

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет (ННІ) КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
конструювання машин і обладнання
_____ проф. В.С. Ловейкін
« ____ » _____ 2025 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему: РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЗМУ ПЕРЕМІЩЕННЯ
МОСТОВОГО КРАНА

Спеціальність 133-Галузеве машинобудування

Гарант освітньої програми

д.т.н., проф. _____

Булгаков В.М.

Керівники бакалаврської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доц. _____

Коробко М. М.

PhD., асист. _____

Стехно О.В.

Виконав _____

Кармаліта Андрій Сергійович

Київ – 2025

Додаток Д
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ) КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Конструювання машин і обладнання

д.т.н., проф. Ловейкін В.С.

(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

“ ” 2025р.

ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Кармаліта Андрій Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 133- Галузеве машинобудування

(код і назва)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи _____

Розробка конструкції механізму переміщення мостового крана

затверджена наказом ректора НУБіП України від “16” грудня 2024р. № 2265“С”

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру _____

30.05.2025

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи

Перелік питань, які потрібно розробити:

Перелік графічних документів (за потреби) _____

Дата видачі завдання “13” лютого 2025р.

Керівники бакалаврської кваліфікаційної роботи

Коробко М.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Стехно О.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

Кармаліта А. С.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. Загальні відомості про мостові крани та аналіз їх існуючих конструкцій.....	8
1.1. Загальні відомості та класифікація мостових кранів.....	8
1.2. Конструктивні різновиди приводів мостових кранів.....	13
1.3. Конструктивні особливості ходових коліс мостових кранів.....	16
РОЗДІЛ 2. Модернізація конструкції ходових коліс мостового крана.....	22
РОЗДІЛ 3. Розрахунок механізму переміщення мостового крана.....	24
3.1. Вибір кінематичної схеми механізму переміщення мостового крана.....	24
3.2. Визначення сили опору переміщення мостового крана.....	24
3.3. Розрахунок необхідної потужності електродвигуна та вибір редуктора.....	25
3.4. Перевірка обраного двигуна на нагрів.....	29
3.5. Вибір гальм мостового крана.....	33
3.6. Розрахунок ходових коліс мостового крана.....	36
РОЗДІЛ 4. Заходи охорони праці при роботі мостового крана.....	37
4.1. Забезпечення безпеки праці при роботі мостового крана.....	37
4.2. Заходи безпеки та умови праці при експлуатації мостового крана.....	38
4.3. Попереджувальні засоби обслуговуючого персоналу.....	38
4.4. Необхідні параметри мікроклімату в кабіні кранівника.....	39
4.5. Пожежна безпека під час експлуатації мостового крана.....	41
4.6. Електробезпека під час роботи крана.....	42
4.7. Освітленість при експлуатації мостового крана.....	43
РОЗДІЛ 5. Економічна ефективність запропонованої розробки.....	47
ВИСНОВКИ	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	50
ДОДАТКИ	51

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Кармаліта А.С.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Стехно О.В				4	51
Реценз.					ЗМІСТ НУБіП		
Н. Контр.		Коробко М. М.					
Затверд.							

РЕФЕРАТ

Бакалаврська кваліфікаційна робота та тему: «Розробка конструкції механізму переміщення мостового крана» - складається із чотирьох розділів (4), які розміщені на п'ятдесяти одній (51) сторінках друкованого тексту формату А4, двадцяти (20) рисунків, чотирьох (4) таблиць, висновків та десяти (10) джерел використаної літератури, додатків, а також графічної частини.

Розрахунково – пояснювальна записка містить наступні розділи:

- Вступ.
- Загальні відомості про мостові крани та аналіз їх існуючих конструкцій, у якому проведено аналіз і кваліфікацію відомих типів мостових кранів.
- Модернізація конструкції ходових коліс мостового крана.
- Розрахунок механізму переміщення мостового крана.
- Заходи охорони праці при роботі мостового крана.
- Економічна ефективність запропонованої розробки.
- Висновки.
- Список використаних джерел.
- Додатки.

Галуззю використання розробленої конструкції є вантажопідіймальне машинобудування.

Ключові слова: мостовий кран, кранові колеса, пружна вставка, , розрахунок, безпека економічна ефективність.

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кармаліта А.С.			РЕФЕРАТ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Стехно О.В.					5	51
Реценз.						НУБіП		
Н. Контр.		Коробко М. М.						
Затверд.								

ВСТУП

Мостові крани досить широко використовуються у сучасному сільськогосподарському машинобудуванні, металургійному виробництві, на атомних електростанціях, а також у інших виробничих сферах.

У даний проміжок часу, найбільш розповсюдженими є двох балкові мостові крани із опорним вантажним візком, гнучким підвісом вантажу, приводом, який є роздільним механізмом пересування, двохребордними циліндричними колесами. В якості приводів механізмів пересування мостових кранів є переважно асинхронні електродвигуни, які керовані за допомогою магнітного контролера із системою напівавтоматичного управління, що визначає роботу двигуна на кожній механічній характеристиці під час пуску двигуна на кожній із механічних характеристик при пуску двигуна чи силового контролера. Гальма даних механізмів пересування є нормально-замкнуті, колодкові чи дискові із приводом від електромагніту чи гідроштовхача. Підкрановий шлях є виконаним у вигляді: кранової рейки спеціального профілю, залізничної рейки нормальної колії, квадратного бруса (для кранів із малою вантажопідймальністю). Стандартна довжина рейок зазвичай становить 6-12 метрів, стики рейок як правило не можуть заварюватися.

Мостові крани відносяться до важко навантажених машин, їх добове навантаження становить до 75 – 85 %, загальна вантажопідйомність складає 70 – 80 % від номінальної, фактичний режим роботи мостових кранів часто завищений при порівнянні із нормативним. Незважаючи на те все типові конструкції мостових кранів удосконалювалися досить багато років, все ж таки наявні передчасні відмови кранової системи «кран-підкрановий шлях». Окрім експлуатаційних й технологічних причин відмов також причинами відмов можуть служити певні конструктивні недосконалості кранових вузлів.

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кармаліта А.С.			ВСТУП	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Стехно О. В.					6	51
Реценз.						НУБіП		
Н. Контр.		Коробко М.М.						
Затверд.								

Найбільш характерними причинами та наслідками наведених відмов відносяться відносно малий термін служби кранових коліс та підкранових рейок, втомні руйнування кінцевих балок, руйнування тихохідних валів механізмів пересування із навісними редукторами, розхитування та зношування колії рейкового шляху, схід коліс із рейок, поломки напрямних роликів у кранах із ходовими колесами, які є безребордними.

Кранові колеса є найбільш швидко зношуваними елементами мостового крана. Процес вибракування коліс відбувається у основному внаслідок підвищеного зносу реборд. Зустрічаються певні випадки, коли термін служби кранових коліс становить 1-4 місяці при регламентованому терміні служби 5-12 років, а загальний термін служби підкранових рейок знижується до 40-50 % від відповідного регламентованого. Разом з тим, мінімізація довговічності кранових коліс приводить до збільшення ремонтних витрат та збільшення загальних простоїв крана, що досягають для кранів до 10 - 12% від загального часу простоїв. Витрати, що пов'язані з заміною та відновленням ходових коліс, складають 15-17 % від загальної вартості ремонту крана. В зв'язку із недостатнім строком експлуатації кранових ходових коліс сучасних кранів, останнім часом з'явилося багато підходів по конструктивній зміні ходової частини кранів мостового типу. У зв'язку із чим, покращення роботи кранових ходових коліс являється досить актуальною задачею сучасного кранобудування.

У зв'язку з чим, пропонується конструкція ходового кранового колеса із пружною вставкою, яка дозволяє значно зменшувати динамічні навантаження, які виникають при пересуванні мостового крана та статичні навантаження у зоні колесо-рейка є актуальною роботою.

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МОСТОВІ КРАНИ ТА АНАЛІЗ ЇХ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ

1.1. Загальні відомості та класифікація мостових кранів

На сьогоднішній день мостові крани є найпоширенішим типом вантажопідйомного обладнання на українських підприємствах. Вони широко використовуються скрізь, де потрібно підіймати та транспортувати важкі вантажі: у виробничих цехах, ремонтних майстернях для великогабаритної техніки, на транспортних вузлах, металургійних підприємствах, великих складах та інших подібних об'єктах. Загальний вигляд мостового крана представлено на рис. 1.1.

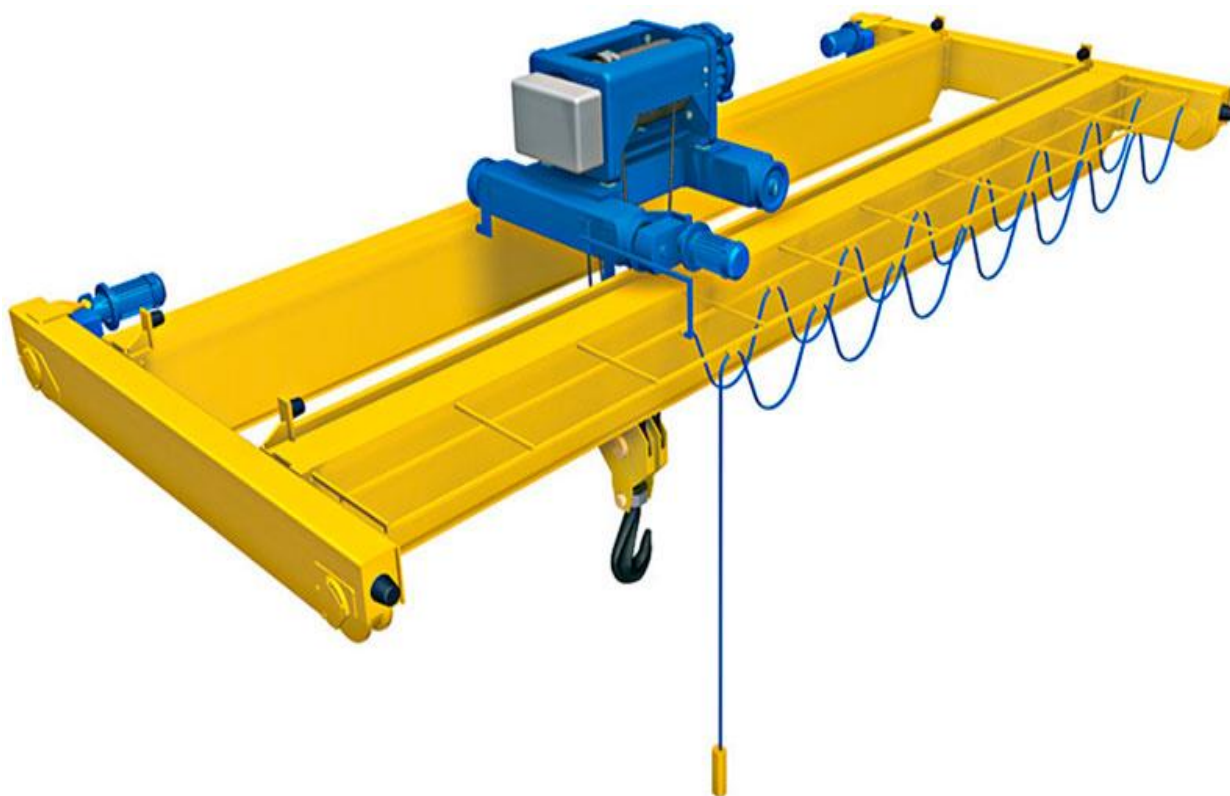


Рис. 1.1. Загальний вигляд мостового крана

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 1					
Розроб.		Кармаліта А.С.						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Стехно О.В.						8	51	
Реценз.								НУБіП		
Н. Контр.		Коробко М. М.								
Затверд.										

У залежності від кількості прогонних балок у мості мостові крани поділяють на:

- одно балочні мостові крани;
- двох балочні мостові крани.

Загальний вигляд одно балочного мостового крана представлено на рисунку 1.2.



Рис. 1.2. Загальний вигляд одно балочного мостового крана

Зображення двох балочного мостового крана наведено на рисунку 1.3.



Рис. 1.3. Загальний вигляд двох балочного мостового крана

Наявність другої додаткової балки суттєво посилює бруківку, а це дозволяє забезпечувати більш безпечну роботу із важкими вантажами, проте підвищує вартість самого мостового крана. Як правило, двох балочні моделі застосовують для роботи з вантажами масою понад 10 тон.

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Залежно від способу монтажу підкранових шляхів, виділяють такі типи мостових кранів:

- підвісні мостові крани;
- опорні мостові крани.

У підвісному крані міст закріплюється знизу до рейкових шляхів, які монтується до несучих конструкцій будівлі. Зображення підвісного мостового крана наведено на рис. 1.4.

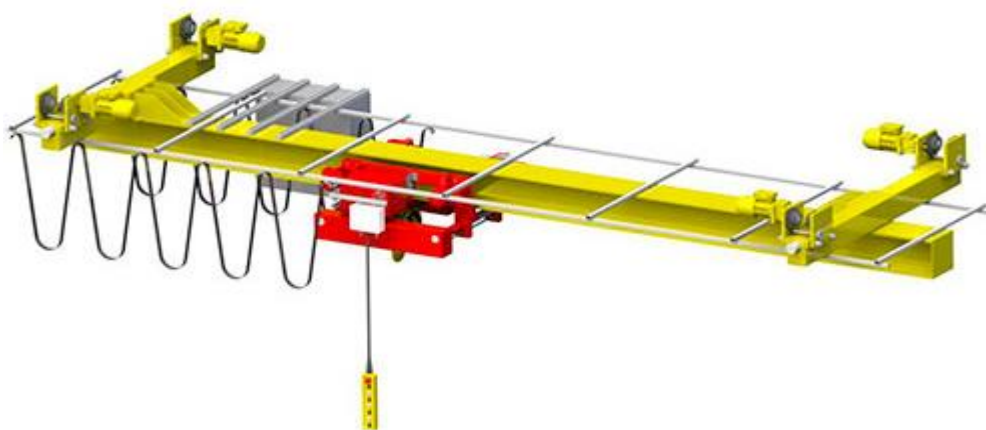


Рис. 1.4. Зображення підвісного мостового крана

Натомість в опорному варіанті колеса крана спираються на рейки зверху. Ці рейки встановлюються на спеціальних опорах (колонах) або крановій естакаді, що забезпечує підвищену стійкість і надійність конструкції. Завдяки цьому опорні крани здатні переміщувати вантажі більшої маси. Загальний вигляд опорного мостового крана представлено на рис. 1.5.

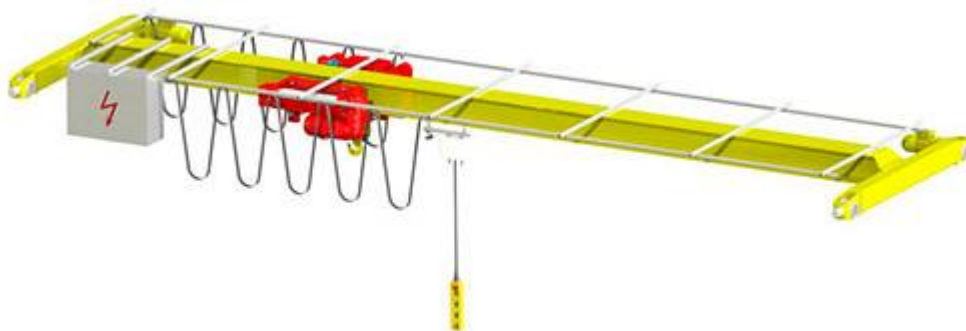


Рис. 1.5. Зображення опорного мостового крана

					01.09.КР.2265"С".2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Серед основних недоліків опорного крана - потреба у зведенні опор або кранової естакади, що займають простір на робочому майданчику та погіршують огляд для кранівника. На відміну від нього, мостовий кран повністю монтується під стелею цеху чи складу, не займаючи підлоги, що є особливо зручним для невеликих або вже завантажених приміщень.

У якості вантажопідйомного механізму на мостовому крані можуть використовуватись ручні або електричні талі, що відповідають необхідній вантажопідйомності. Для переміщення самого крана встановлюють привід — ручний (механічний) або мотор-редукторний. Залежно від типу приводу мостові крани поділяються на:

- ручні мостові крани;
- електричні мостові крани.

Очевидно, що електричні моделі значно перевершують ручні за продуктивністю, оскільки не потребують фізичних зусиль працівника. Водночас їхня вартість значно вища, як і експлуатаційні витрати через споживання електроенергії. Проте при достатньо інтенсивному використанні такі витрати повністю компенсуються завдяки високій ефективності електричного обладнання під час виконання підйимально транспортних операцій.

Для різних виробничих умов передбачено кілька варіантів виконання кранів:

- загальнопромислове,
- вибухозахищене,
- вогнестійке.

Навіть у стандартному загальнопромисловому виконанні крани здатні ефективно працювати як у закритих приміщеннях, так і на відкритому повітрі, витримуючи температури від -20 до +40 °С.

Керування мостовим краном може здійснюватися за допомогою дротового дистанційного пульта або через систему радіоуправління. Для

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

великогабаритних кранів, що експлуатуються на значних площах, можливе встановлення кабіни для оператора.

Під час вибору мостового крана надзвичайно важливо правильно визначити його режим роботи. Існує вісім класів режимів - від легкого до надважкого, які встановлюються розрахунковим шляхом згідно з вимогами стандарту ГОСТ 25546-82 та доповнення ISO 4301/1-88. Не заглиблюючись у технічні деталі, варто зазначити, що цей параметр відображає рівень навантаження на кран протягом усього періоду його експлуатації. Невірне визначення режиму може призвести до серйозних технічних проблем і додаткових фінансових витрат.

Між режимом роботи крана та його вартістю існує пряма залежність: чим інтенсивніше передбачається його використання, тим дорожче обійдеться виготовлення обладнання. Тому два крани з однаковими характеристиками - такими як вантажопідйомність, висота підйому чи габарити - але з різними режимами експлуатації можуть значно відрізнятись за ціною.



Рис. 1.6. Рижими роботи мостового крана

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Для підвищення рівня безпеки експлуатації крани можуть оснащуватися такими елементами:

- обмежувачем вантажопідйомності;
- термозахистом електродвигуна підйомного механізму;
- кінцевими вимикачами для обмеження руху крана та талі;
- а також іншими допоміжними приладами й системами.

Для надійного закріплення вантажів, залежно від їх форми та особливостей, застосовують різноманітні вантажозахоплювальні пристрої, серед яких:

- гачки та гакові підвіски різних типів;
- траверси;
- грейфери;
- електромагніти;
- кліщі;
- інші спеціалізовані захоплювачі.

1.2. Конструктивні різновиди приводів мостових кранів

Механізми для пересування мостових кранів мають декілька конструктивних різновидів.

Механізм, що пересуває вантажний візок (рис. 1.6), як правило, має один привід, що передає крутний момент на два приводних ходових колеса.

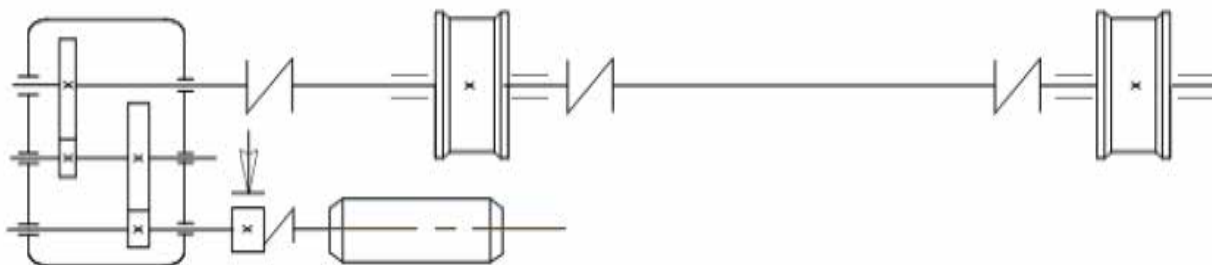


Рис. 1.6. Механізм пересування вантажного візка мостового крана

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Механізми переміщення крана мостового типу можуть бути із центральним (рис. 1.7) та із роздільним приводом.

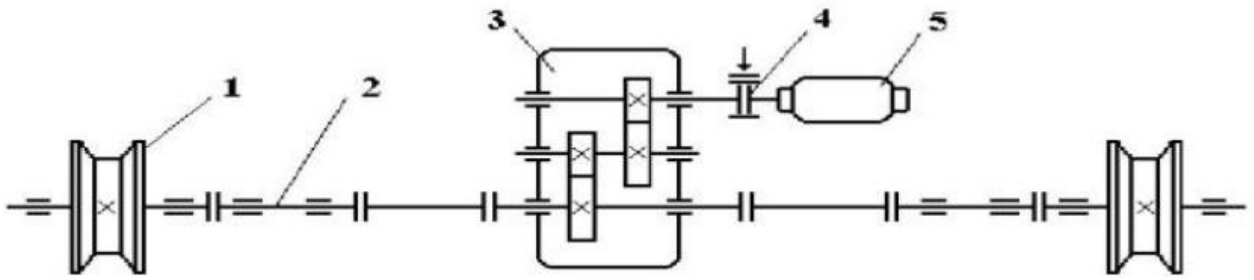


Рис. 1.7. Механізм переміщення крана мостового типу із центральним приводом 1– ходове колесо, 2 – вал, 3 – редуктор, 4 – гальма, 5 – електродвигун

Механізми пересування із центральним приводом можуть бути з тихохідним трансмісійним валом (рис. 1.7), а також із швидкохідним трансмісійним валом із середньохідним трансмісійним валом (рис. 1.8).

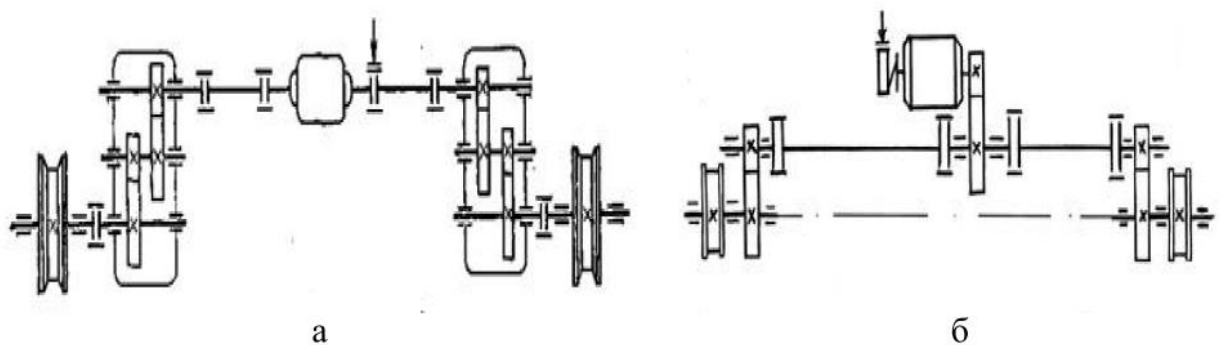


Рис. 1.8. Механізм переміщення мостового крана із центральним приводом (а - з швидкохідним трансмісійним валом; б - з середньохідним трансмісійним валом)

У такій конструкції вали редуктора з'єднуються з валом ходового колеса через муфту та трансмісійний вал. Це негативно впливає на роботу механізму, оскільки наявність трансмісійного валу ускладнює процес виготовлення крана, збільшує його масу та вимагає високої точності під час монтажу.

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Щоб усунути ці недоліки, застосовують роздільний привід кінцевих балок мосту (рис. 1.9).

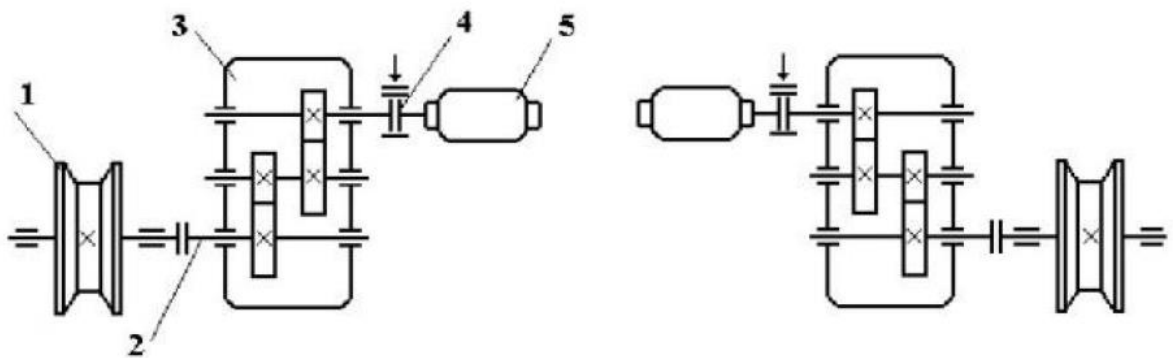


Рис. 1.9. Механізм пересування мостового крана із роздільним приводом:
1 – ходове колесо; 2 – вал; 3 – редуктор; 4 – гальма; 5 – електродвигун

За цією схемою кожна кінцева балка мосту оснащена власним приводом, і ці приводи пов'язані між собою лише металевою конструкцією самого крана. Коли навантаження на одну з опорних балок менше, ніж на іншу, двигун менш навантаженої сторони починає обертатися швидше, внаслідок чого ця опора випереджає іншу. У відповідь на це навантаження частково передається через металоконструкцію на перший двигун, збільшуючи його навантаження та, відповідно, знижуючи його оберти. Одночасно з цим двигун другої опори розвантажується, і його частота обертання зростає, поки обидві сторони не вирівнюються.

Таким чином, під час руху крана з роздільним приводом відбувається автоматичний перерозподіл навантаження між двигунами.

Попри необхідність використання двох електродвигунів, двох редукторів і гальм, така система є економічно вигідною, має невелику масу та просту конструкцію.

Основна перевага цієї схеми — відсутність трансмісійного валу, що знижує навантаження на поздовжні балки мосту та зменшує горизонтальні бокові сили, які виникають між краном і підкрановими рейками. Це, згідно з припущеннями, має позитивно впливати на довговічність ходових коліс.

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Однак, практика експлуатації показує протилежне: у системах із роздільним приводом термін служби ходових коліс є найнижчим. Це пов'язано з тим, що така конструкція робить кран більш рухомим у горизонтальній площині.

Навіть невеликі відмінності у зусиллях з різних боків можуть спричинити перекид крана, що призводить до частішого контакту реборд коліс із рейками, погіршуючи їх зношування.

На це впливають не лише несуттєві розбіжності в характеристиках двигунів та гальм, а й динамічні навантаження, особливо під час роботи в складних умовах. Тому введення роздільного приводу не вирішує проблему зносу ходових коліс.

Цю проблему можна вирішити, поєднавши роздільний привід з використанням конічних приводних коліс. Такий підхід вперше запропонував Б.С. Ковальський, а його ідеї були розвинуті в дослідженнях В.М. Іванова та інших науковців.

Суть рішення полягає в тому, що на стороні, яка забігає, конічне колесо котиться по меншому діаметру, що зменшує її швидкість і автоматично вирівнює положення крана на рейках.

На відміну від централізованого приводу, у системі з роздільним приводом використання конічних коліс не тільки допомагає краще долати нерівності колії, а й компенсує різницю у швидкості обертання двигунів, яка виникає через нерівномірне навантаження.

1.3. Конструктивні особливості ходових коліс мостових кранів

Конструкція ходових коліс мостових кранів та кранових візків повинна виключати можливість сходу коліс із напрямних рейок. Для цього ходові колеса мають два бокових фланця (реборди), що слугують для направлення ходових коліс по напрямним рейкам рис. 1.10 – 1.11.

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

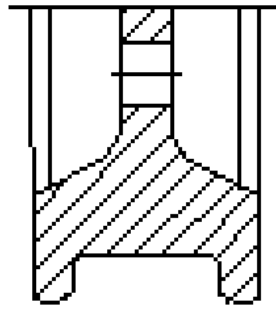


Рис. 1.10. Двохребордне циліндричне ходове колесо

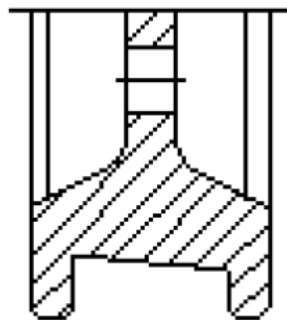


Рис. 1.11. Двохребордне конічне ходове колесо

Зазвичай застосування безребордних ходових коліс може допускатися за наявності спеціальних пристроїв, котрі унеможливають схід колеса із рейок рис. 1.12.

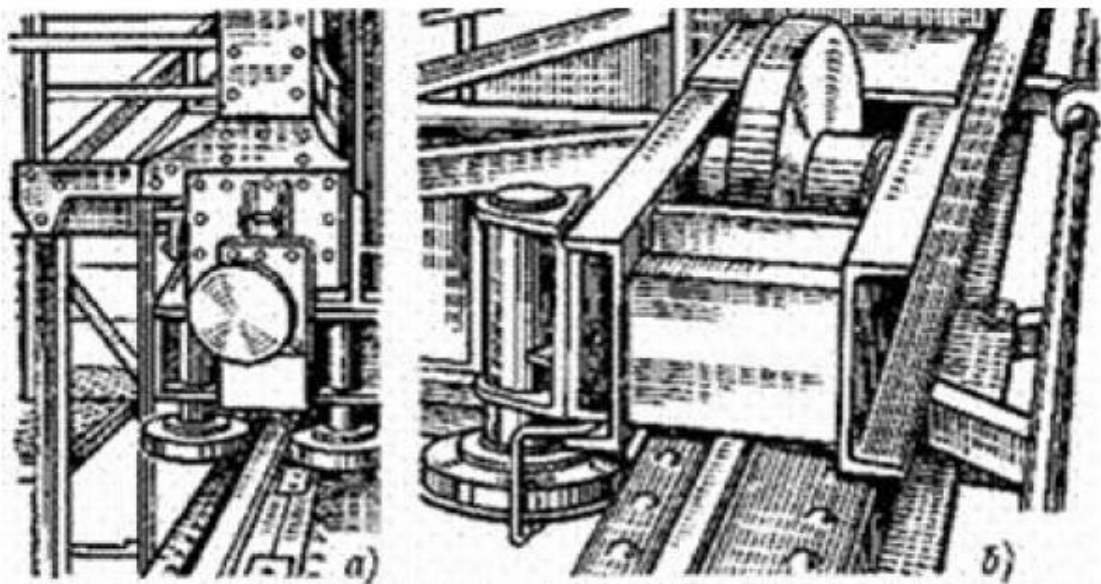


Рис. 1.12. Установка горизонтальних роликів *а* - з двох сторін рейки; *б* - з однієї сторони рейки

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Під час руху з перекосами реборди циліндричних ходових коліс постійно контактують з рейками, що спричиняє значний знос як коліс, так і рейкової колії.

Щоб зменшити тертя і зношування реборд та головок рейок, на ці поверхні можна наносити мастило. У випадку ходових коліс із конічним ободом (рис. 1.11), перекіс крана призводить до того, що колесо, яке відстає, котиться по більшому діаметру, що сприяє автоматичному вирівнюванню положення крана.

У такій ситуації вирівнювання відбувається без участі реборд, що позитивно впливає на довговічність коліс і знижує опір при русі. У цьому випадку реборди виконують лише функцію запобігання сходу коліс з рейок.

Для забезпечення стабільного руху крана з урахуванням можливих похибок при укладанні рейкової колії або монтажу металоконструкцій, а також для сприяння самовирівнюванню, ширина робочої частини ободів двох ребордних коліс має перевищувати ширину головки рейки. Рекомендовані збільшення такі:

- для циліндричних коліс – на 30 мм,
- для конічних – на 40 мм,
- для коліс кранових візків – на 15–20 мм.

При цьому розміри ободів повинні відповідати стандарту ОСТ 24.090.

Варто зазначити, що використання конічних коліс не є універсальним вирішенням усіх проблем пересування кранів.

Початкові перекоси, дефекти рейкового шляху, відмінності у діаметрах привідних коліс або неоднакова конусність можуть негативно впливати на рух крана, і в таких випадках одного лише «ефекту конусності» для вирівнювання може бути недостатньо.

Комплексний підхід з урахуванням усіх згаданих факторів дозволить точніше оцінити їх вплив і розробити відповідні допуски для забезпечення надійної роботи крана.

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Ходові колеса мостових кранів, зазвичай виготовляють різної конструкції, різних розмірів та із різних матеріалів рис. 1.13

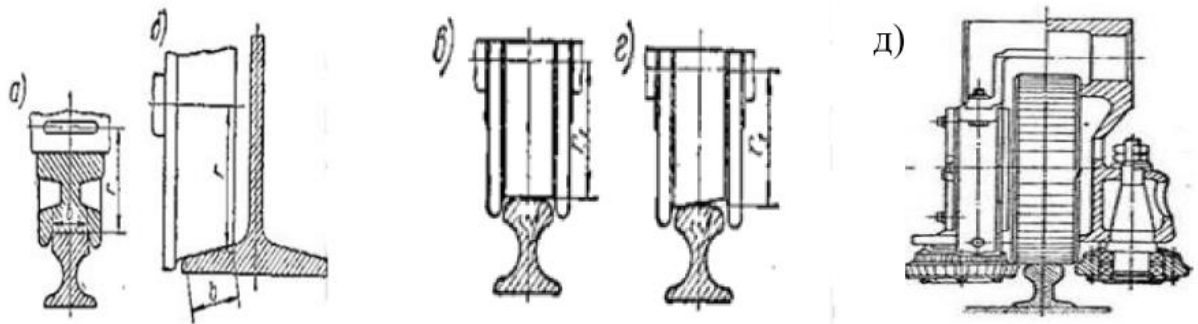


Рис. 1.13 Ходові колеса мостових кранів *а,в* - ходове колесо циліндричне двохребордне; *б* - ходове колесо конічне одnoreбордне; *г* - ходове колесо конічне двохребордне; *д* - ходове колесо циліндричне безребордне)

Частина ходових коліс кранів стандартизована, тоді як інші виготовляються згідно з внутрішніми нормами конкретних підприємств. У конструкції мостових, козлових та подібних кранів зазвичай використовують двохребордні колеса з циліндричною формою обода [60–62].

У випадках, коли рейки перетинаються, або в окремих вузлах візків мостових і козлових кранів, можуть застосовуватись одnoreбордні колеса. Якщо ж напрям руху крана забезпечується направляючими роликами, колеса можуть мати конструкцію без реборд. Ролики розміщуються з протилежного боку рейкової пари або охоплюють одну рейку з двох боків (рис. 1.13 – *д*).

Поверхня кочення таких роликів зазвичай має сферичну форму із заокругленням радіусом 250–350 мм. При цьому ширина поверхні кочення коліс без реборд повинна перевищувати ширину головки рейки щонайменше на 60 мм [63–65].

Використання безребордних коліс у поєднанні з направляючими роликами дозволяє значно знизити втрати енергії через тертя, оскільки кочення ролика по рейці менш енерговитратне, ніж ковзання реборди. Це

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

сприяє зменшенню навантаження на привідні двигуни механізму пересування та підвищує довговічність ходових коліс.

Ходові колеса виготовляють як литими (зокрема з чавуну чи сталі), так і кованими. Чавунні варіанти використовуються обмежено через їхні характеристики, тоді як сталеві колеса виготовляють з різних типів сталі, залежно від вимог до міцності.

Аналіз впливу матеріалу колеса на його зносостійкість і тривалість експлуатації подано на рис. 1.14.

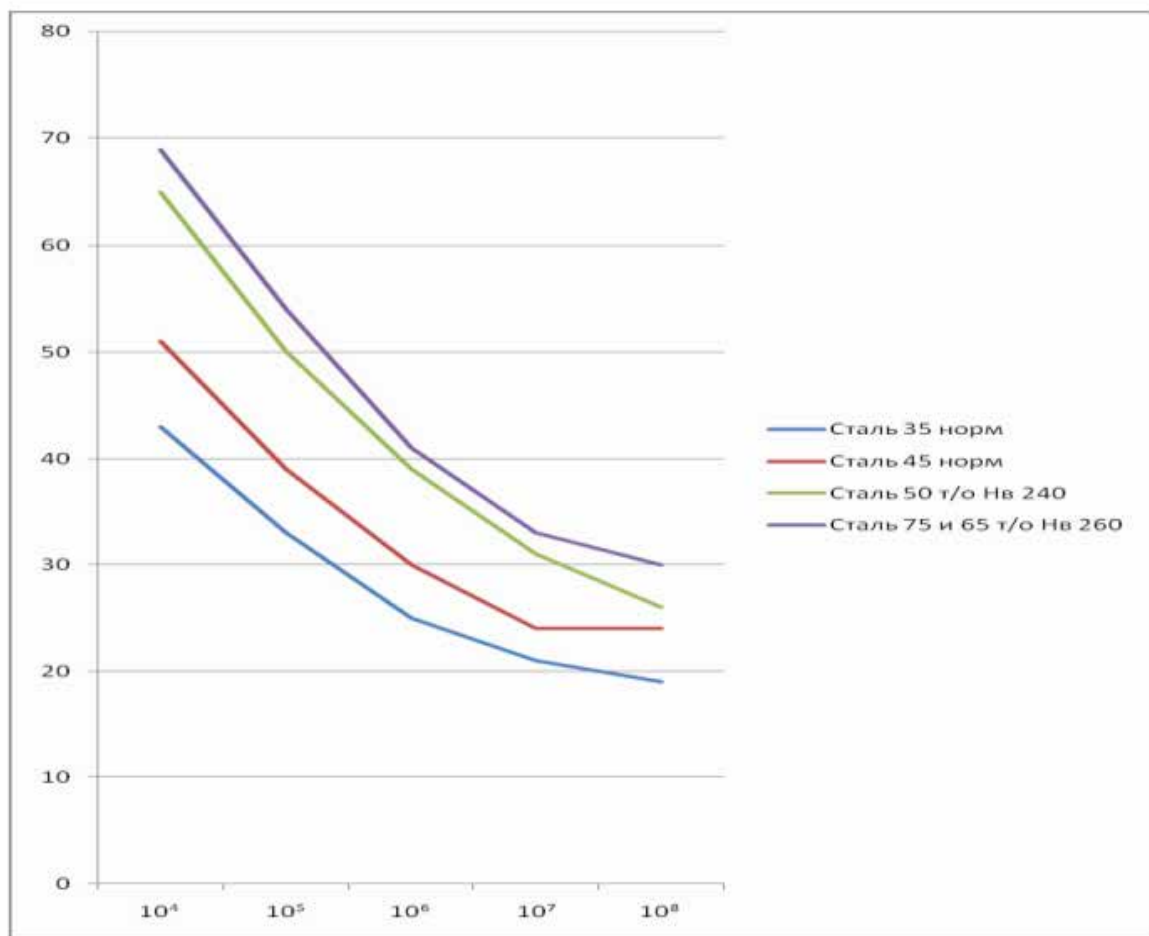


Рис. 1.14. Графічні залежності довговічності ходового колеса від матеріалу виготовлення

Міцність та зносостійкість сталевих ходових коліс можна підвищити шляхом термічної обробки. Частою причиною ускладнення руху кранів є перекося мостових конструкцій на рейках, що призводить до посиленого тертя реборд об головки рейок. Це, у свою чергу, збільшує опір руху, підвищує

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

споживання енергії та зменшує ресурс як коліс, так і самих рейок. Крім того, рух супроводжується ривками, поштовхами та ударами [66–70].

Для покращення ситуації намагались мінімізувати різницю в діаметрах ведучих коліс, що дозволяло зменшити або, навпаки, збільшити зазори між ребордами. Проте такі заходи не дали очікуваного ефекту - проблема з пересуванням кранів залишалася однією з ключових. Хоча реборди й забезпечували напрямок руху та запобігали сходженню з рейок, їх інтенсивне зношення негативно впливало на термін служби коліс і загальну ефективність експлуатації кранів. У результаті нерідко виникали пошкодження шляхів або навіть поломки рейок через заклинювання коліс.

У США до вирішення цієї проблеми підійшли інакше: широке використання залізничних рейок поєднували із впровадженням конічних ходових коліс. Як зазначав Дж. Вумек, ще в 1928 році інженер Р.Дж. Геррі на заводі в Хоумстеді розпочав застосування конічних коліс у крановому обладнанні й досяг позитивних результатів. Відтоді така конструкція отримала широке впровадження на американських підприємствах. Паралельно Дж. Белл провів ґрунтовні дослідження роботи кранів з конічними колесами, змінюючи співвідношення прольоту до бази (L/K), кути конусності, а також комбінації привідних та холостих коліс — як циліндричних, так і конічних. Проведені дослідження дозволили сформулювати чітке розуміння особливостей роботи кранів з конічним приводом.

Р.Дж. Геррі також відзначав, що технологія застосування конічних коліс почала розвиватися ще на початку ХХ століття, і певні закономірності були вже тоді відомі. Наприклад, рух крана залишався стабільним незалежно від напрямку переміщення та конструкції холостих коліс — циліндричних або конічних. Водночас ефективність використання таких коліс не завжди була високою, особливо при значних навантаженнях, тож вивчення цієї теми продовжувалось. Проте інженери поступово все більше довіряли рішенню із застосуванням конічних ходових коліс.

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

РОЗДІЛ 2

МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ХОДОВИХ КОЛІС МОСТОВОГО КРАНА

Виконаємо удосконалення конструкції коліс вантажного візка механізму зміни вильоту вантажу. У відомому колесі вантажного візка механізму зміни вильоту вантажу [2] основним недоліком є те, що доволі складно здійснювати заміну пружного кільця, під час технічного обслуговування механізму.

Пропонується створити конструкцію такого колеса, що дозволяє відносно просто виконувати заміну пружного кільця під час планового технічного обслуговування. На рис. 2.1. зображено загальний вигляд розробленої конструкції колеса вантажного візка [2].

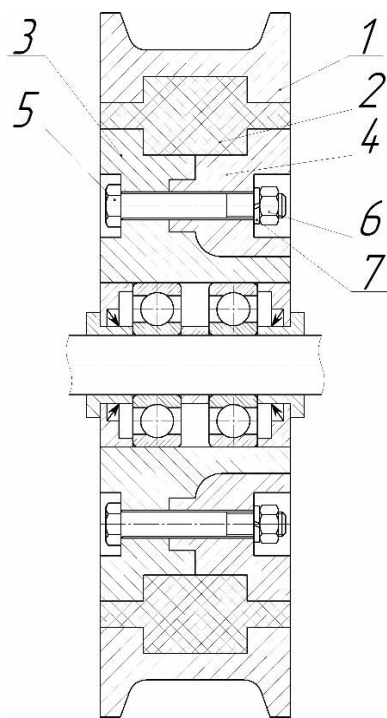


Рис. 2.1. Загальний вигляд розробленої конструкції колеса вантажного візка

01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Кармаліта А.С.		
Перевір.		Стехно О.В.		
Реценз.				
Н. Контр.		Коробко М. М.		
Затверд.				
РОЗДІЛ 2				
		Літ.	Арк.	Аркушів
		22	51	
НУБіП				

Колесо (рис. 2.1) складається із зовнішнього кільця 1, яке контактує із напрямними рейками, у внутрішню частину якого вставлена ступінчаста гумова вставка 2. Ступінчаста гумова вставка 2 разом із зовнішнім кільцем 1 встановлена на внутрішній фланець 3 та затиснута кришкою 4 за допомогою гвинта 5 та гайки 6 із шайбою 7 [2].

Демонтаж ступінчастої гумової вставки колеса під час технічного обслуговування відбувається наступним чином. Відбувається демонтаж гвинтового з'єднання гайки 6 із шайбою 7 та гвинта 5. Після чого знімається кришка 4 та зовнішнє кільце 1 разом із ступінчастою гумовою вставкою 2, яка потім виймається. Монтаж ступінчастої гумової вставки відбувається у зворотному порядку [2].

Встановлення внутрішнього фланця 3 та кришки 4 дозволяє створити умови, при яких можливо здійснювати простий монтаж та демонтаж ступінчастої пружної вставки 2 колеса під час технічного обслуговування баштового крана [2].

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПЕРЕМІЩЕННЯ МОСТОВОГО КРАНА

3.1. Вибір кінематичної схеми механізму переміщення мостового крана

На рисунку 3.1 представлена кінематична схема механізму пересування крана з роздільним приводом. Вал електродвигуна з'єднаний із валом редуктора через зубчасту муфту.

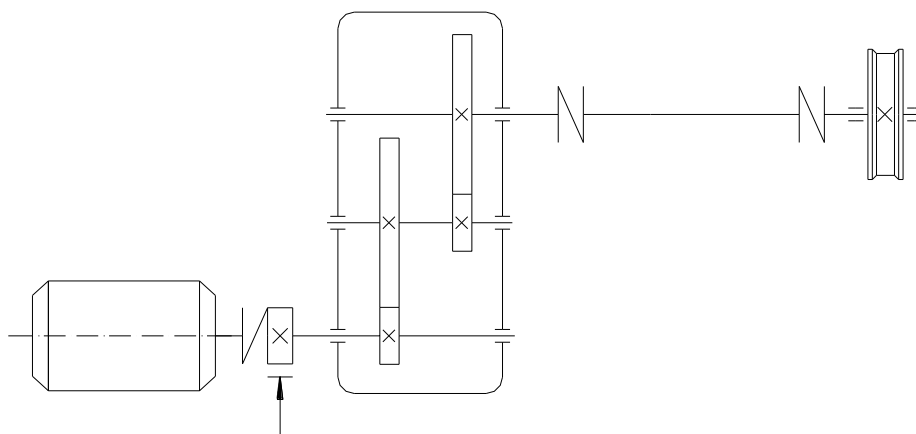


Рис. 3.1 – Кінематична схема механізму пересування крана

З'єднання вала редуктора з валом ходового колеса здійснюється за допомогою двох зубчастих муфт і проміжного вала. Гальмо механізму розміщене на швидкохідному валу редуктора.

3.2. Визначення сили опору переміщення мостового крана

Загальна вага крана вантажопідіймальністю 32 т з прогоном 21 м становить приблизно $G_k = 500000$ Н.

					01.09.КР.2265"С".2024.12.16.011.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кармаліта А.С.			РОЗДІЛ 2	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Стехно О.В.					24	51
Реценз.						НУБіП		
Н. Контр.		Коробко М. М.						
Затверд.								

Опір пересуванню крана при номінальному вантажі від сил тертя та ухилу колії визначається за формулою:

$$W = (Q + G_{\text{сд}}) \cdot \left(\frac{fd_{\text{с}} + 2\mu}{D_{\text{с.е}}} k_{\text{с}} + \alpha \right), \quad (3.1)$$

де $f = 0,015$ – коефіцієнт тертя ковзання у роликових підшипниках;

$D_{\text{х.к}} = 710$ мм – діаметр ходового колеса, що береться залежно від тиску на колесо та від швидкості пересування;

$d_{\text{ц}}$ – діаметр цапфи вала колеса:

$$d_{\text{с}} = (0,2 \dots 0,25) D_{\text{с.е}} = 0,2 \cdot 710 = 145 \text{ мм}; \quad (3.2)$$

$\mu = 0,08$ – коефіцієнт тертя котіння ходового колеса по рейці;

$k_{\text{р}} = 1,5$ коефіцієнт, що враховує додатковий опір тертя реборд ходового колеса об головку рейки;

$\alpha = 0,001$ – нахил колії.

Підставивши значення наведених вище величин у вираз (3.1), маємо

$$W = (320000 + 500000) \cdot \left(\frac{0,015 \cdot 14,5 + 2 \cdot 0,08}{71} 1,5 + 0,001 \right) = 7360 \text{ Н}. \quad (3.3)$$

3.3. Розрахунок необхідної потужності електродвигуна та вибір редуктора

Потужність двигуна визначається із урахуванням інерційних навантажень:

$$N = \frac{W_0 \cdot V_{\text{с}}}{1000 \cdot 60 \cdot \varphi_{\text{н\ddot{a}д}} \cdot \eta_i}, \quad (3.4)$$

					01.09.КР.2265"С".2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\varphi_{\text{пад}} = 1,6$ – коефіцієнт перевантаження двигуна (призначається попередньо);

$\eta_m = 0,85$ – ККД механізму пересування;

W_0 – опір пересуванню навантаженого крана з урахуванням сил інерції:

$$W_0 = W + 1,2 \cdot (m_e + m_o) \cdot a = 7360 + 1,2(50000 + 32000) \cdot 0,15 = 22120 \text{ Н}, \quad (3.5)$$

де $a = (0,1 \dots 0,2) \text{ м/с}^2$ – середнє прискорення крана у процесі розгону;

1,2 – коефіцієнт, що враховує обертальні маси.

Підставивши значення W_0 у вираз (3.2), одержимо загальну потрібну потужність привода:

$$N = \frac{22120 \cdot 80}{1000 \cdot 60 \cdot 1,6 \cdot 0,85} = 21,7 \text{ кВт}. \quad (3.6)$$

Потужність кожного з двох двигунів

$$N_n = 0,6 \cdot N = 0,6 \cdot 21,7 = 13 \text{ кВт}. \quad (3.7)$$

По каталогу [3] вибираємо двигун з фазовим ротором типу МТФ 311-6 потужністю $N_d = 13 \text{ кВт}$, $n_d = 935 \text{ об/хв}$, момент інерції ротора $J_p = 0,229 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$, максимальний момент $M_{\text{мах}} = 320 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Загальний вигляд обраного двигуна представлено на рис. 3.2.

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 3.2. Загальний вигляд електродвигуна з фазовим ротором типу
МТФ 311-6

Для з'єднання вала двигуна з входним валом редуктора застосуємо зубчасту муфту з гальмівним шківом діаметром 200 мм, $J_M = 0,08 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

Необхідне передавальне число редуктора:

$$i_{\delta} = \frac{n_{\text{ä}}}{n_{\delta, \text{ê}}} = \frac{935}{35,9} = 26,0, \quad (3.8)$$

де $n_{\text{х.к}}$ – число обертів ходового колеса за одну хвилину:

$$n_{\delta, \text{ê}} = \frac{V_{\text{ê}}}{\pi \cdot D_{\delta, \text{ê}}} = \frac{80}{3,14 \cdot 0,71} = 35,9 \text{ об/хв}. \quad (3.9)$$

Розрахункова потужність редуктора [3]:

$$N_{\delta} = K \cdot N_{\text{нò}} = 2,25 \cdot 6,9 = 15,5 \text{ кВт}, \quad (3.10)$$

де

					01.09.КР.2265"С".2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{\text{нб}} = 0,6 \frac{W \cdot V}{1000 \cdot 60 \cdot \eta} = 0,6 \frac{7360 \cdot 80}{1000 \cdot 60 \cdot 0,85} = 6,9 \text{ кВт.} \quad (3.11)$$

З каталогу [3] вибираємо редуктор типу Ц2-300 з передавальним числом $i_p = 24,9$, який при 1000 об/хв передає потужність $N = 18,3$ кВт. Загальний вигляд, якого представлено на рис. 3.3.



Рис. 3.3. Загальний вигляд редуктор типу Ц2-300

Фактична швидкість колеса:

$$n_{\text{в}} = \frac{n_{\text{д}}}{i_{\text{д}}} = \frac{935}{24,9} = 37,6 \text{ об/хв.} \quad (3.12)$$

Фактична швидкість пересування крана визначається за наступною залежністю:

$$V_{\text{вд}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{в.в}} \cdot n_{\text{в}}}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,71 \cdot 37,6}{60} = 1,4 \text{ м/с.} \quad (3.13)$$

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

3.4. Перевірка обраного електродвигуна на нагрів

Перевірку електродвигуна на нагрівання зробимо відповідно до завантаження двигуна протягом циклу за еквівалентним моментом:

$$M_{\dot{a}} = \sqrt{\frac{M_{\text{пд.і}}^2 \sum t_i + \sum M_{\text{н}}^2 \cdot t_{\text{о}}}{T_{\text{ц}}}}, \quad (3.14)$$

де $M_{\text{ср.п}}$ – середньопусковий момент двигуна;

$M_{\text{с}}$ – момент статичного опору, зведеного до вала двигуна;

$\sum t_{\text{п}}$ – сумарний термін розгону протягом циклу;

$\sum t_{\text{у}}$ – сумарний термін усталеного руху у циклі;

$T_{\text{ц}}$ – термін циклу.

Номінальний момент двигуна:

$$M_{\text{і}} = 9550 \frac{N_{\dot{a}}}{n_{\dot{a}}} = 9550 \frac{13}{935} = 133 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (3.15)$$

Середньопусковий момент двигуна визначається за формулою:

$$M_{\text{пд.і}} = \frac{M_{\text{і.мін}} + M_{\text{і.макс}}}{2} = \frac{146 + 272}{2} = 209 \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (3.16)$$

де $M_{\text{п.мін}}$ – мінімальний пусковий момент двигуна у процесі розгону:

$$M_{\text{і.мін}} = 1,1 \cdot M_{\text{і}} = 1,1 \cdot 133 = 146 \text{ Н}\cdot\text{м}; \quad (3.17)$$

$M_{\text{п.макс}}$ – максимальний момент двигуна у процесі розгону:

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{i.\max} = 0,85 \cdot M_{\max} = 0,85 \cdot 320 = 272 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (3.18)$$

Термін розгону механізму визначається з рівнянь руху:

$$M_{\ddot{\delta}.i} = M_{\ddot{n}} + M'_{z_i} + M''_{z_i}. \quad (3.19)$$

Момент статичного опору, зведений до вала двигуна, при навантаженому крані становить (для одного привода):

$$M_{\ddot{n}} = \frac{W}{2} \cdot \frac{D_{\delta.\dot{\epsilon}}}{2 \cdot i_{\delta} \cdot \eta_i} = \frac{7360}{2} \cdot \frac{0,71}{2 \cdot 24,9 \cdot 0,85} = 61,7 \text{ Ї} \cdot \text{і}. \quad (3.20)$$

Момент сил інерції від поступально-рухомих мас вантажу m_Q та крану m_G , зведених до вала двигуна:

$$M'_{z_i} = \frac{(m_Q + m_G) D_{\delta.\dot{\epsilon}}^2 \cdot n_{\dot{\alpha}}}{2 \cdot 38,2 \cdot i_{\delta}^2 \cdot \eta_i \cdot t_i} = \quad (3.21)$$

$$= \frac{(32000 + 50000) \cdot 0,71^2 \cdot 935}{2 \cdot 38,2 \cdot 24,9^2 \cdot 0,85 \cdot t_i} = \frac{960}{t_i},$$

де t_{π} – термін розгону (пуску).

Момент на валу двигуна від обертальних мас ротора двигуна та муфти:

$$M''_{z_i} = \beta \cdot \frac{J \cdot n_{\dot{\alpha}}}{9,55 \cdot t_i} = 1,2 \cdot \frac{0,309 \cdot 935}{9,55 \cdot t_i} = \frac{36}{t_i}, \quad (3.22)$$

					01.09.КР.2265"С".2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\beta = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує маси, що обертаються на інших валах механізму;

J – момент інерції ротора двигуна та муфти, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$:

$$J = J_{\delta} + J_i = 0,229 + 0,08 = 0,309 \text{ кг}\cdot\text{м}^2. \quad (3.23)$$

Підставивши знайдені величини у вираз (3.19), визначимо термін розгону двигуна при номінальному вантажі:

$$t_i = \frac{960 + 36}{209 - 61,7} = 6,76 \text{ с.} \quad (3.24)$$

Аналогічно визначимо термін розгону двигуна для ненавантаженого крана. Опустивши проміжні обчислення, отримаємо:

$$M_{n.0} = 37,6 \text{ кН} \cdot \text{с};$$

$$M'_{i.0} = \frac{585}{t_{i.0}}; \quad (3.25)$$

$$t_{i.0} = \frac{585 + 36}{209 - 37,6} = 3,62 \text{ с.} \quad (3.26)$$

Загальний термін циклу роботи механізму:

$$T_{\delta} = \alpha \cdot (t_i + t_{i.0} + t_{\delta} + t_{\delta.0}) + 2 \cdot t_{\delta}, \quad (3.27)$$

де $\alpha = 0,85$ – коефіцієнт, що враховує погіршення умов охолодження у процесах пуску та гальмування;

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$t_{т.0}, t_{п.0}$ – відповідно термін гальмування з вантажем та без вантажу; беремо $t_{т} = t_{п} = 6,76$ с, $t_{т.0} = t_{п.0} = 3,62$ с.

Термін установленого руху визначається за формулою:

$$t_{\delta} = \frac{L}{V_{\hat{\epsilon}, \delta}} = \frac{8}{1,4} = 5,7 \text{ н}, \quad (3.28)$$

де $L = 8$ м – пройдена відстань за усталеного руху [3].

Тоді:

$$T_{\delta} = 0,85 \cdot (6,76 \cdot 3,62) \cdot 2 + 2 \cdot 5,7 = 29 \text{ н}. \quad (3.29)$$

Підставивши усі знайдені величини у вираз (3.17), маємо:

$$M_{\hat{a}} = \sqrt{\frac{209^2 (6,76 + 3,62) + (61,7^2 + 37,6^2) \cdot 5,7}{29}} = 129 \text{ Í} \cdot \text{í}. \quad (3.30)$$

У процесі гальмування $M_c = 0$.

Еквівалентна потужність двигуна:

$$N_{\hat{a}} = \frac{M_{\hat{a}} \cdot n_{\hat{a}}}{9550} = \frac{129 \cdot 935}{9550} = 12,6 < 13 \text{ êÁò}. \quad (3.31)$$

Таким чином, двигун, обраний раніше, цілком задовольняє умови нагрівання.

Прискорення у процесі розгону з номінальним вантажем $Q = 32$ т становить:

$$a_1 = \frac{V_{\hat{\epsilon}}}{t_{\text{т}}} = \frac{1,4}{6,76} = 0,21 \text{ í} / \text{c}^2; \quad (3.32)$$

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

без вантажу, тобто при $Q = 0$.

$$a_2 = \frac{V_{\dot{\epsilon}}}{t_{i.0}} = \frac{1,4}{3,62} = 0,39 \text{ і } / \tilde{\text{н}}^2. \quad (3.33)$$

3.5. Вибір гальм мостового крана

Під час гальмування крана необхідно погасити кінетичну енергію рухомих та обертових мас. Час гальмування $t_{\text{гал}}$ приймаємо рівним часу пуску $t_{\text{п}}$.

Величину гальмівного моменту $M_{\text{гал}}$ визначають за допомогою рівняння руху:

$$M_{\text{аає}} = M'_{\text{зї.аає}} + M''_{\text{зї.аає}} - M_{\text{нò}}. \quad (3.34)$$

Величину $M_{\text{гал}}$ визначаємо для ненавантаженого крана.

Динамічний момент від маси крана (без вантажу), який приведений до вала гальма (3.10), становить:

$$M'_{\text{зї.аає}} = M'_{\text{зї.0}} \cdot \eta_i^2 = \frac{585}{t_{\text{аає}}} \cdot 0,85^2 = \frac{585}{3,62} \cdot 0,85^2 = 116 \text{ Í } \cdot \text{і}. \quad (3.35)$$

Динамічний момент від обертальних мас (3.8):

$$M''_{\text{зї.аає}} = M''_{\text{зї.0}} = \frac{36}{3,62} = 9,9 \text{ Í } \cdot \text{і}. \quad (3.36)$$

Опір від сил тертя та ухилу у процесі гальмування:

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{\text{нò}} = G_{\text{é}} \left(\frac{f \cdot d_{\text{ò}} + 2 \cdot \mu}{D_{\text{ò.é}}} - 0,001 \right) = \quad (3.37)$$

$$= 5 \cdot 10^5 \left(\frac{0,015 \cdot 14,5 + 2 \cdot 0,08}{71} - 0,001 \right) = 2158 \text{ Í} .$$

У процесі гальмування $k_p = 1$.

Момент опору, який приведений до вала гальма (для одного гальма), становить:

$$M_{\text{нò}} = \frac{W_{\text{нò}}}{2} \cdot \frac{D_{\text{ò.é}}}{2 \cdot i_{\text{ò}}} \eta_i = \frac{2158}{2} \cdot \frac{0,71}{2 \cdot 24,9} \cdot 0,85 = 13 \text{ Í} \cdot \text{í} . \quad (3.38)$$

Підставимо знайдені величини у вираз (3.13):

$$M_{\text{ааé}} = 116 + 9,9 - 13 = 112,9 \text{ Í} \cdot \text{í} . \quad (3.39)$$

Беремо гальмо типу ТКТГ-200, гальмівний момент може бути відрегульований від 100 до 300 Н·м. Загальний вигляд яких наведено на рис. 3.4.



Рис. 3.4. Загальний вигляд гальма типу ТКТГ-200

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

3.6. Розрахунок ходових коліс мостового крана

Для двох реберних коліс із циліндричним ободом використовуємо сталь марки 65Г з твердістю поверхні котіння в діапазоні НВ 320–350 (за ГОСТ 1050-74). Ширина поверхні котіння становить 110 мм. Для таких коліс приймаємо рейку КР 70 з круглою голівкою радіусом $R_1=40$.

Ефективне напруження (в МПа) при точковому контакті визначається за методом, запропонованим професором Б.С. Ковальським:

$$\sigma_{\dot{a}} = k \cdot k_f \cdot 10^{-2} \sqrt[3]{\frac{R_{B \max} \cdot E^2}{R_1^2}} \leq [\sigma_{\dot{a}}], \quad (3.40)$$

де k – коефіцієнт, що залежить від відношення $R_2/R_1 < 1$; R_1 – більший з радіусів R та $R_{X,K}$; R_2 – менший ($R_{X,K}$ – радіус ходового колеса, R – радіус скруглення головки рейки); k_f – коефіцієнт, що враховує вплив тангенційного навантаження (сили тертя) на роботу ведучого та веденого ходових коліс (беремо залежно від групи режиму роботи механізму):

для 1М÷3М – $k_f = 1$; 4М – $k_f = 1,04 \div 1,06$; 5М – $k_f = 1,06 \div 1,1$;

$$k = 0,09 \cdot \sqrt[9]{\frac{R_1^4}{R_2^4}} = 0,09 \cdot \sqrt[9]{\frac{0,4^4}{0,355^4}} = 0,0945; \quad (3.41)$$

E – зведений модуль пружності:

$$E = \frac{2 \cdot E_1 \cdot E_2}{E_1 + E_2} = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}, \quad (3.42)$$

E_1 та E_2 – модулі пружності матеріалів колеса та рельса, МПа:

$E_1 = E_2 = 2,1 \cdot 10^5$ МПа – для сталі;

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{\dot{a}} = 0,0945 \cdot 1,04 \cdot 10^{-2} \sqrt[3]{\frac{428571 \cdot (2,1 \cdot 10^5)^2}{0,4^2}} = 482 \text{ МПа} < [\sigma_{\dot{a}}] = 690 \text{ МПа}; \quad (3.43)$$

$R_{B_{\max}} = 428571 \text{ Н}$ – реакція опори B при навантаженому крані (рис. 4), по центру балки діє навантаження ($G_M + Q + G_{\text{віз}}$). Для сталі 65Г з гартуванням та подальшим відпусканням НВ 260 – $[\sigma] = 690 \text{ МПа}$.

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

РОЗДІЛ 4

ЗАХОДИ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ МОСТОВОГО КРАНА

4.1. Забезпечення безпеки праці при роботі мостового крана

Під час експлуатації крана на оператора можуть діяти різноманітні виробничі чинники, які поділяються на небезпечні (ті, що можуть спричинити травмування) та шкідливі (здатні викликати професійні захворювання). Вимоги до таких чинників регламентуються стандартом ДСТУ 12.0.003-74.

Рівень безпеки при виконанні вантажопідіймальних робіт значною мірою визначається конструктивними властивостями підйомно-транспортного обладнання та його відповідністю чинним нормативам і правилам охорони праці, затвердженим Держпраці.

До категорії небезпечних фізичних чинників відносяться: рухомі механізми та машини; вантажі, що переміщуються; підйомні пристрої; відкриті або незахищені частини обладнання, які обертаються чи рухаються (наприклад, передавальні вузли, різальні інструменти тощо); частинки оброблюваного матеріалу, які можуть відлітати під час роботи; електричний струм; висока температура поверхонь техніки або оброблюваних матеріалів.

До фізичних шкідливих факторів, які негативно впливають на здоров'я, належать: екстремальні температурні умови в робочій зоні (надто висока або низька температура), підвищена вологість або швидкість руху повітря, надмірний рівень шуму, вібрацій, ультразвукових хвиль, а також різноманітні види випромінювання - теплове, іонізуюче, інфрачервоне, електромагнітне тощо. Також серед шкідливих факторів можна виділити загазованість і запиленість повітря у робочому середовищі.

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кармаліта А.С.			РОЗДІЛ 4	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Стехно О.В.					37	51
Реценз.						НУБіП		
Н. Контр.		Коробко М. М.						
Затверд.								

4.2. Заходи безпеки та умови праці при експлуатації мостового крана

У процесі експлуатації крана можуть виникати аварійні ситуації, зокрема обрив каната, зсув крана з рейок або його мимовільне переміщення під впливом сильного вітру. Такі випадки можуть призвести до серйозних наслідків.

З метою запобігання самовільному руху крана в умовах сильного вітру, конструкцією передбачено спеціальний протиугінний пристрій.

Крім того, кран оснащується системами оповіщення - звуковим сигналом і сигнальною лампою, які активуються при досягненні швидкості вітру 20 м/с і вище.

Щоб уникнути обриву каната під час підйому вантажу, передбачено обмежувач вантажопідйомності. Він автоматично відключає підйомний механізм у випадках, коли маса вантажу перевищує допустиму на понад 10%. Цей обмежувач також спрацьовує при перевищенні допустимого навантаження на канати, викликаного зміщенням центру ваги грейфера, або коли вантаж піднімається на надмірну висоту - для цього передбачено обмежувач висоти підйому.

Для запобігання сходу крана з рейок на кінцях колії встановлюються кінцеві вимикачі механізму пересування. Вони працюють так, що електропривод відключається ще до того, як колеса крана торкнуться обмежувачів. Відстань між точкою вимкнення та обмежувальним пристроєм становить приблизно половину гальмівного шляху крана.

4.3. Попереджувальні засоби обслуговуючого персоналу

Щоб запобігти нещасним випадкам і попередити обслуговуючий персонал, який перебуває поруч із працюючим краном, при його переміщенні автоматично активується звукове попередження. Такий самий сигнал вмикається і під час руху вантажного візка.

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Потенційну небезпеку перебування людей на конструкції, по якій рухається кран, усунуто шляхом автоматичного блокування дверей під час роботи крана.

Для забезпечення безпечного доступу до вузлів і механізмів обладнання передбачено встановлення спеціальних платформ, драбин та огорожень. Вони виготовлені відповідно до вимог Правил, затверджених Держгіртехнаглядом, і відповідають установленим технічним нормам.

З метою виключення випадкового потрапляння працівників у зону дії рухомих елементів, усі виступаючі частини механізмів і електричних установок надійно зафіксовані та захищені огороженнями.

4.4. Необхідні параметри мікроклімату в кабіні кранівника

Шкідливі та небезпечні виробничі фактори, які впливають на стан здоров'я людини, включають:

- різкі коливання температури повітря в кабіні — як підвищення, так і зниження;
- надмірну або недостатню вологість повітря;
- занадто високу або низьку швидкість руху повітря.

Тому для кабінки керування та пульта, розміщеного в ній, забезпечується подача очищеного й кондиційованого повітря. Для цього використовується спеціальний пожежобезпечний кондиціонер. Стіни, підлога, двері та стеля кабінки утеплені й звукоізовані, а також оснащені опалювальною системою, яка відповідає вимогам пожежної безпеки. Це дозволяє підтримувати температуру в кабінці не нижче 12°C навіть при зовнішній температурі до -40°C, що запобігає замерзанню віконних стекол.

Щодо вібраційної безпеки під час експлуатації крана — загальна вібрація передається на тіло оператора через опорні поверхні. Джерелом цієї вібрації є транспортно-технологічні процеси, що відбуваються під час роботи крана.

					01.09.КР.2265"С".2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щоб знизити рівень вібрації, застосовують амортизуючі прокладки між кабіною та металевою конструкцією крана. Також можливо використання спеціальних віброізоляційних сидінь, які одночасно покращують звукоізоляцію робочого місця оператора.

Фактичні та допустимі значення параметрів транспортно-технологічної вібрації на робочому місці кранівника крана наведені в таблиці: 4.1

Таблиця 4.1.

Фактичні та допустимі значення параметрів транспортно-технологічної вібрації на робочому місці кранівника крана

Середньгеометричні значення частот, Гц	2	4	8	16	31,5	63
Віброшвидкість, м/с						
Фактична	0,64	0,23	0,12	0,12	0,12	0,12
Допустима	1,3	0,45	0,22	0,20	0,20	0,20

Вібрація, що виникає під час роботи кранівника на робочому місці, знаходиться в межах допустимих норм і не перевищує гранично допустимих значень.

Щодо акустичної безпеки, основним джерелом шуму під час роботи крана є двигун. Головною характеристикою шумового впливу є рівень звукового тиску, вимірюваний у децибелах (дБ). Людина починає відчувати шум при рівні звукового тиску до 100 дБ. При рівні 100–120 дБ та частотах від 2 до 5 Гц можливі труднощі з ковтанням. Рівень звуку в діапазоні 125–137 дБ може викликати летаргічний сон, а при 140 дБ можливий розрив барабанних перетинок.

У таблиці 3.2 наведені рівні звукового тиску в октавних смугах частот, а також загальний рівень звуку в децибелах, зафіксовані на робочому місці кранівника.

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Таблиця 4.2.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Середнього- метричні частоти, Гц	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Рівень звуку, дБА
Фактичні рівні звукового тиску, дБ	96	91	86	83	82	82	80	76	47	85
Допустимі рівні звукового тиску, дБ	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Методи зменшення шуму:

- а) Зменшення рівня звукової потужності.
- б) Правильна орієнтація шуму.
- в) Звукоізоляція.
- г) Засоби віброізоляції.
- д) Глушники.

4.5. Пожежна безпека під час експлуатації мостового крана

До основних загроз пожежі, що можуть вплинути на працівників, належать відкритий вогонь, іскри, підвищена температура навколишнього середовища та об'єктів, токсичні гази, дим, зменшення вмісту кисню в повітрі, а також частинки, що потрапляють з будівельних конструкцій, машин та обладнання.

					01.09.КР.2265"С".2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Щоб забезпечити пожежну безпеку мостового крана, застосовують такі заходи: всі елементи керування розміщені у герметичних корпусах, а електродвигуни мають ступінь захисту від зовнішніх впливів. Температура обмоток електродвигунів при нормальній роботі з урахуванням 10% запасу струму не перевищує 140 °С, а температура поверхні двигунів не перевищує 100 °С.

Електроприводи крана оснащені системами тонкого регулювання швидкостей, що знижує навантаження на гальма і дозволяє підтримувати температуру гальмівних колодок у межах безпечних значень. Для резисторів використані стандартні блоки, які забезпечують максимальну температуру поверхні активних частин не вище 185 °С.

Для гасіння можливих пожеж в кабіні передбачений вуглекислотний вогнегасник, призначений для ліквідації займання електропроводки та електрообладнання.

4.6. Електробезпека під час роботи крана

Мостовий кран оснащено двигуном МТКН 512-6 потужністю 55 кВт, який обертається зі швидкістю 925 об/хв. Живлення подається від мережі з напругою 6 кВт та ізольованою нейтраллю.

Відповідно до «Правил улаштування електроустановок» (ПУЕ) запроваджено наступні заходи з електробезпеки:

- Конструктивні рішення передбачають захист від випадкового дотику до струмопровідних частин за допомогою ізоляції та захисних кожухів.
- Для приладів другого класу захисту застосовується подвійна ізоляція, що включає робочу та додаткову ізоляцію.
- З огляду на те, що офісні приміщення відносяться до пожежонебезпечної зони П-Іа, обладнання має ступінь захисту IP44.

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

- Схемно-конструктивні рішення забезпечують захист від ураження струмом через металеві частини, які можуть бути під напругою у разі аварії.
- Відповідно до ГОСТ 12.1.030-81 (2001), у приміщеннях для управління персоналом застосовується система занулення.

Цей кран вантажопідйомністю 80 тонн призначений для роботи в умовах сталеплавильного цеху з напругою 380 В, 50 Гц. Можливість ураження струмом виникає при обриві проводу, пошкодженні ізоляції або оголенні проводів. Під час огляду і технічного обслуговування слід обов'язково відключати рубильник.

Відсутність огорожень навколо струмопровідних шин і несправні сигнальні лампи свідчать про наявність напруги та можуть призвести до електротравм. Струм, проходячи через тіло людини, може викликати термічні та електролітичні ушкодження.

Для безпеки мостових кранів передбачено захисне заземлення - спеціальне з'єднання металевих частин із землею, що запобігає ураженню електричним струмом у разі пошкодження ізоляції. Основний захист електричних ланцюгів крана здійснюють автоматичні вимикачі з високою комутаційною здатністю.

4.7. Освітленість при експлуатації мостового крана

Виробничі приміщення зазвичай проектують з урахуванням природного освітлення відповідно до встановлених норм. Робота мостового крана належить до категорії точності V розряду зі значенням $e_{cp} = 2 \cdot 10^3$ с/о. Штучне освітлення поділяється на два типи: робоче та аварійне. При роботі мостового крана в цеху, незалежно від кольору фону чи контрастності об'єктів, робоча освітленість повинна становити 14 люкс, а аварійна – 0,5 люкс. Для робочого освітлення застосовують лампи типу 4Н-СМТ, а для аварійного – лампи 6Л-ПУ-65.

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мостовий електричний кран складається з елементів, які можуть бути відновлені або замінені. Наприклад, такі деталі як зубчасті напівмуфти і гальмівні накладки підлягають відновленню, тоді як сталеві троси або підшипники зазвичай замінюють на нові.

Кран перебуває у чотирьох можливих станах: справному, працездатному, несправному та непрацездатному. У справному стані він виконує всі основні і допоміжні функції, зокрема полегшує проведення ремонту. Працездатний стан передбачає можливість виконання основних функцій, хоча можуть бути незначні пошкодження.

Надійність роботи кранів значною мірою залежить від захисту від корозії. У цехах, де використовують кокс, кам'яне вугілля або антрацит, а також у виробничих приміщеннях з хімічними речовинами, метал крана піддається підвищеному корозійному впливу через наявність сірчистих газів та інших агресивних компонентів. Для запобігання цьому, пошкоджені ділянки фарбують. Сучасні полімерні захисні покриття використовують через їхню підвищену довговічність у порівнянні з традиційними олійними фарбами.

Перед тим, як вивести кран на ремонт, усім, хто братиме участь у роботах, необхідно ознайомитись із відповідними інструкціями. Вивід крана на ремонт має здійснювати відповідальна за його технічний стан особа.

Ремонтні роботи, як механічного, так і електричного обладнання, проводяться з метою забезпечення безперервної роботи крана. Найпоширенішою є система планово-попереджувального ремонту, який виконується після встановленого терміну експлуатації незалежно від ступеня зношення.

Під час зупинки крана для ремонту необхідно вимкнути його вимикач і витягти ключ. Над автоматом вивіщується плакат «Не вмикати – працюють люди», який можна зняти тільки після завершення ремонту відповідальною особою.

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Якщо на одному крановому шляху працює кілька кранів, кран, що ремонтується, закріплюють тимчасовими тупиковими упорами і встановлюють сигнальні прапори або ліхтарі.

Всі пробні запускання механізмів під час та після ремонту допускаються лише за погодженням та в присутності відповідальної особи. Після ремонту дозвіл на експлуатацію крана дає відповідальний за його справний стан, про що робиться запис у журналі експлуатації.

Ремонт буває поточним, середнім та капітальним. Поточний ремонт включає перший, другий і річний види робіт. Плановий огляд крана здійснюють у вихідні або у вільний від роботи час, під час якого перевіряють підшипники, кріплення муфт, зубчастих і ходових коліс, регулюють гальма, контролюють мастило редукторів і усувають дрібні несправності.

Під час першого поточного ремонту очищають вузли від пилу, замінюють зношені деталі, перевіряють електрообладнання, змінюють щітки електродвигунів, контролюють гальмівні магніти та вимірюють ізоляцію. Мастило замінюють при потребі, а двигуни продувають стисненим повітрям.

Другий та річний поточні ремонти включають роботи першого ремонту і додатково усунення дефектів, виявлених оператором.

Середній ремонт передбачає розбирання редукторів, електродвигунів, заміну підшипників, перевірку тросів та їх кріплення, вимір повітряних зазорів, а також ремонт електроапаратури. Після ремонту механізми змащують і перевіряють їхню працездатність та правильність з'єднань.

Запасні частини можуть бути відновлені або замінені. Капітальний ремонт полягає у повній заміні вузлів і механізмів, чого можна уникнути при належному плановому середньому ремонті.

Середній ремонт виконують на місці експлуатації крана або в ремонтній майстерні, тоді як капітальний зазвичай проходить у спеціалізованому цеху.

Підготовка до ремонту — важливий етап, що передбачає складання дефектної відомості, замовлення та підготовку всіх необхідних деталей і

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

кріплень. Недостатня підготовка може затягнути ремонт і призвести до простою крана.

Для прискорення робіт на багатьох підприємствах застосовують вузлову заміну деталей, що дозволяє швидко замінювати зношені вузли без розбирання всього механізму.

Електричне обладнання зазвичай ремонтують в електроцеху, а на крані – лише дрібний ремонт, як-от заміна ізоляції кабельних наконечників або ремонт пускачів і електромагнітів. Роботи з крановими резисторами виконуються у спеціалізованих приміщеннях кваліфікованими фахівцями.

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНОЇ РОЗРОБКИ

Визначимо економічну ефективність від проведеної модернізації мостового крана. Для цього запишемо відповідні вихідні дані, які зведено до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

Різниця показників роботи мостового крана до модернізації та після

Показник	До модернізації	Після модернізації
Кількість аварій на рік	6	1
Середній час простою за одну аварію, год	8	4
Вартість ремонту однієї поломки, грн	12000	5000
Продуктивність крана, т/год	10	11,5
Вартість обробки 1 тони вантажу, грн	50	

Визначення економічного ефекту на ремонті виглядає наступним чином:

- До проведення модернізації:

$$6 \text{ аварій} \times 12000 = 72000 \text{ грн/рік.} \quad (5.1)$$

- Після проведення модернізації:

$$1 \text{ аварія} \times 5000 = 5000 \text{ грн/рік.} \quad (5.2)$$

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кармаліта А.С.			РОЗДІЛ 5	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Стехно О.В.					47	51
Реценз.								
Н. Контр.		Коробко М. М.						
Затверд.								
						НУБіП		

Економія на ремонтах становить:

$$72000 - 5000 = 67000 \text{ грн/рік.} \quad (5.3)$$

Визначимо економічну ефективність від простою мостового крана:

- До проведення модернізації:

$$6 \text{ аварій} \times 8 = 48 \text{ годин простою.} \quad (5.4)$$

$$48 \text{ год} \times 10 \text{ т/год} \times 50 \text{ грн/т} = 24\,000 \text{ грн/втрата} \quad (5.5)$$

- Після проведення модернізації:

$$1 \text{ аварія} \times 4 = 4 \text{ години простою.} \quad (5.6)$$

$$4 \times 11.5 \times 50 = 2\,300 \text{ грн/втрата} \quad (5.7)$$

Різниця економії на простої мостового крана становить:

$$24\,000 - 2\,300 = 21\,700 \text{ грн/рік} \quad (5.8)$$

Результаті розрахунку річної економічної ефективності зведено до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2.

Річна економічна ефективність модернізованого мостового крана

Стаття економії	Сума, грн/рік
Менші витрати на проведення ремонтних робіт	67000
Зменшення втрат через простої	21700
Разом	88700

ВИСНОВКИ

Бакалаврська кваліфікаційна робота тема якої «Розробка конструкції механізму переміщення мостового крана» висвітлена на п'яти розділах.

У першому розділі розглянуто класифікацію типових конструкцій мостових кранів та класичних схем їх найбільш розповсюджених приводів.

В другому розділі виконано модернізацію приводних коліс мостового крана, яка дозволить ефективно виконувати демонтаж та монтаж пружної вставки, що входить до конструкції ходового колеса.

У третьому розділі виконано розрахунок елементів конструкції механізму приводу мостового крана. Обрано електродвигун, редуктор, гальмівний пристрій та безпосередньо виконано розрахунок ходових коліс.

В четвертому розділі наведено основні заходи техніки безпеки та пожежної безпеки при роботі мостового крана та експлуатації його приводу.

У розділі п'ять здійснено розрахунок економічного ефекту від впровадження розробленої конструкції механізму переміщення мостового крана. В межах даного розрахунку економічно ефективність становить 887000 грн/рік.

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кармаліта А.С.			ВИСНОВКИ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Стехно О.В.					49	51
Реценз.						НУБіП		
Н. Контр.		Коробко М. М.						
Затверд.								

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хмара Л.А., Колісник М.П., Голубченка О.І. Будівельні крани конструкція та експлуатація. – К.: Техніка, 2001 – 291 с.
2. Григоров О. В., Губський С. О. Вплив Механізму пересування мостового крана на ресурс металоконструкції. Національний технічний університет «Харківський політехнічний Інститут». Вестник ХНАДУ. 2012. Вип. 57. С. 296–299.
3. Є.Д. Слепужніков, Н.М. Фідровська, І.С. Варченко Механізми пересування мостових кранів: монографія – Харків: НУЦЗУ, 2019. С. 124 с.
4. Стрижак В. В. Особливості виникнення і усунення перекосів мостових кранів з роздільним частотно-регульованим приводом механізму пересування. Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка. Серія. Галузеве машинобудування, будівництво, 2012. Вип. 1. С. 61–66.
5. Ходове колесо крана: пат. 143406 Україна. № 202001326; заявл. 27.02.2020; опубл. 27.07.2020, Бюл. № 14. 5 с.
6. Кранове колесо: пат. 73207 Україна. № 201204212; заявл. 04.04.2012; опубл. 10.09.2012, Бюл.№ 17. 5 с.
7. Колесо ходове кранове з пружним кільцем, розташованим в ободі: пат. 98454 Україна. № 201412674; заявл. 25.11.2014; опубл. 27.04.2015, Бюл. № 8. 4 с.
8. Кранове колесо із пружною вставкою: пат. 145167 Україна. № 202003668; заявл. 18.06.2020; опубл. 26.11.2020, Бюл. № 22. 4 с.
9. Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів. – Х.: Вид-во „Форт”, 2007. – 256 с.
10. Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті. – Х.: Вид-во „Форт”, 2007. – 120 с.

01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Кармаліта А.С.		
Перевір.		Стехно О.В.		
Реценз.				
Н. Контр.		Коробко М. М.		
Затверд.				
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ				
		Літ.	Арк.	Аркушів
			50	51
НУБіП				

ДОДАТКИ

					01.09.КР.2265”С”.2024.12.16.011.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кармаліта А.С.			ДОДАТКИ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Стехно О.В.					51	51
Реценз.						НУБіП		
Н. Контр.		Коробко М. М.						
Затверд.								