

Пояснювальна записка до дипломного проєкту

на тему: **Мостовий магнітно-грейферний кран вантажопідйомністю 10+10 т
для шихтового двору сталеплавильного цеху**

Київ – 2021 р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ**

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

_____ Олександр ЛУГОВСЬКИЙ

«___» _____ 2021 р.

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Автоматизовані та роботизовані
механічні системи»
спеціальності 131 Прикладна механіка**

**на тему: Мостовий магнітно-грейферний кран вантажопідйомністю 10+10 т
для шихтового двору сталеплавильного цеху**

Виконав: студент 4 курсу, групи ММ-71

_____ Войновський Дмитро Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник доцент, к.т.н., доцент Неженцев О.Б.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2021 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 Прикладна механіка

Освітньо-професійна програма «Автоматизовані та роботизовані механічні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

Олександр ЛУГОВСЬКИЙ

(підпис)

«___» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту

Войновському Дмитру Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Мостовий магнітно-грейферний кран вантажопідйомністю 10+10 т для шихтового двору сталеплавильного цеху

Керівник проєкту Нсженцев О.Б., к.т.н., доцент,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по університету від «___» _____ 2021 року № _____

2. Термін подання студентом проєкту 31 травня 2021

3. Вихідні дані до проєкту: вантажопідйомність – 10+10 т; проліт – 32 м; група класифікації крана – А6; швидкість підйому вантажу – 0,671 м/с; швидкість пересування візку – 0,5 м/с; висота підйому – 6,6 м; швидкість пересування крана – 1,16 м/с.

4. Зміст пояснювальної записки: Вступ. Призначення та опис конструкції проєктованого крана. Розрахунки механізмів: механізму підйому грейфера; механізму пересування візку; розрахунок механізму пересування крана; інноваційна частина; охорона праці. Висновки. Список літератури. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Кран мостовий магнітно-грейферний вантажопідйомністю 10+10 - А1. 2. Візок магнітний в/п 10 т - А1. 3. Механізм підйому в/п 10 т – А1. 4. Візок грейферний в/п 10 т - А1. 5. Грейфер механічний – А1. 6. Механізм пересування крана – А1. 7. Інноваційна частина - 1 х А1.

6. Консультанти розділів проекту

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання 12.02.2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів виконання дипломного проекту | Термін виконання етапів проекту | Примітка |
|-------|--|---------------------------------|----------|
| | 1. Виконання розрахунково-пояснювальної записки: | | |
| | 1.1 Розрахунково-конструкторська частина | 15.02.21 – 21.03.21 | |
| | 1.2 Інноваційна частина проекту | 22.03.21 – 18.04.21 | |
| | 1.3 Розділ з охорони праці | 19.04.21 – 02.05.21 | |
| | 1.4 Розділ з технології обробки деталі | 03.05.21 – 23.05.21 | |
| | 2. Виконання графічної частини проекту | 22.02.21 – 01.06.21 | |
| | 3. Оформлення розрахунково-пояснювальної записки | 24.05.21 – 31.05.21 | |
| | 4. Захист дипломного проекту | 15.06.21 | |
| | | | |

Студент

(підпис)

Дмитро Войновський
(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проекту

(підпис)

Олексій Неженцев
(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

| з/п | Формат | Позначення | | Найменування | Кільк. листів | Примітка |
|----------|------------------|--|-------|--|--|----------|
| 1 | A4 | | | Завдання на дипломний проєкт | 2 | |
| 2 | A4 | ПГМ.ПД.21.00.00.000.ПЗ | | Пояснювальна записка | 96 | |
| 3 | A1 | ПГМ.ПД.21.00.00.00.000.СК | | Кран мостовий магнітно-грейферний | 1 | |
| 4 | A1 | ПГМ.ПД.21.10.00.00.000 СК | | Візок магнітний, | 1 | |
| 5 | A1 | ПГМ.ПД.21.01.01.00.000 СК | | Механізм підймання вантажу | 1 | |
| 6 | A1 | ПГМ.ПД.21.13.00.00.000 СК | | Візок грейферний | 1 | |
| 7 | A1 | ПГМ.ПД.21.13.06.00.000 СК | | Грейфер механічний | 1 | |
| 8 | A1 | ПГМ.ПД.21.17.02.00.000 СК | | Механізм пересування крана | 1 | |
| 9 | A1 | ПГМ.ПД.21.00.00.00.000.СК | | Удосконалення підтримки температурного режиму в шафах з електрообладнанням мостового крана | 1 | |
| 10 | A1 | ПГМ.ПД.21.01.01.00.006 ПГМ.ПД.21.01.25.00.001 ПГМ.ПД.21.01.01.00.011 ПГМ.ПД.21.01.01.25.012 | | Деталювання: Барабан Зубчасте колесо Вал-ступінчастий Фланець | 1 | |
| | | | | ПГМ.ПД.21.00.00.00.000 | | |
| | | ПІБ | Підп. | | | |
| Розробн. | Войновський Д.В. | | | Відомість дипломного проєкту | Лист | Листів |
| Керівн. | Неженцев О.Б. | | | | 1 | 1 |
| Конс. | | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського каф. ПГМ, гр. ММ-71 | |
| Н/контр. | Гришко І.А. | | | | | |
| Зав.каф. | Луговський О.Ф. | | | | | |

АНОТАЦІЯ

Войновський Д.В. Мостовий магнітно-грейферний кран вантажопідйомністю 10+10 т для шихтового двору сталеплавильного цеху / Дипломний проект. – К.: КПІ ім. І.Сікорського, 2021.

Пояснювальна записка: 99 стор., 35 рисунків, 1 додаток, 6 табл., 27 джерел.

Об'єкт проектування - мостовий магнітно-грейферний кран вантажопідйомністю 10+10 т для шихтового двору сталеплавильного цеху.

Мета роботи – спроектувати основні механізми та удосконалити мостовий магнітно-грейферний кран вантажопідйомністю 10+10 т,

У бакалаврському дипломному проекті наведені розрахунки механізмів підйому грейфера, пересування візка, пересування крана. Розроблено розділ з охорони праці. В інноваційному розділу проекту виконано удосконалення системи охолодження електрообладнання крана з метою підтримки температурного режиму в шафах з електрообладнанням.

КРАН, ВІЗОК МАГНІТНИЙ, ВІЗОК ГРЕЙФЕРНИЙ, МЕХАНІЗМ ПІДЙОМУ, МЕХАНІЗМ ПЕРЕСУВАННЯ, КАНАТ, БАРАБАН, ПРИСТРОЇ ГАЛЬМУВАННЯ, СИСТЕМА ОХОЛОДЖЕННЯ

ABSTRACT

Voinovskyi D.V. Bridge magnetic grab crane with a capacity of 10 + 10 tons for the charge yard of the steel shop/ Degree project.- K.: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2021

Explanatory note: 99 p., 35 Drawings, 6 tables, 1 appendix, 27 sources.

The object of design is a bridge magnetic-grab crane with a capacity of 10 + 10 tons for the charge yard of the steel shop.

The purpose of the work is to design and improve the bridge magnetic-grab crane with a load capacity of 10 + 10 tons, performing all the necessary verification calculations of the crane mechanisms.

In the bachelor's diploma project calculations of mechanisms of lifting of a grapple, movement of the cart, movement of the crane are resulted. The section on labor protection, and also the section on improvement of system of cooling of the electric equipment of the crane for the purpose of maintenance of a temperature mode in technical cabinet with the electric equipment are developed.

CRANE, LIFTING TROLLEY WITH ELECTROMAGNET, LIFTING TROLLEY WITH GRAB, LIFTING MECHANISM, CRANE MOVEMENT MECHANISM, ROPE, DRUM, BRAKES, COOLING SYSTEM

ЗМІСТ

| | |
|--|--|
| ВСТУП..... | 9 |
| 1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ПРОЕКТОВАНОГО КРАНА | 11 |
| 2 РОЗРАХУНКИ МЕХАНІЗМІВ ПРОЕКТОВАНОГО КРАНА | 16 |
| 2.1 РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПІДЙОМУ ГРЕЙФЕРА | 16 |
| 2.2 РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ ГРЕЙФЕРНОГО ВІЗКА... | 269 |
| 2.3 ВИБІР ЕЛЕКТРОМАГНІТУ | 32 |
| 2.4 РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ КРАНА | 336 |
| 3 ПІДТРИМКИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ В ШАФАХ З ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯМ МОСТОВОГО КРАНА..... | 52 |
| 4 ОХОРОНА ПРАЦІ | 647 |
| ВИСНОВКИ | 747 |
| СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ | Ошибка! Закладка не определена. 9 |
| ДОДАТКИ | 92 |

ВСТУП

Мостові крани широко застосовуються в машинобудуванні, металургійному виробництві, на атомних електростанціях і в інших виробничих галузях. В даний час найбільш поширені двобалкові мостові крани з опорної вантажним візком, гнучким підвісом вантажу, роздільним приводом механізму пересування, дворебордними циліндричними колесами.

Привід механізмів пересування кранів - електричний, переважно від асинхронних двигунів, керованих за допомогою магнітного контролера з системою напівавтоматичного управління, яка визначає час роботи двигуна на кожній механічній характеристиці при пуску двигуна або силового контролера. Гальма механізмів пересування нормально-замкнуті, колодкові або дискові з приводом від електромагніту або гідроштовхача.

Підкранова колія може бути виконана у вигляді: кранових рейок спеціального профілю, залізничних рейок нормальної колії, квадратного бруса (для кранів малої вантажопідйомності). Фабрична довжина рейок зазвичай становить 6-12 метрів, стики рейок як правило, не заварюються.

Мостові крани - важко навантажені машини, їх добове завантаження доходить до 70-80%, вантажопідйомність становить 75-85% від номінальної, фактичний режим роботи кранів часто завищений в порівнянні з нормативним. Незважаючи на те що конструкції мостових кранів удосконалювалися багато років, все ж таки мають місце передчасні відмови кранової системи (кран-підкранова колія).

Крім експлуатаційних і технологічних причин відмов (нерегламентовані обслуговування, порушення правил експлуатації і т. і.) причинами можуть служити конструктивні недосконалості кранових вузлів. До найбільш характерних причин і наслідків передчасних відмов відносяться малий термін служби кранових коліс і підкранових рейок, втомні руйнування кінцевих балок, руйнування тихохідних валів механізмів пересування з навісними редукторами, розхитування і зношування колії рейкового шляху,

сход коліс з рейок, поломки напрямних роликів в кранах з безребордними ходовими колесами.

Перевантажування сипучого матеріалу на різних підприємствах призводить до інтенсивного зношування грейферних механізмів, а це в свою чергу - до зниження продуктивності та надійності перевантажувальної техніки. Наслідком цього є зростання у кілька разів собівартості перевантажувальних робіт.

При перевантаженні сипучих матеріалів основним засобом є грейферні крани, а при застосуванні серійних канатних грейферів - поломки грейферних механізмів відбуваються в середньому через кожні 1 млн.т перевантаженого вантажу. Тому створення раціональної конструкції канатного грейфера та заходи по підвищенню його надійності є актуальними.

Метою роботи є проектування мостового магнітно-грейферного крана вантажопідйомністю 10+10 т для шихтового двору сталеплавильного цеху.

Завдання проекту:

1. Розглянути призначення та опис конструкції проектного крана.
2. Здійснити розрахунки механізмів проектного крана.
3. Описати особливості модернізації механізму.
4. Дослідити специфіку охорони праці на підприємстві.

Об'єктом проектування є мостовий магнітно-грейферний кран вантажопідйомністю 10+10 т.

Предметом удосконалення є електрообладнання крана з метою підтримки температурного режиму в шафах з електрообладнанням крана за рахунок встановлення системи охолодження з застосуванням моноблочного кондиціонера.

Структура пояснювальної записки. Записка складається зі вступу, чотирьох розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел та Додатку.

1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ПРОЕКТОВАНОГО КРАНА

Загальний вигляд крана представлений на рис. 1.1. Вантажопідйомність магніту і грейфера цього крана 10 т кожного. Загальна вантажопідйомність крана 10+10 т. На крані (на відміну від кранів загального призначення) змонтовані два візки, які пересуваються по верхньому поясу моста по одним рейкам. Міст 1 крана складається з двох головних зварних балок коробчастого перетину, кінці яких з'єднані кінцевими балками з ходовими колесами, пружинними буферними пристроями і кінцевими вимикачами пересування моста. Два колеса моста холості і два приводні.

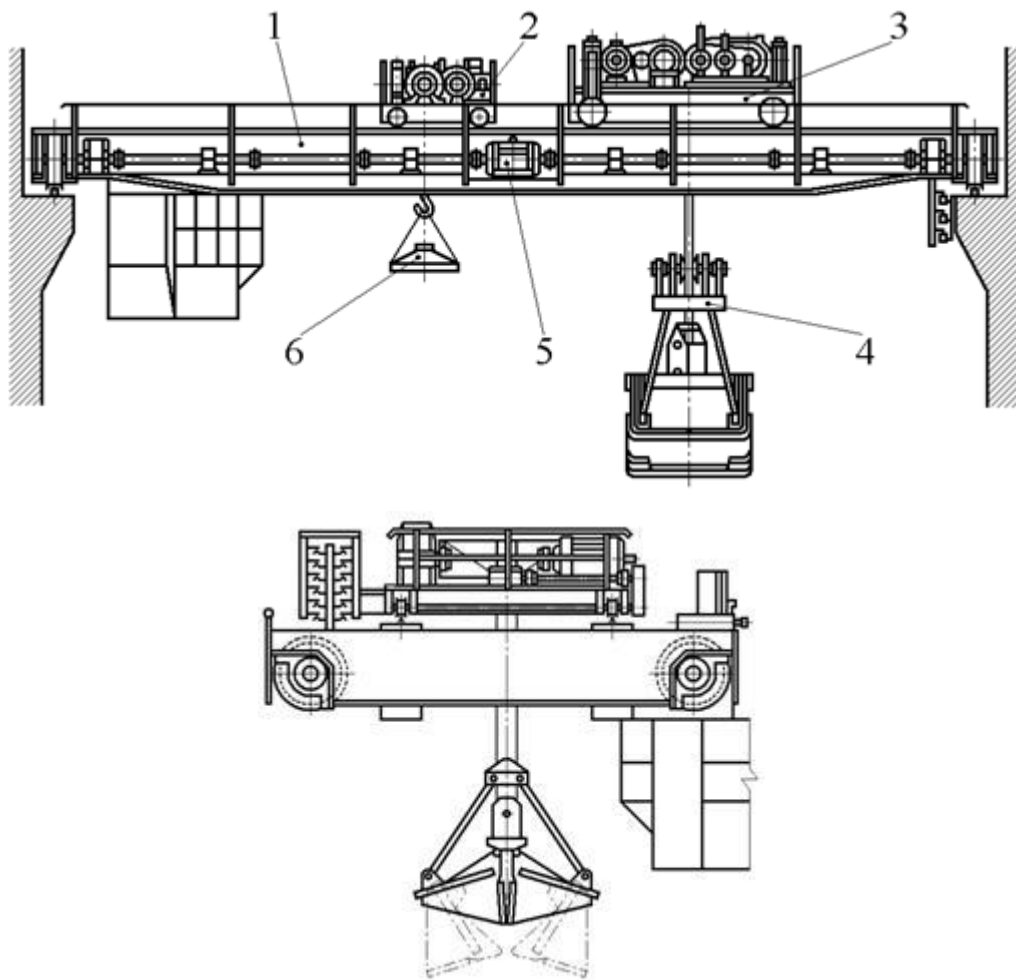


Рисунок 1.1 - Мостовий магнітно-грейферний кран

Механізм пересування 5 моста 1 складається з двигуна, швидкохідного трансмісійного валу і двох редукторів у приводних коліс моста. Вузли механізму пересування крана розташовані на горизонтальному майданчику моста.

Обидва візки моста мають власні механізми пересування з приводом на два колеса. На грейферному візку 3 встановлені механізми підйому і замикання грейфера, що складаються з двох однакових однобарабанных вантажних лебідок кранового типу. Двоканатний грейфер 4 важкого типу місткістю 3 м^3 на відміну від грейфера рудного перевантажувального крана виконаний з подовженими тягами і характеризується відносно невеликими замикаючими зусиллями на крайках щелеп. Цей грейфер застосовують для перевантаження легко зачерпуваних вантажів з об'ємною масою $2...3\text{ т/м}^3$.

На візку 2 з вантажним електромагнітом 6 розташовані механізми підйому і барабан для гнучкого кабелю, по якому підводиться струм до електромагніту.

Механізм підйому електромагніту являє собою лебідку кранового типу. Вал барабана лебідки приводить в обертання барабан гнучкого кабелю, забезпечуючи постійний його натяг і попереджаючи утворення петель. При набіганні і збіганні гнучкого кабелю з барабана підведення до нього струму від зовнішньої електромережі здійснюється за допомогою кільцевого струмоприймача з ковзаючими контактами.

Вантажні або підйомні електромагніти широко застосовують для підйому і переміщення виробів і матеріалів з чорних металів, що мають властивості магнітопровідності. У металургійних цехах за допомогою електромагнітів транспортують чавунні чушки, сталеві болванки, листи і плити, труби, рейки, сталевий і чавунний лом, стружку та інші вантажі.

Вантажопідйомні електромагніти можуть бути круглої і прямокутної форми. Діаметр круглих електромагнітів, що серійно випускаються, становить не більше 1600 мм. Розміри прямокутних магнітів 730x1200 мм.

Круглий вантажопідйомний електромагніт серії М (рис. 1.2) складається з литого герметичного корпусу 3, виготовленого зі сталі з високою магнітною проникністю, зовнішнього 5 і внутрішнього 6 полюсних черевиків. Всередині корпусу поміщена секційна обмотка 4, причому кожна секція виконана з мідної стрічки. Витки секцій ізолювані скловолокнистою стрічкою або тонким азбестовим папером, просоченим ізоляційним теплостійким лаком. Полюси 5 і 6 утримують котушку знизу через немагнітну шайбу 7 з високомарганцовистої сталі. З корпусом полюси з'єднані болтами або зварюванням. Електромагніт підвішують на гак крана за допомогою тригількової ланцюгової підвіски 2.

Вантажопідйомні магніти працюють на постійному струмі напругою 220 В. Якщо електроживлення приводу механізмів крана здійснюється змінним струмом, то для живлення вантажопідйомних електромагнітів використовують статичні або обертові перетворювачі. Електроживлення підводиться до вантажопідйомного електромагніту кабелем 1, який приєднаний до кінців котушки.

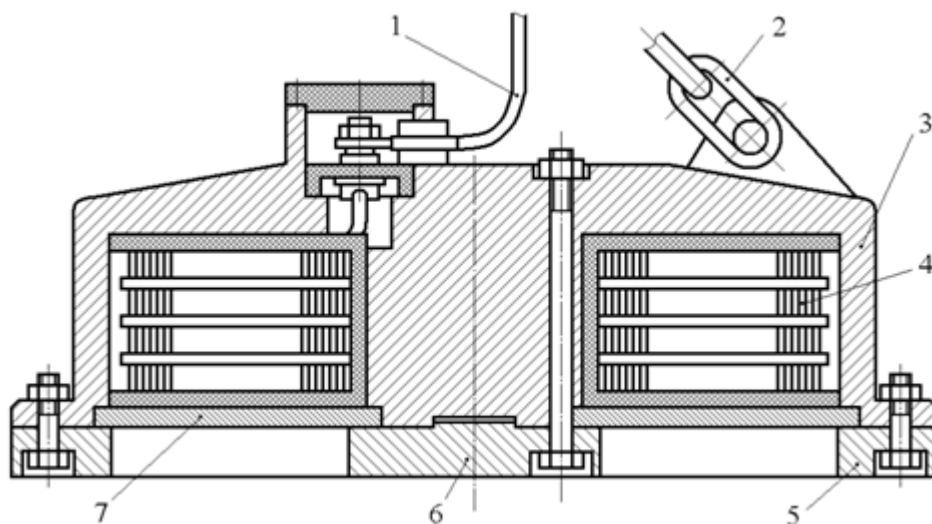


Рисунок 1.2 - Вантажопідйомний електромагніт круглої форми

Для підйому вантажів прямокутної форми застосовують прямокутні магніти серії ПМ.

Вантажопідйомність електромагніту залежить від властивостей вантажу. Вона зменшується при наявності зазорів між частинками вантажу і при підвищених температурах. Якщо при перевантаженні сталевих болванок і листів вантажопідйомність електромагніту прийняти за 100 %, то при перевантаженні чавунних чушок і сталевих скрапу вона становить 6...33 %, а при перевантаженні сталевих стружки 1,3...2,0 %. При температурі вантажу вище 200⁰С його магнітна проникність значно знижується і при температурі 720⁰с стає рівною нулю, зі збільшенням температури відповідно зменшується і вантажопідйомність електромагніту.

Особливістю магнітних кранів і їх механізму підйому є наявність кабельного барабана.

Кабельний барабан 1 (рис. 1.3) приводиться в обертання барабаном механізму підйому за допомогою ланцюгової передачі. Ведена зірочка 4 з'єднана з зовнішнім диском фрикційної муфти 6, внутрішні диски якої вільно обертаються щодо валу кабельного барабана 1. Обертання внутрішніх дисків фрикційної муфти передається валу кабельного барабана через кулачкову муфту, що складається з двох частин — 3 і 5.

Рухома частина 4 муфти пов'язана з валом кабельного барабана через направляючу шпонку. При роботі крана без магніту кулачкову муфту вимикають вручну.

Кабельний барабан встановлений на одному валу з кільцевим струмоприймачем 2. Кабель з'єднаний з обертовими частинами струмоприймача.

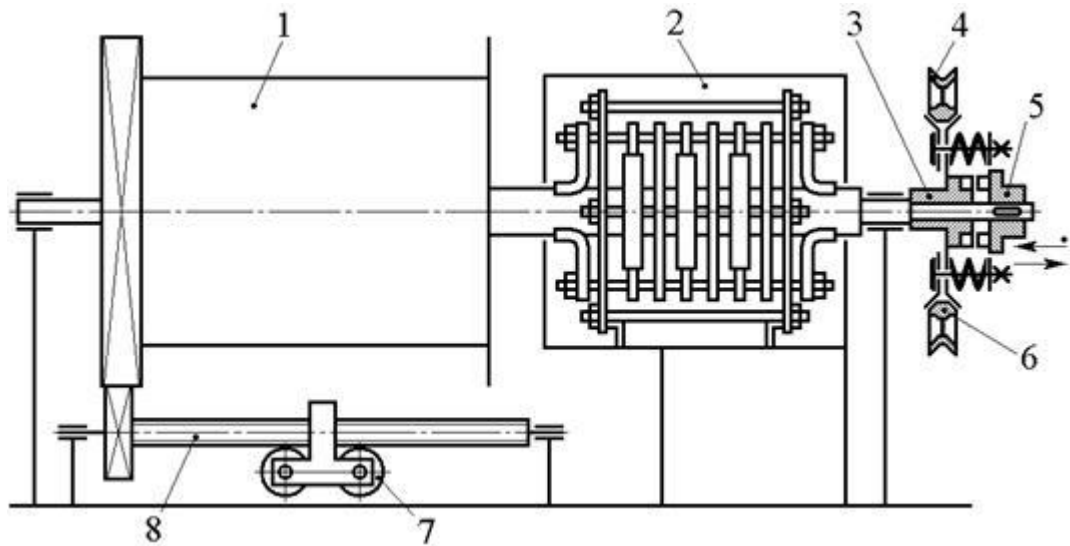


Рис. 1.3. Схема установки кабельного барабана

Укладання кабелю на барабан в один шар з рівномірним кроком навивки здійснює кабелеукладач 7, який переміщається по гвинту 8. Обертання гвинта передається від кабельного барабана через зубчасту передачу.

2. РОЗРАХУНКИ МЕХАНІЗМІВ ПРОЕКТОВАНОГО КРАНА

2.1. РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПІДЙОМУ ГРЕЙФЕРА

Грейферний кран, вантажопідйомністю 10+10т для шихтового двору сталеплавильного цеху, призначений для перевантаження піщано-гравійної сировини. Робочі температури від -40° до $+40^{\circ}$.

Для проектового крана приймаємо механізм підйому електромагніту, кінематична схема якого показана на рисунку 2.1.

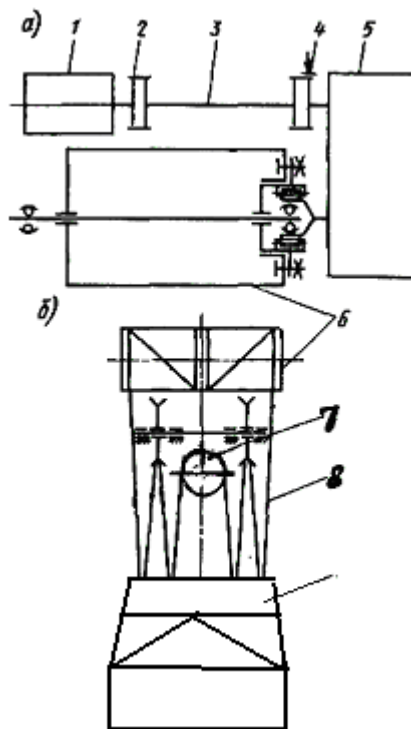


Рисунок 2.1– Схема механізму підйому грейфера

В даному випадку механізм підйому складається з електродвигуна 1, сполучної муфти 2 з проміжним валом 3, гальма 4, редуктора 5, барабана 6, зрівняльного блоку 7, канату 8 і грейфера 9. Поліспаст здвоєний ($a = 2$) кратністю $i_n = 4$.

Вибір каната. Максимальне натягнення в канаті, що набігає на барабан, при підйомі вантажу

$$S_{MAX} = \frac{G + G_{GP}}{a \times i_P \times \eta_N} \quad (2.1)$$

де G - номінальна вага вантажу, що піднімається, Н;

$$G = 10^3 \times Q \times g;$$

$$G = 10^3 \times 9.81 \times 10 = 49050H;$$

$G_{GP} = 21464,28H$ - вага грейфера (за заводськими даними);

a - число одинарних поліспастів; i_P - кратність поліспасти; η_N - ККД поліспасти;

При збіганні каната з рухомого блоку ККД поліспасти

$$\eta_N = \frac{1 - \eta_{\delta l}^{i_P}}{(1 - \eta_{\delta l}) \times i_N}; \quad (2.2)$$

де $\eta_{\delta l}$ - ККД блоку на підшипниках кочення з урахуванням жорсткості каната

$$\eta_N = \frac{1 - 0,98^4}{(1 - 0,98) \times 4} = 0,97;$$

$$S_{MAX} = \frac{49050 + 21464,28}{2 \times 4 \times 0,97} = 9086,89H$$

Розривне зусилля каната

$$S_P \geq S_{MAX} \times [n] \quad (2.3)$$

де $[n]$ - коефіцієнт запасу міцності каната, що допускається; $[n] = 6$.

$$S_P = 9086,89 \times 6 = 54521,34H$$

Вибираємо канат сталевий подвійного звивання типу ЛК-Р конструкції 6×19(1+6+6/6) 1 о.с. за ГОСТ 2688-80, діаметром $d_K = 11$ мм при розрахунковій межі міцності дротиків $\sigma_B = 1764MPa$ і з розривним зусиллям каната в цілому $S_{P.K} = 68850H$.

Фактичний коефіцієнт запасу міцності каната

$$n = \frac{S_{P.K}}{S_{MAX}} \geq [n]; \quad (2.4)$$

$$n = \frac{68850}{9086,89} = 6,91 > [n] = 6.$$

Вибір блоків

Діаметр блоку по дну канавки

$$D_{БЛ} \geq d_K(e-1), \quad (2.5)$$

де e - коефіцієнт, що приймається залежно від типу вантажопідійомної машини, виду приводу і групи режиму роботи механізму; $e = 35$.

$$D_{БЛ} = 11 \times (25 - 1) = 264 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D_{БЛ} = 336 \text{ мм}$ [1, с. 58, табл. 9].

На рисунку 2.2 показаний профіль жолобу блоку.

Діаметр блоку по центру осі каната

$$D_O = D_{БЛ} + d_K; \quad (2.6)$$

$$D_O = 336 + 11 = 347 \text{ мм.}$$

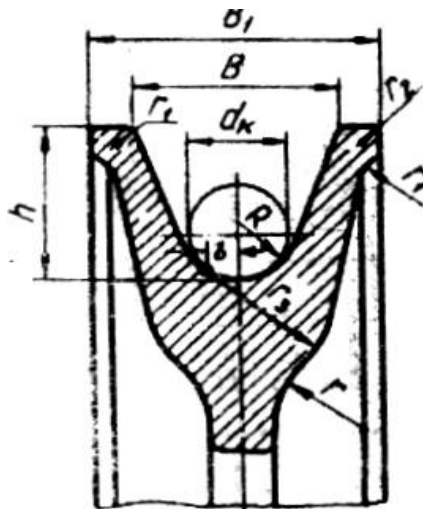


Рисунок 2.2 - Профіль жолобу блоку

Діаметр зрівняльного блоку поліспасту

$$D_{БЛ.ЗР} \geq 0,8 \times D_{БЛ}; \quad (2.7)$$

$$D_{БЛ.Р} = 0,8 \times 336 = 269 \text{ мм}$$

Остаточно приймаємо $D_{\text{БЛ.ЗР}} = 336 \text{ мм}$

Блоки виготовляють з чавуну СЧ 15.

Розрахунок вузла барабана

Діаметр барабана по дну канавки (рисунок 2.3)

$$\begin{aligned} D_{\text{Б}} &\geq 0.85 \times d_{\text{К}} \times (e - 1); \\ D_{\text{Б}} &= 0.85 \times 11 \times (25 - 1) = 224.4 \text{ мм} \end{aligned} \quad (2.8)$$

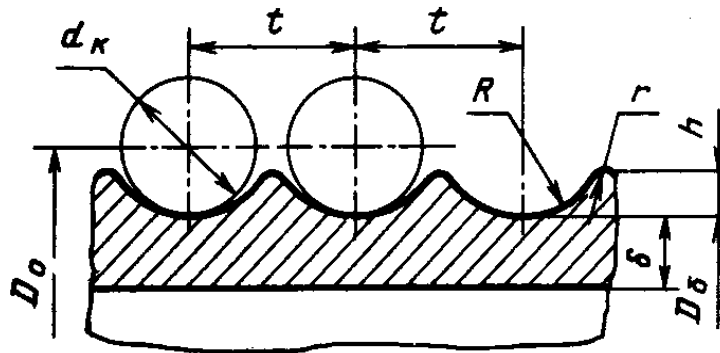


Рисунок 2.3 - Профіль канавок барабана

Набуте значення слід округляти у більшу сторону до стандартного значення нормального ряду діаметрів. Приймаємо $D_{\text{Б}} = 500 \text{ мм}$.

Діаметр барабана по центру осі намотуваного каната

$$\begin{aligned} D_{\text{Б.О}} &= D_{\text{Б}} + D_{\text{К}}; \\ D_{\text{Б.О}} &= 500 + 11 = 511 \text{ мм}. \end{aligned} \quad (2.9)$$

Довжина каната, що намотується на одну половину барабану

$$\begin{aligned} L_{\text{К}} &= H \times i_{\text{Р}}; \\ L_{\text{К}} &= 16 \times 4 = 64 \text{ м}. \end{aligned} \quad (2.10)$$

Число витків нарізки на одній половині барабана

$$Z = \frac{L_{\text{К}}}{\pi \times D_{\text{Б.О}}} + (1,5 \dots 2), \quad (2.11)$$

де 1,5...2 – кількість додаткових витків.

$$Z = \frac{64}{3.14 \times 0.511} + 2 = 42.$$

Довгота нарізки на одній частині барабана

$$l_H = Z \times t, \quad (2.12)$$

де t = крок нарізки барабана; $t = 13 \text{ мм}$ [1, с. 65, табл. 10].

$$l_H = 42 \times 13 = 546 \text{ мм}.$$

Повна довжина барабана

$$L_B = 2 \times (l_H + l_3) + l_{\Gamma\Gamma}, \quad (2.13)$$

де l_3 - довжина ділянки з кожного боку барабана, що використовується для закріплення каната;

$$l_3 = 4 \cdot t; \quad (2.14)$$

$$l_3 = 4 \times 13 = 52 \text{ мм}.$$

$l_{\Gamma\Gamma}$ - відстань між правою і лівою нарізками; приймаємо $l_{\Gamma\Gamma} = 200 \text{ мм}$.

$$L_B = 2 \times (546 + 52) + 200 = 1396 \text{ мм}$$

Барабан відлитий із чавуну Сч15 з межею міцності на стискування $\sigma_B = 700 \text{ МПа}$.

Товщину стінки барабана визначаємо з розрахунку на стискування

$$\delta = \frac{S_{\text{MAX}}}{t \times [\sigma_{\text{СЖ}}]}, \quad (2.15)$$

$$\text{де } [\sigma_{\text{СЖ}}] = \frac{\sigma_B}{\kappa};$$

κ - коефіцієнт запасу міцності для канатів грейферів; $\kappa = 4.25$.

$$[\sigma_{\text{СЖ}}] = \frac{700}{4,25} = 164 \text{ МПа};$$

$$\delta = \frac{12373}{16 \times 164} = 4,7 \text{ мм}.$$

З умов технології виготовлення литих чавунних барабанів товщина стінки має бути не менше 10 мм і може бути визначена по формулі

$$\delta = 0,02 \times D_{\text{Б.О}} + (6 \dots 10); \quad (2.16)$$

$$\delta = 0,02 \times 511 + 10 = 10,22 \text{ мм}.$$

Враховуючи, що стінка барабана в процесі експлуатації зношується, то приймаємо δ декілька більшим розрахункового значення з розрахунку на стискування - $\delta = 16 \text{ мм}$.

Крутний момент, що передається барабаном

$$M_{KP} = 2 \times S_{MAX} \times \frac{D_{B.O}}{2}; \quad (2.17)$$

$$M_{KP} = 2 \times 9086,89 \times \frac{0,511}{2} = 4643,4 \text{ Нм}.$$

Момент, що вигинає, визначаємо для випадку, коли грейфер знаходиться в самому верхньому положенні (відстань між канатами, що навиваються l_r). Після конструктивного опрацювання приймаємо відстань від точки застосування зусиль S_{max} до середини торцевого диска $l' = 550 \text{ мм}$. Тоді момент, що вигинає

$$M_U = S_{MAX} \times l'; \quad (2.18)$$

$$M_U = 9086,89 \times 0,55 = 4997,8 \text{ Нм}.$$

Складне напруження від вигину і кручення

$$\sigma = \frac{\sqrt{M_U^2 + (\varphi \times M_{KP})^2}}{W \times 10^6}; \quad (2.19)$$

де W - еквівалентний момент опору поперечного перетину барабана, м^3

$$W = 0,1 \times \frac{D_B^4 - D_1^4}{D_B}, \quad (2.20)$$

$$W = 0,1 \times \frac{0,5^4 - 0,468^4}{0,5} = 0,0029 \text{ м}^3;$$

D_1 - внутрішній діаметр барабана;

$$D_1 = D - 2 \times \delta; \quad (2.21)$$

$$D_1 = D - 2 \times \delta = 500 - (2 \times 16) = 468 \text{ мм};$$

$\varphi = 0.75$ - коефіцієнт приведення напруження,

$$\sigma = \frac{\sqrt{4997,8^2 + (0,75 \times 4643,4)^2}}{0,0029 \times 10^6} = 2,1 \text{ МПа},$$

напруження від вигину і кручення в стінці барабана незначна при довжині барабана менше 3 діаметрів, вони зазвичай не перевищують 15% від напруження стискування.

Розрахункове натягнення каната в місці кріплення

$$S_p = \frac{S_{MAX}}{e^{f\alpha}}, \quad (2.22)$$

$$S_p = \frac{9086,89}{2,72^{0,1 \times 3 \times 3,14}} = 3541,2H$$

де $e = 2,72$ - основа натурального логарифма;

$f = 0,1$ - коефіцієнт тертя між канатом і барабаном;

$\alpha = 3\pi$ - регламентований кут обхвату барабана недоторканими витками.

Необхідне зусилля притиснення каната накладками

$$F = \frac{k \times 0,85 \times S_p}{w}, \quad (2.23)$$

$$F = \frac{1,25 \times 0,85 \times 3541,2}{0,35} = 10750H.$$

де $k = 1,25$ - коефіцієнт запасу;

0,85 - коефіцієнт, що враховує зменшення натягнення каната унаслідок обхвату барабана кріпильними витками;

$w = 0,35$ - коефіцієнт опору висмикуванню каната з накладки.

Допустиме зусилля розтягування однієї шпильки

$$F_o = \frac{[\sigma_p] \times \pi \times d_1^2}{4}, \quad (2.24)$$

де d_1 - внутрішній діаметр різьблення ;

$$F_o = \frac{80 \times 3,14 \times 10,1^2}{4} = 6406H.$$

Необхідна кількість накладок

$$Z = \frac{F}{F_o}; \quad (2.25)$$

$$Z = \frac{10750}{6406} = 1,67;$$

Приймаємо $Z = 2$.

Відстань від маточини барабана до опор осі заздалегідь можна прийняти $a = 200$ мм, $b = 120$ мм, а довжину осі барабана $l = L_s + 150 \dots 200$ мм, довжину маточини $l_m = (100 \dots 150)$ мм (див. рис. 2.4).

Реакції в опорах

$$R_A = \frac{2 \times S_{MAX} \times l_B}{l}; \quad (2.26)$$

$$R_A = \frac{2 \times 9086,89 \times 770}{1620} = 8638,2H.$$

$$R_B = 2 \times S_{MAX} - R_A; \quad (2.27)$$

$$R_B = 2 \times 9086,89 - 8638,2 = 9535,58H.$$

Зусилля, що діють з боку маточин на вісь

$$P_D = \frac{2 \times S_{MAX} \times (l_C - l_D)}{l_C}; \quad (2.28)$$

$$P_D = \frac{2 \times 9086,89 \times (1300 - 650)}{1300} = 9086,9H;$$

$$P_C = 2 \times S_{MAX} - P_D; \quad (2.29)$$

$$P_C = 2 \times 9086,89 - 9086,9 = 9086,88H.$$

Моменти, що вигинають

$$M_C = R_A \times a; \quad (2.30)$$

$$M_C = 8638,2 \times 0,2 = 1727,64Hm;$$

$$M_D = R_B \times b; \quad (2.31)$$

$$M_D = 9535,58 \times 0,12 = 1144,27Hm.$$

Приблизний діаметр вісі під маточиною

$$d = 2,23 \sqrt{\frac{M_C}{[\sigma_U] \cdot 10^6}}, \quad (2.32)$$

де $[\sigma_u]$ - допустиме напруження вигину для матеріалу вісі. Для сталі 45
 $[\sigma_u] = 55 \text{ МПа}$ – при симетричному циклі.

$$d = 2,2 \sqrt[3]{\frac{1727,64}{55 \cdot 10^6}} = 0,069 \text{ м.}$$

Приймаємо $d = 70 \text{ мм}$.

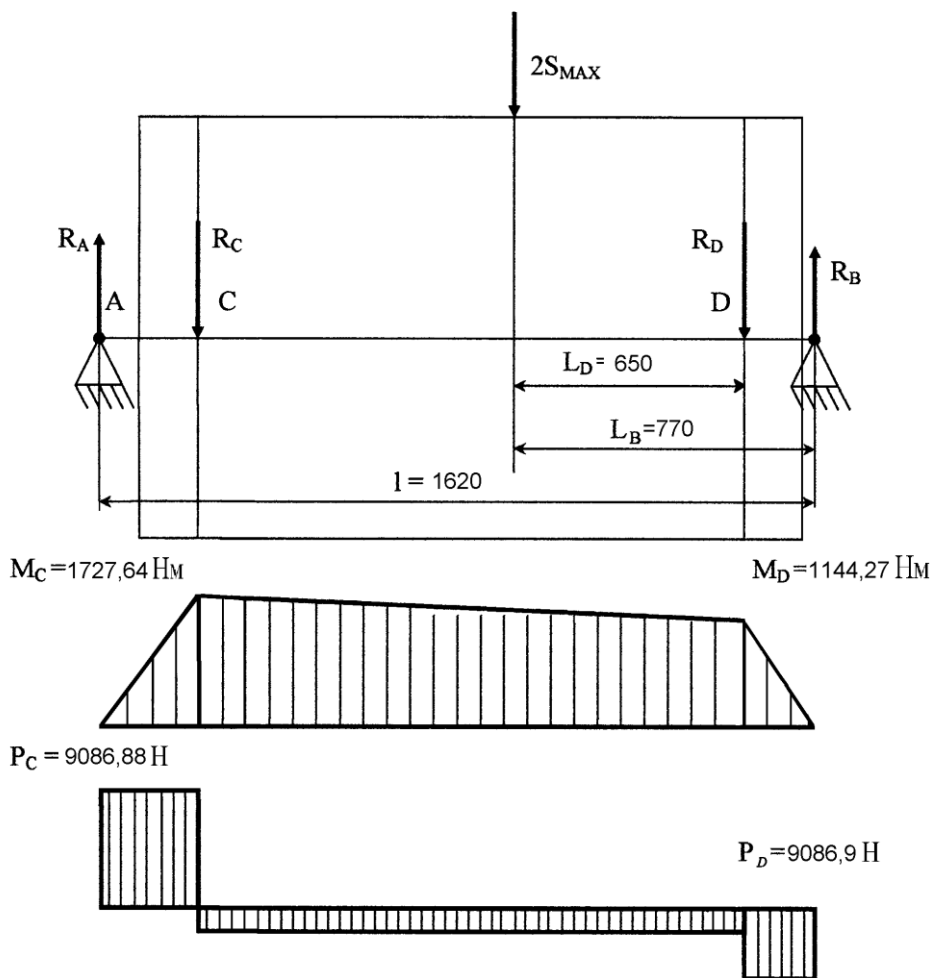
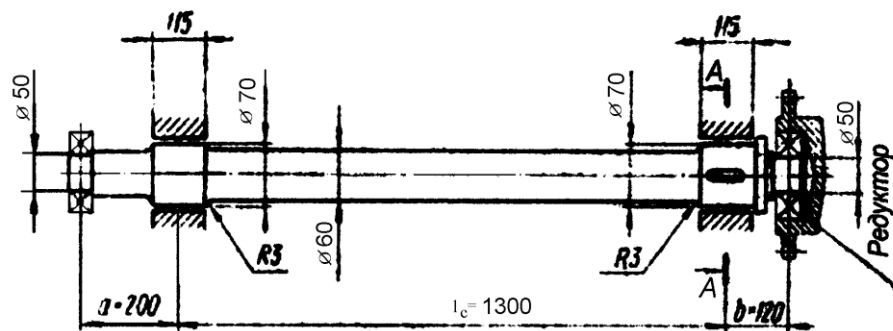


Рисунок 2.4 - Схема до розрахунку осі барабана

Вибір двигуна і редуктора

При підйомі номінального вантажу статична потужність двигуна механізму підйому

$$P_{CT} = \frac{(G + G_{ГР}) \times V}{1000 \times \eta}, \quad (2.33)$$

де V - швидкість підйому вантажу, м/с; приймаємо $V = 0,671$ м/с;

η - 0,92 загальний ККД приводу.

$$P_{CT} = \frac{21464,28 + 49050 \times 0,671}{1000 \times 0,92} = 51,42 \text{ кВт.}$$

Розрахункова потужність приводу

$$P_P = K_\epsilon \times K_P \times K_\epsilon \times K_{ПР} \times P_{CT}, \quad (2.34)$$

де K_ϵ - коефіцієнт використання номінальної вантажопідйомності;

$K_\epsilon = 0,8$ для кранів грейферів;

K_P - коефіцієнт, що враховує вживану систему регулювання швидкості;

$K_P = 1,15$ для групи режиму роботи 4М;

K_ϵ - коефіцієнт, що враховує фактичну тривалість включень;

$K_\epsilon = 0,95$ для групи режиму роботи 4М;

$K_{ПР}$ - коефіцієнт пускових витрат; $K_{ПР} = 1,1$ для групи режиму роботи 4М

$$P_P = 0,8 \times 1,15 \times 0,95 \times 1,1 \times 51,42 = 43,25 \text{ кВт.}$$

По розрахунковій потужності вибираємо асинхронний електродвигун серії МТН 211-6 з характеристиками: $P = 45$ кВт; $n = 695$ об/хв.

$$M = 9550 P / n = 9550 \times 45 / 695 = 618,34 \text{ Нм.}$$

Необхідне передавальне число редуктора

$$u_{P.P} = \frac{n_H}{n_\delta}; \quad (2.35)$$

де n_δ - частота обертання барабана;

$$n_{\delta} = \frac{v \times i_n}{\pi \times D_{Б.О}}; \quad (2.36)$$

$$n_{\delta} = \frac{0,671 \times 4 \times 60}{3,14 \times 0,511} = 100,36 \text{ об / хв.}$$

$$u_{P.P} = \frac{695}{100,36} = 6,92$$

Редуктор механізму підйому вибираємо виходячи з розрахункової потужності, частоти обертання двигуна, передавального числа і групи режиму роботи. Приймаємо до установки редуктор типу Ц2-350 з характеристиками: $u_p = 8,32$; $P_{ред} = 61$ кВт.

Фактична частота обертання барабана

$$n_{Б.Ф} = \frac{n_H}{u_P}; \quad (2.37)$$

$$n_{Б.Ф} = \frac{695}{8,32} = 83,53 \text{ об / хв.}$$

Вибір гальма

Гальмо встановлюємо на швидкохідному валу редуктора.

Статичний момент на валу двигуна

$$M_{CT} = \frac{(G_{ГР} + G) \times D_{Б.О} \times \eta}{2 \times i_{II} \times u_P}; \quad (2.38)$$

де η - ККД механізму; $\eta = 0.85$.

$$M_{CT} = \frac{(21464,28 + 49050) \times 0,511 \times 0,85}{2 \times 4 \times 8,32} = 460,15 \text{ Нм.}$$

Розрахунковий гальмівний момент при установці гальма

$$M_T = K_T \times M_{CT}; \quad (2.39)$$

де K_T - коефіцієнт запасу гальмування; $K_T = 1,75$

$$M_T = 1,75 \times 460,15 = 800 \text{ Нм.}$$

Для групи режиму роботи 4М вибираємо гальмо типу ТКГ-300.

Випишуємо його характеристику: $M_T = 300 \dots 800 \text{ Нм}$; $D_{III} = 300 \text{ мм}$.

Гальмо регулюємо на розрахунковий гальмівний момент.

Вибір муфт

Поміж двигуном та редуктором розмістили зубчасту муфту з гальмівним шківом $D_{III} = 300\text{мм}$. Найбільший передаваний крутний момент $M_M = 4000\text{Нм}$

Проводимо перевірку муфти по номінальному моменту.

Розрахунковий крутний момент для муфти

$$M_{PO3P} = \kappa_1 \times \kappa_2 \times M_H, \quad (2.40)$$

де κ_1 - коефіцієнт, що враховує ступінь відповідальності муфти, $\kappa_1 = 1,3$;

κ_2 - коефіцієнт, що враховує умови роботи муфти, $\kappa_2 = 1,1$;

M_H - крутний момент, що передається муфтою;

$$M_{PO3P} = 1,3 \times 1,1 \times 618,34 = 884,22\text{Нм}.$$

Вибрана муфта задовольняє умові

$$M_M = 4000\text{Нм} > M_{PO3P} = 884,22\text{Нм}.$$

Між барабаном і редуктором встановлюємо зубчасту муфту.

Крутний момент, що передається муфтою

$$M_B = \frac{S_{MAX} \times D_B}{\eta_B}, \quad (2.41)$$

де η_B - ККД барабана; $\eta_B = 0,98$.

$$M_B = \frac{9086,89 \times 0,5}{0,98} = 4636\text{Нм}.$$

Розрахунковий момент для вибору муфти

$$M_{PO3P} = M_B \times \kappa_1 \times \kappa_2, \quad (2.42)$$

де κ_1 - збільшений на 20% в порівнянні з рекомендаціями таблиці 17 [1];

$$\kappa_1 = 1,2 \times 1,3 = 1,56.$$

$$M_{PO3P} = 4636 \times 1,56 \times 1,1 = 7955,4\text{Нм}.$$

Вибираємо стандартну зубчасту муфту. Найбільший передаваний крутний момент $M_M = 10000\text{Нм}$

$$M_M = 10000\text{Нм} > M_{PO3P} = 7955,4\text{Нм}.$$

2.2. РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ ГРЕЙФЕРНОГО ВІЗКА

Механізм пересування візка вибираємо з приводом, кінематична схема механізму якого вказана на рисунку 2.5. Обертання від двигуна передається через муфту швидкохідному валу редуктора. Тихохідний вал редуктора з'єднаний з ходовими колесами.

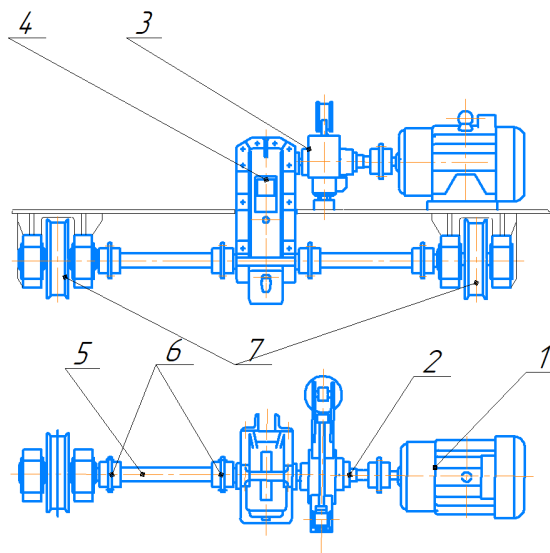


Рисунок 2.5 - Кінематична схема механізму пересування візка

Загальна вага крана складає $G_K = 97100H$ - за заводськими даними. Приймаємо діаметр ходових коліс $D_K = 400mm$, рейку типу КР70 з округленою головкою. Діаметр цапфи валу $d = 85mm$. Колеса встановлені на сферичних роликотішипниках 3618. Коефіцієнт тертя кочення $f = 0,015$.

Опір пересуванню крана з номінальним вантажем

$$W_{CT} = (G_{IP} + G + G_K) \times \left(\frac{f \times d + 2 \times \mu}{D_K} \times k_p + \alpha \right), \quad (2.43)$$

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

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

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

$\alpha = 0,001$ - нахил рейкових шляхів.

$$W_{CT} = (21464,28 + 49050 + 97100) \times \left(\frac{0,015 \times 0,1 + 2 \times 0,0006}{0,4} \times 1,5 + 0,001 \right) = 1864,7 H.$$

Опір пересування завантаженого візка

$$W_o = W_{CT} + (1,1 \dots 1,3) \times \frac{G_K + G_{GP} + G}{g} \times a, \quad (2.44)$$

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

$$W_o = 1864,7 + 1,2 \times \frac{97100 + 21464,28 + 49050}{9,81} \times 0,2 = 5965,3 H$$

Потужність електродвигуна з урахуванням інерційних навантажень

$$P_p = \frac{W \times V_K}{1020 \times \eta_M \times \psi_{CP}}, \quad (2.45)$$

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

$\psi = 1,5 \dots 1,7$ - середня кратність пускового моменту для асинхронних двигунів з фазовим ротором [2].

$$P_p = \frac{5965,3 \times 0,72}{1020 \times 0,85 \times 1,6} = 3,1 кВт.$$

При роздільному приводі потужність одного двигуна складатиме $0,6 \times P_p$

$$P_{дв} = 0,6 \times 3,1 = 1,86 кВт.$$

Вибираємо крановий електромотор з фазовим ротором марки МТФ 012-6 потужністю $P_H = 2,2 кВт$ (при ТВ40%), $n_H = 890 об/хв.$

Частота обертання колеса

$$n_K = \frac{60 \times V_K}{\pi \times D_K}; \quad (2.46)$$

$$n_K = \frac{60 \times 0,72}{3,14 \times 0,4} = 34,4 об/хв.$$

Розрахункове передавальне число редуктора

$$u_{P.P} = \frac{n_H}{n_K}; \quad (2.47)$$

$$u_{P.P} = \frac{890}{34,4} = 25,87.$$

Вибираємо редуктор типу Ц2-250

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

Фактична частота обертання колеса

$$n_{K.\Phi} = \frac{n_H}{u_P}; \quad (2.48)$$

$$n_{K.\Phi} = \frac{890}{24,9} = 35,74 \text{ об/хв}.$$

Фактична швидкість пересування крана з номінальним вантажем

$$n_{K.\Phi} = \frac{\pi \times D_K \times n_{K.\Phi}}{60}; \quad (2.49)$$

$$n_{K.\Phi} = \frac{3,14 \times 0,4 \times 35,74}{60} = 0,74 \text{ м/с}.$$

2.3. ВИБІР ЕЛЕКТРОМАГНІТУ

Для відвантаження та перенесення гатункового прокату чорного заліза, чавунна, металевого скрапу, стружки та металобрухту в виробництві результативне застосування одержали підйомні електромагніти. Державне виробництво виробляє два види таких магнітів: круглі типу М22ВТ2 М42ВТ2 та М62ВТ2 і прямокутні типу ПМ15ВТ2 та ПМ25ВТ2 в нормальному та тропічному застосуванні.

Круглі електромагніти застосовуються для пересування плит, стружки, скрапу, чушок, рулонів, болванок. Завдяки прямокутним магнітам можна транспортувати довгі вантажі: труби, балки, сортовий прокат та ін. В залежності від габаритів вантажу та його ваги використовують декілька електромагнітів, які водночас працюють на загальній траверсі.

Круглий підймальний електромагніт утворюється з двох полюсів: внутрішнього 9 та зовнішнього 1 а також котушки 2, електромагніту із секціями 10 розташованої в герметичній оболонці в металевому корпусі 3. Корпус відлитий з маловуглицевого металу марки 25Л-1 що має високу магнітну проникність. Зовні корпус прикритий металевою шайбою 4 з пробкою 5, знизу - листом 11 з латуні, який має незначну магнітну проникність. Напругу до електромагніту під'єднують за гнучким кабелем, який під'єднують до затискачів 7 в коробці 6. На трьох ланцюгах 8 електромагніт чіпляють до рим-кільцю, яке чіпляють на гак крана.

Працює котушка електромагніту завдяки постійній напрузі 220 В, для одержання якого на вантажопідйомальному крані обладнують спеціальний перетворювач струму, зі змінного в постійний. Для підтримки живлячого кабеля постійно в натягу на вантажному візку крана розміщують кабельний барабан (пружинний або з приводом від механізму піднімання вантажу). Так само реалізований прямокутний електромагніт.

Вантажопідйомність електромагніту залежить від характеру вантажу. Якщо вантажопідйомність магніту в роботі з металевими болванками вважати за 100%, то при перенавантаженні металевого скрапу вона буде складати 3 - 10%, при роботі з струшкою - 1,5 - 2%. Розігрівання електромагніту до температури $+ 200^{\circ}\text{C}$ спричинить різке зниження його вантажопідйомності, при температурі 720°C вантажопідйомність дорівнює нулю.

До недоліків підйомних електромагнітів відноситься непостійна величина вантажопідйомності, недостатня надійність з'єднання з вантажем, значне нагрівання магніту в роботі, потреба обладнання крана кабельним барабаном та виникнення при роботі шкідливих сильних магнітних полів [22, с. 54].

В момент проводять випробування розроблені вантажопідйомні постійні магніти, позбавлені ряду зазначених раніше недоліків. Для відривання вантажу короткостроково вмикають допоміжний електромагніт, який нейтралізує магнітне поле постійного магніту.

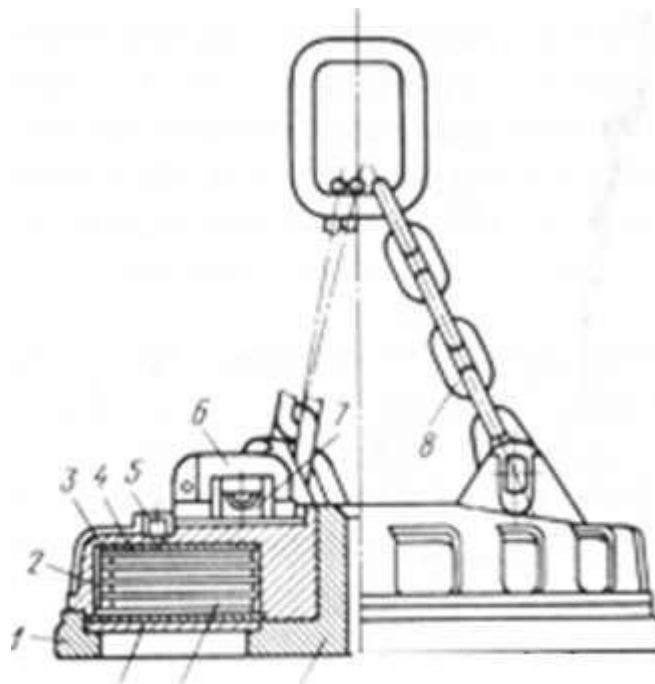


Рисунок 2.7 - Підйомний електромагніт M22BT2

Характеристика вантажного магніту M22BT2:

| | |
|--------------------------------|---------|
| Підйомна сила в т при захваті: | |
| сталевих болванок, плит | 16т |
| сталевого скрапу | 0,6т |
| сталевої стружки | 0,2т |
| власна вага | 1,5т |
| максимальна потужність, | |
| визначена електромагнітом і | |
| розрядним опором | 12,2кВт |
| струм гарячої котушки | 31А |

Для живлення електромагніту постійного струму рекомендується випрямна установка УВК – 3 – 50/220П. Допустима потужність $N = 11\text{кВт}$, вага $G = 280\text{кг}$, габаритні розміри 1450х920х425.

Живлення електромагніту M22BT2 рекомендується здійснювати гнучким кабелем з резиною ізоляцією КРПГ 3х4+1х2,5 з мінімальним радіусом згину $R_{min} > 5d_{каб}$. Можлива заміна кабелем КРПТ 3х4+1х2,5 з $R_{min} > 5d_{каб}$. Зовнішній діаметр кабелю $\varnothing = 15,5\text{мм}$. Перетин жили 4мм^2 .

Враховуючи невелику висоту підйому електромагніту – 6,6 м, ми пропонуємо змотування гнучкого кабелю при підйомі магніту здійснювати за допомогою кабельного поліспаду з кратністю 4. При цьому хід підвісних блоків з натяжним вантажем не перевищує 1650 мм. Вісь верхніх нерухомих блоків поліспада закріплені в направляючому кожусі, який зварений з листової сталі. Кожух є направляючою для рухомих блоків і одночасно попереджує випадання кабелю з ривчаків блоків. Сам кожух кріпиться на рамі візка поблизу з барабаном механізму підйому. Верхній кінець кожуху не виходить за межі габаритів перил візка, нижній кінець не виходить за габарити моста крана.

Гнучкий кабель, який закріплений до кожуху в верхній його частині притискною планкою послідовно огинає блоки поліспасту, опускається і фіксується на кронштейні, який приварений до гакової підвіски. На кожусі гакової підвіски закріплений штепсельний роз'єм, який забезпечує надійне підключення гнучкого кабелю до знімного вантажозахватного органу (електромагніту). Кабельний поліспаст дуже простий за конструкцією, виключає застосування кільцевих струмознімачів і додаткових передач, які необхідні на випадок використання кабельного барабану. Блоки кабельного поліспасту, які виготовленні із капрону є хорошим ізолятором, що підвищує безпеку експлуатації гнучкого кабелю. Капронові блоки не потребують змазки і їх можливо встановлювати без підшипників кочення.

2.4 РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ КРАНА

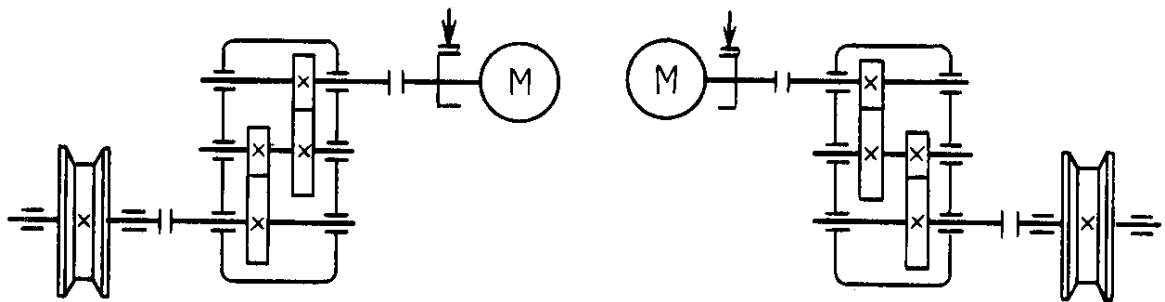


Рисунок 2.8 - Кінематична схема механізму пересування крана

Опір руху пересуванню крана:

$$W = W_{TP} + W_{YK} + W_B$$

де W_{TP} – коефіцієнт опору тертя в ходових частинах, без урахування тертя торців і маточин, Н;

W_{YK} – опір від ухилу підкранових колій, Н;

$W_B = 3600000\text{Н}$ – опір від дії вітрового навантаження, приймається за паспортом.

Опір від тертя при русі крана:

$$W_{TP} = (G_{KP} + Q) \cdot \left(\frac{2\mu + fd}{D_{xk}} \cdot \kappa_P \right)$$

де $\mu=0,06$ – коефіцієнт тертя колеса по рейці [4], с.260

$f=0,015$ – коефіцієнт тертя кочення підшипника букси [4], с.259

$\kappa_P=2$ – коефіцієнт опору реборди [3], с.422

$$W_{TP} = (105000 + 10000) \cdot \left(\frac{2 \cdot 0.06 + 0.015 \cdot 150}{560} \cdot 2 \right) = 977\text{кз} = 9770\text{Н}$$

Опір від ухилу підкранових колій:

$$W_{YK} = \alpha(G_{KP} + Q)$$

де $\alpha=0.002$ – коефіцієнт, що враховує ухил рейкового шляху [4], с.272

$$W_{yK} = 0,002(105000 + 10000) = 230\text{кг} = 2300H$$

тоді повний опір:

$$W = 36000 + 9770 + 2300 = 48070H$$

Коефіцієнт запасу зчеплення приводних ходових коліс з рейкою

$$\kappa_{зч} = F_{зч} / (F_{СТ} + F_{ДТ}) > [\kappa_{зч}]$$

де $F_{зч}$ – сила зчеплення приводних коліс з рейками;

$F_{СТ}$ – сила статичного опору пересуванню ненавантаженого візка без врахування тертя в підшипниках приводних коліс;

$F_{ДТ}$ – сила динамічного опору пересуванню візка без вантажу;

$[\kappa_{зч}] = 1.2$ – допустиме значення коефіцієнта запасу зчеплення [4], с.266.

$$F_{зч} = f_{зч} \cdot F_T \cdot Z_{np} / Z = 0.12 \cdot 1.7 \cdot 10^4 \cdot 4 / 8 = 1020H$$

де $f_{зч} = 0.12$ – коефіцієнт зчеплення приводного ходового колеса [4], с.266.

$Z_{np} = 4$ – кількість приводних коліс.

$$F_{СТ} = F_T \cdot k_p \cdot (2\mu + fdZ_{np} / Z) / D_{хк} = 1.7 \cdot 10^4 \cdot 2(2 \cdot 0.06 + 0.015 \cdot 150 \cdot 4 / 8) / 560 = 70H$$

$$F_{ДТ} = am_T = 0.2 \cdot 1700 = 340H$$

$$\text{Тоді: } \kappa_{зч} = 1020 / (70 + 340) = 2.5 > 1.2$$

тобто запас зчеплення при пуску достатній.

Вибір електродвигуна

Потужність електродвигуна:

$$P = \frac{W \cdot V_{KP}}{\eta}$$

де $V_{KP} = 1.16$ м/с – швидкість пересування крана,

$\eta = 0.9$ – ККД механізму пересування,

W – повний опір.

$$P = \frac{4807 \cdot 1.16}{0.9} = 12.6 \cdot 10^3 Bm$$

Вибираємо двигун МТН411-8 [4, с.41], потужність $P_3=15$ кВт, частота обертів $n_3=705$ об/хв, максимальний момент $M_{\text{тах}}=580$ Н·м, маховий момент ротора $M_p=2.15$ кг·м², маса двигуна 280 кг.

Статичний момент:

$$M_{CT} = \frac{9560 \cdot P_3}{n_3} = \frac{9560 \cdot 15}{705} = 203 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Мінімальний пусковий момент:

$$M_{MIN_{II}} = 0.8 \cdot M_{II} = 0.8 \cdot 550 = 440 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Перевірка двигуна за умовами пуску:

$$M_{MIN_{II}} \geq 1.9 \cdot M_{CT}, 440 \geq 1.9 \cdot 203 = 386 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Умова пуску виконується.

Вибір редуктора

Кутова швидкість ходового колеса:

$$\omega_{\text{хк}} = 2V / D_{\text{хк}}$$

де $V=1.16$ м/с – швидкість переміщення крана;

$D_{\text{хк}}=0.56$ м – діаметр ходового колеса крана.

$$\omega_{\text{хк}} = 2 \cdot 1.16 / 0.56 = 4.14 \text{ рад} / \text{с}$$

Передавальне число редуктора:

$$U = \omega_3 / \omega_{\text{хк}}$$

де ω_3 – кутова швидкість електродвигуна

$$\omega_3 = \pi n_3 / 30 = 3.14 \cdot 705 / 30 = 73.8 \text{ рад} / \text{с}$$

звідси

$$U = 73.8 / 4.14 = 17.8$$

Вибираємо черв'ячний редуктор типу РЦЧ-210, ККД = 0.8, передавальне відношення $U=20$.

Вибір гальма

Для крана, що проектується, приймаємо колодкове гальмо ТГК-160. Гальмівний момент $T_T=100$ Нм.

$$W_{TP} = (G_{KP}) \cdot \left(\frac{2\mu + fd}{D_{\text{жк}}} \cdot \kappa_p \right)$$

де $\mu=0.06$ – коефіцієнт тертя колеса по рейці [4], с.260

$f=0.015$ – коефіцієнт тертя кочення підшипника букси [4], с.259

$\kappa_p=1$ – коефіцієнт опору реборди [3], с.422

$d=15$ см – діаметр підшипникового колеса

$$W_{TP} = (105000) \cdot \left(\frac{2 \cdot 0.06 + 0.015 \cdot 150}{560} \right) = 451.5 \text{ кз} = 4515 \text{ Н}$$

Сумарне тиск ведучих коліс на рейки:

$$\sum G_p = 176000 \text{ кз} = 176 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

На крані встановлено 4 гальма, по одному на привід.

Загальний гальмівний момент:

$$T_T = 4T_T = 4 \cdot 100 = 400 \text{ Нм}$$

Зусилля гальма приведені до валу коліс:

$$P_T = (T_T \cdot U \cdot \eta \cdot 2) / D_{\text{жк}}$$

$$P_T = (400 \cdot 20 \cdot 0.8 \cdot 2) / 56 = 2286 \text{ Н}$$

2.5 РОЗРАХУНОК ГОЛОВНОЇ БАЛКИ КРАНА

Конструкція зварної балки прольотом $l=32$ м. Балка навантажена рівномірним навантаженням від власної ваги $q=0,35$ т/м та двома зосередженими вантажами $P=3,5$ т (від ваги візка з вантажем), які можуть пересуватися по балці.

Довжина між осями візка $d=1,8$ м; матеріал - сталь Ст. 3; допустиме напруження $[\sigma]_p=1600$ Н/мм². Максимальний прогин балки не повинен перевищувати $1/500$ від її прольоту.

Проектування балки необхідно почати з визначення розрахункових зусиль M та Q .

Побудуємо лінії впливу моментів, для визначення їх максимальних значень в різних перетинах балки.

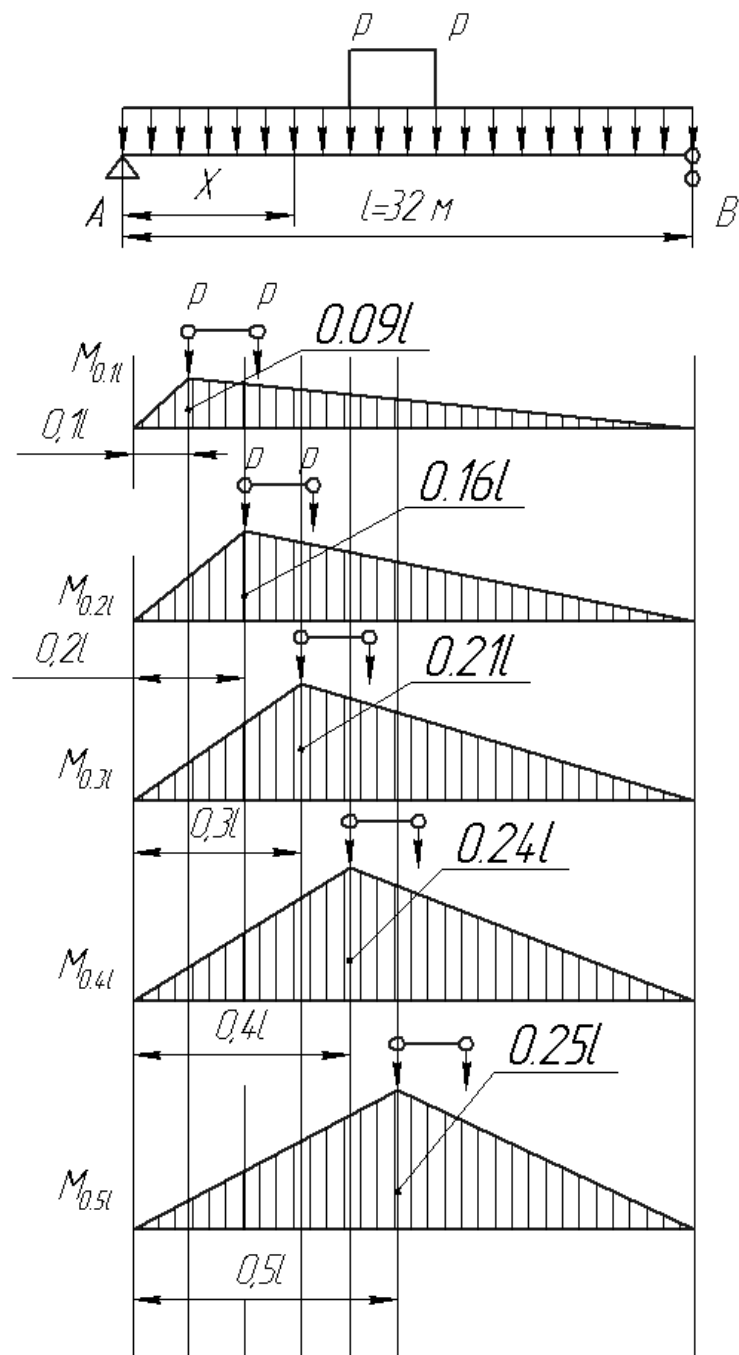


Рисунок 2.9 – Лінії впливу згинальних моментів

| Перетин | Значення |
|---------|------------------------------|
| 0,11 | $M=0,09l=0,09 \cdot 32=2,88$ |
| 0,21 | $M=0,16l=0,16 \cdot 32=5,12$ |
| 0,31 | $M=0,21l=0,21 \cdot 32=6,72$ |
| 0,41 | $M=0,24l=0,24 \cdot 32=7,68$ |
| 0,51 | $M=0,25l=0,25 \cdot 32=8,00$ |

Величина згинального моменту від зосереджених сил:

$$M = \sum Py_i$$

де y_i – значення;

P – величина навантаження.

У перетинах при $l=32$ м і $d=1.8$ м:

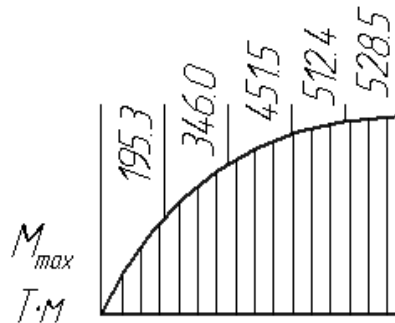
$$M_1 = 0.09l \left(1 + \frac{0.9l - d}{0.9l} \right) P = 0.09 \cdot 32 \left(1 + \frac{0.9 \cdot 32 - 1.8}{0.9 \cdot 32} \right) 3.5 = 19.53 T_M = 195300 H_M$$

$$M_2 = 0.16l \left(1 + \frac{0.8l - d}{0.8l} \right) P = 0.16 \cdot 32 \left(1 + \frac{0.8 \cdot 32 - 1.8}{0.8 \cdot 32} \right) 3.5 = 34.6 T_M = 346000 H_M$$

$$M_3 = 0.21l \left(1 + \frac{0.7l - d}{0.7l} \right) P = 0.21 \cdot 32 \left(1 + \frac{0.7 \cdot 32 - 1.8}{0.7 \cdot 32} \right) 3.5 = 45.15 T_M = 451500 H_M$$

$$M_4 = 0.24l \left(1 + \frac{0.6l - d}{0.6l} \right) P = 0.24 \cdot 32 \left(1 + \frac{0.6 \cdot 32 - 1.8}{0.6 \cdot 32} \right) 3.5 = 51.24 T_M = 512400 H_M$$

$$M_5 = 0.25l \left(1 + \frac{0.5l - d}{0.5l} \right) P = 0.25 \cdot 32 \left(1 + \frac{0.5 \cdot 32 - 1.8}{0.5 \cdot 32} \right) 3.5 = 52.85 T_M = 528500 H_M$$



Визначимо згинальні моменти від рівномірно розподіленого навантаження:

$$M_q = \frac{qlx}{2} - \frac{qx^2}{2}$$

У перетинах

$$M_1 = 0.045ql^2 = 0.045 \cdot 0.35 \cdot 32^2 = 16.13 T_M = 161300 H_M$$

$$M_2 = 0.08ql^2 = 0.08 \cdot 0.35 \cdot 32^2 = 28.7 T_M = 287000 H_M$$

$$M_3 = 0.105ql^2 = 0.105 \cdot 0.35 \cdot 32^2 = 37.63 T_M = 376300 H_m$$

$$M_4 = 0.120ql^2 = 0.120 \cdot 0.35 \cdot 32^2 = 43 T_M = 430000 H_m$$

$$M_5 = 0.125ql^2 = 0.125 \cdot 0.35 \cdot 32^2 = 44.8 T_M = 448000 H_m$$



Загальне значення моментів від зосереджених сил і розподіленого навантаження:

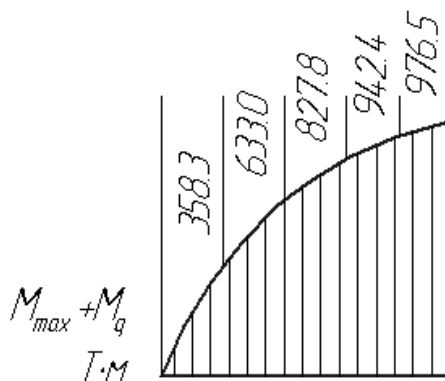
$$M_1 = 19.53 + 16.13 = 35.83 T_M = 358300 H_m$$

$$M_2 = 34.6 + 28.7 = 63.3 T_M = 633000 H_m$$

$$M_3 = 45.15 + 37.63 = 82.78 T_M = 827800 H_m$$

$$M_4 = 51.24 + 43 = 94.24 T_M = 942400 H_m$$

$$M_5 = 52.85 + 44.8 = 97.65 T_M = 976500 H_m$$



Таким чином, розрахунковим моментом для балки є $M = 976500 \text{ Нм}$.

Необхідний момент опору балки для цього зусилля дорівнює:

$$W_{mp} = \frac{M}{[G_p]}$$

$$W_{mp} = \frac{9765000}{1600} = 6103 \text{ см}^3$$

Будуємо лінії впливу поперечних сил:

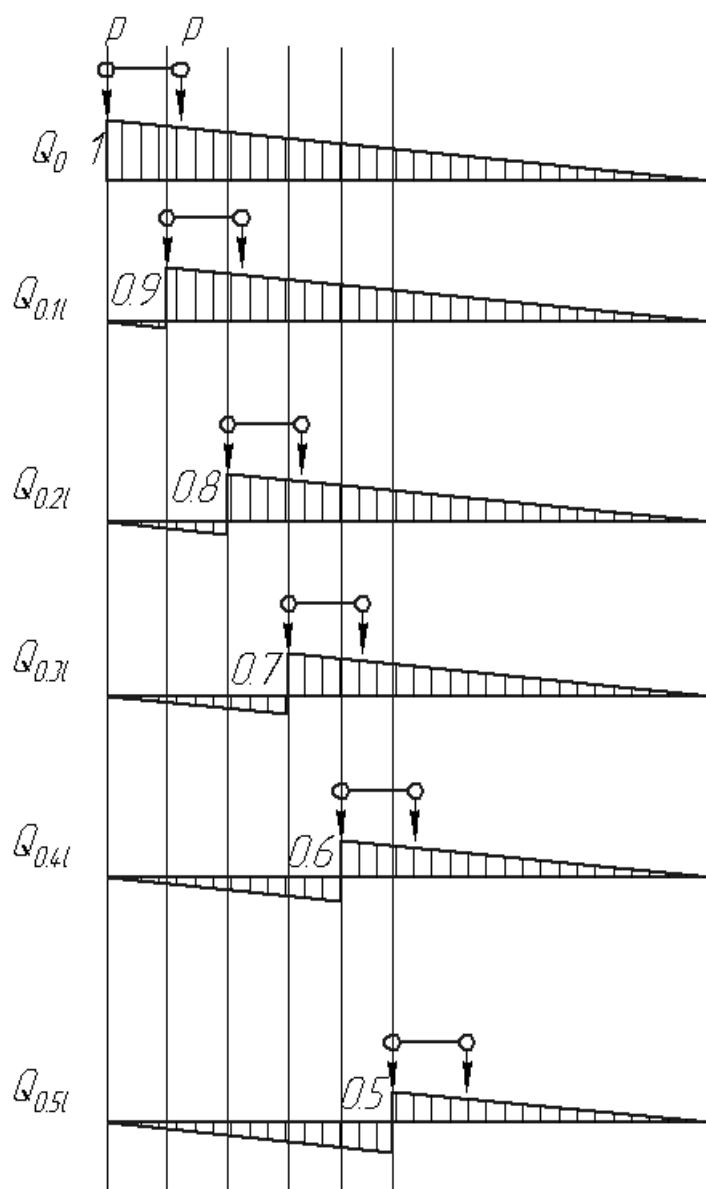


Рисунок 2.10 – Лінії впливу поперечних сил

Перетин

Значення

$x=0$,

$Q_0=1$;

$x=0.11$

$Q_0=0.9$;

$x=0.21$

$Q_0=0.8$

$x=0.31$

$Q_0=0.7$;

$x=0.41$

$Q_0=0.6$;

$x=0.51$

$Q_0=0.5$;

Визначимо розрахункові зусилля від зосереджених сил в кожному із зазначених перетинів того, що одна з них розташовується над вершиною лінії впливу:

$$Q = \sum Py_i$$

У перетині $x=0$ при $l=32$ м і $d=1.8$ м

$$Q_0 = \left(1 + \frac{l-d}{l}\right) P$$

$$Q_0 = \left(1 + \frac{32-1.8}{32}\right) 3.5 = 6.803T = 68030H$$

У перетині $x=0.1l$

$$Q_1 = 0.9 \left(1 + \frac{0.9l-d}{0.9l}\right) P = 0.9 \left(1 + \frac{0.9 \cdot 32 - 1.8}{0.9 \cdot 32}\right) 3.5 = 6.103T = 61030H$$

У перетині $x=0.2l$

$$Q_2 = 0.8 \left(1 + \frac{0.8l-d}{0.8l}\right) P = 0.8 \left(1 + \frac{0.8 \cdot 32 - 1.8}{0.8 \cdot 32}\right) 3.5 = 5.403T = 54030H$$

У перетині $x=0.3l$

$$Q_3 = 0.7 \left(1 + \frac{0.7l-d}{0.7l}\right) P = 0.7 \left(1 + \frac{0.7 \cdot 32 - 1.8}{0.7 \cdot 32}\right) 3.5 = 4.703T = 47030H$$

У перетині $x=0.4l$

$$Q_4 = 0.6 \left(1 + \frac{0.6l-d}{0.6l}\right) P = 0.6 \left(1 + \frac{0.6 \cdot 32 - 1.8}{0.6 \cdot 32}\right) 3.5 = 4.003T = 40030H$$

У перетині $x=0.5l$

$$Q_5 = 0.5 \left(1 + \frac{0.5l-d}{0.5l}\right) P = 0.5 \left(1 + \frac{0.5 \cdot 32 - 1.8}{0.5 \cdot 32}\right) 3.5 = 3.303T = 33030H$$



Поперечні сили Q від власної ваги q дорівнюють;

$$Q_0 = A = \frac{ql}{2} = \frac{0.35 \cdot 32}{2} = 5.6T = 56000H$$

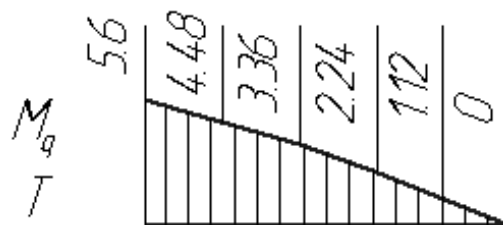
$$Q_1 = A - \frac{ql}{10} = 5.6 - \frac{0.35 \cdot 32}{10} = 4.48T = 44800H$$

$$Q_2 = A - \frac{2ql}{10} = 5.6 - \frac{2 \cdot 0.35 \cdot 32}{10} = 3.36T = 33600H$$

$$Q_3 = A - \frac{3ql}{10} = 5.6 - \frac{3 \cdot 0.35 \cdot 32}{10} = 2.24T = 22400H$$

$$Q_4 = A - \frac{4ql}{10} = 5.6 - \frac{4 \cdot 0.35 \cdot 32}{10} = 1.12T = 11200H$$

$$Q_5 = A - \frac{5ql}{10} = 5.6 - \frac{5 \cdot 0.35 \cdot 32}{10} = 0T = 0H$$



Розрахункові величини поперечних сил від зосереджених і розподілених навантажень:

$$Q_0 = 6.803 + 5.6 = 12.403T = 124030H$$

$$Q_1 = 6.103 + 4.48 = 10.583T = 105830H$$

$$Q_2 = 5.403 + 3.36 = 8.763T = 87630H$$

$$Q_3 = 4.703 + 2.24 = 6.943T = 69430H$$

$$Q_4 = 4.003 + 1.12 = 5.123T = 51230H$$

$$Q_5 = 3.303 + 0 = 3.303T = 33030H$$



Необхідна висота балки з умов жорсткості:

$$h/l = \frac{0.8[G]_p l}{4Ef} \left[1 - \frac{4}{3} \left(\frac{a}{l} \right)^2 \right]$$

$$h/l = \frac{0.8 \cdot 1600 \cdot 500}{4 \cdot 2.1 \cdot 10^6} \left[1 - \frac{4}{3} \left(\frac{15}{32} \right)^2 \right] = 0.053$$

При цьому $h = 0.053 \cdot 3200 = 85.33$ см.

Товщина вертикального листа:

$$S_e = \frac{1}{12.5} \sqrt{h}$$

$$S_e = \frac{1}{12.5} \sqrt{85.33} = 0.74 \text{ см}$$

Приймаємо $S_B = 8$ мм.

Необхідна висота балки з умови найменшого ваги.

$$h = \sqrt{\frac{M}{S_e [G]_p}} = \sqrt{\frac{9765000}{0.2 \cdot 1600}} = 175 \text{ см},$$

Приймаємо висоту балки $h = 175$ см

Висота вертикального листа $h_B = 173$ см

Момент інерції поперечного перерізу зварної балки:

$$J_{mp} = W_{mp} \frac{h}{2}, \quad J_{mp} = 6103 \cdot 87.5 = 534012 \text{ см}^4$$

Момент інерції підбраного вертикального листа 1730×8 мм:

$$J_e = \frac{S_e h_e^3}{12} = \frac{173^3 \cdot 0.8}{12} = 345181 \text{ см}^4$$

Необхідний момент інерції горизонтальних листів балки (поясів):

$$J_\Gamma = J_{mp} - J_e = 534012 - 345181 = 188830 \text{ см}^4$$

Перетин одного поясу балки:

$$F_\Gamma = \frac{J_\Gamma}{2(h_1/2)^2} = \frac{188830}{2 \cdot 87^2} = 12.5 \text{ см}^2$$

Уточнене значення моменту інерції підбраного поперечного перерізу балки:

$$J = \frac{173^3 \cdot 0.8}{12} + 2 \left(\frac{1^3 \cdot 12.5}{12} + 1 \cdot 12.5 \cdot 87^2 \right) = 533735.8 \text{ см}^4$$

Найбільше нормальне напруження в крайньому волокні балки:

$$\sigma = \frac{M}{J} \frac{h_g}{2} = \frac{9765000 \cdot 87.5}{533735.8} = 16 \text{ МПа}$$

Дотичне напруження на рівні центра тяжіння балки в опорному перетині:

$$\tau = \frac{QS}{JS_g},$$

де $Q=124030$ Н – розрахункова поперечна сила;

S – статичний момент половини площі перерізу відносно центра ваги балки.

$$S = 12.5 \cdot 87 + 0.8 \cdot \frac{86.5}{2} = 4081 \text{ см}^3$$

$$\tau = \frac{12403 \cdot 4081}{533735.8 \cdot 0.8} = 1,18 \text{ МПа}$$

Еквівалентна напруження:

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2}$$

де σ_1 – нормальне напруження від M ;

τ_1 – дотичне напруження від Q ;

$$\sigma_1 = \frac{M}{J} \frac{h_g}{2} = \frac{9765000}{533735.8} \frac{173}{2} = 15,82 \text{ МПа}, \quad \tau_1 = \frac{QS}{JS_g}$$

де $S=12.5 \cdot 1 \cdot 87=1087.5$ – статичний момент площі перетину горизонтального листа відносно центра ваги;

$$\tau_1 = \frac{3303 \cdot 1087.5}{533735.8 \cdot 0.8} = 0,85 \text{ МПа}$$

звідси

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{15,82^2 + 3 \cdot 0,85^2} = 15,83 \text{ МПа}$$

Обчислимо функцію α :

$$\alpha = 8 \left(\frac{l_0 s_{\Gamma}}{bh} \right)^2 \left(1 + \frac{h_e s_e^3}{2 b s_{\Gamma}^3} \right)$$

де b – ширина поясу;

s_{Γ} – товщина горизонтального листа;

$l_0 = 10 \div 20 = 1245$ см – відстань між закріпленнями.

$$\alpha = 8 \left(\frac{1245 \cdot 1}{85 \cdot 175} \right)^2 \left(1 + \frac{173 \cdot 0,8^3}{2 \cdot 85 \cdot 1^3} \right) = 0,085 \approx 0,1$$

Знаючи функцію α за графіком [12, с.315] визначаємо коефіцієнт $\psi = 1,73$

Момент інерції балки:

$$J = \frac{0,8^3 \cdot 173}{12} + \frac{2 \cdot 85^3 \cdot 1}{12} = 102361 \text{ см}^4$$

Знайдемо коефіцієнт ϕ :

$$\phi = \psi \frac{J_x}{J_y} \left(\frac{h}{l_0} \right)^2 \cdot 10^3 = 1,73 \frac{102361}{533735,8} \left(\frac{175}{1245} \right)^2 \cdot 10^3 = 6,55 > 1,$$

тобто стійкість забезпечена.

Стійкість вертикального листа:

Приварюють до листу ребра жорсткості. Відстань між ними $a = 1,5 h_e = 1,5 \cdot 173 = 260$ см

Середнє дотичне напруження від поперечної сили:

$$\tau = \frac{Q}{h_e s_e} = \frac{3303}{173 \cdot 0,8} = 0,24 \text{ МПа},$$

Місцеве напруження під зосередженою силою:

$$\sigma_M = \frac{P}{s_e z}$$

де z – умовна довжина, на якій сконцентрований вантаж розділений на вертикальному листі;

$$z = 3.25 \sqrt[3]{\frac{J_{II}}{s_{\epsilon}}}$$

де J_{II} – момент інерції верхнього поясу з привареною до нього рейкою;

$$J_{II} = J'_{II} - Fy^2$$

де J'_{II} – момент інерції відносно осі а;

у – ордината центра ваги перерізу поясу і рейки;

$$J'_{II} = \frac{10^3 \cdot 10}{3} + \frac{1^3 \cdot 85}{3} = 3361 \text{ см}^4$$

$$y = \frac{-85 \cdot 1 \cdot 1 + 10 \cdot 10 \cdot 2.5}{85 \cdot 1 + 10 \cdot 10} = 1 \text{ см}$$

$$J_{II} = 3361 - 97.65 \cdot 1^2 = 3263 \text{ см}^4$$

$$z = 3.25 \sqrt[3]{\frac{3263}{0.8}} = 52 \text{ см}$$

$$\sigma_M = \frac{3500}{0.8 \cdot 52} = 8,41 \text{ МПа}$$

Перевіримо правильність постановки ребер жорсткості:

$$\text{а) } \sigma_0 = 750 \frac{10^3 s_{\epsilon}}{h_{\epsilon}}$$

$$\sigma_0 = 750 \frac{10^3 \cdot 0.8}{173} = 34,68 \text{ МПа}$$

$$\text{б) } \tau_0 = \left(1250 + \frac{950}{v^2} \right) \left(\frac{100 s_{\epsilon}}{d} \right)^2$$

де v – співвідношення більшої сторони до меншої a/h_B ; в прийнятій конструкції $v = 1.5$;

d – найменша зі сторін пластин (а чи h_B), між поясами і ребрами жорсткості; $d = h_B = 173$ см;

$$\tau_0 = \left(1250 + \frac{950}{1.5^2} \right) \left(\frac{100 \cdot 0.8}{173} \right)^2 = 8,36 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\mu 0} = K_1 \cdot 10^7 \left(\frac{s_6}{a} \right)^2$$

За графіком визначаємо $K_1=8.6$

$$\sigma_{\mu 0} = 8.6 \cdot 10^7 \left(\frac{0.8}{260} \right)^2 = 0,814 \text{ МПа}$$

Місцева стійкість вертикального листа:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_0} + \frac{\sigma_{\mu}}{\sigma_{\mu 0}} \right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_0} \right)^2} \leq 1$$

$$\sqrt{\left(\frac{15,82}{34,68} + \frac{0,853}{8,14} \right)^2 + \left(\frac{0,24}{8,36} \right)^2} = 0.63 \leq 1$$

Стійкість в опорних перетинах:

- на опорі $\sigma_1=0$

$$\tau = \frac{Q}{h_s s_6} = \frac{12403}{173 \cdot 0.8} = 0,896 \text{ МПа},$$

- на опорі $\sigma=0$

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{\mu}}{\sigma_{\mu 0}} \right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_0} \right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0,853}{8,14} \right)^2 + \left(\frac{0,896}{8,36} \right)^2} = 0.14$$

Стійкість забезпечена.

3. ПІДТРИМКИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ В ШАФАХ З ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯМ МОСТОВОГО КРАНА

Посилаючись на інтернет-форуми [23-27] і практичне спостереження, виявлено, що протягом експлуатації мостових магнітних і грейферних кранів виникає завдання підтримання температури в шафах з електрообладнанням. Це спричиняється кліматичними умовами, в яких використовується електрообладнання в весняно-літній період.

В процесі докладного опрацювання цієї задачі пропонується два варіанти її вирішення:

1. Встановити кондиціонер великої потужності; встановити на кожен перетворювач частоти датчик температури; для живлення електричною енергією двигуна кондиціонера встановити перетворювач частоти, який буде регулювати кутову швидкість обертання двигуна в залежності від даних, одержуваних від датчика температури.

2. Так само до вище написаного варіанту передбачається встановлення датчика температури на кожен перетворювач частоти; встановлення на кожен шафу з електрообладнанням вентиляторів дахового типу з перетворювачами частоти.

Ці дві системи охолодження будуть працювати за алгоритмом показаному на рис. 3.1.

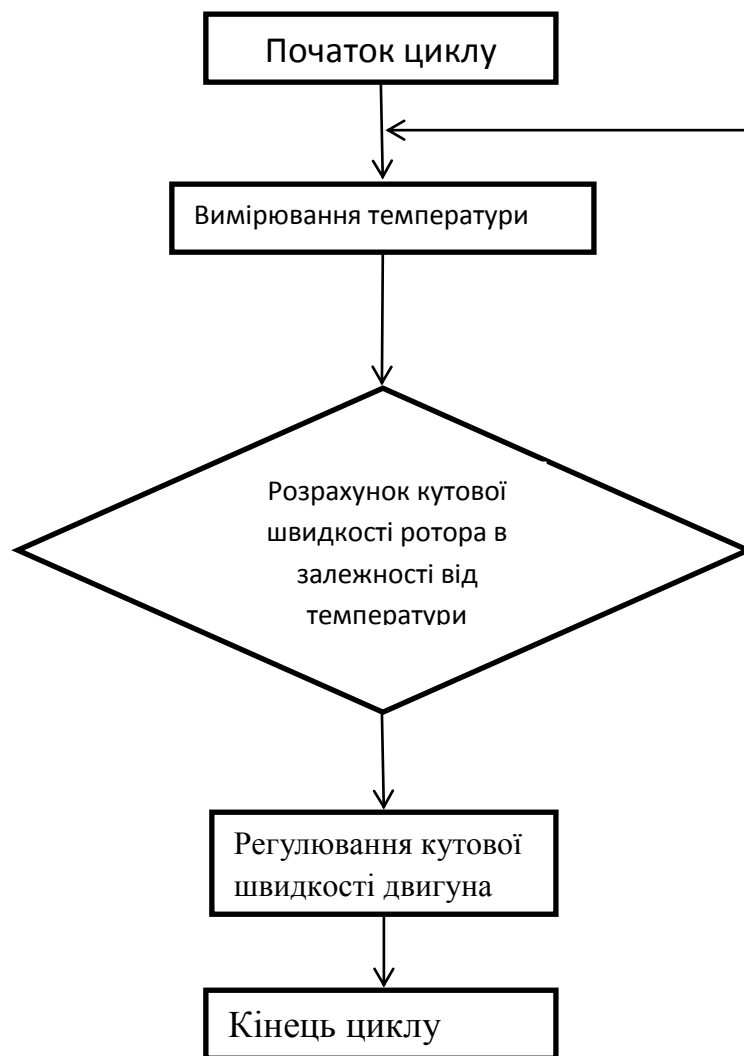


Рисунок 3.1 - Алгоритм роботи системи охолодження

Розглянемо докладніше кожен з варіантів.

Моноблочні кондиціонери (рис. 3.2) використовуються для підтримання необхідних мікрокліматичних параметрів в закритих шафах електричного та електронного обладнання внутрішнього та зовнішнього виконання.

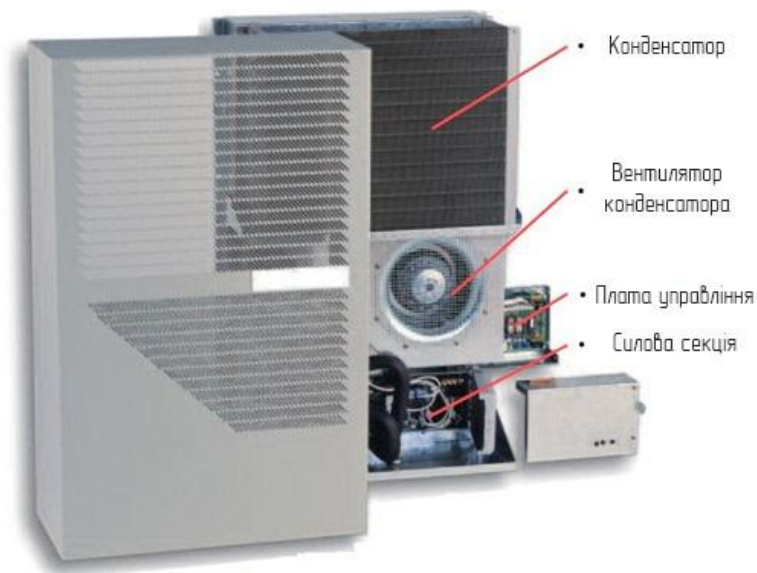


Рисунок 3.2 - Загальний вигляд кондиціонера

Кондиціонери монтуються на зовнішній стійці шафи в стандартному модулі електронного обладнання.

Модельний ряд серії представлений 8 моделями з діапазоном холодопродуктивності від 0,5 до 3 кВт [23, 24, 25].

Для забезпечення хорошої роботи електронного обладнання при низьких зовнішніх температурах (взимку) кондиціонер комплектується електронагрівачем потрібної потужності з термостатом захисту від перегріву.

Система автоматизації та управління передбачає такі можливості:

- моніторинг та регулювання температури на підставі показань датчиків температури повітря зовнішнього та внутрішнього контуру;
- зміна уставок компресора і електронагрівача.
- з'єднувальний порт для підключення інфрачервоного діагностичного модуля.

На рис. 3.3 показана схема розділення охолодженого повітря з використанням моноблочного кондиціонера.

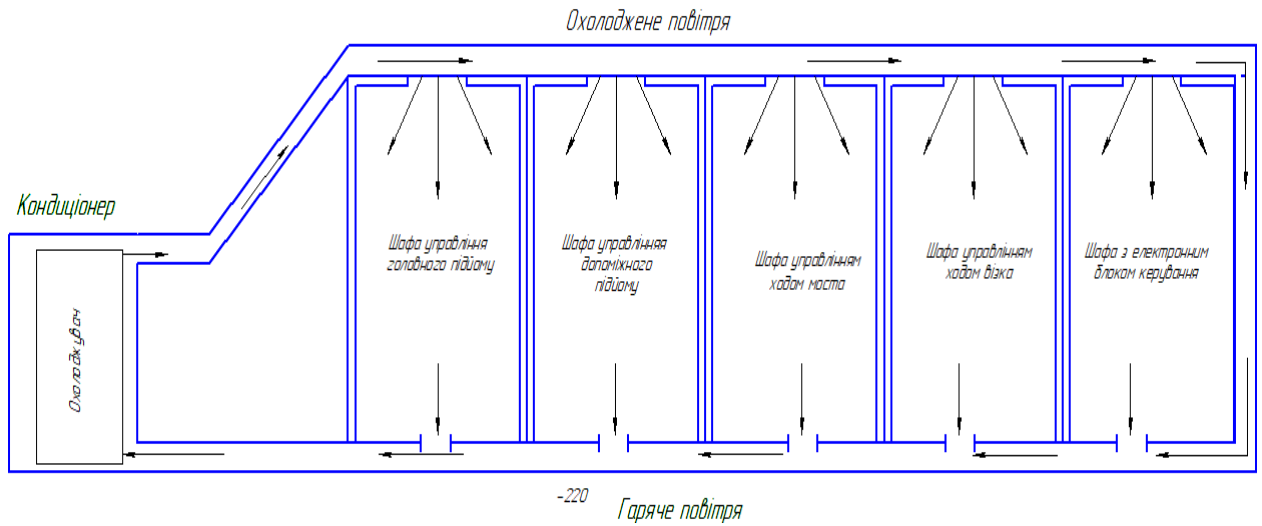


Рисунок 3.3 - Схема охолодження шаф з електрообладнанням з використанням моноблочного кондиціонера

На рис. 3.4 показана електрична схема системи охолодження із використанням моноблочного кондиціонера.

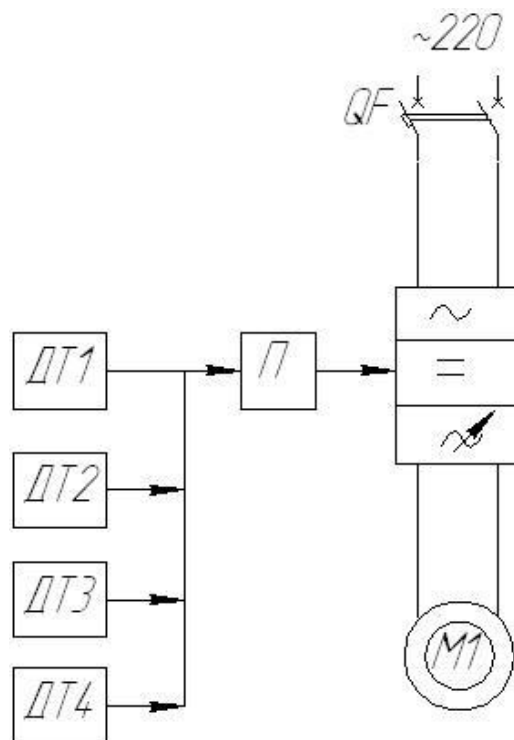


Рисунок 3.4 - Електрична схема системи охолодження із використанням моноблочного кондиціонера

Розрахунок потужності охолодження моноблочного кондиціонера

Вихідні дані для проведення розрахунку: висота шаф - 2,5 м; довжина – 8 м; ширина - 0,5 м.

Розрахунок потужності виконується за формулою:

$$Q = Q_1 + Q_2,$$

де Q_1 - потужність теплопритоків приміщення;

Q_2 - потужність теплопритоків від електроустаткування.

З'ясуємо потужність теплопритоків приміщення:

$$Q_1 = \frac{a \cdot b \cdot h \cdot q}{1000},$$

де a - довжина приміщення;

b - ширина приміщення;

h - висота приміщення;

q - коефіцієнт відбиття тепла від поверхні, який дорівнює 30 Вт/м³Вт для затемнених приміщень.

$$Q_1 = \frac{8 \cdot 0,5 \cdot 2,5 \cdot 30}{1000} = 0,3 \text{ кВт.}$$

Потужність теплоприпливів від електрообладнання розраховується як 1% від номінальної потужності, споживаної електроустаткуванням.

Номінальна потужність всіх електроприймачів в розглянутих шафах з електрообладнанням – 215 кВт.

Визначимо потужність теплоприпливів від електрообладнання:

$$Q_2 = 215 \cdot 0,01 = 2,15 \text{ кВт.}$$

Визначимо розрахункову потужність охолодження:

$$Q = 2,15 + 0,3 = 2,45 \text{ кВт.}$$

Візьмемо до установки кондиціонер Daikin типу UATYQ-250CY1, його технічні характеристики показані в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики кондиціонера

Daikin UATYQ-250CY1

| Параметри кондиціонера | Величина параметру |
|------------------------------------|--------------------|
| Потужність охолодження, кВт | 3 |
| Потужність приводного двигуна, кВт | 1,1 |
| Напруга живлення, В | 230 |
| Кратність пускового струму | 5,5 |
| Сумарний опір, Па | 186 |
| Вільний тиск, Па | 985 |
| Повний тиск, Па | 1300 |
| Частота обертання колеса, об/хв | 3900 |

Кондиціонери не великі панельні пристрої, які задовольняють обробку повітря з продуктивністю 200...4000 м³/год. Кондиціонери використовуються для об'єктів виробничого та цивільного будівництва, можуть використовуватись в якості припливно-витяжних, вентиляційних і опалювально-вентиляційних установок. Кондиціонери можуть працювати на зовнішньому або рециркуляційному повітрі, та на їх суміші. Роздача повітря використовується по мережі повітроводів і також в приміщеннях. Можуть бути встановлені майже в будь-якому положенні: на підлозі, стелі, стінах.

Кондиціонер складається з ряду функціональних елементів, які можна змінювати для конкретної заданої технології, забезпечуючи ефективну обробку повітря. Установки можуть забезпечити такі процеси обробки повітря:

- очищення - з використанням кишенькових та осередкових фільтрів. Можлива двоступенева очистка повітря;
- нагрівання - здійснюється водяними та електричними нагрівачами;
- охолодження та осушення - проводиться з використанням охолоджувачів, які працюють на різних холодоагентах;

- рециркуляція – задовільняється введенням в установку змішувача секцію, який містить необхідну кількість повітрозабірних клапанів.

Використання цих кондиціонерів найбільш доцільно в малих приміщеннях з обмеженим обсягом, тобто якщо є мала потреба в повітрі. Кондиціонери мають або моноблочну (загальний корпус), або блокову (комплект функціональних блоків, які мають уніфіковані приєднувальні розміри) структуру. Корпуси кондиціонерів зроблені у вигляді каркасної конструкції з спеціального профілю. За конструктивно-параметричних особливостей кондиціонери компактні панельні поділяються на такі типи:

- кондиціонери компактні панельні блокові ККПБ;
- кондиціонери компактні панельні моноблочні ККП;
- кондиціонери компактні панельні моноблочні малогабаритні.

В даному випадку встановимо кондиціонери компактні моноблочні малогабаритні (ККП-М), що представляють собою набір функціональних елементів, об'єднаних загальним корпусом, до якого можуть бути приєднані проміжна камера чи шумоглушник. Всі ці варіанти ККП-М застосовуються в однакових корпусах з збереженням габаритів та приєднувальних розмірів.

На рис. 3.5 показаний один з багатьох конструктивних варіантів, який включає повітрозабірний клапан, фільтр осередковий, водяний повітроохолоджувач, вентилятор. Кондиціонер представлений в таких видах: з боку вихлопу та повітрозабірного клапана.

На прохання замовника кондиціонери комплектуються приладами автоматики та управління, які забезпечують його роботу по заданим циклам та параметрам.

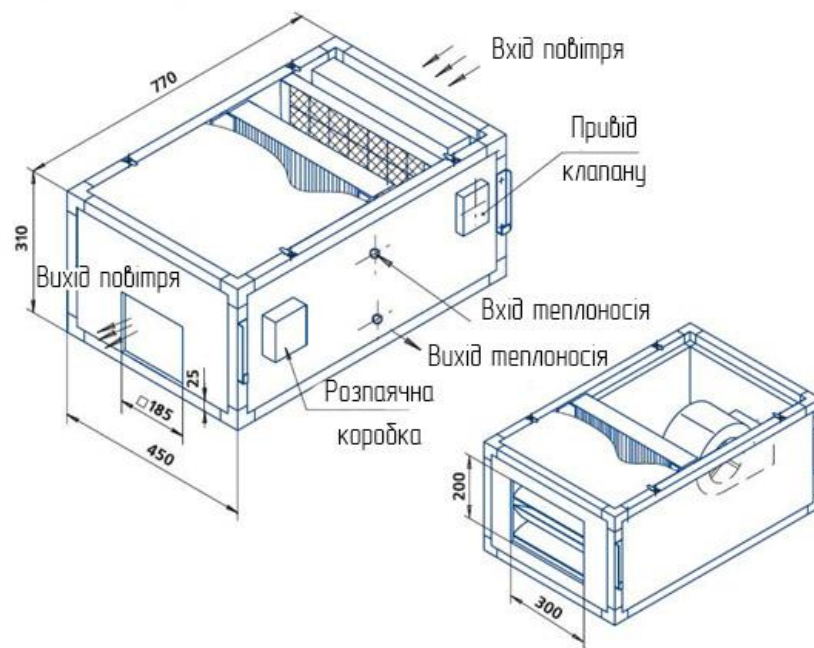


Рисунок 3.5 - Кондиціонер компактний моноблочний малогабаритний

Система автоматизації і управління передбачає наступні можливості:

- забезпечення повітрозабору (атмосферного або змішаного рециркуляційного). Здійснюється через управління відповідним клапаном за допомогою електроприводу;
- підтримка постійної температури припливного повітря. Температура контролюється по датчику, що встановлюється зазвичай в повітроводі на виході;
- захист водяного повітрянагрівача від заморожування. Проводиться по температурі зворотної води і по температурі повітря.
- захист електрокалорифера від перегріву. Захист здійснюється за допомогою термореле аварійного перегріву. Для забезпечення електропожежної безпеки передбачений захист від перевантаження (К.З.), перегріву і блокування при зупинці електродвигуна вентилятора;
- регулювання повітряного охолодження. Повітроохолоджувач комплектується триходовим клапаном, управління яким здійснюється контролером;

- індикація запиленості повітряного фільтра. При збільшенні запиленості повітряного фільтра відбувається зміна різниці тиску по обидві сторони фільтра, внаслідок чого спрацьовує датчик-реле перепаду тиску фільтра, запалюється індикатор «Фільтр», як правило, без зупинки роботи системи;

- індикація зупинки або несправності вентилятора. При зупинці або несправності вентилятора (обрив ременя і т.д.) відбувається зміна різниці тиску, внаслідок чого спрацьовує датчик-реле тиску вентилятора, вимикається індикатор «Вентилятор», запалюється індикатор «Аварія» та відключається кондиціонер;

- захист від коротких замикань і перевантажень в електричних ланцюгах. Захист реалізовано стандартним чином за допомогою автоматичних вимикачів і теплових реле магнітних пускатів.

Система автоматичного управління (САУ) має наступну структуру:

- шафа САУ (ШСАУ) здійснює управління роботою блоків кондиціонера в заданому режимі: виробляє прийом і обробку сигналів, що надходять від контрольних датчиків і видачу відповідних команд виконавчим механізмам. Конструктивно виконана у вигляді настінної шафи, на дверях якої встановлені органи управління і індикатори, а через верхню стінку здійснюється підведення електрокабелів;

- група датчиків здійснює постійний контроль за параметрами оброблюваного повітря і теплоносіїв, що циркулюють по системам кондиціонерів, і видачу інформації для ШСАУ;

- група виконавчих механізмів (електроприводи, клапани, насоси, вентилятори) по команді ШСАУ відкриває і закриває повітряні клапани кондиціонера, регулює подачу і витрату води в блоках кондиціонера, забезпечує її циркуляцію, створює і направляє повітряний потік.

На рис. 3.6 представлена функціональна схема САУ ККП-М.

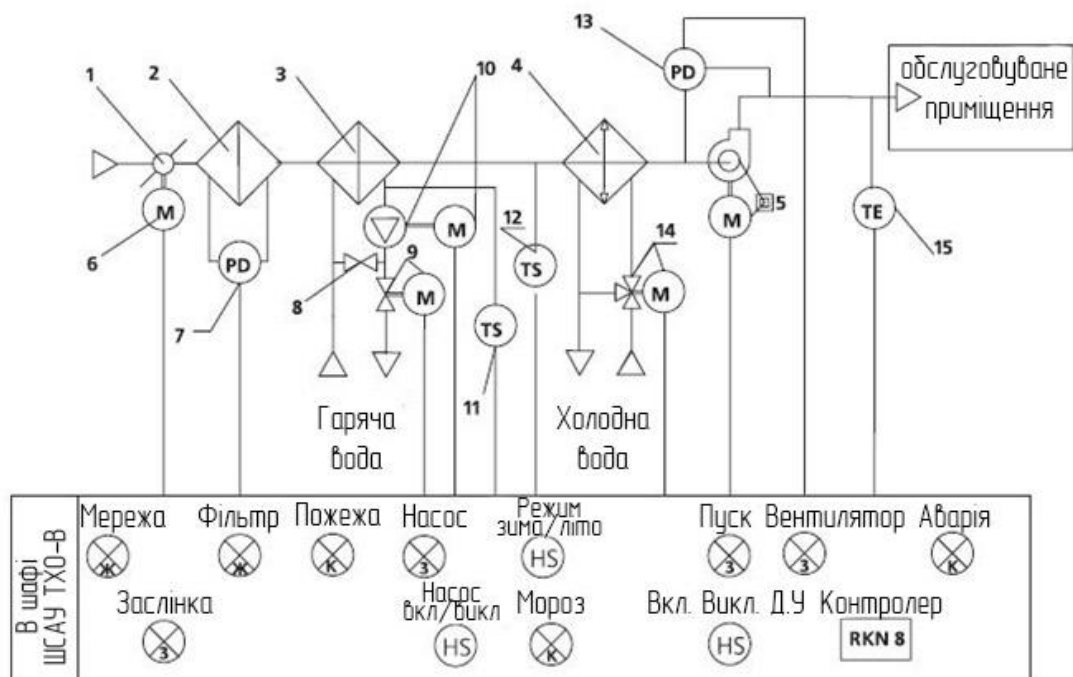


Рисунок 3.6 - Функціональна схема САУ ККП-М:

- | | |
|---------------------------|---|
| 1 – повітряний клапан; | 9 – водяний клапан; |
| 2 - фільтр; | 10 – циркуляційний насос; |
| 3 - повітрянагрівач; | 11 – термостат водяний; |
| 4 – повітроохолоджувач; | 12 – датчик-реле температури; |
| 5 – вентилятор; | 14 – водяний клапан трикодовий з електроприводом; |
| 6 – електропривод | 15 – каналний датчик температури. |
| 7,13 – датчик-реле тиску; | |
| 8 – зворотній клапан; | |

На рис. 3.7 представлена електрична схема з застосуванням дахових кондиціонерів «Daikin» [23, 24, 25]

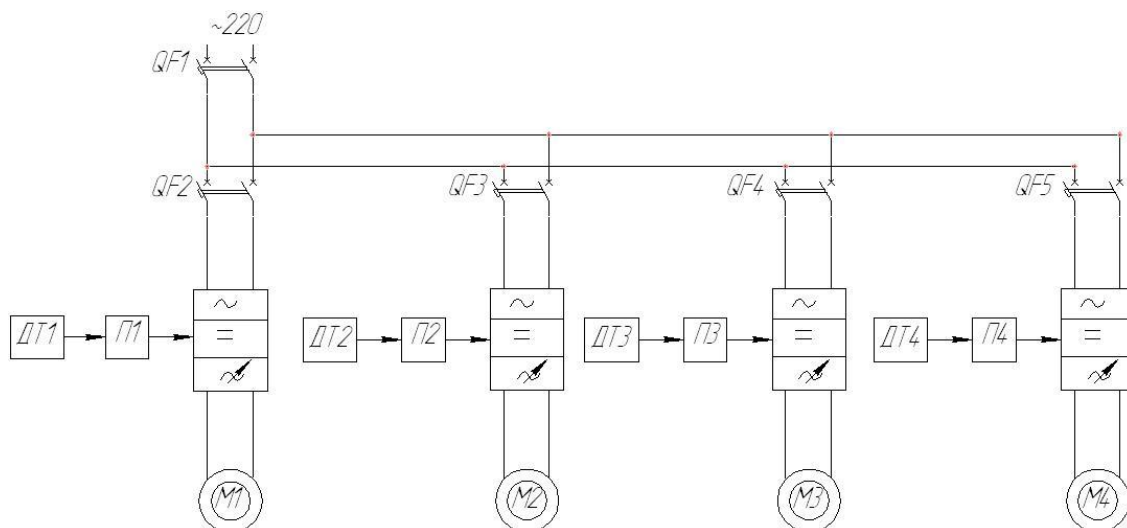


Рисунок 3.7 - Електрична схема системи охолодження із застосуванням дахових кондиціонерів «Daikin»

На рис. 3.8 представлена система охолодження за допомогою дахових кондиціонерів.

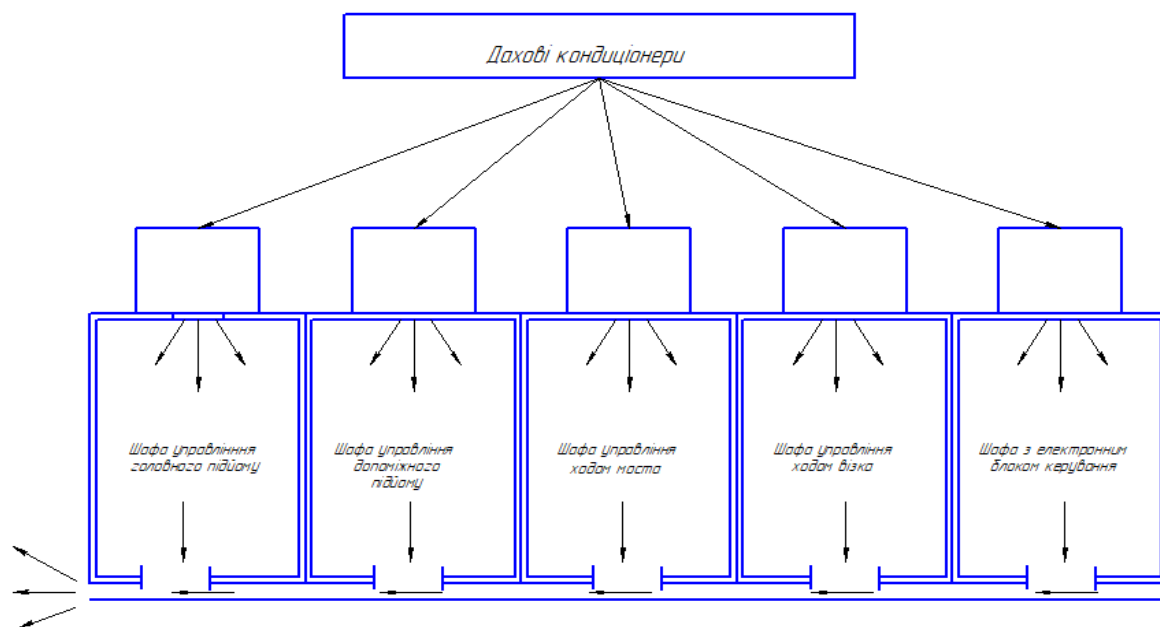


Рисунок 3.8 - Схема охолодження шаф з електрообладнанням з застосуванням дахових кондиціонерів «Daikin»

Розрахунок проводимо за методикою, технічні характеристики кондиціонерів зводимо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики дахових вентиляторів

| Параметри кондиціонера | Шафа з електрообладнанням механізму | | | |
|--|-------------------------------------|-------------------|-----------|---------|
| | Головний підйом | Допоміжний підйом | Хід моста | Візок |
| Потужність охолодження, кВт | 1,5 | 0,5 | 1 | 0,4 |
| Потужність приводного двигуна, кВт | 0,55 | 0,12 | 0,37 | 0,12 |
| Напруга живлення, В | 230/220 | 230/220 | 230/220 | 230/220 |
| Кратність пускового струму | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Сумарний опір, Па | 186 | 145 | 186 | 145 |
| Вільний тиск, Па | 435 | 132 | 265 | 132 |
| Повний тиск, Па | 750 | 420 | 580 | 420 |
| Частота обертання робочого колеса, об / хв | 2900 | 2100 | 2500 | 2100 |

Розглядаючи дві, описані вище системи охолодження, очевидно, що з точки зору якості охолодження, перевагу слід віддати системі охолодження з застосуванням дахових вентиляторів. Розглянемо переваги даної системи:

- селективність системи охолодження. Тобто в разі нагрівання електрообладнання однієї шафи, потужність буде збільшуватися не у всій системі охолодження, а саме на ділянці нагріву;

- селективність дозволяє також економити споживану електроенергію, так як охолодження відбувається тільки там де, це необхідно;

- Виходячи з усього вищеописаного, на даному мостовому крані доцільно встановити систему охолодження з застосуванням моноблочного кондиціонера. Базова функціональна схема моделі асинхронного електроприводу з частотним скалярним керуванням представлена на рис. 3.9.

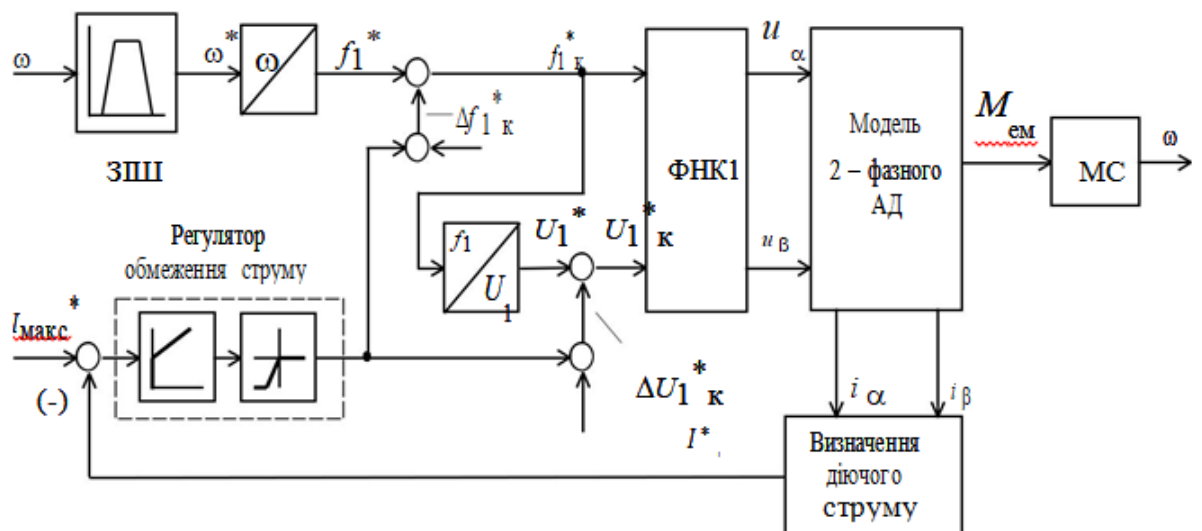


Рисунок 3.9 - Функціональна схема асинхронного електроприводу з частотним скалярним керуванням і моделлю двофазного електродвигуна

На рисунку 3.9 прийняті наступні позначення:

На функціональній схемі символом * позначені сигнали завдання і керування;

ω - фактичне значення кутової швидкості обертання електродвигуна (ротора двигуна);

ЗШ - задатчик інтенсивності швидкості з лінійною або S-образною характеристикою;

ФНК1 - формувач напруги керування двофазним асинхронним двигуном, який формує дві напруги змінного струму u_α та u_β . Δf_{1k}^* та ΔU_{1k}^* - компенсаційні сигнали керування, відповідно в каналі регулювання частоти і напруги.

Перевірка системи проводиться для зіставлення теоретичних та практичних розрахункових результатів. Дослідження проводяться в програмному середовищі Matlab Simulink,

В ході виконання роботи розглянуті дві моделі:

Перша - модель однозонного регульованого асинхронного електроприводу з частотним скалярним керуванням на базі моделі двофазного асинхронного електродвигуна в нерухомій системі координат α, β з датчиками струмів $i_{1\alpha}, i_{1\beta}$, що приведена на рис. 3.10.

Друга - модель однозонного регульованого асинхронного електроприводу з частотним скалярним керуванням на базі моделі двофазного асинхронного електродвигуна в нерухомій системі координат α, β з датчиками струмів $i_{1\alpha}, i_{1\beta}$, IR - компенсацією, компенсацією ковзання і регулятором обмеження струму приведена на рис. 3.11.

У програму дослідження входять:

- 1) Пуск на холостому ходу $U_{zc \max} = 10 \text{ В}$;
- 2) Вихід на номінальні параметри при пуску і набиранні навантаження,
- 3) Пуск з мінімальної швидкості на максимальну;

Так само були отримані показники якості, які зведені у відповідні таблиці.

Для обох моделей були проведені наступні дослідження:

- 1) Відпрацювання завдання при $U_{zc \max}$, J_{\max} , J_{\min} и $U_{zc \min}$, J_{\max} , J_{\min} ;
- 2) Імітація робочих циклів при $M_{c\max}$, J_{\max} и $M_{c\min}$, J_{\min} ;

Так само була досліджена робота вузла струмообмеження.

$U_{с\ max} = 10\ В$

Результати експерименту представлені на рис. 3.12, отримані значення заносяться в таблицю 8 і порівнюються з очікуваними

Таблиця 3.3 - Результати експерименту.

| Очікувані | | Отримані | |
|------------|-------|------------|-------|
| ω_0 | I_0 | ω_0 | I_0 |
| 104.72 | 6.841 | 103.9 | 6.871 |

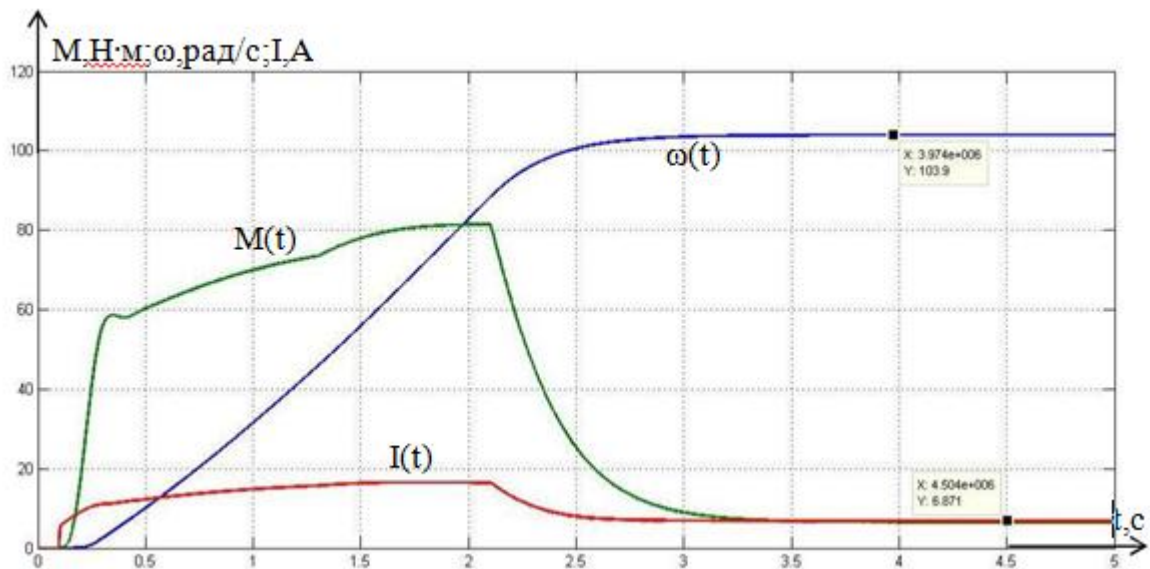


Рисунок 3.12 - Пуск на холостому ході

Пуск та збільшення навантаження

$U_{с\ max} = 10\ В$

Результати експерименту представлені на малюнку 17, отримані значення заносяться в таблицю 3.4 і порівнюються з очікуваними

Таблиця 3.4 - Результати експерименту

| Очікувані | | Отримані | | |
|------------|--------|------------|-------|----------|
| ω_0 | I_0 | ω_0 | I_0 | $M_{эм}$ |
| 104.72 | 6.841 | 103.9 | 6.871 | 59.69 |
| ω_H | I_H | ω_H | I_H | |
| 93.717 | 13.384 | 93.47 | 12.54 | |

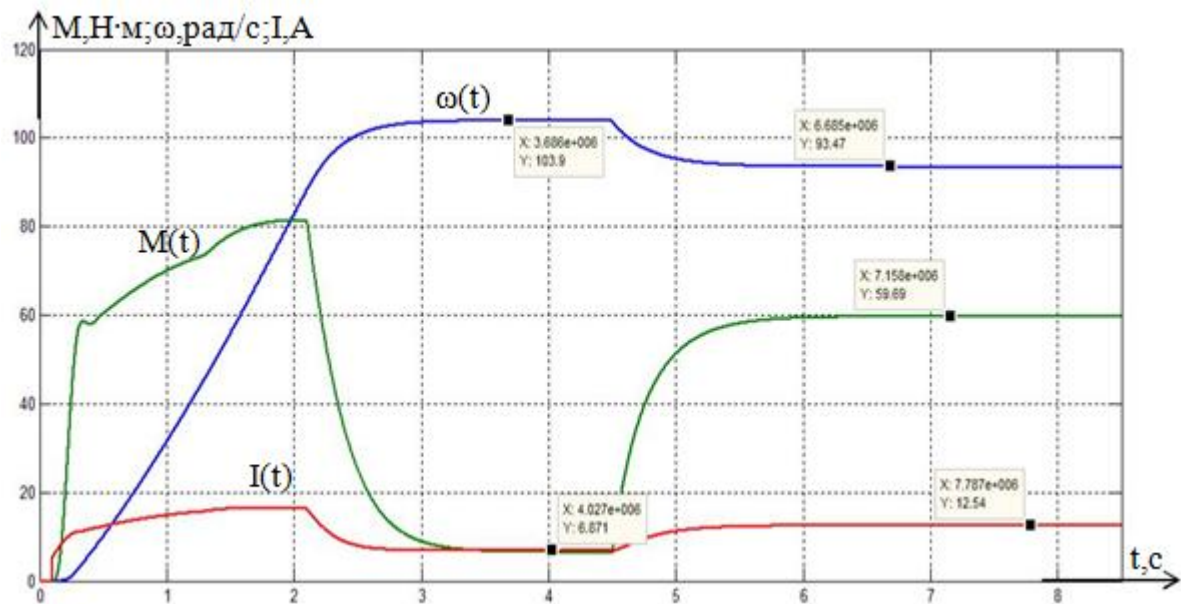


Рисунок 3.13 - Пуск та збільшення навантаження

Модель №1.

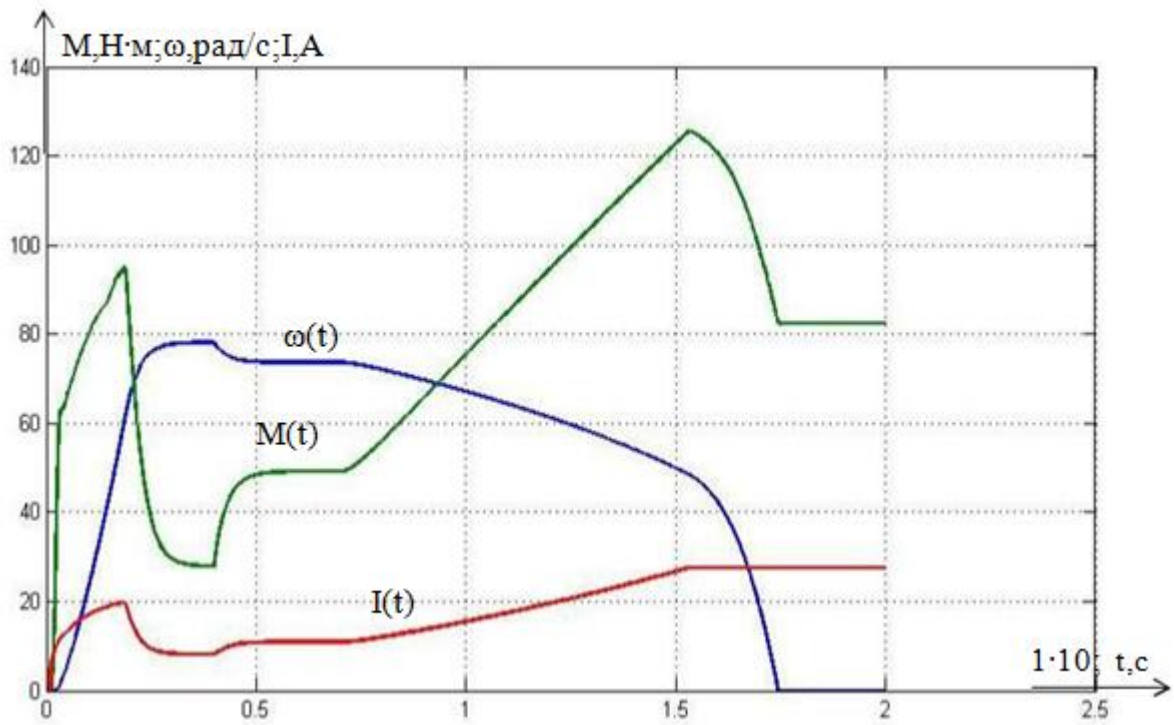


Рисунок 3.14 - Відпрацювання завдання при $U_{зс \max} = 8,9$ В, $J_{\max} = 1,374$ кг·м²

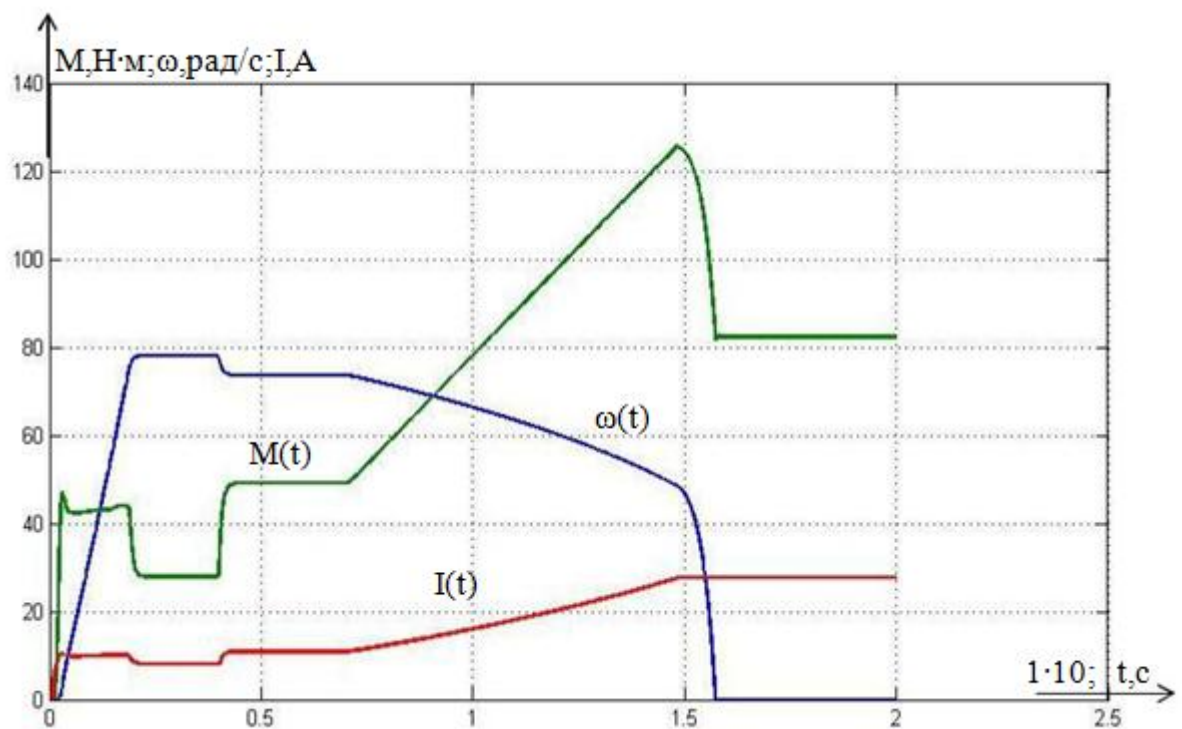


Рисунок 3.15 - Відпрацювання завдання при $U_{зс \max} = 8,9$ В, $J_{\min} = 0,337$ кг·м²

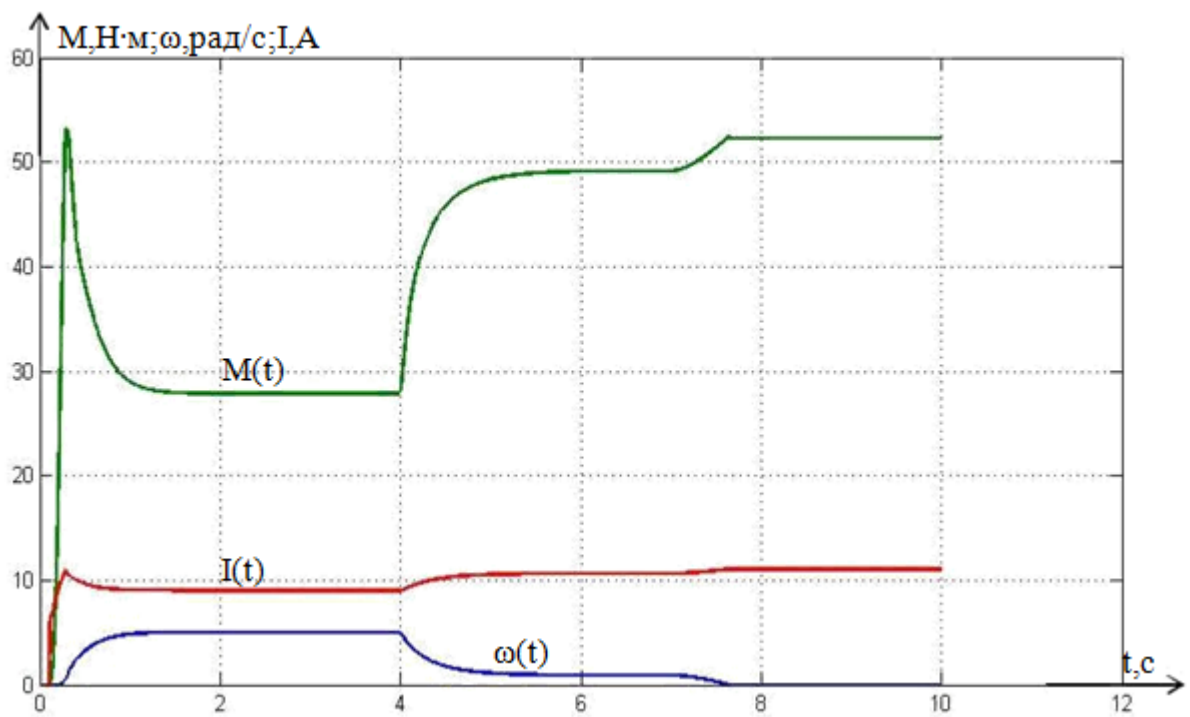


Рисунок 3.16 - Відпрацювання завдання при $U_{zc \min} = 0,89$ В, $J_{\max} = 1,374$ кг·м²

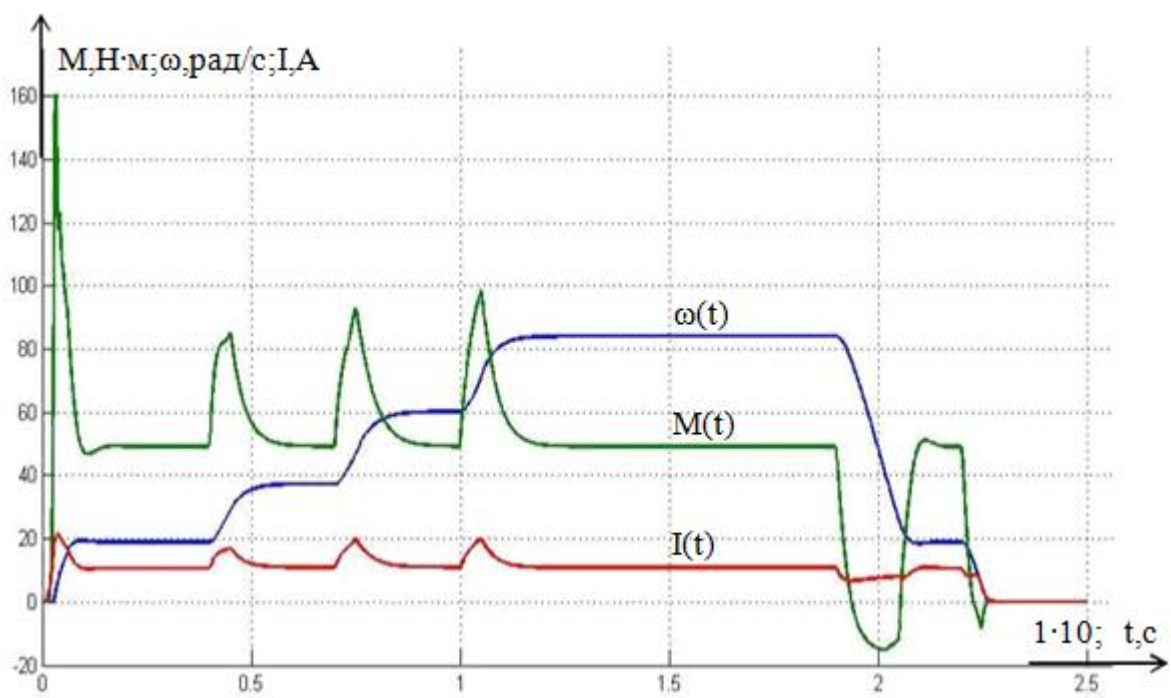


Рисунок 3.17 - Імітація робочого циклу при M_{\max} , J_{\max}

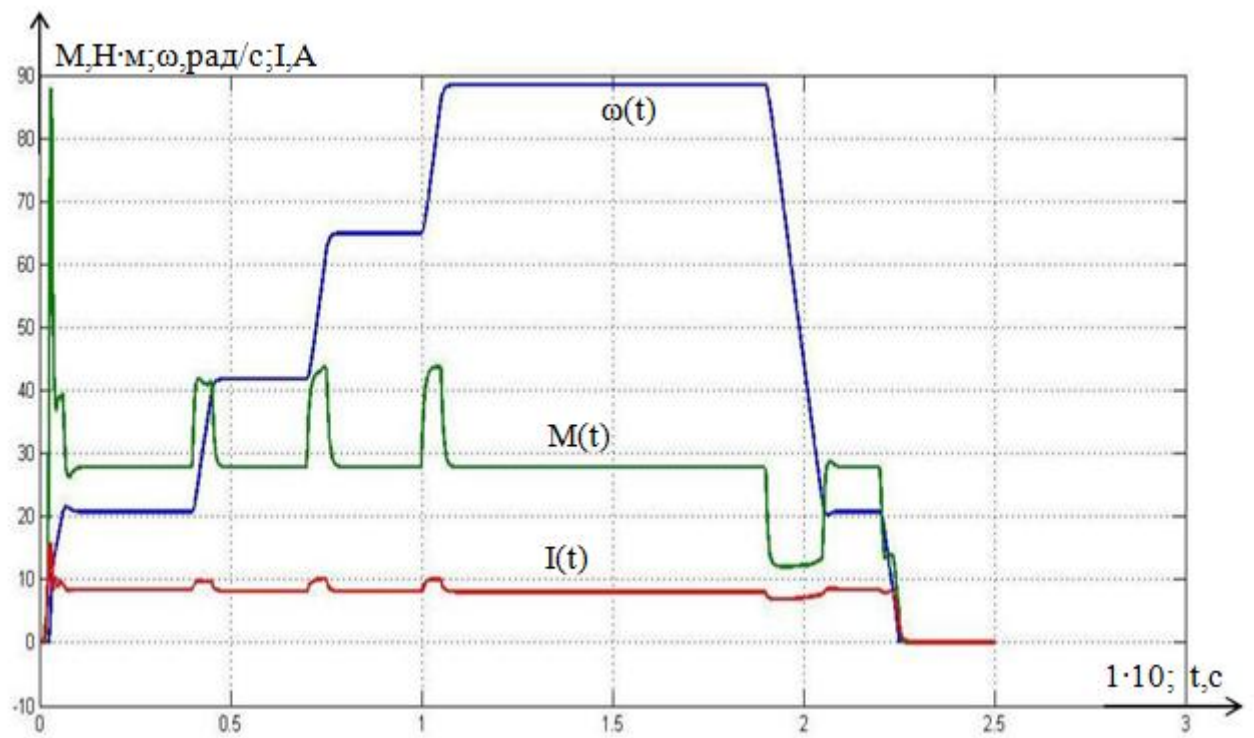


Рисунок 3.18 - Імітація робочого циклу при $M_{\text{сmin}}, J_{\text{min}}$

Модель №2

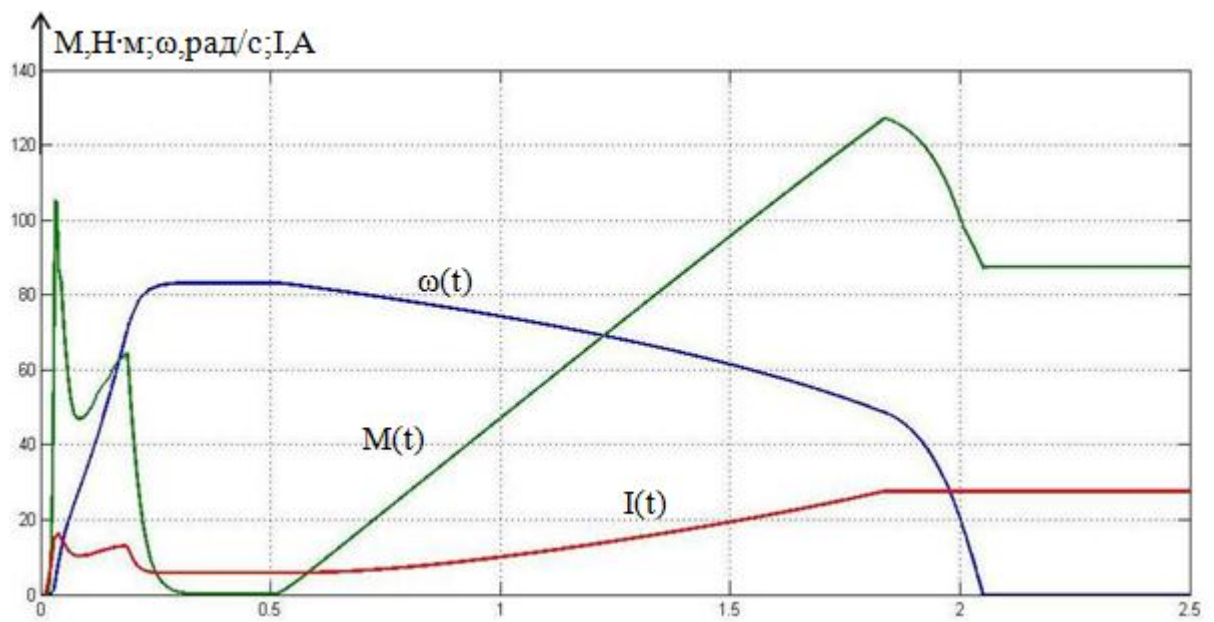


Рисунок 3.19 - Відпрацювання завдання при $U_{\text{зс max}}=8,9 \text{ В}$, $J_{\text{max}}=1,374 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

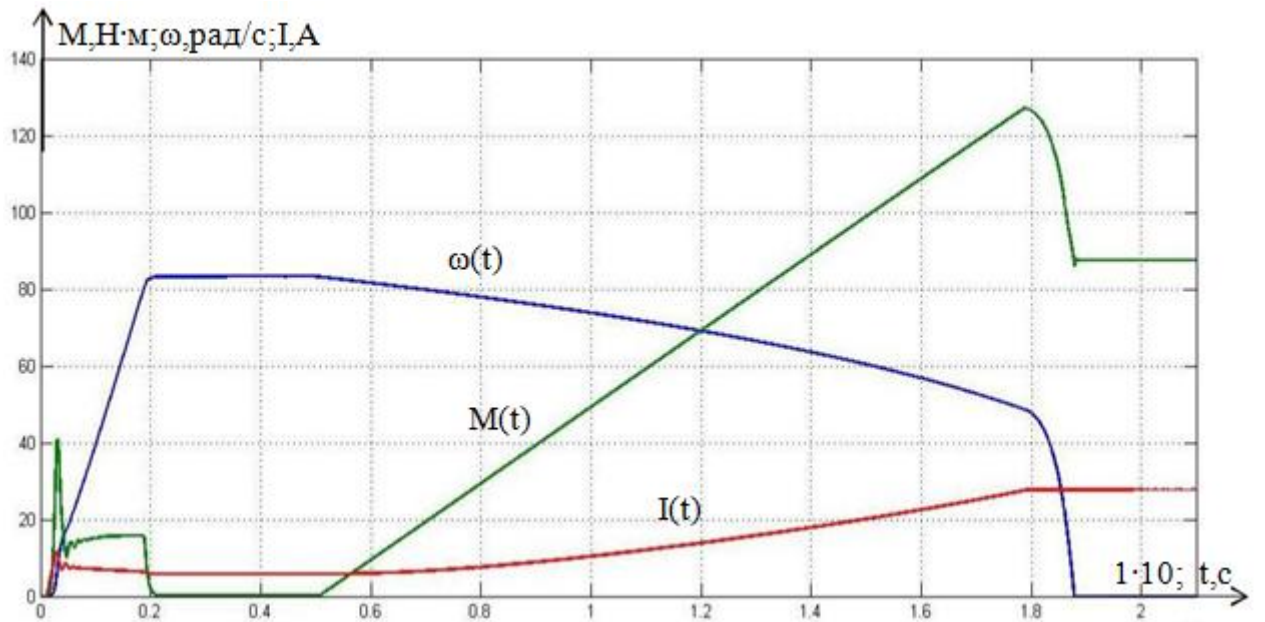


Рисунок 3.20 - Відпрацювання завдання при $U_{zc \max} = 8,9$ В, $J_{\min} = 0,337 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

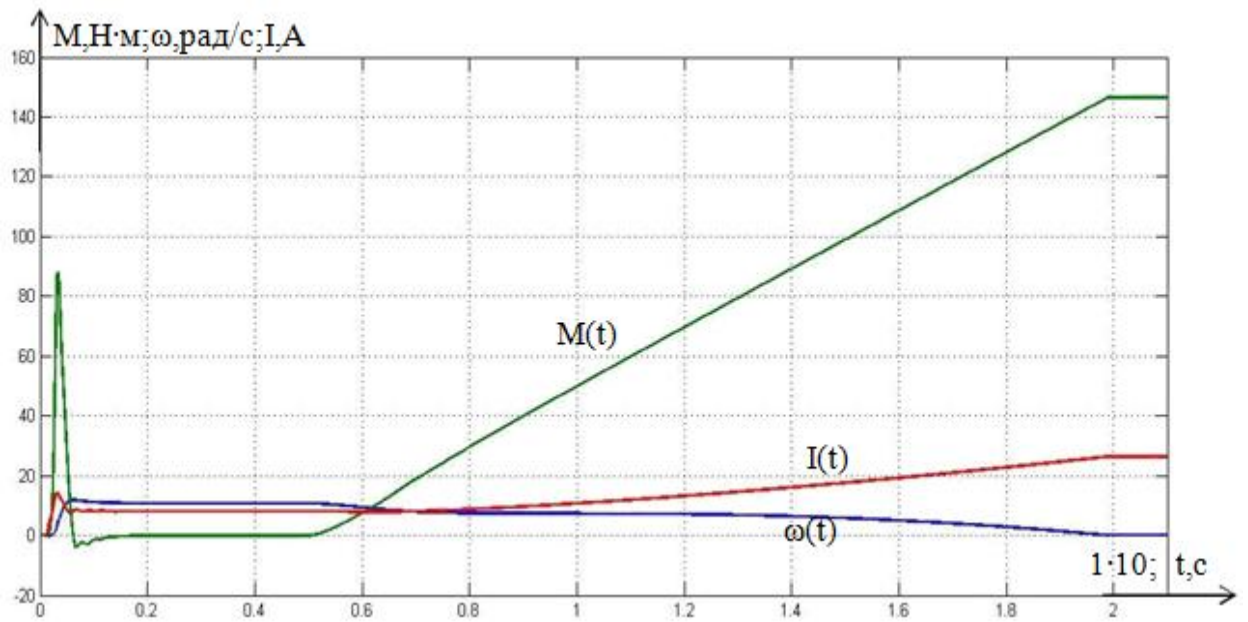


Рисунок 3.21 - Відпрацювання завдання при $U_{zc \max} = 0,89$ В, $J_{\max} = 1,374 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

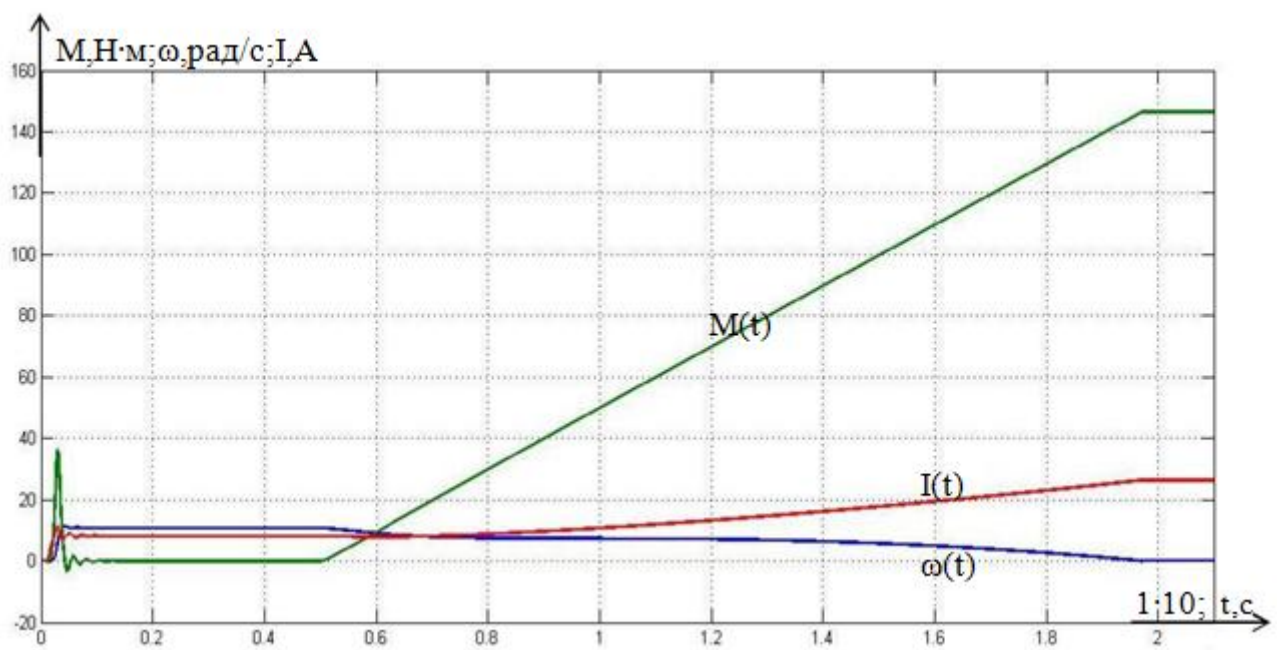


Рисунок 3.22 - Відпрацювання завдання при $U_{зс \max} = 0,89$ В, $J_{\max} = 0,337$ кг·м²

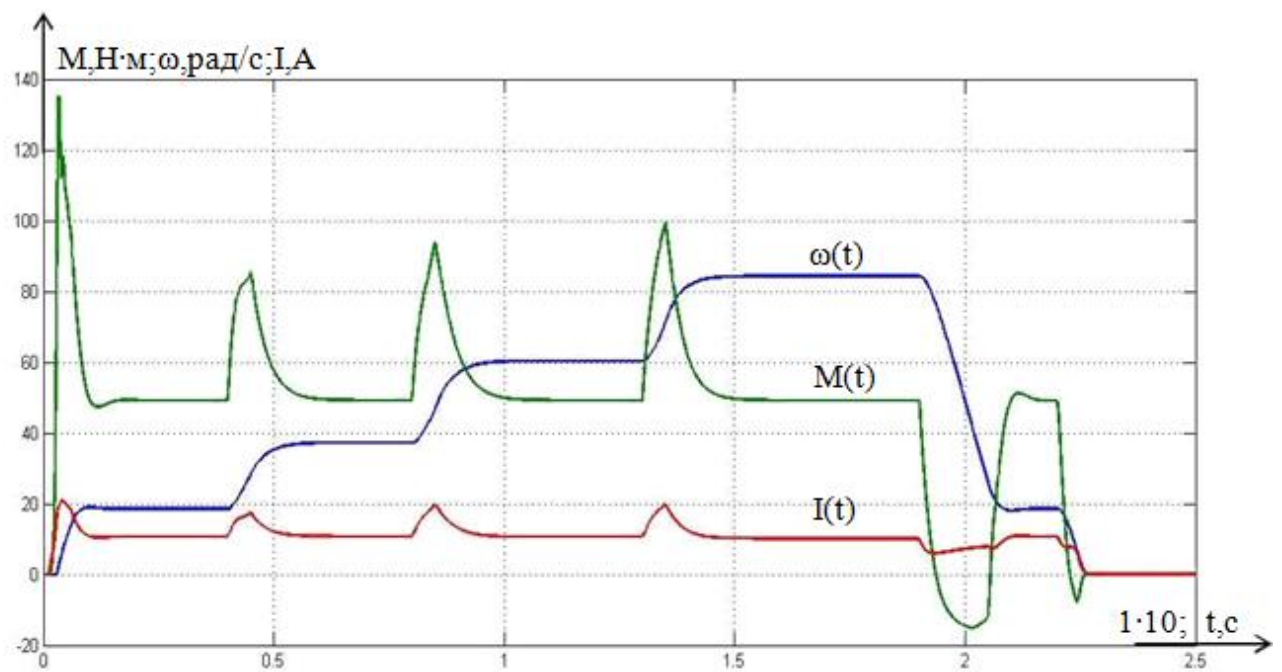


Рисунок 3.23 - Імітація робочого циклу при M_{\max} , J_{\max}

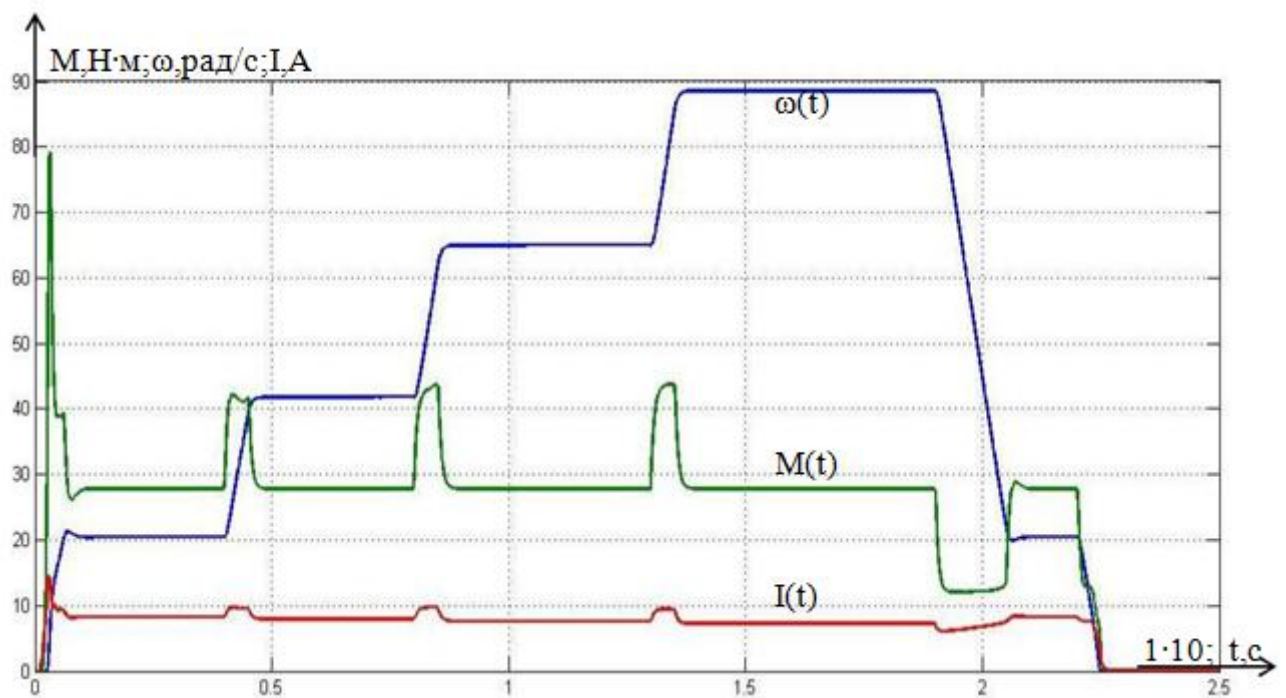


Рисунок 3.24 - Імітація робочого циклу при M_{cmin} , J_{min}

З аналізу результатів імітаційних досліджень електроприводу слід, що асинхронний електропривод з частотним скалярним керуванням, з компенсацією вольт-частотної характеристики, з IR-компенсацією та компенсацією ковзання забезпечує необхідний діапазон регулювання швидкості механізму переміщення візка мостового крана. Перехідні процеси в електроприводі протікають плавно, коливання моменту відсутні. Вузол струмообмеження забезпечує обмеження струму та моменту двигуна при перевантаженнях.

Інвертори оснащені великими алюмінієвими електролітичними конденсаторами в шині постійного струму. При нормальній роботі струм втрат конденсатора невеликий. Якщо інвертор або окремі конденсатори зберігаються довгий період часу без подачі напруги, втрачається однорідність формування. При підключенні інвертора після довгого зберігання безпосередньо до головного харчування, високий струм втрат може пошкодити інші компоненти інвертора.

Регулярне технічне обслуговування укомплектованих інверторів:

При зберіганні укомплектованих інверторів без подачі живлення, перезарядка конденсаторів повинна виконуватися, принаймні, раз на рік. Підключіть головну напругу до інвертору і підтримуйте подачу живлення близько однієї години.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Забезпечення безпеки праці при роботі мостового крана

На кранівника під час роботи крана можуть впливати небезпечні (викликають травми) і шкідливі (викликають захворювання) виробничі фактори. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори регламентуються ДСТУ 12.0.003-74

Безпека праці при підйомі і переміщенні вантажів в значній мірі залежить від конструктивних особливостей підйомно-транспортних машин і відповідність їх правилам і нормам техніки безпеки Держпраці.

До небезпечних фізичних факторів належать: рухомі машини і механізми; різні підйомно-транспортні пристрої і переміщувані вантажі; незахищені рухливі елементи виробничого обладнання (привідні і передавальні механізми, ріжучі інструменти, що обертаються і переміщаються пристосування і ін.); відлітають частки оброблюваного матеріалу та інструменту, електричний струм, підвищена температура поверхонь обладнання і матеріалів, які обробляє і т.д.

Шкідливими для здоров'я фізичними факторами є: підвищена або знижена температура повітря робочої зони; високі вологість і швидкість руху повітря; підвищені рівні шуму, вібрації, ультразвуку та різних випромінювань - теплових, іонізуючих, електромагнітних, інфрачервоних і ін. До шкідливих фізичних факторів належать також запиленість і загазованість повітря робочої зони;

Безпека та умови праці при експлуатації крана

В процесі роботи крана може статися: обрив канату, схід крана з рейки, угон крана при сильному вітрі, що може привести до серйозних наслідків.

Для виключення можливості уgonу крана при сильному вітрі, на крані встановлюється пристрій проти уgonу.

Також на крані встановлюються прилади, що включають

попереджувальний звуковий сигнал і сигнальну лампу при швидкості вітру 20 м/с і більше.

Для виключення обриву канату, при підйомі вантажу, вага якого перевищує номінальну вантажопідйомність більш ніж на 10%, передбачений обмежувач вантажопідйомності, автоматично вимикаючий механізм підйому при перевищенні номінальної вантажопідйомності, а також при збільшенні навантаження на вантажні канати вище допустимої від зсуву центру тяги грейфера, для виключення натягу і обриву канату при підйомі вантажу на неприпустиму висоту передбачений обмежувач висоти підйому.

Щоб уникнути сходу крана з рейок, в кінці шляху передбачені кінцеві вимикачі механізму пересування крана, які встановлені таким чином, що привід відключається дещо раніше, ніж відбувається контакт коліс крана з обмежувальним пристроєм. Ця відстань дорівнює половині гальмівного шляху крана.

Попереджувальні засоби обслуговуючого персоналу

З метою попередження обслуговуючого персоналу, що знаходиться в безпосередній близькості від працюючого крана, при його пересуванні включається автоматично звуковий сигнал. Також звуковий сигнал включається при пересуванні вантажного візка.

Небезпека, що виникає при знаходженні людей на проїзній будові крана, виключається за допомогою автоматичного блокування дверей під час роботи крана.

З метою безпеки доступу до механізмів, запобіжним пристроєм, електроустаткування передбачені майданчики, сходи, огорожі по конструкції і розмірам відповідають Правилам Держгіртехнагляду.

Для виключення можливості попадання людини в зону роботи механізмів, всі висувні частини механізмів і електроустаткування міцно закріплені і закриті огороженнями.

Необхідні параметри мікроклімату в кабіні кранівника

Шкідливі і небезпечні фактори, які впливають на організм людини:

- підвищена або знижена температура повітря в кабіні;
- підвищена або знижена вологість повітря;
- підвищена або знижена рухливість повітря.

Тому в кабінку керування і пульт керування, встановлені в кабіні, подається очищене (кондиційоване) повітря, для подачі якого створено кондиціонер в пожежобезпечному виконанні. Стіна, підлога, двері і стеля кабінки утеплені і звукоізовані, а також для запобігання скла кабінки від замерзання, в кабіні обладнана безпечна в пожежному відношенні опалювальна установка, що дозволяє підтримувати температуру всередині кабінки не нижче 12°C при температурі навколишнього середовища - 40°C

Вібраційна безпека при експлуатації крана

У крані має місце загальна вібрація, яка передається через опорні поверхні на тіло сидячої людини і по джерелу її виникнення є транспортно-технологічної.

Для зниження рівня загальної вібрації встановлюють амортизуючі прокладки в місцях кріплення кабінки до основної металоконструкції крана. Також можна встановити віброізолюючі сидіння, при цьому поліпшується і звукоізоляція.

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

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

Вібрація при експлуатації на робочому місці кранівника відповідає допустимим параметрам і не перевищує критичних параметрів.

Акустична безпека при роботі крана

Основним джерелом шуму при роботі крана є працюючий двигун.

Нормована характеристика - рівень звукового тиску (децибел). Людина сприймає шум при рівні звукового тиску до 100 дБ. При 100 - 120 дБ і частоті 2 - 5 Гц - утруднене ковтання. 125 - 137 дБ - летаргічний сон. 140 дБ - лопаються барабанні перетинки.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку в дБ на робочому місці кранівника крана зведені в таблицю:

| Середнього- метричні частоти, Гц | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | Рівень звуку, дБА |
|--|------|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-------------------------|
| Фактичні рівні звукового тиску, дБ | 96 | 91 | 86 | 83 | 82 | 82 | 80 | 76 | 74 | 85 |
| Допустимі рівні звукового тиску, дБ | 107 | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 69 | 80 |

Методи зменшення шуму:

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

Пожежна безпека при експлуатації крана

Небезпечними факторами пожежі, які впливають на людей, є: відкритий вогонь, іскри, підвищена температура навколишнього середовища, предметів і т.д., токсичні продукти горіння, дим, знижена концентрація кисню, що потрапляють частинки будівельних конструкцій, агрегатів, установок і т.д.

Для забезпечення пожежної безпеки мостового крана використовуються наступні заходи: вся апаратура керування розміщена в герметизованому контейнері, електродвигуни всіх механізмів мають ступінь захисту від зовнішнього середовища.

При цьому робоча t° обмоток шляхом створення запасу за струмом 10 % становить менше 140°C (t° поверхні менше 100°C).

Електроприводи кранів мають глибоке регулювання швидкостей. У зв'язку з цим, навантаження гальм мінімальна, t° гальмівних колодок в робочому режимі не перевищує допустиму, резистори обрані зі стандартних блоків з розрахунком, щоб t° поверхні активних частин не перевищувала 185°C .

З метою забезпечення пожежної безпеки, в кабіні передбачений вуглекислотний вогнегасник, який використовується з метою гасіння електропроводки і електроустаткування.

Електробезпека при експлуатації крана

До складу мостового крана входить двигун МТКН 512-6 з потужністю 55 кВт, частотою обертання 925 об/хв. Живлення здійснюється від напруги 6 кВт з ізольованою нейтраллю.

Згідно «Правилам улаштування електроустановок» (далі «ПУЕ») виконані такі групи заходів з електробезпеки:

Конструктивні заходи забезпечують захист від випадкового дотику до струмопровідних частин за допомогою їх ізоляції та захисних оболонок. Згідно з ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и

определения» у приладах II класу захисту використовується подвійна ізоляція – електрична ізоляція, що складається з робочої і додаткової ізоляції. Так як згідно з НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок» офісні приміщення у більшості своїй відносяться до класу пожежонебезпечної зони II-IIa (приміщення, в яких містяться тверді горючі речовини), тому передбачений ступінь захисту ізоляції обладнання IP44. Схемно-конструктивні заходи. Призначені для забезпечення захисту від ураження електричним струмом при дотику до металевих оболонок, які можуть опинитися під напругою в результаті аварій. Згідно з ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление» у приміщеннях галузі управління персоналом влаштовується занулення.

Мостовий кран, вантажопідйомністю 80 т, призначений для роботи в сталеплавному цеху від 3-х фазного змінного струму напругою 380 В і частотою 50 Гц. Попадання людини під напругу може статися при обриві проводу, порушення ізоляції, оголення проводів і пуску регулювальної апаратури. При огляді і техобслуговуванні крана рубильник повинен бути відключений.

Відсутність огорож від струмопровідних шинопроводів і трал, а також несправність сигнальних електроламп вказують на наявність напруги, може привести до електротравми. У разі проходження електричного струму через організм людини, він надає термічне, електролітичні дії, викликаючи місцеві і загальні електротравми.

В мостових кранах передбачено захисне заземлення, що представляє собою навмисне з'єднання з землею металевих частин обладнання, що знаходяться під напругою в звичайних умовах, але які можуть опинитися під ним в результаті порушення електроізоляції установки. Захист головних електричних ланцюгів крана здійснюється захисними пристроями з

використанням автоматичних включень з високою комутаційною захисною здатністю.

Освітленість

Виробничі будівлі, як правило, проектують з природним освітленням за нормами освітленості. Робота мостового крана відноситься до V розряду точності з $\epsilon_{\text{ср}}=2 \cdot 10^3$ с/о. Штучне освітлення буває двох типів: робоче та аварійне. При використанні електроосвітлення в цеху при роботі мостового крана незалежно від кольору фону і контрастності об'єкта з фоном приймається освітленість, що дорівнює 14 лк (робоче) і 0,5 лк (аварійне). Для робочого освітлення використовуються лампи типу 4Н-СМТ. Для аварійного освітлення використовуються лампи 6Л-ПУ-65.

Мостовий електричний кран являє собою систему, що складається з відновлюваних і не відновлюваних елементів. У разі відмови одні елементи, наприклад зубчасті напівмуфти, гальмівні накладки, можуть бути відновлені і знову введені в експлуатацію, інші, наприклад, сталевий канат, підшипники кочення, повинні бути замінені новими.

Кран може перебувати в чотирьох станах: справному, працездатному, несправному і непрацездатному. У справному стані кран виконує свої робочі функції, а також допоміжні, зокрема забезпечення зручності ремонту.

У працездатному стані кран здатний здійснювати тільки робочі функції, але у нього можуть бути незначні пошкодження.

На надійність роботи кранів впливає ступінь їх захисту від корозії. В цехах, де в якості палива застосовують кокс, кам'яне вугілля або антрацит, а також в атмосфері цехів хімічних виробництв завжди є сірчистий газ та інші шкідливі для металу речовини, що веде до посиленої корозії металу крана. У зв'язку з цим всі пошкоджені корозією частини крана фарбують. Поряд з олійними фарбами, в даний час застосовують нові захисні полімерні кошти, більш довговічні в порівнянні з відомими раніше.

Перед виведенням крана в ремонт всьому персоналу, який буде приймати те чи інше участь у ньому, необхідно прочитати правила, які стосуються ремонту крана. Вивід крана в ремонт повинен здійснюватися особою, відповідальною за утримання крана в справному стані.

Ремонт механічного та електричного обладнання кранів проводиться з метою забезпечити їх безперебійну роботу. Існують різні системи ремонту, але найбільш поширеною є система планово-попереджувального ремонту, який проводиться після закінчення певного терміну роботи обладнання, незалежно від того, помітний знос чи ні.

При зупинці крана в ремонт слід відключити вимикач крана і вийняти ключ. Над автоматом вивішують плакат «Не включати - працюють люди». Цей плакат може бути знятий лише після закінчення ремонту особою, відповідальною за його проведення.

При наявності декількох кранів на одному крановому шляху, ремонтуємий кран захищають тимчасовими тупиковими упорами з установкою сигналів - ліхтарів і прапорів [10, с. 38].

Всі пробні включення механізмів крана, під час ремонту або після закінчення, можна робити лише з дозволу і в присутності особи, відповідальної за ремонт. Дозвіл на роботу крана після ремонту видається особою, відповідальною за справний стан крана, із записом в журналі по експлуатації крана.

Ремонт ділиться на поточний, середній і капітальний. Поточний ремонт розділяється на поточний ремонт перший, поточний ремонт другий і річний ремонт. Крім того, передбачають плановий огляд устаткування крана у вихідні дні або зміни, коли кран не працює. В ході огляду перевіряють стан підшипників і реборд, кріплення муфт, зубчастих коліс, ходових коліс, регулюють гальма, перевіряють змащення редукторів і підшипників, усувають дрібні несправності, виявлені під час роботи крана.

При першому поточному ремонті очищають обладнання від пилу і бруду, замінюють зношені підшипники, гайки, болти, гальмівні стрічки, перевіряють електрообладнання і усувають пошкодження в ньому, перевіряють щільність з'єднання контактних частин, замінюють щітки електродвигунів, перевіряють стан гальмівних електромагнітів і точність підгонки їх сердечників, вимірюють ізоляцію проводів, електродвигунів та іншого електрообладнання. Мастило перевіряють і в необхідних випадках замінюють. Після огляду двигуни і контролери продувають стисненим повітрям.

При другому і річному поточних ремонтах крім робіт, які виконуються при першому поточному ремонті, проводять ремонт окремих деталей і вузлів за вказівкою кранівника, який зауважив їх ненормальну роботу.

При середньому ремонті розбирають редуктори, електродвигуни, зубчасті колеса, перевіряють і замінюють зношені підшипники, перевіряють канати і їх блоки, кріплення на барабані, заземлюючі пристрої, вимірюють повітряні зазори в двигунах і ізоляцію всіх струмоведучих частин, ремонтують електроапаратуру. Після закінчення середнього ремонту, змащують всі механізми і перевіряють їх роботу, регулювання і перевірку схем з'єднань.

Запасні частини до кранів спрямовують на відновлення зношеного або заміну застарілого обладнання. Капітальний ремонт механізмів або вузлів і апаратури, зводиться, в кінцевому рахунку, до повної їх заміни, чого не повинно бути при правильній організації середнього ремонту. Необхідно прагнути до того, щоб плановий середній ремонт всього обладнання крана витіснив капітальний ремонт.

Середній ремонт в залежності від його обсягу роблять на місці установки крана або в ремонтному цеху, а капітальний ремонт - зазвичай в ремонтному цеху.

Всякому ремонту повинна передувати підготовка до нього. При поганій підготовці, коли ряд деталей до ремонту не готовий, немає запасних деталей і креслень на них, ремонт може затягнутися на тривалий термін і викликати невиправданий простій крана.

Підготовку до ремонту починають з складання дефектної відомості, куди записують всі деталі, що мають дефекти і підлягають заміні або виправленню. Підготовляють всі необхідні для ремонту деталі, замовляють відсутні, підбирають відповідний кріпильний матеріал - болти, гайки і т.д.

Щоб скоротити терміни ремонту і простій крана, на багатьох заводах застосовують вузлову заміну частин механізму. Вузол повинен бути зібраний в такому вигляді, щоб його можна було встановити замість зношеного.

Електричне обладнання кранів найчастіше ремонтують в електроцеху заводу. На крані виконують дрібний ремонт: ізолювання кабельних наконечників, заміну котушок пускачів, гальмівних електромагнітів. Ремонт і заміну секцій кранових резисторів можна виконувати тільки в пристосованому для цього приміщенні і кваліфікованим фахівцем [13, с. 65].

ВИСНОВКИ

Виконано дипломний проект по розробці та удосконаленню мостового магнітно-грейферного крана вантажопідйомністю 10+10 т для шихтового двору сталеплавильного цеху.

В проекті було виконано розрахунки кранових механізмів з необхідними перевірками: механізму підйому грейфера; механізму пересування грейферного візка; механізму підйому електромагніту; механізму пересування крана.

В інноваційній частині проекту проведено удосконалення крана в частині електрообладнання з метою підтримки температурного режиму в шафах з електрообладнанням крана за рахунок встановлення системи охолодження з застосуванням моноблочного кондиціонера.

Розглянувши дві системи охолодження, очевидно, що з точки зору якості охолодження, перевагу ми віддали системі охолодження з застосуванням дахових вентиляторів. Перевагами даної системи є:

- селективність системи охолодження. Тобто в разі нагрівання електрообладнання однієї шафи, потужність буде збільшуватися не у всій системі охолодження, а саме на ділянці нагріву;
- селективність дозволяє також економити споживану електроенергію, так як охолодження відбувається тільки там де, це необхідно;
- в разі виходу з ладу одного кондиціонера в інших шафах тим-температурних режим буде підтримуватися;
- сумарна потужність двигунів всієї системи з даховими вентиляторами незначно більше, ніж в системі із застосуванням моноблочного кондиціонера, а ефективність даної системи очевидно вище.

На даному мостовому крані доцільно встановити систему охолодження з застосуванням моноблочного кондиціонера.

Також були розглянуті питання з охорони праці: дано загальні основи безпечних методів роботи, забезпечення нормальних умов для високопродуктивної праці співробітників, що запобігають виробничому травматизму, профзахворюванням, аваріям, пожежам на робочих місцях підприємства.

У графічній частині проекту виконані креслення загального виду мостового магнітно-грейферного крана вантажопідйомністю 10+10 т, візка магнітного в/п 10 т, механізму підйому, візка грейферного в/п 10 т, грейфера механічного, механізму пересування крану.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Авдеев В. А., Друян В. М., Кудрин Б. И. Основы проектирования металлургических заводов: Справочное издание. – М.: Интермет Инжиниринг, 2002. – 464с
2. Алієв І. І. Довідник з електротехніки та електроустаткування. – М: Фенікс, 2004 р. – 480 с.
3. Арсентьев А. И. Производительность карьеров / А. И. Арсентьев. - Санкт-Петербургский горный ин-т. СПб, 2002. - 85 с.
4. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин: Підручник /В.С. Бондарєв, О. І. Дубінець, М. П. Колісник та ін. – К.: Вища школа, 2009. – 734 с.
5. Брауде В. И., Семенов Л. Н. Надежность подъемно-транспортных машин: Учебное пособие для студентов вузов по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование». – Л.: Машиностроение, Ленинград, 1986. – 183 с
6. Бойченко Б. М., Охотський В. Б., Харлашин П. С. Конвертерне виробництво сталі: теорія, технологія, якість сталі, конструкції агрегатів, рециркуляція матеріалів і технологія: Підручник. - Дніпропетровськ: РВА «Дніпро-ВАЛ», 2006. - 454 с.
7. Державний комітет України по нагляду за охороною праці. Інтернет ресурс: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0011-98/page>
8. Коновалова Л. Л. Рожкова А. Д. Електропостачання промислових підприємств та установок. – М: Енергоатом, 1989р. – 256 с.
9. Конструкции и проектирование агрегатов сталеплавильного производства: Учебник для ВУЗов / В. П. Григорьев, Ю. М. Нечкин, А. В. Егоров, Л. Е. Никольский. – М.: МИСИС, 1995. – 512 с.
10. Александров М. П. Подъемно-транспортные машины. Изд. 6-е. Учебник для машиностр. спец. вузов. - М.: Высш. школа, 1985. 520 с.

11. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3-х томах. Т.2. Машины и агрегаты сталеплавильных цехов. Учебник для вузов / Целиков А. И., Полухин Л. И., Гребеник В. М. и др. 2-е изд. Перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1988. - 432с.
12. Металлургия стали: Учебник для ВУЗов / В. И. Явойский, Ю. В. Кряковский, В. П. Григорьев и др. – М.: Металлургия, 1983. – 584 с.
13. Охорона праці електробезпеки. Інтернет ресурс: <http://ohranatruda.in.ua/index.php?country=ua>.
14. Повышение несущей способности и долговечности сварных конструкций мостовых кранов В. Ф. Задирак, О. Н. Емельянов – 1983 г.
15. Проектування і обладнання електросталеплавильних і феросплавних цехів: Підручник / В. А. Гладких, М. І. Гасик, А. М. Овчарук, Ю. С. Пройдак. - Дніпропетровськ: «Системні технології». 2004.- 692 с.
16. Ржевский В. В. Открытые горные работы. Часть I. Производственные процессы: Учебник для вузов [Текст]. — М.: Недра, 1985
17. Рудой Л. С., Орман В. Я. Проектирование конвертерных цехов: Учебное пособие. – К: УМК ВО, 1989. – 80 с.
18. Сталеплавильне виробництво: Нав. посібник / В.І. Баптизмаський, Б.М. Бойченко, О.Г. Величко та ін. – К.: УЗМН, 1996. – 400 с.
19. Удут Л. О, Мальцева О. П. Системи управління електроприводів: Навчальний посібник. – Видавництво ТПУ, 2007р. – 152 с.
20. Федотов К. В., Никольская Н. И. Проектирование обогатительных фабрик: Учебник для вузов. — М.: Изд-во «Горная книга», 2012. — 536 с.
21. Шеховцов В. П. Довідковий посібник з електроустаткування і електропостачання. – М.: ФОРУМ: ІНФРА-М, 2008р. – 136 с.
22. Якушев А. М. Проектирование сталеплавильных и доменных цехов: Учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1984 – 215с
23. <https://budtehnika.pp.ua/6781-pdyomn-elektromagnti-greyferi.html>
24. <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28191/1>

25.<https://infopedia.su/15x13cde.html>

26.<https://infopedia.su/15x13cd7.html>

27.<http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/8646/1/krane%20monogr%202019.pdf>

ДОДАТОК
(специфікації)

[illegible]

[illegible]

КОМПАС-3D v19 Учебная версия © 2021 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

| Формат | | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|--------|--|------|------|-----------------------|----------------------|------|------------|
| | | | | | | | |
| | | | | | Документація | | |
| | | | | | | | |
| | | | | ПГМПД.21010100.000.СК | Складальне креслення | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | Складальні одиниці | | |
| | | | | | | | |
| | | | 1 | ПГМПД.21010101.000 | Підставка | 1 | |
| | | | 2 | ПГМПД.21010102.000 | Підставка | 1 | |
| | | | 3 | ПГМПД.21010103.000 | Підставка | 1 | |
| | | | 4 | ПГМПД.21010104.000 | Підставка | 1 | |
| | | | 5 | ПГМПД.21010105.000 | Опора барабана | 1 | |
| | | | 6 | ПГМПД.21010106.000 | Барабан | 1 | |
| | | | 7 | ПГМПД.21010107.000 | Кожух | 1 | |
| | | | 8 | ПГМПД.21010108.000 | Кожух | 2 | |
| | | | 9 | ПГМПД.21010109.000 | Полумуфта зубчаста | 2 | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | Деталі | | |
| | | | | | | | |
| | | | 10 | ПГМПД.21010100.010 | Шків гальмівний | 1 | |
| | | | 11 | ПГМПД.21010100.011 | Вал-вставка | 1 | |
| | | | 12 | ПГМПД.21010100.012 | Полумуфта | 1 | |
| | | | 13 | ПГМПД.21010100.013 | Прокладка | 1 | |
| | | | | | | | |
| | | | | | Стандартні вироби | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | Болти ГОСТ 7796-70 | | |
| | | 14 | | | M20-6g×90.46.019 | 4 | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

КОМПАС-3D v19 Учебная версия © 2021 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------|------|----------|-------------|--|------|------------|
| | | | | | | | 15 | | M24-6g×90.46.019 | 4 | |
| | | | | | | | 16 | | M30-6g×90.46.019 | 8 | |
| | | | | | | | | | Гайки ГОСТ 5915-70 | | |
| | | | | | | | 18 | | M20-7H5.019 | 4 | |
| | | | | | | | 19 | | M24-7H5.019 | 4 | |
| | | | | | | | 20 | | M30-7H5.019 | 8 | |
| | | | | | | | | | Шайбы ГОСТ 6402-70 | | |
| | | | | | | | 21 | | 20.65Г.05 | 4 | |
| | | | | | | | 22 | | 24.65Г.05 | 4 | |
| | | | | | | | 23 | | 30.65Г.05 | 8 | |
| | | | | | | | | | Шпонка 2-25×14×100 | | |
| | | | | | | | 24 | | ГОСТ 23360-78 | 2 | |
| | | | | | | | | | <u>Иные виды</u> | | |
| | | | | | | | 25 | | Редуктор РМ-850-40-22МУ1, и _р =40 | 1 | |
| | | | | | | | 26 | | Гальмо ТКГ-500МУ2 M _{тр} =4500 Нм | 1 | |
| | | | | | | | 27 | | Электродвигун 4МТН 280L10У1; N=75,0 кВт; n=570 об/хв | 1 | |
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | Лист | | | | | | 2 |
| | | | | | ЛГМЛД.21.01.01.00.000 СП | | | | | | |
| | | | | | Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---------------|------|------|-------------------------------|----------------------------------|------|------------|
| | | | | | | |
| Перв. примен. | | | | | | |
| | | | | Документація | | |
| | | | | | | |
| | A1 | | ПГМПД.2113.00.00.000 СК | Складальне креслення | | |
| | | | | | | |
| | | | | Складальні одиниці | | |
| | | | | | | |
| | | 1 | ПГМПД.2114.0100.000 | Механізм підйому | 1 | |
| | | 2 | ПГМПД.2114.0200.000 | Редуктор | 2 | |
| | | 3 | ПГМПД.2114.0300.000 | Механізм пересування | 1 | |
| Справ. № | | 4 | ПГМПД.2114.0400.000 | Рама | 1 | |
| | | 5 | ПГМПД.2114.0500.000 | Огородження | 1 | |
| | | 6 | ПГМПД.2114.0600.000 | Дробина | 2 | |
| | | 7 | ПГМПД.2114.0700.000 | Кінцевий вимикач | 1 | |
| | | 8 | ПГМПД.2114.0800.000 | Буфер | 4 | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | Стандартні вироби | | |
| | | | | | | |
| | | 9 | | Болт М20-8gx8058 ГОСТ 7796-70 | 8 | |
| | | 10 | Гайка М20-7H5 ГОСТ 5915-70 | 8 | | |
| | | | Шайба 20.65Г ГОСТ 6402-70 | 8 | | |
| | | 11 | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| Подп. и дата | | | | | | |
| | | | | | | |
| Инв. № дубл. | | | | | | |
| | | | | | | |
| Взам инв. № | | | | | | |
| | | | | | | |
| Подп. и дата | | | | | | |
| | | | | | | |
| Инв. № подл. | | | | | | |
| | | | | | | |
| Изм. / лист | | | | | | |
| | | | | | | |
| Разработ. | | | | | | |
| | | | | | | |
| Пров. | | | | | | |
| | | | | | | |
| Н.контр. | | | | | | |
| | | | | | | |
| Утв. | | | | | | |
| | | | | | | |
| Лист | | | | | | |
| | | | | | | |
| Листов | | | | | | |
| | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | </ |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|

[illegible]

[illegible]