

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування інституту, факультету)

Деталі машин на ПТМ

(повне найменування кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

Бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему Крак козювий  $D_2 = 16/16 T$

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи М-321С11

Спеціальності 133Танузеле машинобудування  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Підійомно-транспортні машини та механізми

Ревнов Євген Андрійович

(прізвище та ініціали)

Керівник Мартовський Л.М

(прізвище та ініціали)

Рецензент Фролов Р.О

(прізвище та ініціали)

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

Інститут, факультет Машинобудівний  
Кафедра Деталі машин та НТМ  
Ступінь вищої освіти Бакалавр  
Спеціальність 133 Танузове машинобудування  
(код і найменування)  
Освітня програма (спеціалізація) Мійдомно тракторної механіки та механізмів  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри [підпис]  
« 11 » 06 2024 року

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

Ревнов Євген Андрійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Кран козловий  $Q=16/16T$

керівник проєкту (роботи) Маршовський Л.М. к.т.н. доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «     » 20 року №    

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 14.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Кран вантальмонідральнийстю 16/16T. з швидкістю пересування 0,8 м/с з діапазоном температур -45°C до +45°C. з швидкістю вітру кабіноі до 10 м/с. не перевищує 30 м/с

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Опис базової машини. 2. Механізм пересування крана. 3. Розрахунок механізмів крана. 4. Економічне обґрунтування спроектованого козлового крана. 5. Оцінка праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
1. Загальний вид. лист формат А<sub>2</sub>. 2. Метамоніструкція крана лист формат А<sub>2</sub>. 3. Візок моніальний лист формат А<sub>1</sub>. 4. Механізм підйому лист формат А<sub>0</sub>. 5. Механізм пересування візка лист формат А<sub>1</sub>

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	Мартовичський П.М		
2	Мартовичський А.М		
3	Мартовичський П.М		
4	Мартовичський П.М		
5	Мартовичський П.М		

7. Дата видачі завдання « 05 » 03 2024 року.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Опис базової машини	до 23.03.2024	
2	Механізм пересування крана	до 13.04.2024	
3	Розрахунок механізмів крана	до 03.05.2024	
4	Експлікація об'єктування спроектованого ковзної крана.	до 25.05.2024	
5	Охорона праці.	до 10.06.2024	

Студент

(підпис) Рєвнєв Є. Н.  
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис) Мартовичський П.М.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка виконана на 47 сторінках, містить 11 рисунків, 5 таблиць, застосовано 14 найменувань літератури:

У проекті вирішенні наступні задачі:

- розраховано механізму підйому вантажу;
- розраховано механізм переміщення вантажного візка;
- розраховано механізм переміщення крана;
- проведено перевірочний розрахунок металоконструкції;
- розраховано економічний ефект від впровадження нового крану;
- вказані основні заходи, щодо охорон праці,

Дипломний проект забезпечено графічною частиною, яка виконана на аркушах формату А1 та А2х3:

- Загальний вид козлового грейферного крану.
- Металоконструкція козлового грейферного крану.
- Вантажний візок козлового грейферного крану.
- Механізм пересування козлового грейферного крану.

Робота виконана на кафедрі ДМ і ПТМ Запорізького національного технічного університету.

Ключеві слова: ЕЛЕКТРОДВИГУН, БЛОК, КАНАТ, РЕДУКТОР, БАРАБАН, ПІДВІСКА, ПОЛІСПАСТ, ГАЛЬМО, МУФТА, МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЯ

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ .....	4
ВСТУП.....	7
1. ОПИС БАЗОВОЇ МАШИНИ .....	9
1.1 Кран козловий електричний спеціальний, вантажопідйомністю Q=20/20 т.....	9
1.2 Складові частини крана.....	9
1.3 Недоліки базової конструкції .....	10
1.4 Завдання й шляхи модернізації .....	10
Розрахунок навантажень .....	10
2.3 Механізм пересування крана.....	15
2.3.1 Вихідні дані.....	16
2.3.2 Визначення максимальних та мінімальних навантажень на підкранові рейки .....	17
2.3.3 Визначення опору переміщення крана.....	18
2.3.3 Вибір електродвигуна.....	20
2.3.4 Вибір механічної передачі механізму переміщення крана.....	20
2.3.5 Крутні моменти. Перевірка редуктора, електродвигуна ти вибір муфт.....	21
2.3.6 Визначення величини гальмового моменту.....	22
2.3.7 Перевірка запасу зачеплення.....	23
2.3.8 Час розгону електродвигуна .....	23
3 Розрахунок механізмів крану.....	25
3.1 Розрахунок механізму підйому вантажу.....	25
3.1.1 Вихідні дані .....	25
3.1.2 Вибір канату .....	26
3.1.3 Барабан канатний .....	26
3.1.4 Вибір електродвигуна.....	27
3.1.5 Вибір механічної передачі механізму підйому .....	28
3.1.6 Крутні моменти на валах механізму підйому .....	28
3.1.7 Перевірка редукторів та вибір муфт.....	29

3.1.8 Вибір гальм.....	29
3.1.9 Розрахунок барабана на міцність .....	30
3.1.10 Кріплення каната до барабану прижимними планками.....	30
3.1.11 Розрахунок гакової підвіски .....	31
<b>4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СПРОЕКТОВАНОГО КОЗЛОВОГО КРАНУ .....</b>	<b>37</b>
<b>5. Охорона праці .....</b>	<b>41</b>
5.1 Аналіз потенційних небезпек. ....	41
5.2 Заходи по забезпеченню безпеки. ....	41
5.2.1 Загальні вимоги безпеки при проведенні навантажувально-розвантажувальних робіт. ....	41
5.2.2 Вимоги щодо оснащення крана.....	43
5.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці.....	45
5.3.1 Оздоровлення повітряного середовища. ....	45
5.3.2 Виробниче освітлення .....	46
5.4 Пожежна безпека.....	46
5.5 Заходи з цивільної оборони. ....	47
5.5.1«Інженерно-технічні заходи по підвищенню стійкості систем електрозабезпечення у надзвичайних ситуаціях». ....	47
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>48</b>
<b>Перелік посилань.....</b>	<b>49</b>

## ВСТУП

Вантажопідйомні машини є одним з найважливіших засобів механізації виробничих процесів всіх галузей. Наявність великої кількості конструктивних типів вантажопідйомних машин викликано як різноманіттям видів і властивостей переміщуваних вантажів, так і різноманіттям способів їхніх переміщень. Від раціонального вибору типу вантажопідйомних машин, правильного визначення основних параметрів і добре організованої експлуатації цих машин значною мірою залежить стабільність виробничого процесу й продуктивність підприємства.

Козлові крани є одним з основних видів засобів механізації перевантажувальних і складських робіт. По призначенню козлові крани розділяють на три основні групи: загального призначення, будівельно-монтажні й спеціальні призначення. Простота керування й обслуговування, відносно низька вартість виготовлення й експлуатації обумовили все зростаюче застосування козлових кранів. Козлові крани призначені для виконання операцій, пов'язаних з монтажем і експлуатацією гідроелектростанцій, складських площадок, контейнерних терміналів. Специфічні умови експлуатації цих кранів обумовлюють різноманітність їхніх конструкцій.

Вантажопідйомність козлових кранів досягає 500т., прольоти - 100м, висота підйому - 100м та в спеціальному виконанні - діапазон підйому більше 200м. Швидкість (м/с): пересування крана 0,1 - 2,5, пересування візка 0,1 - 2, підйому вантажу до 1.

Як вантажозахватний орган служать: гаки, грейфери, електромагніти, спредери, захвати й інші спеціальні пристрої.

Кабіна керування розташовується на опорі крана в місці, що забезпечує найкращий огляд і безпеку роботи крановика, а при необхідності - на візку, або має можливість автономно переміщатися уздовж прольоту крана

Кранами зі швидкістю пересування до 1 м/с можна управляти з підлоги. Застосовують дистанційне керування, особливо при наявності трьох механізмів. При рідкому використанні й малій вантажопідйомності застосовують крани з ручним приводом. На мосту крана можуть розташовуватися два вантажні візки на одному або двох шляхах. У випадку обмеження габариту крана по висоті вантажний візок переміщається усередині моста. Для подачі за межі прольоту крана застосовують візки з поворотною стрілою або консольною фермою.

Механізми пересування вантажних візків виконують із роздільним приводом (з кожної сторони мосту) при великій колії візка .

При більших потужностях привода в кранах відповідального призначення передбачають на кожному балансірі установку механізму пересування крана.

При кріпленні гака на спеціальній траверсі на ній можна встановлювати механізм обертання гака. Підйомні лебідки можуть бути розміщені на поворотній рамі із приводними колесами (обертіві візки ).

Ходові колеса кранів виконують двохрановими або безхрановими з горизонтальними напрямляючими роликками. У чотирьохколесних механізмах приводними є два колеса. Ходові колеса вантажних візків виконують дво- і однохрановими.

Козловий спеціальний електричний кран розрахований у даному дипломному проекті має вантажопідйомність 20/20т. Режим роботи важкий А7. Діапазон головного підйому 16 м. Проліт крана становить 42м. Швидкість пересування крана й візка відповідно 1 м/с і 0,8 м/с .

За базовий кран для розробки цього проекту був взятий кран розроблений заводом ЗАТ «Запоріжкран».

## 1. ОПИС БАЗОВОЇ МАШИНИ

### 1.1 Кран козловий електричний спеціальний, вантажопідйомністю $Q=20/20$ т.

Кран, що розглядається у даному проекті це технологічний виріб призначений для обслуговування площадок укрупненого складання металевих і залізобетонних конструкцій, відкритих складів, устаткування, а також для підйому й транспортування різних вантажів. Цей кран характеризується великою тривалістю роботи, високими швидкостями:

- підйому вантажу – 0,33 м/с
- пересування крана – 0,8 м/с
- пересування візка – 1 м/с

що забезпечує більше високу продуктивність, чим у монтажних кранів.

Кран може поставлятися в райони з помірним кліматом з діапазоном температур від  $-45$  °С до  $+45$  °С, де швидкість вітру на висоті до 10 м. від поверхні землі не перевищує 30 м/с.

### 1.2 Складові частини крана.

Кран козлової складається з наступних вузлів: металоконструкції, механізмів і електроустаткування.

Металоконструкція виконана, як правило, у вигляді мосту, що опирається на дві опори. Міст виконаний у вигляді коробчастої балки з листового прокату .

Даний кран складається з механізмів до яких ставляться:

- механізм головного підйому
- механізм пересування вантажного візка
- механізм пересування крана

Також є й допоміжні механізми, запобіжні пристрої, протиугінні захвати та ін.

Електроустаткування складається із двигунів, пуско-регулюючої апаратури, силових ланцюгів, керування й сигналізації, освітлення й опалення.

### **1.3 Недоліки базової конструкції**

Недоліками крана є те що кран був виготовлений з розрахунку на вантажопідйомність 16/16 т, що при все більш зростаючих обсягах навантажувально-розвантажувальних робіт вже не задовольняє поставленим вимогам до цього крану.

### **1.4 Завдання й шляхи модернізації**

Для того, щоб створити механізм який задовольнив всім вимогам, які були позначені нижче потрібно було спроектувати новий механізм підйому вантажу з використанням складових, що виробляються вітчизняною промисловістю. Також в процесі модернізації крану для спрощення його обслуговування потрібно використати в механізмах пересування крану та вантажного візка вітчизняні складові.

### **Розрахунок навантажень**

Визначимо навантаження на металоконструкцію.

Вага вантажу, $G_Q$ , (кН)	392
Вага металоконструкції крана, $G_{м.к.}$ , (кН)	1269.9
Вага вантажного візка, $G_v$ , (кН)	313,9

#### 4 Розрахунок головної балки

1) Постійне розподілене навантаження:

$$q = G_{\text{МК}} / L_{\text{Б}} = 1269.9 / 70 = 18,14 \text{ кН/м.}$$

2) Вертикальні навантаження від ходових коліс візка:

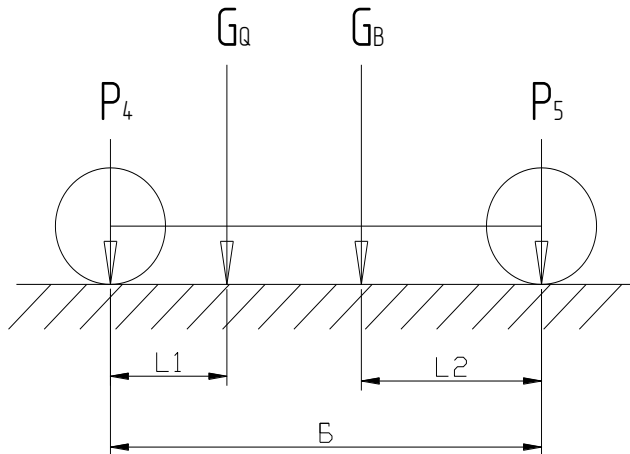


Рис. 1 Схема розрахунку вертикального тиску коліс візка.

$B = 3,86$  м-база візка

$L_2 = 1,935$  м

Так як механізми підйому та замикання грейфера виконані, як дзеркальне відображення один одного. Визначаємо, що сила ваги візка проходить через центр його бази. Враховуючи, що сила ваги грейфера з вантажем проходить також через центр бази візка, приймаємо тиск на колеса рівний.

$$P_4 = \frac{G_B + G_Q}{2}$$

$$P_4 = P_5 = \frac{306.5 + 392}{2} = 349.2 \text{ кН}$$

Але приводні колеса також сприймають вагу приводів пересування візка тому тиск на приводні колеса дорівнює:

$$P_4 = P_5 + Q_{\text{II}} = 349,2 + 7,3 = 356.5 \text{ кН}$$

## 3) Небезпечний переріз головної балки

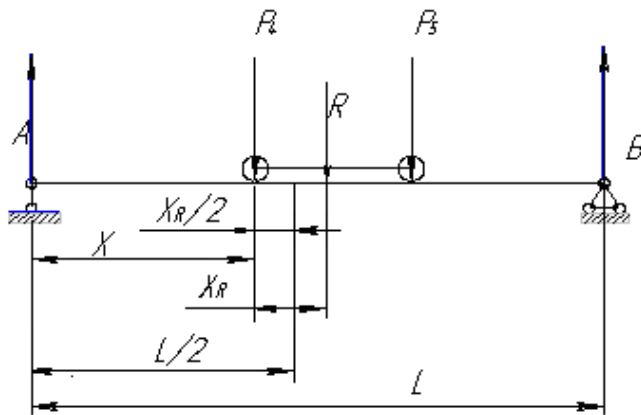


Рис. 2 – Схема визначення критичного перерізу балки.

Відстань від опори балки до небезпечного перетину:

$$X = \frac{L}{2} - \frac{X_R}{2} = \frac{42}{2} - \frac{1,91}{2} = 21 - 0,955 = 20,005 \text{ м};$$

$$X_R = \frac{P_5 \cdot B}{R} = \frac{349,2 \cdot 3,86}{705,7} = 1,91 \text{ м};$$

$$R = P_4 + P_5 = 356,5 + 349,2 = 705,7 \text{ кН} \text{ – рівнодійна сила}$$

## 4) Лінії впливу від усіх навантажень

При побудові ліній впливу враховуємо тільки навантаження від маси метало-конструкції, та маси візка з вантажем.

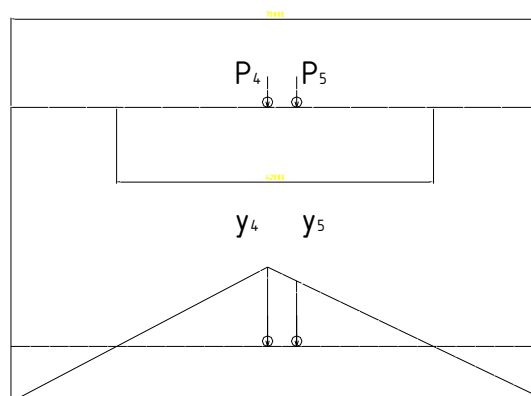


Рис. 3 – Лінії впливу головної балки

5) Максимальний згинаючий момент:

$$M = P_4 \cdot y_4 + P_5 \cdot y_5 + q \cdot \omega,$$

$$M = 356,5 \cdot 10,4 + 349,2 \cdot 8,6 + 18,14 \cdot 121,1 = 8907,47 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

6) Момент інерції перерізу балки:

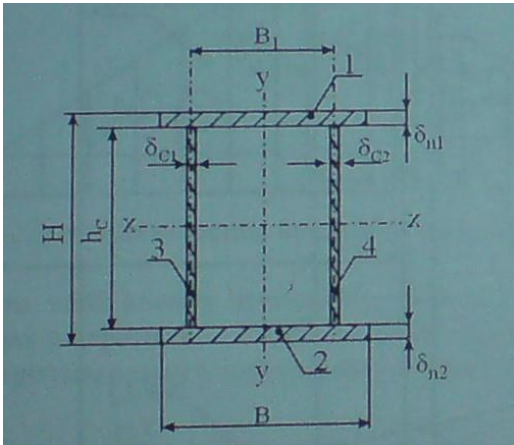


Рисунок 4 – Поперечний переріз головної балки

В даному крані використовується балка з наступними геометричними характеристиками:

Висота (H), м 2,525

Ширина (B), м 1,07

Товщина поясу, м  $\delta_{п1}$  0,02

$\delta_{п2}$  0,025

Товщина стінки ( $\delta_c$ ), м 0,008

Момент інерції перерізу балки:

$$I_{xx} = 2 \cdot I_c + F_{п1} \left( \frac{H - \delta_{п1}}{2} \right)^2 + F_{п2} \left( \frac{H - \delta_{п2}}{2} \right)^2$$

Момент інерції вертикальної стінки

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12};$$

$$I_c = \frac{0.008 * 2.48^3}{12} = 10.16 \cdot 10^{-3}$$

Площа перетину пояса

$$F_{\Pi} = B \cdot \delta_{\Pi}$$

$$F_{\Pi 1} = 1.07 \cdot 0.02 = 0.0214$$

$$F_{\Pi 2} = 1.07 \cdot 0.025 = 0.0267$$

$$I_{xx} = 2 \cdot 10.16 \cdot 10^{-3} + 0.0214 \cdot \left(\frac{2.525-0.02}{2}\right)^2 + 0.0267 \cdot \left(\frac{2.525-0.025}{2}\right)^2 = 95.6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4$$

7) Момент опору перерізу балки:

$$W_3 = \frac{2 \cdot I_3}{H} = \frac{2 \cdot 95.6 \cdot 10^{-3}}{2.525} = 75.722 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$$

8) Визначаємо розрахункове напруження згину:

$$[\sigma_{3z}] = \frac{M}{W_3} = \frac{8907,47 \cdot 10^3}{75.722 \cdot 10^{-3}} = 117 \text{ МПа};$$

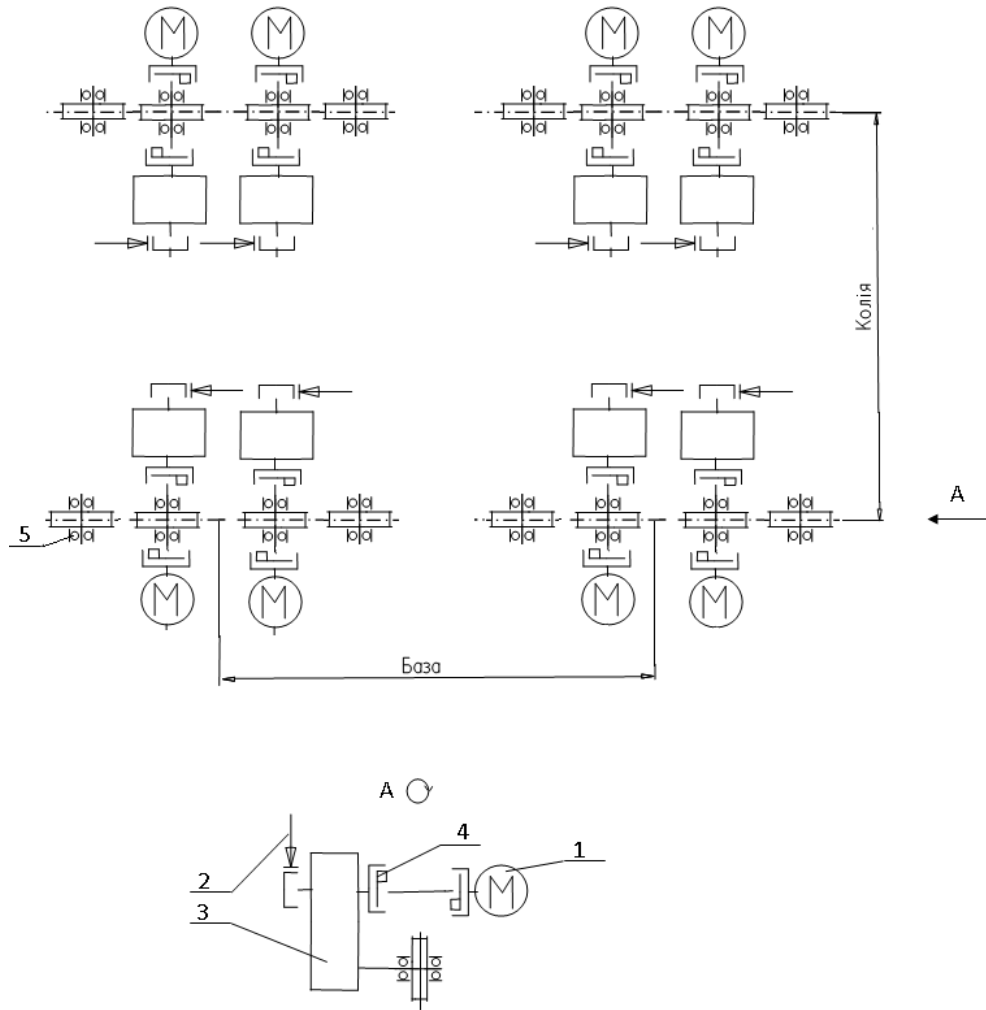
Так як розрахунок вівся для двох балок одночасно, то розділивши розрахункове напруження згину на 2 отримаємо:

$$[\sigma_{3z}] = 58.5 \text{ МПа};$$

Допустимі напруження згину

$$[\sigma_{3r}] = \frac{\sigma_r}{n} = \frac{350}{1,4} = 250 \text{ МПа}$$

## 2.3 Механізм пересування крана



1 – Електродвигун МТФ 211-6 У1  $N_H = 7.5$  кВт;  $n_H = 930$  об/хв.

2 – Гальма ТКГ-160М У2

3 – Редуктор 3ЦЗвк-250-31У1

4 – Півмуфта зубчаста 1600

5 – Підшипник

### 2.3.1 Вихідні дані

$G_{кр} = 194$ - Вага крана без візка з вантажем, тс

Вага металоконструкції крана, тс

$$G_{мет} = G_{M1,2} + G_{M3,4,5} + G_{M6,4,5-1} = 129 + 15 + 9 = 153 \quad (2.1)$$

$G_{M1,2} = 129$ - Вага моста, тс

$G_{M3,4,5} = 15$ -Вага жорстких опор, тс

$G_{M6,4,5-1} = 10$ - Вага гнучких опор, тс

$G_{тел} = 32$ - Вага візка, тс

$G_{грф} = 9,4$ - Вага грейфера, тс

$G_{гр} = 40$ - Вага грейфера з вантажем, тс

$G_{пер} = 5$ - Вага механізму переміщення крана, тс

$V = 48$ - Швидкість пересування крана, м/хв

$n = 16$  - Кількість ходових коліс

$n_{пр} = 8$  – Кількість привідних коліс

Тип привода – розподілений

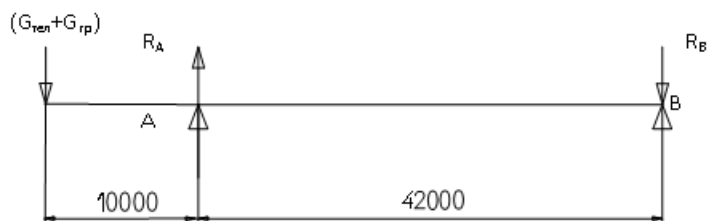


Рисунок 2.2 – Реакції опор крана від візка з вантажем

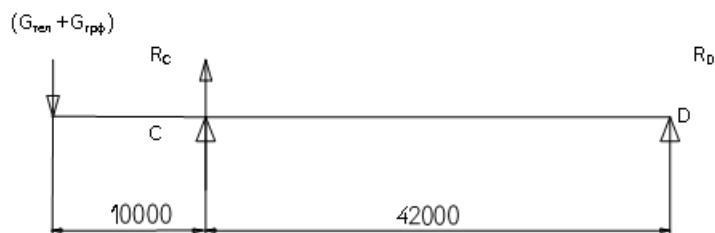


Рисунок 2.3 – Реакції опор крана від візка без вантажу.

### 2.3.2 Визначення максимальних та мінімальних навантажень на підкранові рейки

Тиск від ваги металоконструкції крана та механізму переміщення менш навантаженої сторони крана, тс

$$P_1 = \frac{G_{M1,2}}{2} + 4 \cdot G_{nep} + G_{M6,4,5-1} = \frac{129}{2} + 4 \cdot 5 + 10 = 94.5 \quad (2.2)$$

Тиск від ваги металоконструкції крана та механізму переміщення більш навантаженої сторони крана, тс

$$P_2 = \frac{G_{M1,2}}{2} + 4 \cdot G_{nep} + G_{M3,4,5} = \frac{129}{2} + 4 \cdot 5 + 15 = 99.5 \quad (2.3)$$

Реакції опор крана від візка з вантажем, тс (рисунок 2.3.2)

$$R_A = \frac{(G_{мел} + G_{сп}) \cdot (10000 + 42000)}{42000} = \frac{(32 + 40) \cdot (10000 + 42000)}{42000} = 89.1 \quad (2.4)$$

$$R_B = \frac{(G_{мел} + G_{сп}) \cdot 10000}{42000} = \frac{(32 + 40) \cdot 10000}{42000} = 17.1 \quad (2.5)$$

Реакції опор крана від візка без вантажу, тс (рисунок 2.3)

$$R_C = \frac{(G_{мел} + G_{зрф}) \cdot (10000 + 42000)}{42000} = \frac{(32 + 9.4) \cdot (10000 + 42000)}{42000} = 51.2 \quad (2.6)$$

$$R_D = \frac{(G_{мел} + G_{зрф}) \cdot 10000}{42000} = \frac{(32 + 9.4) \cdot 10000}{42000} = 9.8 \quad (2.7)$$

Максимальний тиск ходового колеса на підкранову рейку, тс (кН)

$$P_{\max} = \frac{(P_2 + R_A)}{n} = \frac{(99.5 + 89.1)}{8} = 23.57(23.1) \quad (2.8)$$

$D_K=50$ - Діаметр ходових коліс, см

Тип підкранової рейки - Р65

Мінімальний тиск ходового колеса на рейку, тс (кН)

$$P_{\min} = \frac{(P_1 + R_D)}{n} = \frac{(94.5 + 9.8)}{8} = 13.03(12.8) \quad (2.9)$$

### 2.3.3 Визначення опору переміщення крана

Повний статичний опір переміщенню, кН

$$W = W_T + W_{ук} + W_B = 26,6 + 7,82 + 50,09 = 84,5 \quad (2.10)$$

Повний статичний опір переміщенню крана з вантажем при розрахунку потужності електродвигуна, кН.

$$W_{\Sigma} = W_T + W_{ук} + 0,7 \cdot W_B = 26,6 + 7,82 + 0,7 \cdot 50,09 = 69,48 \quad (2.11)$$

Опір від тертя при переміщенні крана, кН.

$$W_T = g \cdot (G_{кр} + G_{тел} + G_{гр}) \cdot \frac{2 \cdot \mu + d \cdot f}{D_k} \cdot K_p \quad (2.12)$$

$$W_T = 9,8 \cdot (194 + 32 + 40) \cdot \frac{2 \cdot 0,08 + 12 \cdot 0,015}{50} \cdot 1,5 = 26,6$$

без врахування вантажу

$$W_T' = g \cdot (G_{кр} + G_{тел} + G_{грф}) \cdot \frac{2 \cdot \mu + d \cdot f}{D_k} \cdot K_p \quad (2.13)$$

$$W_T' = 9,81 \cdot (194 + 32 + 9,4) \cdot \frac{2 \cdot 0,08 + 12 \cdot 0,015}{50} \cdot 1,5 = 23,5$$

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;  $G_{кр} = 194 \text{ тс}$ ;  $G_{гр} = 40 \text{ тс}$ ;  $G_{грф} = 9,4 \text{ тс}$ ;  $G_{тел} = 32 \text{ тс}$ ;  $D_k = 50 \text{ см}$

$d = 12$  - діаметр підшипників коліс, см

$f = 0,015$  - коефіцієнт тертя в підшипниках опор вала ходового колеса,

$\mu = 0,08$  - Плечо тертя кочення для сталевих коліс, см

$K_p = 1,5$  - коефіцієнт, що враховує додатковий опір відтертя реборд ходових коліс о рейки

Опір від нахилу підкранових шляхів, кН

$$W_{ук} = g \cdot \alpha \cdot (G_{кр} + G_{тел} + G_{гр}) = 9,81 \cdot 0,003 \cdot (194 + 32 + 40) = 7,82 \quad (2.14)$$

без врахування вантажу

$$W_{ук}' = g \cdot \alpha \cdot (G_{кр} + G_{тел} + G_{грф}) = 9,81 \cdot 0,003 \cdot (194 + 32 + 9,4) = 6,92 \quad (2.15)$$

$\alpha = 0,003$  - Нахил шляхів для козлових кранів

Опір від дії повітряного навантаження робочого стану, кН.

$$W_B = W_{BТ} + W_{BГр} = 48,67 + 1,42 = 50,09 \quad (2.16)$$

Опір від дії повітряного навантаження робочого стану без вантажу, кН

. (рисунок 3.2)

$$W_{BТ} = q_p \cdot C \cdot n \cdot (k_1(F_4 + F_5) + k(F_7 + F_9)) + q_p \cdot C_1 \cdot n \cdot F_6 \quad (2.17)$$

$$W_{BТ} = 125 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot (1 \cdot (19,9 + 11,2) + 1,19 \cdot (13,3 + 5)) + 125 \cdot 1,85 \cdot 1 \cdot 176,2 = 48,67$$

$$F_4 = 19,9 \text{ м}^2; F_5 = 11,2 \text{ м}^2; F_6 = 176,2 \text{ м}^2; F_7 = 13,3 \text{ м}^2; F_8 = 8 \text{ м}^2; F_9 = 5 \text{ м}^2; F_{10} = 14,3 \text{ м}^2; \\ F_{11} = 19 \text{ м}^2; F_{12} = 7,9 \text{ м}^2$$

$q_p = 125$  - Динамічний тиск вітру робочого стану, Па

$k = 1,19$  - коефіцієнт, що враховує зміну динамічного тиску за висотою,  $> 10$  м

$k_1 = 1$  - коефіцієнт, що враховує зміну динамічного тиску за висотою,  $< 10$  м

$n = 1$  - коефіцієнт перевантаження,

$C = 1,2$  - коефіцієнт аеродинамічної сили,

$C_1 = 1,85$  - коефіцієнт аеродинамічної сили на портал,

Опір від дії повітряного навантаження на вантаж, який перевозиться, кН. (рисунок 2.2.2)

$$W_{BГр} = q_p \cdot C \cdot n \cdot k \cdot F_8 = 125 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,19 \cdot 8 = 1,42 \quad (2.18)$$

Опір від дії вітру неробочого стану на кран без вантажу вздовж колії, кН.

(рисунок 2.2)

$$W_B' = q_{np} \cdot C \cdot n \cdot (k_1(F_4 + F_5) + k(F_7 + F_9)) + q_{np} \cdot C_1 \cdot n \cdot F_8 \quad (2.19)$$

$$W_B' = 450 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot (1 \cdot (19,9 + 11,2) + 1,19 \cdot (13,3 + 5)) + 450 \cdot 1,85 \cdot 1 \cdot 176,2 = 175,24$$

$q_{np} = 450$  - Динамічний тиск вітру неробочого стану, Па

### 2.3.3 Вибір електродвигуна

$z_d = 8$ -кількість приводів,

ККД механізму пересування

$$\eta_0 = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 0,99 \cdot 0,97 \cdot 0,98 = 0,94 \quad (2.20)$$

$\eta_1 = 0,99$ -ККД зубчатої полумуфти,

$\eta_2 = 0,97$ -ККД редуктора 3ЦЗвк-250-31,5,

$\eta_3 = 0,98$ - ККД ходового колеса,

Розрахункова статична потужність електродвигуна, кВт

$$N = \frac{W_{\text{э}} \cdot V}{60 \cdot \eta_0 \cdot z_d} = \frac{69,48 \cdot 48}{60 \cdot 0,94 \cdot 8} = 7,39 \quad (2.21)$$

$W_{\text{э}} = 69,48$  кН ;  $V = 48$  м/хв

Встановлений електродвигун – МТФ 211-6 У1

$N_H = 7,5$ - Номінальна потужність електродвигуна, кВт

$n_H = 930$ -Частота обертання вала електродвигуна, об/хв

Номінальний момент електродвигуна, Н·м (кгс·м)

$$M_{\text{ном}} = 9550 \cdot \frac{N_H}{n_H} = 9550 \cdot \frac{7,5}{930} = 77(7,85) \quad (2.22)$$

$GD_p^2 = 0,46$ - Маховий момент ротора, кг·м<sup>2</sup>

$M_{\text{max}} = 191,2$  (19,5)- Максимальний момент (за каталогом), Н·м(кгс м)

### 2.3.4 Вибір механічної передачі механізму переміщення крана

Необхідне передаточне число механізму

$$i_H = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_H}{V} = \frac{3,14 \cdot 0,5 \cdot 930}{48} = 30,4 \quad (2.23)$$

Встановлений редуктор -3ЦЗвк-250-31,5

$i_0 = 31,5$ - Передаточне число редуктора,

Фактична швидкість переміщення, м/хв (м/с)

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_H}{i_0} = \frac{3.14 \cdot 0.5 \cdot 930}{31.5} = 46.3(0.77) \quad (2.24)$$

### 2.3.5 Крутні моменти. Перевірка редуктора, електродвигуна ти вибір муфт.

Статичний момент від опору переміщення крана з вантажем , який приходить на приводне ходове колесо, Н·м

$$M_{ст} = \frac{W \cdot D_k}{2 \cdot \eta_3 \cdot z_d} < M_{н кр} \quad (2.25)$$

$$M_{ст} = \frac{84500 \cdot 0.5}{2 \cdot 0.94 \cdot 8} = 2809 < 5400$$

$$W = 84500 \text{ Н} ; D_k = 0,5 \text{ м}; \quad \eta_3 = 0,94; \quad z_d = 8$$

$M_{н кр} = 5400$ -Номинальний крутний момент на тихохідному валу редуктора 3ЦЗВК-250-31(по каталогу), Н·м

Крутний момент на валу електродвигуна, Н·м

$$M_{дв} = \frac{M_{ст}}{\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot i_0} < M_{max} \quad (2.26)$$

$$M_{дв} = \frac{2809}{0.97 \cdot 0.99 \cdot 31.5} = 92.86 < 191$$

$$i_0 = 25; \eta_1 = 0,97; \eta_2 = 0,99 , M_{max} = 191 \text{ Нм}$$

На валу електродвигуна конструктивно встановлена зубчата напівмуфта, МЗП-1600, з допустимим крутним моментом, Н·м,  $[M]_M = 1600$

Коефіцієнт запасу міцності напівмуфти

$$K_M = \frac{[M]_M}{M_{дв}} > K \quad (2.27)$$

$$K_M = \frac{1600}{92.86} = 17.23 > 1.44$$

$$K = 1,2 \cdot 1,2 = 1,44$$

### 2.3.6 Визначення величини гальмового моменту.

Гальмівний момент одного гальма, кгс·см (Н·м)

$$M_T = \frac{D_k \cdot \eta_0}{2 \cdot t_0 \cdot z_1} \left[ (G_{zp} + G_{kp} + G_{me1}) j_{zp} - \frac{W_T}{K_p \cdot \eta_0^2} \right] + \frac{GD_{zp}^2 \cdot n_n}{375 \cdot V_\phi \cdot z_1} j_{zp} \quad (2.28)$$

$$M_T = \frac{50 \cdot 0.94}{2 \cdot 31.5 \cdot 8} \left[ (40 + 194 + 32) \cdot 0.1 - \frac{26.6}{1.5 \cdot 0.94^2} \right] + \frac{6.47 \cdot 930}{375 \cdot 46.3 \cdot 8} \cdot 0.1 = 4.39(43.1)$$

$D_k = 63$  см;  $t_0 = 25$ ;  $\eta_0 = 0,94$ ;

$K_p = 1,5$ ;  $W_T = 9,84$  кН ;  $n_n = 955$  об/хв;

$V_\phi = 46,3$  м/хв =  $0,77$  м/с

$z_1 = 8$ - кількість гальм,

$j_{zp} = 0,1$ -Загальмування, яке виникає при гальмуванні крана з вантажем , м/с<sup>2</sup>

Маховий момент обертання обертаючихся мас всього крану , приведений до гальмового валу, кг·м<sup>2</sup>

$$GD_{вр}^2 = 1,2(GD_p^2 + 0,45 \cdot G_M \cdot d_M^2 \cdot z_2) \cdot z_d = 1,2(0,46 + 0,45 \cdot 14 \cdot 0,185^2 \cdot 1) \cdot 8 = 6,47 \quad (2.29)$$

$$GD_p^2 = 0,46 \text{ кг} \cdot \text{м}^2, z_d = 8$$

$G_M = 14$ - Маса муфти , встановленої на гальмовому валу, кг

$d_M = 0,185$  – Габаритний діаметр муфти, м

$z_2 = 1$ - кількість муфт на гальмовому валу

Встановлені гальма - ТКГ-160М У2

Максимальний гальмовий момент (по каталогу), Н·м

$$[M]_T > K \cdot M_T \quad (2.30)$$

$$150 > 1,2 \cdot 43,1$$

$K = 1,2$  - Коефіцієнт запасу

### 2.3.7 Перевірка запасу зачеплення.

Перевірка запасу зачеплення проводиться для випадку роботи крана без вантажу

$$K_{\text{цц}} = \frac{G_{\text{цц}} \cdot f_1}{W_T' + 1000 \cdot (G_{\text{зрф}} + G_{\text{кр}} + G_{\text{мел}}) \cdot \left( \frac{j}{9,81} - \frac{n - n_{\text{пр}}}{n} \cdot f \cdot \frac{d}{D_K} \right)} > 1,2 \quad (2.31)$$

$$K_{\text{цц}} = \frac{104240 \cdot 0,12}{2395 + 1000 \cdot (194 + 32 + 9,4) \cdot \left( \frac{0,1}{9,81} - \frac{16 - 8}{16} \cdot 0,015 \cdot \frac{0,12}{0,5} \right)} = 2,86$$

Зцепна вага крана, кгс

$$G_{\text{цц}} = n_{\text{пр}} \cdot P_{\text{min}} \cdot 1000 = 8 \cdot 13,03 \cdot 1000 = 104240 \quad (2.32)$$

$f_1 = 0,12$ -коefficient зчеплення ходового колеса з рейкою

$f = 0,015$ - coefficient тертя в підшипниках букс ходових коліс

$d = 0,095$ м-діаметр вісі ходового колеса

### 2.3.8 Час розгону електродвигуна

Час пуску, с

$$t_{\text{п}} = \frac{GD^2 \cdot n_{\text{н}}}{375 \cdot M_{\text{ном}}} t_{\text{по}} = \frac{71,5 \cdot 930}{375 \cdot 77} \cdot 1,6 = 3,6 \quad (2.33)$$

$n_{\text{н}} = 930$  об/хв;  $M_{\text{ном}} = 77$  Н·м

Приведений до вала електродвигуна маховий момент обертаючихся та поступово рухаючихся частин механізму та вантажу, кг·м<sup>2</sup>

$$GD^2 = K \cdot GD_d^2 + \frac{365 \cdot Q \cdot V_{\phi}^2}{n_{\text{н}}^2 \cdot \eta_0} = 1,15 \cdot 0,68 + \frac{365 \cdot 266000 \cdot 0,77^2}{930^2 \cdot 0,94} = 71,5 \quad (2.34)$$

Маховий момент усіх обертаючихся частин механізму, які знаходяться на одному валу с двигуном, кг·м<sup>2</sup>

$$GD_d^2 = GD_p^2 + GD_m^2 = 0,46 + 0,22 = 0,68 \quad (2.35)$$

$$GD_p^2 = 0,46 \text{ кг}\cdot\text{м}^2;$$

$$GD_M^2 = G_M \cdot d_M^2 = 14 \cdot 0,185^2 = 0,22 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$$

$$K = 1,15$$

$$Q = G_{кр} + G_{зр} + G_{мел} \cdot 1000, \text{ кгс} \quad (2.36)$$

$$Q = (194 + 32 + 40) \cdot 1000 = 266000$$

$$V_\phi = 0,77 \text{ м/с}; \eta_o = 0,94$$

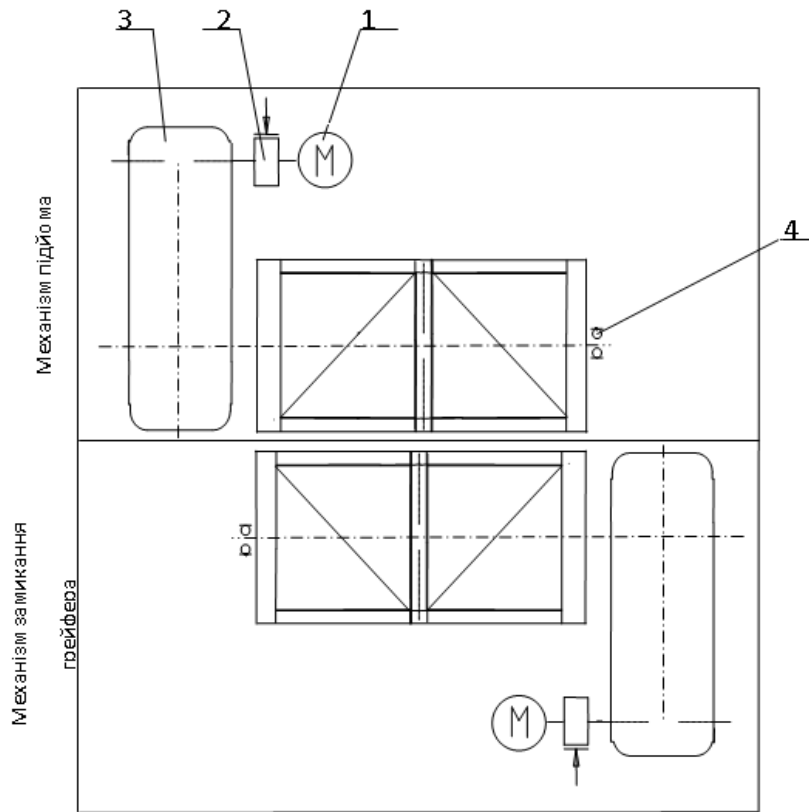
$t_{но} = 1,6$ - Відносний час пуску в залежності від навантаження двигуна, с

$$[t]_п < (2 \div 10) \text{ с}$$

### 3 Розрахунок механізмів крану.

#### 3.1 Розрахунок механізму підйому вантажу.

##### 3.1.1 Вихідні дані



1-Електродвигун МТН 612 У1    3-Редуктор Ц2-650-25-22М-У2

2-Гальмо ТКГ-500М У2                      4-Підшипникова опора барабану

Рисунок 3.1 – Кінематична схема механізму підйому і замикання грейфера

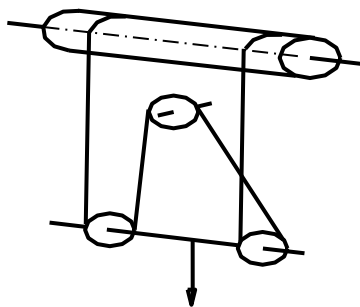


Рисунок 3.2 - Схема запасовки каната механізму підйому та механізму замикання грейфера

$Q = 40000$ -Вантажопідйомність, кгс

$V = 20$  (0,33) –Швидкість підйому вантажу, м/хв (м/с)

$H = 16$ - Висота підйому, м

$M = 2$ - Кратність поліспасти механізму підйому.

### 3.1.2 Вибір канату

Найбільше зусилля у вітці підтримуючого канату канату, кгс (Н)

$$S = \frac{0,5 \cdot Q}{n} = \frac{0,5 \cdot 40000}{4} = 5000(49050) \quad (3.1)$$

$n = 4$ -число віток підтримуючих канатів

Мінімальний допустимий коефіцієнт використання каната грейфера

$Z_{\min} = 7,1$

Тип канату 25,5-Г-В-Н-1764 ГОСТ 7668-80 подвійної звивки конструкції 6х36, з органічним сердечником

Маркіровочна група канату, МПа -1764

$S_p = 352500$ - Розривне зусилля каната у цілому, Н

Фактичний коефіцієнт використання канату

$$Z_{\phi} = \frac{S_p}{S_k} > Z_{\min} \quad (3.2)$$

$$Z_{\phi} = \frac{352500}{49050} = 7.18 > 7,1$$

### 3.1.3 Барабан канатний

Мінімально допустимий діаметр по дну канавки, м

$$D_6^{\min} = h_1 \cdot d = 22,4 \cdot 0,0255 = 0,571 \quad (3.3)$$

$h_1 = 22,4$ - Мінімальний коефіцієнт вибору діаметра барабану

$d = 0,0255$ - Діаметр каната, м

Діаметри барабана:

$D_6 = 0,6045$ - по дну канавки, м

$D_{cp} = 0,63$ - по середній лінії канату, м

$D_{вн} = 0,5745$ - внутрішній діаметр, м

$t = 28$  -Шаг нарізки, мм

$L_H = 462$ - Довжина нарізної частини однієї секції барабану, мм

$Z_0 = 21$ - Загальна кількість витків навивки

### 3.1.4 Вибір електродвигуна

Кількість приводів підйому підтримуючого канату

ККД механізму підйому

$$\eta_o = \eta_p \cdot \eta_z \cdot \eta_6 = 0,98 \cdot 0,99 \cdot 0,98 = 0,95 \quad (3.4)$$

$\eta_p = 0,98$ - ККД редуктора Ц2-650

$\eta_z = 0,99$ - ККД зубчатої муфти

$\eta_6 = 0,98$ - ККД барабана

Розрахункова статична потужність двигуна, кВт

$$P_{ст} = \frac{0,5 \cdot Q \cdot V}{6120 \cdot \eta_o} = \frac{0,5 \cdot 40000 \cdot 20}{6120 \cdot 0,95} = 58,7 \quad (3.5)$$

Встановлений електродвигун МТН 612 У1

$N_H = 60$ - Номінальна потужність електродвигуна, кВт

$n_H = 565$ - Частота обертання вала електродвигуна, об/хв

$M_{max} = 3200$  - Максимальний момент, Н·м

$I_{дв} = 5,25$ - Момент інерції ротора, кг м<sup>2</sup>

### 3.1.5 Вибір механічної передачі механізму підйому

Необхідне передаточне число механізму:

$$i_H = \frac{\pi \cdot D_{cp} \cdot n_H}{m \cdot V} = \frac{3.14 \cdot 0.63 \cdot 565}{2 \cdot 20} = 27.9 \quad (3.6)$$

Встановлений редуктор Ц2-650-25-22М-У2

де  $i_0$  - передаточне число редуктора:

$$i_0 = 25$$

Фактична швидкість підйому вантажа, м/хв:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{cp} \cdot n_H}{m \cdot i_0} = \frac{3.14 \cdot 0.63 \cdot 565}{2 \cdot 25} = 22.3 \quad (3.7)$$

### 3.1.6 Крутні моменти на валах механізму підйому

Крутний момент на барабані, Нм:

$$M_B = \frac{S \cdot D_{cp}}{2 \cdot \eta_6} \cdot a_K = \frac{49050 \cdot 0.63}{2 \cdot 0.98} \cdot 2 = 31532 \quad (3.8)$$

де  $a_K$  – число віток, що набігають на барабан

$$a_K = 2$$

Крутний момент на швидкохідному валу редуктора Ц2-650, Нм:

$$M_1 = \frac{M_B}{i_0 \cdot \eta_p} = \frac{31532}{25 \cdot 0.98} = 1278 \quad (3.9)$$

Крутний момент на валу електродвигуна, Нм:

$$M_2 = \frac{M_1}{\eta_3} < M_{\max} \quad (3.10)$$

$$M_2 = \frac{1278}{0.99} = 1300$$

### 3.1.7 Перевірка редукторів та вибір муфт.

Коефіцієнт запаса міцності муфти, який приймається для рейферних кранів

$$K = K_1 \cdot K_2 \quad (3.11)$$

$$K = 1,44$$

На валу електродвигуна конструктивно встановлена зубчата муфта МЗ-10000 (МЗ-6) с допускним крутним моментом, Н·м

$$[M]_M = 10000$$

Коефіцієнт запаса міцності муфти

$$K_M = \frac{[M]_M}{M_2} > K \quad (3.12)$$

$$K_M = \frac{10000}{1300} = 7.69 > 1.44$$

### 3.1.8 Вибір гальм

Необхідний момент, Н·м

$$M_T = k_T \cdot \frac{9,81 \cdot (0,5 \cdot Q) \cdot D_{cp}}{2 \cdot m \cdot i_o} \cdot \eta_{max} = 2 \cdot \frac{9,81 \cdot (0,5 \cdot 40000) \cdot 0.63}{2 \cdot 2 \cdot 25} \cdot 0.975 = 2472 \quad (3.13)$$

де  $k_3 = 2$  - Коефіцієнт гальмування;

Максимальний ККД при гальмуванні:

$$\eta_{max} = \frac{1 + \eta_0}{2} = \frac{1 + 0.95}{2} = 0.975 \quad (3.14)$$

Встановлені гальма: ТКГ-500М У2

Максимальний гальмовий момент, Н·м:

$$[M]_T > M_T \quad (3.15)$$

$$[M]_T = 2500 > M_T = 2472$$

Фактичний коефіцієнт запаса гальмування:

$$K_{T\phi} = \frac{[M]_T \cdot 2 \cdot m \cdot i_o}{9,81 \cdot (0,5 \cdot Q) \cdot D_{cp} \cdot \eta_{max}} = \frac{2500 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 25}{9,81 \cdot (0,5 \cdot 40000) \cdot 0.63 \cdot 0.975} = 2 \quad (3.16)$$

### 3.1.9 Розрахунок барабана на міцність

Матеріал барабана-Сталь 30Л

Предел текучести матеріала барабана, МПа:

$$\sigma_T = 255$$

Напруга стиску, яка виникає у тілі барабана, МПа

$$\sigma_{сж} = \frac{S}{\delta \cdot t} < [\sigma]_{сж} \quad (3.17)$$

$$\sigma_{сж} = \frac{49050}{25 \cdot 22} = 58.3 < 127$$

$$S = 24525 \text{ Н}$$

$$t = 28 \text{ мм}$$

Товщина стінки, мм ( $D_{вн.}$  береться конструктивно):

$$\delta = \frac{(D_B - D_{вн.}) \cdot 1000}{2} = \frac{(0.6045 - 0.5745) \cdot 1000}{2} = 30 \quad (3.18)$$

Допустимі напруження стиску, МПа

$$[\sigma]_{сж} = \frac{\sigma_T \cdot \gamma_c}{\gamma_m \cdot \gamma_n} = \frac{255 \cdot 1}{1.15 \cdot 1.75} = 127 \quad (3.19)$$

де  $\gamma_c = 1$  - Коефіцієнт умов роботи;

$\gamma_m = 1,15$  - Коефіцієнт надійності за матеріалом;

$\gamma_n = 1,75$  - Коефіцієнт надійності за призначенням;

### 3.1.10 Кріплення каната до барабану прижимними планками

Розрахункова напруга каната у місці кріплення, Н

$$S' = \frac{S}{e^{f \cdot \beta}} \approx \frac{49050}{2,5} = 19620 \quad (3.20)$$

$$S = 24525 \text{ Н}$$

$f = 0,1$  - мінімальний коефіцієнт тертя між канатом та поверхнею барабана

Кут обхвату барабана запасними вітками, радіан

$$\beta = 3\pi$$

Необхідний натиск всіх болтів кріплення, Н

$$P = \frac{0,65 \cdot K_1 \cdot S'}{W} = \frac{0,65 \cdot 1,25 \cdot 19620}{0,35} = 45546 \quad (3.21)$$

де 0,65- Коефіцієнт, що враховує розгрузочну дію від тертя кріпінних витків каната о барабан;

$K_1=1,25$ - Коефіцієнт надійності кріплення,

$W=0,35$ - Коефіцієнт опору руху каната при затисканні планками,

Виходячи з умов міцності прийняті болти, в яких  $d_{\text{вн.}} = 1,6753$  см

M20-6g.46.0112 ГОСТ 7798-70

Кількість закріплюючих болтів

$$Z = \frac{4 \cdot 10 \cdot P}{1000 \cdot \pi \cdot d_{\text{вн.}}^2 \cdot [\sigma]_p} = \frac{4 \cdot 10 \cdot 45546}{1000 \cdot 3,14 \cdot 1,6753^2 \cdot 62} = 3,3 \quad (3.22)$$

Приймаємо  $Z=4$

Допустимі напруження розтягу для Сталі 20 ГОСТ 1050-88 з  $\sigma_T = 245$  МПа, Мпа

$$[\sigma]_p = \frac{\sigma_T \cdot \gamma_c}{\gamma_m \cdot \gamma_n} = \frac{255 \cdot 0,4}{1,05 \cdot 1,5} = 62 \quad (3.23)$$

де  $\gamma_c=0,4$ - Коефіцієнт умов роботи;

$\gamma_m=1,05$ - Коефіцієнт надійності за матеріалом;

$\gamma_n=1,5$ - Коефіцієнт надійності за призначенням;

### 3.1.11 Розрахунок гакової підвіски

Виходячи з специфіки експлуатації крану та типу поліспасту, обираємо гакову підвіску скороченого типу.

Гак обираємо за номінальною вантажопідйомністю  $Q=20$  т та групою режиму роботи – важкий. Обираємо заготовку кованого однорогого гаку №20 тип Б [табл. 3.1] з умовним позначенням: Заготовка гака 20Б -1 ГОСТ 6627-74

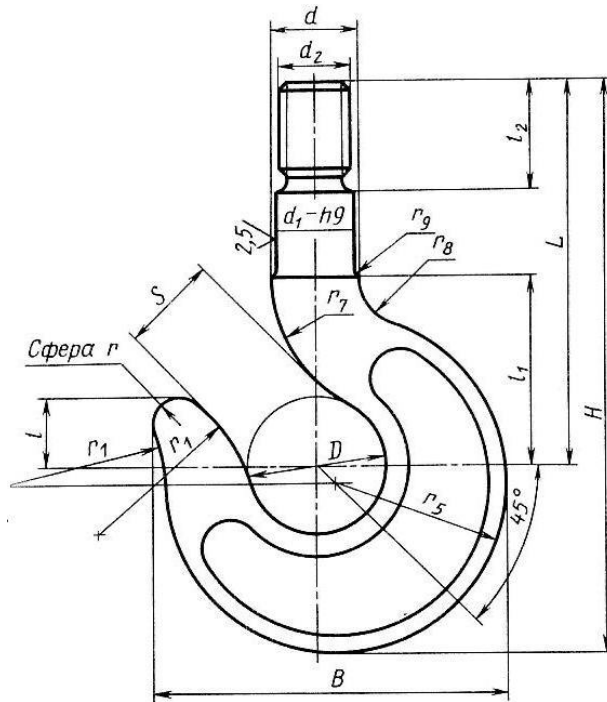


Рисунок 3.3 – Заготовка кованого однорогого гаку №20 тип Б.

Таблиця 3.1 – Основні розміри гака .

Параметр	D, мм	S, мм	L, мм	d, мм	l <sub>1</sub> , мм
Значення	170	130	730	110	230

Висота гайки гака повинна приблизно бути рівною довжині різьби хвостовика гака, зовнішній діаметр гайки дорівнює зовнішньому діаметру упорного підшипника.

Упорний підшипник гака вибирають за статичною вантажопідйомністю і діаметром шийки гака. На динамічну вантажопідйомність підшипник не перевіряють оскільки гак здійснює незначний коливальний рух.

Визначимо статичну вантажопідйомність підшипника, Н:

$$C_0 = 1,2 \cdot 10^4 \cdot (Q + G_{\text{п}}) \quad (3.24)$$

$$C_0 = 1,2 \cdot 10^4 \cdot (20 + 0,5) = 246000 \text{ Н}$$

Обираємо підшипник кульковий однорядний упорний легкої серії №8220 з такими технічними характеристиками [табл. 3.2]:

Таблиця 3.2 – Характеристика підшипника .

Умовне позначення	d, мм	D, мм	H, мм	r, мм	C <sub>0</sub> Н	маса кг
8220	100	150	55	2,0	270000	2,36

Визначаємо діаметр вантажного блока

$$D_{\min} = e \cdot d_K = 25 \cdot 25.5 = 637.5 \text{ мм} \quad (3.25)$$

Приймаємо  $D_{\text{бл}}=640$  мм

Траверсу розраховують на згин з припущенням, що сили, які діють на неї зосереджені, крім того, вважають, що перерізуючі сили незначним чином впливають на момент згину. Матеріал для виготовлення траверси – Сталь 40 з такими характеристиками:

- межа міцності  $\sigma_B=580$  МПа;
- межа текучості  $\sigma_T=410$  МПа;
- межа витривалості  $\sigma_{-1}=240$  МПа;

Визначимо розрахункову відстань між опорами блоків та поперечини, мм:

$$A = B' + \sqrt{D_{\text{бл}}} \cdot a \cdot i_{\text{п}} \quad (3.26)$$

де  $B'$  – довжина траверси з урахуванням можливості розміщення, монтажу упорного підшипника №8220 та загвинчування гакової гайки, мм;

$$B' = (1,2 \dots 1,4) \cdot B \quad (3.27)$$

де  $B$  – ширина траверси, необхідна з умови розміщення кулькового однорядного упорного підшипника легкої серії №8111, мм;

$$B = D + (10 \dots 20) \quad (3.28)$$

де  $D$  – зовнішній діаметр упорного підшипника [табл. 3.2]  $D=150$  мм;

$$B = 150 + (10 \dots 20) = 160 \dots 170 \text{ мм}$$

Приймаємо ширину траверси  $B=170$  мм.

$$B' = (1,2 \dots 1,4) \cdot 170 = 204 \dots 238 \text{ мм}$$

Приймаємо 220 мм.

$$A = 220 + 4 \cdot \sqrt{640} = 321 \text{ мм}$$

Приймаємо відстань між опорами блоків та поперечини  $A=325$  мм.

Визначимо діаметр отвору у траверсі для проходу шийки гайки, мм:

$$d_o = d_1 + (2 \dots 5) \quad (3.29)$$

де  $d_1$  – ширина шийки гака,  $d_1=100$  мм [табл. 3.1.1];

$$d_o = 100 + (2 \dots 5) = 105 \text{ мм}$$

Визначимо згинаючий момент у середньому перерізі траверси, Нм:

$$M = \frac{10^4 \cdot (Q + G_{II}) \cdot A}{4} \quad (3.30)$$

$$M = \frac{10^4 \cdot (20 + 0,5) \cdot 0,325}{4} = 16656 \text{ Нм}$$

Визначимо мінімальну висоту траверси, мм:

$$H = \sqrt{\frac{6 \cdot M \cdot 10^3}{(B - d_o) \cdot [\sigma]_{зг}}} \quad (3.31)$$

де  $[\sigma]_{зг}$  – допустиме напруження згину, для гвинтів зі сталі 40  $[\sigma]_{зг}=100$  МПа;

$$H = \sqrt{\frac{6 \cdot 16656 \cdot 10^3}{(170 - 105) \cdot 100}} = 123,9 \text{ мм}$$

Приймаємо  $H=125$  мм,  $H_0=130$  мм.

Визначимо діаметр цапфи під підшипники блоків, мм:

$$d_{ц} = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_{ц}}{0,1 \cdot [\sigma]_{зг}}} \quad (3.32)$$

де  $M_{ц}$  – згинаючий момент цапфи, Нм;

$$M_{ц} = S \cdot 10^{-3} \cdot B_{бл} \quad (3.33)$$

$$M_{ц} = 49050 \cdot 0,102 = 5003 \text{ Нм}$$

$B_{бл}$  – ширина блока, мм;;

$$B_{бл} = 4 \cdot \sqrt{D} = 4 \cdot \sqrt{640} = 102 \quad (3.34)$$

$$d_{ц} = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{5003}{0,1 \cdot 100}} = 79,3 \text{ мм}$$

Діаметр цапфи округлюємо до числа кратного 5 для того, щоб потім підібрати підшипники  $d_{ц}=80$  мм.

Підшипники блоків (по два в кожному блоку) вибирають за діаметром цапфи та динамічною вантажопідйомністю  $C$ , Н:

$$C = P_E \cdot \sqrt[3]{\frac{L_{10H} \cdot w_{бл}}{1745}} \quad (3.35)$$

де  $P_E$  – еквівалентне навантаження на підшипник, Н;

$$P_E = 0,6 \cdot 2 \cdot S \cdot K_Q \cdot K_v \cdot K_d \quad (3.36)$$

де  $K_Q$  – коефіцієнт навантаження, для важкого режиму роботи  $K_Q=0,79$ ;

$K_v$  – коефіцієнт кільця, при зовнішньому кільці, яке обертається  $K_v=1,35$ ;

$K_d$  – коефіцієнт динамічності, для механізму підйому  $K_d=1,2$ ;

$$P_E = 0,6 \cdot 2 \cdot 49050 \cdot 0,79 \cdot 1,35 \cdot 1,2 = 75329 \text{ Н}$$

$L_{10H}$  – ресурс роботи підшипника, для важкого режиму роботи  $L_{10H}=10000$  год

$w_{бл}$  – кутова швидкість обертання блока,  $\text{хв}^{-1}$ ;

$$w_{\text{бл}} = \frac{2 \cdot V_{\text{п}} \cdot (i_{\text{п}} - 1)}{D_{\text{бл}}} \quad (3.37)$$

де  $V_{\text{п}}$  – швидкість підйому вантажу,  $V_{\text{п}}=0,33$  м/с;

$$w_{\text{бл}} = \frac{2 \cdot 0,33 \cdot (2 - 1)}{0,64} = 1,03 \text{ хв}^{-1}$$

$$C = 75329 \cdot \sqrt[3]{\frac{10000 \cdot 1,03}{1745}} = 136136 \text{ Н}$$

Обираємо підшипники кулькові радіальні однорядні №416 з такими технічними характеристиками [табл. 3.3]:

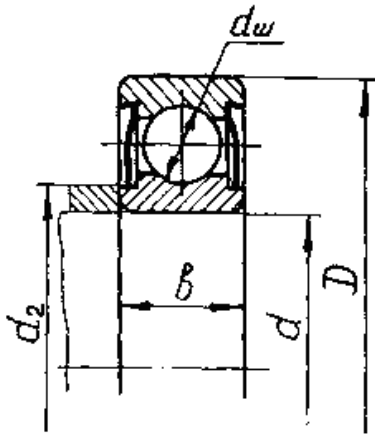


Рисунок 3.4 – ескіз радіального підшипника

Таблиця 3.3 – Характеристика підшипника .

Умовне позначення	d, мм	D, мм	B, мм	r, мм	C Н	C <sub>0</sub> Н	Маса, кг
416	80	200	48	4	163000	125000	7

## 4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СПРОЕКТОВАНОГО КОЗЛОВОГО КРАНУ

Таблиця 4.1 Вихідні дані

Показник	Позна-чення	Одини-ці	Велечина показника	
			Базовий кран	Реконструйований кран
Вантажопідйомність	Q	т	2х16	2х20
Проліт	L	м	42	42
Конструктивна маса	G	т	279	279
Швидкість підйому	V	м/с	0,33	0,37
Строк служби	T	років	12	12
Група режиму роботи крана	A	-	A7	A7
Кількість циклів за зміну	n	-	162	179
Велечина робочих циклів	t	хв	2,96	2,83

Як критерій обґрунтування використаємо порівняльну економічну ефективність згідно методичним вказівкам з обґрунтування економічного модуля дипломних проектів для студентів спеціальності 8.090214 денної та заочної форми навчання.

В даному дипломному проекті визначається економічний ефект від впровадження в роботу козлового крану вантажопідйомністю

20/20т. Даний кран виготовлений за проектом компанії ” КОНЕ”, та суттєво модернізований для підвищення його експлуатаційних характеристик. Модернізація крана заключається в підвищенні його вантажопідйомності (з 16/16т до 20/20т), та заміні фінських механізмів на вітчизняні, в яких всі складові освоєні та виробляються вітчизняною промисловістю. Внаслідок цього можливо підвищити продуктивність машини в цілому та зменшити ціну механізмів крану.

Внаслідок того, що металоконструкція крана виконана з великим запасом міцності, модернізація металоконструкції не потрібна і її ціна не змінюється. Тому розрахунок економічного ефекту буде вестись тільки на основі механізмів.

Економічний ефект дорівнює:

$$E = \left[ C_1 \frac{B_2}{B_1} - C_2 \right] \cdot A_2 = [253988 \cdot 1,1 - 197619] \cdot 1 = 81767 \text{ грн} \quad (4.1)$$

де  $C_1$  — ціна механізмів базового крану, визначається за наступною формулою:

$$C_1 = C_{m1} \cdot m_1 + C_{m2} \cdot m_2 + C_{m3} \cdot m_3 \quad (4.2)$$

$$C_1 = 13150 \cdot 10.16 + 15150 \cdot 6.14 + 13960 \cdot 1.96 = 253988 \text{ грн}$$

$$C_2 = C_{m1} \cdot m_1 + C_{m2} \cdot m_2 + C_{m3} \cdot m_3$$

$$C_2 = 10150 \cdot 10.16 + 12150 \cdot 6.14 + 10150 \cdot 1.96 = 197619 \text{ грн}$$

$C_{M1}$ -вартість 1т механізму підйому козлового крана виготовленого за фінським проектом,  $C_{M1}=13150$  грн;

$m_1$ -маса механізму підйому крана виготовленого за фінським проектом,,  $m_1=10,16$ т.

$C_{M1}$ -вартість 1т механізму пересування козлового крана виготовленого за фінським проектом,  $C_{M1}=15150$  грн;

$m_1$ -маса механізму пересування крана виготовленого за фінським проектом,,  $m_1=6,14$ т

$C_{M1}$ -вартість 1т механізму пересування візка козлового крана виготовленого за фінським проектом,  $C_{M1}=139600$  грн;

$m_1$ -маса механізму пересування візка крана виготовленого за фінським проектом,,  $m_1=1,96$  т

$\frac{B_2}{B_1}$ —коефіцієнт обліку зросту продуктивності ;

реконструйованого крана порівняно з базовим краном;

$B_1, B_2$ — загальна кількість матеріалу який переробляється за рік,

яка розраховується за формулою:

$$B = Q \cdot K_B K_q \frac{\Phi_E}{T_q} \quad (4.3)$$

Так як не змінились: коефіцієнт використання по вантажопідйомності ( $K_{B1} = K_{B2} = 0,75$ ), коефіцієнт використання за часом ( $K_{q1} = K_{q2} = 1$ ) та річний фонд роботи устаткування ( $\Phi_{E1} = \Phi_{E2}$ ), тому коефіцієнт обліку зросту продуктивності дорівнює:

$$\alpha = \frac{B_2}{B_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{179}{162} = 1,1 \quad (4.4)$$

$n_1$ —число циклів базового крана,

$n_2$ — число циклів реконструйованого крана,

$A_2$ —річний об'єм виробництва в розрахунковому році. Так як

об'єм виробництва не змінюється внаслідок того що, кран реконструюється для відповідності його ритму виробництва, тому річний об'єм виробництва в розрахунковому році дорівнює  $A_2=1$ .

## **5. Охорона праці**

### **5.1 Аналіз потенційних небезпек.**

Основні небезпечні і шкідливі виробничі чинники, характерні для професії машиніста козлового крану перераховані нижче:

- небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі. На крані існує небезпека поразки електричним струмом, оскільки тут експлуатується устаткування, що використовує електричний струм високої промислової частоти напругою до 380 В,
- небезпека падіння з великої висоти, висота підйому крану складає 16 м
- небезпека отримати захворювання органів дихання, внаслідок того, що кран може використовуватись для перевантаження насипних матеріалів, що можуть утворювати хмари пилу
- небезпека для здоров'я внаслідок монотонної сидячої роботи, що може призвести до захворювання опорно-рухового апарату.
- небезпека персоналу отримати травму при раптовому падінні вантажу (магніту або грейфера) з висоти.

### **5.2 Заходи по забезпеченню безпеки.**

#### **5.2.1 Загальні вимоги безпеки при проведенні навантажувально-розвантажувальних робіт.**

Загальні вимоги безпеки при проведенні навантажувально-розвантажувальних робіт у всіх галузях народного господарства встановлені ГОСТ 12.3.009-76. Згідно з цим стандартом навантажувально-розвантажувальні роботи слід виконувати механізованим способом за допомогою підйомно-транспортного обладнання згідно з проектами проведення робіт, або іншими нормативно-технічними документами.

Місця проведення навантажувально-розвантажувальних робіт повинні бути забезпечені знаками безпеки згідно з ГОСТ 12.4.026-76. В місцях проведення

навантажувально-розвантажувальних робіт зміст шкідливих газів, парів, пилю в повітрі робочої зони не повинен перевищувати ГДК за ГОСТ 12.1.005-76.

При переміщенні вантажу підйомно-транспортним обладнанням персоналу забороняється знаходитись на вантажі (на магніті або грейфері), чи в зоні його можливого падіння. Після закінчення роботи, або в перерві між роботами грейфер не повинен залишатись в підвішеному стані. Переміщення вантажу над приміщеннями чи транспортними засобами де знаходяться люди забороняється.

У випадку розвантаження в штабелі, штабелі насипних вантажів повинні мати відкоси крутизною, що відповідає куту природного відкосу для вантажів даного виду, або повинні бути огорожені підпорними стінками.

Місця проведення навантажувально-розвантажувальних робіт включаючи проходи та проїзди забезпечуються достатнім природним, або штучним освітленням згідно з СНіП. Освітленість повинна бути рівномірною без засліплюючої дії на персонал.

Персонал задіяний на проведенні навантажувально-розвантажувальних робіт, потрібно забезпечити санітарно побутовими приміщеннями і якісною питною водою.

Майданчики проведення навантажувально-розвантажувальних робіт повинні відповідати вимогам пожежної безпеки за ГОСТ 12.1.004-75, а також СНіП.

Не допускається робота на крані, якщо швидкість вітру перевищує допустиме значення, що вказано в паспорті крану, а також при снігопаді, дощі, що знижують видимість в межах робочої зони. Не допускається робота на крані, якщо температура навколишнього повітря нижче за значення, що вказано в паспорті крану. Проходи та робочі місця вирівнюють, ліквідуючи ями. Взимку проходи очищають від снігу, а в випадку ожеледі посипають піском, або іншим проти ковзним матеріалом.

Підйомно-транспортне обладнання повинно відповідати вимогам ГОСТ 12.2.003-74, а також Правилам устрою та безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів.

До керування підйомно-транспортним обладнанням допускаються особи не молодші 18 років, що пройшли медогляд та мають дозвіл на проведення даного виду робіт.

При наявності небезпеки падіння предметів згори персонал, що працює в місцях проведення навантажувально-розвантажувальних робіт повинні носити захисні каски встановлених зразків.

### **5.2.2 Вимоги щодо оснащення крана**

#### **Кабіна**

Кабіна крану повинна бути обладнана суцільним огородженням з усіх боків і суцільним верхнім перекриттям. Внутрішні розміри кабіни повинні бути не менш як: висота-2м, ширина-0.9м, довжина-1.3м, об'єм-не менш 3м<sup>2</sup>.

У кабіні повинен бути забезпечений вільний доступ до всього розташованого в ній обладнання.

Світлові отвори кабіни виконуються з без уламкового скла.

Засклення кабіни виконується так, щоб забезпечувалась можливість очищення скла, як з середини так і з зовні. Або повинні бути передбачені пристрої для очищення скла.

У кабіні крана, що розглядається повинні бути передбачені сонцезахисні щитки.

Двері для входу до кабіни обладнуються засовом з внутрішнього боку. А також двері повинні замикатися з середини.

Кабіна обладнується стаціонарним сидінням для машиніста, що встановлюється так, щоб була можливість сидячи керувати краном та вести

спостереження за вантажем. Повинна бути забезпечена можливість регулювання положення сидіння за висотою, та в горизонтальній площині.

Кабіни повинні відповідати вимогам “Санитарных правил по устройству и оборудованию кабин управления кранов”, затверджених зам Міністра охорони здоров’я ССРСР від 08.12.74 №1204-74.

Допускний рівень шуму та вібрації в кабіні не повинен перевищувати умовно допустимих рівнів згідно з Санітарних норм виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99, затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.99 №37 та Державним санітарним нормам виробничої загальної та локальної вібрації ДСН 3.3.6.039-99, затвердженого постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.99 №39 і діючим НД.

Параметри мікроклімату в кабіні повинні відповідати вимогам санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99, що затверджені постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.99 №42.

Вміст хімічних речовин в повітрі кабіні не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій згідно з вимогами діючих НД.

Рівні напруженості електромагнітного поля в кабіні машиніста повинні перевищувати гранично допустимих рівнів згідно Державним санітарним нормам та правилам при роботі з джерелами електромагнітних полів, що затверджені наказом Міністерства охорони здоров’я України від 18.12.2002 №476.

Рівні напруженості електростатичного поля на поверхні матеріалів, котрими оброблена кабінна, та рівні напруженості електростатичного поля у кабіні повинні відповідати “Санитарным правилам и нормам по применению полимерных материалов в строительстве. Гигиеническиэ требования.” що затверджені міністерством охорони здоров’я України від 12.08.91, та діючими НД.

Матеріали, котрі використовуються для обробки кабіни, повинні мати дозвіл на використання Міністерства охорони здоров'я України.

Опалювальні прилади в кабіні встановлюються виробником і повинні відповідати вимогам ПУЕЭПУ.

Огородження.

Легкодоступні рухомі частини механізмів, котрі можуть стати причиною нещасного випадку, повинні бути закриті металевими огороженнями.

Огородженню підлягають:

- зубчасті, ланцюгові та черв'ячні передачі;
- з'єднувальні муфти, з виступаючими болтами, шпонками, а також всі муфти розташовані поблизу місць проходу обслуговуючого персоналу.

Ходові колеса крану та візка повинні бути оснащені щитками, котрі виключають попадання під колесо сторонніх предметів. Зазор між рейкою та щитком повинен не перевищувати 10 мм.

Неізольовані частини електрообладнання, що проводять струм, розташовані в місцях можливого дотику до них, повинні бути огорожені.

Все електрообладнання повинно відповідати вимогам ПУЕ.

Все електрообладнання, що розташоване на крані повинно бути заземлене.

### **5.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці.**

#### **5.3.1 Оздоровлення повітряного середовища.**

Враховуючи, що кран може використовуватись для розвантаження насипних матеріалів, котрі можуть спричинити виділення великої кількості пилу, у кабіні машиніста крану потрібно забезпечити чистоту повітря, що відповідала ГОСТ 12.1.005-88 "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны". Для забезпечення цих параметрів слід використати наступні технічні рішення.

- а) Герметизувати приміщення кабіни шляхом встановлення ущільнень з резини на роз'ємні елементи кабіни.
- б) Встановити фільтро-вентиляційну установку, що забезпечує ефективне очищення повітря, що подається в кабіну.
- в) Встановити у кабіні кондиціонер.

### 5.3.2 Виробниче освітлення

Для забезпечення виробничого освітлення майданчика на котрому проводиться розвантаження рухомого складу, потрібно:

- а) Встановити на рамі вантажного візка прожектор, забезпечує достатнє освітлення місця опускання вантажозахоплюючого органу.
- б) Встановити по периметру майданчика на висоті 10 м, лампи прожекторного типу у кількості 24 штуки для рівномірного освітлення майданчика.

Характеристика роботи	Розміри об'єкту розрізнення, мм	Розряд зорових робіт	Освітлення загальне
Груба	>5	6	150

Табл.5.1-Норми освітлюваності робочих місць СНиП II-4-79 «Естественное и искусственное освещение»

### 5.4 Пожежна безпека.

Із засобів пожежогасіння на ділянці передбачено:

- а) Протипожежне водопостачання; у проєкті майданчика розвантаження передбачено пожежне водопостачання. Протипожежний водопровід об'єднується з господарсько-питним або виробничим водопроводом. Вільний натиск в мережі протипожежного водопроводу низького тиску при пожежогасінні складає не менше 10 м. Норма витрати води на внутрішню пожежогасінню

приймається з розрахунку двох пожежних струменів продуктивністю не менше 2,5 л/сек кожна. В цеху встановлено 5 пожежних кранів з рукавами та брансбойтами.

б) На кожні 600 м<sup>2</sup> для майданчика розвантаження прийнято:

- вогнегасник ОУ-5 – 1 шт;
- ящик з піском 0,5 м – 1 шт;
- сталеві лопати - 2 шт.

Вуглекислотні вогнегасники пристосовані для гасіння тільки електроустаткування.

Для захисту від блискавок передбачено пристрій блискавковідводів.

## **5.5 Заходи з цивільної оборони.**

### **5.5.1 «Інженерно-технічні заходи по підвищенню стійкості систем електрозабезпечення у надзвичайних ситуаціях».**

Система електропостачання є визначною на промисловому підприємстві. Підвищення стійкості цієї системи досягається проведенням як загальноміських, так і об'єктивних інженерно-технічних заходів.

При живленні підприємства від районної енергосистеми лінії електропередач підводяться з двох напрямків. На випадок виходу одного зі строю передбачено автономне (аварійне) джерело, в якості якого використовуються рухомі електростанції. Потужність такої станції розрахована на обмежену групу споживачів електроенергії. Перехід на живлення від аварійних електростанцій здійснюється автоматично без припинення подачі енергії споживачам. Електроенергія на промислове підприємство передається по підземним електролініям.

Для передбачення виходу зі строю електричних мереж встановлені засоби автоматичного відмикання їх при виникненні перенапруг, які можуть бути створені електромагнітними полями, що з'являються при ядерному вибуху.

## ВИСНОВКИ

Під час роботи над дипломним проектом був виконаний великий обсяг розрахунково-графічних робіт. Дані роботи включали в себе розрахунки:

- механізму підйому вантажу;
- механізму переміщення вантажного візка;
- механізму переміщення крана;
- перевірочний розрахунок металоконструкції;
- економічного ефекту від впровадження нового крану.

Також, на завершальному етапі роботи над проектом, були визначені:

- основні заходи, щодо охорони праці,

Після проведення розрахунків отримали, що річний економічний ефект від встановлення нового крану складає 81767 грн.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ф.К. Іванченко, “Підйомно-транспортні машини”, Київ “Вища школа” 1993р.
2. Методичні вказівки до курсової роботи з курсу “Проектування металоконструкцій ПТМ”. Укл: Л.М. Мартовицький, Запоріжжя ЗНТУ 2003р.
3. Методичні вказівки до курсового проекту “Вантажнопідйомна, транспортуюча та транспортна техніка”. Укл: О.І. Вільчек, В.І. Глушко, О.М. Руднев, Запоріжжя ЗНТУ 2002р.
4. А.Л. Кукібний, Г.П. Кудрявцев, “Механизация перегрузки тарноштучных грузов”, Київ “Техніка” 1973р.
5. Ю.П. Лапкін, А.Р. Малкович, “Перегрузочные устройства: справочник”, Львів “Машинобудування” 1984р.
6. В.Е. Павлице, «Основи конструювання та розрахунок деталей машин», Київ “Вища школа” 1993р.
7. Г.П. Деміденко, Е.П. Кузьменко, “Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения”, Київ “Вища школа” 1989р.
8. Методичні вказівки до дипломного проектування з розділу “Охорона праці”, / Г.І. Дуднік, та ін.. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2000. – 60 с.
9. Методичні вказівки з обґрунтування економічного модуля в дипломних проектах для студентів спеціальності “Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні машини і обладнання” денної та заочної форми навчання, Укл: І.О. Федерякін, Л.М. Мартовицький, Запоріжжя ЗНТУ 2007р.