № 1 (національна) : будівельні норми і правила : затв. наказом від 21.10.2004 № 195. Чинний від 01.04.2005.

11. Пат. 35712 U Україна. Мобільна бурова установка / Є. І. Крижанівський, М. М. Лях, І. В. Короп, Я. Т. Федорович ; власник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. № а200512779 ; заявл. 29.12.2005 ; опубл. 10.10.2008, Бюл. № 19.

12. Пат. 123713 U Україна. Насосно-циркуляційна система бурової установки / М. М. Лях, Л. Є. Шкіца, Т. М. Яцишин, О. І. Сидоренко ; заявник і патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. № u201707840 ; заявл. 26.07.2017 ; опубл. 12.03.2018, Бюл. № 5. 6 с.

13. Пат. 122613 U Україна. Ударний вибійний двигун / М. І. Оринчак, І. І. Чудик, О. І. Кирчей, О. С. Бейзик, О. Б. Марцинків. № u201613137 ; заявл. 22.12.2016 ; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2.

14. Охорона праці та цивільний захист : підручник / за ред. О. Г. Левченка. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 420 с.

15. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. Київ : ДП “УкрНДНЦ”, 2020.

16. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ : Мінрегіон України, 2017.