

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
Факультет транспорту та механічної інженерії
Кафедра галузевого машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

ПРОЄКТУВАННЯ КОЗЛОВОГО
КОНТЕЙНЕРНОГО КРАНА ПІДВИЩЕНОЇ
ВАНТАЖОПІДЙОМНОСТІ

спеціальність 133 Галузеве машинобудування

освітня програма Галузеве машинобудування

Виконав: здобувач вищої освіти
групи М-41
Івановський Олександр Олексійович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Мартинюк Віктор Леонідович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.
К.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
Пуць Віталій Степанович

(підпис)

Луцьк – 2023 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії
Кафедра галузевого машинобудування
Ступінь вищої освіти: бакалавр
Галузь знань: 13 Механічна інженерія
Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування
Освітня програма: «Галузеве машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Завідувач кафедри
Пуць Віталій Степанович
«___» _____ 202__ р.

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Івановського Олександра Олексійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи *«Проектування козлового контейнерного крана
підвищеної вантажопідйомності»*

Керівник роботи: к.т.н., доцент Мартинюк Віктор Леонідович

затверджені наказом вищого навчального закладу від «28» грудня 2022 р. №№993/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «08» червня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи *Технічна документація. Патентні матеріали. Технічні умови.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити): *Вступ. 1 Оглядова частина. Опис об'єкту. Аналіз конструкцій козлових кранів. Технічні рішення елементів козлових кранів. 2 Проектна частина. Опис конструкції. Вибір кінематичної схеми механізму та схеми запасування каната. Розрахунок механізму пересування. Ходові колеса. Розрахунок валу ходового колеса крану. Розрахунок з'єднань. Перевірковий розрахунок зубчастого зачеплення. 3 Технологічна частина. Призначення та короткий опис конструкції 4. Охорона праці та техніка безпеки. Організація безпечної експлуатації. Розрахунок гальмівного устаткування. Висновки та пропозиції. Перелік джерел посилання.*

5. Перелік графічного матеріалу:

1. Комплексна механізація складу – 2 листи ф. А1

2. Кран козловий контейнерний, креслення загального виду – 1 лист ф. А1

3. Возик балансирний, креслення загального виду – 1 лист ф. А1

4. Захоплювач автоматичний, креслення загального виду – 1 лист ф. А1

5. Механізм пересування крану, складальний кресленник – 1 листи ф. А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Мартинюк В.Л., доцент		
Розділ 2	Мартинюк В.Л., доцент		
Розділ 3	Мартинюк В.Л., доцент		

7. Дата видачі завдання «28» грудня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Обґрунтування теми. Вступ.</i>	<i>28.01.2023 р.</i>	
2.	<i>1 Оглядова частина</i>	<i>25.02.2023 р.</i>	
3.	<i>2 Проектна частина</i>	<i>06.05.2023 р.</i>	
4.	<i>3 Рекомендації з експлуатації модернізованої машини</i>	<i>27.05.2023 р.</i>	
5.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	<i>03.06.2023 р.</i>	
6.	<i>Оформлення пояснювальної записки та графічної частини</i>	<i>08.06.2023 р.</i>	
7.	<i>Нормоконтроль</i>	<i>08.06.2023 р.</i>	
8.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>02.06.2023 р.</i>	
9.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	<i>14.06.2023 р.</i>	

Здобувач вищої освіти

_____ (Івановський О.О.)
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (Мартинюк В.Л.)
(підпис) (прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Івановський О.О. Проектування козлового контейнерного крана підвищеної вантажопідйомності. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Галузеве машинобудування» спеціальності 133 Галузеве машинобудування. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2023.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання.

У роботі спроектовано козловий кран контейнерний для роботи з контейнерними вантажами типорозмірів 1А, 1С. Застосування крану дозволяє організувати комплексну механізацію складів. За умови застосування даного крану, для якого запропоновано використовувати спредер захоплювач, можлива автоматизація завантажувально-розвантажувальних робіт і, як наслідок, зменшення простоїв, підвищення продуктивності.

Ключові слова: КРАН, КОНТЕЙНЕР, НАВАНТАЖУВАЧ, СКЛАД, МЕХАНІЗМ.

					<i>КРБ 0039.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	Івановський				<i>Проектування козлового контейнерного крана підвищеної вантажопідйомності</i>	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевірив</i>	Мартинюк						4	62
<i>Н. Контр.</i>	Мартинюк					<i>ЛНТУ, ФТМІ, гр. М-41</i>		
<i>Затверд.</i>	Піць							

ANNOTATION

Ivanovskyi O.O. Design of a gantry container crane of increased load capacity. Manuscript.

Qualification work of the bachelor's degree program «Industrial Machinery Engineering» in the specialty 0715 Mechanics and Metal Trades. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2023.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, four sections, conclusions, and a list of reference sources.

In the work, a container gantry crane was designed for working with container loads of standard sizes 1A, 1C. The use of a crane allows you to organize complex mechanization of warehouses. Under the condition of using this crane, for which it is proposed to use a spreader grabber, it is possible to automate loading and unloading operations and, as a result, reduce downtime and increase productivity.

Keywords: CRANE, CONTAINER, LOADER, WAREHOUSE, MECHANISM.

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	4
ANNOTATION.....	5
ЗМІСТ	6
ВСТУП	8
1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА	9
1.1 Опис об'єкту	9
1.2 Аналіз конструкцій козлових кранів.....	10
1.2.1 Вантажопідйомне обладнання класифікація та характеристики	12
1.2.2 Виробники козлових кранів в Україні та за кордоном.....	13
1.3 Технічні рішення елементів козлових кранів.....	19
2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА.....	24
2.1 Опис конструкції.....	24
2.2 Вибір кінематичної схеми механізму та схеми запасування каната	25
2.2.1 Вибір канату та визначення діаметра барабана	26
2.3 Розрахунок механізму пересування	28
2.4 Ходові колеса.....	29
2.5 Розрахунок валу ходового колеса крану.....	33
2.5.1 Статична міцність	33
2.6 Розрахунок з'єднань.....	40
2.6.1 Розрахунок шліцевого з'єднання.....	40
2.6.2 Розрахунок шпонкового з'єднання	41
2.7 Перевірковий розрахунок зубчастого зачеплення.....	42
2.7.1 Контактна міцність	42
2.7.2 Згинальна міцність.....	45
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	74
3.1 Призначення та короткий опис конструкції.....	47
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ	52
4.1 Організація безпечної експлуатації ВПК	55

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

4.2 Розрахунок гальмівного устаткування.....	56
ВИСНОВКИ	59
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	61

					<i>КРБ 0039.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ВСТУП

Висока ступінь автоматизації вантажо-розвантажувальних робіт складу стає можливою у зв'язку з тим, що вантажі на ньому зберігаються у великотоннажних контейнерах. Контейнери - стандартизовані за зовнішніми та внутрішніми габаритами та місцями розташування захоплюючих пристосувань для зберігання вантажів. У зв'язку з тим, що крупнотоннажні контейнери масою брутто 10т (1Д) і 25т (1ВВ, 1В) в Україні, як правило, не застосовуються, при автоматизації складу ми виходили з того, що весь вантажообіг відбувається в контейнерах масою 32т (1А.) і 20т (1С).

Метою автоматизації є видалення із зони навантажувально-розвантажувальних робіт обслуговуючого персоналу для запобігання виробничим травмам.

В якості засобу автоматизації складу обрано козловий контейнерний кран, доцільність застосування якого обґрунтована великою площею складу, що ускладнює застосування наземних навантажувачів. Крім того, це дозволить збільшити місткість складу за рахунок зберігання контейнерів у 2 яруси та зменшити проміжки між контейнерами через відсутність потреби залишати проїзди для завантажувачів.

У якості вантажозахватного пристрою в крані запропоновано застосувати спеціальне пристосування – спредер. Спередер здійснює автоматичне зчеплення і розчеплення з контейнером без участі стропальщика.

В кваліфікаційній бакалаврській роботі розглянута комплексна механізація вантажно-розвантажувальних робіт на контейнерному складі з конструкторською розробкою козлового контейнерного крана, $Q = 32$ т.

Кран призначений для транспортування крупнотоннажних контейнерів типорозмірів 1А, 1С. Проліт крана $L_{кр}=25000$ мм. Довжина консолі $l_{конс}=500$ мм.

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1 Опис об'єкту

Кран контейнерний козловий, призначений для обслуговування контейнерного складу, який заповнено вантажними контейнерами, причому половина з них масою 20т, а друга половина – масою 32т. Прийmemo, що вздовж робочої зміни типорозмір перевантажуваних контейнерів змінюється, в середньому, чотири рази в день.

Всі елементи металоконструкції – коробчатого типу. Проліт складається з 2-х головних і 2-х кінцевих балок, що спираються на 4 опори, з'єднаних між собою попарно стяжками. Механізм переміщення крана складається з балансування і восьми ходових возиків, зібраних попарно під кожен опору і наявний індивідуальний привод.

Вантажний візок є зварною рамою, встановленою на чотирьох дворебордних приводних колесах і переміщується по мосту крана. На рамі візка козлового крана розміщується механізм підйому та механізм пересування візка.

Механізм підйому є двобарабанною лебідкою.

Механізм пересування вантажного візка складається з двох приводів: один привод – на кожен пару ходових коліс.

Відстань по горизонталі між осями рейок кранового шляху називається прольотом крана, а відстань між осями ходових коліс або між осями балансирних візків базою крана. Відстань між поздовжніми осями підвозикових рейок називається колією візка. Проліт проектного крану 25000мм, а база становить 14000мм. Колія візка 13500мм, а база 2500мм.

					<i>КРБ 0039.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

1.2 Аналіз козлових кранів

Для переміщення важких вантажів на підприємствах та будівельних майданчиках використовують спеціальні механізми. Козлові крани – вид техніки, базою яких є дві стійкі опори (рис.1.1).



Рисунок 1.1 Кран козловий

Як виглядає обладнання? Це міст, закріплений на двох козлах. Рейки укладаються так, щоб забезпечити стійкість конструкції. Козлові крани переміщуються зі швидкістю від 20 до 50 метрів за хвилину. Як працює, із чого складається обладнання? Пролітна частина представлена однією або двома балками. Незалежно від кількості елементів мостової частини, вона зварюється з металевих форм. Однобалкові козлові пристрої мають такі переваги, як:

простота монтажу;

невисока вартість – ціна нижча порівняно з двобалковими аналогами високої вантажопідйомності;

доступність компонентів – деталі на будь-яку з моделей є у продажу;

зручність обслуговування та експлуатації.

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Максимальна вантажопідйомність однобалкових моделей в асортименті – 16 тонн.

Двобалкове обладнання відрізняється більшою потужністю. Серед його переваг відзначають:

велика вантажопідйомність – до 500 тонн

міцність відповідно до ГОСТ (використовується сертифікована сталь СТЗ та 09Г2С)

високі експлуатаційні якості – кілька підйомних пристроїв з можливістю одночасної роботи на різних типах механізмів захоплення (грейфер, магніт, гачок, гакова траверса, рудний перевантажувач)

постійний показник вантажопідйомності незалежно від ділянки прольоту.

Двобалкові козлові крани використовуються на підприємствах, де передбачено переміщення великої кількості важких вантажів.

Обидва види можна демонтувати та встановити заново в іншій локації без втрати технічних та експлуатаційних характеристик.

Пристрої, які застосовуються в козлових кранах, виконуються:

з канатоведучим шківом жолобчастого типу;

з нарізним барабаном.

Механізми другого типу відрізняються надійністю та міцністю, але вони більше за розміром та вагою. Тому встановлюються не на всіх моделях.

Візки.

Вантажний візок – один із найважливіших елементів кранового обладнання.

Залежно від особливостей конструкції, буває:

-монорейковий;

-дворейковий;

-канатний;

-самохідний.

Монорейковий візок має просту конструкцію і легкий в управлінні, але не дуже стійкий. З цієї причини зношується досить швидко. Дворейкові моделі часто додатково оснащені монорейковою кареткою. Особливість самохідних візків

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

полягає у пересуванні по напрямних. Вони більш міцні, надійні та довговічні. Використовуються для оснащення більшості моделей козлових кранів. Механізми для підйому вантажів монтуються на візок. Канатні моделі встановлюються стаціонарним способом на мосту (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 Кран із канатною моделлю візка

1.2.1 Вантажопідйомне обладнання класифікація та характеристики

Класифікація:

- будівельно-монтажні моделі вантажопідйомністю до 500 тонн, довжиною балок до 70 метрів та висотою підйому близько 40 м;
- загального призначення однобалкові – довжина моста до 32 м, висота підйому не більше 9 метрів та вантажопідйомність до 16 тонн;
- спецпризначення з різними пристроями захоплення (грейфер, магніт, гак, гакова траверса, рудний перевантажувач) – використовуються для переміщення

					<i>КРБ 0039.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

важких великих контейнерів, довгомірних предметів. Також експлуатуються у портах, гідроелектростанціях. Мають високу вантажопідйомність, переміщують предмети вагою до 500 тонн.

Козлові крани відрізняються економічністю, підйомними характеристиками, здатні виконувати роботу у складних та навіть екстремальних умовах. Можливе використання при низьких та високих температурах. Ще одна особливість – точність позиціонування вантажу. При своєчасному технічному обслуговуванні та дотриманні основних правил обладнання слугуватиме десятки років. Фінансові витрати на ремонтні роботи та купівлю деталей мінімальні.

1.2.2 Виробники козлових кранів в Україні та за кордоном

В Україні козлові крани випускає ТОВ "Київський завод ПТО" спільно з RodemCrane AD (Болгарія). Вся продукція відповідає європейським нормам: Machinery Directive 2006/42/EC (Директива 2006/42/ЄС про безпеку машин та обладнання) DIN EN ISO12100: "Safety of machines. Basic terms, general principles of design" (Стандарт EN ISO 12100 Безпека машин і механізмів) EN60204-1: "Safety of machines. Electrical equipment of machines" (EN 60204: Безпека машин. Електрообладнання машин) (рис. 1.3-1.5).

Фахівці ТОВ "Київський завод ПТО" [1] забезпечують повний комплекс робіт з етапу проектування та монтажу підкранових колій до введення козлового крана в експлуатацію та проведення сервісного обслуговування.

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13



Рисунок 1.3 Кран козловый г-п 20,0



Рисунок 1.4 Кран козловый ККС -16,0

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



Рисунок 1.5 Кран козловий г-п 5,0 тон

Ще один Український виробник - ООО «Завод Кранкомплект», м. Запоріжжя. Завод виробляє перевантажувальна та монтажньо-будівельна техніка: крани козлові вантажопідйомністю 3,2...50 тонн, а також козлові контейнерні крани (рис. 1.6).

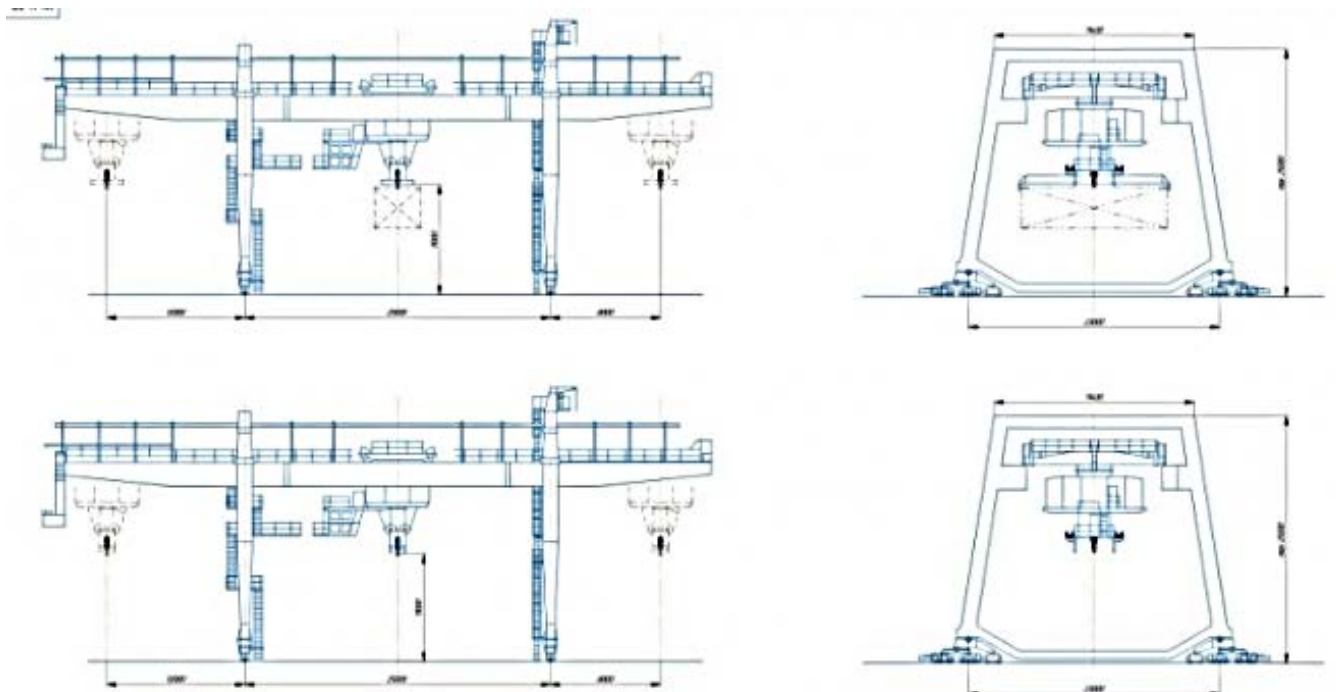


Рисунок 1.6 Контейнерний козловий кран

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Крани козлового типу для підйому та переміщення контейнерів поділяються на три основні види:

з пневмоколісним ходом;

з рейковим ходом;

причального типу.

Розглянемо особливості кожного варіанта.

Крани з пневмоколісним ходом. Дані конструкції зазвичай використовують у складських приміщеннях, які потребують підвищеної продуктивності. У системі керування повністю відсутня гідравліка, не застосовуються електродвигуни змінного струму з короткозамкненими роторами або електроприводи з частотним регулюванням. Завдяки цьому забезпечується надійність даного обладнання, значне скорочення обсягів робіт з технічного обслуговування (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 16-колісний портовий кран RTG з пневмоколісним ходом

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Контейнерні козлові машини з пневмоколісним ходом відрізняються такими перевагами: конструкція зібрана без гідравлічних вузлів (за винятком спредерів); усі робочі механізми керуються за допомогою електричних приводів; спеціальна 16-колісна конструкція забезпечує невеликі навантаження на ходові колеса (до 15 т);

стандартні розміри та тривалий експлуатаційний період шин; зручна кабіна оператора, що має оптимальну видимість у будь-якому напрямку, мінімальну шумність, ергономічну конструкцію; унікальний блок управління навантажувально-розвантажувальними роботами, що складається з систем, що забезпечують точне позиціонування, нахил та поворот спредерів, що запобігають розгойдування вантажів, частотне регулювання електродвигунів; швидкість виконання вантажно-транспортних операцій.

Устаткування з рейковим ходом. Такі крани є відмінним вибором для інтермодального терміналу, де відбувається перевантаження контейнерів з автомобільних транспортних засобів до залізничних вагонів і навпаки. Застосування цього обладнання виключає зайве переміщення вантажів та забезпечує раціональніше використання площі терміналів.

Крани з рейковим ходом дозволяють максимально швидко виконувати перевантажувальні операції.

Підйомні машини козлового типу ідеально підходять у тих ситуаціях, коли навантаження контейнерів має здійснюватися так само швидко, як і підйом. Завдяки унікальній конструкції візка забезпечується простота техобслуговування, а наявність активної системи керування навантаженням виключає ризик розгойдування вантажів. Візок має інноваційну конструкцію, що забезпечує регульоване вирівнювання коліс та рівномірність переміщення крана при мінімальному зносі підкранових рейок (рис. 1.8).

					<i>КРБ 0039.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>17</i>



Рисунок 1.8 Кран з рейковим ходом

Крани причального типу. Ці конструкції призначені для переміщення контейнерів із суден на берег та навпаки. Такі крани для розвантаження суднового транспорту представлені різними моделями: виліт стріли може становити від 36 до 66 метрів, а показники вантажопідйомністю від 50 до 65 тонн. Підйомні конструкції розроблені з урахуванням новітніх технологій, їх оснащують електроприводами змінного струму та унікальними системами, які запобігають розгойдуванню та забезпечують точне позиціонування вантажів, а це гарантує підвищену продуктивність такелажних операцій (до 50 контейнерів, що переміщуються за 1 годину) (рис. 1.9).

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18



Рисунок 1.9 Крани причального типу

Серед закордонних виробників козлових контейнерних кранів: Henan Dafang Heavy Machine Co., Ltd. (Китай), Liebherr (Німеччина), Fantuzzi (Італія), Kalmar (Фінляндія).

1.3 Технічні рішення елементів козлових кранів

Автори: Ситник Микола Петрович, Білецький Валерій Володимирович, Іванов Іван Васильович [2] запропонували конструкцію козлового крану у якого елементи фіксації стійок у нерухомому щодо мосту положенні виконані у вигляді двоплечих важелів, вертикальної тяги і приводних захоплень, причому останні змонтовані на верхній торцевій частині моста і виконані взаємодіючими з верхнім кінцем вертикальної тяги, нижній кінець якої пов'язаний з довгими плечами укріплених у нижній торці двоплечих важелів, на коротких плечах яких розміщено додатковий шарнір (рис. 1.10).

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

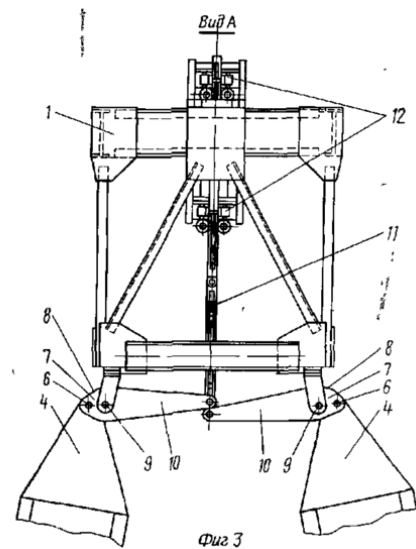
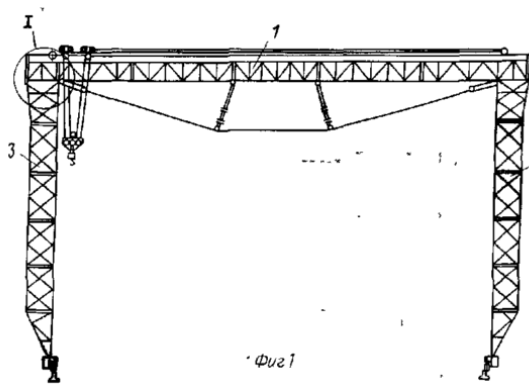


Рисунок 1.10 Кран козловий [2]

Козловий кран містить міст 1, встановлений на однакових опорах 2 і 3, що складаються з двох окремих стійок 4, рознесених на відстань і з'єднаних обмежуючи поворот двоплечих важелів 8. Сійки 4 опори 2 з'єднані в площині порталу жорстко

Крім того, кожна стійка 4 опори 3 з'єднана за допомогою шарніра 6, вісь якого паралельна поздовжній осі моста 1, з коротким плечем 7 відповідного двоплечого важеля 8. Двоплечі важелі 8 закріплені на мосту 1 в площині опори 3 за допомогою шарнірів 9. Довгі плечі 10 двоплечих важелів 8 шарнірно з'єднані між собою і пов'язані з вертикальною шарнірною тягою 11, встановленою з можливістю взаємодії із захватами 12, закріпленими на мосту 1. Кожен механізм захоплення 12 забезпечений приводом (не показаний), наприклад електромеханічним. Дана конструкція має підвищені експлуатаційні властивості.

Міронов Сергій Петрович, Євдокимова Світлана Миколаївна та інші [3] вирішили завдання удосконалення козлового консольного крана за рахунок зміни конструкції стійок опор та встановлення прогонових балок, чим забезпечується розвантаження останніх від крутного моменту. Це дозволить зменшити металоємність крана та його габарити.

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Для вирішення зазначеної задачі у козловому крані, що містить встановлені похило у вертикальній площині назустріч один одному стійки двостійкових опор, П-подібні рами, з'єднані торцями віток із верхніми горизонтальними поясами стійок опор, пов'язані з рамами та розміщені всередині останніх прогонові балки та встановлений з можливістю переміщення вздовж них вантажний візок, згідно винаходу, стійки опор виконані з спрямованими назустріч один одному консолями, що пов'язані з опорами віток рами - кожна з нахилом зовнішньої поверхні, що дорівнює нахилу стійок опори, при цьому прогонові балки змонтовані на консолях і скріплені нижніми поясами з верхніми горизонтальними поясами.

Суть винаходу пояснюється кресленнями. де на фіг. 1 зображено загальний вигляд пропонованої конструкції крана; на фіг. 2 - вигляд за стрілкою на фіг. 1; на фіг. 3-установка прогонової балки на опорі. Козловий консольний кран містить вантажний візок 1, що переміщається по прогонових балках 2, які закріплені на двостоячих опорах 3 та 4. Кожна з опор виконана у вигляді двох похилих у вертикальній площині назустріч один одному стійок 5, 6. У верхній частині похилі стійки з'єднані між собою за допомогою П-подібної рами 7, стійки якої 8 і 9 виконані змінного перерізу з нахилом зовнішньої поверхні, що дорівнює нахилу стійок опори.

Прогонові балки 2 пов'язані з рамами 7 і розміщені всередині останніх. Верхні пояси 10 горизонтальних ділянок похилих стійок 5 і 6 скріплені з нижніми поясами 11 прогонових балок і розташовані з ними однієї горизонтальної поверхні.

Похилі стійки 5 і 6 виконані з спрямованими назустріч один одному консолями 12, на яких змонтовані прогонові балки 2.

Для збільшення міцності похилі стійки підкріплені системою ребер. Зниженню металоємності сприяє і стикування нижніх поясів прогонових балок із верхніми поясами похилих стояків в одній площині (рис. 1.11).

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

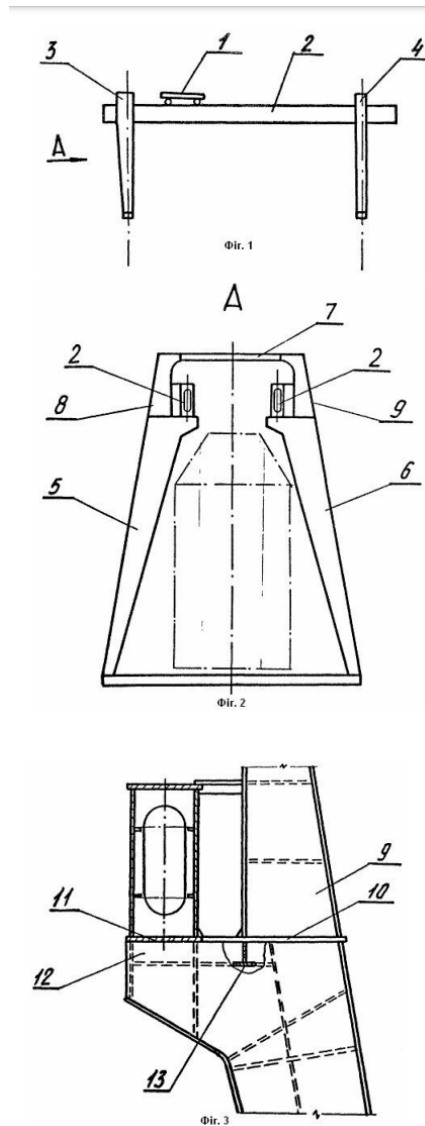
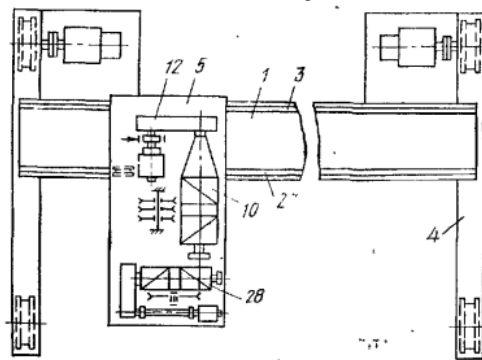


Рисунок 1.11 Конструкція згідно [3]

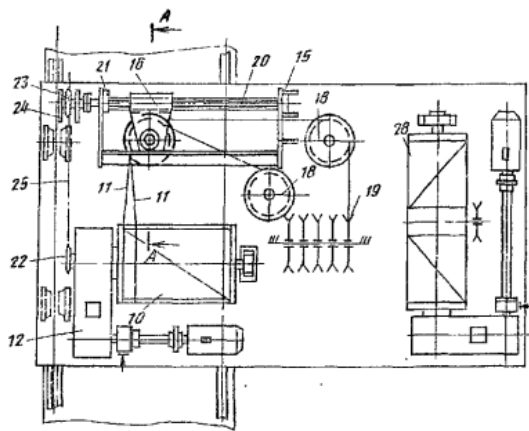
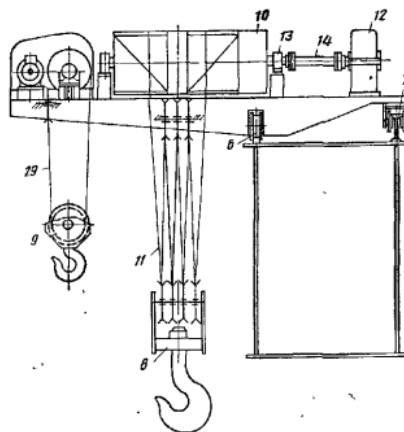
Консольний візок мостового однобалочного крану [4]. Автори запропонували підвищити надійність шляхом зменшення навантаження на ходові колеса та збільшення зони обслуговування. На фіг.1 зображено мостовий кран, вигляд в плані; на фіг.2 - вантажний візок з головним підйомом, з яким барабан спирається на додаткову опору і з'єднується з приводом проміжним чалом, вид збоку; на фіг.3- вантажний візок для великої висоти підйому, вид зверху; на фіг.4 - розріз А-А . Устаткування містить монолітну балку 1 коробчатого перерізу з встановленими на

її основні рейкою 2 і утримуючою рейкою 3 і закріплені по кутах пролітної балки 1 кінцеві білки 4.

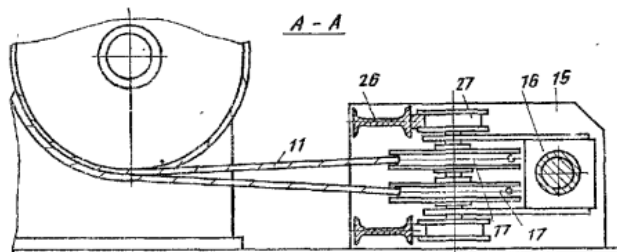
					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22



Фиг 1



Фиг 3



Фиг 4

Рисунок 1.12 Візок крану за [4]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 0039.00.00.000 ПЗ

Арк.

23

2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

2.1 Опис конструкції

Кран, що пропонується, це контейнерний козловий кран, який пропонуємо використовувати для обслуговування контейнерного складу. Приймаємо, що склад повністю заповненого вантажними контейнерами. Також враховуємо, що згідно завдання, половина контейнерів має масу 20т, інша половина – масу 32т.

За робочу зміну відбувається зміна типорозмірів контейнерів, які перевантажуються. Зміна відбувається приблизно чотири рази.

Елементи металоконструкції крану мають коробчастий переріз. Пролітна конструкція складається з 2-х головних та 2-х кінцевих балок, що спираються на 4 опори, з'єднані між собою попарно стяжками. Механізм пересування крана містить балансири, вісім ходових візків. Візки зібрані попарно під кожною опорою та мають індивідуальний привод.

Вантажний візок являє собою зварну раму, встановлену на чотирьох дворобордних приводних колесах. Візок рухається по мосту крана. Механізм підйому та механізм пересування візка розташовані на рамі візка козлового крана.

Механізм підйому являє собою двобарабанну лебідку.

Механізм пересування вантажного візка містить два приводи: по одному на кожну пару ходових коліс.

Відстань по горизонталі між осями рейок кранового шляху називається прольотом крана, а відстань між осями ходових коліс або між осями балансирних візків базою крана. Відстань між поздовжніми осями підвізкових рейок називається колією візка [5]. Проліт проектованого крана 25000мм, а база 14000мм. Колія візка 13500мм, а база 2500мм.

Для розробки конструкції крана виконаємо розрахунки за наступних умов:

1. Вантажопідйомність, кг $Q_n = 32000$

2. Маса захоплення, кг $m_3 = 10000$

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

- 3. Швидкість підйому, м/с $v = 12$
- 4. Кратність поліспасти $a = 3$
- 5. Число ходових коліс $n_{х.к} = 16$
- 6. Число приводних коліс $n_{пр.к} = 8$
- 7. Група режиму роботи 4

2.2 Вибір кінематичної схеми механізму та схеми запасування каната

Приведемо кінематичну схему механізму підйому крану та схему запасування каната.

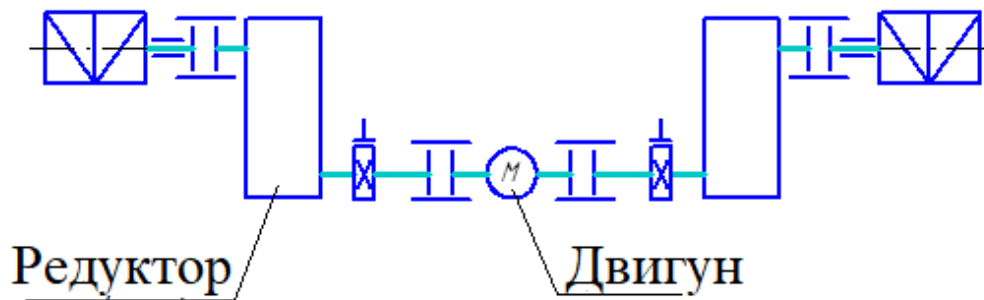


Рисунок 2.1 Кінематична схема механізму підйому крану

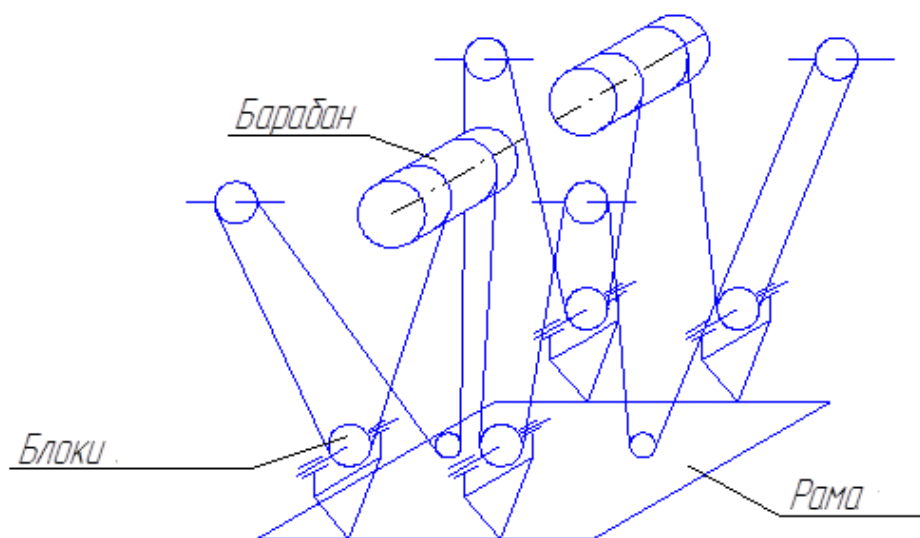


Рисунок. 2.2. Схема запасування каната

2.2.1 Вибір канату та визначення діаметра барабана

Вибір канату здійснюється на основі виконання умови: $S_{разр} \geq S_{max} \cdot n$, де n - коефіцієнт запасу (для 4 групи режиму роботи, $n = 5,6$, [6]), A - максимальне зусилля в канаті від ваги вантажу:

$$S_{max} = \frac{(G_{сп} + G_{с.}) \cdot (1 - \eta)}{m \cdot (1 - \eta^a) \cdot \eta^t} \quad (2.1)$$

де $(G_{сп} + G_{с.}) = (32000 + 10000) \cdot 9,81 = 412020$ Н - вага вантажу;

$\eta = 0,98$ - ККД блоку.

Маємо:
$$S_{max} = \frac{412020 \cdot (1 - 0,98)}{8 \cdot (1 - 0,98^3) \cdot 0,98^0} = 59841 \text{ Н}.$$

Маємо виконання умови: $S_{разр} \geq 59841 \cdot 5,6 = 335109$ Н.

Обираємо канат ЛК-Р конструкції 6x19 (1+6+6/6)+1 о.с. подвійної звивки з органічним сердечником нерозкручується (з точковим контактом) за ГОСТ 2688-80.

Виходячи з того, що $\sigma_{вр} = 1862$ МПа і розривне зусилля менше або дорівнює 335 кН, вибирається діаметр канату. (Маркування канату «11-Г-І-СС-Н-1862 ГОСТ 2688-80», тобто вантажний канат, І марка дроту, маркувальна група 1862 МПа, вид покриття дроту – оцинкований, поєднання напрямків звивки елементів – хрестове, спосіб звивки канату - нерозкручується).

Діаметр барабану $D_{бар} \geq h_1 \cdot d_k$, де d_k - діаметр канату, а h_1 - коефіцієнт, який для 4 –ї групи [6]. $D_{бар} \geq 22,4 \cdot 24 = 537$ мм. Згідно ряду нормальних розмірів маємо остаточно $D_{бар} = 605$ мм.

Барабан подвійний з кроком нарізки: $t = d_k + (2...3)$ мм = $11 + (2...3) = 13...14$ мм.

Приймаємо $t = 14$ мм.

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Визначимо довжину барабану

$$\ell_{\text{бар}} = 2 \cdot \ell_{\text{кр}} + 2 \cdot \ell_{\text{непр}} + 2 \cdot \ell_{\text{р}} + \ell_{\text{ненар}}, \quad (2.2.)$$

де:

$\ell_{\text{кр}}$ - довжина ділянки барабану під кріплення канату;

$\ell_{\text{непр}}$ - 1,5 незаймані витки;

$\ell_{\text{ненар}}$ - ненарізана частина;

$\ell_{\text{р}}$ - робоча частина.

Довжина ненарізаної частини барабану розраховується з умови обмеження кута відхилення канату для максимально наближеного до барабану візка. З конструктивних міркувань: $\ell_{\text{ненар}} = 150$ мм.

Число витків на робочій частині барабану:

$$\frac{H \cdot a}{\pi \cdot D_{\text{бар}}}, \quad (2.3)$$

де $a = 3$ - кратність поліспасти.

Маємо:

$$\ell_{\text{бар}} = 2 \cdot \left(\frac{H \cdot a}{\pi \cdot D_{\text{бар}}} + 1.5 + 3 \right) \cdot t + \ell_{\text{ненар}} = 2 \cdot \left(\frac{8.5 \cdot 3 \cdot 1000}{\pi \cdot 605} + 1.5 + 3 \right) \cdot 14 + 150 = 889 \text{ мм.}$$

Прийmemo $\ell_{\text{бар}} = 890$ мм.

Визначаємо частоту обертання барабану

$$n_{\text{бар}} = \frac{1000 \cdot v_{\text{зр}} \cdot a}{\pi \cdot D_{\text{бар}}} = \frac{1000 \cdot 12 \cdot 3}{\pi \cdot 605} = 18,23 \text{ хв}^{-1}$$

Привод здійснюється від електродвигуна, для вибору якого визначимо значення потрібної потужності

$$N = \frac{(G_{\text{зр}} + G_3) \cdot v_{\text{зр}}}{1000 \cdot 60 \cdot \eta} \quad (2.4)$$

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Підставимо дані, маємо $N = \frac{412020 \cdot 12}{1000 \cdot 60 \cdot 0,9} = 113 \text{кВт}$. Прийmemo

електродвигун МТН 612-6 із наступними характеристиками $N = 112 \text{кВт}$,

$$n_{\text{дв}} = 950 \text{ мин}^{-1}$$

$$M_{\text{max}} = 3580 \text{Нм}.$$

Передаточне відношення редуктора $u = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{бар}}} = \frac{950}{18,23} = 52,12$. Приймаємо

редуктор

Ц2-650, для якого $u_{\text{ном}} = 50$; допустимий крутний момент на тихохідному валі $M_T = 41005 \text{Н} \cdot \text{м} \dots$

2.3 Розрахунок механізму пересування

Кінематичну схему наводимо нижче, на рис. 2.3.

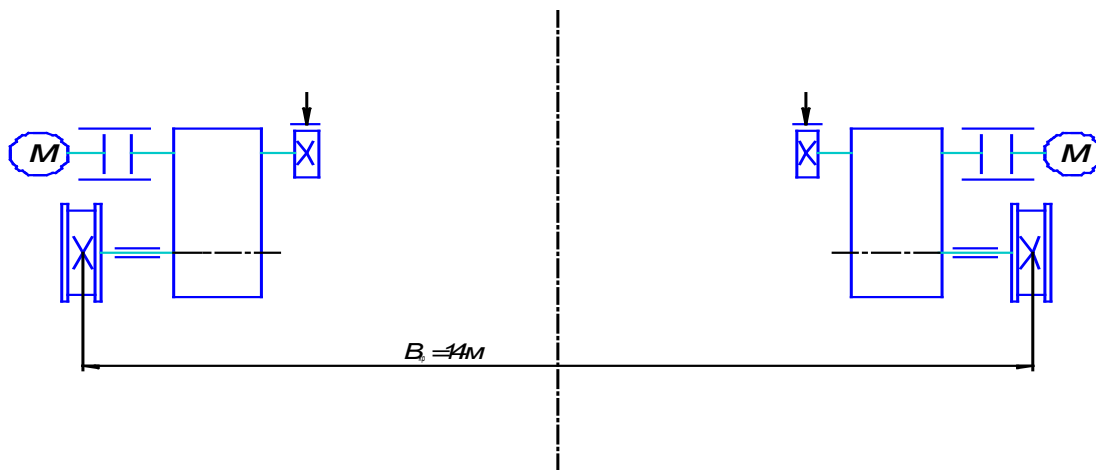


Рисунок 2.3 Кінематична схема механізму пересування

Зі схеми бачимо, що механізм має роздільний привод, що здійснюється від кранового електродвигуна через триступінчастий вертикальний циліндричний навісний редуктор на ходове колесо. Гальмівний пристрій кріпимо до редуктора на спеціальній підставці.

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

2.4 Ходові колеса

Для вибору коліс розглянемо схему сил, прикладених до ходових коліс (рис. 2.4).

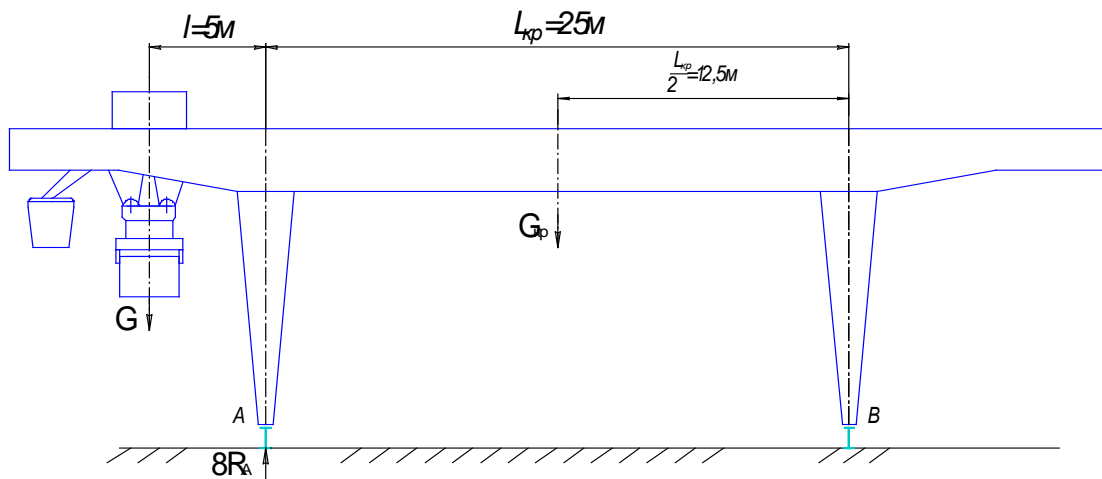


Рисунок 2.4 Сили, які діють на колеса

Сума моментів відносно точки **B**:

$$\sum M_B : -8R_A \cdot L_{кр} + G(l + L_{кр}) + G_{кр} \cdot \frac{L_{кр}}{2} = 0 ; \quad (2.5)$$

де:

$$G_{кр} = 220000 \cdot 9,81 = 2158200 \text{ Н} \text{ – вага крану};$$

$G = (32000 + 10000 + 48000 + 2500) \cdot 9,81 = 907425 \text{ Н}$ – вага захвату з вантажем, возика, кабіни;

$$L_{кр} = 25 \text{ м} \text{ – довжина проліту крану};$$

$l = 5 \text{ м}$ – відстань від осі захвату, коли він знаходиться у крайньому положенні, до вісі ходових коліс.

Маємо навантаження

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$R_A = \frac{907425 \cdot (25 + 5) + 2158200 \cdot 12,5}{8 \cdot 25} = 178542H$$

Оберемо колеса:

K2РП-560-1 (ОСТ 24.090.0975)

Неприводні ходові колеса:

K2РН-560-1 (ОСТ 24.090.0975)

Діаметр: 560 мм;

Матеріал колеса – сталь 75-2-а-I за ГОСТ 14959-79, НВ-330(загартування, відпуск).

Рельса – Р43 (ГОСТ 4121-76).

Розглянемо параметри електродвигуна, з цією метою визначаємо його розрахункову потужність

$$N = \frac{W \cdot v}{102 \cdot \eta_M \cdot 8}; \quad (2.6)$$

де:

$v = 1,0 \text{ м/с}$ – швидкість лінійного переміщення крану;

$\eta_M = 0,85$ – ККД привода механізму.

Після підстановки значень, маємо

$$N = \frac{51575,91 \cdot 1,0}{102 \cdot 0,85 \cdot 8} = 11,3 \text{ кВт};$$

Прийmemo електродвигун МТФ 311-6 із потужністю $N_{\text{ПВ}25\%} = 13 \text{ кВт}$;

частотою обертання валу $n = 935 \text{ хв}^{-1}$; максимальний момент

$$M_{\text{МАХ}} = 320 \text{ Нм}.$$

Пусковий момент двигуна:

$$M_{\text{ПУСК}} = \frac{M_{\text{ПУСК}}^{\text{min}} + M_{\text{ПУСК}}^{\text{max}}}{2}; \quad (2.6)$$

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$M_{ПУСК}^{\min} = 1,1 \cdot M_{НОМ} \quad (2.7)$$

Маємо:

$$M_{НОМ} = 9550 \frac{N}{n} = 9550 \cdot \frac{13}{935} = 132,78 \text{ Нм} ;$$

$$M_{ПУСК}^{\min} = 1,1 \cdot 132,78 = 146,06 \text{ Н} \cdot \text{м} ;$$

$$M_{ПУСК}^{\max} = 320 \text{ Нм} ;$$

$$M_{ПУСК} = \frac{146,06 + 320}{2} = 233,03 \text{ Нм} .$$

Редукторобираємо з умови: $M_{P \text{ MAX}} < M_{\text{наиб}}$

Частота обертання ходового колеса крана:

$$n_{X.K.} = \frac{v_{X.K.}}{\pi \cdot D_{X.K.}} ; \quad (2.8)$$

де:

$$v_{X.K.} = 60 \frac{\text{м}}{\text{хв}} \text{ – швидкість пересування крана;}$$

$$D_{X.K.} = 0.56 \text{ м} \text{ – діаметр ходового колеса;}$$

Маємо

$$n_{X.K.} = \frac{60}{\pi \cdot 0.56} = 34,12 \frac{\text{об}}{\text{хв}} .$$

Передаточне число:

$$U = \frac{n_{e.d.}}{n_{X.K.}} = \frac{935}{34,12} = 27,4 ;$$

Тоді розрахункова потужність редуктора:

$$N_P = k \cdot N_{ПВ=25\%} ; \quad (2.9)$$

де:

k – коефіцієнт режиму роботи;

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$k = 1,6$ для середнього режиму роботи;

$N_{ПВ=25\%} = 13 \text{ кВт}$ – потужність електродвигуна за умови ПВ=25% ;

Маємо $N_P = 1,6 \cdot 13 = 20,8 \text{ кВт}$.

Прийmemo редуктор ЦЗВК-250.

Тоді фактичне значення передаточного числа $U_P = 25$.

Крутний момент на тихохідному валі: $M_T = 4000 \text{ Нм}$.

Перевіrimo редуктор за двигуном. Для цього визначимо найбільший момент, що передає редуктор

$$M_{\text{наиб}} = m \cdot M_T ; \quad (2.10)$$

де m – кратність пускового моменту;

$m = 2,5$ для середнього режиму роботи;

$M_{\text{наиб}} = 2,5 \cdot 4000 = 10000 \text{ Нм}$;

Розрахунковий момент, передаваний електродвигуном, на тихохідний вал редуктора:

$$M_{P \text{ МАХ}} = K_{\text{ДИН}} \cdot M_{\text{ПУСК}} \cdot U_P \cdot \eta ; \quad (2.11)$$

де $K_{\text{ДИН}}$ – коефіцієнт динамічних перевантажень

$$K_{\text{ДИН}} = \left(1 + \sqrt{1 + \frac{M_{\text{УД}}}{M_{\text{ПУСК}} \cdot K_J \cdot U_P^2}} \right) \cdot K_J ; \quad (2.12)$$

де:

$M_{\text{УД}} = 60 \text{ Н} \cdot \text{м}$ – складова моменту під час удару в зачепленні;

$K_J = 1$ – коефіцієнт, що враховує відношення моменту інерції маси, яка переміщується, до загального моменту інерції приводу.

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$K_{ДИН} = \left(1 + \sqrt{1 + \frac{60}{230,03 \cdot 1 \cdot 25^2}} \right) \cdot 1 = 2,0$$

$$M_{P\text{ МАХ}} = 2,0 \cdot 230,03 \cdot 25 \cdot 0,85 = 9776,27 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

9776,27 < 10000, тому вибір редуктора вірний.

2.5 Розрахунок валу ходового колеса крану

2.5.1 Статична міцність

Розрахунок валів проводиться на статичну міцність та втому [7]. Розрахунок валів на статичну міцність проводиться за дії максимальних навантажень робочого стану; на втому – за еквівалентними навантаженнями нормального стану.

Матеріал – 40Х

Для розрахунку прийнято такі навантаження:

а) вертикальна площина

$$P_{\text{маХ}} = 215820 \text{ Н} \text{ – максимальний тиск на ходові колеса;}$$

$$G_{\text{пр}} = 2765 \text{ Н} \text{ – сила тяжіння від маси привода;}$$

$$P_{\text{ос}} = 0,1 \cdot P_{\text{маХ}} = 21582 \text{ Н} \text{ – осьова сила, прикладена до ободу колеса;}$$

$$M_{32} = P_{\text{ос}} \cdot \frac{D_{Х.К}}{2} = 21582 \cdot \frac{0,56}{2} = 6042,96 \text{ Нм} \text{ – згинальний момент;}$$

$$F = \frac{M_{32}}{0,074} = 81661,62 \text{ Н} \text{ – пара сил від дії осової сили.}$$

б) горизонтальна площина:

$$M_{\text{маХкр}} = 8000 \text{ Нм} \text{ – крутний момент;}$$

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$S = \frac{M_{\max \text{кр}}}{0,30} = \frac{8000}{0,30} = 26666,7 \text{ Н} \text{ – горизонтальна сила, яка виникає}$$

від дії реактивного крутного моменту.

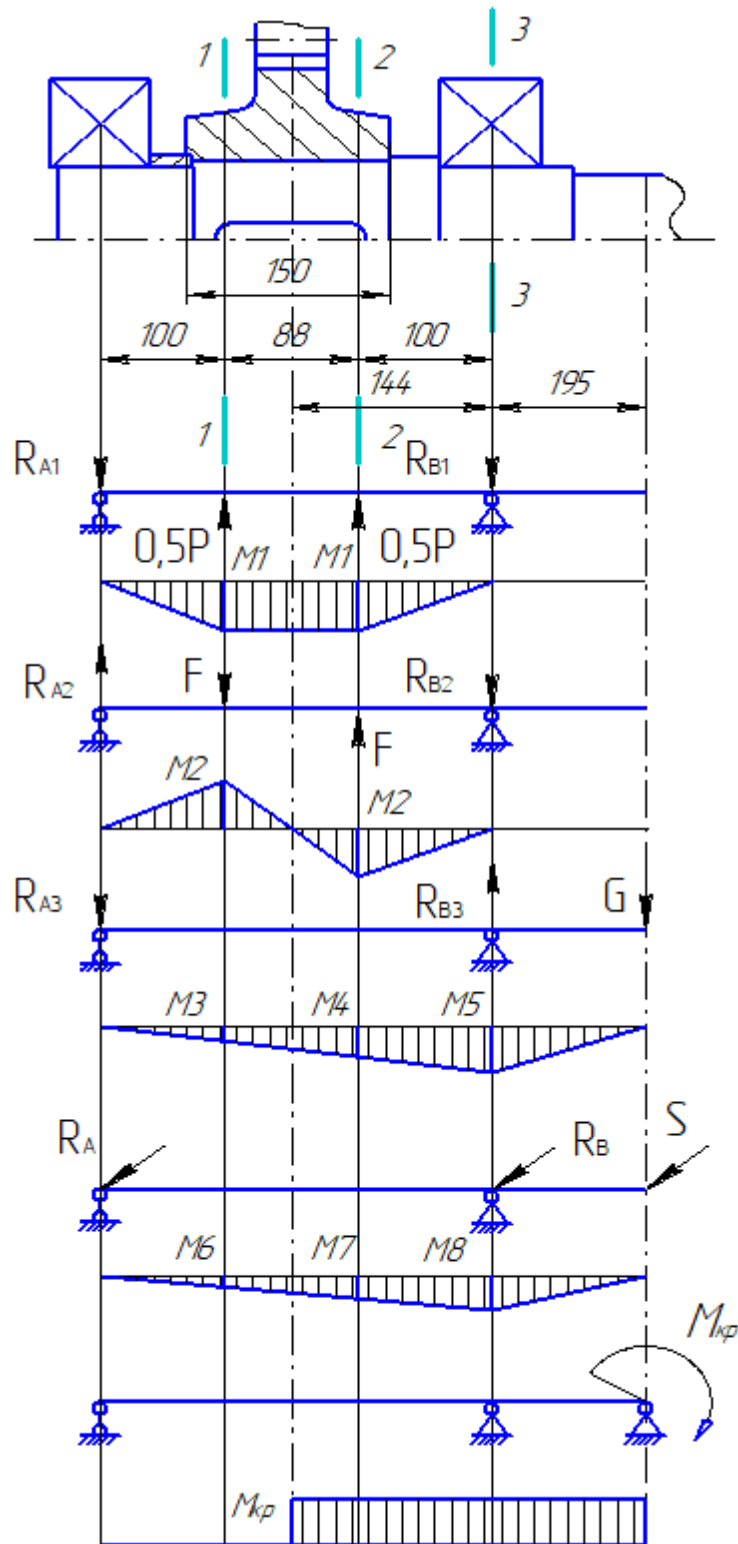


Рисунок 2.5 Епюри

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 0039.00.00.000 ПЗ

Арк.

34

Величину максимальних опорних реакцій визначаємо з врахуванням того, що до реборди ходового колеса прикладений згинальний момент.

$$\sum M_B^1 = R_{A1}^6 \cdot 0,288 - 0,5P_{\max} \cdot 0,188 - 0,5P_{\max} \cdot 0,1 = 0;$$

$$R_{A1}^6 = 0,5P_{\max} = 107910H;$$

$$R_{B1}^6 = R_{A1}^6 = 107910H.$$

$$\sum M_B^2 = -R_{A2}^6 \cdot 0,288 + F \cdot 0,188 - F \cdot 0,1 = 0;$$

$$R_{A2}^6 = 0,306F = 24952,16H;$$

$$R_{B2}^6 = R_{A2}^6 = 24952,16H.$$

$$\sum M_B^3 = R_{A3}^6 \cdot 0,288 - G_{np} \cdot 0,195 = 0;$$

$$R_{A3}^6 = 0,677G_{np} = 1872,13H;$$

$$\sum M_A^3 = R_{B3}^6 \cdot 0,288 - G_{np} \cdot 0,483 = 0;$$

$$R_{B3}^6 = 1,677G_{np} = 4637,13H.$$

$$\sum M_B = R_A^2 \cdot 0,288 - S \cdot 0,195 = 0;$$

$$R_A^2 = 0,677S = 18562,9H;$$

$$\sum M_A = R_B^2 \cdot 0,288 - S \cdot 0,483 = 0;$$

$$R_B^2 = 1,677S = 45982,25H.$$

$$R_A^6 = R_{A1}^6 - R_{A2}^6 + R_{A3}^6 = 107910 - 24952,16 + 1872,13 = 84829,97H;$$

$$R_B^6 = R_{B1}^6 + R_{B2}^6 - R_{B3}^6 = 107910 + 24952,16 - 4637,13 = 128225,03H;$$

$$F_{rA} = \sqrt{(R_A^6)^2 + (R_A^2)^2} = 86837,23H$$

$$F_{rB} = \sqrt{(R_B^6)^2 + (R_B^2)^2} = 136220,50H$$

Визначення згинальних моментів

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$M_1 = R_{A1}^6 \cdot 0,1 = 10791 \text{Hм};$$

$$M_2 = R_{A2}^6 \cdot 0,1 = 2495,216 \text{Hм};$$

$$M_3 = R_{A3}^6 \cdot 0,1 = 187,213 \text{Hм};$$

$$M_4 = R_{A3}^6 \cdot 0,188 = 351,96 \text{Hм};$$

$$M_5 = R_{A3}^6 \cdot 0,288 = 539,17 \text{Hм};$$

$$M_6 = R_A^2 \cdot 0,1 = 1856,29 \text{Hм};$$

$$M_7 = R_A^2 \cdot 0,188 = 3489,83 \text{Hм};$$

$$M_8 = R_A^2 \cdot 0,288 = 5346,12 \text{Hм};$$

Переріз 1-1

$$M_{32}^6 = M_1 - M_2 + M_3 = 8483 \text{Hм};$$

$$M_{32}^2 = M_6 = 1856,29 \text{Hм};$$

$$M_{\Sigma} = \sqrt{(M_{32}^6)^2 + (M_{32}^2)^2} = 8684 \text{Hм}.$$

Переріз 2-2

$$M_{32}^6 = M_1 + M_2 + M_4 = 13638,18 \text{Hм};$$

$$M_{32}^2 = M_7 = 3489,83 \text{Hм};$$

$$M_{\Sigma} = \sqrt{(M_{32}^6)^2 + (M_{32}^2)^2} = 14077,6 \text{Hм}.$$

Переріз 3-3

$$M_{32}^6 = M_5 = 539,17 \text{Hм};$$

$$M_{32}^2 = M_8 = 5346,12 \text{Hм};$$

$$M_{\Sigma} = \sqrt{(M_{32}^6)^2 + (M_{32}^2)^2} = 5373,23 \text{Hм}.$$

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Умова статичної міцності

$$S \geq [S] \quad (2.13)$$

Допустимий коефіцієнт статичної міцності $[S_T] = 1,3 \dots 2$

Розрахунковий коефіцієнт визначається

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} \geq [S]; \quad (2.14)$$

$$S_\sigma = \frac{\sigma_T}{\sigma}; \quad S_\tau = \frac{\tau_T}{\tau} - \text{часткові коефіцієнти статичної міцності,}$$

де σ_T, τ_T - межа текучості для матеріалу валу відповідно при дії згинального моменту й крутного моменту.

Переріз 1-1

$$\sigma_n = \frac{M_\Sigma}{W_{изг1}} = \frac{M_\Sigma}{0,1 \cdot d_1^3 \cdot e_1} = \frac{8684}{0,1 \cdot 0,115^3 \cdot 0,91} = 1,613 \cdot 10^8 \text{ Па.}$$

напруження за нормальними напруженнями;

$$\sigma_T = \sigma_T^1 \cdot \varepsilon_1 \cdot 10^6 = 3,33 \cdot 10^8 \text{ Па} - \text{межа текучості за деформації розтягу}$$

де $d_1 = 0,115 \text{ м}$ - діаметр валу у розрахунковому перерізі.

$e_1 = 0,91$ - поправочний коефіцієнт, який враховує наявність концентратора напружень – шпонку.

$$\varepsilon_1 = 0,74 - \text{масштабний коефіцієнт.}$$

$$\sigma_T^1 = 450 \text{ МПа} - \text{межа текучості матеріалу валу.}$$

$$\tau_\tau = \frac{M_{\max \text{ кр}}}{W_{\text{кр}1}} = \frac{M_{\max \text{ кр}}}{0,2 \cdot d_1^3 \cdot e_{\text{к}1}} = \frac{8000}{0,2 \cdot 0,115^3 \cdot 0,95} = 19,42 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

дотичне напруження.

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

де $e_{к1} = 0,95$ - поправочний коефіцієнт, який враховує наявність концентратора напружень – шпонку.

$$\tau_T = 0,6 \cdot \sigma_T \cdot 10^6 = 2,56 \cdot 10^8 \text{ Па} - \text{межа текучості за умови дії}$$

крутного моменту. $S_\sigma = \frac{3,33 \cdot 10^8}{1,613 \cdot 10^8} = 2,36;$

$$S_\tau = \frac{2,56 \cdot 10^8}{19,42 \cdot 10^6} = 13,18$$

$$S = \frac{2,36 \cdot 13,18}{\sqrt{2,36^2 + 13,18^2}} = 2,65 \geq [S]$$

Умова міцності виконується.

Переріз 2-2

$$\sigma = \frac{M_\Sigma}{W_{322}} = \frac{M_\Sigma}{0,1 \cdot d_2^3 \cdot e_2} = \frac{14077,6}{0,1 \cdot 0,115^3 \cdot 0,91} = 2,017 \cdot 10^8 \text{ Па}$$

нормальне напруження у розрахунковому перерізі.

$\sigma_T = \sigma_T^1 \cdot \varepsilon_2 \cdot 10^6 = 3,33 \cdot 10^8 \text{ Па}$ - межа текучості за умови дії розтягуючої сили.

де $d_2 = 0,115 \text{ м}$ - діаметр розрахункового перерізу.

$e_2 = 0,91$ - поправочний коефіцієнт, який враховує наявність концентратора напружень – шпонку.

$\varepsilon_2 = 0,74$ - масштабний коефіцієнт.

$\sigma_T^1 = 450 \text{ МПа}$ - межа текучості..

$$\tau = \frac{M_{\text{max кр}}}{W_{\text{кр}2}} = \frac{M_{\text{max кр}}}{0,2 \cdot d_2^3 \cdot e_{к2}} = \frac{8000}{0,2 \cdot 0,115^3 \cdot 0,95} = 19,42 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

дотиче напруження.

										Арк.
										38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 0039.00.00.000 ПЗ					

де $e_{к2} = 0,95$ - поправочний коефіцієнт.

$$\tau_T = 0,6 \cdot \sigma_T \cdot 10^6 = 2,56 \cdot 10^8 \text{ Па} - \text{межа текучості при крученні}$$

$$S_\sigma = \frac{3,33 \cdot 10^8}{2,017 \cdot 10^8} = 1,65;$$

$$S_\tau = \frac{2,56 \cdot 10^8}{19,42 \cdot 10^6} = 13,18$$

$$S = \frac{1,65 \cdot 13,18}{\sqrt{1,65^2 + 13,18^2}} = 2,15 \geq [S]$$

Умова міцності виконується

Переріз 3-3

$$\sigma_3 = \frac{M_\Sigma}{W_{323}} = \frac{M_\Sigma}{0,1 \cdot d_3^3 \cdot e_3} = \frac{5373,23}{0,1 \cdot 0,110^3 \cdot 1} = 3,037 \cdot 10^8 \text{ Па} - \text{нормальне}$$

напруження у перерізі.

$$\sigma_T = \sigma_T^1 \cdot \varepsilon_3 \cdot 10^6 = 3,81 \cdot 10^8 \text{ Па} - \text{межа текучості за умови дії}$$

розтягуючої сили.

де $d_3 = 0,110 \text{ м}$ - діаметр валу у розрахунковому перерізі.

$e_3 = 1$ - поправочний коефіцієнт за умови наявності шпонкового пазу.

$\varepsilon_3 = 0,78$ - масштабний коефіцієнт.

$\sigma_T^1 = 450 \text{ МПа}$ - межа текучості.

$$\tau_3 = \frac{M_{\max \text{ кр}}}{W_{\text{кр}3}} = \frac{M_{\max \text{ кр}}}{0,2 \cdot d_3^3 \cdot e_{к3}} = \frac{8000}{0,2 \cdot 0,110^3 \cdot 1} = 21,93 \cdot 10^6 \text{ Па} -$$

дотичне напруження.

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

де $e_{к3} = 1$ - поправочний коефіцієнт.

$\tau_T = 0,6 \cdot \sigma_T \cdot 10^6 = 2,56 \cdot 10^8 \text{ Па}$ - межа текучості за умови дії крутного моменту.

$$S_\sigma = \frac{3,81 \cdot 10^8}{3,037 \cdot 10^8} = 1,27;$$

$$S_\tau = \frac{2,56 \cdot 10^8}{21,93 \cdot 10^6} = 11,67$$

$$S = \frac{1,27 \cdot 11,67}{\sqrt{1,27^2 + 11,67^2}} = 2,03 \geq [S]$$

Умова міцності виконується.

2.6 Розрахунок з'єднань

2.6.1 Розрахунок шліцевого з'єднання

Шлиці прямобічні за ГОСТ 1139-80 [8]. Визначимо напруження зминання в шліцах.

$$\sigma = \frac{2 \cdot M}{z \cdot d_m \cdot h \cdot l \cdot \psi}, \quad (2.15)$$

де: $M = 8000 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

$z = 10$ – число зубців;

$d_m = \frac{D + d}{2} = \frac{82 + 92}{2} = 87 \text{ мм}$ – середній діаметр по висоті зубця;

$h = \frac{D - d}{2} - 2 \cdot f = \frac{92 - 82}{2} - 2 \cdot 1 = 3 \text{ мм}$ – робоча висота зубців;

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$l = 215$ мм – довжина з'єднання;

$\psi = 0,6$ – коефіцієнт, який враховує нерівномірний розподіл навантаження між зубцями.

Маємо

$$\sigma = \frac{2 \cdot 8000 \cdot 10^3}{10 \cdot 87 \cdot 3 \cdot 215 \cdot 0,6} = 47,5 \text{ МПа} < [\sigma] = 120 \text{ МПа.}$$

2.6.2 Розрахунок шпонкового з'єднання

Шпонкове з'єднання розрахуємо на змин [7].

Для виготовлення шпонки приймаємо сталь 45, для якої $\sigma_{вр} = (590...750)$ МПа. Допустиме напруження змину $[\sigma_{см}] = (0,4...0,5) \cdot \sigma_{вр} = (236...375)$ МПа.

$$\sigma = \frac{2 \cdot T \cdot 10^3}{d \cdot l_p \cdot t_2} \leq [\sigma_{см}] \quad (2.16)$$

$$\sigma = \frac{2 \cdot 8000 \cdot 10^3}{115 \cdot 110 \cdot 7,2} = 175,6 \text{ МПа} \leq [\sigma_{см}];$$

де:

T - обертовий момент;

d - діаметр валу;

l_p - довжина;

$t_2 = 0,4 \cdot 18$ - глибина встановлення шпонки у маточину;

h - висота шпонки (рис. 6).

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

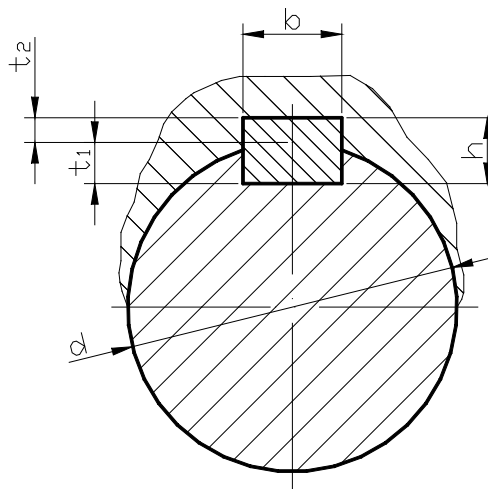


Рисунок 2.6 Схема шпонкового з'єднання

Для встановлення обираємо призматичну шпонку за ГОСТ 23360-78 [9].

2.7 Перевірковий розрахунок зубчастого зачеплення

Матеріал- Ст 40Х.

Термічна обробка: колесо - поліпшення до твердості 235...262НВ,
шестерня – поліпшення до твердості 269...302НВ.

2.7.1 Контактна міцність

Розрахункове напруження

$$\sigma_H = \frac{z_\sigma}{a_{w34}} \cdot \sqrt{\frac{K_H \cdot T_3^{\max} \cdot (u_{34} + 1)^3}{b_4 \cdot u_{34}}}; \quad (2.17)$$

де:

$z_\sigma = 8400$ - для косозубих передач, $[МПа]^{1/2}$;

$[\sigma]_H$ - допустиме контактне напруження;

$b_4 = 82\text{мм}$ - ширина зубчастого колеса;

K_H - коефіцієнт навантаження;

η_u - ККД передачі.

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Допустиме напруження визначимо

$$[\sigma]_H = \sigma_{H \text{ lim}} \cdot \frac{z_N \cdot z_R \cdot z_V}{S_H} \quad (2.18)$$

де:

$\sigma_{H \text{ lim}}$ - межа контактної витривалості.

Згідно [5]: $\sigma_{H \text{ lim}} = 23 \cdot HRC = 23 \cdot 60 = 1380$ МПа;

z_N - коефіцієнт довговічності: $z_N = \sqrt[6]{N_{HG}/N_K}$,

де:

$N_{HG} = 30 \cdot HB_{cp}^{2.4} \leq 12 \cdot 10^7$ ($60HRC = 600HB$) – число циклів.

Так як $30 \cdot 600^{2.4} = 1,4 \cdot 10^8 \geq 12 \cdot 10^7$, маємо $N_{HG} = 12 \cdot 10^7$;

Коефіцієнт довговічності складає $z_N = 1,41$;

z_R - коефіцієнт, який враховує вплив шорсткості, для шліфованої поверхні маємо $z_R = 1$;

$z_V = 1$ - коефіцієнт, що враховує вплив колової швидкості;

S_H - коефіцієнт запасу міцності, приймаємо $S_H = 1,1$;

Маємо $[\sigma_H] = \sigma_{H \text{ lim}} \cdot \frac{z_N}{S_H} = 1380 \cdot \frac{1,41}{1,1} = 1769$ МПа.

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Визначимо коефіцієнт навантаження

$$K_H = K_{Hv} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha} \quad (2.19)$$

де K_{Hv} - динамічний коефіцієнт, згідно [5] $K_{Hv} = 1,01$;

$K_{H\beta}$ - коефіцієнт контактного навантаження; $K_{H\beta} = 1 + (1,4 - 1) \cdot 0,8 = 1,32$;

ψ_{bd} - коефіцієнт ширини колеса; $\psi_{bd} = \frac{b_4}{d_3} = \frac{82}{70} = 1,17$;

K_{HV} - коефіцієнт, що враховує пропрацьовування зубців, для $v = 0,285 \text{ М/сек} < 1 \text{ М/сек}$, маємо $K_{HV} = 0,8$.

$K_{H\alpha}$ - коефіцієнт розподілу навантаження між зубцями
 $K_{H\alpha} = 1 + (K_{H\alpha}^0 - 1) \cdot K_{HV}$,

де $K_{H\alpha}^0$ - початкове його значення, що визначається: $K_{H\alpha}^0 = 1 + A \cdot (n_{ст} - 5)$

тут $A = 0,15$, що відповідає твердості H_1 и $H_2 > 350 \text{ HB}$;

а $n_{ст} = 6$ - степінь точності.

Маємо

$$K_{H\alpha}^0 = 1 + 0,15 \cdot (6 - 1) = 1,15;$$

$$K_{H\alpha} = 1 + (1,15 - 1) \cdot 0,8 = 1,12.$$

$$K_H = 1,01 \cdot 1,32 \cdot 1,12 = 1,49 \approx 1,5$$

З урахуванням визначених величин, маємо

$$\sigma_H = \frac{8400}{250} \cdot \sqrt{\frac{1,5 \cdot 8000 \cdot (2,93 + 1)^3}{82 \cdot 2,93}} = 985 \text{ МПа} < 1769 \text{ МПа}$$

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

2.7.2 Згинальна міцність

Розрахункове значення

$$\sigma_{F2} = \frac{K_F \cdot F_t}{b_2 \cdot m} \cdot Y_{FS2} \cdot Y_\beta \cdot Y_\varepsilon, \quad (2.20)$$

де:

K_F - коефіцієнт навантаження за умови дії згинальних навантажень;

$[\sigma]_F$ - допустиме напруження згину;

F_t - колова сила.

Допустиме напруження

$$[\sigma]_F = \sigma_{F \text{ lim}} \cdot \frac{Y_N \cdot Y_R \cdot Y_A}{S_F}, \quad (2.21)$$

де:

$\sigma_{F \text{ lim}}$ - межа витривалості $\sigma_{F \text{ lim}} = 900$ МПа;

Y_N - коефіцієнт довговічності $Y_N = \sqrt[q \frac{N_{FG}}{N_K}] = 1,08$;

де:

$q = 9$ - коефіцієнт, який залежить від термічної обробки;

$N_{FG} = 4 \cdot 10^6$ - число циклів;

N_K - ресурс у циклах (за умови $N_K > N_{FG}$ маємо $N_K = N_{FG}$);

Y_R - коефіцієнт шорсткості, $Y_R = 1,2$;

$Y_A = 1$ навантаження на зубці двобічне [7];

$S_F = 1,55$ - коефіцієнт запасу міцності, для ТО - цементация.

Врахувавши обрані коефіцієнти, маємо

$$[\sigma]_F = \sigma_{F \text{ lim}} \cdot \frac{Y_N \cdot Y_R}{S_F} = 900 \cdot \frac{1,08 \cdot 1,2}{1,55} = 752 \text{ МПа}.$$

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Сили, що діють у передачі

$$\text{Колова} \quad F_t = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot T_3}{d_3} \quad (2.22)$$

При $d_3 = 70 \text{ мм}$, маємо $F_t = 2 \cdot 10^3 \cdot \frac{8000}{70} = 228 \cdot 10^3 \text{ Н}$

Умова міцності виконана: $358 \text{ МПа} < 752 \text{ МПа}$

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Призначення та короткий опис конструкції

Механізм пересування крана призначений для пересування козлового контейнерного крана рейковим шляхом. Приводними є 8 із 16 коліс крана. Пересувається кран на складі контейнерів за допомогою рейкового ходового пристрою на сталевих ходових колесах з приводом механізму пересування по кранових коліях. Механізм складається з двигуна, зубчастої муфти, редуктора, гальма. Гальмо встановлене на швидкохідному валу. Обертальний момент передається від двигуна, через зубчасту муфту, на швидкохідний вал редуктора. До приводного колеса крутний момент передається через шліцеве з'єднання порожнистого вихідного валу редуктора.

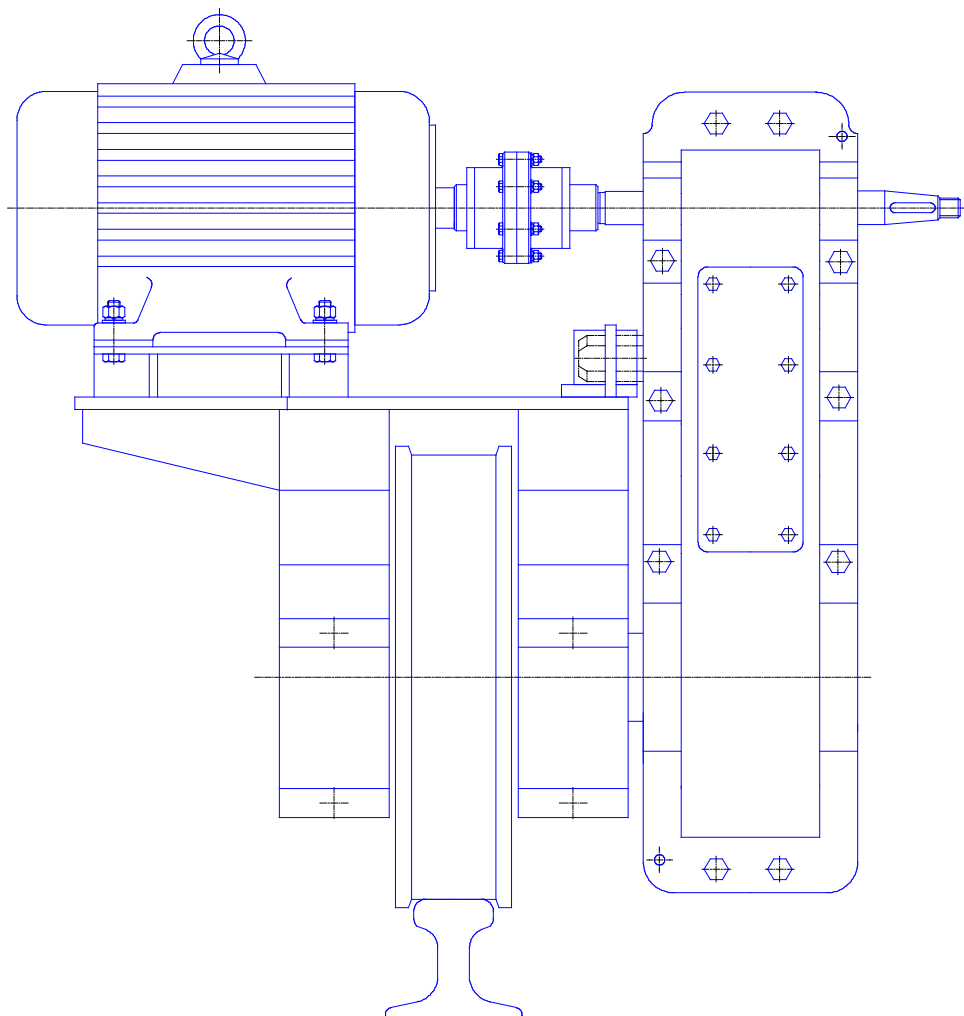


Рисунок 3.1

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Привод містить двигун, зубчасту муфту, редуктор. З'єднання валів вимагає дотримання вимог співвісності, які необхідно забезпечити під час складальних робіт.

Забезпечити співвісність можна за рахунок регулювання нахилу осей валів, а також забезпечення їхнього переміщення по потребі у вертикальній та горизонтальній площинах.

Слід зауважити, що колеса приводного возика інтенсивно зношуються.

Враховавши ці особливості процес складання потрібно проводити із урахуванням певних вимог, а саме:

1) під час збирання потрібно слідкувати щоб реборди коліс розташувались в одній площині;

2) вісі коліс повинні бути паралельними.

З урахуванням цього розробимо процес збирання виробу.

Процес складання починаємо з вибору базового виробу. Прийmemo у якості базового виробу – ходові колеса, тобто весь процес складання почнемо саме з них.

Після того, як встановили колеса, встановимо раму.

Проводимо складання валу, а саме встановимо на нього вальниці кочення, після чого вал у зборі можна встановити у корпус.

Наступним кроком буде встановлення кришки корпусу й формування з'єднання болтового за рахунок прикладання сил затягування.

Складання механізму пересування починається з установки ходових коліс.

Рама візка встановлюється у положення, перевернуте щодо робітника на 180 градусів. Вал (вісь) у зборі з підшипниками встановлюється в корпус, закривається кришкою та затягується двома болтами.

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

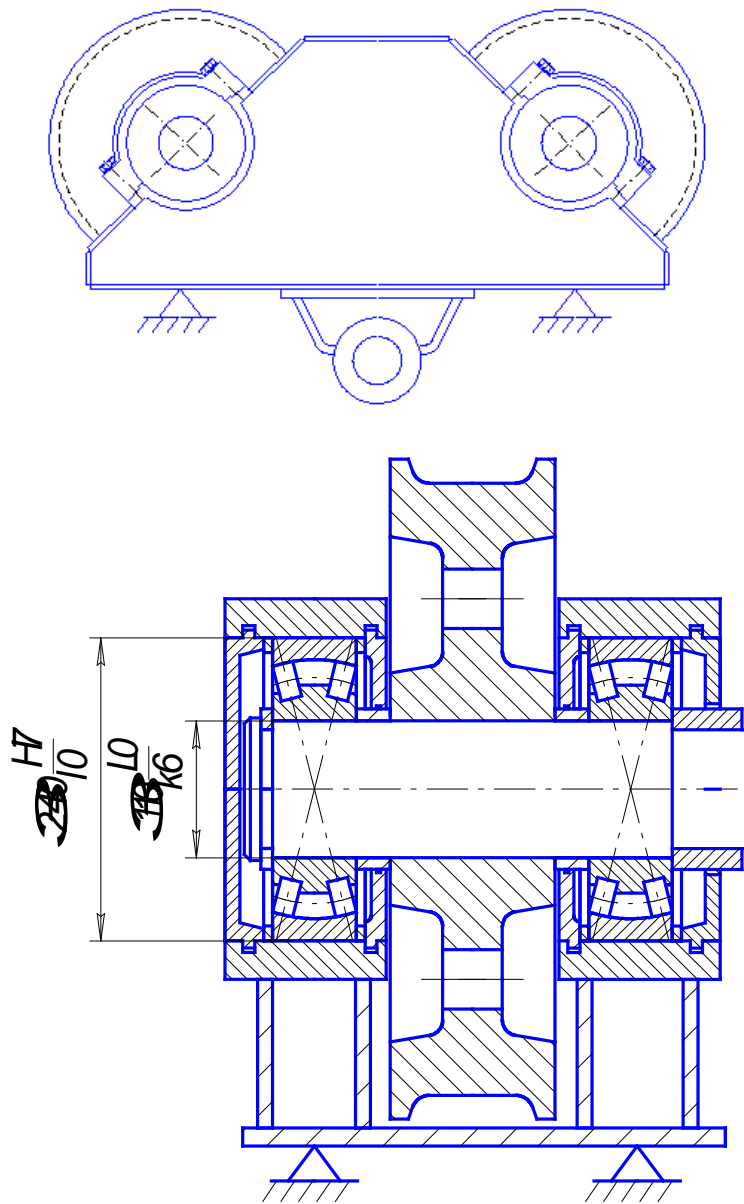


Рисунок 3.2 Складальні одиниці при збиранні ходової частини

Для вимірювання похибки розташування ходових коліс обираємо приспособлення, яке складається з штанги, жорстко закріпленої на колесі (рис. 3.3). Контроль відхилень площин проводимо з точністю до 3 мм.

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

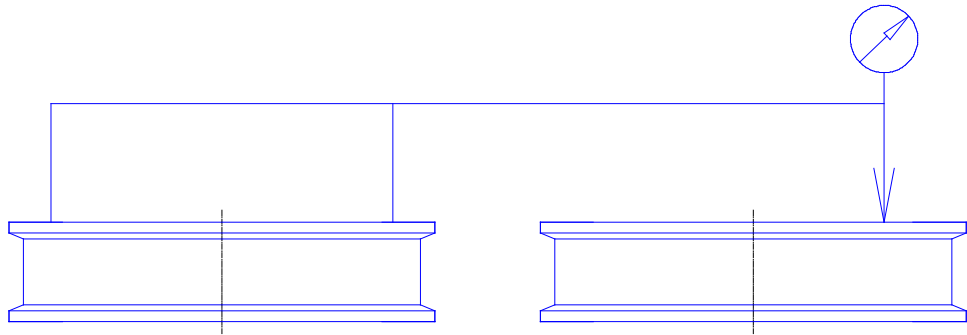


Рисунок 3.3. Приспособлення для контролю відхилення відстані між осями коліс

Наступний етап процесу складання – встановлення редуктора (рис. 3.4). Фіксуємо тихохідний вал редуктора на валу приводного колеса при цьому використовуємо упор у буртик, закріплюємо редуктор болтами, які фіксують шайбою.

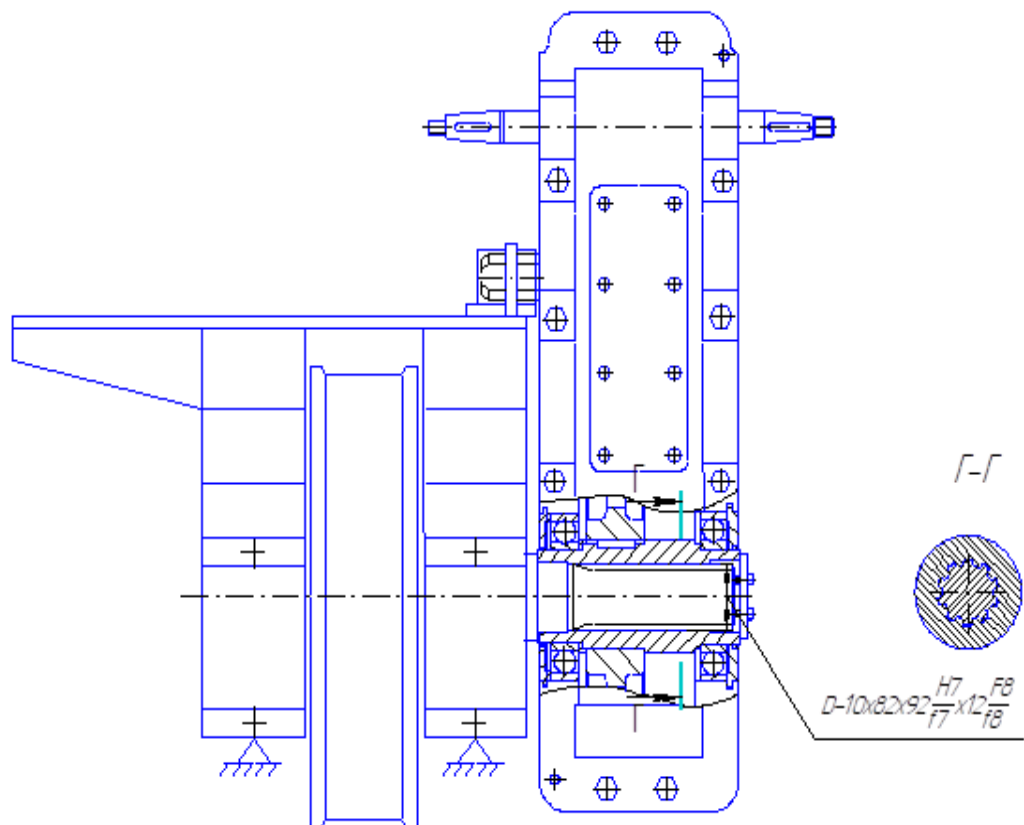


Рисунок 3.4 Етап установки редуктора при збиранні

Наступний етап. Беремо електродвигун, подаємо його у зону збирання за допомогою спеціального устаткування. Закріплюємо його. Контролюємо

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

співвісність валів двигуна й вихідного валу редуктора. Після цього можна закріпити двигун болтами.

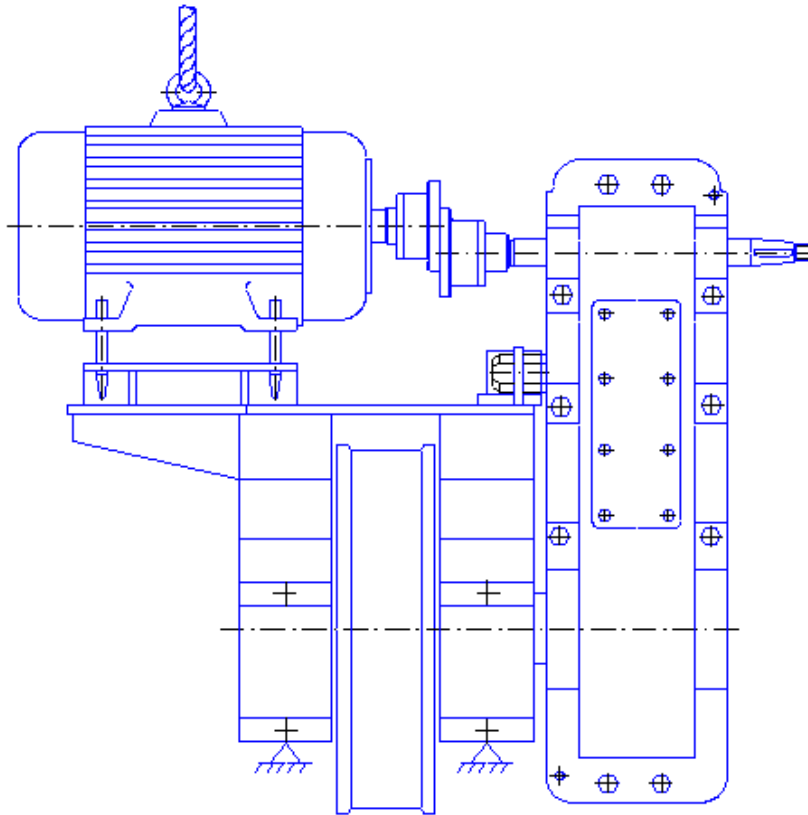


Рисунок 3.5 Закріплення двигуна

Далі беремо муфти. За допомогою муфти зєднаємо валі. При цьому одна пів муфта надівається на вал двигуна, інша- вихідний вал редуктора.

Беремо шість болтів, з'єднуємо пів муфти (рис. 3.6).

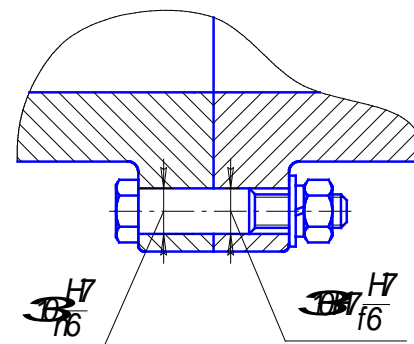


Рисунок 3.6 Кріплення пів муфт болтами

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Кран козловий контейнерний вантажопідйомністю 32т, встановлений на заводському контейнерному майданчику.

Кран експлуатується на відкритому повітрі. Перерахуємо екологічні фактори, які мають негативний вплив на персонал при експлуатації крану. Для зручності згрупуємо їх.

- 1) Фактори постійної дії;
- 2) Фактори, які виникають за умов виникнення відхилень у роботі крану;

До першої групи відносимо: вібраційні навантаження, значна висота розташування робочого місця; наявність кабелю великої напруги.

До другої групи: шум.

Згідно Типова інструкція для кранівників (машиністів) з безпечної експлуатації мостових і козлових кранів [10]:

1.1. Відповідно до Правил пристрою та безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів, мостові та козлові крани відносяться до кранів мостового типу.

1.2. Мостові та козлові крани відносяться до вантажопідйомних машин. підвищеної небезпеки. Вони застосовуються для ведення вантажно-розвантажувальних робіт, монтажу, демонтажу та ремонту обладнання, а також використовуються у технологічних процесах виробництва для переміщення вантажів.

1.3. Основними причинами аварій та нещасних випадків при експлуатації мостових та козлових кранів є:

- 1) несправність гальм, кінцевих вимикачів механізмів підйому вантажу, пересування крана та візка, блокування дверей кабіни та люка для виходу на міст крана;
- 2) обрив вантажних канатів;
- 3) руйнування металоконструкцій (опор, прогонових балок, візків тощо);

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 4) несправність кранового шляху та тупикових упорів;
- 5) викрадення крана вітром;
- 6) управління краном ненавченими робітниками;
- 7) несправність електрообладнання та травмування працюючого електричним струмом;
- 8) недотримання марочної системи під час роботи на мостових кранах;
- 9) відсутність або несправність огорожень майданчиків і частин, що обертаються;
- 10) недотримання заходів безпеки, зазначених у наряді-допуску, під час виконання робіт на кранових коліях та прохідних галереях;
- 11) несправність канатів, вантажозахоплювальних органів та знімних вантажозахоплювальних пристроїв;
- 12) підйом вантажу при похилому положенні канатів;
- 13) неправильне стропування вантажів, перевантаження або переповнення тари;
- 14) знаходження людей у напіввагонах та інших транспортних засобах при їх завантаженні та розвантаженні;
- 15) недотримання порядку та габаритів складування вантажів;
- 16) знаходження людей у зоні дії магнітних і грейферних кранів і під вантажем, що переміщується.

1.4. Безпечна експлуатація мостових та козлових кранів залежить від умілих та правильних дій кранівника (машиніста)*, який має відповідну кваліфікацію.

Згідно рекомендацій, наведених у [11] Вантажопідіймальний кран – машина циклічної дії, призначена для підймання та переміщення у просторі вантажу, підвішеного за допомогою гака чи утримуваного іншим вантажозахоплювальним органом (частина 4 п. 1 глави 2 розділу I Правил охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання, НПАОП 0.00-1.80-18).

Вантажозахоплювальний орган – обладнання (гак, грейфер (канатний, моторний), вантажопідіймальний магніт (електричний, електропостійний,

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

постійний), вила тощо) для підвішування, захоплювання чи підхоплювання вантажу (частина 2 п. 1 глави 2 розділу I НПАОП 0.00-1.80-18).

Вантажозахоплювальні органи можуть містити в собі додаткові пристрої для обертання вантажу, заспокоювачі розгойдування вантажу тощо

ВПК класифікують:

1) за призначенням:

- навантажувально-розвантажувальні (призначені для навантажувально-розвантажувальних робіт);
- монтажні (призначені для монтажу певних конструкцій);
- спеціальні (спеціального призначення);

2) за конструкцією:

- мостовий кран (кран, несучі елементи конструкції якого опираються безпосередньо на кранову колію);
- козловий кран (кран, несучі елементи конструкції якого опираються на кранову колію опорними стояками);
- кабельний кран (кран, несучими елементами якого є канати, закріплені у верхній частині опорних щогл);
- порталний кран (пересувний поворотний кран на порталі, призначеному для пропускання залізничного чи автомобільного транспорту);
- баштовий кран (кран поворотний зі стрілою, закріпленою у верхній частині вертикальної башти);
- залізничний кран (кран вантажопідіймальний пристрій), змонтований на платформі або на залізничному спеціальному рухомому складі (дрезина, автомотриса тощо), що пересувається залізничною колією);

3) за приводом:

- електричні (мають електричний двигун);
- гідравлічні (мають гідравлічний двигун);
- комбіновані;

4) за типом вантажозахоплювального органа:

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

- крюкові (мають крюк як вантажозахоплювальний орган);
- захватні (грейферні) – вантажозахоплювальний орган – грейфер;
- магнітні (вантажозахоплювальний орган – магніт).

Таке різноманіття типів ВПК не спричинить великих проблем щодо їх закупівлі (на відміну від експлуатації). На сьогодні ВПК можна придбати безпосередньо від українських виробників.

В Україні повинні експлуатуватись лише ВПК, що відповідають Технічному регламенту безпеки машин (постанова КМУ від 30.01.2013 № 62). Підтвердженням відповідності ВПК вимогам технічного регламенту є декларація про відповідність машини вимогам технічного регламенту та сертифікат перевірки типу машини.

4.1 Організація безпечної експлуатації ВПК

П'ять етапів експлуатації ВПК:

- введення в експлуатацію (монтаж);
- використання за призначенням;
- технічне обслуговування і ремонт;
- зберігання;
- виведення з експлуатації (демонтаж).

До кожного етапу експлуатації нормативними документами встановлено певні вимоги.

ВПК віднесено до обладнання підвищеної небезпеки (п. 7 групи А постанови КМУ від 03.02.2021 № 77 «Про затвердження переліку машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки та внесення змін до деяких постанов КМУ»).

Відповідно до пунктів 5, 11, 20 групи А додатка 2 Порядку видачі дозволів на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки, затвердженого постановою КМУ від 26.10.2011 № 1107 (далі – Порядок видачі

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

дозволів) «монтаж, демонтаж, налагодження, ремонт, технічне обслуговування, реконструкцію» та «технічний огляд, випробування, експертне обстеження (технічне діагностування)» ВПК, а також «вантажно-розвантажувальні роботи за допомогою машин і механізмів» потрібно виконувати на підставі дозволу, який видає Держпраці. Чинне законодавство передбачає можливість залучення на договірних умовах до зазначених вище робіт іншого суб'єкта господарювання, що спеціалізується на виконанні цих робіт та має відповідний документ дозвільного або декларативного характеру.

Вимоги щодо отримання дозволу діють у мирний час. Та у зв'язку із введенням в Україні воєнного стану, відповідно до постанови КМУ від 24.03.2022 № 357 «Деякі питання виконання робіт підвищеної небезпеки та експлуатації (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки на період дії воєнного стану» зазначені види робіт можна здійснювати на підставі подання декларації відповідності матеріально-технічної бази вимогам законодавства з питань охорони праці. [6].

4.2 Розрахунок гальмівного устаткування

За умови, що на кран діють несприятливі навантаження, що можуть викликати його рух у неробочому стані, спрацьовують гальма й додатковим устаткуванням, яке утримує конструкцію крану від руху є механізм протиугінний. Розрахунок якого й подамо нижче.

Запас гальмівного зусилля, що забезпечується гальмами механізму пересування крана:

$$P_T = \frac{k \cdot M_T \cdot U_P}{D_{X.K} \cdot \eta}; \quad (4.1)$$

Де:

$k = 8$ – число гальм механізму пересування;

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

M_T - Гальмівний момент, що розвивається гальмом механізму пересування крана;

U_p - Фактичне передатне число редуктора;-

$D_{X.K}$ - діаметр колеса ;

$\eta = 0,93$ – КПД механізма.

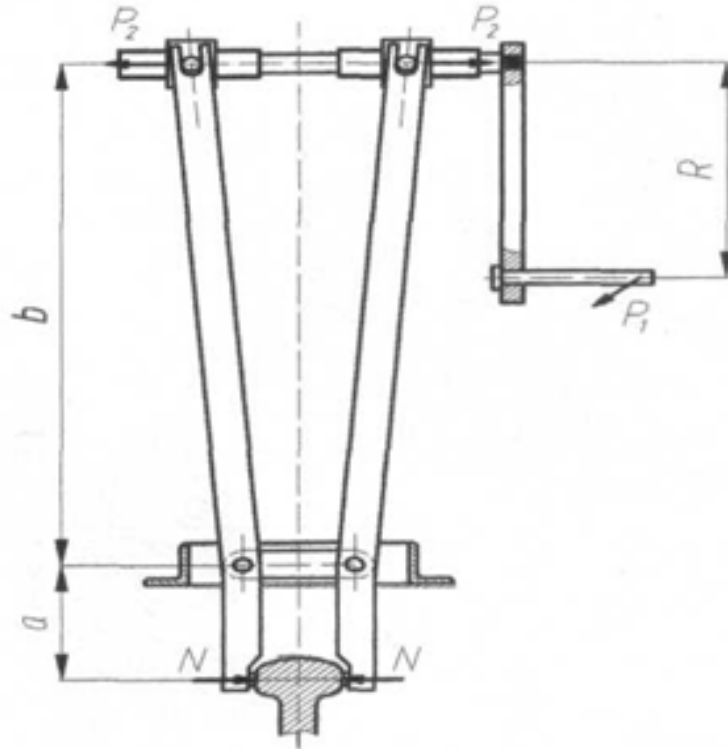


Рисунок 4.1 Розрахункова схема протиугінного устаткування

Маємо

$$P_T = \frac{8 \cdot 196,2 \cdot 25}{0,56 \cdot 0,93} = 148791H$$

Визначаємо запас зчеплення:

$$n_T = \frac{P_T}{(W_{BH} + W_{YK} - W_T)}$$

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$W_{BH} = 185479H$ – навантаження, яке враховують у неробочому стані, і яке залежить від сили вітру;

$W_{YK} = 2024H$ – горизонтальна складова сили, яка діє вздовж підкранового шляху; $W_T = 6051H$ - опір що виникає на площадці дотику коліс ходових із опорою.

Маємо

$$n_T = \frac{148791}{(185479 + 2024 - 6051)} = 0,82$$

Згідно правил безпеки допустима величина запасу гальмівного зусилля становить

$$- n_{УД} = 1,2.$$

Згідно наведених розрахунків, робимо висновок, що гальмівне зусилля забезпечується протиугінним устаткуванням:

$$P_{УД} = n_{УД} \left((W_{BH} + W_{YK}) - (P_T + W_T) \right) = 1,2(185479 + 2024 - 148791 - 6051) = 32661H$$

На рис. 4.1 приведено схему до розрахунку протиугінного захвату. На схемі позначено наступне:

$P_1 = 80H$ - зусилля, яке прикладає робітник до рукояті;

$R = 500\text{мм}$ - довжина рукояті;

$b = 900\text{мм}$ - більше плече важеля;

$a = 180\text{мм}$ - менше плече;

$d_{cp} = 44\text{мм}$ - середній діаметр різі гвинта.

Визначимо момент, який виникає від дії сили, яку створює робітник у момент натискання на рукоять:

$$M = P_1 \cdot R = 80 \cdot 0,5 = 40H \cdot \text{м}$$

Визначимо силу на більшому плечі важеля. Тут необхідно врахувати вплив нарізаної трапецеподібної різі. З цією метою визначимо коефіцієнт тертя і кут тертя.

Маємо

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$$f' = \frac{f}{\cos \phi}$$

де ϕ – половина кута профілю різи $2\phi = 30^\circ$; $\phi = 15^\circ$

$f = 0,22$ – коефіцієнт тертя сталі по сталі.

$$f' = \frac{0,22}{\cos 15^\circ} = 0,227$$

Тоді: $\rho = \arctg f$. $\rho = \arctg 0,227 = 12^\circ$ - кут тертя

$$\text{Відповідно } P_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{M}{\frac{d_{cp}}{2} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho)} = \frac{M}{d_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho)}$$

де: $\alpha = 3^\circ$ – кут підйому різи гвинта (різь трапецеподібна 48x8);

Визначимо зусилля затискання рельси захоплювачем

$$N = \frac{P_2 \cdot b}{a} = \frac{M \cdot b}{d_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho) \cdot a}$$

Маємо

$$N = \frac{40 \cdot 0,9}{0,044 \cdot \operatorname{tg}(3 + 12) \cdot 0,18} = 16963H$$

Для одного захоплювача сила становить $P_{УД} = 2 \cdot N \cdot \mu$

Коефіцієнт тертя μ за умови, що губки захоплювача виконано зі сталі 65Г дорівнює 0,3.

З врахуванням означеного, маємо

$$P_{УД} = 2 \cdot N \cdot \mu = 2 \cdot 16963 \cdot 0,3 = 10178H$$

Кран повинен надійно фіксуватись на рельсах, тому приймаємо чотири захоплювачі. За цієї умови сила зростає до наступного значення

$$P_{УД} = 4 \cdot P_{УД1} = 4 \cdot 10178 = 40713H.$$

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній бакалаврській роботі запропоновано для розвантаження-завантаження контейнерів застосовувати козловий контейнерний кран із заміною вантажозахоплюючого устаткування на спредер.

Застосування такої конструкції захоплювального устаткування дозволить підвищити точність захоплення, збільшити продуктивність виконання робіт, крім того за умови застосування такої конструкції устаткування дає можливість частково автоматизувати процес завантаження.

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Київський завод ПТО [Електронний ресурс]. Режим доступу:
<https://kzpto.com.ua/uk/kozlovi-krani/?gclid>
2. Т. М Міненкова., О. О.Шупаєнко та ін.. Козловий консольний кран. Патент № 2793. Україна. Заявл. 22.11.1993. Опубл. 26.12.1994. Бюл. № 4.
3. Іванченко Ф. К. Підйомно-транспортні машини / Ф. К. Іванченко. – К. : Вища школа, 1993. – 413 с.
4. Атлас конструкцій підйомно-транспортних машин / В. О. Білостоцький, Д. І. Мазоренко, Л. М. Тіщенко та ін. – Харків: ХНТУСГ, 2008. – Ч. I. Крани і кранові механізми. – 2008. – 100 с. - Ч. II. Транспортуючі машини. – 2009. – 98 с.
5. Курмаз Л. В. Основи конструювання деталей машин : навч. посібник / Л. В. Курмаз. – Харків : Видавництво «Підручник НТУ ХП», 2010. – 532 с.
6. Іванченко Ф. К. Підйомно-транспортні машини / Ф. К. Іванченко. – К. : Вища школа, 1993. – 413 с.
7. НПАОП 0.00-1.80-18 Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання
Дата прийняття 19.01.2018
8. Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання
<https://oppb.com.ua/news/pravy-la-ohorony-praci-pid-chas-ekspluatatsiyi-vantazhopidiymalnyh-kraniv-pidiymalnyh-prystroyiv>
9. <http://www.booksgid.com/technology/19937-.html>
10. <http://www.booksgid.com/technology/19937-.html>.
11. Деталі машин [Текст]: навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування» денної та заочної форм навчання / М.П. Ярошевич, М.М. Толстушко, В.Л. Мартинюк. – Луцьк: Луцький НТУ, 2014. – 272 с.
12. Деталі машин [Текст]: конспект лекцій для студентів напряму підготовки

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк. 61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.050503 «Машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. М.М. Толстушко, В.Л. Мартинюк. – Луцьк: Луцький НТУ, 2016. – 96 с.

13. Деталі машин. Електронний навчальний посібник для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної скорочених форм навчання. Луцьк : Луцький НТУ, 2018.

					КРБ 0039.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62