

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра механічної інженерії та технології машинобудування

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ЯРОЩУК НАЗАР ВІКТОРОВИЧ

УДК 621.8

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**МОДЕРНІЗАЦІЯ МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ МОСТОВОГО
КРАНА ДЛЯ ВАЖКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

133 «Галузеве машинобудування»
Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Кваліфікаційна робота містить результати власних розробок. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Ярощук Н.В.

Керівник роботи
Плужніков О.Б.
старший викладач

Житомир - 2025

АНОТАЦІЯ

Ярошук Н.В. Модернізація механізму пересування мостового крана для важкої промисловості. - *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття першого освітнього ступеня бакалавр зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». – Поліський національний університет, Житомир, 2025 р.

У роботі розглянуто технічне удосконалення механізму пересування мостового крана, що експлуатується у важкій промисловості. Обґрунтовано доцільність заміни дворебордного колеса на безребордне з метою зниження маси конструкції, підвищення надійності та зменшення зносу. Розроблено тривимірну модель модернізованого вузла та виконано інженерні розрахунки основних параметрів. Проведено технологічне обґрунтування виготовлення деталі «Стакан», включаючи вибір заготовки, маршрут обробки та елементи програмування для ЧПК. Робота має прикладне значення для підприємств важкої промисловості, оскільки дозволяє покращити технічні й експлуатаційні характеристики крана без повної заміни обладнання.

Ключові слова: мостовий кран, механізм пересування, модернізація, безребордне колесо, редуктор, важка промисловість, технологічність, стакан, ресурс.

ANNOTATION

Yaroshchuk N.V. Modernization of the Travel Mechanism of a Bridge Crane for Heavy Industry. – *Bachelor's qualification thesis (manuscript form).*

Qualification work for obtaining the first (bachelor's) level of higher education in specialty 133 "Industrial Mechanical Engineering". – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

The thesis examines the technical improvement of the travel mechanism of a bridge crane used in heavy industry. The feasibility of replacing a double-flange wheel with a flange-less one is substantiated in order to reduce the weight of the structure, increase reliability, and minimize wear. A 3D model of the modernized unit was developed, and engineering calculations of the main parameters were performed. A technological justification was provided for the manufacturing of the “Stakan” (cup-type component), including the selection of the blank, machining route, and CNC programming elements. The work has practical significance for heavy industry enterprises, as it enables the improvement of the technical and operational characteristics of the crane without the need for complete equipment replacement.

Keywords: bridge crane, travel mechanism, modernization, flange-less wheel, reducer, heavy industry, manufacturability, cup-type part, service life.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. ЗАГАЛЬНОТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	5
1.1. Призначення мостових кранів у важкій промисловості.....	5
1.2. Існуючі механізми пересування кранів.....	13
1.3. Постановка задачі модернізації.....	18
Висновки до 1 розділу	19
2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	
2.1. Проектування модернізованого механізму пересування.....	
2.2. Розрахунок механізму пересування крану.....	22
2.3. 3D-модель модернізованого вузла.....	25
2.4. Заходи з охорони праці та безпеки при експлуатації кранів.....	27
Висновки до 2 розділу	27
3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	29
3.1. Аналіз технологічності конструкції модернізованих деталей (1 деталь).....	29
3.2. Вибір заготовки для виготовлення деталі.....	31
3.3. Розробка технологічного маршруту обробки однієї деталі.....	32
3.4. Створення системи координат деталі. Складання рукопису керуючої програми для операції з ЧПК.....	33
Висновки до 3 розділу	35
ВИСНОВКИ	36
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	37

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ярошук Н.В.			Модернізація механізму пересування мостового крана для важкої промисловості	Літ.	Арк.
Перевір.		Плужніков О.Б.					
Реценз.						ПНУ, група ГМ-21+23ск	
Н. Контр.							
Затверд.		Медведський О.В.					

ВСТУП

У сучасних умовах стрімкого розвитку важкої промисловості, яка є однією з ключових галузей національного господарства, особливої уваги набуває питання підвищення ефективності, надійності та безпеки вантажопідіймального обладнання. Мостові крани - це основні елементи технологічного оснащення підприємств металургійної, машинобудівної, хімічної та енергетичної галузей. Вони забезпечують швидке та точне транспортування великих та важких вантажів у межах виробничих приміщень і складів. Саме тому модернізація їхніх вузлів і механізмів, зокрема механізму пересування, є надзвичайно актуальним напрямом інженерних досліджень.

Механізм пересування мостового крана виконує одну з найважливіших функцій - забезпечує горизонтальне переміщення кранової конструкції вздовж напрямних. Від справності, точності руху та енергоефективності цього механізму залежить безперервність виробничих процесів, зниження простоїв, а також рівень зносу елементів крана та вантажонесучих конструкцій будівель. Значна частина мостових кранів, які нині експлуатуються в Україні, була виготовлена ще за радянських часів. Більшість з них морально та фізично застаріли, мають високий рівень енергоспоживання, низьку продуктивність, недостатню точність позиціонування та потребують частих технічних обслуговувань через зношення рухомих частин.

На цьому тлі модернізація механізму пересування не лише дозволяє продовжити термін експлуатації існуючого обладнання, але й забезпечує підвищення його технічних і експлуатаційних характеристик. Це, у свою чергу, сприяє оптимізації виробничих процесів, зменшенню витрат на технічне обслуговування, покращенню умов праці обслуговуючого персоналу, а також зниженню аварійності та підвищенню загального рівня безпеки виробництва.

						Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім того, модернізація є вигідною альтернативою повній заміні обладнання, яка потребує значних капіталовкладень, часу на демонтаж та монтаж нових кранів, а також зупинки виробництва. У межах модернізації можуть бути використані сучасні технологічні рішення - частотні приводи, системи автоматичного управління, датчики контролю положення, безконтактні системи змащення, поліпшені конструкції колісних пар тощо. Такі рішення сприяють значному підвищенню технічного рівня устаткування без суттєвих капітальних витрат.

Актуальність дослідження також зумовлена потребами імпортозаміщення. У зв'язку з обмеженням постачання обладнання з-за кордону, підприємства дедалі частіше звертаються до внутрішніх інженерних рішень і реконструкцій. Тому створення сучасних проектів модернізації механізмів пересування мостових кранів має не лише технічне, але й стратегічне значення для промислового сектору України.

Отже, модернізація механізму пересування мостового крана для важкої промисловості є вкрай актуальною як з точки зору технічного розвитку та енергоефективності підприємств, так і з позицій економічної доцільності, безпеки, надійності та конкурентоспроможності української промисловості в умовах воєнного часу та післявоєнного відновлення економіки.

Мета та завдання роботи. Метою даної роботи є технічне обґрунтування та розробка ефективного проекту модернізації механізму пересування мостового крана, що використовується у важкій промисловості, з урахуванням сучасних вимог до надійності, енергоефективності, безпеки експлуатації та економічної доцільності. Реалізація цієї мети дозволить підвищити продуктивність та точність роботи кранового обладнання, зменшити витрати на обслуговування і ремонт, а також забезпечити стабільну роботу підприємства у виробничому середовищі з підвищеними навантаженнями.

						Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні **завдання**:

1. Проаналізувати існуючі конструктивні схеми механізмів пересування мостових кранів.
2. Оцінити технічний стан об'єкта дослідження.
3. Розробити технічне рішення модернізації механізму пересування.
4. Виконати розрахунки основних параметрів оновленого механізму.
5. Обґрунтувати вибір технологічного обладнання та оснащення.
6. Розробити креслення та конструкторську документацію.
8. Оцінити вплив модернізації на безпеку праці та екологічні аспекти експлуатації обладнання.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Основний обсяг роботи викладений на 38 сторінках, включаючи 21 рисунок та 10 таблиць. Список використаних джерел нараховує 17 найменувань.

						Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ЗАГАЛЬНОТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Призначення мостових кранів у важкій промисловості

Мостові крани (рис.1.1) є незамінними підйомно-транспортними засобами у важкій промисловості, де постійно виникає потреба в піднятті, переміщенні, навантаженні та розвантаженні великогабаритних і важких вантажів. Їх основне призначення полягає в автоматизації вантажно-розвантажувальних робіт, підвищенні продуктивності виробництва та забезпеченні безпеки праці в умовах великих виробничих навантажень [1].

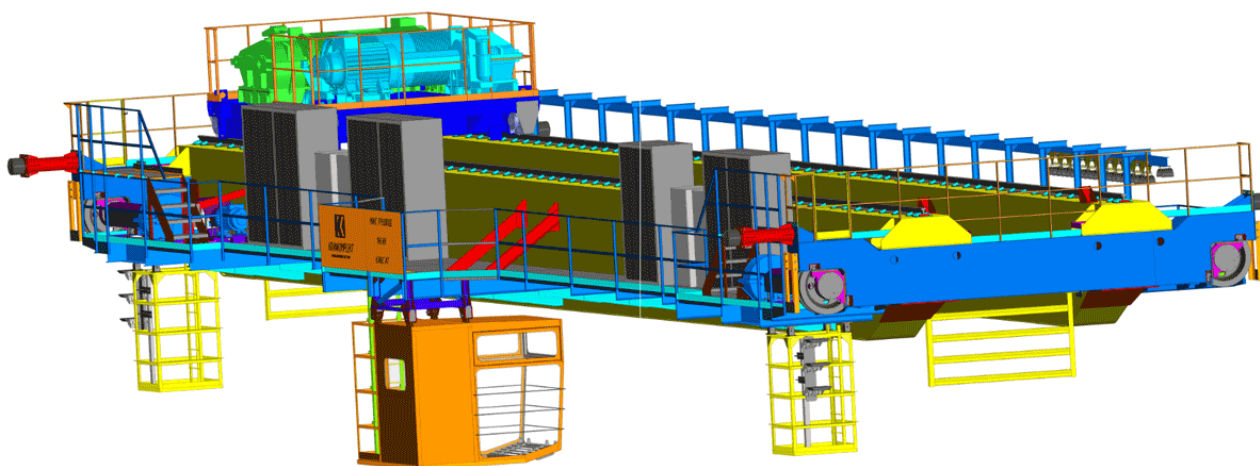


Рис.1.1. Загальний вигляд мостового крана [1]

У важкій промисловості - зокрема в металургії, машинобудуванні, енергетиці, суднобудуванні та на підприємствах з обробки масивних конструкцій - мостові крани виконують функції транспортування литих заготовок, сталевих листів, прокатної продукції, обладнання, прес-форм і технологічного оснащення. Завдяки великому вантажопідйомному потенціалу (від кількох тонн до сотень тонн) вони дозволяють здійснювати обробку надважких компонентів без використання додаткової техніки.

Конструктивно мостові крани складаються з прогонової конструкції (моста), яка рухається вздовж підкранових шляхів, візка з підйомним

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

механізмом і вантажозахоплювального пристрою. Це забезпечує тривимірне переміщення вантажу: по довжині цеху, по ширині та у вертикальній площині. Така конструкція дозволяє ефективно використовувати простір виробничих приміщень.

Ключові функції мостових кранів у важкій промисловості:

1. Підвищення ефективності вантажопереміщення - зменшення часу циклу переміщення вантажів між технологічними зонами.
2. Механізація й автоматизація виробничих процесів - зменшення потреби в ручній праці та зниження впливу людського фактора.
3. Безпечність операцій з важкими вантажами - мінімізація аварійних ситуацій завдяки точному керуванню та сучасним системам безпеки.
4. Гнучкість і адаптивність - можливість адаптації кранів під різні технологічні потреби (зміна вантажозахоплювальних пристроїв, програмоване керування тощо).

Узагальнюючи, мостові крани у важкій промисловості є ключовим елементом інфраструктури цехів, що забезпечує безперервність виробничого процесу та дозволяє ефективно оперувати із громіздкими й надважкими вантажами, яких неможливо обробити іншими засобами підйому й переміщення [2].

Основні компоненти з яких складається кран

1. Основне світло

Головна (мостова) балка - це ключовий елемент конструкції мостового крана, який простягається на ширину робочої зони та забезпечує підтримку підйомного механізму і візка. Вона монтується на рейках і дозволяє переміщення вантажу вздовж усього прольоту крана.

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструкція балки забезпечує рівномірний розподіл навантаження, стабільність та безпечну експлуатацію обладнання. Кінці балки сполучені з візками, оснащеними колесами для горизонтального руху крана.

Для виготовлення балок використовують високоміцну сталь. Залежно від технічних вимог застосовуються однобалочні або двобалочні варіанти. Балка відіграє ключову роль у забезпеченні міцності крана та безпечного переміщення важких вантажів.



Рис.1.2. Головна (мостова) балка [2]

2. Підйомна система

Двигун перетворює електроенергію на механічну, приводячи в дію підйомний механізм - найчастіше через лебідку.

Редуктор (коробка передач) знижує швидкість обертання двигуна та водночас підвищує крутний момент, необхідний для підйому вантажу. Завдяки цьому кран здатен піднімати великі маси без перевантаження приводу.

Барaban служить для намотування підйомного троса. Коли вантаж піднімається - трос намотується, коли опускається - розмотується. Це ключовий елемент керування вертикальним рухом вантажу.

Трос (металева мотузка) виготовляється зі сталі, яка забезпечує високу міцність і зносостійкість. У корозійних середовищах застосовують

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нержавіючий або оцинкований трос. Його використовують для підйому вантажів на виробництві, будівництві, складах.

Блок шківів - це система коліс (шківів), яка направляє трос і зменшує зусилля, потрібне для підйому. Важлива функція - розподіл навантаження для стабільного руху вантажу.

Підйомний орган (гачок, магніт, захват) безпосередньо контактує з вантажем. Його конструкція адаптована до умов експлуатації - від відкритих будмайданчиків до складських приміщень.



Рис.1.3. Підйомний механізм [2]

3. Механізм переміщення крана

Оператор активує електродвигун, який через систему приводу обертає колеса, встановлені на кінцевих візках. Вони рухають кран по рейкових напрямних уздовж прольоту. За допомогою зміни напрямку обертання двигуна або регулювання його швидкості (через частотний перетворювач) забезпечується точне керування рухом. Система гарантує плавне і безпечне горизонтальне переміщення з урахуванням навантаження та умов експлуатації.

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.1.4. Механізм переміщення крана [2]

4. Механізм пересування візка

Візок складається з рами, яка тримає всі механічні й електричні вузли. Його рух забезпечується ходовими колесами, встановленими на напрямних балках крана. Переміщення здійснюється електроприводом із редуктором, а гальмівна система відповідає за контроль зупинок.



Рис.1.5. Механізм пересування візка [2]

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

5. Кранове колесо

Кранові колеса - це опорні елементи, які витримують вагу крана і забезпечують його рух по рейках. Зазвичай виготовляються з загартованої сталі для стійкості до зношення та довготривалої служби.



Рис.1.6. Кранове колесо [2]

6. Гак крана

Гак - це ключовий елемент підйомного вузла крана, який безпосередньо утримує вантаж під час його переміщення. Виготовляється з високоміцної сталі або аналогічних матеріалів, здатних витримувати значні навантаження. Для підвищення безпеки гак часто оснащений засувкою, що запобігає випадковому зісковзуванню вантажу.

У промислових умовах, зокрема на заводах і складах, гаки використовуються в складі мостових кранів, де переміщення вантажу здійснюється по рейках за допомогою електроприводу. Така система забезпечує точний контроль і високу вантажопідйомність при роботі з масивними об'єктами.

						Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.1.7. Гак крана [2]

7. Двигун

Двигун є основним елементом, що забезпечує рух усіх механізмів промислового мостового крана. Він дозволяє піднімати, транспортувати та точно позиціонувати важкі вантажі в горизонтальній площині.

Двигуни змінного струму (АС) найчастіше використовуються завдяки своїй надійності, енергоефективності та простоті технічного обслуговування. Вони ідеально підходять для інтенсивної експлуатації в промисловості.

Двигуни постійного струму (DC) забезпечують більш точний контроль швидкості та моменту, що важливо при роботі з делікатними або нестабільними вантажами. Проте такі двигуни потребують більш ретельного обслуговування.



Рис.1.8. Двигун [2]

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

8. Звукова та світлова сигналізація

Світлова і звукова сигналізація є важливими елементами безпеки мостового крана. Вони попереджають працівників про запуск обладнання, потенційні несправності чи небезпечні ситуації.

Кінцеві вимикачі запобігають виходу крана чи його візка за межі допустимого руху, забезпечуючи зупинку при досягненні критичних точок.

Основні функції: контроль положення підйомника або візка, обмеження ходу, автоматичне вимкнення або запуск дій.



Рис.1.9. Звукова та світлова сигналізація, кінцеві вимикачі [2]

1.2. Існуючі механізми пересування кранів

Існуючі механізми пересування кранів можна класифікувати за типом крана (мостовий, козловий, баштовий, порталний, консольний тощо) та за типом приводу (механічний, гідравлічний, пневматичний, електричний). Однак загальна схема механізму пересування має схожі конструктивні елементи, незалежно від типу крана [3].

						Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні типи механізмів пересування кранів

Тип механізму	Опис	Застосування
Рейковий (колісний)	Кран пересувається по рейках за допомогою приводних та холостих коліс. Рейки укладаються на опорні конструкції або по землі	Мостові, козлові, порталні крани
Гусеничний	Механізм руху на гусеницях, забезпечує пересування по нерівній місцевості	Будівельні, пересувні баштові крани
Пневмоколісний	Крани рухаються на шасі з пневматичними колесами, які можуть обертатися для маневрування	Автомобільні, мобільні крани
Шагаючий (ступінчастий)	Механізм пересуває кран за рахунок почергового переміщення опорних елементів (лап)	Спеціальні крани для нестабільних або плавучих основ
Гідравлічний (колісно-гідравлічний)	Застосовується в кранах зі складними умовами експлуатації. Рух здійснюється за допомогою гідромоторів	Вантажопідйомні машини на будмайданчиках

Типова конструкція механізму пересування крана (на прикладі мостового)

1. Приводні колеса – встановлені на кінцевих балках, приводяться в рух електродвигунами через редуктори.
2. Електродвигун – обертає ведучі колеса. Зазвичай асинхронний з короткозамкненим ротором.
3. Редуктор – передає крутний момент від двигуна до коліс, зменшуючи швидкість і збільшуючи силу.
4. Муфта – з'єднує вал двигуна з редуктором, компенсує перекоси.

5. Гальма – електромагнітні або дискові, забезпечують фіксацію крана у нерухомому положенні.

6. Система керування – забезпечує запуск, зупинку, регулювання швидкості пересування.

Зазвичай механізм переміщення вантажного візка (рис. 1.10) оснащується одним приводом, який забезпечує обертання двох ведучих ходових коліс.

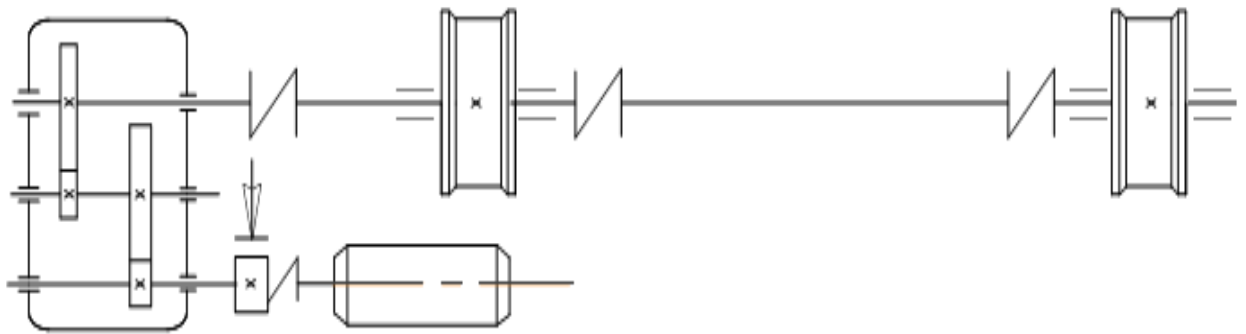


Рис.1.10. Механізм пересування вантажного візка [3]

Механізми пересування крана можуть виконуватись як із центральним приводом (рис. 1.11), так і з окремими (роздільними) приводами.

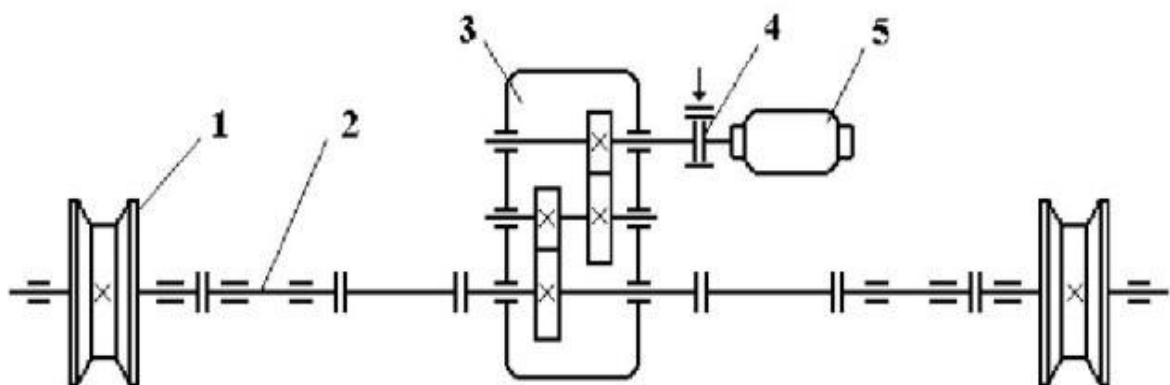
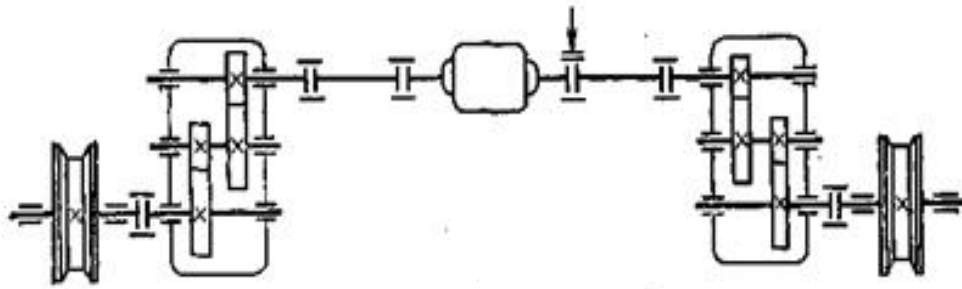


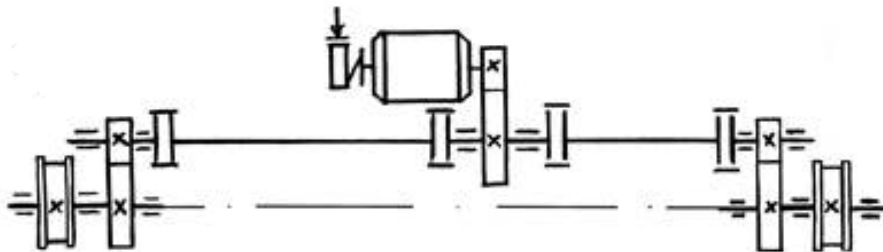
Рис.1.11. Механізм пересування крана з центральним приводом [3]:

1– ходове колесо, 2 – вал, 3 – редуктор, 4 – гальма, 5 – електродвигун

Механізми пересування з центральним приводом можуть реалізовуватись із трансмісійним валом різної швидкохідності: тихохідним (рис. 1.12, а), швидкохідним або середньохідним (рис. 1.12, б).



а)



б)

Рис.1.12. Механізм пересування крана з центральним приводом [3]:

(а – з швидкохідним трансмісійним валом; б – з середньохідним трансмісійним валом)

У такій конструкції вали редуктора з'єднуються з валами ходових коліс через муфту та трансмісійний вал. Проте це ускладнює роботу всього механізму, оскільки наявність трансмісійного валу підвищує трудомісткість виготовлення крана, збільшує його масу і вимагає високої точності під час монтажу.

З метою усунення цих недоліків застосовують систему з роздільним приводом кінцевих балок мосту (рис. 1.13).

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

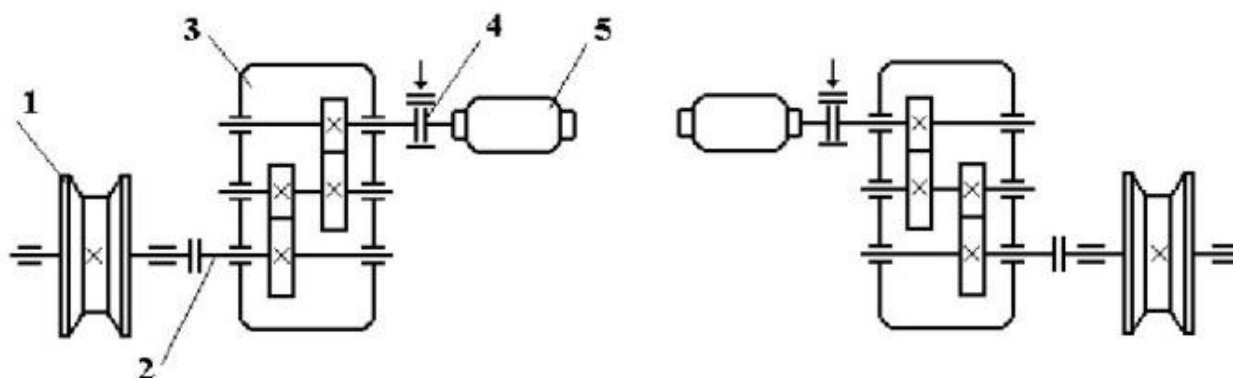


Рис.1.13. Механізм пересування крана з роздільним приводом [3]:

1– ходове колесо, 2 – вал, 3 – редуктор, 4 – гальма, 5 – електродвигун

Типи приводів у механізмах пересування:

- Електричний привід (найпоширеніший): простий, надійний, дозволяє автоматизацію.
- Гідравлічний привід: використовується для плавного запуску та роботи в умовах підвищеного навантаження.
- Пневматичний привід: рідко застосовується, в основному в невеликих кранах чи специфічних умовах.

Таблиця 1.2

Приклади кранів і їхніх механізмів пересування [3]

Тип крана	Тип пересування	Особливості
Мостовий	Рейковий, електропривід	Пряма траєкторія вздовж цеху
Козловий	Рейковий, іноді з можливістю повороту	Може працювати на відкритому повітрі
Автомобільний	Пневмоколісний	Велика мобільність
Баштовий	Стаціонарний/рейковий/гусеничний	Висока вертикальність, обмежена мобільність
Портальний	Рейковий з декількома осями	Великі габарити, висока вантажність

Механізми пересування кранів є критичним елементом конструкції, який визначає мобільність, точність і продуктивність крана. Найпоширенішими є рейкові системи з електроприводом, що забезпечують надійність і простоту обслуговування. Різні типи механізмів застосовуються залежно від галузі, умов експлуатації та типу крана [4].

1.3. Постановка задачі модернізації

У сучасних умовах розвитку важкої промисловості одним із пріоритетних напрямів підвищення ефективності виробничих процесів є вдосконалення вантажопідйомного обладнання, зокрема мостових кранів. Механізми пересування таких кранів відіграють ключову роль у забезпеченні безперебійного та точного транспортування великогабаритних і важких вантажів у межах виробничих цехів. Однак значна частина мостових кранів, які експлуатуються на вітчизняних підприємствах, морально й технічно застаріла, що знижує їх продуктивність, надійність і безпеку.

Основними проблемами існуючих механізмів пересування є: підвищений рівень зношування окремих вузлів, низька енергоефективність приводів, недостатня точність позиціонування вантажу, складність технічного обслуговування, а також підвищений рівень шуму й вібрацій під час роботи. Усе це знижує загальну ефективність роботи крана, підвищує витрати на утримання обладнання та створює загрозу для безпеки персоналу.

З урахуванням вищезазначеного, постає необхідність розробки й впровадження комплексу заходів із модернізації механізму пересування мостового крана. При цьому важливо не лише замінити зношені елементи, а й застосувати сучасні технічні рішення: використання енергоефективних електроприводів, впровадження частотного регулювання, оптимізація конструкції трансмісійних елементів, застосування високоякісних підшипникових вузлів і нових матеріалів для зниження маси й збільшення довговічності.

Таким чином, метою даної роботи є **розробка технічного рішення з модернізації механізму пересування мостового крана, що забезпечить:**

						Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- підвищення надійності та довговічності конструкції;
- зменшення експлуатаційних витрат;
- покращення динамічних характеристик пересування;
- підвищення безпеки праці та точності управління краном;
- відповідність сучасним вимогам промислового виробництва.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити низку **завдань**:

1. Провести технічний аналіз існуючого механізму пересування крана та виявити його основні недоліки.
2. Вибрати оптимальні конструктивні зміни для підвищення ефективності роботи механізму.
3. Розробити конструкцію модернізованого вузла або елементів, провести інженерні розрахунки.
4. Обґрунтувати вибір матеріалів та засобів приводу.

Висновки до 1 розділу

У першому розділі було розглянуто загальні технічні аспекти, пов'язані з використанням мостових кранів у важкій промисловості, проаналізовано конструктивні особливості існуючих механізмів їх пересування та обґрунтовано доцільність модернізації.

Встановлено, що мостові крани відіграють критичну роль у забезпеченні ефективного переміщення важких вантажів у виробничих цехах металургійних, машинобудівних та інших промислових підприємств.

Аналіз існуючих механізмів пересування показав, що багато з них є морально застарілими та не відповідають сучасним вимогам щодо енергоефективності, безпеки та надійності.

На основі проведеного аналізу сформульовано постановку задачі модернізації механізму пересування мостового крана, яка полягає у вдосконаленні конструкції з метою підвищення її довговічності, зменшення експлуатаційних витрат, покращення динамічних характеристик та забезпечення відповідності сучасним технічним і нормативним вимогам.

						Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1. Проектування модернізованого механізму пересування

Конструкція мостового крана складається з двох основних елементів - моста та вантажного візка (рис.2.1).

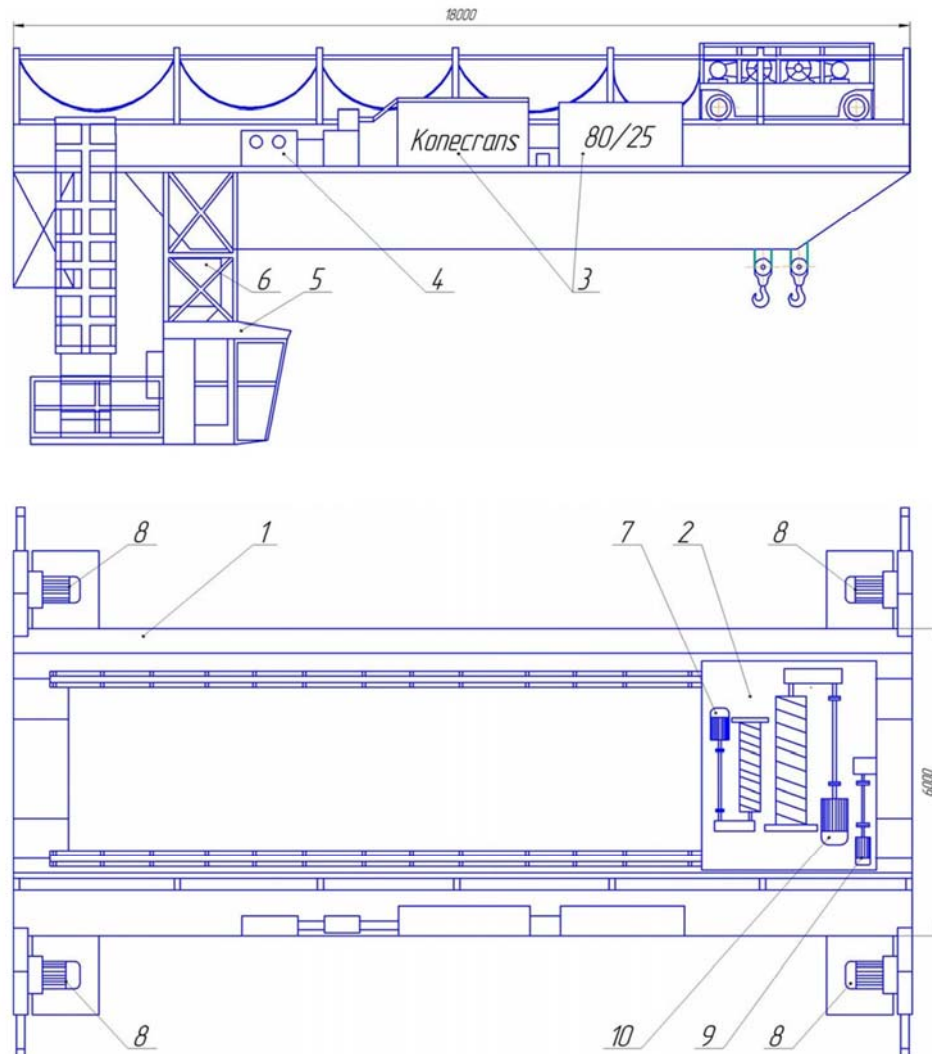


Рис.2.1. Загальний вигляд мостового крана, де модернізуватиметься механізм пересування: 1 – міст; 2 – візок; 3 – шафи з електрообладнанням; 4 – кондиціонер шаф з електрообладнанням; 5 – кабіна; 6 – кондиціонер кабіни; 7 – електродвигун допоміжного піднімання; 8 – електродвигун ходу моста; 9 - електродвигун ходу візка; 10 - електродвигун головного піднімання

					Арк.
					20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Ходові колеса можуть бути виконані як з двома ребордами, так і без них - з використанням горизонтальних напрямних роликів для стабілізації руху. По рейках, закріплених на головних балках моста, переміщується вантажний візок, оснащений власним приводом. На рамі візка встановлено один або два вантажопідйомні механізми, які включають: підвіс крюка, канатний поліспаст, барабан, передавальний механізм, гальмо та електродвигун.

Управління краном здійснюється з кабіни, закріпленої на металоконструкції моста, що забезпечує зручний огляд і безпечні умови роботи. У деяких випадках кабіна може бути встановлена безпосередньо на візку та мати можливість автономного переміщення вздовж прольоту.

У межах модернізації механізму пересування мостового крана проаналізовано існуючу конструкцію, в якій застосовується дворебордне колесо. Цей тип колеса був характерним для традиційних конструкцій і забезпечував напрям руху крана завдяки наявності реборд, що утримують колесо на рейковому шляху.

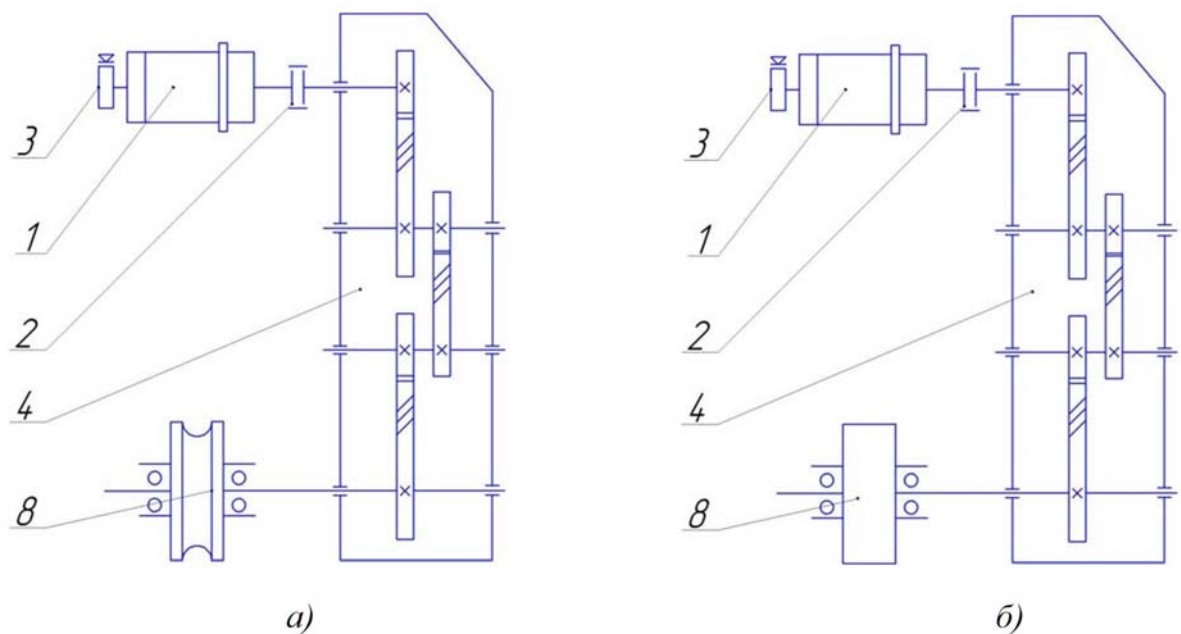


Рис. 2.2. Кінематична схема механізму пересування крана: а) до модернізації; б) після модернізації : 1 - двигун; 2 - муфта; 3 - гальмо; 4 - редуктор; 8 – ходове колесо

У розробленій модернізованій конструкції запропоновано замість дворебордного використати безребордне колесо (рис.2.3). Такий варіант передбачає реалізацію функції прямого утримання за рахунок спеціальних напрямних пристроїв або рейкових обмежувачів, що дає змогу спростити конструкцію, зменшити масу рухомих частин, покращити ремонтпридатність та знизити зношування елементів колісного вузла.

Застосування безребордних коліс у модернізованій конструкції дозволяє оптимізувати процес пересування крана, підвищити надійність його роботи та зменшити динамічні навантаження на рейковий шлях.



Рис. 2.3. Заміна дворебордних коліс на безребордні колеса в конструкції механізму пересування крана

2.2. Розрахунок механізму пересування крану

Для конструкції механізму пересування мостового крана обирається варіант з приводом. Обертальний момент від електродвигуна передається на швидкохідний вал редуктора за допомогою муфти. Тихохідний вал редуктора з'єднаний безпосередньо з ходовими колесами, забезпечуючи їх привід.

Згідно з заводськими даними, загальна вага крана становить $G_k = 92\,000$ Н. У конструкції прийнято діаметр ходових коліс $D_k = 400$ мм,

						Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовується кранова рейка типу КР70 з округленою головкою. Діаметр цапфи вала становить $d = 80$ мм. Колеса змонтовані на сферичних роликотпідшипниках типу 3618. Для розрахунків приймається коефіцієнт тертя кочення $f = 0,015$.

Опір пересуванню крана з номінальним вантажем розраховується за формулою:

$$W_{CT} = (G_{ГР} + G + G_K) \times \left(\frac{f \times d + 2 \times \mu}{D_K} \times k_P + \alpha \right),$$

де $f = 0,015$ - коефіцієнт тертя підшипників;

$\mu = 0,0006$ м - коефіцієнт тертя кочення;

$k_P = 1,5$ - коефіцієнт враховує додатковий опір від тертя ходових коліс на підшипниках кочення;

α - нахил рейкових шляхів.

$$W_{CT} = (21500 + 49050 + 92000) \cdot (0,015 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,0006 / 0,4 \cdot 1,5 + 0,001) = 1820 \text{ Н.}$$

Опір пересування завантаженого візка:

$$W_O = W_{CT} + (1,1 \dots 1,3) \times \frac{G_K + G_{ГР} + G}{g} \times a,$$

де $a = 0,2 \text{ м/с}^2$ - середнє прискорення крана при пуску.

$$W_O = 1820 + 1,2 \cdot (97000 + 21500 + 49050 / 9,8 \cdot 0,2) = 5790 \text{ Н.}$$

Потужність електродвигуна з урахуванням інерційних навантажень:

$$P_P = \frac{W \times V_K}{1020 \times \eta_M \times \psi_{CP}},$$

де $V_K = 0,72 \text{ м/с}$ - прийнята швидкість пересування візка;

$\psi = 1,5 \dots 1,7$ - середня кратність пускового моменту для асинхронних двигунів з фазовим ротором.

$$P_P = (5790 \cdot 0,72) / 1020 \cdot 0,85 \cdot 1,6 = 3,12 \text{ кВт.}$$

При роздільному приводі потужність одного двигуна складатиме $0,6 \cdot P_P$.

$$P_{ДВ} = 0,6 \cdot 3,12 = 1,88 \text{ кВт.}$$

						Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо крановий електромотор з фазовим ротором марки МТФ 012-6 потужністю: $P_H = 2,2$ кВт, (при ТВ40%), $\eta_H = 900$ об/хв.

Частота обертання колеса:

$$n_k = 60 \cdot V_k / \pi \cdot D_k;$$

$$n_k = 60 \cdot 0,72 / 3,14 \cdot 0,4 = 35 \text{ об/хв.}$$

Розрахункове передавальне число редуктора:

$$u_{p.p.} = n_H / n_k,$$

$$u_{p.p.} = 900 / 35 = 24,6.$$

Вибираємо редуктор типу Ц2-250:

$$u_p = 24,9; P_{ред.} = 9,25 \text{ кВт.}$$

Фактична частота обертання колеса:

$$n_{k.ф.} = n_H / u_p;$$

$$n_{k.ф.} = 900 / 24,9 = 36,5 \text{ об/хв.}$$

Фактична швидкість пересування крана з номінальним вантажем:

$$v_{к.ф.} = \pi \cdot D_k \cdot n_{к.ф.} / 60;$$

$$v_{к.ф.} = 3,14 \cdot 0,4 \cdot 36,5 / 60 = 0,8 \text{ м/с.}$$

На основі наведених розрахунків було запропоновано новий механізм пересування крану, що зображений на рис. 2.4, 2.5.

Під час експлуатації мостового крана напрямки руху самого крана, вантажного візка та гака постійно змінюються. Робочий цикл механізму підйому включає чергування фаз підйому й опускання вантажу, а також переміщення порожнього гака в обох напрямках. Для підвищення продуктивності крана передбачено можливість поєднання операцій, зокрема одночасне пересування крана та візка.

У періоди навішування вантажу на гак або його знімання, електродвигун механізму підйому вимикається, і підйомний механізм тимчасово не задіяний. Окрім основного вантажного візка, конструкція крана може передбачати наявність допоміжного візка, оснащеного одним або двома підйомними механізмами, призначеними для виконання додаткових технологічних операцій.

						Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

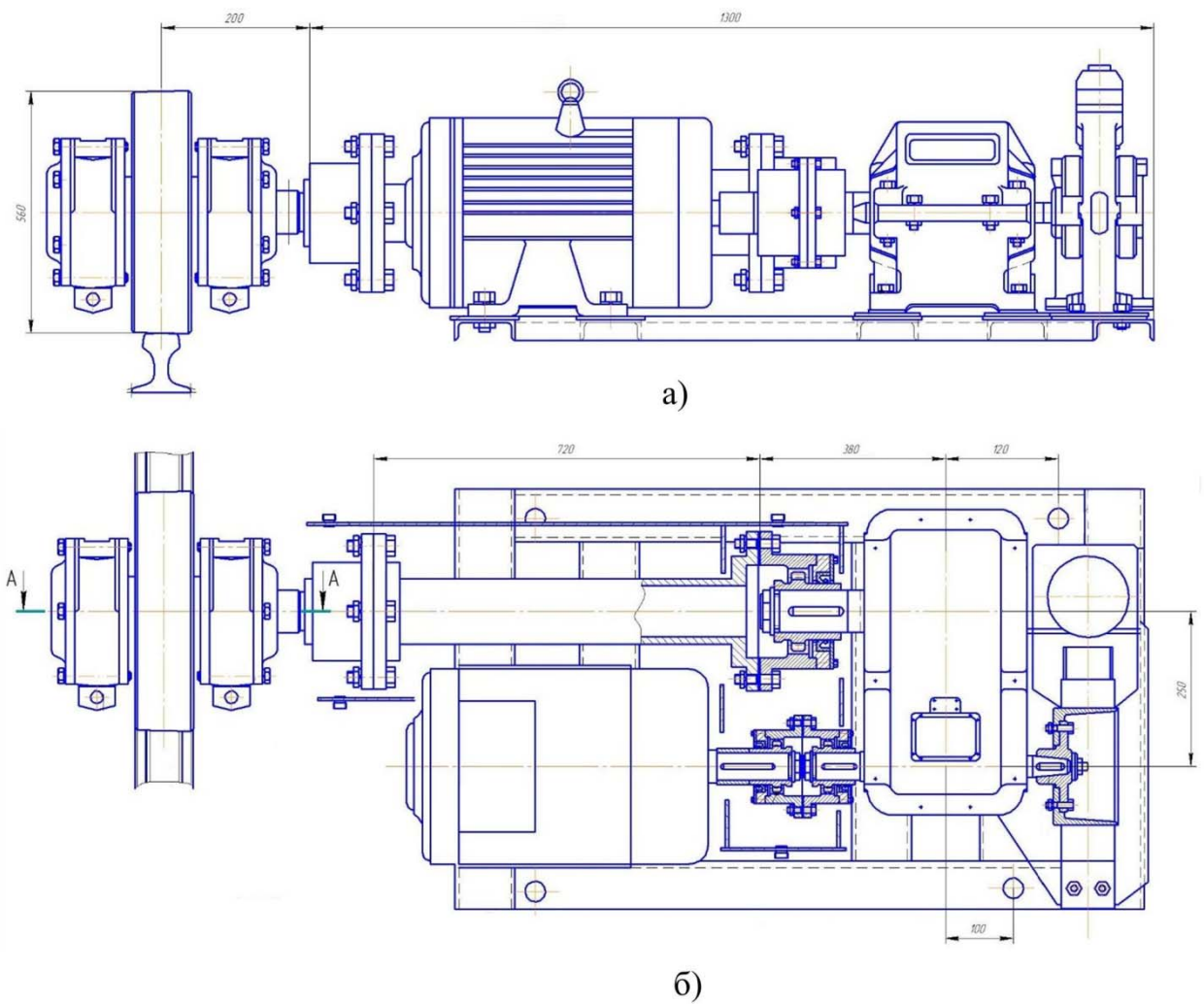
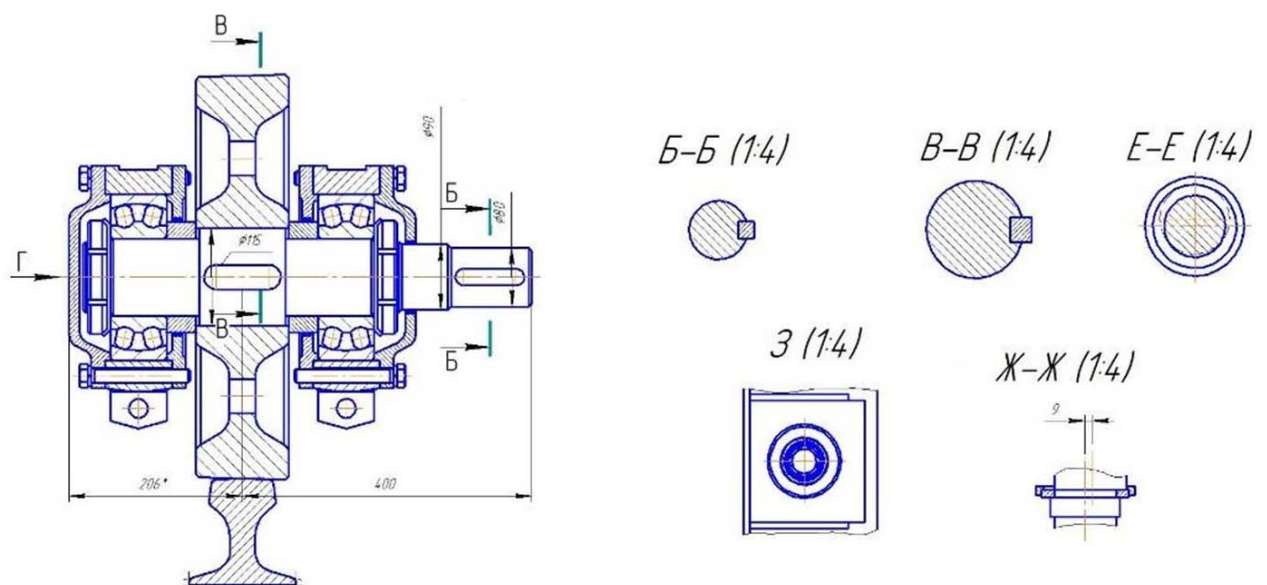


Рис. 2.3. Механізм пересування мостового крана: а, б – головні види



					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	25

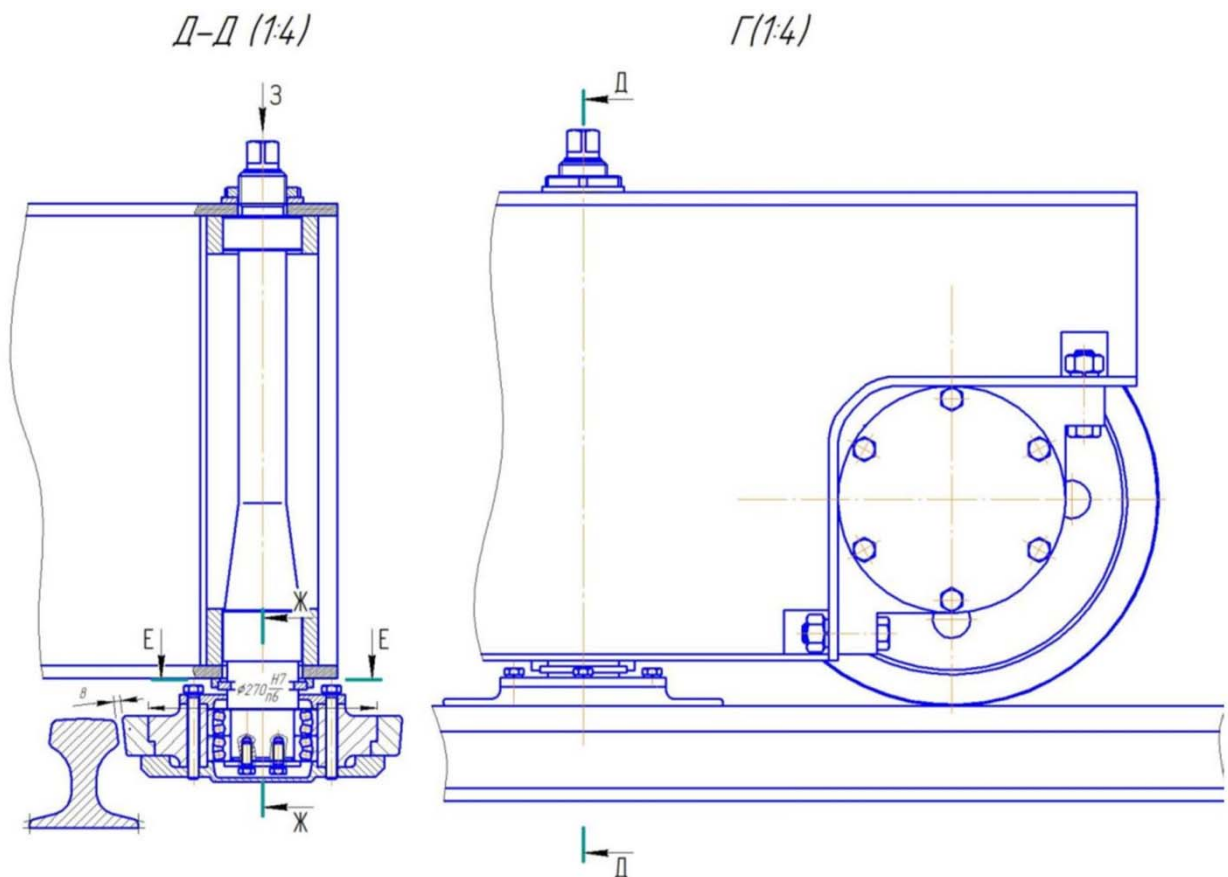


Рис.2.4. Перерізи механізму переміщення крану та направляючий ролик

2.3. 3D-модель модернізованого вузла

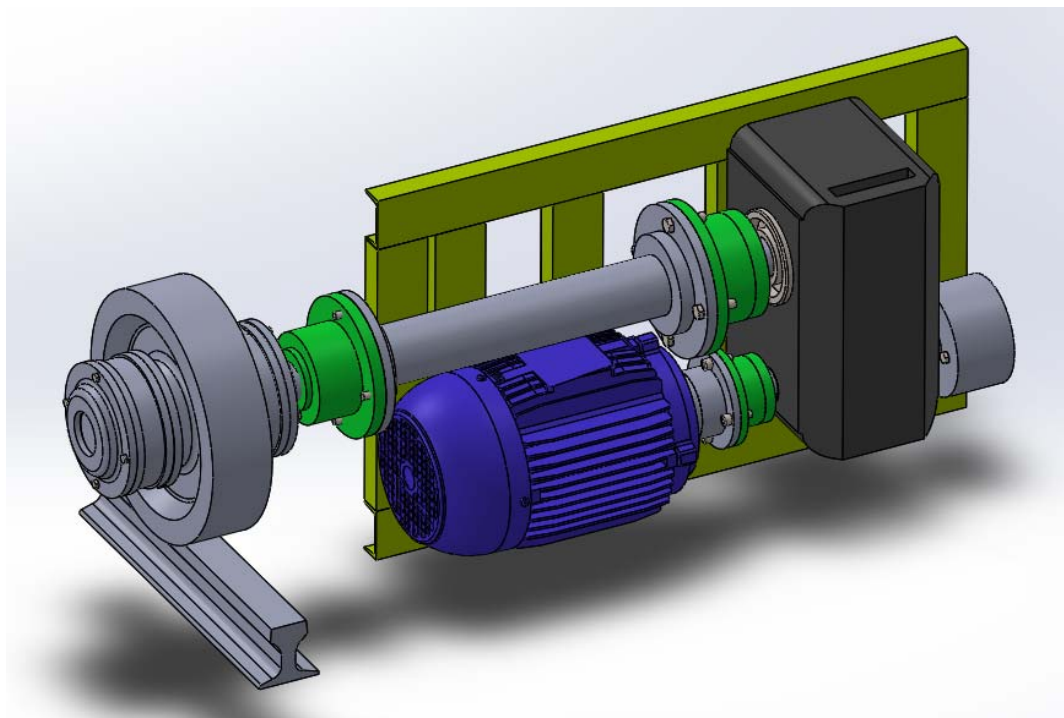


Рис.2.5. Змодельований механізм пересування крану в SolidWorks

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	26

2.4. Заходи з охорони праці та безпеки при експлуатації кранів

Експлуатація мостових кранів супроводжується підвищеним ризиком для життя та здоров'я працівників, тому особливу увагу необхідно приділяти дотриманню вимог охорони праці та техніки безпеки. Основними заходами є:

- допуск до роботи тільки кваліфікованого персоналу, який пройшов спеціальне навчання, інструктаж і медичний огляд;
- регулярне технічне обслуговування та огляд крана, включаючи перевірку справності механізмів, електрообладнання, гальм і канатів;
- заборона роботи крана при виявленні несправностей або за відсутності захисних огорожень і сигналізації;
- обов'язкове використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) кранівником і обслуговуючим персоналом;
- чітке дотримання правил сигналізації та взаємодії між кранівником і стропальником для уникнення несанкціонованих рухів або аварій;
- виняток перебування людей у небезпечній зоні під вантажем, що піднімається або транспортується.

Загалом, ефективне виконання заходів із безпеки дозволяє мінімізувати виробничі травми, продовжити ресурс обладнання та створити безпечні умови праці на підприємстві [9, 10].

Висновки до 2 розділу

У другому розділі було здійснено комплексне конструкторське опрацювання модернізованого механізму пересування мостового крана. У результаті проектування було запропоновано технічне рішення, що передбачає заміну традиційного дворебордного колеса на безребордне, що дозволяє знизити масу конструкції, підвищити її ремонтпридатність та надійність під час експлуатації.

Виконано розрахунки основних параметрів модернізованого вузла, зокрема навантажень, діаметра ходових коліс, моментів на валах та

						Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

типорозміру підшипників. Це дозволило забезпечити технічну відповідність конструкції вимогам експлуатації у важкій промисловості.

Для візуалізації та подальшого виготовлення вузла побудовано тривимірну модель, яка повністю відображає структуру запропонованої модернізації та підтверджує її конструктивну реалізованість.

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Аналіз технологічності конструкції модернізованих деталей (1 деталь)

3.1.1. Призначення деталі

Деталь «Стакан» (рис.3.1) виконує функцію корпусу або опори, в якому можуть встановлюватись підшипники, ущільнення або інші елементи передачі руху. Завдяки фланцевому з'єднанню забезпечується надійне кріплення до несучих елементів корпусу редуктора чи каркасу.

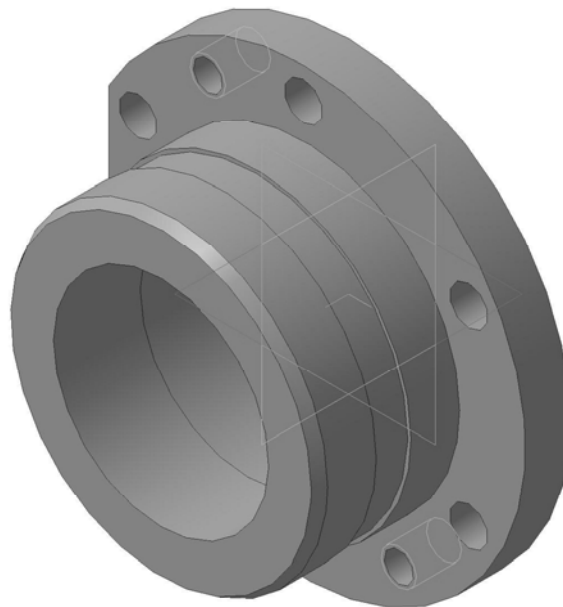


Рис.3.1. Деталь стакан

3.1.2. Конструктивні особливості

Матеріал деталі: сталь 45 згідно з ДСТУ 7806:23015 - добре оброблювана конструкційна вуглецева сталь.

Форма: обичайкоподібне тіло з фланцем, центральним отвором і буртами для центрування.

						Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Посадкові поверхні: циліндричні отвори із забезпеченням точності (наприклад, під підшипник) та отворів під болти на фланці.

Отвори з фасками та можливістю нарізання різьби (за потреби).

Шорсткість: Ra 6.3 (для оброблених поверхонь) — забезпечує достатню чистоту для посадки.

3.1.3. Технологічність конструкції

Таблиця 3.1

Аналіз технологічності конструкції деталі «Стакан»

Параметр	Оцінка
Складність обробки	Середня. Більшість поверхонь легко обробляються токарними та свердлильними операціями
Тип заготовки	Кована або литва, добре адаптована під механічну обробку
Рівень уніфікації	Високий – може бути стандартизованою деталлю у багатьох вузлах
Можливість масового виробництва	Висока – проста геометрія, повторюваність конструкції
Ремонтопридатність	Висока – легко демонтується, оброблювана повторно

Деталь «Стакан» є технологічно придатною до серійного та масового виготовлення. Вона має просту симетричну конструкцію, зручну для токарної обробки, стандартний матеріал (сталь 45) з добрими механічними та оброблювальними властивостями. Завдяки компактній формі та високій уніфікації може бути широко застосована у приводних та корпусних вузлах машин важкої промисловості.

						Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2. Вибір заготовки для виготовлення деталі

В машинобудуванні використовуються початкові заготовки у вигляді круглого прокату труб, поковок, штамповок, періодичного прокату, відливок та інші.

В якості заготовки для деталі стакан приймаємо штамповку. Можливі 2 варіанти штамповки:

- штамповка без центрального отвору;
- штамповка з прошитим отвором.

За базовим варіантом отримання заготовки її форма була без центрального отвору. Варіант, що пропонується - заготовка з центральним отвором (рис.3.2), що наближає її форму до форми деталі та підвищує коефіцієнт використання матеріалу.

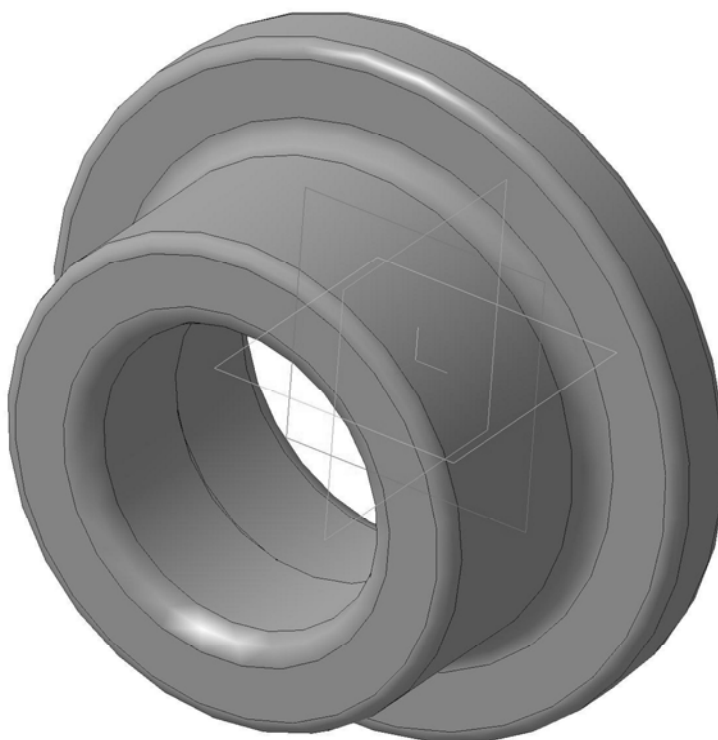


Рис.3.2. Заготовка деталі стакан

						Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3. Розробка технологічного маршруту обробки однієї деталі

Таблиця 3.2

Технологічний процес обробки деталі «Стакан»

Хід технологічного процесу	Обладнання
005 Токарна напівавтоматна 1. Підрізати торець $\varnothing 128/\varnothing 70JS7$ попередньо в розмір 56,25. 2. Розточити $\varnothing 62h12$ наскрізь. 3. Розточити $\varnothing 70JS7$ попередньо до $\varnothing 68,35H14$ на довжину $28,8 + 0,25$. 4. Точити поверхню $\varnothing 128h14$.	Токарний багаторізцевий напівавтомат мод. 1Б720
010 Токарна напівавтоматна 1. Підрізати торець $\varnothing 90h6/\varnothing 62H12$ в розмір 54,25 по розміру 54. 2. Підрізати торець $\varnothing 128/\varnothing 90h6$ в розмір 40,75. 3. Точити поверхню $\varnothing 90h6$ попередньо до $\varnothing 91,95h14$.	1Б720
015 Токарна напівавтоматна 1. Розточити $\varnothing 70JS7$ остаточно до $\varnothing 69.65H11$ на довжину $(29 \begin{smallmatrix} + \\ - \end{smallmatrix} 0,1) + 0,25$. 2. Точити фаску $2 \times 45^\circ$	1Б720
020 Токарна напівавтоматна 1. Точити поверхню $\varnothing 90h6$ остаточно до $\varnothing 90.45h11$. 2. Точити фаску $3 \times 30^\circ$ 3. Точити канавку $\varnothing 88 \times 10$.	1Б720
025 Свердлильна програмна 1. Центрувати 8 отворів $\varnothing 12mm$. 2. Свердлити 6 отв. $\varnothing 11H14$. 3. Свердлити 2 отв. $\varnothing 8.5H14$. 4. Нарізати різьбу M10-7H.	Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК мод. 2P135Ф2
030 Фрезерувальна Фрезерувати лиску витримавши розмір 120 мм.	Вертикально-фрезерний верстат мод. 6P12
035 Слюсарна	-
040 Термічна	-

045 Внутрішньошліфувальна 1. Шліфувати $\varnothing 70\text{JS7}$ попередньо до $\varnothing 69,9\text{H9}$. 2. Шліфувати торець $\varnothing 128/\varnothing 70\text{JS7}$ в розмір 54.	Внутрішньо-шліфувальний верстат мод. 3K225B
050 Круглошліфувальна 1. Шліфувати $\varnothing 90\text{h6}$ попередньо до $\varnothing 90,1\text{h9}$. 2. Шліфувати торець $\varnothing 128/\varnothing 90\text{h6}$ в розмір 41.	Круглошліфувальний верстат мод. 3M151
055 Внутрішньошліфувальна Шліфувати $\varnothing 70\text{JS7}$ остаточно.	3K225B
060 Круглошліфувальна Шліфувати $\varnothing 90\text{h6}$ остаточно.	3M151
065 Миюча	-
070 Контрольна	-

3.4. Створення системи координат деталі. Складання рукопису керуючої програми для операції з ЧПК

В технологічному процесі використовується свердлильна операція 025 з ЧПК.

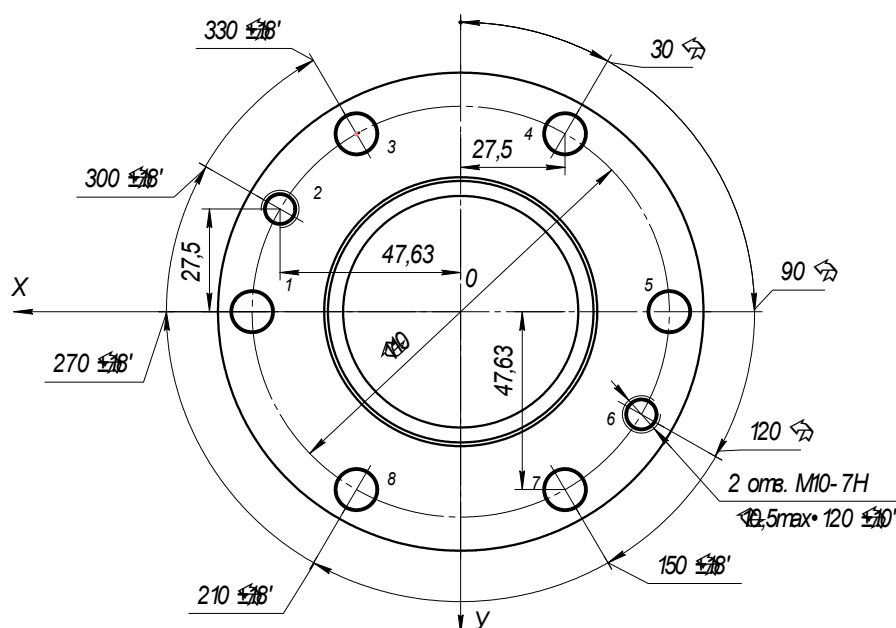


Рис. 3.3. Система координат деталі

Таблиця 3.3

Визначення координатів центрів отворів

№ точки	Координати точок, мм	
	X	Y
1	55	0
2	47,63	-27,5
3	27,5	-47,63
4	-27,5	-47,63
5	-55	0
6	-47,63	27,5
7	-27,5	47,63
8	27,5	47,63

Керуюча програма

005 G61 G81 X+005500 Y 000000 Z+000500 R+000000 F12 S10 T01 L01 M08

N010 X+004763 Y-002750

N015 X+002750 Y-004763

N020 X-002750 Y-004763

N025 X-005500 Y 000000

N030 X-004763 Y+002750

N035 X-002750 Y+004763

N040 G91 X+002750 Y+004763

045 G61 G81 X+005500 Y 000000 Z+001500 R+000000 F12 S09 T02 L02

N050 X+002750 Y-004763

N055 X-002750 Y-004763

N060 X-005500 Y 000000

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	34

N065 X-002750 Y+004763

N070 G91 X+002750 Y+004763

N075 G61 G81 X+004763 Y-002750 Z+001500 R+000000 F13 S10 T03 L03

N080 G91 X-004763 Y+002750

085 G61 G84 X+004763 Y-002750 Z+001500 R000000 F16 S07 T04 L04

N090 G94 X-004760 Y+002750 M09

N095 M02

Висновки до 3 розділу

У третьому розділі було проведено технологічне обґрунтування виготовлення модернізованої деталі - стакану. Виконано аналіз її конструкції з точки зору оброблюваності, встановлено, що вона має просту форму, доступну для токарної та свердлильної обробки, а також відповідає вимогам до серійного виробництва.

Обґрунтовано вибір заготовки зі сталі 45, яка забезпечує потрібні механічні властивості та хорошу оброблюваність.

Розроблено оптимальний технологічний маршрут механічної обробки, що включає токарні, свердлильні та оздоблювальні операції з урахуванням технічних вимог до точності та шорсткості поверхонь.

Для забезпечення точного програмування на обладнанні з числовим програмним керуванням визначено систему координат обробки деталі та складено початкову версію керуючої програми для виконання однієї з операцій.

						Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було всебічно досліджено та технічно обґрунтовано необхідність модернізації механізму пересування мостового крана. Встановлено, що існуючі конструкції значною мірою застаріли та не відповідають сучасним вимогам ефективності, надійності й безпеки.

Запропоноване технічне рішення - заміна дворебордного колеса на безребордне під кутом - дозволяє знизити масу конструкції, підвищити ремонтпридатність та покращити робочі характеристики механізму. На основі інженерних розрахунків створено тривимірну модель вузла, яка підтверджує доцільність модернізації.

Окремо було обґрунтовано технологію виготовлення однієї з модернізованих деталей - Стакан. Вибрано доцільну заготовку, складено маршрут обробки та забезпечено підготовку до програмування на верстатах з ЧПК.

Таким чином, виконана робота підтвердила технічну й технологічну ефективність обраного напрямку модернізації та її практичну реалізованість у виробничих умовах.

						Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондарев В.С. Підйомно-транспортні машини / В.С. Бондарев, О.І. Дубинець, М.П. Колісник, С.В. Бондарев, Ю.П. Горбатенко, В.Я. Баранов. – К. : Вища школа, 2009. – 734 с.
2. Григоров О. В., Петренко Н. О. Вантажопідйомні машини: Навч. посібник. - Харків: НТУ «ХП», 2005. - 304 с.
3. Григоров О.В., Аніщенко Г.О., Петренко Н. О. Металеві конструкції Металеві конструкції підйомно-транспортних, будівельних, дорожніх, меліоративних машин. – Харків : НТУ «ХП», 2011, - 516 с.
4. Кичаєв П.М. Застосування безребордних ходових коліс у кранах. / П.М. Кичаєв, С.П. Житницький // Підйомно-транспортне устаткування. – Вип. 2. – К., Техніка , 1971. – С. 82–86.
5. Колісник М.П. Крани будівельні. Технічні характеристики / М.П. Колісник, А.Ф. Шевченко, В.В. Мелашеч, С.В. Ракша// Довідник. – Дніпропетровськ: Пороги, 2006. – 188 с.
6. Розрахунки механізмів кранів мостового типу / С.В. Ракша, В.В. Мелашевич, М.П. Колесник – Днепропетровск: Пороги. 2006. – 147 с.
7. Слепужніков Є.Д. Визначення динамічних навантажень при пересуванні вантажного візка мостового крана / Є.Д. Слепужніков // Машинобудування : зб. наук. пр. – Х. : Укр. інж.-пед. акад., 2015. – Вип. 16. – С. 34–37.
8. Фідровська Н.М. Визначення напруг у зоні контакту ходових коліс вантажного візка з рейками / Н.М. Фідровська, Є.Д. Слепужніков, І.С. Варченко // Машинобудування : зб. наук. пр. – Х. : Укр. інж.-пед. акад., 2013. – Вип. 11. – С. 72–75.
9. Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання: НПАОП 0.00-1.80-18: Затв.:19.01.2018 №62/ Міністерства соціальної політики України. 214 с.

						Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів: НПАОП 0.00-1.01-07 07/ Держ. департамент з нагляду за охороною праці України. – Х. : Форт, 2007. – 256 с.

11. Ловейкін В. С., Ромасевич Ю. О. Класифікація критеріїв оптимізації режимів руху вантажопідіймних машин. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки, 2012. Вип. 124., Том 2. С. 292-302.

12. Ловейкін В. С., Ромасевич Ю. О. Аналіз та синтез режимів руху механізмів вантажопідіймних машин. К.: ЦП „КОМПРІНТ”, 2012. 298 с.

13. 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. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво, 2012. Вип. 1. С. 61–66.

14. Механізми пересування мостових кранів: монографія / Є.Д. Слепужніков, Н.М. Фідровська, І.С. Варченко. – Харків: НУЦЗУ, 2019. – 124 с.

15. Основи технології машинобудування / І.І. Назаренко, А.Т. Свідерський, Р.І. Рибалко, О.П.Дєдов / Навч. посібник. Київ, КНУБА, 2010. – 165 с.

16. Технологія обробки на верстатах з ЧПК : навч. посіб. для студ. машинобуд. спец. вищ. техн. навч. закл. / Гевко Б. М. [та ін.] ; Терноп. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя, Каф. технології машинобуд. та автомобілів. - Т. : Крок, 2014. - 131 с. : табл., рис. - Бібліогр.: с. 126-128. - 300 прим. - ISBN 978-617-692-168-4

17. Підйомно-транспортні машини. Навчально-методичний посібник. Навчально-методичний комплекс / І. М. Бендера, О. Я. Стрельчук, В. В. Підлісний, Г. О. Іванов. – Кам'янець-Подільський, ФОП Сисин О.В., Абетка, 2014. – 368 с.

						Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		