

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
імені О. М. БЕКЕТОВА

**Навчально-науковий Інститут енергетичної, інформаційної та транспортної
інфраструктури**

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

**на тему Розрахунок основних вузлів мостового крана для умов
виробництва будівельних матеріалів**

Виконав: здобувач вищої освіти

4 курсу, групи ГМ 2021-1у

напряму підготовки (спеціальності)

133 «Галузеве машинобудування»

Порохня Олександр Сергійович

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н. доц. Володимир БЛАЖКО

(прізвище та ініціали, наук. ступ., вч. звання)



Рецензент к.т.н. доц. Леонід САЄНКО

(прізвище та ініціали, наук. ступ., вч. звання)

Харків – 2026

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**Навчально-науковий Інститут енергетичної, інформаційної та
транспортної інфраструктури**

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр

Галузі знань 13 – Механічна інженерія

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри АКІТ

_____ **БАРАНОВ О.О**
“18” червня 2026 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Порохня Олександр Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача вищої освіти)

**1. Тема роботи «Розрахунок основних вузлів мостового крана для умов
виробництва будівельних матеріалів»**

затверджені наказом університету від « 22» 05 2026 року № 440-03

Керівник роботи канд. техн. наук., доцент Блажко Володимир
Володимирович

2. Строк подання роботи здобувачем вищої освіти «20» червень 2026 р.

3. Вихідні дані: вантажопідйомність $Q = 8$ т; проліт крана $L = 16,5$ м; висота підйому $H = 12$ м; швидкість підйому $V_p = 0,16$ м/с; швидкість пересування візка $V_v = 0,8$ м/с; швидкість пересування крана $V_k = 1,0$ м/с; режим роботи 4М; кратність поліспасти $a = 2$; двобалочний мостовий кран опорного типу; виробництво будівельних виробів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Провести огляд існуючих конструкцій мостових кранів, дослідивши їх основні техніко-економічні показники роботи. Виконати кінематичний та силовий розрахунок основних елементів ходової та вантажної частини крана. Розглянути питання правил своєчасного обслуговування та безпечної експлуатації крана.

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

Загальний вигляд мостового крана (А-1); Візок мостового крана (А-1)
Збиральне креслення приводного колеса візка (А-2); Збиральне креслення

барабану (А-2) Гак вантажний (А-4), Блок (А-4); Барабан (А3); Технологічна схема виробництва (А-1).

Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналіз проблеми	Керівник КРБ		
Основна частина	Керівник КРБ		
Спеціальний розділ	Керівник КРБ		
Охорона праці	Рогозін Анатолій Сергійович		

7. Дата видачі завдання «25» травня 2026_р.

Керівник



Блажко Володимир

Завдання прийняв до виконання



Порохня Олександр

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання розділів	Примітка
1	Розробка 1го розділу випускної роботи	25.05- 30.05	
2	Розробка 2го розділу випускної роботи	30.05 – 07.06	
3	Розробка 3го розділу випускної роботи	07.06 – 12.06	
4	Нормоконтроль	15.06 – 17.06	
5	Рецензування випускної роботи	17.06 – 19.06	
6	Захист ВКРБ	20.06 – 15.06	

Здобувача вищої освіти



Порохня Олександр

Керівник



Блажко Володимир

Реферт

У кваліфікаційній роботі розглянуто мостовий кран, призначений для виконання вантажно-транспортних операцій у виробництві будівельних виробів. Виконано розрахунок основних вузлів механізму підйому та механізму пересування крана, проведено вибір необхідного обладнання та розглянуто питання технічного обслуговування і безпечної експлуатації.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи бакалавра. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, додатків та списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 82 сторінки, у тому числі 6 рисунків, 2 таблиці, та список використаних джерел із 30 найменувань.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МОСТОВИЙ КРАН, МЕХАНІЗМ ПІДЙОМУ, ВАНТАЖНИЙ ВІЗОК, ПОЛІСПАСТ, СТАЛЕВИЙ КАНАТ, ГАК, БАРАБАН, РЕДУКТОР, ГАЛЬМО, МУФТА, ХОДОВЕ КОЛЕСО, БУДІВЕЛЬНІ ВИРОБИ.

Abstract

The qualification thesis considers an overhead crane designed for handling and transportation operations in the production of construction products. Calculations of the main units of the lifting mechanism and trolley travel mechanism were performed, the required equipment was selected, and issues of maintenance and safe operation were examined.

Structure and scope of the bachelor's qualification thesis. The thesis consists of an introduction, four chapters, conclusions, appendices, and a list of references. The total volume of the thesis is 82 pages, including 6 figures, 2 tables, and a list of references containing 30 sources.

KEYWORDS: OVERHEAD CRANE, LIFTING MECHANISM, CRANE TROLLEY, BLOCK AND TACKLE SYSTEM, STEEL WIRE ROPE, HOOK, DRUM, GEARBOX, BRAKE, COUPLING, TRAVEL WHEEL, CONSTRUCTION PRODUCTS.

ЗМІСТ

Розділ	Назва	стор
	Вступ	7
1	Аналіз проблеми	9
1.1.	Роль вантажопідіймального обладнання у виробництві будівельних виробів	10
1.2.	Класифікація мостових кранів та особливості їх застосування	10
1.3	Особливості конструкції двобалочного мостового крана	18
1.4	Аналіз механізмів підйому вантажу	20
1.5	Аналіз механізмів пересування мостового крана та вантажного візка	22
1.6	Обґрунтування вибору конструктивної схеми мостового крана	24
2	Основна частина	26
2.1	Вихідні дані для розрахунку	27
2.2	Вибір схеми поліспада та визначення навантаження в канаті	29
2.3	Вибір і розрахунок сталевих канатів	30
2.4	Вибір вантажного гака	34
2.5	Вибір блоків поліспада	33
2.6	Розрахунок барабана механізму підйому	35
2.7	Вибір способу кріплення каната на барабані	38
2.8	Вибір кінематичної схеми механізму підйому	40
2.9	Вибір електродвигуна механізму підйому	41
2.10	Вибір редуктора та визначення фактичної швидкості підйому вантажу	43
2.11	Вибір гальма механізму підйому	44
2.12	Вибір муфти для механізму підйому	47
2.13	Розрахунок механізму пересування вантажного візка	48
3	Спеціальна частина	64
3.1	Організація регулярного контролю технічного стану	58
3.2	Планове технічне обслуговування мостового крана	59
3.3	Діагностування основних вузлів мостового крана	60
3.4.	Технічне обслуговування канатно-блокової системи	61
3.5.	Змащування механізмів мостового крана	63
3.6.	Обслуговування редукторів	64
4	Охорона праці та безпечна експлуатація мостового крана	66
	Висновки	81
	Список використаних джерел	82



ВСТУП

Сучасні підприємства будівельної індустрії характеризуються значними обсягами внутрішньоцехових транспортних операцій, пов'язаних із переміщенням сировини, напівфабрикатів та готової продукції. Особливе місце серед засобів механізації таких процесів займають мостові крани, які забезпечують оперативне виконання вантажопідіймальних робіт у виробничих цехах, на складах та технологічних майданчиках.

Під час виготовлення будівельних виробів виникає необхідність багаторазового транспортування форм, арматурних каркасів, бетонних сумішей, готових залізобетонних елементів та допоміжного обладнання. Застосування мостових кранів дозволяє суттєво скоротити тривалість технологічного циклу, підвищити продуктивність праці та забезпечити безпечні умови виконання вантажних операцій. Завдяки можливості обслуговування практично всієї площі виробничого приміщення мостові крани є одним із найбільш ефективних видів внутрішньоцехового транспорту.

Підвищення вимог до надійності та безпеки вантажопідіймального обладнання обумовлює необхідність удосконалення конструкцій окремих вузлів кранів та виконання їх детального інженерного розрахунку. Особливого значення набуває правильний вибір канатно-блокової системи, вантажозахоплювальних пристроїв, барабанів, приводів механізмів підйому та пересування, оскільки саме ці елементи визначають працездатність і довговічність обладнання.

На сьогодні мостові крани широко застосовуються у машинобудуванні, металургії, будівництві, логістичних центрах та на підприємствах будівельної індустрії. Використання сучасних конструкційних матеріалів, електромеханічних приводів та автоматизованих систем керування дає можливість підвищувати технічні характеристики кранів, зменшувати енерговитрати та забезпечувати стабільність виробничих процесів.

При проектуванні вантажопідіймальних машин особлива увага приділяється забезпеченню необхідної міцності деталей та вузлів, дотриманню нормативних вимог щодо безпеки експлуатації, а також

економічній доцільності прийнятих конструктивних рішень. Від правильності виконання розрахунків залежить не лише ефективність роботи обладнання, а й безпека персоналу та збереження матеріальних цінностей.

Метою кваліфікаційної роботи є виконання розрахунку основних вузлів мостового крана, призначеного для експлуатації в умовах виробництва будівельних виробів, а також обґрунтування конструктивних рішень, що забезпечують його надійну та безпечну роботу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз конструкцій сучасних мостових кранів та умов їх застосування на підприємствах будівельної індустрії;
- виконати вибір схеми поліспасти та основних елементів механізму підйому вантажу;
- здійснити розрахунок каната, гака, блоків та барабана;
- обґрунтувати вибір електродвигуна, редуктора, гальма та муфти;
- виконати розрахунок механізму пересування вантажного візка;
- розглянути питання технічного обслуговування та забезпечення надійності мостового крана;
- проаналізувати вимоги охорони праці та безпечної експлуатації вантажопідіймального обладнання.

Об'єктом дослідження є мостовий кран опорного типу, що використовується для виконання транспортно-технологічних операцій у виробництві будівельних виробів.

Предметом дослідження є процеси навантаження, піднімання та переміщення вантажів, а також конструктивні параметри основних вузлів мостового крана.

Практичне значення роботи полягає у визначенні раціональних параметрів основних елементів мостового крана, що забезпечують його ефективну експлуатацію в умовах сучасного виробництва будівельних виробів.

Розділ 1. Аналіз проблеми

1.1 Роль вантажопідіймального обладнання у виробництві будівельних виробів

Виробництво будівельних виробів належить до матеріаломістких технологічних процесів, у яких значна частина операцій пов'язана з переміщенням сировини, напівфабрикатів та готової продукції. У процесі виготовлення залізобетонних конструкцій, фундаментних блоків, плит перекриття, колон, балок та інших будівельних елементів виникає необхідність виконання великої кількості вантажно-розвантажувальних і транспортних операцій. Ефективність роботи підприємства значною мірою залежить від рівня механізації таких процесів.

Одним із найбільш поширених видів вантажопідіймального обладнання на підприємствах будівельної індустрії є мостові крани. Їх застосування дозволяє здійснювати транспортування вантажів у межах виробничих цехів без використання додаткового наземного транспорту. Завдяки цьому скорочується тривалість виробничого циклу, зменшуються непродуктивні витрати часу та підвищується загальна продуктивність праці.

У сучасних виробничих умовах мостові крани використовуються для переміщення арматурних каркасів, формувального оснащення, пакетів будівельних матеріалів, металевих конструкцій та готових виробів значної маси. Особливо важливим є застосування таких машин на дільницях формування та теплової обробки виробів, де необхідне регулярне транспортування продукції між окремими технологічними постами.

Використання мостових кранів забезпечує раціональне використання виробничих площ. На відміну від колісного транспорту, кранове обладнання розміщується у верхній зоні приміщення та не займає корисну площу цеху. Це дозволяє більш ефективно організовувати технологічні потоки та розташування виробничого обладнання.

Важливою перевагою мостових кранів є можливість точного позиціонування вантажу. Під час монтажу арматурних каркасів, встановлення форм або складування готової продукції необхідно

забезпечувати високу точність переміщення. Сучасні механізми керування дозволяють оператору виконувати такі операції з мінімальними відхиленнями від заданого положення.

Застосування мостових кранів також позитивно впливає на безпеку виробництва. Механізація важких вантажних операцій знижує фізичне навантаження на персонал та зменшує ризик виробничого травматизму. Додатково сучасні крани обладнуються системами обмеження вантажопідйомності, кінцевими вимикачами, гальмівними пристроями та іншими елементами безпеки.

Розвиток електромеханічних приводів, систем автоматичного керування та засобів діагностування технічного стану сприяє подальшому підвищенню ефективності мостових кранів. Це дозволяє забезпечити надійну роботу обладнання навіть за інтенсивних режимів експлуатації, характерних для підприємств будівельної індустрії.

1.2 Класифікація мостових кранів та особливості їх застосування

Мостові крани є одним із найбільш поширених видів вантажопідіймального обладнання, що використовується для виконання транспортних операцій у промислових будівлях, складських комплексах та на підприємствах будівельної індустрії. Залежно від функціонального призначення, конструктивного виконання та умов експлуатації мостові крани поділяють на кілька основних груп.

За призначенням розрізняють крани загального та спеціального призначення. Крани загального призначення оснащуються стандартною гаковою підвіскою і використовуються для виконання широкого спектра вантажно-розвантажувальних робіт. Спеціальні мостові крани обладнуються додатковими вантажозахоплювальними пристроями та застосовуються для виконання специфічних виробничих операцій. До таких кранів належать магнітні, грейферні, ливарні, колодцеві, ковальські, мульдозавальні та інші різновиди.

За конструкцією металоконструкції моста мостові крани поділяються на однобалочні та двобалочні.

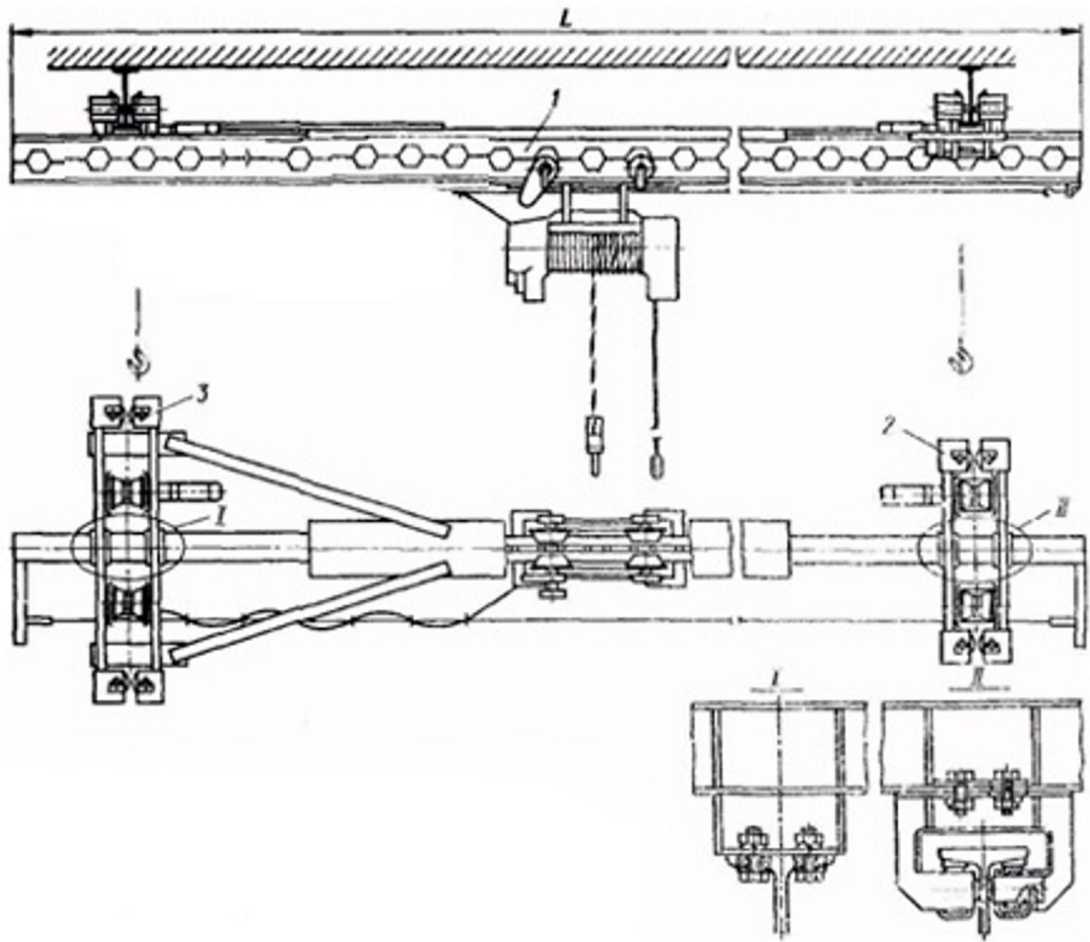
Однобалочні мостові крани

Однобалочний мостовий кран являє собою вантажопідіймальну машину, в якій основним несучим елементом є одна головна балка. Уздовж цієї балки переміщується електрична таль або компактний вантажний візок, що забезпечує піднімання та переміщення вантажу в межах робочої зони.

Основними перевагами однобалочних кранів є відносно невелика власна маса, простота конструкції, зручність монтажу та порівняно невисока вартість виготовлення. Такі крани найчастіше використовуються у складських приміщеннях, ремонтних майстернях, допоміжних виробничих цехах та на ділянках з невеликою інтенсивністю вантажних робіт.

На рисунку 1.1 наведено конструкцію підвісного двоопорного однобалочного крана. Головна балка жорстко з'єднана з однією кінцевою балкою та шарнірно спирається на іншу, що дозволяє компенсувати температурні деформації та можливі відхилення геометричних параметрів конструкції. Застосування сферичних опор забезпечує можливість зміни відстані між опорами без виникнення додаткових напружень у металоконструкції.

Однією з переваг підвісних однобалочних кранів є можливість організації передачі вантажів між суміжними прольотами виробничої будівлі. Для цього використовуються спеціальні перехідні містки, що забезпечують переміщення вантажного обладнання між окремими ділянками цеху.

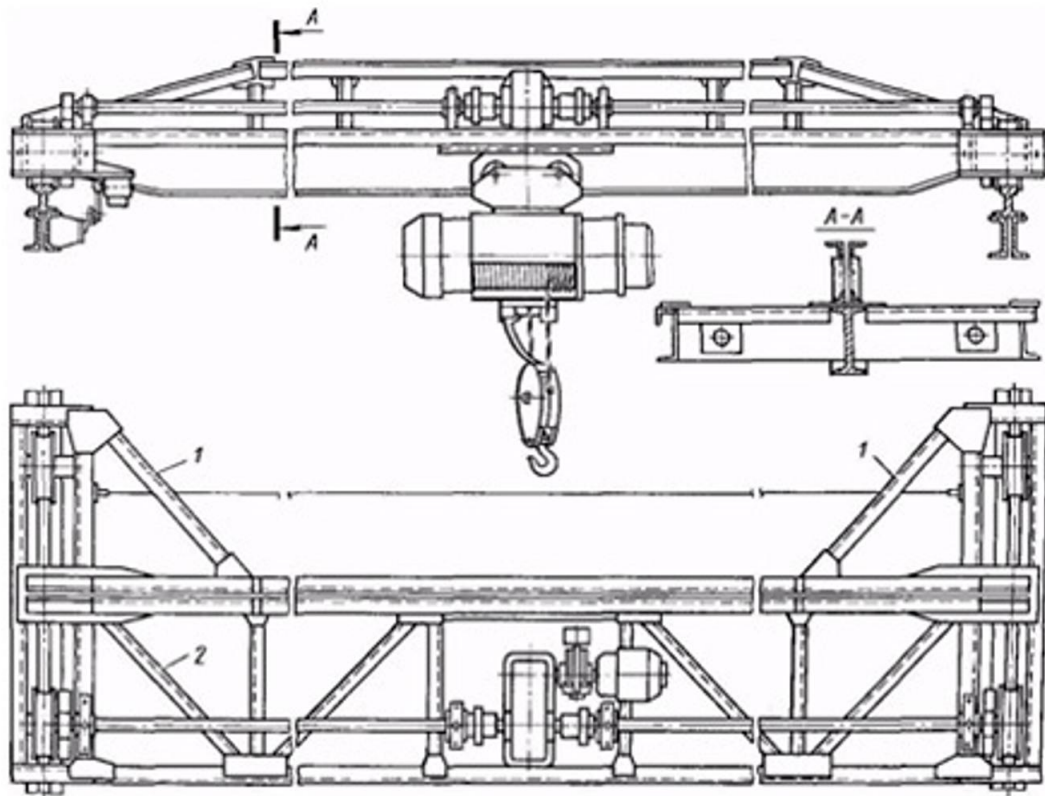


Малюнок 1.1 – Підвісний однобалочний мостовий кран

Сучасні підвісні однобалочні крани можуть виконуватись у дво-, три- та чотириопорному виконанні. Їх вантажопідйомність зазвичай знаходиться в межах від 0,25 до 5 т. Як механізм підйому найчастіше використовуються електричні талі, які поєднують компактність конструкції та достатню продуктивність роботи.

Іншим різновидом є опорні однобалочні крани, в яких міст переміщується по рейках, установлених на підкранових балках будівлі. Несучим елементом такого крана зазвичай служить двотаврова балка, розміри якої визначаються залежно від вантажопідйомності та величини прольоту.

Загальний вигляд опорного однобалочного крана представлено на рисунку 1.2. Для забезпечення необхідної жорсткості металоконструкції застосовуються підкоси та просторові зв'язки, які зменшують деформації балки під навантаженням.



Малюнок 1.2 – Однобалочний мостовий кран опорного типу

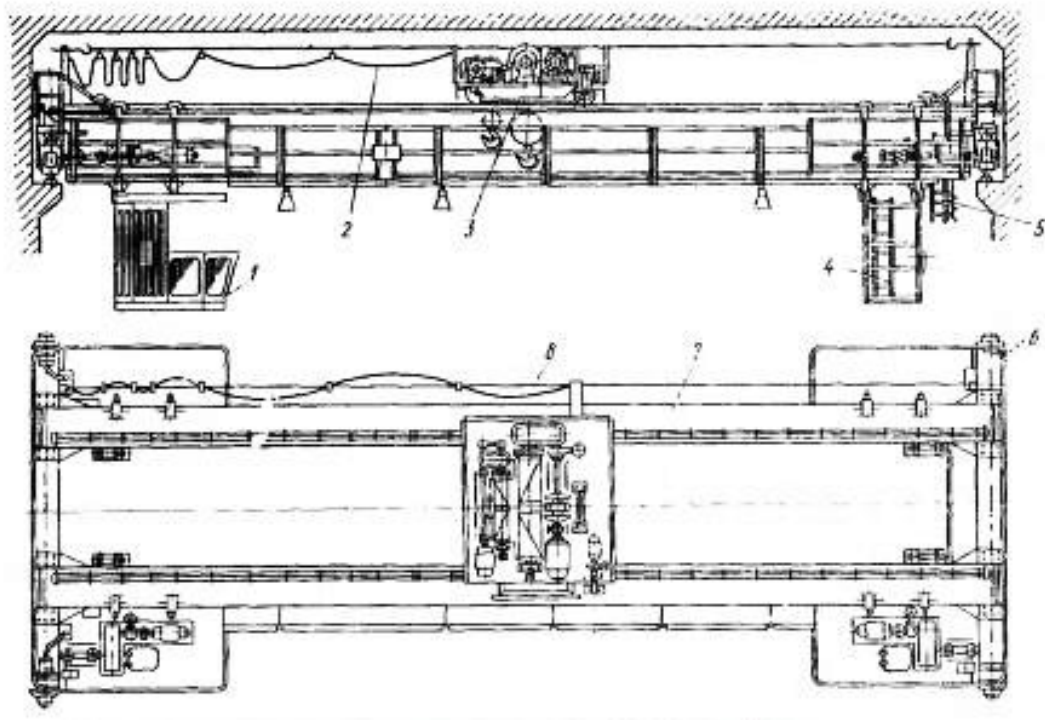
Двобалочні мостові крани

Для виконання робіт із важкими та великогабаритними вантажами застосовуються двобалочні мостові крани. Їх конструкція включає дві головні балки, по верхніх поясах яких переміщується вантажний візок. Завдяки такому рішенню досягається висока жорсткість металоконструкції та можливість реалізації значних висот підйому.

Двобалочні крани широко використовуються на підприємствах будівельної індустрії, машинобудівних заводах, металургійних комбінатах та

складських комплексах. Вони забезпечують транспортування вантажів значної маси при збереженні високої точності позиціонування.

На рисунку 1.3 наведено конструкцію двобалочного мостового крана опорного типу. До складу крана входять міст, вантажний візок, механізми підйому та пересування, система електроживлення та кабіна керування. Електроенергія до механізмів підводиться за допомогою тролейних ліній або гнучких кабельних систем.



Малюнок 1.3 – Двобалочний мостовий кран опорного типу

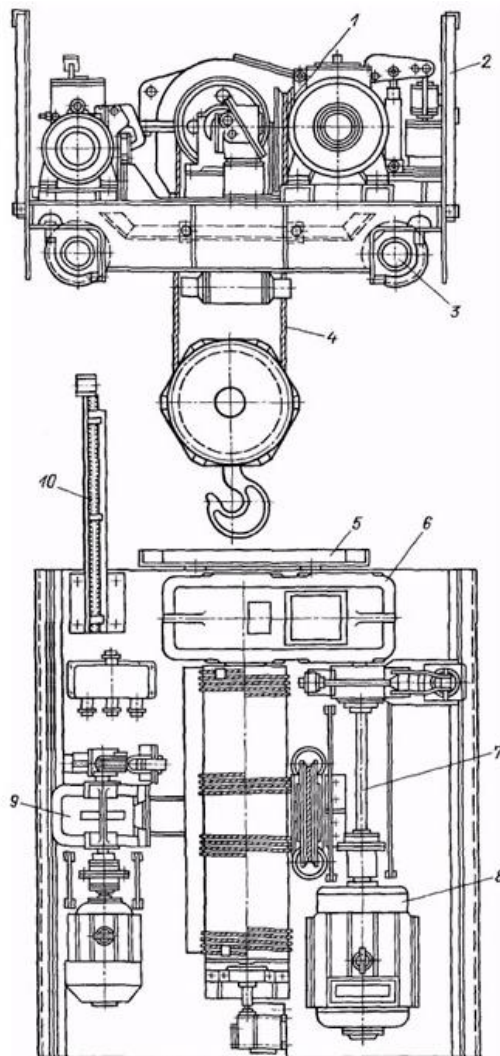
Головні балки сучасних двобалочних кранів переважно мають коробчастий переріз. Така конструкція характеризується високою жорсткістю та стійкістю до дії згинальних і крутильних навантажень. Для підвищення просторової жорсткості всередині балок встановлюються поперечні діафрагми та ребра жорсткості.

З метою компенсації прогинів під дією робочого навантаження під час виготовлення моста передбачається будівельний підйом. Наявність

початкового вигину дозволяє зменшити деформації металоконструкції під час експлуатації та забезпечити нормальну роботу механізмів пересування.

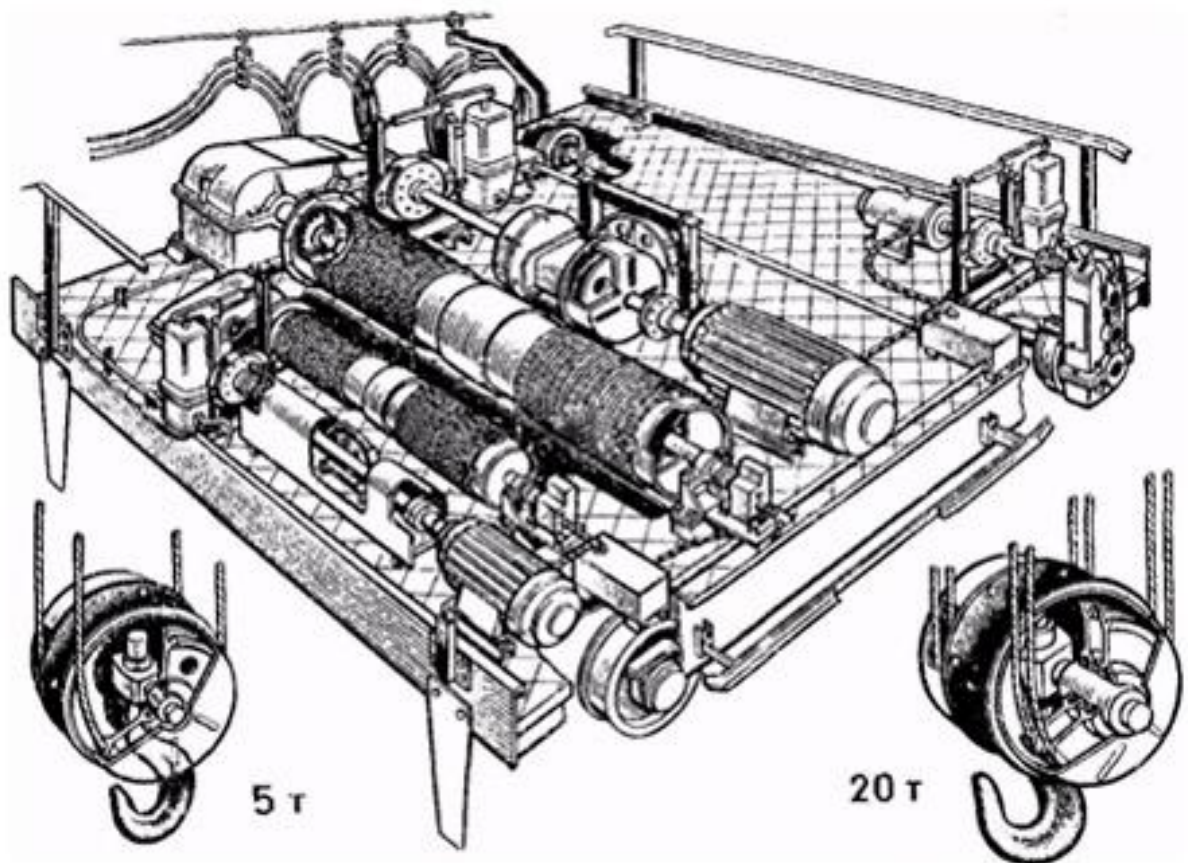
Важливим елементом двобалочного крана є вантажний візок, на якому розміщуються механізм підйому та механізм пересування. Конструкція візка повинна забезпечувати рівномірний розподіл навантаження між колесами та зручний доступ до всіх вузлів під час технічного обслуговування.

На рисунку 1.4 показано вантажний візок з одним механізмом підйому. Така схема широко використовується на кранах середньої вантажопідйомності та відзначається простотою конструкції й високою експлуатаційною надійністю.



Малюнок 1.4 – Вантажний візок з одним механізмом підйому

Для кранів підвищеної вантажопідйомності можуть застосовуватись візки з двома механізмами підйому – головним та допоміжним. Приклад такої конструкції наведено на рисунку 1.5. Наявність двох підйомних механізмів дозволяє розширити технологічні можливості крана та підвищити ефективність виконання вантажних операцій.



Малюнок 1.5 – Вантажний візок з головним і допоміжним механізмами підйому

Проведений аналіз показує, що для умов виробництва будівельних виробів найбільш раціональним є застосування двобалочного мостового крана опорного типу. Саме така конструкція забезпечує необхідну вантажопідйомність, жорсткість металоконструкції та надійність роботи в умовах інтенсивної експлуатації.

1.3 Особливості конструкції двобалочного мостового крана

Двобалочні мостові крани належать до найбільш поширених вантажопідіймальних машин, що використовуються у промисловості, будівництві та складському господарстві. Їх конструкція забезпечує високу жорсткість металоконструкції, значну вантажопідйомність та можливість експлуатації в умовах інтенсивного виробництва.

Основною несучою частиною крана є міст, який складається з двох головних балок та двох кінцевих балок, з'єднаних між собою в єдину просторову систему. Така конструкція забезпечує сприйняття вертикальних і горизонтальних навантажень, що виникають під час підйому та транспортування вантажів.

Головні балки зазвичай виконуються коробчастого перерізу зі зварних листових елементів. Коробчата конструкція характеризується високою жорсткістю на згин та кручення, що дозволяє зменшити прогини моста під навантаженням і забезпечити стабільність роботи вантажного візка. Для підвищення місцевої стійкості стінок усередині балок встановлюють поперечні діафрагми та ребра жорсткості.

Кінцеві балки служать для з'єднання головних балок між собою та передачі навантажень на ходові колеса крана. Усередині кінцевих балок розміщуються приводні та не приводні колеса, які забезпечують пересування крана вздовж підкранових рейок. Залежно від вантажопідйомності можуть застосовуватися індивідуальні або централізовані приводи механізму пересування.

Важливим елементом конструкції є вантажний візок, який переміщується вздовж головних балок моста. На рамі візка встановлюються механізм підйому вантажу, механізм пересування візка, електрообладнання та допоміжні пристрої. Рама візка виконується у вигляді жорсткої зварної конструкції, здатної сприймати динамічні навантаження, що виникають під час роботи крана.

Механізм підйому призначений для вертикального переміщення вантажу. До його складу входять електродвигун, редуктор, гальмо, барабан, канатно-блокова система та вантажозахоплювальний пристрій. Під час роботи обертання від електродвигуна через редуктор передається на барабан, на який намотується або з якого змотується сталевий канат. Застосування поліспасти дозволяє зменшити навантаження на канат та забезпечити плавний рух вантажу.

Для захоплення і транспортування вантажів найчастіше використовують гакові підвіски. Вони відзначаються простотою конструкції, надійністю та універсальністю, що особливо важливо для підприємств із широкою номенклатурою продукції.

Механізм пересування візка забезпечує горизонтальне переміщення вантажу в межах прольоту крана. До його складу входять електродвигун, редуктор, муфта та ходові колеса. Пересування здійснюється по рейках, закріплених на верхніх поясах головних балок моста.

Механізм пересування крана призначений для переміщення всієї металоконструкції вздовж виробничого приміщення. Його робота дозволяє забезпечити обслуговування всієї площі цеху без необхідності використання додаткових транспортних засобів.

Сучасні мостові крани оснащуються системами безпеки, які запобігають виникненню аварійних ситуацій. До таких систем належать обмежувачі вантажопідйомності, кінцеві вимикачі, гальмівні пристрої, системи захисту електродвигунів від перевантажень та аварійного вимкнення живлення.

Для умов виробництва будівельних виробів доцільним є використання двобалочного мостового крана опорного типу вантажопідйомністю 8 т та прольотом 16,5 м. Така конструкція забезпечує необхідну міцність, надійність та довговічність обладнання, а також дозволяє ефективно виконувати вантажно-транспортні операції в межах виробничого цеху.

Отже, двобалочний мостовий кран являє собою складну інженерну систему, ефективність якої визначається правильним вибором параметрів окремих вузлів та механізмів. Саме тому подальші розрахунки повинні бути спрямовані на обґрунтування конструктивних параметрів основних елементів механізму підйому та пересування.

1.4 Аналіз механізмів підйому вантажу

Механізм підйому є одним із найважливіших вузлів мостового крана, оскільки забезпечує виконання основної технологічної операції — вертикального переміщення вантажу. Надійність і безпека роботи всього крана значною мірою залежать від правильності вибору та розрахунку елементів механізму підйому.

Конструкція механізму підйому являє собою сукупність взаємопов'язаних вузлів, які забезпечують перетворення енергії електродвигуна у поступальний рух вантажу. До складу механізму входять електродвигун, редуктор, гальмівний пристрій, барабан, сталевий канат, поліспаст та вантажозахоплювальний орган.

Принцип роботи механізму підйому полягає у передачі крутного моменту від електродвигуна через муфту та редуктор на барабан. Під час обертання барабана канат намотується або змотується з його поверхні, забезпечуючи відповідно підйом або опускання вантажу. Для підвищення вантажопідйомності та зменшення навантаження на окремі елементи широко використовуються поліспасты.

Поліспаст являє собою систему нерухомих і рухомих блоків, з'єднаних сталевим канатом. Основним призначенням поліспаста є зменшення зусилля в канаті та забезпечення більш рівномірного розподілу навантаження між елементами механізму. Кратність поліспаста вибирається залежно від вантажопідйомності крана, висоти підйому та конструктивних особливостей механізму.

Для мостових кранів вантажопідйомністю до 10 т найбільш поширеними є здвоєні поліспасти кратністю 2 або 4. Їх використання дозволяє знизити діаметр каната та зменшити навантаження на барабан і редуктор.

Одним із найбільш відповідальних елементів механізму підйому є сталевий канат. Він працює в умовах багаторазових змінних навантажень, згину на блоках та барабані, а також піддається впливу зовнішнього середовища. Тому під час вибору каната враховують величину робочого навантаження, режим роботи механізму та вимоги чинних нормативних документів.

У сучасних мостових кранах переважно використовують канати подвійного звивання з органічним або металевим осердям. Такі канати характеризуються високою міцністю, гнучкістю та довговічністю. Вибір конструкції каната суттєво впливає на ресурс роботи механізму підйому.

Для зміни напрямку руху каната застосовують блоки. Вони сприяють рівномірному розподілу навантаження та зменшують інтенсивність зношування каната. Конструкція блоків повинна забезпечувати плавне проходження каната без його деформації або пошкодження.

Вантажозахоплювальним органом у кранах загального призначення найчастіше служить кований однорогий або дворогий гак. Його вибір здійснюється відповідно до величини вантажопідйомності та умов експлуатації. Гак повинен мати достатній запас міцності та забезпечувати безпечне утримання вантажу під час роботи.

Барабан призначений для намотування каната і передачі тягового зусилля від приводу до вантажу. Основними параметрами барабана є діаметр, довжина та товщина стінки. Від правильності визначення цих параметрів залежить довговічність каната і працездатність механізму в цілому.

Важливу роль у роботі механізму підйому відіграє редуктор. Його призначення полягає у зниженні частоти обертання електродвигуна та збільшенні крутного моменту, необхідного для піднімання вантажу. У

мостових кранах найбільшого поширення набули циліндричні двоступінчасті та триступінчасті редуктори.

Для забезпечення безпеки експлуатації механізм підйому оснащується гальмівними пристроями. Гальмо автоматично утримує вантаж у підвішеному стані після вимкнення електродвигуна та запобігає його самовільному опусканню. У більшості конструкцій використовуються колодкові електромагнітні або електрогідравлічні гальма.

Аналіз сучасних конструкцій мостових кранів показує, що найбільш раціональною для умов виробництва будівельних виробів є схема механізму підйому з електричним приводом, здвоєним поліспастом кратністю 2 та гаковою підвіскою. Така конструкція забезпечує необхідну надійність, простоту обслуговування та достатній запас міцності при роботі з вантажами масою до 8 т.

1.5 Аналіз механізмів пересування мостового крана та вантажного візка

Поряд із механізмом підйому важливу роль у роботі мостового крана відіграють механізми пересування. Саме вони забезпечують транспортування вантажу в горизонтальній площині та дозволяють обслуговувати всю площу виробничого приміщення. Ефективність виконання вантажно-транспортних операцій значною мірою залежить від правильного вибору конструкції та параметрів механізмів пересування.

У мостовому крані розрізняють два незалежні механізми пересування: механізм пересування вантажного візка та механізм пересування самого крана. Їх спільна робота забезпечує можливість переміщення вантажу практично в будь-яку точку робочої зони.

Механізм пересування візка призначений для переміщення вантажу вздовж прольоту крана. Основними елементами цього механізму є електродвигун, редуктор, муфта, приводні та не приводні колеса. Привод передає обертальний момент на ходові колеса, які рухаються по рейках, закріплених на головних балках мосту.

Для сучасних мостових кранів найбільш поширеними є приводи з індивідуальним електродвигуном та циліндричним редуктором. Така схема характеризується компактністю, простотою монтажу та високою надійністю експлуатації. Крім того, вона забезпечує плавний розгін і гальмування візка, що позитивно впливає на довговічність металоконструкції та механічних вузлів.

Ходові колеса візка працюють в умовах значних контактних навантажень. Тому до їх виготовлення висуваються підвищені вимоги щодо міцності та зносостійкості. Найчастіше колеса виготовляють зі сталей, які піддаються термічній обробці для підвищення твердості робочої поверхні.

Механізм пересування крана забезпечує рух усієї металоконструкції вздовж підкранових рейок. До його складу входять електродвигуни, редуктори, гальмівні пристрої, приводні вали та ходові колеса. Залежно від вантажопідйомності та конструкції крана можуть використовуватись централізовані або роздільні приводи.

Для мостових кранів середньої вантажопідйомності найбільш раціональним є застосування роздільного приводу з окремими електродвигунами на кінцевих балках. Така схема дозволяє зменшити навантаження на трансмісію та підвищити надійність роботи обладнання.

Особливу увагу під час проєктування механізмів пересування приділяють забезпеченню необхідної сили зчеплення між колесами та рейками. Недостатнє зчеплення може призвести до пробуксовування коліс і зниження ефективності роботи механізму. Тому при виборі параметрів приводу враховують масу крана, величину транспортованого вантажу та режим роботи.

Для обмеження крайніх положень рухомих елементів використовуються кінцеві вимикачі. Вони автоматично відключають привід при досягненні встановленого положення та запобігають ударам візка або крана об кінцеві упори.

Сучасні механізми пересування часто комплектуються частотними перетворювачами, які забезпечують плавне регулювання швидкості руху. Це дозволяє підвищити точність позиціонування вантажу, зменшити динамічні навантаження та покращити умови експлуатації обладнання.

1.6 Обґрунтування вибору конструктивної схеми мостового крана

На підставі проведеного аналізу конструкцій мостових кранів та умов їх експлуатації на підприємствах будівельної індустрії для подальшого проєктування приймається двобалочний мостовий кран опорного типу з електричним приводом механізмів.

Вибір саме двобалочної конструкції обумовлений необхідністю транспортування будівельних виробів значної маси та габаритів. У порівнянні з однобалочними кранами така схема характеризується підвищеною жорсткістю металоконструкції, більшою вантажопідйомністю та кращими умовами розміщення вантажного візка.

Вантажопідйомність крана приймається рівною 8 т. Дане значення відповідає умовам транспортування формувального оснащення, арматурних конструкцій та готових будівельних виробів у межах виробничого цеху.

Проліт крана становить 16,5 м, що забезпечує обслуговування всієї ширини виробничого приміщення без використання додаткових транспортних засобів. Такий проліт є типовим для підприємств з виробництва будівельних виробів і дозволяє раціонально використовувати виробничі площі.

Висота підйому вантажу приймається 12 м. Це забезпечує можливість виконання всіх необхідних технологічних операцій, пов'язаних зі складуванням продукції та переміщенням вантажів між окремими виробничими дільницями.

Для механізму підйому приймається електричний привід зі швидкістю підйому 0,16 м/с. Таке значення забезпечує достатню продуктивність роботи при збереженні необхідного рівня безпеки та плавності руху вантажу.

Пересування вантажного візка здійснюється зі швидкістю 0,8 м/с, що дозволяє оперативно виконувати транспортні операції в межах прольоту крана. Швидкість пересування самого крана приймається рівною 1,0 м/с, що відповідає умовам експлуатації в закритому виробничому приміщенні.

З метою зниження навантажень на елементи механізму підйому приймається здвоєний поліспаст кратністю 2. Така схема забезпечує раціональний розподіл навантажень між гілками каната та дозволяє використовувати канат меншого діаметра без зниження рівня безпеки.

Як вантажозахоплювальний орган приймається стандартна гакова підвіска, що характеризується універсальністю та можливістю роботи з різними типами вантажів. Для передачі зусилля використовується сталевий канат подвійного звивання, який відповідає вимогам сучасних стандартів щодо міцності та довговічності.

Прийнята конструктивна схема забезпечує необхідні технічні характеристики крана, відповідає умовам виробництва будівельних виробів та створює основу для виконання подальших інженерних розрахунків.

Для подальшого проєктування приймається двобалочний мостовий кран опорного типу вантажопідйомністю 8 т, прольотом 16,5 м і висотою підйому 12 м. Обрані параметри є вихідними даними для розрахунку механізму підйому та механізму пересування вантажного візка.

Розділ 2. Основна частина

2.1 Вихідні дані для розрахунку

Для виконання розрахунку основних вузлів мостового крана приймаються вихідні дані, що відповідають умовам експлуатації обладнання на підприємстві з виробництва будівельних виробів.

Проектований кран призначений для виконання вантажно-транспортних операцій у закритому виробничому приміщенні. Робота крана здійснюється в умовах нормального температурного режиму без впливу агресивних середовищ та абразивного пилю.

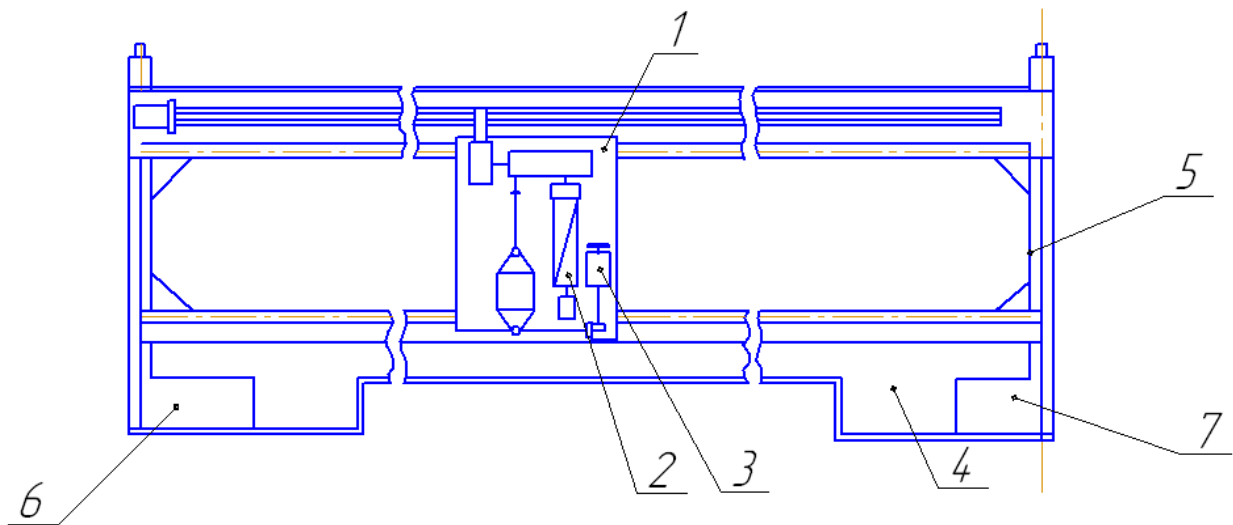
Основні технічні параметри крана наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку

Найменування параметра	Позначення	Значення
Вантажопідйомність	Q	8 т
Вага вантажу	G	80 кН
Проліт крана	L	16,5 м
Висота підйому	H	12 м
Швидкість підйому	V _п	0,16 м/с
Швидкість пересування візка	V _в	0,8 м/с
Швидкість пересування крана	V _к	1,0 м/с
Режим роботи	—	4М
Тип крана	—	Двобалочний опорний
Тип приводу	—	Електричний
Кратність поліспада	a	2

Для забезпечення необхідної надійності та довговічності роботи механізму підйому приймається здвоєний поліспаст кратністю 2. Як вантажозахоплювальний орган використовується стандартна гакова підвіска. Передача зусилля від барабана до вантажу здійснюється за допомогою

сталевого каната подвійного звивання, який відповідає вимогам сучасних нормативних документів.



Мостовий кран складається з вантажного візка та металоконструкції моста. На вантажному візку 1 розміщуються механізм підйому вантажу 2, вантажозахоплювальний пристрій, а також механізм пересування візка 3. Візок переміщується по рейках, установлених на верхніх поясах головних балок моста.

Металоконструкція моста 4 утворена двома головними балками коробчастого типу, які з'єднані між собою кінцевими балками 5. У кінцевих балках встановлені приводні та не приводні ходові колеса, за допомогою яких здійснюється пересування крана по підкранових рейках.

Механізм пересування моста включає приводні вузли 6 і 7, які можуть працювати від одного або двох електродвигунів залежно від конструктивного виконання крана та його вантажопідйомності. Вантажний візок, конструкція якого наведена на аркуші 1 графічної частини проєкту, забезпечує піднімання та горизонтальне переміщення вантажу в межах прольоту крана.

До складу механізму пересування візка входять електродвигун, гальмівний пристрій, зубчастий редуктор, два приводні та два не приводні ходові колеса. На рамі візка встановлена лінійка кінцевого вимикача, яка взаємодіє з елементами системи керування та забезпечує автоматичне обмеження шляху пересування візка в крайніх положеннях.

Електроживлення механізмів вантажного візка здійснюється за допомогою гнучкого кабелю, що переміщується разом із візком уздовж мосту крана.

Завдяки поєднанню руху моста вздовж підкранових колій та пересування вантажного візка по головних балках забезпечується обслуговування практично всієї робочої зони виробничого цеху. Недоступними залишаються лише незначні ділянки, розташовані безпосередньо поблизу стін будівлі.

2.2 Вибір схеми поліспада та визначення навантаження в канаті

Для механізму підйому проєктованого мостового крана приймається здвоєний поліспаст кратністю $a = 2$. Така схема забезпечує зменшення зусилля в канаті та дозволяє використовувати компактніші елементи механізму підйому.

Вага вантажу визначається за формулою

$$G = Q \cdot g, \text{ Н}, (2.1)$$

де Q – маса вантажу, кг;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння.

При вантажопідйомності крана $Q = 8000 \text{ кг}$:

$$G = 8000 \cdot 9,81 = 78480 \text{ Н} = 78,48 \text{ кН}.$$

Для подальших розрахунків приймаємо

$$G = 80 \text{ кН}.$$

Оскільки механізм підйому працює не лише з вантажем, а й із гаковою підвіскою, необхідно врахувати її вагу.

Попередньо приймаємо вагу гакової підвіски

$$G_{\Gamma} = 2 \text{ кН}.$$

Тоді повне навантаження на механізм підйому становитиме

$$G_p = G + G_{\Gamma}, \text{ кН}, (2.2)$$

де G_p – розрахункове навантаження;

G – вага вантажу;

G_{Γ} – вага гакової підвіски.

Підставляючи числові значення, одержимо

$$G_{\Gamma} = 80 + 2 = 82 \text{ кН.}$$

Зусилля в одній гілці каната визначається за формулою

$$S = G_{\Gamma} / (a \cdot \eta_{\text{п}}), \text{ кН, (2.3)}$$

де a – кратність поліспаста;

$\eta_{\text{п}}$ – коефіцієнт корисної дії поліспаста.

Для здвоєного поліспаста приймаємо

$$a = 2;$$

$$\eta_{\text{п}} = 0,97.$$

Тоді

$$S = 82 / (2 \cdot 0,97) = 82 / 1,94 = 42,27 \text{ кН.}$$

Отже, розрахункове навантаження в одній гілці каната становить

$$S = 42,3 \text{ кН.}$$

Отримане значення використовується при виборі сталевго каната та подальшому розрахунку елементів механізму підйому.

2.3 Вибір і розрахунок сталевго каната

Сталевий канат є одним із найбільш відповідальних елементів механізму підйому. Від правильності його вибору залежать безпечність роботи крана, довговічність механізму та надійність виконання вантажопідіймальних операцій.

Вибір каната здійснюється за величиною розрахункового зусилля в гілці каната та коефіцієнтом запасу міцності відповідно до режиму роботи механізму.

Мінімальне розривне зусилля каната визначається за формулою

$$F_0 = S \cdot n, \text{ кН, (2.4)}$$

де S – найбільше натягнення каната, кН;

n – коефіцієнт запасу міцності.

Для мостових кранів режиму роботи 4М згідно з нормативними рекомендаціями приймаємо

$$n = 5,5.$$

Тоді

$$F_0 = 42,3 \cdot 5,5 = 232,65 \text{ кН.}$$

Отже, мінімальне розривне зусилля каната повинно бути не менше

$$F_0 = 233 \text{ кН.}$$

За отриманим значенням приймаємо сталевий канат подвійного звивання типу ЛК-Р конструкції $6 \times 19(1+6+6/6)+1$ о.с. за ДСТУ EN 12385.

Для даного каната при діаметрі

$$d_k = 15,0 \text{ мм}$$

мінімальне розривне зусилля становить

$$F_{\text{кан}} = 245 \text{ кН.}$$

Перевіримо умову міцності:

$$F_{\text{кан}} \geq F_0$$

$$245 \geq 233 \text{ кН.}$$

Умова виконується.

Для додаткової перевірки визначаємо фактичний коефіцієнт запасу міцності каната

$$n_f = F_{\text{кан}} / S. (2.5)$$

Підставляючи числові значення, одержимо

$$n_f = 245 / 42,3 = 5,79.$$

Фактичний коефіцієнт запасу міцності перевищує нормативне значення

$$n_f = 5,79 > 5,5.$$

Отже, обраний канат забезпечує необхідну надійність і може бути використаний у механізмі підйому проєктованого мостового крана.

Для подальших розрахунків приймаємо сталевий канат:

- тип каната – ЛК-Р;
- конструкція – $6 \times 19(1+6+6/6)+1$ о.с.;
- діаметр каната $d_k = 15 \text{ мм}$;

– мінімальне розривне зусилля $F_{\text{кан}} = 245 \text{ кН}$.

2.4 Вибір вантажного гака

Вантажний гак є основним вантажозахоплювальним елементом механізму підйому. Він призначений для підвішування вантажозахоплювальних пристроїв та безпосереднього сприйняття навантаження від вантажу.

Вибір гака здійснюється за величиною вантажопідйомності крана відповідно до вимог стандартів на вантажопідіймальне обладнання.

Для проєктованого мостового крана прийнята вантажопідйомність

$$Q = 8 \text{ т.}$$

Розрахункове навантаження на гак визначається за формулою

$$G = Q \cdot g, \text{ Н, (2.6)}$$

де Q – маса вантажу, кг;

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2.$$

Тоді

$$G = 8000 \cdot 9,81 = 78480 \text{ Н} = 78,48 \text{ кН.}$$

Для забезпечення необхідного запасу міцності вибираємо стандартний однорогий кований гак вантажопідйомністю 8 т.

Для даного типорозміру приймаються такі основні параметри:

- вантажопідйомність $Q = 8 \text{ т}$;
- діаметр різьби хвостовика $d = 60 \text{ мм}$;
- зовнішня висота гака $H = 340 \text{ мм}$;
- ширина зіву $B = 55 \text{ мм}$;
- маса гака $m_{\text{г}} = 18 \text{ кг}$.

Перевіримо напруження розтягу в небезпечному перерізі хвостовика.

Площа поперечного перерізу хвостовика

$$A = \pi \cdot d^2 / 4, \text{ мм}^2. \text{ (2.7)}$$

Підставляючи значення $d = 60 \text{ мм}$, одержимо

$$A = 3,14 \cdot 60^2 / 4 = 2826 \text{ мм}^2.$$

Напруження розтягу визначається за формулою

$$\sigma = G/A, \text{ МПа. (2.8)}$$

Тоді

$$\sigma = 78480/2826 = 27,8 \text{ МПа.}$$

Допустиме напруження для кованих сталевих гаків

$$[\sigma] = 120 \text{ МПа.}$$

Оскільки

$$\sigma = 27,8 \text{ МПа} < [\sigma] = 120 \text{ МПа,}$$

умова міцності виконується.

Таким чином, для механізму підйому приймається стандартний однорогий кований гак вантажопідйомністю 8 т, який забезпечує необхідний запас міцності та відповідає умовам експлуатації проєктованого мостового крана.

Отримані параметри використовуються при формуванні конструкції гакової підвіски та подальшому виборі блоків поліспасти.

2.5 Вибір блоків поліспасти

Блоки поліспасти призначені для зміни напрямку руху каната та зменшення зусилля в окремих його гілках. Правильний вибір діаметра блока має важливе значення для довговічності каната, оскільки при малому діаметрі блока виникають підвищені напруження згину в дротинах каната.

Мінімальний діаметр блока визначається за формулою

$$D_b = e \cdot d_k, \text{ мм, (2.9)}$$

де D_b – діаметр блока по середній лінії каната, мм;

e – коефіцієнт, що залежить від режиму роботи механізму;

d_k – діаметр каната, мм.

Для механізму підйому мостового крана режиму роботи 4М приймаємо

$$e = 20.$$

Діаметр каната, прийнятий у попередньому підрозділі,

$$d_k = 15 \text{ мм.}$$

Тоді

$$D_6 = 20 \cdot 15 = 300 \text{ мм.}$$

Отже, мінімальний розрахунковий діаметр блока становить

$$D_6 = 300 \text{ мм.}$$

З конструктивних міркувань приймаємо стандартний блок діаметром

$$D_6 = 320 \text{ мм.}$$

Перевіримо відношення діаметра блока до діаметра каната:

$$D_6 / d_k = 320 / 15 = 21,3.$$

Отримане значення перевищує мінімально рекомендоване:

$$21,3 > 20.$$

Отже, прийнятий діаметр блока забезпечує нормальні умови роботи каната та зменшує його зношування при багаторазових циклах підйому й опускання вантажу.

Для зведеного поліспада кратністю 2 приймаємо такі елементи:

- кількість рухомих блоків у гаковій підвісці – 1 шт.;
- кількість зрівнювальних блоків – 1 шт.;
- діаметр блока $D_6 = 320$ мм;
- діаметр каната $d_k = 15$ мм.

Ширина канавки блока повинна забезпечувати вільне укладання каната без защемлення. Орієнтовно ширину канавки приймаємо за залежністю

$$b = 1,6 \cdot d_k, \text{ мм, (2.10)}$$

де b – ширина канавки блока, мм;

d_k – діаметр каната, мм.

Тоді

$$b = 1,6 \cdot 15 = 24 \text{ мм.}$$

Глибину канавки блока приймаємо

$$h = 0,35 \cdot d_k, \text{ мм. (2.11)}$$

Тоді

$$h = 0,35 \cdot 15 = 5,25 \text{ мм.}$$

Приймаємо

$$h = 6 \text{ мм.}$$

Таким чином, для механізму підйому проєктованого мостового крана приймаються блоки діаметром 320 мм із шириною канавки 24 мм та глибиною канавки 6 мм. Прийняті параметри забезпечують нормальну роботу сталевих канатів діаметром 15 мм і відповідають умовам експлуатації мостового крана режиму роботи 4М.

2.6 Розрахунок барабана механізму підйому

Барабан механізму підйому призначений для намотування сталевих канатів та передачі тягового зусилля від приводу до вантажної підвіски. Основними параметрами барабана є його діаметр, довжина нарізної частини, кількість витків каната та товщина стінки.

Діаметр барабана визначається за формулою

$$D_{\text{бараб}} = e \cdot d_k, \text{ мм, (2.12)}$$

де $D_{\text{бараб}}$ – діаметр барабана по середній лінії каната, мм;

e – коефіцієнт, що залежить від режиму роботи механізму;

d_k – діаметр каната, мм.

Для механізму підйому режиму роботи 4М приймаємо

$$e = 20.$$

Діаметр каната

$$d_k = 15 \text{ мм.}$$

Тоді

$$D_{\text{бараб}} = 20 \cdot 15 = 300 \text{ мм.}$$

З конструктивних міркувань приймаємо стандартний діаметр барабана

$$D_{\text{бараб}} = 320 \text{ мм.}$$

Крок нарізки канавок барабана визначається за формулою

$$t = 1,1 \cdot d_k, \text{ мм, (2.13)}$$

де t – крок нарізки канавок барабана, мм;

d_k – діаметр каната, мм.

Тоді

$$t = 1,1 \cdot 15 = 16,5 \text{ мм.}$$

Приймаємо

$$t = 17 \text{ мм.}$$

Кількість робочих витків каната на барабані визначається за формулою

$$z_p = H \cdot a / (\pi \cdot D_{\text{бараб}}), (2.14)$$

де z_p – кількість робочих витків каната;

H – висота підйому вантажу, мм;

a – кратність поліспаста;

$D_{\text{бараб}}$ – діаметр барабана, мм.

Висота підйому

$$H = 12 \text{ м} = 12000 \text{ мм.}$$

Кратність поліспаста

$$a = 2.$$

Тоді

$$z_p = 12000 \cdot 2 / (3,14 \cdot 320) = 24000 / 1004,8 = 23,9.$$

Приймаємо кількість робочих витків

$$z_p = 24.$$

Крім робочих витків, на барабані повинні залишатися запасні витки каната, які запобігають зриву каната з барабана при крайньому нижньому положенні гака.

Приймаємо кількість запасних витків

$$z_z = 2.$$

Загальна кількість витків на одній нарізній частині барабана становить

$$z = z_p + z_z, (2.15)$$

де z – загальна кількість витків;

z_p – кількість робочих витків;

z_z – кількість запасних витків.

Тоді

$$z = 24 + 2 = 26.$$

Довжина однієї нарізної частини барабана визначається за формулою

$$l_n = z \cdot t, \text{ мм, (2.16)}$$

де l_n – довжина нарізної частини барабана, мм;

z – загальна кількість витків;

t – крок нарізки канавок, мм.

Тоді

$$l_n = 26 \cdot 17 = 442 \text{ мм.}$$

Оскільки приймається здвоєний поліспаст, барабан має дві нарізні частини з правою та лівою нарізкою. Загальна довжина барабана визначається за формулою

$$L_{\text{бараб}} = 2 \cdot l_n + l_0, \text{ мм, (2.17)}$$

де $L_{\text{бараб}}$ – загальна довжина барабана, мм;

l_n – довжина однієї нарізної частини, мм;

l_0 – відстань між нарізними частинами барабана, мм.

Приймаємо конструктивний проміжок між нарізними частинами

$$l_0 = 120 \text{ мм.}$$

Тоді

$$L_{\text{бараб}} = 2 \cdot 442 + 120 = 1004 \text{ мм.}$$

Приймаємо конструктивну довжину барабана

$$L_{\text{бараб}} = 1000 \text{ мм.}$$

Товщину стінки барабана попередньо визначаємо за залежністю

$$\delta = 0,02 \cdot D_{\text{бараб}} + 6, \text{ мм, (2.18)}$$

де δ – товщина стінки барабана, мм;

$D_{\text{бараб}}$ – діаметр барабана, мм.

Тоді

$$\delta = 0,02 \cdot 320 + 6 = 6,4 + 6 = 12,4 \text{ мм.}$$

Приймаємо

$$\delta = 14 \text{ мм.}$$

Отже, для механізму підйому мостового крана приймається барабан з такими основними параметрами:

– діаметр барабана $D_{\text{бараб}} = 320 \text{ мм}$;

- крок нарізки канавок $t = 17$ мм;
- кількість робочих витків $z_p = 24$;
- кількість запасних витків $z_z = 2$;
- загальна кількість витків $z = 26$;
- довжина барабана $L_{\text{бараб}} = 1000$ мм;
- товщина стінки барабана $\delta = 14$ мм.

Прийняті параметри забезпечують розміщення необхідної довжини каната для висоти підйому 12 м та відповідають умовам роботи механізму підйому мостового крана.

2.7 Вибір способу кріплення каната на барабані

Кріплення каната на барабані повинно забезпечувати надійну передачу тягового зусилля та запобігати самовільному зміщенню або зриву каната під час роботи механізму підйому. Для мостових кранів найбільш поширеним є кріплення каната притискними планками з болтами.

При такому способі кінець каната укладається у спеціальну канавку на барабані та притискається планкою. Надійність кріплення забезпечується силами тертя між канатом, планкою та поверхнею барабана.

Зусилля, яке сприймає кріплення каната, визначається за формулою

$$S_{\text{кр}} = S / e_z, \text{ кН}, (2.19)$$

де $S_{\text{кр}}$ – зусилля, що діє на кріплення каната, кН;

S – найбільше натягнення каната, кН;

e_z – коефіцієнт зменшення натягу за рахунок запасних витків каната на барабані.

Для двох запасних витків приймаємо

$$e_z = 4.$$

Найбільше натягнення каната

$$S = 42,3 \text{ кН}.$$

Тоді

$$S_{\text{кр}} = 42,3 / 4 = 10,58 \text{ кН}.$$

Для кріплення каната приймаємо дві притискні планки з болтами. Тоді навантаження, яке сприймає одна планка, становить

$$S_1 = S_{кр} / n_{пл}, \text{ кН}, (2.20)$$

де S_1 – навантаження на одну притискну планку, кН;

$n_{пл}$ – кількість притискних планок.

Приймаємо

$$n_{пл} = 2.$$

Тоді

$$S_1 = 10,58 / 2 = 5,29 \text{ кН}.$$

Для закріплення однієї планки приймаємо два болти. Загальна кількість болтів

$$n_{б} = 4.$$

Навантаження на один болт визначається за формулою

$$F_б = S_{кр} / n_{б}, \text{ кН}. (2.21)$$

Тоді

$$F_б = 10,58 / 4 = 2,65 \text{ кН}.$$

Для кріплення каната приймаємо болти М12. Площа поперечного перерізу болта М12 становить

$$A_б = 84 \text{ мм}^2.$$

Напруження розтягу в болті визначається за формулою

$$\sigma_б = F_б / A_б, \text{ МПа}. (2.22)$$

Підставляючи числові значення, отримаємо

$$\sigma_б = 2650 / 84 = 31,5 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження для болтів приймаємо

$$[\sigma_б] = 120 \text{ МПа}.$$

Оскільки

$$\sigma_б = 31,5 \text{ МПа} < [\sigma_б] = 120 \text{ МПа},$$

умова міцності болтів виконується.

Отже, для кріплення каната на барабані приймається кріплення за допомогою двох притискних планок, закріплених чотирма болтами М12.

Прийнята конструкція забезпечує надійне утримання каната на барабані під час роботи механізму підйому.

2.8 Вибір кінематичної схеми механізму підйому

Механізм підйому мостового крана призначений для вертикального переміщення вантажу із заданою швидкістю. До його складу входять електродвигун, муфта, гальмо, редуктор, барабан, канатно-блокова система та гакова підвіска.

Для проєктованого мостового крана приймається однобарабанна електрореверсивна лебідка. Така схема є найбільш поширеною для мостових кранів середньої вантажопідйомності, оскільки вона забезпечує простоту конструкції, надійність роботи та зручність технічного обслуговування.

Кінематична схема механізму підйому має такий вигляд:

електродвигун → муфта → гальмо → редуктор → барабан → канат → блоки поліспаста → гакова підвіска.

Під час роботи механізму обертальний рух вала електродвигуна через муфту передається на вхідний вал редуктора. Редуктор зменшує частоту обертання та збільшує крутний момент, необхідний для обертання барабана. При обертанні барабана канат намотується або змотується, забезпечуючи відповідно підйом або опускання вантажу.

Частота обертання барабана визначається за формулою

$$n_b = 60 \cdot V_p \cdot a / (\pi \cdot D_{\text{бараб}}), \text{ об/хв, (2.23)}$$

де n_b – частота обертання барабана, об/хв;

V_p – швидкість підйому вантажу, м/с;

a – кратність поліспаста;

$D_{\text{бараб}}$ – діаметр барабана, м.

Для проєктованого механізму прийнято:

$$V_p = 0,16 \text{ м/с;}$$

$$a = 2;$$

$$D_{\text{бараб}} = 0,32 \text{ м.}$$

Тоді

$$n_b = 60 \cdot 0,16 \cdot 2 / (3,14 \cdot 0,32) = 19,2 / 1,0048 = 19,1 \text{ об/хв.}$$

Отже, необхідна частота обертання барабана становить

$$n_b = 19,1 \text{ об/хв.}$$

Для приводу механізму підйому попередньо приймається асинхронний електродвигун із частотою обертання

$$n_{дв} = 950 \text{ об/хв.}$$

Необхідне передаточне число редуктора визначається за формулою

$$i = n_{дв} / n_b, (2.24)$$

де i – передаточне число редуктора;

$n_{дв}$ – частота обертання вала електродвигуна, об/хв;

n_b – частота обертання барабана, об/хв.

Тоді

$$i = 950 / 19,1 = 49,7.$$

Приймаємо орієнтовне передаточне число редуктора

$$i = 50.$$

Отже, для механізму підйому доцільно застосувати електродвигун з частотою обертання близько 950 об/хв та циліндричний редуктор із передаточним числом близько 50.

Прийнята кінематична схема забезпечує необхідну швидкість підйому вантажу та створює основу для подальшого вибору електродвигуна і редуктора.

2.9 Вибір електродвигуна механізму підйому

Вибір електродвигуна механізму підйому здійснюється за необхідною потужністю приводу, яка визначається виходячи з вантажопідйомності крана, швидкості підйому та коефіцієнта корисної дії механізму.

Статична потужність механізму підйому визначається за формулою

$$N_{ст} = G_p \cdot V_p / (1000 \cdot \eta_m), \text{ кВт}, (2.25)$$

де $N_{ст}$ – статична потужність механізму підйому, кВт;

G_p – розрахункове навантаження на механізм підйому, Н;

V_p – швидкість підйому вантажу, м/с;

η_m – загальний коефіцієнт корисної дії механізму.

Розрахункове навантаження на механізм підйому становить

$$G_p = 82 \text{ кН} = 82000 \text{ Н.}$$

Швидкість підйому вантажу

$$V_p = 0,16 \text{ м/с.}$$

Загальний ККД механізму визначається як добуток ККД окремих елементів:

$$\eta_m = \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{п}},$$

де $\eta_{\text{ред}}$ – ККД редуктора;

$\eta_{\text{п}}$ – ККД поліспаста.

Для подальших розрахунків приймаємо:

$$\eta_{\text{ред}} = 0,96;$$

$$\eta_{\text{п}} = 0,97.$$

Тоді

$$\eta_m = 0,96 \cdot 0,97 = 0,931.$$

Статична потужність механізму підйому дорівнює

$$N_{\text{ст}} = 82000 \cdot 0,16 / (1000 \cdot 0,931) =$$

$$= 13120 / 931 = 14,09 \text{ кВт.}$$

З урахуванням динамічних навантажень та можливих перевантажень вводимо коефіцієнт запасу потужності

$$k = 1,15.$$

Тоді необхідна потужність електродвигуна становить

$$N_{\text{дв}} = k \cdot N_{\text{ст}}, \text{ кВт. (2.26)}$$

Підставляючи числові значення, отримаємо

$$N_{\text{дв}} = 1,15 \cdot 14,09 = 16,2 \text{ кВт.}$$

За каталогами кранових електродвигунів вибираємо найближчий стандартний двигун більшої потужності.

Приймаємо асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором:

- потужність $N = 18,5$ кВт;
- частота обертання $n = 960$ об/хв;
- напруга живлення $U = 380$ В;
- режим роботи – повторно-короткочасний;
- ступінь захисту IP54.

Перевіримо запас потужності:

$$k_z = N / N_{\text{дв}}, (2.27)$$

де k_z – фактичний коефіцієнт запасу потужності.

Тоді

$$k_z = 18,5 / 16,2 = 1,14.$$

Отриманий запас потужності є достатнім для забезпечення надійної роботи механізму підйому в режимі 4М.

Таким чином, для механізму підйому проєктованого мостового крана приймається асинхронний електродвигун потужністю 18,5 кВт з номінальною частотою обертання 960 об/хв. Прийнятий двигун забезпечує необхідну продуктивність механізму та має достатній запас потужності для роботи в заданих умовах експлуатації.

2.10 Вибір редуктора та визначення фактичної швидкості підйому вантажу

Редуктор механізму підйому призначений для зменшення частоти обертання вала електродвигуна та збільшення крутного моменту, який передається на барабан. Вибір редуктора виконується за необхідним передаточним числом та потужністю електродвигуна.

У попередньому підрозділі було прийнято електродвигун з такими параметрами:

$$N_{\text{дв}} = 18,5 \text{ кВт};$$

$$n_{\text{дв}} = 960 \text{ об/хв.}$$

Необхідна частота обертання барабана була визначена раніше:

$$n_{\text{б}} = 19,1 \text{ об/хв.}$$

Необхідне передаточне число редуктора визначається за формулою

$$i_p = n_{дв} / n_b, (2.28)$$

де i_p – необхідне передаточне число редуктора;

$n_{дв}$ – частота обертання електродвигуна, об/хв;

n_b – необхідна частота обертання барабана, об/хв.

Підставляючи числові значення, отримаємо

$$i_p = 960 / 19,1 = 50,3.$$

За каталогом редукторів приймаємо циліндричний двоступінчастий редуктор з передаточним числом

$$i = 50.$$

Прийнятий редуктор повинен забезпечувати передачу потужності не менше потужності встановленого електродвигуна:

$$N_{ред} \geq N_{дв}.$$

Для подальшого розрахунку приймаємо редуктор з такими параметрами:

- тип редуктора – циліндричний двоступінчастий;
- передаточне число $i = 50$;
- допустима передавана потужність $N_{ред} = 20$ кВт;
- ККД редуктора $\eta_{ред} = 0,96$.

Перевіряємо умову за потужністю:

$$N_{ред} \geq N_{дв};$$

$$20 \geq 18,5 \text{ кВт}.$$

Умова виконується.

Після вибору редуктора необхідно визначити фактичну частоту обертання барабана:

$$n_{б.ф} = n_{дв} / i, \text{ об/хв}, (2.29)$$

де $n_{б.ф}$ – фактична частота обертання барабана;

$n_{дв}$ – частота обертання електродвигуна;

i – передаточне число редуктора.

Тоді

$$n_{б.ф} = 960 / 50 = 19,2 \text{ об/хв.}$$

Фактична швидкість підйому вантажу визначається за формулою

$$V_{ф} = \pi \cdot D_{бараб} \cdot n_{б.ф} / (60 \cdot a), \text{ м/с, (2.30)}$$

де $V_{ф}$ – фактична швидкість підйому вантажу;

$D_{бараб}$ – діаметр барабана, м;

$n_{б.ф}$ – фактична частота обертання барабана, об/хв;

a – кратність поліспасти.

Для прийнятого механізму:

$$D_{бараб} = 0,32 \text{ м;}$$

$$n_{б.ф} = 19,2 \text{ об/хв;}$$

$$a = 2.$$

Тоді

$$V_{ф} = 3,14 \cdot 0,32 \cdot 19,2 / (60 \cdot 2) = 19,29 / 120 = 0,161 \text{ м/с.}$$

Відхилення фактичної швидкості від заданої визначається за формулою

$$\Delta V = |V_{ф} - V_{п}| / V_{п} \cdot 100 \%, \text{ (2.31)}$$

де ΔV – відхилення фактичної швидкості підйому;

$V_{ф}$ – фактична швидкість підйому;

$V_{п}$ – задана швидкість підйому.

Тоді

$$\Delta V = |0,161 - 0,16| / 0,16 \cdot 100 = 0,625 \, \%.$$

Отримане відхилення не перевищує допустимих значень і не впливає на працездатність механізму.

Отже, для механізму підйому приймається циліндричний двоступінчастий редуктор з передаточним числом $i = 50$ та допустимою потужністю 20 кВт. Фактична швидкість підйому вантажу становить $V_{ф} = 0,161$ м/с, що практично відповідає заданій швидкості 0,16 м/с.

2.11 Вибір гальма механізму підйому

Гальмо механізму підйому призначене для утримання вантажу в нерухомому положенні після вимкнення електродвигуна, а також для

зупинки механізму під час роботи. Надійність гальмівного пристрою має особливе значення, оскільки від нього залежить безпечна експлуатація мостового крана.

Гальмівний момент визначається за формулою

$$M_{\Gamma} = k_{\Gamma} \cdot M_{\text{ст}}, \text{ Н}\cdot\text{м}, (2.32)$$

де M_{Γ} – необхідний гальмівний момент;

k_{Γ} – коефіцієнт запасу гальмування;

$M_{\text{ст}}$ – статичний момент на валу гальма.

Для механізму підйому режиму роботи 4М приймаємо

$$k_{\Gamma} = 1,75.$$

Статичний момент на валу двигуна визначається за формулою

$$M_{\text{ст}} = 9550 \cdot N_{\text{ст}} / \text{пдв}, \text{ Н}\cdot\text{м}, (2.33)$$

де $N_{\text{ст}}$ – статична потужність механізму підйому, кВт;

пдв – частота обертання електродвигуна, об/хв.

З попереднього розрахунку маємо

$$N_{\text{ст}} = 14,09 \text{ кВт};$$

$$\text{пдв} = 960 \text{ об/хв.}$$

Тоді

$$M_{\text{ст}} = 9550 \cdot 14,09 / 960 = 140,2 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Необхідний гальмівний момент становить

$$M_{\Gamma} = 1,75 \cdot 140,2 = 245,4 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

За каталогом гальмівних пристроїв приймаємо колодкове електрогідравлічне гальмо з номінальним гальмівним моментом

$$M_{\Gamma.\text{ном}} = 300 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Перевіряємо умову вибору гальма:

$$M_{\Gamma.\text{ном}} \geq M_{\Gamma}.$$

$$300 \geq 245,4 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Умова виконується.

Фактичний коефіцієнт запасу гальмування визначається за формулою

$$k_{\Gamma.\text{ф}} = M_{\Gamma.\text{ном}} / M_{\text{ст}}. (2.34)$$

Тоді

$$k_{г.ф} = 300 / 140,2 = 2,14.$$

Отримане значення перевищує прийнятий мінімальний коефіцієнт запасу:

$$k_{г.ф} = 2,14 > 1,75.$$

Отже, для механізму підйому приймається колодкове електрогідравлічне гальмо з номінальним гальмівним моментом 300 Н·м. Прийняте гальмо забезпечує надійне утримання вантажу та безпечну зупинку механізму підйому.

2.12 Вибір муфти механізму підйому

Муфта механізму підйому призначена для з'єднання вала електродвигуна з вхідним валом редуктора та передачі крутного моменту. Крім того, муфта компенсує незначні монтажні відхилення між валами і зменшує динамічні навантаження, що виникають під час пуску та зупинки механізму.

Розрахунковий крутний момент на валу електродвигуна визначається за формулою

$$M_{дв} = 9550 \cdot N_{дв} / n_{дв}, \text{ Н}\cdot\text{м}, (2.35)$$

де $M_{дв}$ – крутний момент на валу електродвигуна;

$N_{дв}$ – потужність електродвигуна, кВт;

$n_{дв}$ – частота обертання електродвигуна, об/хв.

Для прийнятого електродвигуна:

$$N_{дв} = 18,5 \text{ кВт};$$

$$n_{дв} = 960 \text{ об/хв.}$$

Тоді

$$M_{дв} = 9550 \cdot 18,5 / 960 = 184 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Розрахунковий момент для вибору муфти визначається з урахуванням коефіцієнта режиму роботи:

$$M_p = k_p \cdot M_{дв}, \text{ Н}\cdot\text{м}, (2.36)$$

де M_p – розрахунковий момент муфти;

k_p – коефіцієнт режиму роботи;

$M_{дв}$ – крутний момент на валу електродвигуна.

Для механізму підйому мостового крана режиму роботи 4М приймаємо

$$k_p = 1,5.$$

Тоді

$$M_p = 1,5 \cdot 184 = 276 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

За розрахунковим моментом приймаємо пружну втулково-пальцеву муфту з номінальним моментом

$$M_{ном} = 400 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Перевіряємо умову вибору муфти:

$$M_{ном} \geq M_p. (2.37)$$

Підставляючи значення, маємо

$$400 \geq 276 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Умова виконується.

Фактичний коефіцієнт запасу за моментом становить

$$k_f = M_{ном} / M_p. (2.38)$$

Тоді

$$k_f = 400 / 276 = 1,45.$$

Отже, для механізму підйому приймається пружна втулково-пальцева муфта з номінальним моментом 400 Н·м. Прийнята муфта забезпечує передачу необхідного крутного моменту та зменшує динамічні навантаження під час роботи механізму.

2.13 Розрахунок механізму пересування вантажного візка

Механізм пересування вантажного візка призначений для горизонтального переміщення вантажу вздовж прольоту мостового крана. До складу механізму входять електродвигун, редуктор, муфта, ходові колеса та елементи передачі крутного моменту.

Для розрахунку приймаємо такі вихідні дані:

- вантажопідйомність крана $Q = 8 \text{ т}$;
- вага вантажу $G = 80 \text{ кН}$;
- швидкість пересування візка $V_v = 0,8 \text{ м/с}$;
- маса вантажного візка $m_v = 2,5 \text{ т}$;
- діаметр ходового колеса $D_k = 250 \text{ мм}$;
- кількість ходових коліс $z = 4$;
- кількість приводних коліс $z_p = 2$.

Вага вантажного візка визначається за формулою

$$G_v = m_v \cdot g, \text{ Н}, (2.39)$$

де G_v – вага вантажного візка;

m_v – маса вантажного візка, кг;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння.

При $m_v = 2500 \text{ кг}$:

$$G_v = 2500 \cdot 9,81 = 24525 \text{ Н} = 24,5 \text{ кН}.$$

Загальне навантаження на ходові колеса візка становить

$$G_{заг} = G + G_v, \text{ кН}, (2.40)$$

де $G_{заг}$ – загальне навантаження на ходові колеса;

G – вага вантажу;

G_v – вага вантажного візка.

Тоді

$$G_{заг} = 80 + 24,5 = 104,5 \text{ кН}.$$

Навантаження на одне колесо визначається за формулою

$$P_k = G_{заг} / z, \text{ кН}, (2.41)$$

де P_k – навантаження на одне колесо;

z – загальна кількість ходових коліс.

Тоді

$$P_k = 104,5 / 4 = 26,1 \text{ кН}.$$

Опір пересуванню візка визначається за формулою

$$W = f \cdot G_{заг}, \text{ кН}, (2.42)$$

де W – сила опору пересуванню;

f – коефіцієнт опору руху;

$G_{\text{заг}}$ – загальне навантаження на ходові колеса.

Для сталевих коліс, що рухаються по рейках, приймаємо

$$f = 0,02.$$

Тоді

$$W = 0,02 \cdot 104,5 = 2,09 \text{ кН}.$$

Потужність, необхідна для пересування візка, визначається за формулою

$$N_{\text{в}} = W \cdot V_{\text{в}} / \eta, \text{ кВт}, (2.43)$$

де $N_{\text{в}}$ – потужність механізму пересування візка;

W – сила опору пересуванню, кН;

$V_{\text{в}}$ – швидкість пересування візка, м/с;

η – коефіцієнт корисної дії механізму пересування.

Приймаємо

$$\eta = 0,85.$$

Тоді

$$N_{\text{в}} = 2,09 \cdot 0,8 / 0,85 = 1,97 \text{ кВт}.$$

З урахуванням пускових навантажень приймаємо коефіцієнт запасу

$$k = 1,3.$$

Розрахункова потужність електродвигуна становить

$$N_{\text{дв.в}} = k \cdot N_{\text{в}}, \text{ кВт}. (2.44)$$

Тоді

$$N_{\text{дв.в}} = 1,3 \cdot 1,97 = 2,56 \text{ кВт}.$$

За отриманим значенням приймаємо електродвигун механізму пересування візка потужністю

$$N_{\text{дв.в}} = 3,0 \text{ кВт}$$

з частотою обертання

$$n_{\text{дв}} = 940 \text{ об/хв}.$$

Частота обертання ходового колеса визначається за формулою

$$n_{\text{к}} = 60 \cdot V_{\text{в}} / (\pi \cdot D_{\text{к}}), \text{ об/хв}, (2.45)$$

де n_k – частота обертання ходового колеса;

V_v – швидкість пересування візка, м/с;

D_k – діаметр ходового колеса, м.

Для прийнятого колеса

$$D_k = 250 \text{ мм} = 0,25 \text{ м.}$$

Тоді

$$n_k = 60 \cdot 0,8 / (3,14 \cdot 0,25) = 48 / 0,785 = 61,1 \text{ об/хв.}$$

Необхідне передаточне число редуктора механізму пересування візка

$$i_v = n_{dv} / n_k. (2.46)$$

Тоді

$$i_v = 940 / 61,1 = 15,4.$$

Приймаємо редуктор з передаточним числом

$$i_v = 16.$$

Фактична частота обертання ходового колеса

$$n_{k.f} = n_{dv} / i_v, \text{ об/хв.} (2.47)$$

Тоді

$$n_{k.f} = 940 / 16 = 58,75 \text{ об/хв.}$$

Фактична швидкість пересування візка

$$V_{v.f} = \pi \cdot D_k \cdot n_{k.f} / 60, \text{ м/с.} (2.48)$$

Тоді

$$V_{v.f} = 3,14 \cdot 0,25 \cdot 58,75 / 60 = 0,77 \text{ м/с.}$$

Відхилення фактичної швидкості від заданої

$$\Delta V = |V_v - V_{v.f}| / V_v \cdot 100 \%. (2.49)$$

Тоді

$$\Delta V = |0,8 - 0,77| / 0,8 \cdot 100 = 3,75 \%.$$

Отримане відхилення є допустимим для механізму пересування вантажного візка.

Отже, для механізму пересування вантажного візка приймаємо:

– електродвигун потужністю 3,0 кВт;

– частоту обертання електродвигуна $n_{dv} = 940$ об/хв;

- діаметр ходового колеса $D_k = 250$ мм;
- редуктор з передаточним числом $i_v = 16$;
- фактичну швидкість пересування візка $V_{в.ф} = 0,77$ м/с.

2.14 Перевірка ходових коліс вантажного візка

Ходові колеса вантажного візка сприймають навантаження від власної маси візка, маси вантажу та динамічних впливів, що виникають під час пуску, гальмування і переміщення. Тому після попереднього вибору діаметра колеса необхідно виконати перевірку за допустимим навантаженням.

З попереднього розрахунку маємо:

- загальне навантаження на колеса візка $G_{заг} = 104,5$ кН;
- кількість ходових коліс $z = 4$;
- діаметр ходового колеса $D_k = 250$ мм;
- навантаження на одне колесо $P_k = 26,1$ кН.

З урахуванням динамічного коефіцієнта максимальне розрахункове навантаження на одне колесо визначається за формулою

$$P_{\max} = P_k \cdot \phi, \text{ кН, (2.50)}$$

де $P_{\max}$ – максимальне розрахункове навантаження на одне колесо;

P_k – статичне навантаження на одне колесо;

ϕ – динамічний коефіцієнт.

Для механізму пересування візка приймаємо

$$\phi = 1,2.$$

Тоді

$$P_{\max} = 26,1 \cdot 1,2 = 31,3 \text{ кН.}$$

Приймаємо ходове колесо діаметром $D_k = 250$ мм, виготовлене зі сталі 45 з термічною обробкою робочої поверхні. Для такого колеса допустиме навантаження приймаємо

$$[P] = 45 \text{ кН.}$$

Перевіряємо умову працездатності колеса:

$$P_{\max} \leq [P]. \text{ (2.51)}$$

Підставляючи значення, маємо

$$31,3 \leq 45 \text{ кН.}$$

Умова виконується.

Фактичний запас за навантаженням визначається за формулою

$$k_z = [P] / P_{\max}. \quad (2.52)$$

Тоді

$$k_z = 45 / 31,3 = 1,44.$$

Отже, прийняте ходове колесо має достатній запас за навантаженням.

Для перевірки контактної працездатності колеса враховують ширину робочої поверхні обода. Приймаємо ширину робочої поверхні колеса

$$b_k = 50 \text{ мм.}$$

Умовний питомий тиск на робочій поверхні колеса визначається за формулою

$$p = P_{\max} \cdot 1000 / (b_k \cdot D_k), \text{ МПа,} \quad (2.53)$$

де p – умовний питомий тиск;

$P_{\max}$ – максимальне навантаження на колесо, кН;

b_k – ширина робочої поверхні колеса, мм;

D_k – діаметр колеса, мм.

Тоді

$$p = 31,3 \cdot 1000 / (50 \cdot 250) = 31300 / 12500 = 2,50 \text{ МПа.}$$

Допустиме значення умовного питомого тиску для сталевих термооброблених коліс приймаємо

$$[p] = 3,5 \text{ МПа.}$$

Оскільки

$$p = 2,50 \text{ МПа} < [p] = 3,5 \text{ МПа,}$$

умова контактної працездатності виконується.

Таким чином, прийняті ходові колеса діаметром 250 мм забезпечують необхідну несучу здатність і можуть бути використані в механізмі пересування вантажного візка проєктованого мостового крана.

Для механізму пересування вантажного візка остаточно приймаємо:

- кількість ходових коліс – 4 шт.;
- кількість приводних коліс – 2 шт.;
- діаметр ходового колеса $D_k = 250$ мм;
- ширина робочої поверхні $b_k = 50$ мм;
- матеріал колеса – сталь 45;
- максимальне навантаження на одне колесо $P_{\max} = 31,3$ кН.

Висновки

У другому розділі виконано розрахунок основних вузлів мостового крана, призначеного для роботи в умовах виробництва будівельних виробів. Розрахунки виконано для двобалочного мостового крана опорного типу вантажопідйомністю 8 т, прольотом 16,5 м та висотою підйому 12 м.

Для механізму підйому прийнято здвоєний поліспаст кратністю 2. Розрахункове зусилля в одній гілці каната становить 42,3 кН.

За результатами розрахунку вибрано сталевий канат подвійного звивання типу ЛК-Р діаметром 15 мм з мінімальним розривним зусиллям 245 кН. Фактичний коефіцієнт запасу міцності каната становить 5,79, що перевищує нормативне значення 5,5.

Для сприйняття вантажу прийнято стандартний однорогий кований гак вантажопідйомністю 8 т. Перевірка небезпечного перерізу хвостовика показала, що напруження розтягу становить 27,8 МПа, що менше допустимого значення 120 МПа.

Для поліспаста прийнято блоки діаметром 320 мм. Відношення діаметра блока до діаметра каната становить 21,3, що забезпечує нормальні умови роботи каната.

Для механізму підйому розраховано барабан діаметром 320 мм, довжиною 1000 мм та товщиною стінки 14 мм. Прийняті параметри забезпечують намотування необхідної довжини каната для висоти підйому 12 м.

Кріплення каната на барабані прийнято за допомогою двох притискних планок і чотирьох болтів М12. Перевірка болтів на міцність показала, що напруження становить 31,5 МПа, що менше допустимого значення 120 МПа.

Для механізму підйому прийнято асинхронний електродвигун потужністю 18,5 кВт з частотою обертання 960 об/хв. Для передачі руху на барабан вибрано циліндричний двоступінчастий редуктор з передаточним числом 50. Фактична швидкість підйому вантажу становить 0,161 м/с, що практично відповідає заданому значенню 0,16 м/с.

Для безпечної зупинки та утримання вантажу прийнято колодкове електрогідравлічне гальмо з номінальним гальмівним моментом 300 Н·м. Фактичний коефіцієнт запасу гальмування становить 2,14.

Для з'єднання вала електродвигуна з вхідним валом редуктора прийнято пружну втулково-пальцеву муфту з номінальним моментом 400 Н·м.

Для механізму пересування вантажного візка прийнято електродвигун потужністю 3,0 кВт, редуктор з передаточним числом 16 та ходові колеса діаметром 250 мм. Фактична швидкість пересування візка становить 0,77 м/с, що має допустиме відхилення від заданої швидкості 0,8 м/с.

Перевірка ходових коліс показала, що максимальне розрахункове навантаження на одне колесо становить 31,3 кН при допустимому значенні 45 кН. Умовний питомий тиск на робочій поверхні колеса становить 2,50 МПа, що менше допустимого значення 3,5 МПа.

Таким чином, обрані вузли та механізми забезпечують необхідну працездатність, надійність і безпечну експлуатацію мостового крана в умовах виробництва будівельних виробів.

Розділ 3. «Технічне обслуговування та
забезпечення надійності мостового крана»
(Спеціальна частина)

Надійна та безпечна робота мостового крана значною мірою залежить не лише від правильності виконання проєктних розрахунків, а й від якості його технічного обслуговування в процесі експлуатації. Під час роботи кран сприймає статичні та динамічні навантаження, що виникають при підніманні, опусканні та переміщенні вантажів. Унаслідок цього окремі вузли механізмів поступово зношуються, а металоконструкція може зазнавати втомних пошкоджень.

Мостовий кран, який використовується у виробництві будівельних виробів, працює в умовах регулярного навантаження, багаторазових пусків і гальмувань, а також змінного режиму роботи механізмів підйому та пересування. Тому для забезпечення його працездатності необхідно організувати систему періодичного контролю, технічного обслуговування, діагностування і своєчасного ремонту.

Основними завданнями технічного обслуговування мостового крана є:

- підтримання справного технічного стану механізмів підйому та пересування;
- своєчасне виявлення зношування, тріщин, деформацій та інших дефектів;
- забезпечення надійної роботи гальмівних пристроїв, канатно-блокової системи та електрообладнання;
- запобігання аварійним ситуаціям під час експлуатації;
- продовження строку служби основних вузлів крана;
- зниження витрат на ремонт завдяки профілактичним заходам.

Система технічного обслуговування повинна включати щоденний огляд, періодичні перевірки, планове обслуговування, змащування вузлів тертя, діагностування відповідальних елементів, ремонт або заміну зношених деталей, а також підготовку персоналу, який обслуговує кран.

3.1 Організація регулярного контролю технічного стану

Регулярний контроль технічного стану мостового крана є обов'язковою умовою його безпечної експлуатації. Метою такого контролю є своєчасне виявлення несправностей, які можуть призвести до відмови механізмів або створити небезпеку для працівників виробничого цеху.

Перед початком роботи машиніст крана або відповідальна особа повинні виконати зовнішній огляд обладнання. Під час такого огляду перевіряють стан металоконструкції, ходових коліс, рейкових шляхів, каната, гакової підвіски, блоків, барабана, гальмівних пристроїв та електричних елементів системи керування.

Особливу увагу необхідно приділяти наявності видимих пошкоджень: тріщин, деформацій, ослаблення болтових з'єднань, пошкодження зварних швів, надмірного зношування робочих поверхонь, витікання мастила з редукторів або підшипникових вузлів. Виявлення таких ознак є підставою для зупинки крана та проведення додаткової перевірки.

Під час перевірки механізму підйому контролюють стан сталевих канатів, правильність його укладання на барабані, справність гакової підвіски, роботу блоків поліспасти та надійність кріплення каната. Канат не повинен мати обривів значної кількості дротин, сплюснень, перегинів, корозійних пошкоджень або місцевого зменшення діаметра.

Гальмівні пристрої перевіряють на здатність надійно утримувати вантаж у підвішеному стані. При огляді звертають увагу на стан гальмівних колодок, рівномірність їх прилягання, величину зазору, справність приводу гальма та відсутність сторонніх шумів під час спрацювання.

Механізми пересування візка і моста перевіряють за плавністю руху, відсутністю ривків, пробуксовування, підвищеного шуму або вібрації. Також контролюють стан ходових коліс, рейок, кінцевих вимикачів і буферних пристроїв.

Результати регулярних оглядів доцільно фіксувати в журналі технічного стану крана. У ньому зазначають дату перевірки, перелік виявлених несправностей, виконані роботи та відповідальну особу. Такий порядок дозволяє контролювати динаміку зношування вузлів і планувати ремонтні роботи заздалегідь.

3.2 Планове технічне обслуговування мостового крана

Для забезпечення надійної та безпечної роботи мостового крана на підприємстві повинна функціонувати система планово-попереджувального технічного обслуговування. Основною метою такої системи є попередження відмов обладнання шляхом своєчасного виконання профілактичних робіт та усунення несправностей на ранніх стадіях їх виникнення.

Планово-попереджувальна система обслуговування передбачає виконання комплексу організаційних та технічних заходів, спрямованих на підтримання працездатності крана протягом усього терміну експлуатації. До складу цих заходів входять огляди, технічне обслуговування, поточні ремонти та періодичні технічні огляди.

Щозмінне технічне обслуговування виконується машиністом крана перед початком роботи. Воно включає перевірку стану механізмів підйому та пересування, огляд сталевих канатів, контроль роботи гальмівних пристроїв, перевірку електрообладнання та систем безпеки.

Під час проведення щомісячного технічного обслуговування додатково виконують перевірку кріплень механізмів, стану підшипникових вузлів, натягу електричних кабелів та справності кінцевих вимикачів. У разі необхідності проводять регулювання механізмів та підтягування різьбових з'єднань.

Особлива увага приділяється системі змащування механізмів. Недостатня кількість мастильних матеріалів призводить до прискореного зношування зубчастих передач, підшипників і шарнірних з'єднань. Тому

заміна мастила повинна виконуватись відповідно до регламенту підприємства та рекомендацій виробника обладнання.

Періодично проводять контроль технічного стану металоконструкції моста та вантажного візка. При цьому перевіряють стан зварних швів, відсутність залишкових деформацій, корозійних пошкоджень та тріщин. Особливо ретельно оглядаються зони концентрації напружень у місцях кріплення кінцевих балок, опорних вузлах та ділянках встановлення механізмів.

Поточний ремонт виконується за результатами технічних оглядів та включає заміну окремих деталей, відновлення пошкоджених поверхонь, регулювання механізмів та усунення виявлених дефектів. Проведення профілактичних ремонтів дозволяє значно знизити ймовірність аварійних відмов обладнання.

Таким чином, планово-попереджувальна система технічного обслуговування є одним із головних факторів забезпечення довговічності та безпечної експлуатації мостового крана.

3.3 Діагностування основних вузлів мостового крана

Діагностування мостового крана являє собою комплекс заходів, спрямованих на визначення технічного стану обладнання без його повного розбирання. Своєчасне проведення діагностичних робіт дозволяє виявляти приховані дефекти та прогнозувати залишковий ресурс роботи окремих вузлів.

Одним із найбільш навантажених елементів мостового крана є металоконструкція моста. У процесі експлуатації вона піддається багаторазовим циклам навантаження, що може призводити до виникнення втомних тріщин. Для контролю стану металоконструкції застосовують візуальний огляд, вимірювання прогинів та неруйнівні методи контролю.

Особливу увагу приділяють діагностуванню сталевих канатів. У процесі роботи канат зазнає дії розтягувальних і згинальних навантажень, що

викликає поступове руйнування окремих дротин. Ознаками зношування каната є обриви дротин, зменшення діаметра, корозія, деформації та пошкодження осердя. При досягненні граничних значень зношування канат підлягає заміні.

Контроль стану підшипникових вузлів виконується шляхом аналізу температури нагрівання, рівня шуму та вібрації. Підвищена температура або поява сторонніх шумів свідчать про недостатнє змащування, пошкодження тіл кочення або зношування доріжок кочення.

Для оцінки технічного стану редукторів контролюють рівень мастила, герметичність корпусу, стан зубчастих коліс та величину люфтів у передачах. Додатково можуть використовуватись методи вібродіагностики, які дозволяють виявляти дефекти зубчастого зачеплення на ранніх стадіях розвитку.

Гальмівні пристрої підлягають регулярній перевірці на величину гальмівного моменту та швидкість спрацювання. Особливу небезпеку становить нерівномірне зношування гальмівних накладок або ослаблення пружин механізму гальмування.

Електрообладнання крана перевіряють шляхом контролю стану контактів, кабельних ліній, ізоляції, електродвигунів та апаратури керування. Вимірювання опору ізоляції дозволяє своєчасно виявляти пошкодження електричних кіл та запобігати аварійним ситуаціям.

Результати діагностування використовуються для оцінки залишкового ресурсу обладнання та планування ремонтних робіт. Такий підхід дозволяє перейти від усунення наслідків несправностей до їх попередження, що суттєво підвищує ефективність експлуатації мостових кранів.

3.4 Технічне обслуговування канатно-блокової системи

Канатно-блокова система є одним із найбільш навантажених вузлів мостового крана. Під час експлуатації сталевий канат постійно піддається розтягу, згину на блоках і барабані, а також динамічним навантаженням, що

виникають у процесі пуску та гальмування механізму підйому. У результаті цього відбувається поступове зношування дротин каната та зменшення його несучої здатності.

Технічне обслуговування канатів включає регулярний зовнішній огляд, очищення від забруднень, перевірку наявності мастила та контроль технічного стану окремих дротин. Особливу увагу приділяють ділянкам каната, які працюють на барабані та блоках, оскільки саме в цих місцях виникають найбільші напруження.

Під час огляду контролюють кількість обірваних дротин на певній довжині каната, наявність місцевих деформацій, ознак корозії, сплюснення або розкручування окремих пасом. Канат підлягає заміні при досягненні граничних значень зношування, встановлених нормативними документами.

Важливою умовою довговічності каната є його своєчасне змащування. Мастильні матеріали зменшують тертя між окремими дротинами та захищають метал від корозії. Для змащування використовують спеціальні канатні мастила, які забезпечують проникнення вглиб каната та зберігають свої властивості в умовах змінних навантажень.

Під час обслуговування блоків перевіряють стан канавок, величину зношування робочої поверхні, наявність тріщин та справність підшипників. Надмірне зношування канавок може призводити до нерівномірного розподілу навантаження та прискореного руйнування каната.

Барабан механізму підйому також підлягає регулярному контролю. Перевіряється правильність укладання каната в канавках, стан поверхні барабана, надійність кріплення кінця каната та відсутність механічних пошкоджень. Порушення правильності намотування каната може стати причиною його передчасного виходу з ладу.

Таким чином, своєчасне технічне обслуговування канатно-блокової системи дозволяє значно підвищити безпеку експлуатації мостового крана та збільшити ресурс роботи його основних елементів.

3.5 Змащування механізмів мостового крана

Для забезпечення довговічності вузлів тертя та зниження інтенсивності зношування всі механізми мостового крана повинні своєчасно забезпечуватися мастильними матеріалами. Правильно організована система змащування дозволяє зменшити втрати на тертя, підвищити коефіцієнт корисної дії механізмів і збільшити термін їх служби.

Під час експлуатації мостового крана змащуванню підлягають:

- сталеві канати механізму підйому;
- підшипники блоків поліспада;
- підшипникові вузли барабана;
- редуктори механізму підйому та пересування;
- ходові колеса;
- зубчасті муфти;
- шарнірні з'єднання гакової підвіски;
- гальмівні механізми.

Для редукторів механізму підйому та пересування рекомендується застосовувати індустріальне масло І-40А або його сучасні аналоги. Рівень мастила повинен регулярно контролюватися через оглядові отвори або покажчики рівня.

Змащування підшипників кочення здійснюється пластичними мастилами типу Літол-24 або його аналогами. Періодичність заміни мастила визначається умовами експлуатації та режимом роботи обладнання.

Сталеві канати підлягають регулярному очищенню та покриттю спеціальними канатними мастилами. Мастило повинно проникати між пасмами каната та забезпечувати захист від корозії і внутрішнього тертя дротин.

Під час проведення технічного обслуговування необхідно контролювати стан мастильних матеріалів. Забруднене або таке, що втратило свої властивості мастило, підлягає повній заміні.

Таблиця 3.1 – Рекомендовані мастильні матеріали

Вузол	Мастильний матеріал	Періодичність
Редуктор механізму підйому	I-40A	1 раз на 6 місяців
Редуктор пересування	I-40A	1 раз на 6 місяців
Підшипники блоків	Літол-24	1 раз на 3 місяці
Підшипники коліс	Літол-24	1 раз на 3 місяці
Сталевий канат	Канатне мастило	1 раз на місяць
Гакова підвіска	Літол-24	1 раз на 3 місяці

3.6 Обслуговування редукторів і підшипникових вузлів

Редуктори та підшипникові вузли забезпечують передачу крутного моменту між елементами приводу і значною мірою визначають надійність роботи механізмів крана. У процесі експлуатації ці вузли працюють під дією змінних навантажень, тому потребують систематичного контролю та обслуговування.

Під час огляду редуктора перевіряють герметичність корпусу, рівень мастила, стан ущільнень та відсутність механічних пошкоджень. Особливу увагу приділяють появі сторонніх шумів або підвищеної вібрації, які можуть свідчити про зношування зубчастих коліс чи підшипників.

Заміна мастила виконується відповідно до встановленого регламенту. Перед заливанням нового мастила внутрішні поверхні редуктора очищають від продуктів зношування та залишків старого мастильного матеріалу. Використання мастил, рекомендованих виробником, дозволяє забезпечити необхідні умови роботи зубчастих передач.

Підшипникові вузли перевіряють за температурою нагрівання, плавністю обертання та рівнем шуму. Підвищення температури підшипника може бути наслідком недостатнього змащування, забруднення мастила або пошкодження тіл кочення.

При проведенні ремонту підшипники очищають, промивають та піддають ретельному огляду. За наявності тріщин, викришування доріжок кочення або значного зношування підшипники підлягають заміні.

Регулярне обслуговування редукторів і підшипникових вузлів дозволяє зменшити втрати потужності, підвищити коефіцієнт корисної дії механізмів та запобігти аварійним відмовам обладнання.

Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ МОСТОВОГО КРАНА

Безпечна експлуатація вантажопідіймального обладнання є одним із найважливіших завдань на підприємствах будівельної індустрії. Під час роботи мостових кранів працівники можуть піддаватися впливу різних небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що виникають у процесі піднімання, переміщення та складування вантажів.

Експлуатація мостового крана повинна здійснюватися відповідно до вимог чинних нормативних документів, правил охорони праці та інструкцій з експлуатації обладнання. Виконання встановлених вимог дозволяє знизити ризик виробничого травматизму, забезпечити безпечні умови праці та підтримувати працездатність обладнання протягом усього терміну служби.

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Під час експлуатації мостового крана в цеху виробництва будівельних виробів на працівників можуть впливати різноманітні небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Їх своєчасне виявлення та усунення є необхідною умовою забезпечення безпечної роботи персоналу.

Одним із найбільш небезпечних факторів є можливість падіння вантажу внаслідок неправильного стропування, перевищення допустимої вантажопідйомності, обриву каната або несправності вантажозахоплювальних пристроїв. Такі ситуації можуть призвести до тяжких травм працівників та пошкодження виробничого обладнання.

Небезпеку також становлять рухомі елементи механізмів крана. До них належать ходові колеса, зубчасті передачі, муфти, барабани, канати та блоки поліспасти. При недотриманні вимог безпеки можливе потрапляння частин одягу або окремих частин тіла в зону дії рухомих елементів.

Під час роботи електроприводів виникає небезпека ураження електричним струмом. Причинами можуть бути пошкодження ізоляції, порушення цілісності кабелів, несправність електрообладнання або відсутність належного заземлення металоконструкцій.

До шкідливих виробничих факторів належить підвищений рівень шуму, який виникає під час роботи електродвигунів, редукторів та механізмів пересування. Тривалий вплив шуму негативно впливає на працездатність працівників та може призводити до професійних захворювань.

Під час переміщення будівельних виробів можливе утворення пилу, особливо при транспортуванні бетонних елементів та сипких матеріалів. Пил погіршує умови праці та негативно впливає на органи дихання працівників.

Небезпечним фактором є також недостатня освітленість робочої зони. Погане освітлення ускладнює контроль за положенням вантажу, підвищує ймовірність помилок машиніста та створює додаткову небезпеку для персоналу.

Для зменшення впливу зазначених факторів необхідно забезпечити справний технічний стан крана, застосовувати справні вантажозахоплювальні пристрої, проводити регулярні технічні огляди обладнання та суворо дотримуватися вимог інструкцій з охорони праці.

Нормативні документи:

ДСТУ ISO 45001:2019 «Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування».

Закон України «Про охорону праці».

4.2 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів

Безпечна експлуатація мостового крана забезпечується виконанням комплексу організаційних та технічних заходів, спрямованих на попередження аварійних ситуацій, виробничого травматизму та пошкодження обладнання. Усі роботи, пов'язані з керуванням і обслуговуванням крана, повинні виконуватися підготовленим персоналом, який пройшов навчання, перевірку знань та медичний огляд.

До керування мостовим краном допускаються лише працівники, які мають відповідне посвідчення машиніста крана та пройшли інструктаж з

охорони праці. Перед початком роботи машиніст повинен ознайомитися із записами в журналі технічного стану обладнання та переконатися у справності всіх механізмів.

Перед введенням крана в роботу необхідно виконати зовнішній огляд металоконструкції моста, вантажного візка, канатно-блокової системи, гакової підвіски, гальмівних пристроїв, електрообладнання та засобів безпеки. Особливу увагу слід приділяти справності кінцевих вимикачів, обмежувача вантажопідйомності та пристроїв аварійного відключення живлення.

Перед підніманням вантажу необхідно перевірити правильність його стропування. Вантажозахоплювальні пристрої повинні відповідати масі та характеру вантажу, а стропи не повинні мати пошкоджень або ознак надмірного зношування. Піднімання вантажів невідомої маси або таких, що перевищують номінальну вантажопідйомність крана, категорично забороняється.

Під час виконання вантажопідіймальних робіт машиніст повинен забезпечувати плавний пуск і гальмування механізмів. Різкі ривки під час піднімання або переміщення вантажу призводять до виникнення додаткових динамічних навантажень, які негативно впливають на технічний стан металоконструкції та механізмів крана.

Переміщення вантажу над робочими місцями, проходами та зонами перебування людей не допускається. Перед початком руху крана або вантажного візка необхідно подати попереджувальний звуковий сигнал. Особи, які перебувають у зоні виконання робіт, повинні бути своєчасно попереджені про початок переміщення вантажу.

Під час роботи забороняється: перевищувати встановлену вантажопідйомність крана; піднімати вантаж, що знаходиться у защемленому або примерзломому стані; виконувати косе натягування каната; залишати підвішений вантаж без нагляду; перебувати людям під піднятим

вантажем; виконувати ремонт або регулювання механізмів під час їх роботи; використовувати несправні стропи або вантажозахоплювальні пристрої.

Після завершення роботи вантажний гак необхідно підняти у верхнє положення, вантажний візок встановити у визначене місце стоянки, а електроживлення крана відключити від мережі. Результати роботи та виявлені несправності повинні бути занесені до журналу експлуатації обладнання.

Дотримання зазначених вимог забезпечує безпечну роботу персоналу, підвищує надійність експлуатації мостового крана та сприяє збільшенню ресурсу його основних вузлів і механізмів.

4.3 Електробезпека при експлуатації мостового крана

Мостовий кран належить до електрифікованого вантажопідіймального обладнання, робота якого пов'язана з використанням електричної енергії для живлення електродвигунів, апаратури керування, освітлення та допоміжних систем. Тому забезпечення електробезпеки є одним із найважливіших напрямків охорони праці під час експлуатації крана.

Основною небезпекою є можливість ураження працівників електричним струмом у разі пошкодження ізоляції струмопровідних частин, порушення цілісності кабельних ліній, несправності електрообладнання або появи напруги на металоконструкціях крана.

Для запобігання ураженню електричним струмом усі металеві неструмопровідні частини крана, які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, повинні бути надійно заземлені. До таких елементів належать міст крана, вантажний візок, корпуси електродвигунів, редукторів, шаф керування та інше електрообладнання.

Ефективність заземлення повинна періодично контролюватися шляхом вимірювання опору заземлювального пристрою. Значення опору має відповідати вимогам чинних нормативних документів і забезпечувати

швидко спрацювання захисної апаратури у випадку аварійного режиму роботи.

Особливу увагу необхідно приділяти стану ізоляції електричних кіл. Під час технічного обслуговування проводиться перевірка кабелів живлення, гнучких підвісок, контактних з'єднань та електроапаратури. Кабелі не повинні мати механічних пошкоджень, тріщин ізоляції або слідів перегріву.

Для захисту електрообладнання від перевантажень і коротких замикань застосовуються автоматичні вимикачі, плавкі запобіжники та теплові реле. Ці пристрої забезпечують автоматичне відключення живлення при виникненні аварійних режимів роботи та запобігають пошкодженню електродвигунів і електричних мереж.

Електродвигуни механізму підйому та механізмів пересування повинні експлуатуватися в межах номінальних режимів роботи. Перевищення допустимого навантаження призводить до перегріву обмоток, прискореного старіння ізоляції та зменшення ресурсу електричних машин.

Періодично необхідно виконувати вимірювання опору ізоляції електричних кіл. Для цього використовують мегомметри відповідного класу точності. Зниження опору ізоляції нижче допустимого рівня свідчить про необхідність проведення ремонту або заміни пошкоджених елементів електрообладнання.

Під час проведення ремонтних або налагоджувальних робіт електрообладнання повинно бути повністю відключене від мережі. На приводах комутаційних апаратів необхідно встановлювати попереджувальні плакати із заборорою подачі напруги. Виконання робіт під напругою допускається лише у виняткових випадках спеціально підготовленим персоналом із застосуванням необхідних засобів індивідуального захисту.

До основних засобів захисту від ураження електричним струмом належать: діелектричні рукавички; діелектричне взуття; ізолювальні підставки; покажчики напруги; інструмент з ізольованими рукоятками; переносні заземлення.

У разі виявлення несправності електрообладнання, появи запаху горілої ізоляції, іскріння контактів або підвищеного нагрівання електродвигунів експлуатація крана повинна бути негайно припинена до повного усунення несправності.

4.4 Пожежна безпека виробничого приміщення

Пожежна безпека є важливою складовою системи охорони праці на підприємствах, де експлуатуються мостові крани. Виробничі приміщення з вантажопідіймальним обладнанням містять значну кількість електротехнічних пристроїв, кабельних ліній, мастильних матеріалів та механічного обладнання, що за певних умов можуть стати джерелом виникнення пожежі.

Основними причинами виникнення пожеж під час експлуатації мостових кранів можуть бути: короткі замикання в електричних колах; перевантаження електродвигунів та електропроводки; пошкодження ізоляції кабелів; іскріння контактних з'єднань; перегрівання підшипникових вузлів; порушення правил проведення зварювальних та ремонтних робіт; неправильне зберігання мастильних матеріалів і легкозаймистих речовин.

Для запобігання виникненню пожеж необхідно забезпечувати постійний контроль технічного стану електрообладнання, своєчасно виконувати профілактичні огляди та ремонти, а також дотримуватись установлених правил експлуатації електроустановок.

У виробничому приміщенні повинні підтримуватися належні умови пожежної безпеки. Проходи до евакуаційних виходів, електрощитів та засобів пожежогасіння повинні залишатися вільними. Не допускається захащення робочих зон матеріалами, обладнанням або готовою продукцією.

Особливу увагу необхідно приділяти місцям розміщення мастильних матеріалів. Масла, пластичні мастила та інші горючі речовини повинні

зберігатися у спеціально відведених місцях у закритій тарі, що виключає можливість їх займання або розливу.

Для оперативної ліквідації загорянь виробничі приміщення обладнуються первинними засобами пожежогасіння. До них належать: порошкові вогнегасники; вуглекислотні вогнегасники; пожежні крани; пожежні щити з необхідним інвентарем; системи пожежної сигналізації.

Для гасіння електрообладнання, яке перебуває під напругою, дозволяється використовувати лише вуглекислотні або порошкові вогнегасники. Використання води або пінних вогнегасників у таких випадках забороняється через небезпеку ураження електричним струмом.

Працівники підприємства повинні проходити первинний та періодичний інструктаж з питань пожежної безпеки. Кожен працівник зобов'язаний знати місця розташування засобів пожежогасіння, порядок їх використання та шляхи евакуації з виробничого приміщення.

У разі виникнення пожежі необхідно: негайно повідомити пожежно-рятувальну службу; відключити електроживлення обладнання; організувати евакуацію людей із небезпечної зони; за можливості приступити до гасіння пожежі первинними засобами пожежогасіння; забезпечити безперешкодний доступ пожежних підрозділів до місця загоряння.

Виконання вимог пожежної безпеки дозволяє мінімізувати ризик виникнення пожеж, забезпечити захист персоналу та зберегти виробниче обладнання від пошкодження.

4.5 Дії персоналу в аварійних ситуаціях

Під час експлуатації мостового крана можуть виникати аварійні ситуації, пов'язані з відмовою механізмів, пошкодженням електрообладнання, обривом каната, відмовою гальмівної системи або іншими небезпечними подіями. Для мінімізації можливих наслідків персонал повинен чітко знати порядок дій у кожній конкретній ситуації.

У разі появи стороннього шуму, різкого підвищення вібрації, запаху горілої ізоляції або інших ознак несправності машиніст зобов'язаний негайно припинити роботу механізмів та повідомити відповідальну особу про виявлені відхилення.

При виявленні пошкодження сталевго каната, деформації гакової підвіски або несправності гальмівного пристрою подальша експлуатація крана забороняється до повного усунення несправності та проведення контрольної перевірки обладнання.

У випадку раптового зникнення електроживлення необхідно перевести органи керування у нейтральне положення та вжити заходів щодо запобігання самовільному руху механізмів після відновлення подачі напруги.

Якщо під час роботи виникла пожежа, персонал повинен діяти відповідно до плану ліквідації аварійної ситуації та вимог пожежної безпеки. Першочерговими заходами є відключення електроживлення, повідомлення пожежної охорони та організація евакуації працівників.

У разі травмування працівника необхідно негайно припинити роботу обладнання, надати потерпілому першу домедичну допомогу та викликати медичних працівників. До прибуття відповідних служб необхідно забезпечити безпеку місця події та не допускати сторонніх осіб у небезпечну зону.

Після усунення причин аварійної ситуації кран може бути введений в експлуатацію лише після проведення технічного огляду та підтвердження його справного стану відповідальними спеціалістами.

Таким чином, своєчасні та правильні дії персоналу під час аварійних ситуацій дозволяють зменшити ризик травмування людей, запобігти пошкодженню обладнання та мінімізувати матеріальні збитки підприємства.

4.6 Розрахунок захисного заземлення мостового крана

Мостовий кран є електрифікованим обладнанням, тому його металоконструкція, корпуси електродвигунів, шафи керування та інші металеві частини, які можуть опинитися під напругою у разі пошкодження ізоляції, повинні бути надійно заземлені.

Метою розрахунку є визначення кількості вертикальних заземлювачів, необхідних для забезпечення допустимого опору заземлювального пристрою.

Допустимий опір захисного заземлення приймаємо:

$$R_{\text{доп}} = 4 \text{ Ом.}$$

Для заземлювального пристрою приймаємо вертикальні сталеві електроди довжиною $l = 3 \text{ м}$, діаметром $d = 0,05 \text{ м}$.

Питомий опір ґрунту приймаємо:

$$\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

Опір одного вертикального заземлювача визначається за формулою

$$R_1 = \rho / (2 \cdot \pi \cdot l) \cdot \ln(2 \cdot l / d), \text{ Ом, (4.1)}$$

де R_1 – опір одного вертикального електрода, Ом;

ρ – питомий опір ґрунту, Ом·м;

l – довжина електрода, м;

d – діаметр електрода, м.

Підставляємо числові значення:

$$\begin{aligned} R_1 &= 100 / (2 \cdot 3,14 \cdot 3) \cdot \ln(2 \cdot 3 / 0,05) = \\ &= 100 / 18,84 \cdot \ln 120 = \\ &= 5,31 \cdot 4,79 = 25,4 \text{ Ом.} \end{aligned}$$

Необхідна кількість вертикальних заземлювачів визначається за формулою

$$n = R_1 / (R_{\text{доп}} \cdot \eta), \text{ (4.2)}$$

де n – кількість вертикальних електродів;

R_1 – опір одного заземлювача, Ом;

$R_{\text{доп}}$ – допустимий опір заземлення, Ом;

η – коефіцієнт використання заземлювачів.

Приймаємо коефіцієнт використання:

$$\eta = 0,75.$$

Тоді

$$n = 25,4 / (4 \cdot 0,75) = 25,4 / 3 = 8,47.$$

Приймаємо кількість вертикальних заземлювачів:

$$n = 9 \text{ шт.}$$

Фактичний опір заземлювального пристрою визначається за формулою

$$R_{\phi} = R_1 / (n \cdot \eta), \text{ Ом. (4.3)}$$

Тоді

$$R_{\phi} = 25,4 / (9 \cdot 0,75) = 25,4 / 6,75 = 3,76 \text{ Ом.}$$

Перевіряємо умову:

$$R_{\phi} \leq R_{\text{доп.}}$$

$$3,76 \text{ Ом} \leq 4 \text{ Ом.}$$

Умова виконується.

Остаточно приймаємо заземлювальний пристрій із 9 вертикальних сталевих електродів довжиною 3 м та діаметром 50 мм.

4.7 Розрахунок освітлення робочого приміщення

Якісне освітлення виробничого приміщення є важливою умовою безпечної експлуатації мостового крана. Недостатня освітленість ускладнює контроль положення вантажу, підвищує втому працівників і може стати причиною виробничих травм.

Розрахунок кількості світильників виконуємо методом світлового потоку.

Приймаємо розміри виробничого приміщення:

$$\text{довжина } A = 48 \text{ м;}$$

$$\text{ширина } B = 18 \text{ м;}$$

площа приміщення:

$$S = A \cdot B, \text{ м}^2. \text{ (4.4)}$$

Тоді

$$S = 48 \cdot 18 = 864 \text{ м}^2.$$

Нормована освітленість для виробничого приміщення приймається:

$$E_n = 200 \text{ лк.}$$

Коефіцієнт запасу приймаємо:

$$k_z = 1,5.$$

Коефіцієнт використання світлового потоку:

$$\eta = 0,6.$$

Світловий потік одного світильника приймаємо:

$$\Phi_{\text{л}} = 12000 \text{ лм.}$$

Необхідна кількість світильників визначається за формулою

$$N = E_n \cdot S \cdot k_z / (\Phi_{\text{л}} \cdot \eta), \quad (4.5)$$

де N – кількість світильників;

E_n – нормована освітленість, лк;

S – площа приміщення, м^2 ;

k_z – коефіцієнт запасу;

$\Phi_{\text{л}}$ – світловий потік одного світильника, лм;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Підставляємо числові значення:

$$\begin{aligned} N &= 200 \cdot 864 \cdot 1,5 / (12000 \cdot 0,6) = \\ &= 259200 / 7200 = 36. \end{aligned}$$

Отже, для забезпечення необхідного рівня освітленості необхідно встановити:

$$N = 36 \text{ світильників.}$$

Перевіримо фактичну освітленість приміщення:

$$E_f = N \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot \eta / (S \cdot k_z), \text{ лк.} \quad (4.6)$$

Тоді

$$\begin{aligned} E_f &= 36 \cdot 12000 \cdot 0,6 / (864 \cdot 1,5) = \\ &= 259200 / 1296 = 200 \text{ лк.} \end{aligned}$$

Отримане значення відповідає нормованому:

$$E_f = 200 \text{ лк.}$$

Для освітлення виробничого приміщення площею 864 м² приймаємо 36 світильників зі світловим потоком 12000 лм кожний. Прийнята система освітлення забезпечує нормовану освітленість 200 лк і створює безпечні умови для роботи персоналу та експлуатації мостового крана.

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі було розглянуто конструкцію мостових кранів та виконано розрахунок основних вузлів мостового крана для умов виробництва будівельних виробів.

Під час виконання роботи було проведено аналіз існуючих конструкцій мостових кранів, їх призначення та особливостей експлуатації. На основі проведеного аналізу для подальших розрахунків було прийнято двобалочний мостовий кран опорного типу вантажопідйомністю 8 т і прольотом 16,5 м.

У розрахунковій частині виконано вибір та розрахунок основних елементів механізму підйому. Було визначено параметри поліспасти, підібрано сталевий канат, вантажний гак, блоки та барабан механізму підйому. Також виконано підбір електродвигуна, редуктора, гальма та муфти. Отримані результати показали, що вибрані елементи забезпечують надійну роботу механізму підйому при заданих умовах експлуатації.

Крім того, виконано розрахунок механізму пересування вантажного візка та перевірку ходових коліс. Результати розрахунків підтвердили працездатність прийнятих конструктивних рішень та відповідність їх вимогам міцності і надійності.

У роботі також розглянуто питання технічного обслуговування мостового крана. Наведено основні вимоги щодо контролю технічного стану обладнання, організації ремонтів, змащування механізмів та забезпечення надійної роботи крана в процесі експлуатації.

Окрему увагу приділено питанням охорони праці. Проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, розглянуто вимоги електробезпеки та пожежної безпеки під час експлуатації мостового крана. Також виконано розрахунок захисного заземлення та освітлення виробничого приміщення.

Отримані в роботі результати показують, що прийняті технічні рішення забезпечують безпечну та ефективну роботу мостового крана в умовах виробництва будівельних виробів. Поставлені в роботі завдання виконані, а мета дослідження досягнута в повному обсязі.

Список використаних джерел

1. Ракша С.В., Мелашич В.В., Колісник М.П. Розрахунки механізмів кранів мостового типу: навч. посібник. – Дніпропетровськ: Пороги, 2006. – 148 с.
2. Григоров О.В., Петренко О.В. Вантажопідйомні машини: навч. посібник. – Харків: НТУ «ХП», 2006. – 299 с.
3. Колісник М.П., Шевченко Д.Ф., Мелашич В.В. Основи розробки, виробництва, монтажу, випробувань та обстежень підйомно-транспортних машин: навч. посібник. – Дніпропетровськ: Пороги, 2007. – 193 с.
4. Піпа Б.Ф., Хом'як О.М., Чабан В.В. Підйомно-транспортні пристрої: навч. посібник. – Київ: КНУТД, 2006. – 143 с.
5. Баладінський В.Л., Гаркавенко О.М., Вольтерс О.Ю. та ін. Пристрої та механізми вантажопідйомних машин: навч. посібник. – Київ: КНУБА, 2005. – 131 с.
6. Ракша С.В. Довідник до розрахунків механізмів вантажопідйомних кранів. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2005. – 130 с.
7. Добронравов С.С., Дронов В.Г. Строительные машины и основы автоматизации. – Москва: Высшая школа, 2003. – 575 с.
8. Огурцов А.П., Сарандачов В.І., Солод В.Ю. Діагностика, динаміка, надійність підйомно-транспортних машин. – Дніпропетровськ: Системні технології, 2002. – 367 с.
9. Міренський І.Г., Бабічева О.Ф. Оцінка надійності технічних систем на стадії проектування: навч. посібник. – Харків: ХДАМГ, 2003. – 106 с.
10. Тіщенко Л.М. Проектування вантажопідйомних машин та навантажувачів. – Харків: Будівництво, 2003. – 407 с.
11. Чумак М.Г. Матеріали та технологія машинобудування. – Київ: Лебідь, 2000. – 368 с.
12. Павлище В.М. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. – Київ: Вища школа, 1993. – 556 с.

13. Ковальський Б.С. Деталі машин: підручник. – Київ: Кондор, 2004. – 408 с.
14. Черпак Б.І. Підйомно-транспортні машини. – Київ: Вища школа, 2001. – 560 с.
15. Артоболевський І.І. Теорія механізмів і машин. – Київ: Техніка, 2004. – 640 с.
16. Джонсон К. Механіка контактної взаємодії. – Київ: Наукова думка, 2008. – 624 с.
17. Ковальчук П.М. Основи експлуатації та ремонту машин. – Львів: Новий Світ-2000, 2007. – 352 с.
18. Кузьо І.В. Надійність машин та обладнання: навч. посібник. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – 286 с.
19. Сахно В.П. Технічна експлуатація машин та обладнання. – Київ: Ліра-К, 2012. – 320 с.
20. Григоров О.В., Аніщенко Г.О. Розрахунок і конструювання вантажопідйомних машин. – Харків: НТУ «ХПІ», 2010. – 412 с.
21. ДСТУ EN 13001-1:2018. Крани. Загальний розрахунок. Частина 1. Загальні принципи та вимоги.
22. ДСТУ EN 13001-2:2018. Крани. Загальний розрахунок. Частина 2. Навантаження.
23. ДСТУ EN 13001-3-1:2018. Крани. Загальний розрахунок. Частина 3-1. Граничні стани та перевірка міцності сталевих конструкцій.
24. ДСТУ EN 13135:2017. Крани. Обладнання. Вимоги до конструкції.
25. ДСТУ EN 15011:2017. Крани мостові та козлові. Загальні вимоги.
26. НПАОП 0.00-1.80-18. Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання.
27. ДСТУ EN 60204-32:2015. Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 32. Вимоги до підіймальних машин.

28. ДСТУ EN 12385-4:2018. Канати сталеві. Безпечність. Частина 4. Канати для вантажопідіймальних машин.
29. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення.
30. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва.