

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

ННІ/факультет	Навчально-науковий технологічний інститут
Кафедра	Інжинірингу з галузевого машинобудування
Спеціальність	133 Галузеве машинобудування
Форма навчання	Денна

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКЛАВРА

Циганков Родіон Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему

Модернізація привода повороту вантажного візка електромостового крану з підхватом Цеху Блюмінг Прокатного департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

(повна назва теми)

за матеріалами

Цеху Блюмінг Прокатного департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

(повна назва бази дослідження)

науковий керівник д.т.н., професор

(наук. ступінь, вчене звання)


(підпис)

Учитель О. Д.

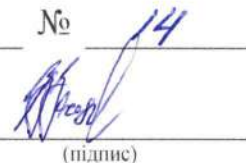
(прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кафедри

від 14 червня 2025 р № 14

Завідувач кафедри


(підпис)

д.т.н., професор

(наук. ступінь, вчене звання)

В. Й. Засельський

(ініціали, прізвище)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра Інжинірингу з галузевого машинобудування

Рівень вищої освіти _____ Перший (бакалаврський) _____

Спеціальність _____ 133 «Галузеве машинобудування» _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ ІГМ _____



(підпису)

проф., д.т.н., Засельський В. Й.

(посада, вчене звання, прізвище ініціали)

« 14 »

квітня 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА ЗДОБУВАЧА(КИ)

Циганков Родіон Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра

Модернізація привода повороту вантажного візка електромостового крану з підхватом Цеху Блюмінг Прокатного департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

керівник кваліфікаційної роботи бакалавра Учитель О. Д., д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «04» квітня 2025 р. № 242-ст

2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи до кафедри 07.06.2025

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра

Умови виробництва Цеху Блюмінг Прокатного департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Конструкція та технічна характеристика електромостового крану з підхватом, інформація про недоліки конструкції.

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

4.1 Аналітична частина;

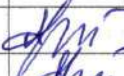





4.2 Основна частина;

4.3 Організація безпечного виробництва

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

1 аркуш формату А1 складальний кресленник: механізм повороту візка

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	Учитель О. Д., професор	 14.04.25	 14.04.25
Основна частина	Учитель О. Д., професор	 14.04.25	 14.04.25
Організація безпечного виробництва	Учитель О. Д., професор	 14.04.25	 14.04.25

7. Дата видачі завдання 14 квітня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
	Аналітична частина	28.04.2025	вик.
	Основна частина	16.05.2025	вик.
	Організація безпечного виробництва	21.05.2025	вик.
	Оформлення пояснювальної записки	26.05.2025	вик.
	Виконання графічної частини	04.06.2025	вик.
	Подання роботи до кафедри	07.06.2025	вик.
	Захист роботи в ЕК	17-18.06.2025	вик.

Здобувач (ка)


(підпис)

Циганков Р. І.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

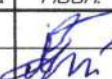
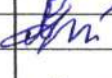

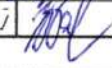

(підпис)

Учитель О. Д.

(прізвище та ініціали)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. арк.	№ екз.	Примітка
1						
2			Документація загальна			
3						
4			Заново розроблена			
5						
6	A1	КРБ.133.25.04.00.00.000.СБ	Складальний кресленик	1	-	
7	A4	КРБ.133.25.04.ПЗ	Пояснювальна записка	42	-	
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						

133.25.04.КРБ

Зм.	Арк.	№ документа	Підп.	Дата
Розробив		Циганков		07.06.25
Перевірив		Учитель		12.06.25
Н.контр.		Учитель		13.06.25
Затвердив		Засельський		14.06.25

Механізм повороту візка електромостового крану з підхватом
Відомість кваліфікаційної роботи бакалавра

Літ.	Аркуш	Аркушів
Б		1
ННТІ ДЧЕТ кафедра ІГМ гр. МО-21		

Копіював

Формат А4

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра: 42 стор., 10 рис., 3 табл., 1 додаток, 10 джерел.

Об'єкт розробки — привода повороту вантажного візка електромостового крану з підхватом.

Мета розробки — зменшення витрат електроенергії на захват і транспортування металу, за рахунок розробки механізму повороту візка.

Метод досліджень — аналітичний – аналіз виявлених технічних рішень з метою можливості їх застосування для удосконалення конструкції електромостового крану з підхватом.

В роботі запропонована модернізація привода повороту вантажного візка шляхом збільшення кількості його опор та застосування мотор-редукторів.

Запропонована модернізація дозволить покращити експлуатаційні характеристики крану, усунути причини виникнення компресійних напружень в металоконструкції візка.

Результати роботи можуть бути використані при модернізації електромостового крану з підхватом.

Ключові слова: мотор-редуктор, перекис, візок, механізм повороту, підхват.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Призначення і область застосування обраної для вдосконалення машини.....	8
1.2 Технічна характеристика машини-прототипу	8
1.3 Опис конструкції машини-прототипу.....	8
1.4 Аналіз недоліків	14
1.5 Передбачувані причини недоліків	15
1.6 Постановка задачі	16
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	18
2.1 Літературно-патентний огляд.....	18
2.2 Пропозиції по модернізації.....	27
2.3 Переваги пропонованої конструкції	29
2.4 Розрахунки по модернізації.....	30
РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА	36
3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників.....	36
3.2 Заходи по зниженню і усуненню шкідливих і небезпечних чинників	37
ВИСНОВКИ	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	41
ДОДАТКИ	42

ВСТУП

Забезпечення ефективності транспортних операцій у металургійних цехах є центральним завданням для оптимізації виробничих процесів та своєчасного випуску кінцевої продукції. Внутрішньоцехові транспортні засоби, зокрема вантажопідйомні механізми, виконують інтегруючу функцію, пов'язуючи окремі стадії технологічного циклу.

В умовах розвитку потокових ліній, міжцехового та внутрішньоцехового транспорту, а також інтенсифікації вантажно-розвантажувальних операцій, виникає потреба у диференційованому застосуванні підйомне-транспортних машин і механізмів. Це свідчить про трансформацію їхньої ролі від допоміжної до стратегічно важливої складової виробничого процесу. Ступінь насиченості виробництва засобами механізації трудомістких та важких робіт, а також рівень механізації технологічного процесу, безпосередньо відображають технологічну зрілість підприємства.

Оптимальний вибір підйомне-транспортувального обладнання є критичним чинником для забезпечення безперебійної роботи та досягнення високих показників продуктивності праці. Підтримання стабільного ритму виробництва в умовах його інтенсифікації є неможливим без узгодженого та безвідмовного функціонування сучасних систем транспортування сировини, напівфабрикатів та готової продукції на всіх етапах обробки та складування.

Сучасні вантажопідйомні пристрої, що характеризуються високими швидкостями та значною вантажопідйомністю, є результатом еволюційного розвитку інженерних рішень. На сучасному етапі розвитку галузі, пріоритетним напрямком є уніфікація ключових компонентів обладнання та впровадження швидкозмінних елементів. Це дозволяє суттєво скоротити номенклатуру виробів, підвищити якість виготовлення та оптимізувати процеси обслуговування вантажопідйомних механізмів.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Призначення і область застосування обраної для вдосконалення машини

Електромостовий кран з підхватом (пакетуючий кран) виконує ключові функції з переміщення та транспортування металевих пакетів, як гарячих, так і охолоджених. Він забезпечує їх переміщення з холодильних установок на приймальні решітки прокатних станів, формування штабелів, завантаження на передавальні візки, залізничні вагони та розміщення на стелажах для вирубки. Крім основної функції, цей кран також активно використовується як монтажний для виконання ремонтних робіт, а також для прибирання окалини та обрізків зі стелажів. [1]

Цей кран розташований на дільниці готової продукції у цеху Блюмінг ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Він розміщений у першому прольоті цеху готової продукції і обслуговує лінії трьох різних прокатних станів: дві гілки третього дротового стану; дві гілки четвертого дрібносортового стану; дві гілки п'ятого дрібносортового стану.

1.2 Технічна характеристика машини-прототипу

Технічна характеристика електромостового крану з підхватом наведено в табл. 1.1.

1.3 Опис конструкції машини-прототипу

На рис 1.1 представлено загальний вигляд крана з підхватами. Зварний міст 1 крана спирається на чотири двоколісні балансирні візки 2.

Таблиця 1.1

Технічна характеристика електромостового крану з підхватом

Найменування параметру	Од. вим.	Значення
Вантажопідйомність:		
– механізм головного підйому	т	16
– механізм перекидання підхватів		5
Маса крану	т	150
Механізм пересування крану:		
– тип електродвигуна	–	МТН 611-10
– потужність	кВт	45
– швидкість обертання	хв ⁻¹	510
– тип редуктора	–	Ц2-500-8,32К
– тип гальма	–	ТКП-400
– швидкість пересування	м/хв	158
– діаметр ходового колеса	мм	710
Поворотний візок		
Механізм пересування:		
– тип електродвигуна	–	МТ412-9
– потужність	кВт	18
– тип редуктора	–	РСМ-850
– діаметр ходового колеса	мм	630
– швидкість пересування	м/хв	60
Механізм повороту візка:		
– тип електродвигуна	–	МТН312-6
– потужність	кВт	13
– частота обертання ротора	хв ⁻¹	950
– тип редуктора	–	Ц2-400
– відкрита зубчаста передача	–	36,11
– тип гальма	–	ТКП-300
– кількість опорних коліс	шт	3
– діаметр колеса	мм	630
– швидкість повороту	хв ⁻¹	3,7
Механізм підйому:		
– тип електродвигуна	–	МТН-712-10
– потужність	кВт	12
– частота обертання	хв ⁻¹	385
– тип редуктора	–	Ц2-1000-30,94Ц
– тип гальма	–	ТКП-300
– діаметр барабана	мм	900
– діаметр каната	мм	27

Продовження табл. 1.1

Найменування параметру	Од. вим.	Значення
– швидкість підйому	м/хв	13,5
Механізм перевертання підхватів:		
– тип електродвигуна	–	МТН411-6
– потужність	кВт	22
– частота обертання	хв ⁻¹	950
– тип редуктора	–	Ц2-400-24,9-4Ц
– тип гальма	–	ТКП-300
– діаметр барабана	мм	400
– діаметр каната	мм	14
– висота підйому	м	6,62
– швидкість механізму	–	90° за 7с

Джерело: розроблено із використанням [2]

Ці візки, окрім основних ходових коліс, оснащені горизонтальними роликками з обох боків підкранової рейки, що забезпечує стабілізацію. Кожен балансірний візок має індивідуальний привод на одне колесо.

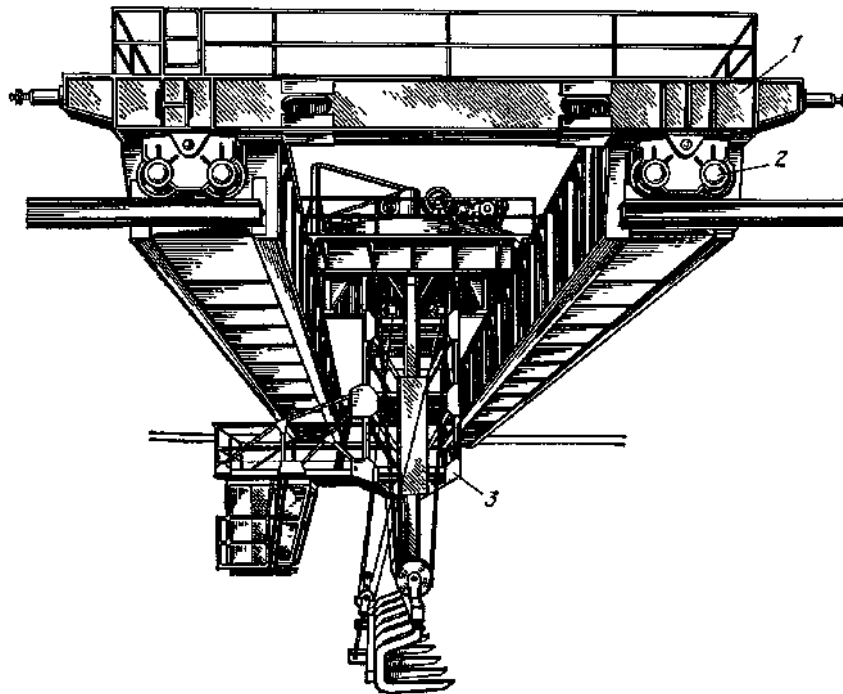


Рис. 1.1. Електромостовий кран з підхватами

Джерело: розроблено із використанням [3]

Поворотний візок 3 з підхватами детально показаний на рис 1.2. Його основою є нижня неповоротна частина 1. Рама цієї частини обладнана чотирма ходовими колесами 3 і рухається вздовж моста по рейках, що прокладені по верхньому поясу головних балок моста. На рамі закріплені кругові рейки 18, на які спирається рама верхньої поворотної частини візка за допомогою трьох конічних котків 20. Від горизонтального зміщення її утримують бічні ролики 21 на вертикальних осях.

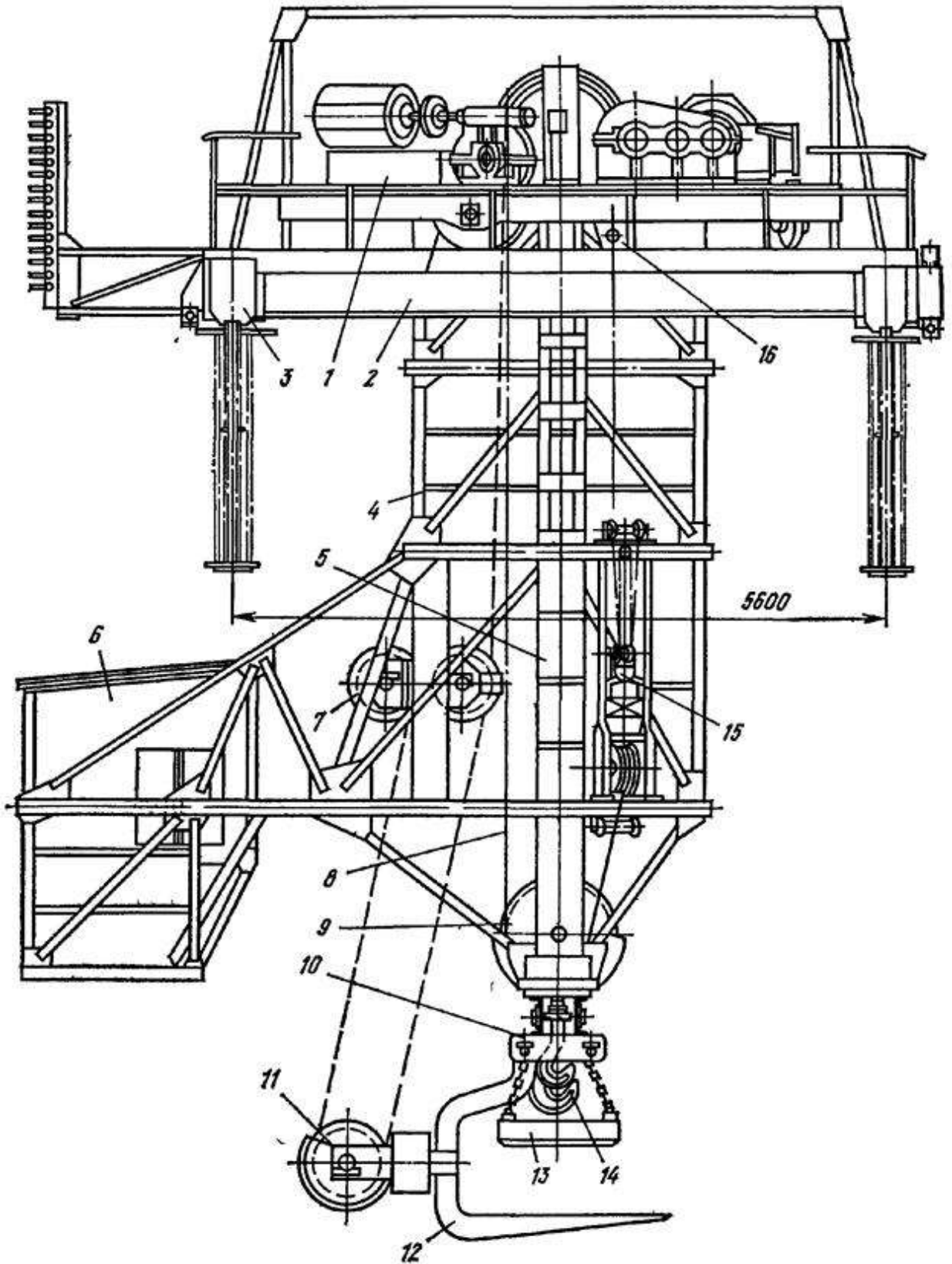
Знизу до поворотної рами прикріплена шахта 4 з кабіною керування 6. Всередині шахти розташовані напрямні для двох вертикальних колон 5, які знизу з'єднані траверсою 10. До траверси шарнірно підвішені підхвати 12, гаки 14 та електромагніти 13.

На неповоротній частині візка розміщено механізм пересування візка 17. Поворотна частина містить механізми обертання шахти 24, підйому та опускання робочого органу 23, а також управління підхватами 25. Перші два механізми мають схожу конструкцію з тими, що використовуються в посадочних кранах.

Механізм підйому та опускання виконаний у вигляді лебідки. До її складу входять: електродвигун, сполучно-запобіжна муфта, двоступінчастий циліндричний редуктор, відкрита зубчаста передача та два барабани, кожен з яких має дві нарізані ділянки.

З цих барабанів 19 сходять чотири гілки канату. Дві зовнішні гілки (позиція 8) огинають рухливі блоки 9, розташовані на траверсі, і фіксуються своїми кінцями знизу на поворотній рамі у точці 16. Дві внутрішні гілки канату огинають рухливі блоки 11 на підхопленнях, після чого відхиляються напрямними блоками 7 і набігають на барабани 25 механізму управління підхватами.

Сам механізм управління підхватами включає електродвигун, сполучно-запобіжну муфту, гальмо та тріступінчастий редуктор з двома консольними барабанами.

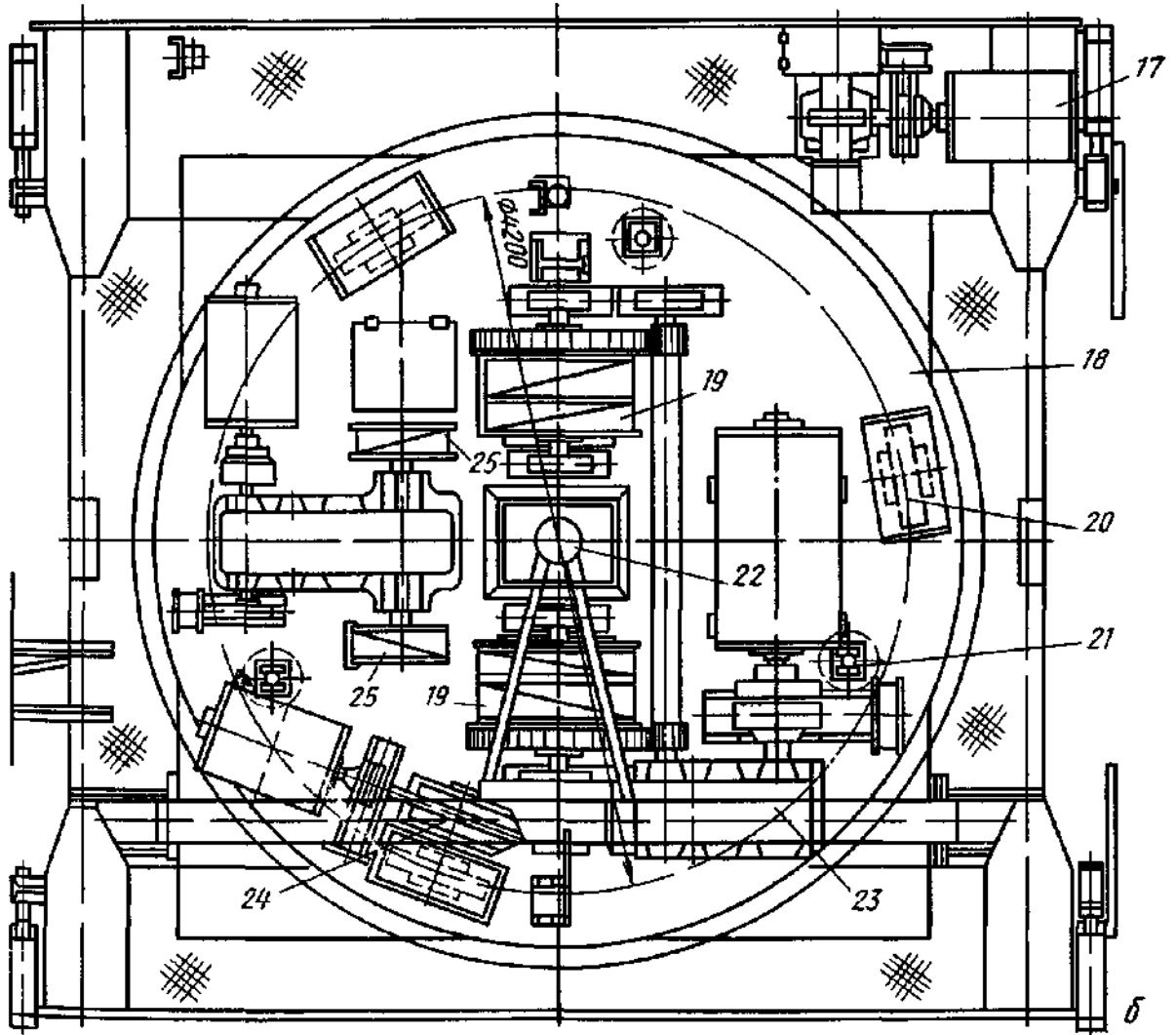


а)

а – вид збоку

Рис. 1.2. Візок електромостового крану з підхватами

Джерело: розроблено із використанням [3]



б – вид в плані

Рис. 1.2, аркуш 2

Обертання підйомних барабанів в одному або іншому напрямку забезпечує підйом або опускання підхватів. При активації механізму управління підхвати повертаються на певний кут відносно осі на траверсі.

Подача електричного струму до механізмів поворотної частини крана реалізується через кільцеві струмознімачі 22, розташовані на осі обертання. Для живлення електромагнітів використовується гнучкий кабель, що намотується на спеціальний барабан. Цей кабельний барабан встановлений у нижній частині шахти і приводиться в рух за допомогою вантажу через канатний поліспаст 15. Така система забезпечує постійне натягнення кабелю незалежно від висотного положення електромагніта. Кінцеві вимикачі фіксують граничні положення підхватів за висотою та кутом повороту.

Принцип захоплення прокату залежить від його розташування. Якщо прокат знаходиться на направляючих холодильників або стелажах, підхвати заводяться під нього, а при підйомі вгору здійснюється захоплення вантажу. Якщо ж прокат укладений у штабелі і підведення підхватів є неможливим, захоплення виконується електромагнітами при піднятих підхватах. У першому випадку, для вивантаження, підхвати нахиляють, дозволяючи прокату зісковзнути на штабель або до приймального пристрою. У другому випадку, для звільнення вантажу, електромагніти вимикаються.

1.4 Аналіз недоліків

Під час експлуатації даного крана, що критично важливий для металургійних процесів, було виявлено ряд значних технічних недоліків, які потребують системного підходу до вирішення. Основним проблемним аспектом є металоконструкція моста та візка, яка демонструє схильність до утворення дефектів, що ставить під загрозу надійність та безпеку функціонування обладнання.

Найбільш критичним проявом структурної нестабільності є руйнування квадратного візка. Спостережувані тріщини мають тенденцію поширюватися

як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямках. Це свідчить про високі локальні напруження та потенційну втому металу в цих ділянках, що може бути пов'язано з динамічними навантаженнями під час роботи або конструктивними особливостями елемента.

Щодо конструкції моста, дефекти переважно виникають у центральній частині головних балок. Ця зона зазнає найбільших навантажень, що передаються від візка, який сам по собі має значну масу – 50 тон. Поєднання цієї значної ваги з динамічними впливами під час переміщення візка призводить до концентрації напружень, що з часом може спричинити утворення тріщини та деформацій у несучих елементах моста.

1.5 Передбачувані причини недоліків

Утворення тріщин у металоконструкції візка є значною проблемою, що виникає переважно внаслідок втоми металу та інтенсивного навантаження на круговий шлях. Ці фактори в сукупності призводять до прогресуючого руйнування матеріалу, що загрожує експлуатаційній надійності та безпеці крана.

Втома металу є ключовою причиною руйнування конструкції візка. Вона виникає під впливом циклічних навантажень, які постійно змінюються за величиною та напрямком під час роботи крана. Кожен цикл навантаження, навіть якщо його величина менша за межу міцності матеріалу, спричиняє мікроскопічні зміни в структурі металу. З часом ці мікроскопічні дефекти акумулюються, перетворюючись на макротріщини. З огляду на інтенсивність використання крана в металургійній промисловості, де частота навантажень є високою, процеси втомного руйнування прискорюються. Це вимагає використання матеріалів з високою втомною міцністю та ретельного розрахунку навантажень.

Другим значущим фактором є велике навантаження, яке передається на круговий шлях через опорні колеса. В поточній конфігурації опорна система візка складається з трьох коліс. При цьому загальна маса візка становить 50

тон. Це означає, що кожне колесо несе значну частину цього навантаження. Концентрація таких значних сил на відносно невеликій контактній площі між колесами та круговим шляхом створює високі локальні напруження.

Ці напруження не тільки прискорюють знос ходових коліс та рейкових елементів кругового шляху, але й викликають додаткові навантаження та деформації в самій металоконструкції візка. Динамічні ефекти, що виникають під час руху візка, повороту та зміни швидкості, ще більше посилюють ці навантаження. Неоптимальне розташування опорних коліс або їхня недостатня кількість для такої маси може призводити до нерівномірного розподілу навантажень та підвищення ймовірності локальних перевантажень, що ініціюють та поширюють тріщини.

1.6 Постановка задачі

Метою роботи є зменшення витрат електроенергії на захват і транспортування металу, за рахунок розробки механізму повороту візка.

Для досягнення поставленої мети передбачається виконання наступних етапів:

- Детальний розбір накопичених даних щодо роботи крана для виявлення критичних недоліків у його конструкції, що впливають на термін служби та складність обслуговування.
- Проведення всебічного літературного та патентного пошуку з метою знаходження альтернативних технічних рішень, які можуть бути застосовані для усунення виявлених конструктивних недоліків.
- Формування конкретних інженерних рішень для оновлення механізму повороту візка крана, спрямованих на покращення його функціональних характеристик.

- Виконання всіх необхідних розрахунків для визначення оптимальних параметрів модернізованих вузлів та деталей, що забезпечить їх надійну та ефективну роботу.
- Створення комплектів креслень для всіх розроблених вузлів і деталей, необхідних для їх виготовлення.
- Розробка рекомендацій та заходів, що забезпечують безпечну експлуатацію модернізованого крана та дотримання норм охорони праці.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Літературно-патентний огляд

Близьким по призначенню та конструкції є електромагнітний вантажозахоплювальний пристрій, описаний в авторському свідоцтві. [4]

Цей винахід належить до категорії підйомно-транспортного обладнання та призначений для ефективного завантаження і розвантаження довгомірних вантажів.

Основним вантажозахоплювальним елементом пристрою (рис. 2.1) є електромагніт, інтегрований з несучою траверсою 1. До траверси кріпляться стойки 2, оснащені вертикальними зубчастими рейками 3. На цих рейках розташований магнітний захват 4 з напрямними 5. Додатково передбачені феромагнітні плити 6 та електромагнітні прихвати 7. У нижній частині стоек 2 знаходяться зубчасті щоки 8, втягувальні електромагніти 10 та пружини 11, 12, 13. Магніти 10 оснащені сердечниками 15, які шарнірно з'єднані з притискачами 13. Для підвищення безпеки робіт у пристрої використовуються підхвати 18 із зубчастими колесами 19. Ці підхвати виконують функцію додаткової страховки вантажу, який утримується основним магнітом.

Робота пристрою відбувається наступним чином.

Траверса 1 орієнтується над вантажем. При контакті магніту 4 з вантажем 26, магніт активується і притягує вантаж. Захоплений магнітом вантаж піднімається вгору, а підхвати 18 під дією власної маси охоплюють його. Після надійної фіксації пристрій разом з вантажем піднімається та переміщується до місця розвантаження.

Основні недоліки цього пристрою полягають у його обмеженій функціональності – він може захопити лише одну одиницю вантажу за один прийом. Крім того, сам механізм характеризується складною конструкцією та вимагає складного управління.

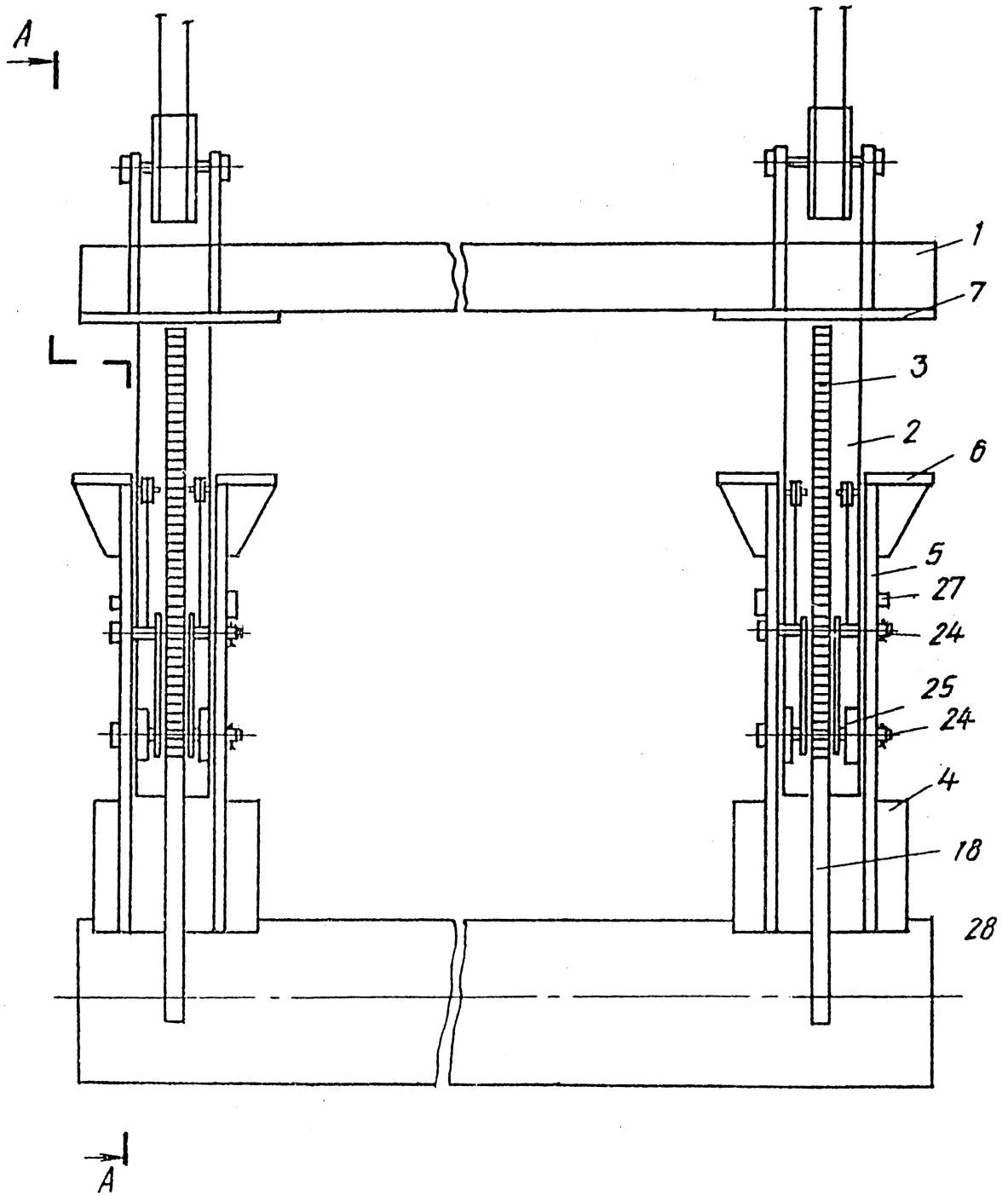


Рис. 2.1. Електромагнітний вантажозахоплювальний пристрій

Джерело: розроблено із використанням [4]

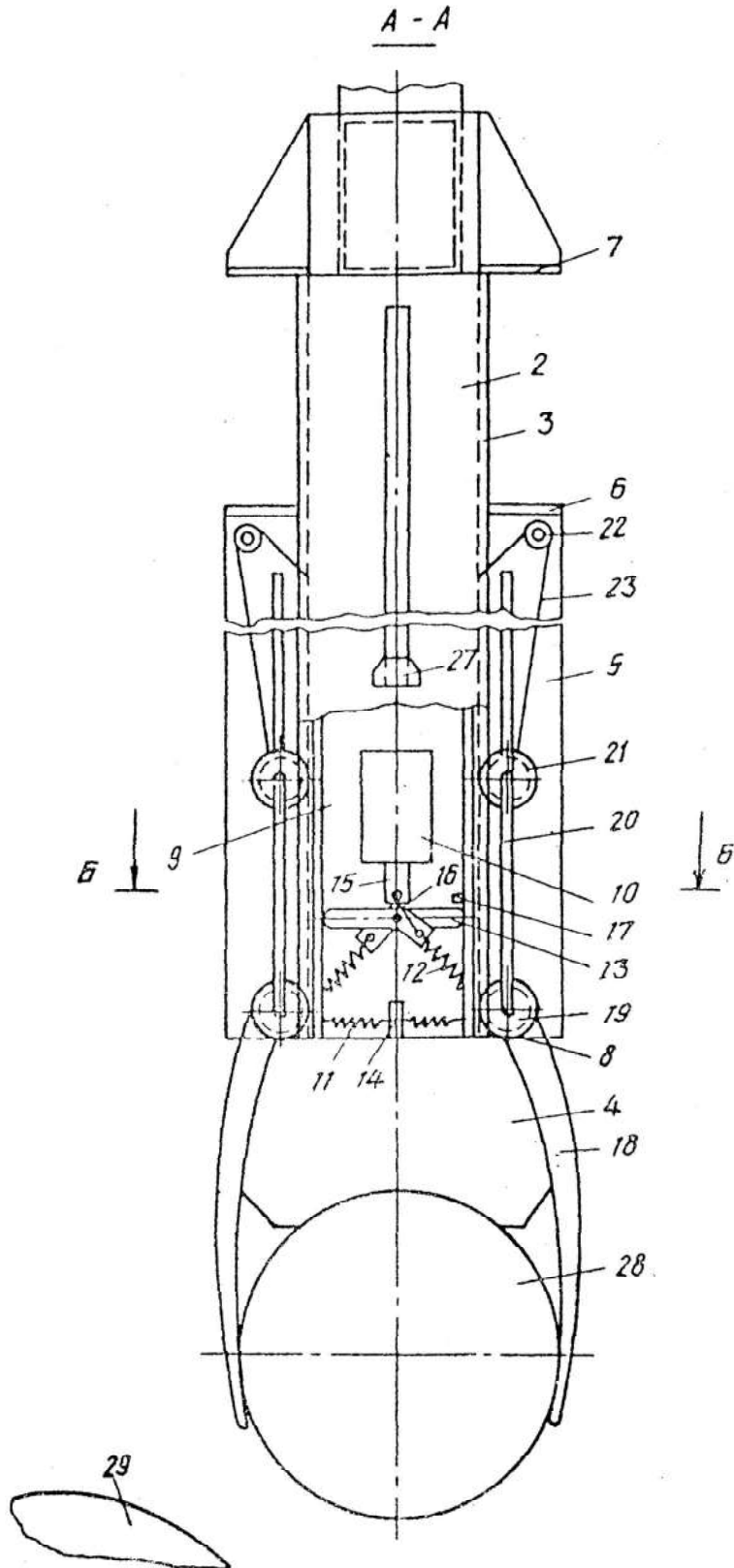


Рис. 2.1, аркуш 2

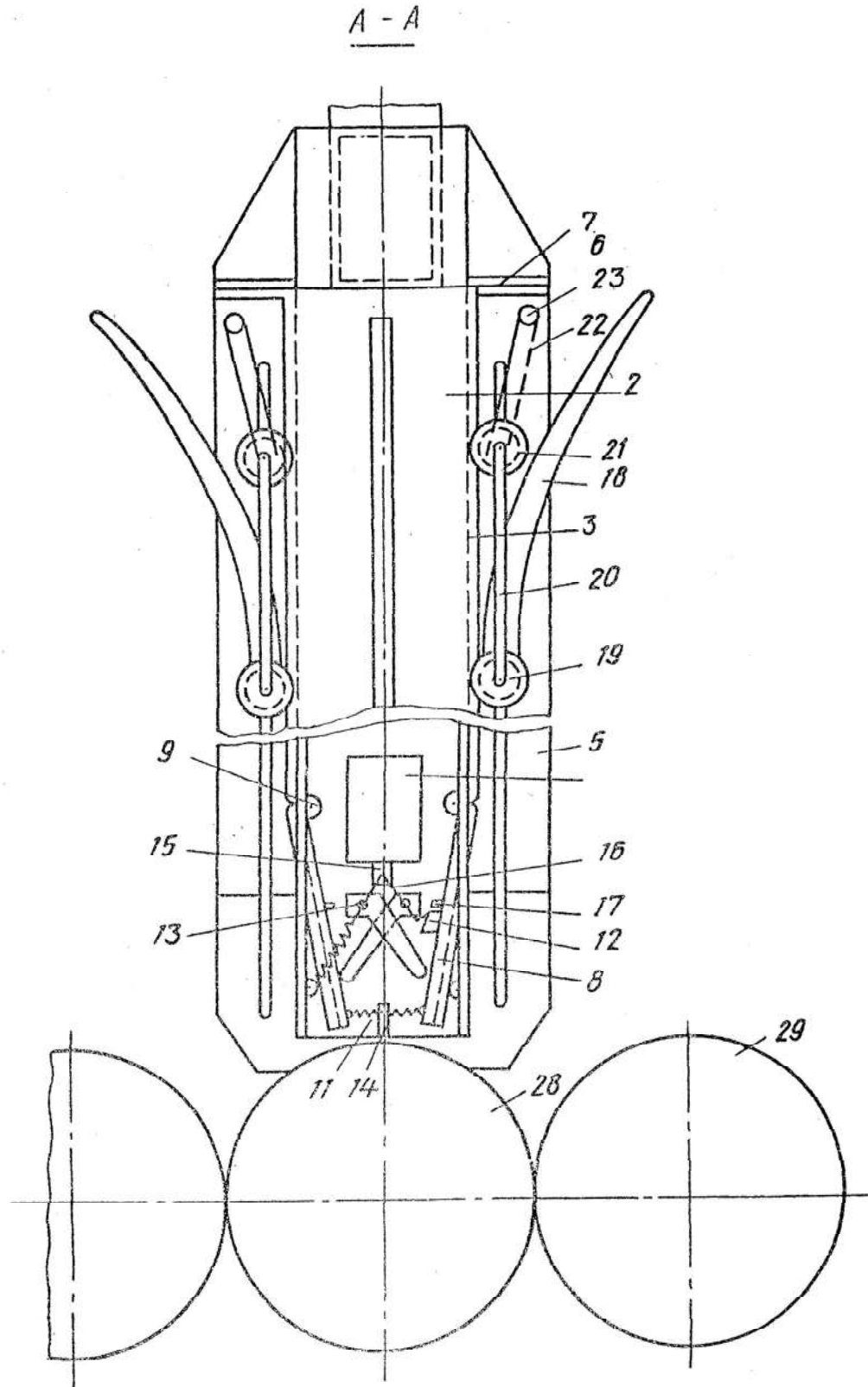


Рис. 2.1, аркуш 3

Розглянутий пристрій, описаний в авторському свідоцтві [5], спрямований на підвищення надійності функціонування. На рис. 2.2 представлено загальний вигляд пристрою, що включає втулку з радіальною проріззю. Пристрій функціонує за наступним алгоритмом: він опускається на верхній елемент стопи вантажу. Манжета 3 забезпечує герметичне ущільнення полотна стакану 2 від взаємодії з атмосферним повітрям. Шток 6 здійснює переміщення поршня 4 до нижнього упору, що призводить до витіснення повітря з підпоршневої порожнини. Ця порожнина відокремлена від надпоршневої за допомогою елемента 5. Після зупинки поршня 4 і виходу шліців штока 6 з прорізів втулки 9, шток 6 продовжує рух відносно поршня 4. При цьому виступ 11, взаємодіючи з похилим пазом 10, повертає основну втулку 9 на половину кута між шліцами. Втулка 12 фіксується від обертання завдяки упору радіальної прорізі 15 в палець. При підйомі штока 6 вгору виступ 11 втулки 12 переміщується по похилому пазу 10, що спричиняє обертання втулки 12 і закручування пружини 13. Втулка 9 при цьому залишається нерухомою завдяки кульковому пружинному фіксатору 15. Після виходу виступу 11 з похилого пазу пружина 13 повертає втулку 12 в початкове положення, встановлюючи виступ 11 над початком наступного похилого паза 10. При подальшому підйомі штока 6 поршень 4 рухається вгору, збільшуючи об'єм підпоршневої порожнини стакану 2, де створюється вакуум. Одночасно верхній упор 21 штока 6 звільняє планку 19 для переміщення вгору. Сила тяжіння захоплювальних важелів притискає ролики 17 до бічної поверхні стопи вантажу 22. При досягненні необхідного рівня вакууму верхній вантаж 22 піднімається, а ролики 17 під дією моменту сили тяжіння захоплювальних важелів 16 входять під піднятий вантаж 22. У випадку зниження вакууму через підсмоктування повітря з атмосфери, що не дозволяє утримувати вантаж, він фіксується на роликах 17. При цьому сила тяжіння вантажу генерує крутний момент, що призводить до ще щільнішого притискання вантажу 22 за допомогою захоплювальних важелів 16.

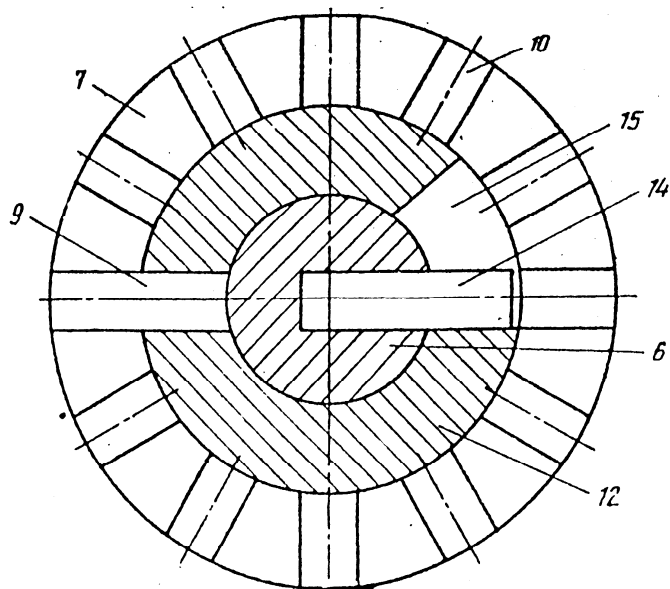
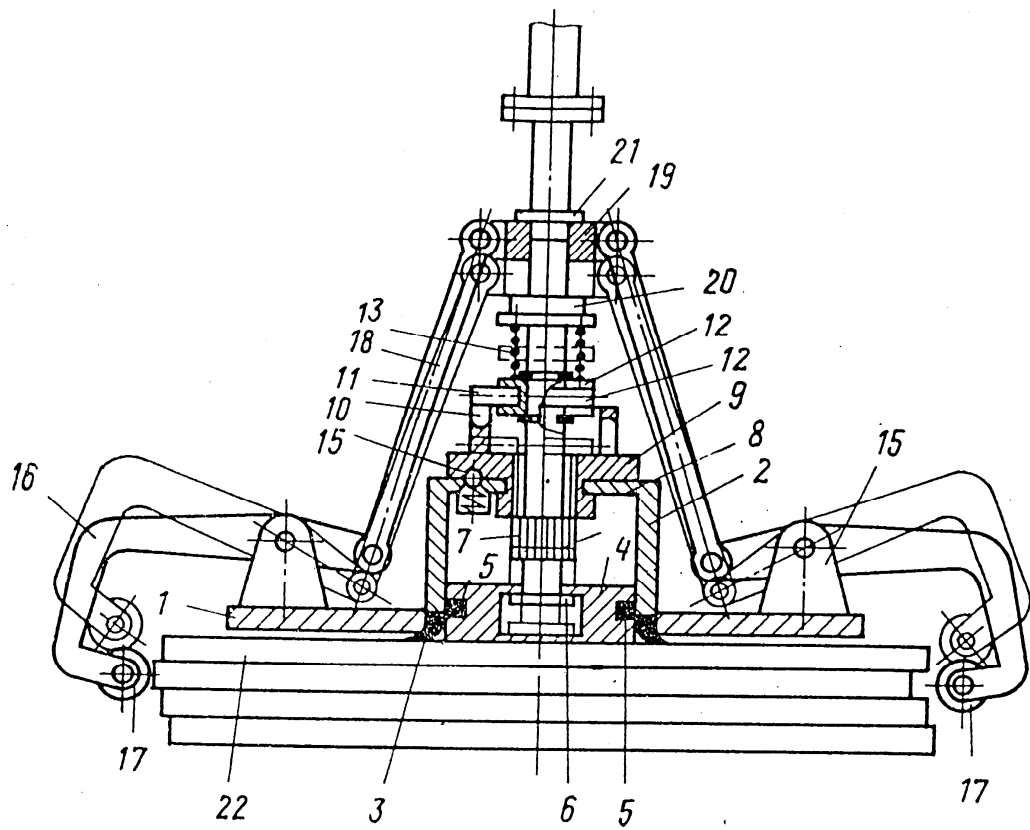


Рис. 2.2. Вантажозахватний пристрій

Джерело: розроблено із використанням [5]

Описаний пристрій переважно призначений для піднімання та транспортування плоских вантажів, де ефективно використовується принцип утримання вантажу за рахунок вакууму. Таке рішення значно спрощує конструкцію вакуумного захвату та знижує його вартість порівняно з електромагнітними аналогами. Проте варто відзначити, що застосування вакуумного захвату для штучних вантажів з малою площею контакту є неефективним.

Розглянутий пристрій, описаний в авторському свідоцтві [6], був розроблений з метою покращення умов експлуатації. На рис. 2.3 представлено пристрій у відкритому положенні, а також вигляд збоку. Функціонування пристрою відбувається таким чином: у початковому положенні здійснюється комплектація вантажу-пакета безпосередньо за допомогою захвату 8. У цей момент траверса 1 з'єднана з органом 4 за допомогою чотиритактного механізму фіксації 5. Чотириланцюговий пристрій 9 перебуває у розведеному стані, фіксатор 12 роз'єднаний з віссю 13, а захватні елементи 14 розкриті. Після цього пристрій повторно опускається на пакет вантажу. У процесі опускання механізм фіксації 5 роз'єднує траверсу 1 з органом 4, а фіксатор 12 з'єднується з віссю 13, переводячи захват 8 у неробоче положення. При підніманні пристрою важелі 2 здійснюють захоплення пакета. Аналіз конструкції та принципу роботи пристрою показує його певну схожість з модернізованими рішеннями. Однак, суттєвим недоліком даного пристрою є його непристосованість для одночасного захоплення, утримання та транспортування великих пакетів довгомірних вантажів, розташованих в один ряд.

Особливий інтерес викликає свідоцтво [7], винахід якого може бути застосований для навантаження та транспортування пакетів сталевих труб і прокату. Магнітно-механічний захватний пристрій (рис. 2.4) складається з траверси, що несе поворотні від приводу підхвати для обхвату вантажу, та електромагнітів. З метою підвищення надійності, електромагніти мають корпус з вигнутим днищем для упору на поверхню вантажу, який жорстко закріплено на траверсі. Пристрій за п.1 відрізняється тим, що привід повороту

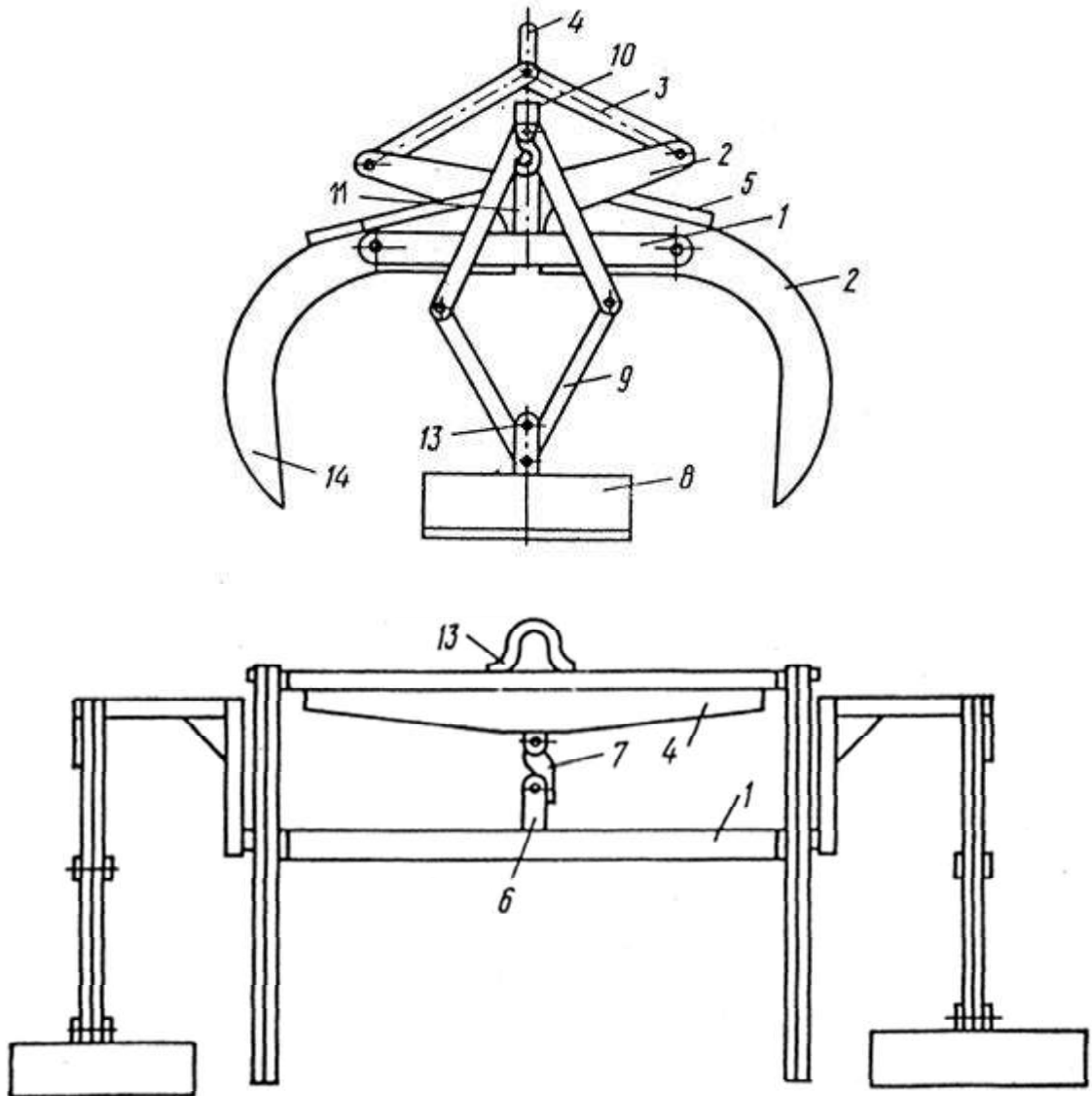


Рис. 2.3. Вантажозахватний пристрій

Джерело: розроблено із використанням [6]

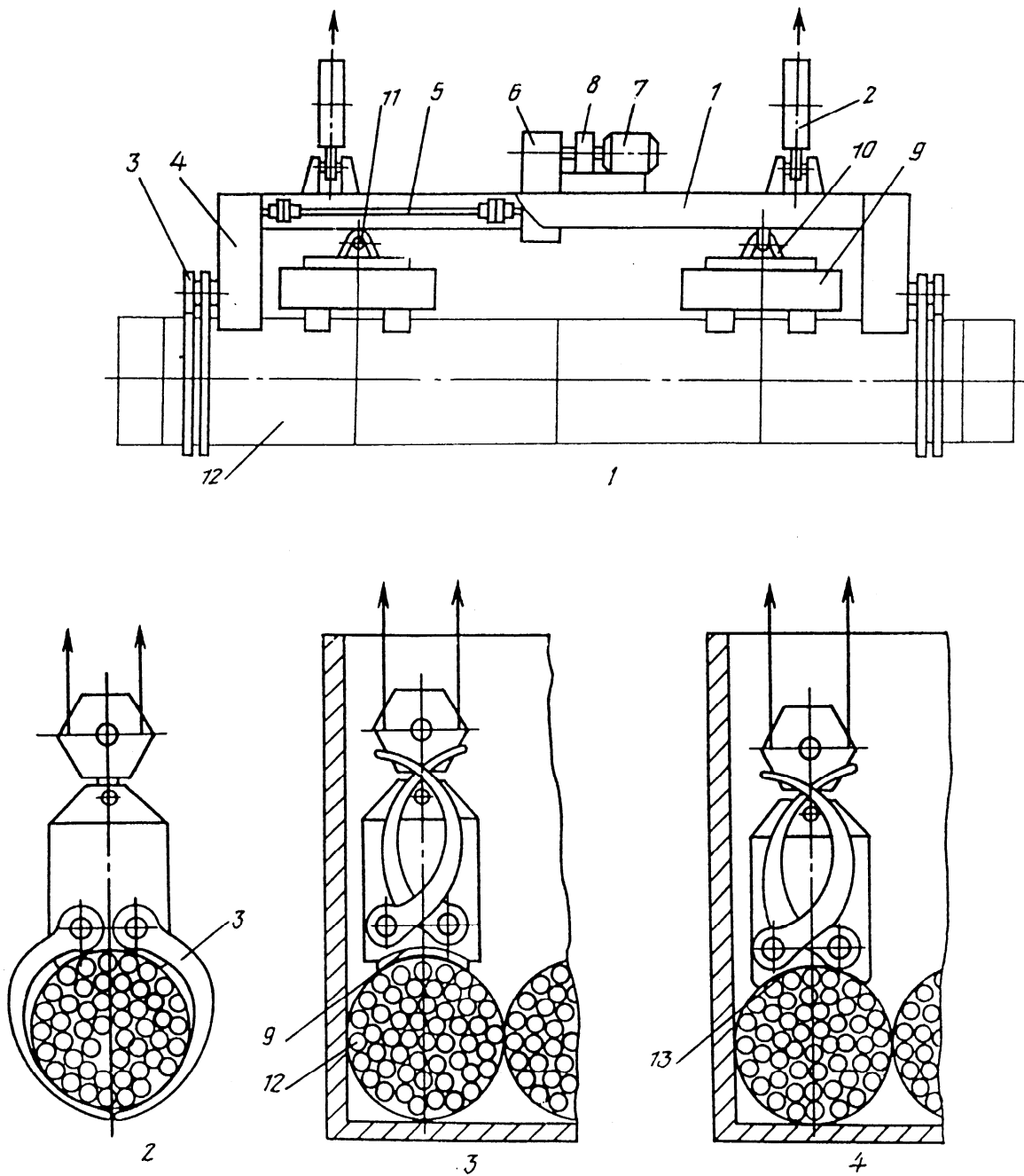


Рис. 2.4. Магнітно-механічний захватний пристрій

Джерело: розроблено із використанням [7]

підхватів включає розподільний редуктор, розміщений у додатковому корпусі, з двома рознесеними валами, на які встановлені підхвати, та один вхідний вал. Вхідний вал кінематичне зв'язаний через гальма з електродвигуном, який розміщено на траверсі. Крім того, з метою кращого прилягання електромагніту до поверхні вантажу, електромагніт виконано зі скобою, а на траверсі встановлена провущина, заведена під скобу. Аналіз конструкції та принципу дії даного пристрою свідчить про його придатність для експлуатації в умовах модернізованого крана, а деякі особливості конструкції можуть бути використані при модернізації. Однак, даний пристрій має суттєвий недолік: вантаж у пакеті розміщено по діаметру, що може спричинити значні труднощі при розвантаженні на стелажі. Застосування вилючних підхватів для страхування в даній конструкції є вельми проблематичним.

2.2 Пропозиції по модернізації

Для усунення вище зазначених недоліків пропонуємо модернізацію електромостового крану з підхватом шляхом модернізації приводу повороту вантажного візка, збільшивши кількість опорних коліс з трьох до шести та використовуючи в якості приводу мотор-редуктор (рис. 2.5).

Механізм повороту складається з мотор-редуктора (МС326-10) 1, на вихідний вал якого встановлена зубчаста муфта 2 з гальмівним шківом, що з'єднує мотор-редуктор 1 з консольним валом 3, на якому закріплена приводна шестерня 4, що входить в зачеплення з зубчастим колесом 5, встановленим на цапфі опорного колеса 6. Опорні колеса спарені по парно трьома балансирними візками 7 та є кінематичне не зв'язаними. Весь механізм зупиняє гальмами 8.

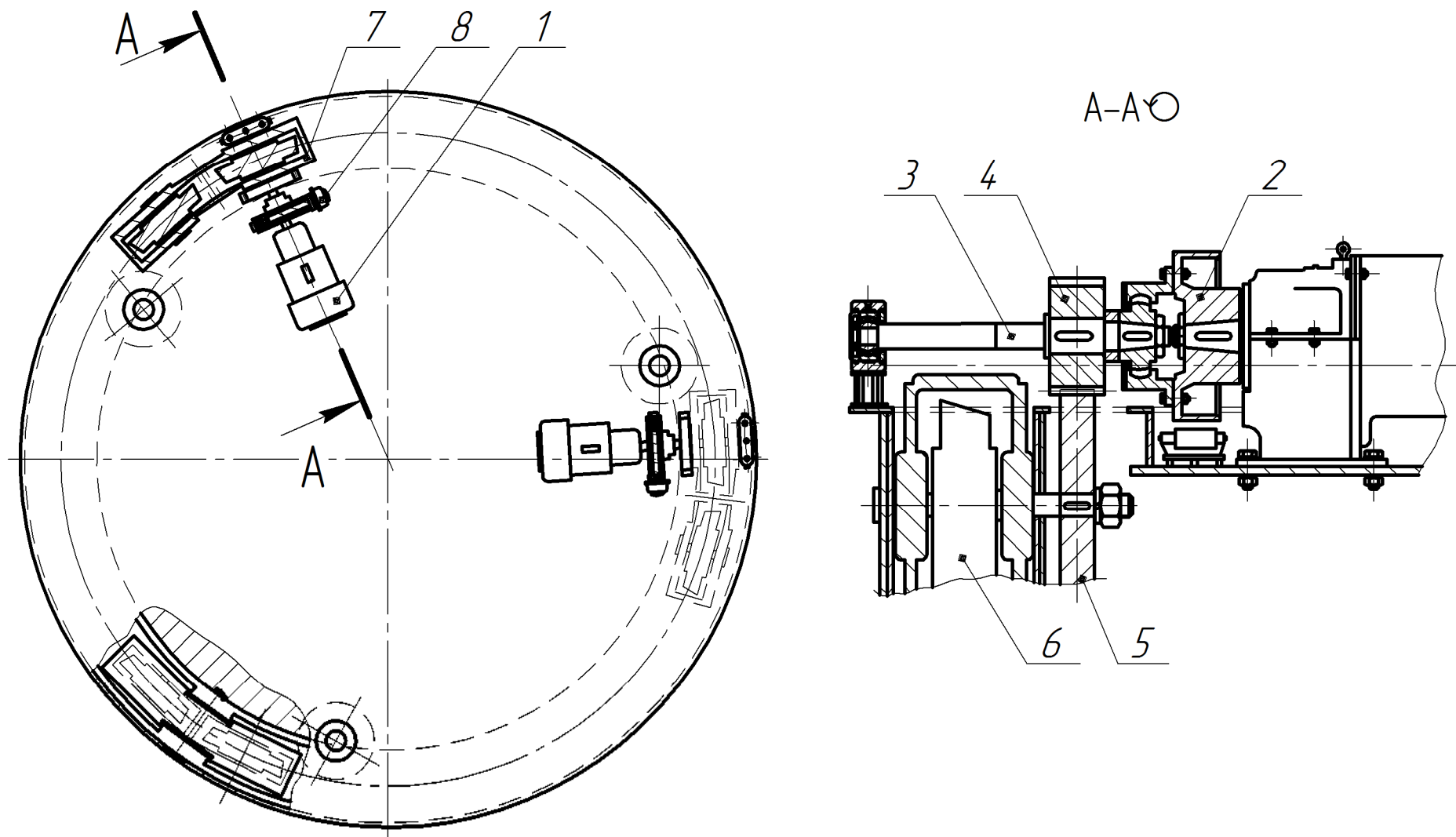


Рис. 2.5. Модернізований привод повороту вантажного візка
 (розроблений автором)

2.3 Переваги пропонованої конструкції

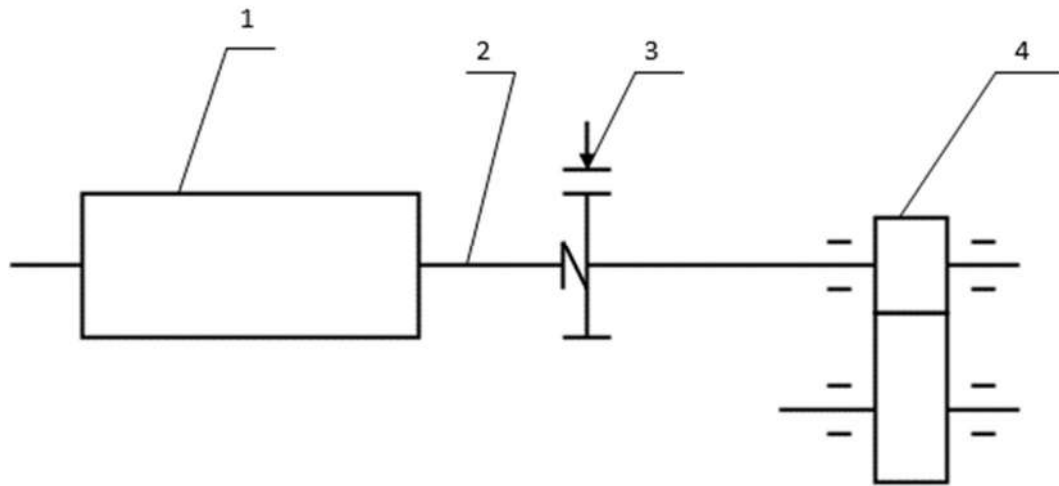
Запропонована модернізація конструкції візка крана, що передбачає заміну трьох опорних коліс на шість, спарених по два, дозволить значно покращити експлуатаційні характеристики та надійність обладнання. Основні переваги полягають у зниженні навантаження на металоконструкцію крана, оскільки збільшення кількості опорних коліс з трьох до шести призведе до перерозподілу ваги візка на більшу площу. Це значно зменшить питоме навантаження на кожне колесо та, відповідно, на всю металоконструкцію крана, особливо на критичні зони моста та візка. Крім того, це призведе до зменшення ризику втомного руйнування металу. Існуючі проблеми з утворенням тріщин у візку, що поширюються у вертикальному та горизонтальному напрямках, є прямим наслідком втоми металу, спричиненої високими циклічними навантаженнями. Розподіл навантаження на більшу кількість опорних точок знизить величину цих циклічних напружень, уповільнюючи процеси втомного руйнування та продовжуючи термін служби металоконструкції. Також відбудеться підвищення структурної стабільності, оскільки зменшення локальних напружень у зонах кріплення та опорних елементах візка мінімізує ризик появи нових тріщин та деформацій, що сприятиме підвищенню загальної структурної стабільності та безпеки експлуатації крана. Модернізація забезпечить оптимізацію розподілу навантажень на круговий шлях: поточна конфігурація з трьома колесами створює високі локальні напруження на круговому шляху, що прискорює знос як коліс, так і рейкових елементів. Шість спарених коліс забезпечать більш рівномірний розподіл навантажень, зменшуючи інтенсивність зносу та підвищуючи довговічність ходової частини. Очікується зниження динамічних впливів: хоча динамічні ефекти при русі візка залишаться, їхній вплив на металоконструкцію буде пом'якшений за рахунок кращого розподілу навантажень, що допоможе запобігти концентрації напружень, яка є основною причиною утворення тріщин у центральній частині головних балок моста. Таким чином, запропонована модернізація системи

опор візка є обґрунтованим технічним рішенням, що дозволить ефективно усунути існуючі недоліки, пов'язані з високими навантаженнями та втратою металу, значно підвищивши надійність, безпеку та ресурс мостового крана.

2.4 Розрахунки по модернізації

Розрахунки навантажень на візок

Механізм повороту візка виконано по кінематичній схемі, показаній на рис. 2.6.



1 – електродвигун з мотор-редуктором; 2 – вихідний кінець валу; 3 – гальмо;
4 – відкрита зубчаста передача

Рис. 2.8. Механізм повороту візка
(розроблений автором)

Розраховуємо опір переміщенню візка з вантажем [8]

$$\begin{aligned}
 W_{\text{ст}} &= (Q + G_{\text{в}}) \cdot \frac{f \cdot d + 2 \cdot \mu}{D_{\text{к}}} \cdot K_3 = \\
 &= (100000 + 300000) \cdot \frac{0,015 \cdot 0,157 + 2 \cdot 0,00003}{0,63} \cdot 2,5 = \\
 &= 93690 \text{ Н,}
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

де $Q = 100000$ Н – сила ваги вантажу; $G_B = 300000$ Н – сила ваги візка; $f = 0,015$ – коефіцієнт тертя в підшипниках коліс; $d = 0,157$ м – діаметр цапфи; $\mu = 0,00003$ м – коефіцієнт тертя кочення коліс по рейках; $D_k = 0,63$ м - діаметр ходового колеса; $K_3 = 2,5$ – коефіцієнт опору переміщенню на закругленнях шляху.

Двигун механізму повороту кранового візка вибираємо по пусковому моменту, коли відсутня пробуксовка коліс. Для цього розраховуємо опір поворотного механізму під час пускового періоду

$$\begin{aligned} W_{\text{пус}} &= W_{\text{ст}} + 1,3 \cdot \frac{Q + G_B}{g} \cdot a = \\ &= 93690 + 1,3 \cdot \frac{100000 + 300000}{9,81} \cdot 0,2 = 104290 \text{ Н}, \end{aligned} \quad (2.2)$$

де $g = 9,8$ м/с² – прискорення вільного падіння; $a = 0,2$ м/с² – середнє прискорення механізму при пуску.

Розрахунок потужності механізму повороту візка

Потужність електродвигуна

$$N_p = \frac{W_{\text{пус}} \cdot v_g}{1020 \cdot \eta \cdot \phi_c} = \frac{104290 \cdot 0,06}{1020 \cdot 0,85 \cdot 1,10} = 6,5 \text{ кВт}, \quad (2.3)$$

де $v_g = 0,06$ м/с – швидкість обертання механізму; $\eta = 0,85$ – ККД механізму; $\phi_c = 1,10$ – середня кратність пускового моменту.

Розрахункова потужність двигуна механізму повороту з урахуванням інерційних навантажень повинна задовольнити наступне співвідношення

$$N_p = N_{\text{ст}}, \quad (2.4)$$

де $N_{\text{ст}}$ – статична потужність двигуна, кВт.

$$N_{\text{ст}} = \frac{W_{\text{ст}} \cdot v_{\text{в}}}{1020 \cdot \eta} = \frac{93690 \cdot 0,06}{1020 \cdot 0,85} = 6,5 \text{ кВт.} \quad (2.5)$$

По каталогу приймаємо мотор-редуктор МЦ2С-10 з електродвигуном 4А13294РЗ.

Технічна характеристика

Потужність $N = 7,5$ кВт;

Частота обертання двигуна $n_{\text{дв}} = 1450$ об/хв;

Частота обертання вихідного валу $n_{\text{в.р.}} = 71$ об/хв.

Розрахунок і вибір елементів кінематичної схеми механізму повороту візка

Загальне передаточне число механізму залишаємо незмінним $i = 51$.

Знаходимо передаточне число мотор-редуктора

$$i_{\text{мп}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{в.р.}}} = \frac{1450}{71} = 20,4. \quad (2.6)$$

Знаходимо передаточне число відкритої зубчастої передачі

$$i_3 = \frac{i}{i_{\text{мп}}} = \frac{51}{20,4} = 2,5. \quad (2.7)$$

Розраховуємо фактичну швидкість обертання візка

$$v = \frac{\pi \cdot D_{\text{к}} \cdot n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,63 \cdot 28}{60} = 0,92 \text{ м/с.} \quad (2.8)$$

Визначаємо вагу зчеплення механізму повороту візка, Н

$$G_{\text{сп}} = \frac{G_{\text{г}}}{n_{\text{х.к.}}} \cdot n_{\text{пр}} = \frac{300000}{6} \cdot 2 = 200000 \text{ Н,} \quad (2.9)$$

де $n_{x.k.} = 6$ – кількість ходових коліс візка; $n_{пр} = 2$ – кількість приводних коліс візка.

Визначаємо максимальне прискорення візка без вантажу, яке допускається

$$a_{\max} = \left[\frac{G_{сп}}{G_B} \cdot \left(\frac{\phi}{K_3} + \frac{f \cdot d_{II}}{D_K} \right) - \frac{2 \cdot \mu + f \cdot d_{II}}{D_K} \cdot R_p \right] \cdot g =$$

$$\left[\frac{200000}{300000} \cdot \left(\frac{0,2}{1,2} + \frac{0,015 \cdot 0,157}{0,63} \right) - \frac{2 \cdot 0,0003 + 0,015 \cdot 0,157}{0,63} \cdot 3,0 \right] \cdot 9,81 = 1,1 \text{ м/с}^2. \quad (2.10)$$

Визначаємо мінімальний час пуску двигуна механізму повороту візка без вантажу

$$t_{II} = \frac{v}{a_{\max}} = \frac{0,92}{1,1} = 0,8 \text{ с.} \quad (2.11)$$

Проводимо розрахунок гальмівного моменту і по ньому вибираємо гальма.

При гальмуванні візка без вантажу розраховуємо прискорення гальмування

$$a_{Г} = \left[\frac{G_{сп}}{G_B} \cdot \left(\frac{\phi}{K_3} + \frac{f \cdot d_{II}}{D_K} \right) + \frac{2 \cdot \mu + f \cdot d_{II}}{D_K} \cdot R_p \right] \cdot g =$$

$$\left[\frac{200000}{300000} \cdot \left(\frac{0,2}{1,2} + \frac{0,015 \cdot 0,157}{0,63} \right) - \frac{2 \cdot 0,0003 + 0,015 \cdot 0,157}{0,63} \cdot 0,75 \right] \cdot 9,81 = 1,66 \text{ м/с}^2. \quad (2.12)$$

Час гальмування

$$t_{\Gamma} = \frac{v}{a_{\Gamma}} = \frac{0,92}{1,66} = 0,55 \text{ с.} \quad (2.13)$$

Виразуємо допустиму довжину гальмівного шляху

$$S_{\Gamma} = \frac{v^2}{5400} = \frac{55,2^2}{5400} = 0,56 \text{ м.} \quad (2.14)$$

де $v = 55,2$ м/хв – фактична швидкість візка, м/хв.

Виразуємо мінімально допустимий час гальмування візка з вантажем

$$t_{\Gamma} = \frac{2 \cdot S_{\Gamma}}{v} = \frac{2 \cdot 0,56}{0,92} = 1,2 \text{ с.} \quad (2.15)$$

Обчислюємо опір переміщенню візка з вантажем

$$\begin{aligned} W_{\text{ст}} &= G_{\text{в}} \cdot \frac{f \cdot d_{\text{ц}} + 2 \cdot \mu}{D_{\text{к}}} \cdot K_3 = \\ &= 300000 \cdot \frac{0,015 \cdot 0,157 + 2 \cdot 0,0003}{0,63} \cdot 1,25 = 1437 \text{ Н.} \end{aligned} \quad (2.16)$$

Обчислюємо сумарний момент інерції [9]

$$\begin{aligned} j_{\text{сум}} &= \vartheta \cdot j_{\text{р.н}} + \frac{M_{\Gamma} \cdot R^2 \cdot \mu_{\text{м}}}{i^2} = \\ &= 1,2 \cdot 0,011 + \frac{30580 \cdot 0,315^2 \cdot 0,7}{51^2} = 9,3 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \end{aligned} \quad (2.17)$$

Обчислюємо статичний момент опору переміщення візка без вантажу

$$M_{ст} = \frac{W_{ст} \cdot R_k \cdot \eta}{i} = \frac{1430 \cdot 0,315 \cdot 0,7}{51} = 6,2 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (2.18)$$

Обчислюємо гальмівний момент

$$M_{г} = \frac{j_{сум} \cdot \omega}{t_{г}} - M_{ст} = \frac{0,0093 \cdot 152}{1,2} - 6,2 = 112 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (2.19)$$

По каталогу обираємо гальмо типу ТТ-200 з максимальним гальмівним моментом 200 Н·м, з діаметром гальмівного шківa 200 мм, з шириною гальмівної колодки 95 мм, час гальмування 0,4 с.

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників

Цех Блюмінг містить численні небезпечні ділянки. Майже кожен компонент його технологічної лінії становить ризик для працівників.

На складі готової продукції особливу увагу слід приділити значним температурним коливанням, а також високій концентрації пилу та газів. Перевищення нормативної температури повітря безпосередньо загрожує здоров'ю. Відповідні показники можна знайти в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Значення температури на ділянках цеху Блюмінг

№ з/п	Найменування ділянки	Нормована температура, С°	Фактична температура, С°	Збільшення температури, С°
1	Коло холодильників	30	44-45	14-20
2	Коло штабелів	30	30-44	0-14
3	Площадка управління нагрівальними печами	30	45-55	15-25
4	Кабіна крану	30	30-50	0-20
5	Коло нагрівальних печей	30	55-60	25-30
6	Прийомні решітки прокатних станів	30	40-50	10-20

Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Проблема загострюється тим, що на додаток до високої температури повітря, персонал піддається значному тепловому випромінюванню. Відповідні показники представлені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Дані теплового випромінювання

№ з/п	Найменування ділянки	Нормативне теплове випромінювання, Вт/м ²	Фактичне теплове випромінювання, Вт/м ²
1	Коло холодильників	489	2400-6580
2	Коло штабелів	489	1775-5580
3	Площадка управління нагрівальними печами	489	2720-5150
4	Кабіна крану	489	1340-4725
5	Коло нагрівальних печей	489	3320-7270
6	Приймні решітки прокатних станів	489	2200-5580

Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

На складі заготовок розташовані два верстати «Генріх Рау», призначені для очищення поверхонь заготовок від шлаку. Під час їх роботи основними небезпеками є підвищений рівень шуму (до 85 дБ), обертовий наждачний круг та розлітаючийся високотемпературні металеві частки.

Загазованість є одним із шкідливих факторів на складі заготовок. Вона виникає переважно від нагрівальних печей, а також через негерметичні з'єднання газових, повітряних та кисневих магістралей.

3.2 Заходи по зниженню і усуненню шкідливих і небезпечних чинників

Для запобігання просочуванню газу в нагрівальних печах, газові канали (борова) ущільнюють газонепроникною сумішшю смоли з піском або рідкого скла з піском. Також для ущільнення використовують дрібну руду та суміш глини з піском.

Приміщення, з якого здійснюється контроль за всіма механізмами біля печі або в ній, повинно бути оброблено товстим шаром азбесту. Двері мають

бути подвійними, а вікна – зашкеленими подвійним сталінітовим склом. У цьому приміщенні обов'язкова примусова вентиляція.

Кабіна крану повинна бути теплоізолювана з усіх боків азбестовим речинои. Вікна кабіни мають складатися з 12 сталінітових листів скла товщиною 5...8 мм на кожній раіі. Двері в кабіні повинні щільно зачинятися та бути зовні оброблені азбестом. Крім того, до кабіни необхідно підвести патрубкі примусової вентиляції.

На холодильниках усі поверхні деталей і вузлів, що труться, слід змащувати графітовим, а не густим мастилом. Це пов'язано з тим, що графітове мастило стійке до високих температур і не виділяє диму при вигоранні.

Цех має чотири кранових прольоти три розміром 31×510 м і один 31×250 м. Освітленість у цеху становить 50 лк при напрузі 220 В і потужності освітлювальних приладів 500 Вт.

При роботі верстатів «Генріх Рау» знизити шум, що виникає при обробці металу, неіожливо. Однак можна суттєво зменшити розліт розпечених часток металу. Для цього з усіх боків, де працює наждачний камінь, необхідно встановити захисні стенди. Також слід прикріпити навіс, який перекриватиме ці стенди. Стенди та навіс рекомендується виготовляти з листового металу товщиною від 1 до 2 мм. Крім того, необхідно встановити потужну вентиляційну установку для відведення стружки та окалини в спеціальну тару за допомогою повітряного потоку. [10]

ВИСНОВКИ

Електропостовий кран з підхватом виконує ключові функції з переміщення та транспортування металевих пакетів, як гарячих, так і охолоджених.

Привод повороту вантажного візка електропостового крану з підхватом складається з електродвигуна, колодкового гальма, вертикального редуктора, відкритої зубчастої передачі та трьох опорних коліс.

Як показав досвід експлуатації основним проблемним аспектом є металоконструкція моста та візка, яка демонструє схильність до утворення дефектів, а саме втомних тріщин, що ставить під загрозу надійність та безпеку функціонування обладнання. Це обумовлено великим навантаженням, яке передається на круговий шлях через опорні колеса. В поточній конфігурації опорна система візка складається з трьох коліс. При цьому загальна маса візка становить 50 тон. Це означає, що кожне колесо несе значну частину цього навантаження. Концентрація таких значних сил на відносно невеликій контактній площі між колесами та круговим шляхом створює високі локальні напруження.

На підставі проведеного літературно патентного пошуку пропонуємо збільшивши кількість опорних коліс з трьох до шести та використати в якості приводу мотор-редуктор.

Механізм повороту складається з мотор-редуктора, на вихідний вал якого встановлена зубчаста муфта з гальмівним шківом, що з'єднує мотор-редуктор з консольним валом, на якому закріплена приводна шестерня, що входить в зачеплення з зубчастим колесом, встановленим на цапфі опорного колеса. Опорні колеса спарені по парно трьома балансирними візками та є кінематичне не зв'язаними. Весь механізм зупиняє гальмами.

Основні переваги пропонованої конструкції полягають у зниженні навантаження на металоконструкцію крана, оскільки збільшення кількості опорних коліс з трьох до шести призведе до перерозподілу ваги візка на більшу площу. Це значно зменшить питоме навантаження на кожне колесо та, відпо-

відно, на всю металоконструкцію крана, особливо на критичні зони моста та візка, що призведе до зменшення ризику втомного руйнування металу.

Економічний ефект очікується за рахунок збільшення міжремонтного періоду, зменшення витрат на обслуговування та збільшення терміну експлуатації крану.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вікович І. А. Транспортні навантажувально-розвантажувальні засоби: підручник. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2018. 678 с.
2. Козуб Ю. Г., Маслійов С. В. Підйомно-транспортні машини: підручник. Старобільськ, 2018. 277 с.
3. Іванченко Ф.К. Підйомно-транспортні машини: підручник. Київ: Вища школа, 1993. 413 с.
4. Электромагнитное грузозахватное устройство: пат. 1197974 Україна: В66С 1/06. № 3751984/27-11; заявл. 07.06.1984; опубл. 15.12.1985, Бюл. № 46. 6 с.
5. Грузозахватное устройство: а. с. 1364592 Україна : 4В66С1/06. № 4065692/40-11; заявл. 05.05.1986; опубл. 07.01.1988, Бюл. № 1. 3 с.
6. Вантажозахватний пристрій: а. с. 01581675 Україна: 5В66С1/06. № 4383665/27-11; заявл. 25.02.1988; опубл. 30.07.1990, Бюл. № 28. 3 с.
7. Магнітно-механічний захватний пристрій: а. с. 01221160 Україна: 4В66С1/06. № 3762488/27-11; заявл. 26.06.1984; опубл. 30.03.1986, Бюл. № 12. 2 с.
8. Ивченко Ф.К. Конструкция и расчет подъемно-транспортных машин / Ф.К. Ивченко — К.: Высшая школа, 1973. — 362 с.
9. Камышев А.Г. Мостовые электрические краны / А.Г. Камышев – М.: Металлургия, 1972. – 320 с.
10. Шеремет В.О. Охорона праці на гірничо-метелургійному комбінаті: навчальний посібник. Дніпропетровськ: Пороги, 2003. – 387 с.

ЗГОДА

здобувача(чки) вищої освіти

Державного університету економіки і технологій
про перевірку кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату
та розміщення в Репозитарії Університету

Я, *Циганков Родіон Ігорович*, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

Засвідчую, що кваліфікаційна бакалаврська робота *«Модернізація привода повороту вантажного візка електромостового крану з підхватом Цеху Блюмінг Прокатного департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»»* виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав(ла) і не одержував(ла) недоволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилення на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Державного університету економіки і технологій ознайомлений(а). Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення норм академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Також я поінформований(на), що відповідно до «Положення про Репозитарій (електронну базу даних) Державного університету економіки і технологій» зазначена робота буде розміщена в Електронному архіві Університету (Репозитарії ДУЕТ). З умовами такого розміщення ознайомлений(на).

07.06.2025

Р.І. Циганков

(ініціали, прізвище, власноруч)