Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні ЗНУ
Кафедра металургійного обладнання

# ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему «Удосконалення конструкції механізму пересування ливарного мостового крану 125/30»

Виконав: студент групи 6.1331
Паскалов Артур Дмитрович _____
(ПІБ) (підпис)

спеціальності 133 Галузеве машинобудування»
(шифр і повна назва)

спеціалізація
_____
(шифр і повна назва)

освітньо-професійна програма
133.00.12 Металургійне обладнання
(шифр і повна назва)

Керівник Шевченко І.А. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Н.контроль Васильченко Т.О. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя – 2025 року

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет Інженерний навчально-науковий інститут ім.Ю.М. Потебні
Кафедра Металургійного обладнання
Рівень вищої освіти бакалавр
(перший (бакалаврський) рівень)
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
(шифр і повна назва)
Спеціалізація
(шифр і повна назва)
Освітньо-професійна програма Галузеве машинобудування
(шифр і повна назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**
Завідувач кафедри А.О.Влас
"__" _____ 20

# ЗАВДАННЯ
## ДО ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

Паскалов Артур Дмитрович

1.Тема роботи: «Удосконалення конструкції механізму пересування ливарного мостового крану 125/30»

керівник роботи Шевченко І.А., к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання
затверджені наказом вищого навчального закладу від 27.12.2024 №2
2. Термін подання студентом роботи: 01.06.2025
3. Вихідні дані до роботи: Об'єкт розробки – механізм пере ливарного мостового крану 125/30; умови праці – тяжкі.
4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які п розробити): 1. Загальна частина; 2. Спеціальна частина; 3. Експлуа частина; 4. Охорона праці та техногенна безпека; Висновки; використаних джерел.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових План мартенівського цеху; Ливарний мостовий кран; Механізм пере моста; Електромеханічні гальма; Ходове колесо ливарного крана; мащення механізму переміщення моста.
6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| 1 | Шевченко І.А., доцент | | |
| 2 | Шевченко І.А., доцент | | |
| 3 | Шевченко І.А., доцент | | |
| 4 | Шевченко І.А., доцент | | |
| | | | |

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| №п/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітки |
|---|---|---|---|
| 1 | Збір матеріалу для роботи | 13.05.2025-20.05.2025 | |
| 2 | Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань кваліфікаційної роботи | 21.05.2025-27.05.2025 | |
| 3 | Виконання теоретичної частини роботи | 26.05.2025-29.05.2025 | |
| 4 | Виконання графічної частини роботи | 30.05.2025-05.06.2025 | |
| 5 | Написання та оформлення пояснювальної записки | 06.06.2025-10.06.2025 | |
| 6 | Перевірка кваліфікаційної роботи консультантом | 11.06.2025-13.06.2025 | |
| 8 | Оформлення кваліфікаційної роботи | За графіком | |
| 9 | Захист проекту у ДЕК | За графіком | |
| | | | |

Студент _____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Шевченко І.А.
( підпис) (прізвище та ініціали)

# АНОТАЦІЯ

Паскалов А.Д. Удосконалення конструкції механізму пересування ливарного мостового крану 125/30.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти бакалавра за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування, науковий керівник І.А. Шевченко. Інженерний навчально-науковий інститут запорізького національного університету ім. Ю.М. Потебні ЗНУ, кафедра «Металургійне обладнання», 2025.

В роботі розглянуті конструктивні особливості механізму переміщення мостового ливарного крану 125/30 ділянки пічного прольоту мартенівського цеху ПАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь»», аналіз заходів щодо удосконалення та запропоновано варіант удосконалення його електроприводу. Виконано необхідні розрахунки, що обґрунтовують запропоноване удосконалення. Наведені основні заходи щодо забезпечення безпечних умов праці персоналу.

Ключові слова: ЛИВАРНИЙ КРАН, МЕХАНІЗМ ПЕРЕМІЩЕННЯ, ВАНТАЖОПІДЙМНІСТЬ, ВИСОТА ПІДЙОМУ, ШВИДКІСТЬ ПІДЙОМУ ВАНТАЖУ, ПРИВОД, РЕДУКТОР, ВАЛ.

# ABSTRACT

Paskalov A.D. Improvement of the design of the mechanism for moving the foundry bridge crane 125/30.

Qualification final work for obtaining a bachelor's degree in specialty 133 - Industrial mechanical engineering, scientific supervisor I.A. Shevchenko. Engineering Educational and Scientific Institute of Zaporizhzhia National University named after Yu.M. Potebnia ZNU, Department of "Metallurgical Equipment", 2025.

The work considers the design features of the mechanism for moving the bridge crane 125/30 of the furnace span section of the open-hearth shop of PJSC "Metallurgical Plant "Zaporizhstal"", analyzes improvement measures and proposes a variant of improving its electric drive. The necessary calculations are performed to substantiate the proposed improvement. The main measures for ensuring safe working conditions for personnel are given.

Keywords: FOUNDRY CRANE, MOVING MECHANISM, LOAD LIFTING CAPACITY, LIFTING HEIGHT, LOAD LIFTING SPEED, DRIVE, REDUCER, SHAFT.

ЗМІСТ


ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ……. 6

ВСТУП ……... 7

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА ……. 8

1.1 Мартенівське виробництво ……. 8

1.2 Структура виробництва ПАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь»»…… 10

1.3 Обладнання та вантажопотоки мартенівського цеху ПАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь»» ……. 12

1.4 Місце ливарного крану в технологічному процесі та особливості конструкції …….. 19

1.5 Особливості конструкції та основні механізми ливарного крану ….. 22

1.6 Технічні рішення щодо удосконалення конструкції механізму пересування ливарного мостового крану ……... 26

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА ……. 30

2.1 Стисла технічна характеристика та опис мостового ливарного крану .. 30

2.2 Аналіз недоліків та відмов ливарного крану ……. 32

2.3 Аналіз конструкцій гальм механізму переміщення крану …… 35

2.6 Опис проекту модернізації …… 44

2.7 Розрахунок механізмів переміщення крану …….. 47

3 ЕКАСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА …….. 60

3.1Технічне обслуговування ливарного крана ……... 60

3.2 Характерні види відмов ливарного крана і їх ремонтопридатність ….. 65

3.3 Заходи по підвищенню довговічності і надійності основних деталей та вузлів ливарного крана ……. 67

3.4 Вибір систем змащення і мастильних матеріалів для тертьових деталей ливарного крана ……. 67

3.6 Підготовка до капітального ремонту ливарного крана ……... 68

3.7 Проект організації капітального ремонту ливарного крана ……... 70

3.8 Технологічні розрахунки …… 76

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА ЕЗПЕКА …… 83

4.1 Аналіз виробничого процесу в мартенівському цеху ПАТ 83

«Металургійний комбінат «Запоріжсталь»» ……
4.2 Шкідливі та небезпечні фактори, які діють на робітника ……... 85
4.3 Заходи безпеки та охорони праці …… 89
4.4 Нормативно-правова база …….. 95
ВИСНОВКИ …….. 96
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…….. 97
СПИСОК ВИКОНАНИХ КРЕСЛЕНЬ …… 101
ДОДАТКИ ……. 102

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНЧЕНЬ

| | |
|---|---|
| $Q$ | вантажопідйомність |
| $h$ | висоту підйому вантажу |
| $V$ | швидкість |
| $n$ | частота обертання |
| $L$ | проліт крана |
| $l$ | база крана |
| $G$ | вага |
| $P$ | зусилля на ходові колеса |
| $R$ | тиск на ходові колеса |
| $W_f$ | опір пересуванню |
| $f$ | коефіцієнт тертя |
| $\mu$ | коефіцієнт тертя кочення |
| $\psi$ | коефіцієнт навантаження двигуна |
| $\eta_{мех}$ | КПД механізму |
| $D$ | діаметр ходового колеса |
| $U$ | передаточне відношення |
| $M$ | крутний момент |
| $R$ | радіус ходового колеса |
| $\sigma_в$ | границя міцності |
| $\sigma_т$ | границя текучості |
| $E_{пр}$ | модуль пружності |
| $S$ | коефіцієнт запасу міцності |
| $d$ | діаметр ролика |
| $C$ | динамічна вантажопідйомність вальниці |
| $C_0$ | статична вантажопідйомність вальниці |
| $F_{екв}$ | еквівалентне навантаження |
| $L_n$ | номінальна довговічність в годинах |
| $z$ | число зубів |
| $m$ | модуль зачеплення |
| $\sigma_{зм}$ | напруження зминання |
| $d_1$ | внутрішній діаметр різі болта |

# ВСТУП

Сучасне сталеплавильне виробництво – це складний комплекс технологічного, енергетичного та транспортного обладнання

Розливні мостові крани є основним підйомно-транспортним устаткуванням, яке використовується на металургійних підприємствах для транспортування, заливки і розливання рідкого металу. Здебільшого вони застосовуються для заливки розплавленого чавуну в конвертери або в завантажувальний проліт електричної печі, а також для транспортування ківша з розплавленою сталлю на приймальний пристрій або для транспортування розплавленої сталі на установку піч-ківш для подальшого рафінування металу.

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. Крім експлуатаційних і технологічних причин відмов (нерегламентовані обслуговування, порушення правил експлуатації тощо) причинами можуть служити конструктивні недосконалості кранових вузлів.

Об'єкт удосконалення: механізм пересування ливарного мостового крану ділянки пічного прольоту мартенівського цеху ПАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь»».

Мета роботи – удосконалення конструкції механізму пересування ливарного мостового крану 125/30 з метою зменшення витрат на ремонт і обслуговування.

Кваліфікаційна робота складається з вступу, 4 розділів, висновків та списку використаної літератури. Загальний обсяг роботи 100 сторінок, 22 рисунків, 5 таблиць та список використаних джерел з 33 позиції.

# 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

## 1.1 Мартенівське виробництво

Ця технологія починає (рис.1.1) свою історію із середини XIX століття. Назва процесу походить від прізвища французького інженера і металурга П'єра Еміля Мартена, який створив плавильну піч такого зразка у 1864 році. До сімдесятих років XX століття мартен був основним способом виробництва сталі. У наші дні його витіснили киснево-конвертерний і електросталеплавильний способи [2].

Інгредієнти для приготування залишилися такі самі - чавун, сталевий брухт, залізна руда, флюси і легувальні добавки. Головна відмінність від конвертерного виробництва полягає в тому, що виплавити сталь у мартені неможливо без палива - природного газу.

Мартенівська піч схожа на величезну ванну, зсередини викладену вогнетривкою цеглою. Над ванною - склепінчаста стеля. Знизу - подина. У передній стінці печі є вікна для завантаження інгредієнтів. У задній стінці розміщені отвори для випуску металу і шлаку. Щоб сталь не витекла завчасно, випускні отвори забивають корком із вогнетривкої глини.

Мартени бувають різних розмірів. У них можна виплавити від декількох тонн до декількох сотень тонн сталі. Тривалість плавки залежить від маси розплаву і частки металобрухту в шихті. Весь процес триває 6…8 годин.

Плавка складається з декількох етапів. Спочатку в спеціальні короби - мульди - завантажують брухт, руду і вапно. Завалювальна машина доставляє шихту до вікон і завантажує сировину, а потім їх закривають товстими сталевими засувами.

Скрап нагрівають розпеченою сумішшю природного газу і повітря до температури 1300…1400 °С. Тим часом у ковші підвозять гарячий рідкий чавун і через жолоб заливають у піч.

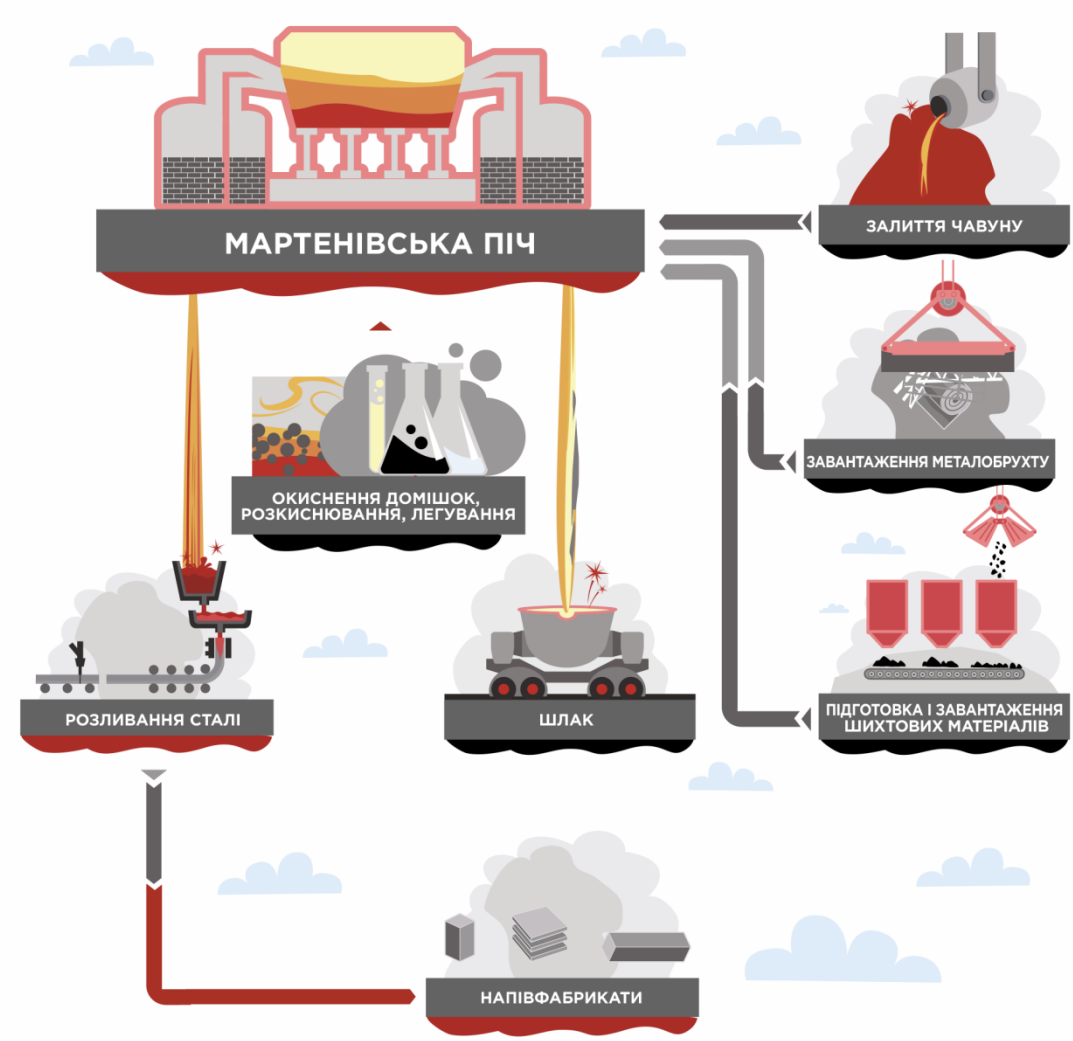



Рисунок 1.1 – Мартенівське виробництво [2]

Етап плавки - це розплавлення брухту, розкладання вапняку і розчинення оксидів заліза в шлаку, окиснення домішок шихти. Під час нагрівання з розплаву стрімко виділяються гази, і він починає фонтанувати. Щойно метал «заспокоюється», плавка завершується.

Наступний етап - доведення і розкиснювання металу. Від того, наскільки правильно відбуваються ці процеси, залежить якість готової сталі. Сплав доводять до кондиції: при нагріванні металу видаляються гази і неметалеві сполуки, вуглець окиснюється. Вміст сірки та фосфору зменшується.

Після цього метал розкиснюють і за необхідності легують. За цей час сталевар через оглядові вікна декілька разів бере експрес-проби. Великою

сталевою «ложкою» зачерпує метал і перевіряє його на вміст шкідливих домішок, щоб скоригувати хімічний склад. Продукт готовий. Сталь із сталевипускного отвору в печі виливають у ківш. Далі з ковша її розливають у менші за розміром ємності - виливниці, або використовують машини безперервного лиття, щоб зробити готові напівфабрикати. Після того як зливок у виливниці затвердіє, його обробляють на обтискних станах - роблять заготівку, яка згодом перетвориться на металопродукцію.

## 1.2 Структура виробництва ПАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь»»

ПАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь»», спільне підприємство Групи Метінвест - комбінат з повним металургійним циклом, одне з найбільших промислових підприємств України. Продукція комбінату користується попитом на внутрішньому ринку і успішно продається для багатьох країн світу, а чистий річний прибуток комбінату регулярно перевищує мільярд гривень.

Спеціалізація Запоріжсталі - високоякісний гарячекатаний рулон і лист, холоднокатаний лист, рулон з вуглецевих і низьколегованих сталей, а також сталева стрічка, чорна жерсть, товарний чавун, товарні сляби.

Структура виробництва на ПАТ «Запоріжсталь» надано на рис.1.2.

Основними цехами комбінату є наступні: агломераційний цех, доменний цех, мартенівський цех (рис.1.3), цех гарячої прокатки, цех холодної прокатки, цех підготовки составів, енергетичні підрозділи,транспортні підрозділи.

Виробництво чавуну ведеться на 4-х доменних печах. Щорічний обсяг металу, що виплавляється, може перевищувати 4 млн. тонн. Завдяки якісно підготовленій шихті чавун запорізьких металургів відрізняється зниженим вмістом шкідливих домішок сірки та фосфору. Після виплавки частина чавуну відправляється в мартенівський цех для переплавки в сталь, інша

частина надходить у ливарний цех або на розливні машини для одержання товарного чавуну [1].

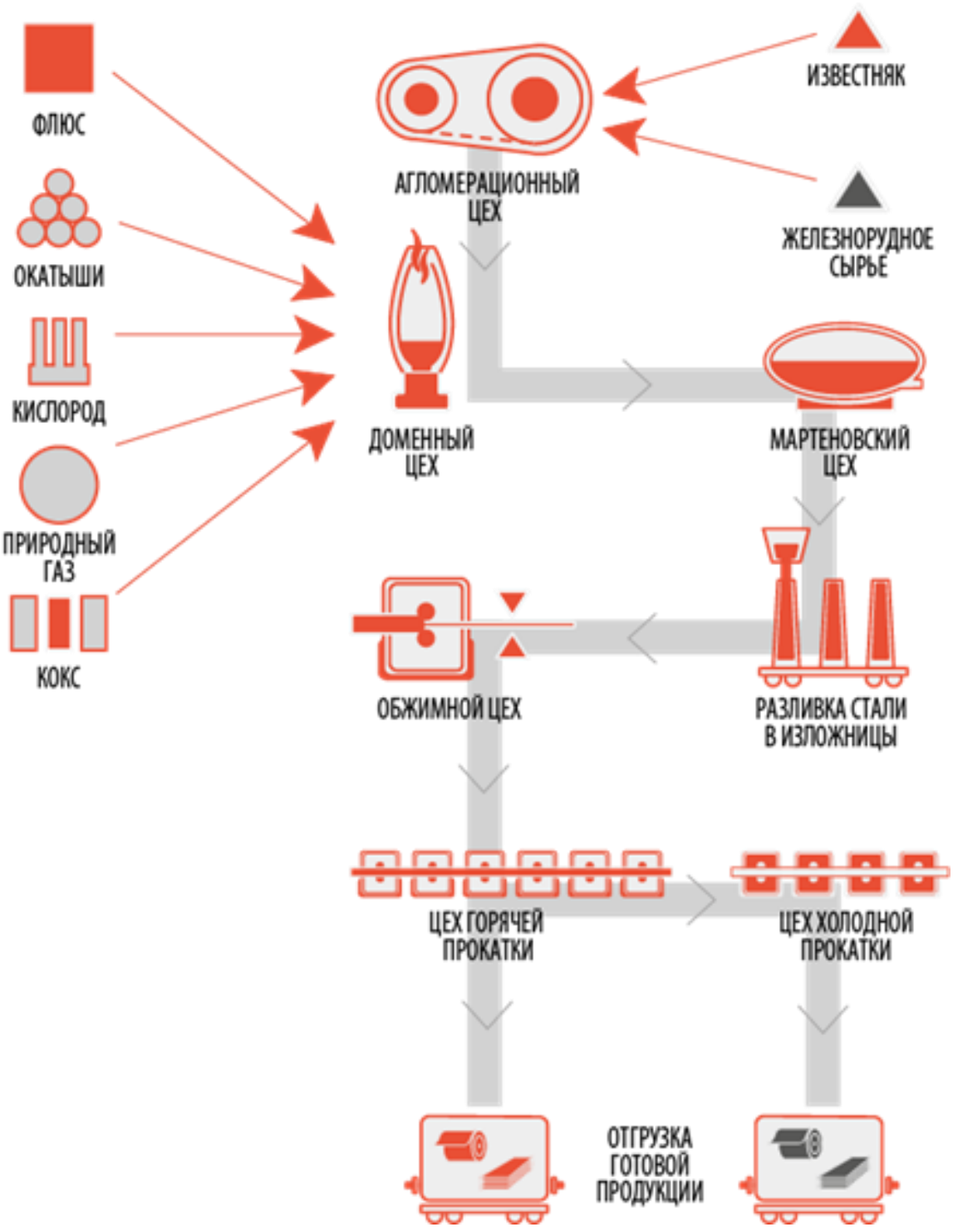



Рисунок 1.2 – Структура виробництва на ПАТ «Запоріжсталь» [1]

Сьогодні на меткомбінаті виплавка сталі ведеться на 7 мартенівських печах та у двованному сталеплавильному агрегаті (ДСА). Їхня сумарна проектна потужність – 4,3 млн. тонн сталі на рік. Сталь розливається в злитки масою до 18,6 т, які використовуються для виробництва листового прокату.

Сталеплавильний процес ведеться скрап-рудним способом, а в якості палива для мартенівських печей використовується природний газ [1].



Рисунок 1.3 - Мартенівський цех

## 1.3 Обладнання та вантажопотоки мартенівського цеху ПАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь»»

До складу мартенівського цеху ПАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь»» (рис.1.4) входить кілька підрозділів, серед них міксерне відділення, шихтовий двір, пічний та розливний проліт, відділення підготовки складів, стриперне відділення та склад. Сьогодні на меткомбінаті

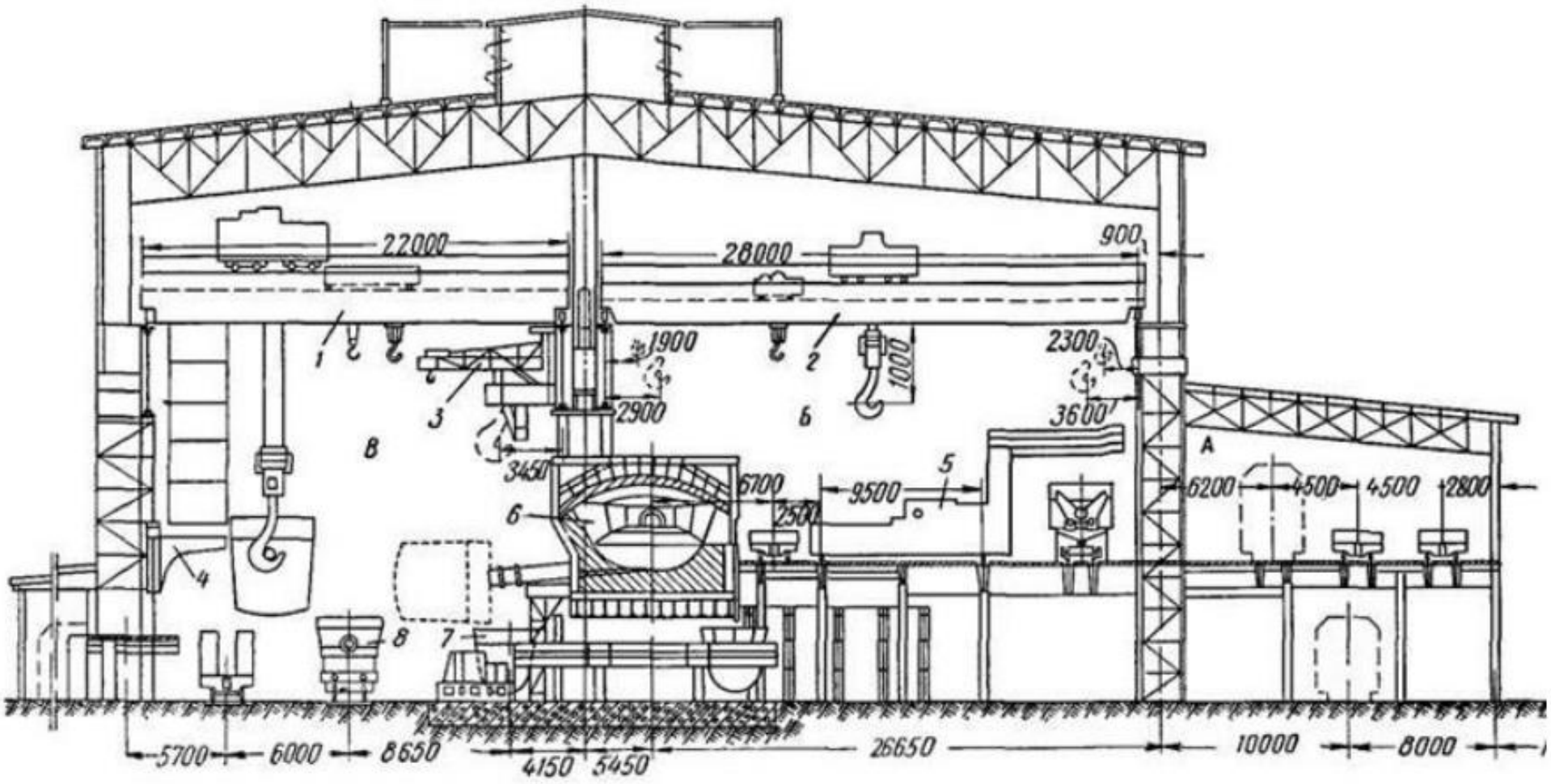
виплавка сталі ведеться на 7 мартенівських печах та у двованному сталеплавильному агрегаті (ДСА). Їхня сумарна проектна потужність – 4,3 млн. тонн сталі на рік. Сталеплавильний процес ведеться скрап-рудним способом, а в якості палива для мартенівських печей використовується природний газ [2, 3].

Міксерне відділення призначене для приймання, зберігання і видачі з печі чавуну, що поступає з доменного цеху. Міксери призначені для усереднювання хімічного складу чавуну, утримання температури чавуну на рівні 1300-1350°С.

Міксери призначені для усереднення хімічного складу чавуну, утримання температури чавуну на рівні 1300…1350 $^{0}$С. Передбачено також скачування (відділення) шлаків. Обігріваються міксери природним газом. Чавун з доменного цеху доставляється в ковшах ємністю 100т., ковші піднімаються заливальним кранами й зливаються в міксери через отвір у верхній частині. Отвір закриваються кришками.

Рідкий чавун у чавуновізних ковшах надходить із доменного цеху до міксерного відділення, де за допомогою спеціального мостового крана його заливають у 1300-тонний міксер. Для безперебійної подачі рідкого чавуну в мартенівські печі встановлені два міксери, розташовані в окремій будівлі. З міксерного відділення рідкий чавун у чавуновозах подається електровозом естакадою на робочий майданчик пічного прольоту. У печі чавун заливають через вікна на підвісному жолобу за допомогою крана заливки вантажопідйомністю 125/35 т [3].

Вони призначені для зберігання запасу рідкого чавуну, що необхідно для забезпечення незалежності роботи сталеплавильного цеху від доменного цеху. Будівля міксерного відділення має висоту приблизно 35 м, оскільки мають збігатися рівні робочих майданчиків міксерів і мартенів або конвертерів.




А - шихтовий відкрилок; Б - пічний проліт; В - розливний проліт;

1 - розливний кран вантажопідйомністю 320/50/15 т; 2 - заливальний кран вантажопідйомністю 125/30 т;

3 - настінний консольний кран, 7,5 т; 4 - пересувний консольний поворотний кран вантажопідйомністю 1,5 т;

5 - завалочна машина, 7,5 т; 6 - мартенівська піч 500 т; 7 - сталерозливний ківш ємністю 250 т; 8 - шлаковий ківш.

Рисунок 1.4 - Розріз головної будівлі мартенівського цеху

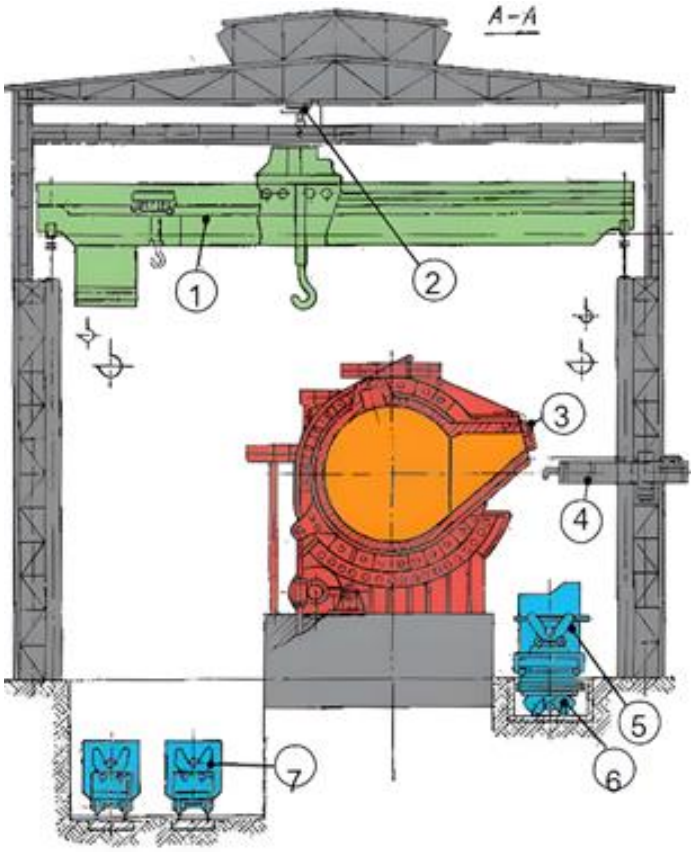
У міксерному відділенні (рис.1.5) розташоване таке обладнання:

– міксерна установка з механізмами відкривання накривок заливного отвору та випускного носка міксера, а також з механізмом повороту міксера;

– міксерний кран вантажопідйомністю 180+50 т або 125+35 т;

– машини для скачування шлаку із міксера та ковшів;

– залізничні ваги для зважування чавуну у ковшах.




1 - спеціальний міксерний кран; 2 - монорейковий візок для ремонтних робіт; 3 - стаціонарний міксер; 4 - машина для скачування шлаку з міксера; 5 - самохідні чавуновози для подавання чавуну до конвертерів; 6 - ваги для зважування чавуновоза; 7 - чавуновоз із доменного цеху

Рисунок 1.5 - Будова міксерного відділення

Шихтовий двір призначений для приймання, зберігання і видачі на печі металобрухту і сипких матеріалів (вапно, вапняк, руда, окалина, доломіт, магнезит). Розташований в окремій будівлі та обладнаному грейферним та

магнітним кранами. Обладнаний десятьма кранами для розвантаження й навантаження матеріалів (8 магнітних й 2 грейферних), двома рухливими площадками для розвантаження матеріалів з вагонів, ями для сипучих матеріалів і металобрухту.

З шихтового відділення матеріали подають до мартенівських печей мульдами місткістю 3,3 $м^3$, встановлених на спеціальних візках, що утворюють склади. По дорозі візки зважують на залізничних терезах. Завантажують шихту в піч завалочними машинами для підлоги з вантажопідйомністю 7,5 т.

У пічному прольоті (рис.1.6) розташовані: дев'ять печей, у тому числі: один двох ванний сталеплавильний агрегат 2×250 т; одна 250-тонна трьох канальна; сім 500-тонних одно канальних; вісім підлогових машин завалки вантажопідйомністю 7,5-10 т. 3; сім заливних кранів вантажопідйомністю 125/30т.; чотири заправні машини; ділянка розкислювачів (зі східного боку цеху); дві торкрет машини. Ширина пічного прольоту 25м, довжина - 470м В пічному прольоті проходять дві залізничні колії для подачі складів з мульдами і ковшів з чавуном і один для пересування завалочних машин уздовж фронту печей. Феросплаві подають в пічний проліт в саморозвантажних контейнерах ємністю 4 $м^3$ на мульдових візках і засипають в металеві бункери ємністю 60 $м^3$. Заправні матеріали транспортують в переносних бункерах, пристосованих для установки на заправні машини стрічкового типу.

Розливний проліт призначений для розливання сталі, підготовки ковшів, жолобів, шиберів, шлакового прибирання.

У розливному прольоті є 4 розливних площадки, 10 розливних кранів $Q$=320/85/15 т, три консольних крани $Q$ =7,5 т для розкислювачів і перевезення шиберів, 27 розливних ковшів $Q$=250 т, 40 шлакових чаш $V$=16 куб.м, торкрет-ділянка, ділянка підготовки шиберів, дві ділянки підготовки сталевипускних жолобів, ділянка наливний футеровки ковшів.



Рисунок 1.6 - Пічний проліт у мартенівському цеху комбінату “Запоріжсталь”

З мартенівської печі готову сталь випускають у розливному прольоті по роздвоєному жолобі в сталерозливні 250-тонні ковші, що стоять на стендах.

Розливання сталі, у значній мірі визначальна якість злитка. Із процесом розливання сталі нерозривно зв'язано ряд операцій по підготовці ринв і ковшів, обробленню й закладенню стале випускного отвору й т.п., а також роботи зі збирання продуктів плавки - злитків в виливницях і шлаків.

У мартенівському цеху комбінату «Запоріжсталь» сталь розливається сифонним способом, причому розливаються всі спокійні й низьколеговані марки стали, сталь хімічно закупорена типу 5ГПС й 1-3нсз, 08нсз, 10-20нсз.

Розливання сифонним способом - через центрову наповнюється відразу чотири виливниці. Розливання провадиться в состави; у кожному составі - 5 візків, на яких перебувають по 4 виливниці й центрові. Виливниці застосовуються наступних типів XV, 1Б, 2Б, 4А.

Вага відлитих злитків залежно від типу злитка становить 11,9 - 17,7 тонн. Виливниці розширені донизу.

Після закінчення випуску сталерозливний ківш переносять мостовим краном до сталерозливного майданчика, де сталь розливають у виливниці, встановлені на візках. Розливний проліт мартенівських цехів обладнаний кранами вантажопідйомністю на траверсах 320 т та допоміжних підйомах 50/15 т.

У мартенівському цеху комбінату «Запоріжсталь» сталь розливається сифоновим способом і зверху, причому розливаються всі спокійні і низьколеговані марки сталі, сталь хімічно закупорена типа 5ГПС і 1-3псз, 08псз, 10-20псз. При розливанні ківш із сталлю зважують на крані.

Розливання зверху – це розливання безпосередньо в кожну виливницю. Розливання робиться в состави; у кожному составі – 5 візків, на яких знаходяться по 4 виливниці і центрові. Виливниці застосовуються наступних типів: XV, 1Б, 2Б, 4А. Вага відлитих злитків залежно від типа злитка складає 1,9…17,7 тонн. Виливниці розширені донизу [2, 3].

Рідкий чавун в ковшах доставляється до печей локомотивами, а заливається в піч за допомогою мостових кранів. Середня тривалість плавки на комбінаті в 500-тонних печах – 9,4 години, в 250-тонній печі – 7,3 години, в двох ванному сталеплавильному агрегаті – 4 години.

Далі шлак з робочого простору печей випускають через середні вікна завалки в шлакові ковші місткістю 16 м3, встановлені на візках під робочим майданчиком. Заповнені ковші висувають канатною лебідкою із системою поліспастів у розливний проліт, де їх встановлюють краном на шлаковози.

Склад візків із залитими виливницями після охолодження стали направляють у відділення роздягання злитків, де їх відокремлюють від виливниць спеціальними кранами. Зливки, що сильно приварилися до виливниць, витягують за допомогою установки для підлоги. Після вилучення зливки направляють у будівлю нагрівальних колодязів прокатного цеху або склад. Охолоджені порожні виливниці подають у відділення механізованого чищення та мастила. Потім склади візків з виливницями транспортують у

двір виливниць, де проводять підготовку виливниць до наступного приймання металу [2].

У мартенівському цеху можна виділити наступні основні технологічні вантажопотоки: подача шихти (твердої та рідкого чавуну), подача виливниць, видача сталі і видача шлаку; допоміжні вантажопотоки: подача вогнетривких і ремонтних матеріалів та видача відходів при ремонтах. Особливістю вантажних потоків в новому мартенівському цеху є виділення самостійних потокових ліній для роздільної подачі сипучих шихтових і магнітних матеріалів. Відповідно шихтовий двір розділений на два відділення - для сипучих і для магнітних. Вантажопотоки між відділеннями цеху здійснюються залізничним транспортом. Операції з підйому і переміщення вантажів усередині відділень виробляють устаткуванням крана [4].

## 1.4 Місце ливарного крану в технологічному процесі

Ливарні мостові крани (рис.1.7) є основним підйомно-транспортним устаткуванням, яке використовується на металургійних підприємствах для транспортування, заливки і розливання рідкого металу. В основному вони застосовуються для заливки розплавленого чавуну в конвертори або в завантажувальний проліт електричної печі, а також для транспортування ковша з розплавленої сталлю на приймальний пристрій або для транспортування розплавленої сталі на установку піч-ківш для подальшого рафінування металу [4…7].

Від мостових кранів загального призначення металургійні розливочні крани відрізняються більш складною конструкцією мосту, механізму головного підйому; наявністю двох візків, що переміщаються по мості на різних рівнях; важким режимом роботи й підвищеними вимогами до надійності, безвідмовності й безпеки експлуатації, обумовленими специфікою роботи кранів з рідким металом. До особливостей розливочних

кранів ставляться малі швидкості руху головного підйому (2…3 м/хв), плавність підйому вантажів і робота механізмів з малими прискореннями й затримками.

До металургійних кранів, які використовуються в мартенівських цехах металургійних заводів, відносяться: ливарні крани (міксерні, заливальні та розливні), напольно-завалочні машини, крани для роздягання мартенівських зливків.

Міксерний кран працює в міксерному відділенні мартенівського цеху, здійснює підйом ковшів з рідким чавуном зі спеціальних залізничних вагонів чугуновозов і заливання рідкого чавуна в міксер. Міксер – ємність для збереження й осереднения складу рідкого чавуна. Місткість їх 1500т.

Заливальний кран працює в грубному прольоті мартенівського цеху, здійснює заливання рідкого чавуна в піч.

Розливний кран знаходиться у розливочному прольоті, він розливає рідку мартенівську сталь (чи конверторну) у виливниці.

Розлив розплавленого металу є одним із основних застосувань мостового крана-ковша в ливарному виробництві (рис.1.7). Ковшовий кран використовується для підйому ковша, заповненого розплавленим металом, і подальшого транспортування його до розливної станції.

Іншим важливим застосуванням мостового крана-ковша в ливарному виробництві є транспортування розплавленого металу (рис.1.8). Кран використовується для переміщення ковша з одного місця в інше в ливарному цеху. Це часто необхідно, коли розплавлений метал потрібно транспортувати в інше місце для лиття або подальшої обробки.

Ливарні металургійні крани мають, як правило, кілька механізмів підйомів: головний, призначений для переміщення ковша з розплавленим металом; перший допоміжний (а при необхідності другий і третій) механізм підйому, що виробляє перекидання ковша при заливці, а також інші механізми підйомів, призначені для виконання робіт з обслуговування обладнання в прольоті [4…7].



Рисунок 1.7- Розлив розплавленого металу




Рисунок 1.8 - Транспортування розплавленого металу

Основною характеристикою ливарних кранів є їх вантажопідйомність. Від мостових кранів загального призначення розливні крани відрізняються більш складною конструкцією механізму головного підйому; наявністю двох візків, що переміщаються по мосту на різних рівнях; важким режимом роботи і підвищеними вимогами експлуатації до надійності, безвідмовності та безпеки, обумовленими специфікою роботи кранів з рідким металом.

## 1.7 Особливості конструкції та основні механізми ливарного крану

На рис.1.9б приведено типову конструкцію ливарного крану, яка складається з головних повздовжніх балок моста 1, по яких переміщається головний візок 2, та – допоміжних повздовжніх балок 3, по яких переміщається допоміжний візок 4 (розташовані між головними профільними балками), траверси 5; пластинчастих ливарних гаків 6, цапфи 7 ковша 8 з рідкою сталлю; вушка 9, що дозволяє робити розливання сталі через носок ковша за допомогою великого підйому допоміжного візка (у випадку чи аварії несправності пристрою для сифонного розливання стали, тобто через днище ковша).

Виконувані операції: а) розливочні; б) ремонт ковшів для рідкої сталі і шлаку; в) ремонт кранів, розташованих на нижньому ярусі цеху; г) допоміжні і збиральні операції.

Основними механізмами мостових кранів є механізми підіймання вантажу (вантажні візки), пересування візка та крана [7].

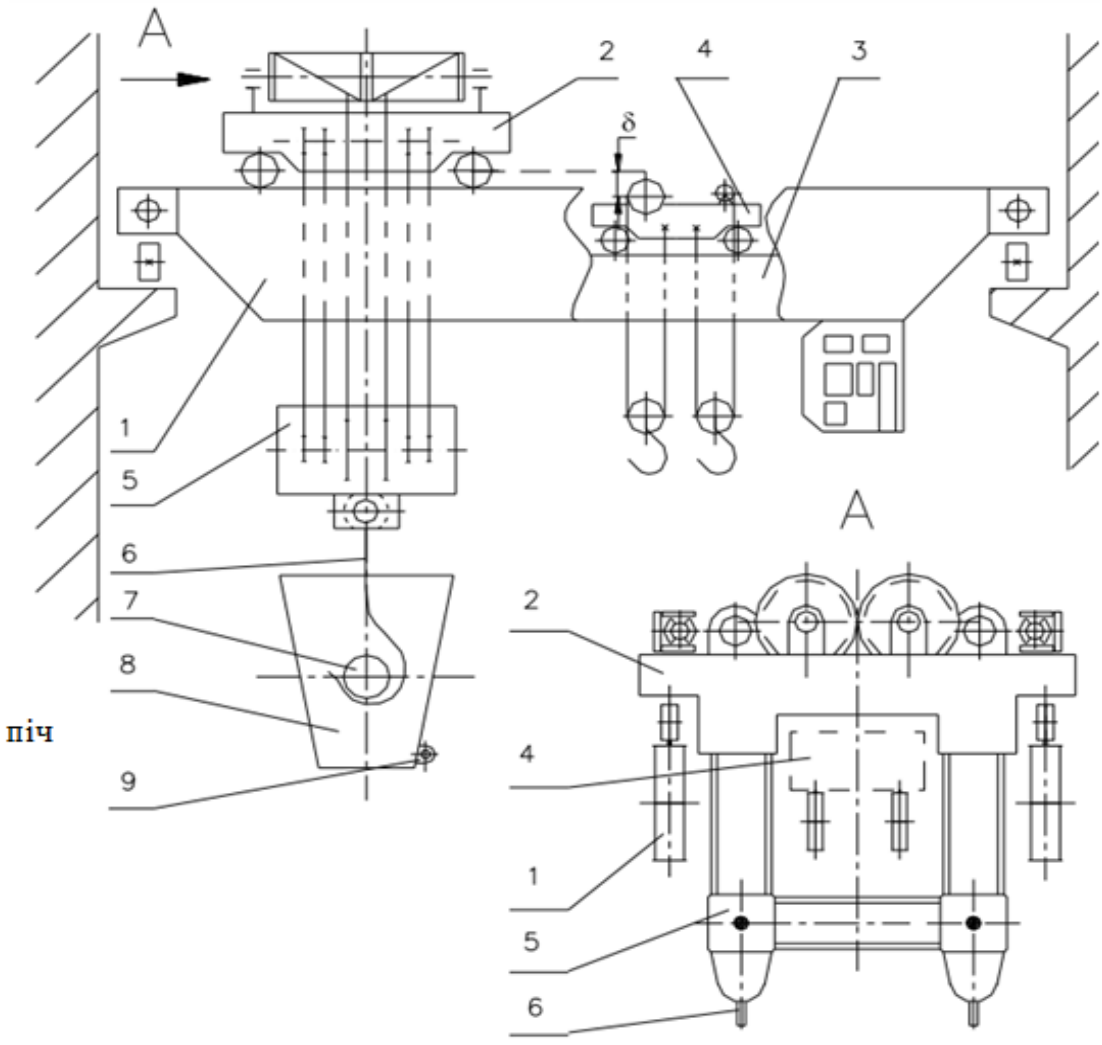
Механізми пересування мостових кранів мають декілька конструктивних різновидностей [8].

Механізми пересування крана можуть бути з центральним (рис.1.10) і роздільним приводом (рис.1.12). Механізми пересування з центральним приводом можуть бути з тихохідним трансмісійним валом (рис.1.11.а), з швидкохідним трансмісійним валом і з середньохідним трансмісійним валом (рис.1.11.б).

При такій конструкції вали редуктора з’єднуються з валом ходового колеса за допомогою муфти і трансмісійного валу. Це погіршує роботу всього механізму, тому що наявність трансмісійного валу збільшує трудомісткість виготовлення крана і його масу і потребує проведення дуже точного монтажу [10].



а




б

Рисунок 1.9 – Конструкція ливарного крану [9]

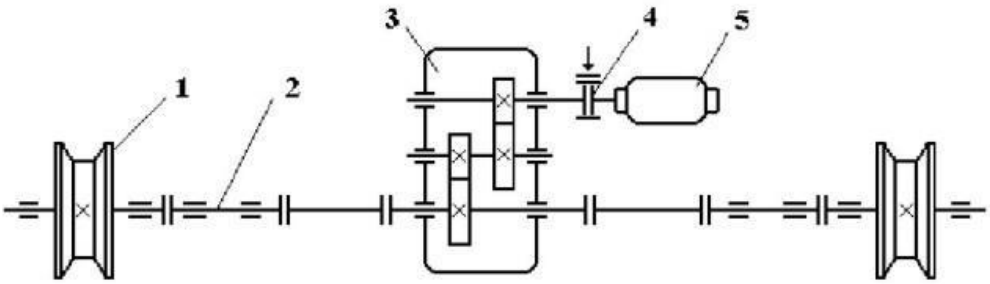
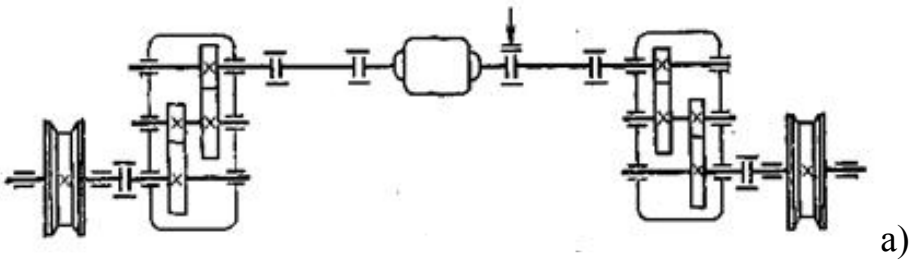
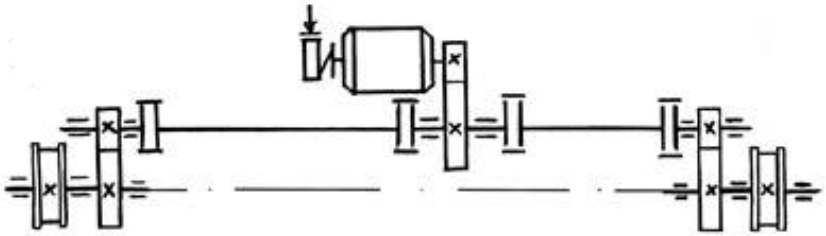



Рисунок 1.10 - Механізм пересування крана з центральним приводом [10]:
1– ходове колесо, 2 – вал, 3 – редуктор, 4 – гальма, 5 – електродвигун



а)



б)

Рисунок 1.11 - Механізм пересування крана з центральним приводом [10] :
а – з швидкохідним трансмісійним валом; б – з середньохідним трансмісійним валом

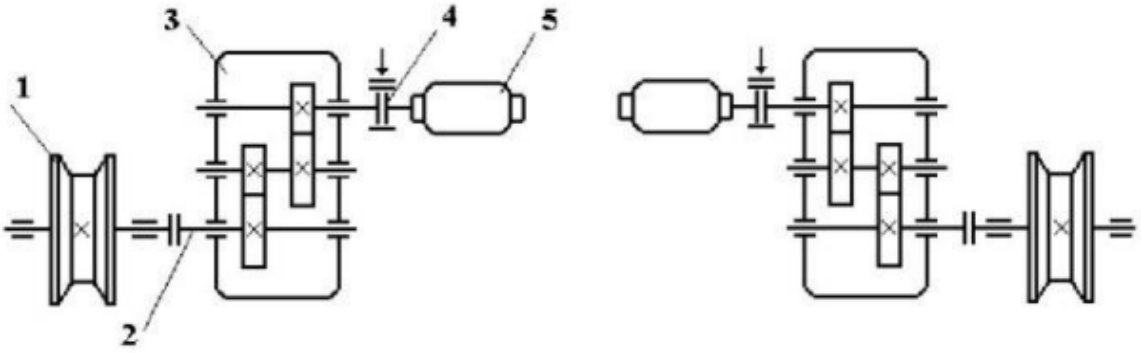



Рисунок 1.12 - Механізм пересування крана з роздільним приводом [10]:
1– ходове колесо, 2 – вал, 3 – редуктор, 4 – гальма, 5 – електродвигун

При роздільному приводі кінцевих балок мосту (рис.1.12) кожна кінцева балка мосту має самостійний привід, причому приводи, які розташовані на різних кінцевих балках, зв’язані тільки металоконструкцією крана. Якщо на одну з опорних балок мосту навантаження менше, ніж на іншу, то частота обертання двигуна на цій опорі збільшується і опора починає забігати наперед відносно більш навантаженої опори. Але при цьому перший двигун починає сприймати підвищене навантаження, яке передається через металоконструкцію мосту і розвантажує двигун другої опори, за рахунок чого частота обертання першого двигуна зменшується, а частота обертання другого двигуна збільшується, поки вони не вирівняються. Таким чином, в процесі руху крана з роздільним приводом проходить перерозподіл навантаження між обома двигунами. Хоча схема механізму з роздільними приводами потребує наявність двох двигунів, двох гальм і двох редукторів, вона найбільш дешева, має малу масу і проста в виготовленні.

Перевага механізму пересування мостових кранів з роздільним приводом, який широко застосований у кранобудуванні, полягає у відсутності трансмісії, що приводить до зменшення навантаження на повздовжні балки мосту і до зменшення бокових горизонтальних сил, які виникають між рухомим краном і підкрановими коліями. Припускалось, що зменшення бокової сили між колесами і рейками сприяє збільшенню їх довговічності. Але експлуатація показує, що строк служби ходових коліс при наявності роздільного привода найнижчий, тому що кран набуває більшої рухомості у горизонтальній площині: при невеликій різниці опорів пересування на сторонах кран легко повертається, досягаючи граничного перекосу, тривалість силового контакту реборд з рейками і їх взаємне опрацювання при цьому збільшується.

Цьому сприяють не тільки ідентичність характеристик двигунів і гальм, а також динамічні явища, особливо при роботі у важкому режимі. Таким чином, з введенням роздільного привода проблема збільшення довговічності ходових коліс мостових кранів залишається нерозв’язаною.

Розв’язати її можна поєднанням роздільного привода з конічними приводними колесами. Конічне приводне колесо забігаючої сторони крана котиться по колу меншого діаметра, швидкість цієї сторони зменшується і кран центрується на колії. На відміну від центрального, при роздільному приводі конусність не тільки забезпечує вписуваність крана в нерівності колії, але і компенсує різницю швидкостей двигунів на сторонах крана через неоднакове навантаження на них.

## 1.6 Технічні рішення щодо удосконалення конструкції механізму пересування ливарного мостового крану 125/30

В механізмі пересування мосту ливарного крана конструктивно передбачений центральний привід, який відрізняється простотою використання та надійністю в експлуатації. Але експлуатаційний досвід показує, що центральний привід збільшує металоємкість крана за рахунок великого діаметру та довжини трансмісійного вала, для встановлення якого потрібні масивні муфти та підшипники. Така конструкція вимагає встановлення двигуна з великою потужністю, а під час ремонтів – додаткову втрату часу на центрування трансмісійного валу. Цей недолік можна усунути під час капітального ремонту шляхом модернізації із заміни центрального приводу механізму пересування мосту крана на індивідуальний, що виключить наявність великого трансмісійного вала, а отже знизить трудомісткість ремонтних робіт.

Досить компактна конструкція роздільного привода із фланцевим електродвигуном, що володіє зручностями монтажу й ремонту.

Конструктивне виконання механізмів пересування кранів може бути різним. Привод від двигуна здійснюється: через вал із зубчастими муфтами; через карданний вал ( для балансирів); за допомогою блок-привода, що поєднує двигун, гальмо й редуктор в один блок. Блок-Привод має компактність і меншою масою в порівнянні зі звичайними механізмами.

У нових конструкціях кранів широко застосовують мотор-редуктори, що включають і гальмо. Для одного приводного колеса він навішується безпосередньо на вал, а привод двох коліс здійснюється за допомогою проміжного вала й відкритої передачі. У якості редуктора можуть бути циліндричні, планетарні й черв'ячні. Характерною рисою моторредукторов є більша компактність і мала маса конструкції.

Конструкція ходових коліс кранів і кранових візків повинна виключати можливість сходу коліс з рейок. Для цього ходові колеса мають два бокових фланця – реборди, які служать для направлення ходових коліс по рейкам. Реборди виключають схід коліс з рейок, забезпечуючи надійну роботу крана, але при цьому відбувається тертя ковзання реборд на рейках, що викликає підвищений знос реборд і рейок [8].

Цей недолік можна усунути шляхом заміни двохребордних ходових коліс на безребордні з встановленням опорних роликів (рис.1.14), вісь яких розташована перпендикулярно осі ходового колеса. Опорні ролики виключають сходу колеса з рейок, при цьому тертя ковзання реборд на рейках замінюється тертям кочення роликів на рейках.



а) б)

Рисунок 1.13 – Двохребордне ходове колесо : а – циліндичне, б- конічне

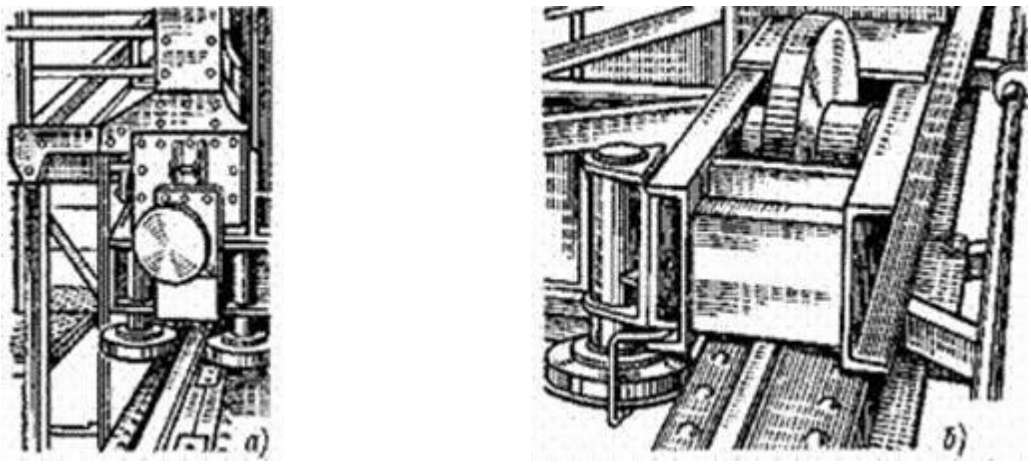


Рисунок 1.14 - Установка горизонтальних роликів:
а – з двох сторін рейки; б – з однієї сторони рейки

При руху з перекосами реборди циліндричних ходових коліс постійно труться за рейками, що викликають інтенсивний знос коліс і рейок. Для зменшення тертя і зносу реборд ходових коліс і рейок на реборди і головки рейок можна нанести змащування.

При ходових колесах з конічним ободом (рис.1.13.б) забігання однієї сторони крана відносно іншої викликає кочення ходового колеса, яке відстає, по більшому діаметру і автоматично зменшує перекіс. В цьому випадку вирівнювання крана проходить без втручання реборд, що збільшує строк служби ходових коліс і зменшує опір пересування. Реборди в цьому випадку потрібні тільки для запобігання можливості сходу з рейок.

Для забезпечення нормального руху крана при можливих неточностях укладки рейкового шляху і неточності монтажу металоконструкції крана, а також для забезпечення вирівняння крана, ширину робочої частини ободів двохребордних ходових коліс слідує приймати більше ширини головки рейки: для кранових коліс з циліндричним ободом – на 30 мм; для коліс з конічним ободом – на 40 мм; для коліс кранових візків – на 15-20 мм.

Застосування безребордних коліс значно підвищує термін служби механізму пересування крана, знижує потужність електродвигуна механізму та динамічні навантаження на металоконструкцію крана і підкранові шляхи.

Також зменшить зношування реборд: застосування знімних реборд, прикріплених до обода, які при перекосах можуть повертатися по конічній поверхні обода; установка ребордних дисків на підшипниках кочення, що заміняють у парі реборда-рейка тертя ковзання тертям катання й ін. Але всі ці розв'язки значно ускладнять конструкцію ходових коліс.

Під час роботи зношуються гальмівні шківи та фрикційні матеріали. Для збільшення терміну служби гальмівних шківів рекомендовано поверхню шківа наплавити матеріалом типу ЛП3Х2В8 та застосувати для обгортання високоякісні фрикційні матеріали.

Удосконалити гальма можна шляхом встановлення еластичного елементу між фрикційною накладкою гальмової колодки і її основою.

# 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

## 2.1 Стисла технічна характеристика та опис мостового ливарного крану

Ливарний кран 125/30 призначений для заливки в мартенівську піч чавуну, який потрапив до ливарного цеху в чавуновозних ковшах з доменного цеху.

Ливарний кран (рис.2.1) складається з трьох основних частин: моста 1 з механізмом пересування, головного візка 2, допоміжного візка 3 [8].

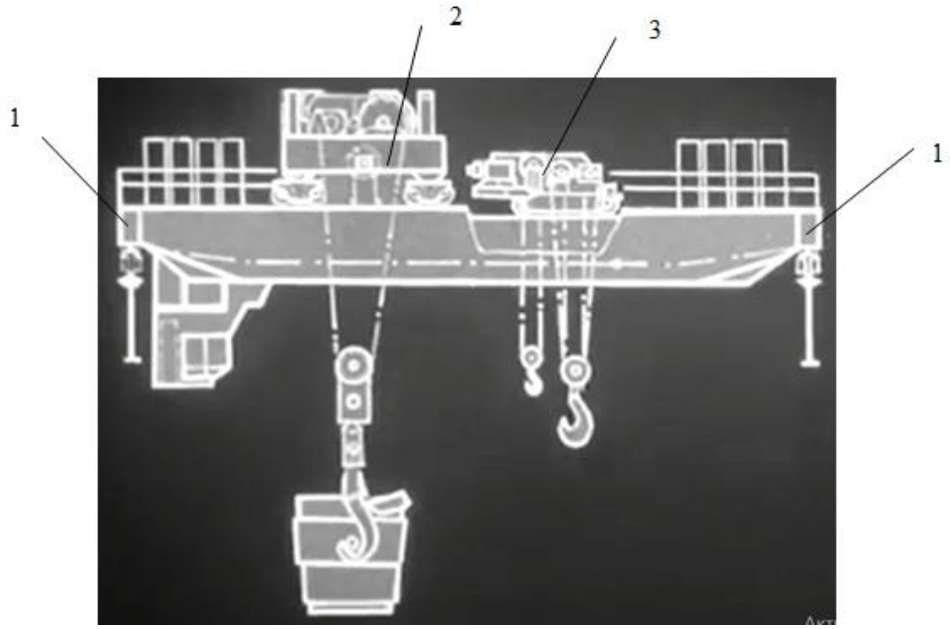



Рисунок 2.1 – Схема ливарного крану

Міст крана є зварною металоконструкцією, що складається з чотирьох головних балок, які міцно закріплені з кінцевими балками. Балки мосту коробчастого типу, це підвищує міцність та надійність конструкції. Головні балки розташовані на різних рівнях: на верхньому пересувається головний візок, на нижньому – допоміжний. Така конструкція мосту дозволяє здійснювати незалежну роботу обох візків крана.

На рис.2.2 зображена схема механізму пересування моста розливального крана, на якому встановлено 8 ходових коліс, з яких 4 –

привідні [5, 6]. Кожний привод передає крутний момент від електродвигуна 2 через редуктор 3 і проміжний вал із зубчастими муфтами на ходове колесо балансирного візка. На валу електродвигуна встановлене колодкове гальмо 1.

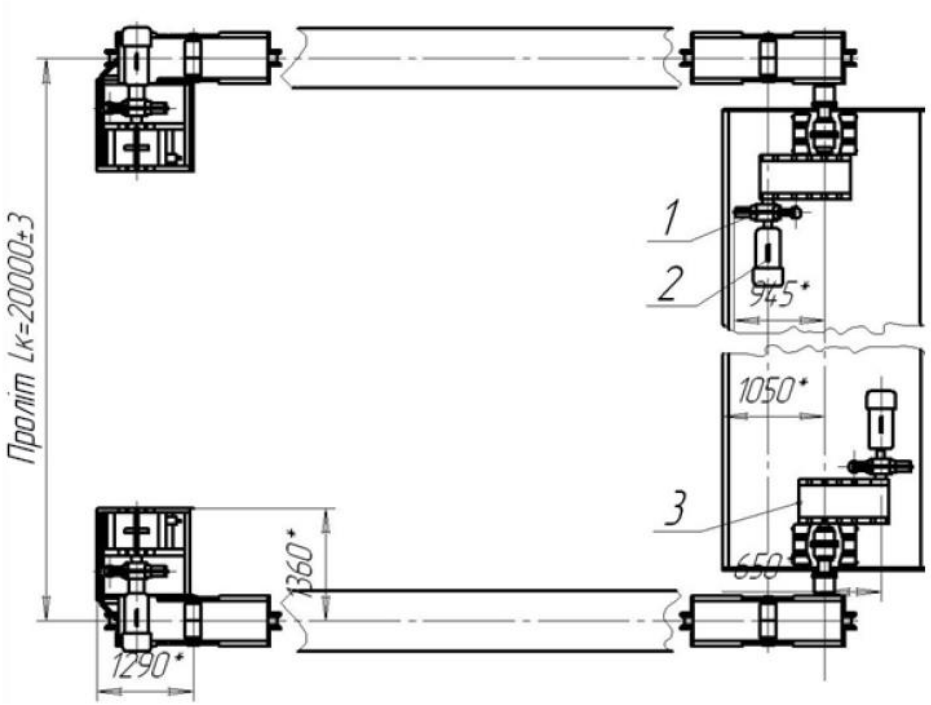



Рисунок 2.2 – Механізм пересування крану

Ходові колеса призначені для перетворення обертового руху електродвигуна в поступові рухи мосту крана. На вільному валу двигуна встановлені гальма колод типу. Подача електроенергії здійснюється за допомогою тролей.

Головний візок крана призначений для підйому та поперечного пересування ковшів. Конструкція візка відповідає високим вимогам надійності роботи, забезпечує вільний допуск до будь-якого вузла механізму, що дуже важливо під час ремонту крана.

Рама візка є зварною металоконструкцією, яка виготовлена з балок коробчастого перетину, яка опирається на чотири балансирних візка. На рамі головного візка розташовані механізм пересування та механізм підйому.

Механізм головного підйому подвоєний та складається з двох окремо симетрично розташованих механізмів з барабанами, на яких міцно посаджені зубчасті вінці, які знаходяться між собою в постійному зачепленні. Такий кінематичний зв'язок забезпечує синхронність роботи приводів та утворює резерв на випадок аварії одного з них. Привід кожного барабана складається з електродвигуна , на валах якого встановлено два гальма , що забезпечує надійність та безпечність роботи крана. Електродвигун передає обертовий рух вхідному валу двохступінчастого циліндричного редуктора . Вихідний вал редуктора передає обертовий рух шестерні , яка знаходиться в зачепленні із зубчастим вінцем. Механізм обладнаний поліспастом.

Допоміжний візок має механізм підйому, який складається з електродвигуна), який через зубчасту муфту з гальмом, повідомляє допоміжній рух вхідному валу редуктора 3, вихідний вал якого з'єднаний з віссю барабана

Стисла технічна характеристика:

Максимальна вантажопідйомність:

- головного підйому $Q_{гол} = 125$ т
- допоміжного підйому $Q_{доп} = 30$ т

Максимальна висота підйому:

- головного підйому $h_{гол} = 26$ м
- допоміжного підйому $h_{доп} = 28$ м

Проліт крана $L = 22$ м

База крана $l = 9{,}08$ м

## 2.2 Аналіз недоліків та відмов ливарного крану

Аналіз відмов кранового обладнання показав, що 10…12 % часу простоїв пов'язано з виходом з ладу ходових коліс. Величина витрат на відновлення або заміну кранових коліс досягає 15…17% від вартості крана. Так, для відновлення колеса діаметром 800 мм вартість ремонту однієї

реборди по відношенню до вартості нового колеса складе 22 %; поверхні кочення - 44 %; поверхні кочення і двох реборд – 62…75 %. На заміну зношених коліс йде 2/3 від загальної кількості вироблених кранових ходових коліс.

Для ходових кранових коліс допускається знос по товщині, що не перевищує 50 % початкової товщини. Максимальна величина діаметрального розміру раковин викрашування на робочих поверхнях колеса становить 10 мм, а допустиме викривлення бігової поверхні колеса - 2 мм.

Існує ряд причин підвищеного зносу коліс кранів. До числа основних причин можна віднести:

– Зміна статичних навантажень ;
– Невідповідність рушійних і гальмівних сил опору ;
– Динамічні навантаження.

До першої групи причин можна віднести зміну вертикальних навантажень, що виникають при переміщенні вантажного візка, і конструкційні відхилення розмірів крана, його елементів і рейок від норми.

Другу групу складають причини, викликані невідповідністю рушійних і гальмівних сил опору. Вони виникають через зміни вертикального навантаження, неточності регулювання пускових і гальмівних характеристик двигунів і неточності регулювання гальм.

Динамічні навантаження з третьої групи причин можна розділити на вертикальні, горизонтальні (поздовжні ) і поперечні. Вертикальні навантаження виникають через зазори в стиках рейок і різниці рівнів рейок, що стикуються. Горизонтальні навантаження виникають від сил статичного опору пересуванню і гальмівних сил. Поперечні визиваються перекосом металоконструкції крана і його ходової частини. У свою чергу перекіс ходових частин поділяється на монтажний, пов'язаний з неточністю виготовлення, і експлуатаційний, що виникає в процесі руху і гальмування крана.

Внаслідок нерівномірності зносу коліс з'являється значна різниця в діаметрах коліс на різних сторонах моста, що призводить до його перекосів і інтенсивного зносу реборд коліс і бічних граней рейок. дуже істотний вплив на знос підкранової колії і реборд коліс надає монтажний перекіс ходових коліс відносно один одного і рейок.

Всі випадки перекосу коліс призводять до виникнення згинальних, розтягуючих і стискаючих напруг у фермі мосту або кранової балки і пропорційним деформаціям металоконструкцій крана залежно від поєднання цих напруг. Внаслідок цього, всі деформації моста або кранової балки в пружних межах зосереджуються і виявляють свою дію в місцях контакту коліс з рейками, в результаті чого всі колеса крана працюють під різними навантаженнями і в різних умовах. Чим більше базова довжина моста або кранової балки, тим більший рівень деформацій і нерівномірність навантаження коліс.

На підставі проведеного аналізу літературних джерел з системам гальмування приводів вантажопідйомних машин можна укласти наступне:

- Найбільш істотне навантаження металоконструкції крана обумовлено динамічними навантаженнями, основними з яких є навантаження, що виникають в періоди пуску-гальмування крана і при русі крана по нерівностях кранового рейкового шляху.
- Одним з найбільш небезпечних режимів роботи вантажопідіймальних машин є режим гальмування механізмів пересування. Визначальний вплив на характер і величину динамічних навантажень при гальмуванні кранів надають гальмівні пристрої.
- Динамічні навантаження, що виникають при гальмуванні, призводять до зносу підкранових коліс і рейок. Основною причиною підвищеного зносу коліс і рейок є експлуатаційний і монтажний перекіс кранових коліс.
- Аналіз конструкцій гальм і оцінка їх параметричної надійності показали, що конструкції гальм, використовуваних в даний час, мають недоліки і не завжди здатні забезпечити необхідний гальмівний момент. Найбільш

поширені в даний час колодкові гальма не можуть забезпечити рівність гальмівних моментів, що може призвести до утворення перекосів, а їх недостатня надійність - до відмови гальма і аварії.

## 2.3 Аналіз конструкцій гальм механізму переміщення крану

Сучасний рівень вітчизняного кранобудування і напрям його подальшого розвитку, що характеризуються збільшенням вантажопідйомності кранів і швидкостей робочих рухів кранових механізмів, пред'являють до гальмівних систем кранів підвищені вимоги. Гальма підйомно-транспортних машин підвищують безпеку роботи цих машин і їх продуктивність. Правила експлуатації кранів передбачають установку гальмівних пристроїв на всі кранові механізми. Механізми пересування вантажопідіймальних машин обов'язково повинні бути забезпечені надійними гальмівними пристроями, що забезпечують гальмування до повної зупинки на встановленій довжині гальмівного шляху. Для підвищення ефективності період гальмування повинен бути якомога менше, проте при різкому гальмування на елементи приводу діють високі динамічні навантаження, що викликають порушення з'єднань, підвищений знос муфт, підшипників і ходових коліс. Окрім того, для розглянутого ливарного крану, різке гальмування моста призводить до вихлюпування рідкого металу, що зовсім не безпечно, а також економічно не вигідно.

Механізми пересування електричних кранів та кранових візків забезпечуються керованими або автоматично діючими гальмами закритого чи відкритого типу. При швидкості руху кранів (візків) понад 32 м/хв, гальма повинні автоматично включатися при виключенні струму. Гальма закритого типу на кранах застосовують у зв'язку з тим, що вони надійніше відкритих і їх несправність легко виявити. Гальма відкритого типу іноді встановлюють на кранах на додаток до закритих в якості допоміжних гальм для більш швидкої і точної зупинки механізмів пересування.

За характером роботи гальма можуть бути стопорними – для зупинки механізму, і спускними – для обмеження швидкості спуску. У кранах повинні застосовуватися тільки стопорні гальма, які забезпечують зупинку механізмів і утримують їх в нерухомому стані. Такими гальмами є колодкові або дисково – колодкові гальма, що мають автоматичне пружинне замикання. Їх розмикання здійснюється електромагнітами, електрогідравлічними або електромеханічними штовхачами або гідравлічними керованими пристроями.

Необхідний для зупинки механізму гальмівний момент створюється моментами сил тертя на робочих поверхнях гальмівних колодок або дисків.

Колодкові гальма завдяки цілому ряду переваг (відсутність поперечного навантаження на гальмівному валу, простота пристрою, надійність дії тощо) мають найбільш широке застосування для гальмування кранових механізмів.

У кранах з електричним приводом найбільше поширення мають електромагнітні колодкові гальма

На рис.2.4 показане двоколодкове пружинне гальмо типу ТКТ з короткоходовим електромагнітом змінного струму, що замикається автоматично при виключенні струму. Вертикальні важелі шарнірно з'єднані з основою, а колодки шарнірно з цими важелями. До верхнього кінця важеля жорстко прикріплена скоба, усередині якої розташовані шток і пружина. На штоку, між скобою і кінцем важеля, розташована допоміжна пружина. Пружина, встановлена між скобою і гайками, нагвинченими на шток, служить для замикання гальма, а допоміжна пружина сприяє відходу важеля з колодкою від гальмівного шківа при розгальмуванні.

При вимкненому електромагніті стисла робоча пружина за допомогою скоби і штока стягує верхні кінці важелів, внаслідок чого обидві колодки притискаються до гальмівного шківа, і гальмо замикається. При включенні електромагніту якір, притягаючись до сердечника, повертається за годинниковою стрілкою щодо осі свого шарніра і натискає на кінець штока гальма. У результаті пружина стискається ще більше, важелі повертаються щодо своїх нижніх шарнірів, і обидві колодки відходять від гальмівного

шківа. Короткоходовий електромагніт з якорем закріплений на важелі, а його центр ваги розташований праворуч від осі важеля. Тому момент, створюваний силою тяжіння електромагніту, прагне повертати важіль за годинниковою стрілкою і, отже, відводити праву колодку від гальмівного шківа.

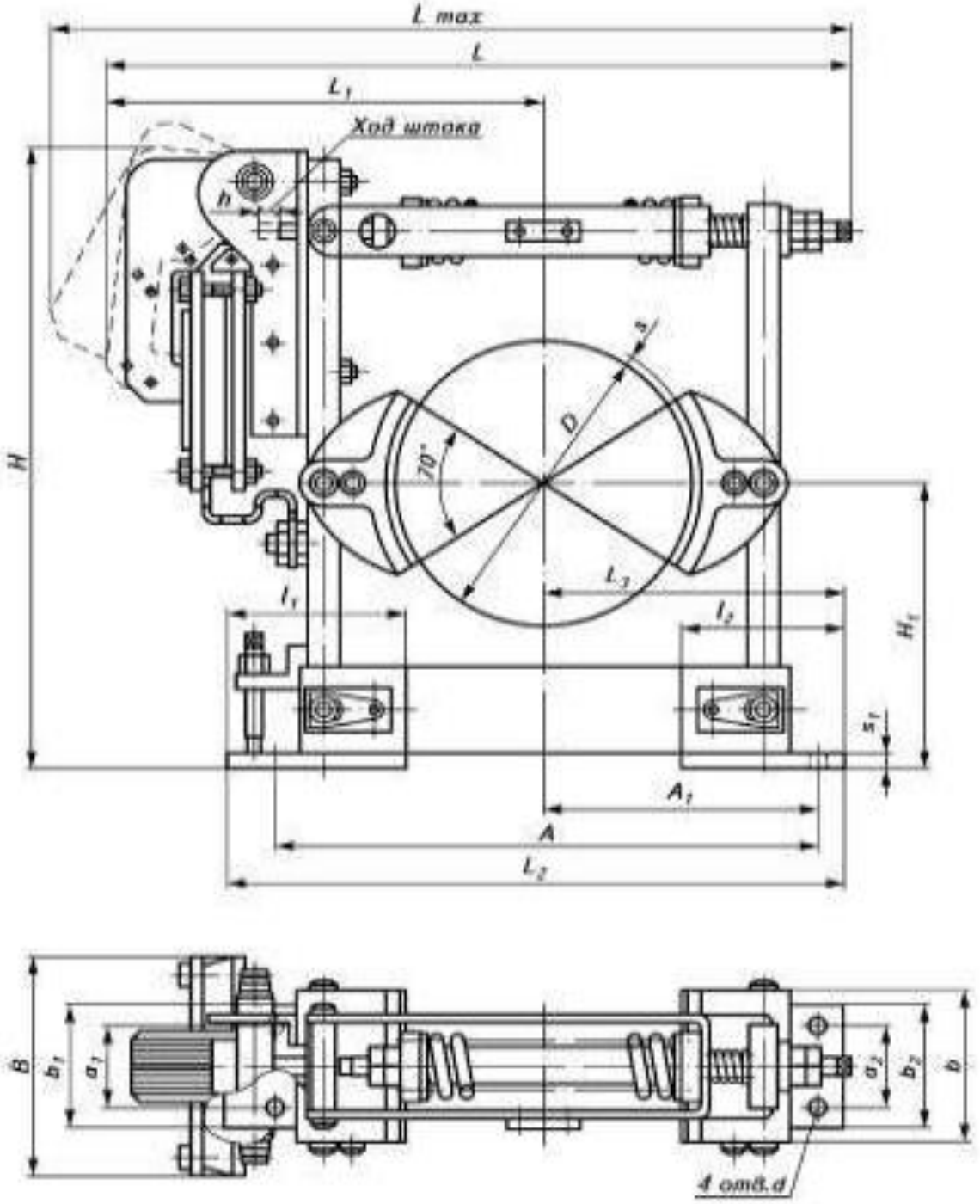



Рисунок 2.4 - Двоколодкові пружинні гальма типу ТКТ

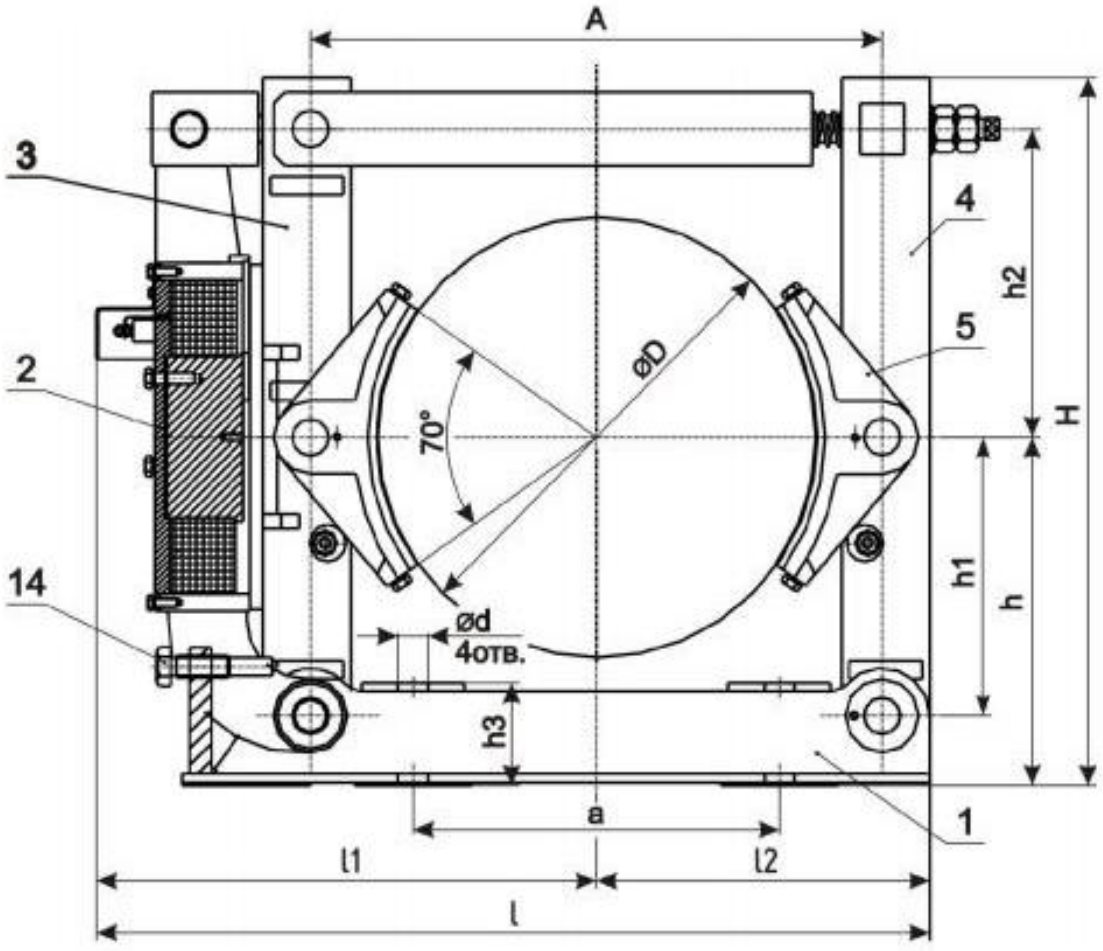



Рисунок 2.5 - Двоколодкові пружинні гальма типу ТКП

Пружинні гальма з короткоходовими електромагнітами прості в конструкції і вельми компактні. Однак закріплення електромагніта на одному з важелів створює велику різницю в моментах інерції важелів. Тому при різкому замиканні гальма пружиною динамічна неврівноваженість гальмівних важелів викликає нерівномірний рух останніх і різкі удари колодок про гальмівний шків. Це призводить до появи короткочасно діючих (протягом сотих часток секунди) радіальних динамічних навантажень, які в 2…3 рази перевищують відповідні статичні сили тиску колодок на гальмівний шків. До інших недоліків цих гальм відноситься обмежене число включень магніту (до 240 на годину), різкі удари про сердечник електромагніту і про кінець штока при розмиканні гальма і відсутність

можливості регулювати швидкості руху якоря, внаслідок чого не можна плавно змінювати гальмівний момент під час гальмування.

У зв'язку з цим в кранах більшого поширення набувають гальма, в яких у якості розмикаючого пристрої використовуються електрогідравлічні штовхачі, що мають ряд переваг в порівнянні з електромагнітними: практично необмежене число включень, можливість роботи штовхача при будь-якому режимі, підвищена довговічність, менша електрична потужність і в 12…20 разів менший пусковий струм. У електрогідравлічних штовхачів – одноштокових і двухштокових – використовується принцип створення гідравлічного тиску під поршнем.

При включенні електродвигуна насос створює надлишковий робочий тиск робочої рідини, внаслідок чого поршень, а отже і шток, піднімаються вгору і утримуються в цьому положенні протягом усього часу роботи електродвигуна. Робоча рідина в цей час перетікає з простору над поршнем по каналах між циліндром і корпусом до нижньої частини колеса. З'єднується зі штоком важіль гальма повертається і, долаючи зусилля пружини гальма, розводить важелі. Внаслідок цього колодки відходять від шківа і гальмо розмикається. При відключенні електродвигуна тиск робочої рідини падає, і поршень зі штоком під дією пружини гальма і власної ваги опускається вниз.

Необхідність застосування в гідроштовхателі робочої рідини створює певні труднощі і незручності в експлуатації кранів, особливо при роботі їх в умовах високих температур. При збільшенні температури навколишнього середовища в'язкість робочої рідини в толкателе зменшується, що призводить до зменшення моменту опору обертанню ротора електродвигуна штовхача. В результаті збільшується число обертів двигуна і крильчатки відцентрового насоса, внаслідок чого напірне зусилля штока штовхача збільшується, а під час робочого ходу поршня штовхача зменшується. Крім того, до недоліків електрогідравлічних штовхачів також відносяться істотне зменшення зусилля на штоку при відхиленні геометричної осі штовхача від

вертикалі і більше в порівнянні з електромагнітним приводом час спрацьовування.

У зв'язку з цим проводяться роботи, спрямовані на створення електромеханічних приводів для гальм, які володіли б перевагами електрогідравлічних штовхачів і були позбавлені їх недоліків.

Досить широке застосування одержали відцентрові штовхачі з системою важелів, що забезпечують будь-яку просторову установку. Однак ці штовхачі мають більше число шарнірів, недоступних для змащення, і нераціональний спосіб передачі робочого зусилля на шток . Крім того, час включення цього штовхача в залежності від зусилля на штоку та ходу штока становить 1,5… 5 сек. Така тривалість процесу гальмування може викликати серйозні наслідки.

Зменшення тривалості гальмування при використанні цих штовхачів може бути досягнуто через застосування спеціального конічного гальма, який вбудовується всередину штовхача, замикається особливою пружиною і розмикається електродвигуном. Однак таке рішення ускладнює конструкцію штовхача і викликає необхідність збільшення потужності двигуна штовхача на 30…50%.

Існуючі штовхачі з обертовими кулями, вільно розташовуваними між плоским дном штовхача і увігнутою поверхнею натискного диска і приводяться в обертання лопатями вала штовхача, мають більш раціональну схему, ніж важільні штовхачі, так як передача зусиль від куль на шток не викликає у цих штовхачів появи додаткових шкідливих реакцій, характерних для важільних штовхачів. Однак перекочування куль з великими швидкостями по вузьких смужках поверхонь дна корпусу штовхача і натискного диска може викликати значний знос відповідних поверхонь з освіту канавок, які можуть перешкоджати поверненню куль у вихідне положення після вимикання двигуна.

Кульові штовхачі мають малі кути нахилу робочих поверхонь дисків до горизонту, внаслідок чого такі штовхачі не можуть бути виконані з великим ходом штока і невеликим зусиллям на штоку.

Виделковий штовхач принципово відрізняється від важільних і кульових. Усередині корпусу штовхача встановлений електродвигун, вал ротора якого є хвостовиком плоскої виделки. На внутрішню поверхні вилки спираються вільно встановлені відцентрові циліндричні вантажі, що охоплюються траверсою.

При вимкненому двигуні шток, який відчуває тиск пружини гальма, натискає за допомогою траверси на відцентрові вантажі і змушує їх розташовуватися в нижній частині вилки і торкатися один одного. При виключенні двигуна виделка, обертаючись, приводить в обертання відцентрові вантажі, які, віддаляючись один від одного, перекочуються по внутрішній поверхні вилки і, піднімаючись, впливають на траверсу, піднімаючи її разом з не обертовим штоком.

Штовхач забезпечений електромагнітним гальмівним пристроєм, призначеним для прискорення зупинки ротора двигуна штовхача. Час опускання штока можна регулювати зміною магнітного потоку котушки шляхом введення опору різної величини.

Схема передачі зусиль на шток у цього штовхача аналогічна схемі кульового штовхача, але виделковий штовхач має ряд істотних переваг порівняно з кульовим. Вантажі вилочного штовхача мають циліндричну форму, в результаті чого вони при однакових діаметрах мають великі маси порівняно з кулями, при більш сприятливому використанні робочого простору штовхача і менших габаритних розмірах. При вимкненому двигуні вантажі штовхача доторкаються один одного. Завдяки цьому момент інерції обертових мас на початку розгону двигуна виходить мінімальним. Конструкція вилочного штовхача порівняно проста і не має шарнірів, у зв'язку з чим не потрібно його регулювання і часті ремонти.

Поряд з колодковими в кранових механізмах застосовуються і дискові гальма. На рис.2.6 показана принципова схема таких гальм. Фрикційні накладки виконуються у вигляді суцільного кільця і в зв'язку з цим мають коефіцієнт перекриття, близький до одиниці. При цьому відведення тепла

здійснюється тільки через циліндричну поверхню металевого диска, що має малу площу. Проблема тепловідведення вирішена у гідрофікованих дискових гальм, що мають майже 90 % поверхні диска відкритою.

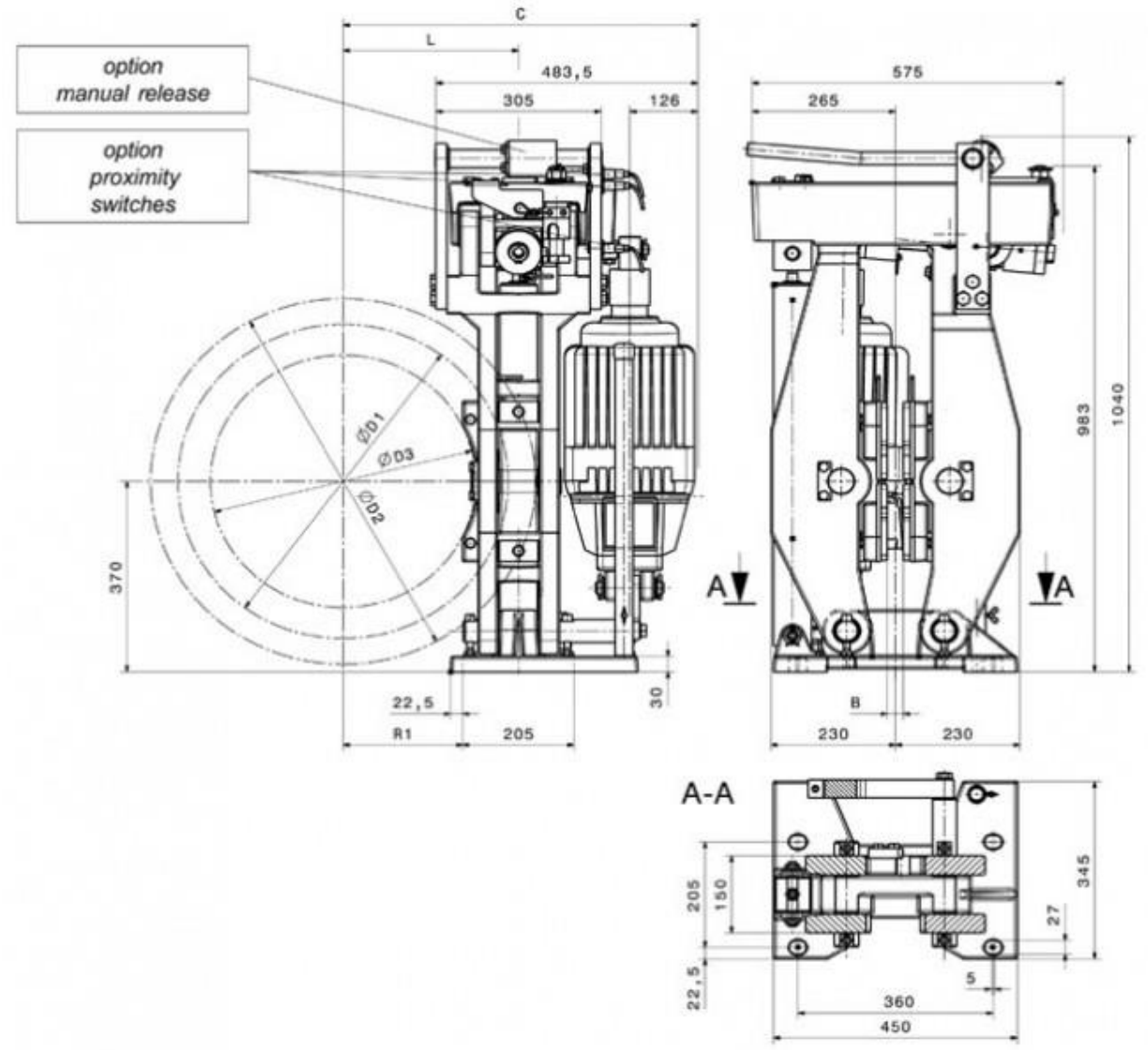



Рисунок 2.6 - Дискові гальма крану

Такі гальма складаються з агрегату постачання, що включає бак, шестерний насос і електродвигун і пов'язаного з ним шлангами загальмовується пристрою. Останній взаємодіє з гальмівним диском, який закріплюється на кінці вала або з'єднується з ним муфтою. При використанні

дисків різних діаметрів створюється гальмівний момент від 10 до 50 000 кг·см.

Загальмовуючий пристрій складається з однієї або декількох гальмівних скоб, в кожній з яких вміщено по дві колодки, що притискаються з обох сторін до гальмівного диска пакетом тарілчастих пружин. Від диска вони віджимаються тиском робочої рідини. У випадку аварійного падіння тиску колодки автоматично загальмовують диск. Час спрацювання гідрофікованого дискового гальма становить 0,15… 0,3 сек. У порівнянні з колодковими, ці гальма мають менший момент інерції, більш плавне гальмування, простий монтаж і обслуговування. Дисково-колодкові гальма, які отримують все більше поширення, мають ряд переваг: малий (близько 0,1) коефіцієнт перекриття, що дозволяє збільшити тепловіддачу і забезпечити у зв'язку з цим більш високі гальмівні моменти, стабільність роботи і збільшений термін служби фрикційної пари; менший момент інерції гальмівного диска, ніж у шківа, що знижує пікове навантаження електродвигуна і час (до 2 разів) пуску і гальмування; рівномірність тиску на гальмівні накладки при рівномірному їх знос, що дозволяє автоматизувати його компенсацію.

Поширені в даний час автоматичні нормально-замкнуті колодкові гальма мають ряд недоліків, що призводять до різкого гальмуванню, при якому виникають значні навантаження в елементах приводу і металоконструкції, інтенсивне розгойдування вантажу. Дослідження показують, що для уникнення цих недоліків обслуговуючий персонал часто "розпускає" колодкові гальма, а гальмування крана здійснюється електродвигуном в режимі противоввімкнення. При цьому знижується термін служби електродвигунів, а в разі раптового (навіть короткочасного) зникнення електроенергії можуть відбутися важкі аварії.

## 2.6 Опис проекту модернізації

Плавна зупинка вантажопідіймальних машин з системами гальмування, що замикаються автоматично, при роботі з вантажами різної ваги нездійсненна, так як кранівник не в змозі впливати на процес гальмування. Регулювання процесу гальмування виявляється можливим лише за використанні керованих гальм, які забезпечують плавність і точність зупинки кранів, підвищення їх продуктивності та безпеки експлуатації. У сучасних конструкціях підйомних кранів, що працюють з підвищеними швидкостями і в опорах яких встановлені підшипниками кочення, керовані гальма стали особливо необхідними.

Тому у цій роботі буде розглянуто пропозиції щодо модернізації гальмівного механізму приводу переміщення мосту методом двухступінчатого гальмування.

Існують наступні системи такого гальмування:

- Два гальма, встановлені на швидкохідному валу, один з яких спрацьовує з витримкою часу;
- Кожна гальмівна колодка гальма керується своїм електромагнітом, один з яких підключається паралельно на дві Фази двигуна, а другий має окремий ланцюг живлення, який розмикається автоматично з витримкою часу або управляється з кабіни кранівника;
- Пружинновантажні гальма, в яких тиск на колодки від ваги вантажу створюється з витримкою часу після того, як почався процес гальмування за рахунок сил стислої пружини;
- Комбінування електродинамічного гальмування з механічним.

Найбільш економічно вигідними, але достатньо складними у впровадженні є комбіновані гальма. Розглянемо принцип дії такої системи.

Комбіновані гальма протягом усього часу роботи механізму залишаються розімкнутими зусиллям приводних пристроїв (в випадку з ливарним розливним краном це електромагнітний штовхач), розрахованих на

постійне включення. Гальмування здійснюється за допомогою педалей, величина гальмівного моменту пропорційна зусиллю натиснення на педаль і може змінюватися у досить широких межах. У кінематичних схемах комбінованих гальм передбачається незалежність дії керованого приводу і автоматичного замикання при включенні основного приводного пристрою. Тому при спрацьовуванні кінцевих вимикачів або при перерві в подачі електроенергії основне приводний пристрій знеструмлюється і під дією зусилля стислої пружини гальмо автоматично замикається, працюючи в цьому випадку як звичайні стопорні гальма.

Застосування комбінованих гальм відповідає вимогам техніки безпеки, згідно з якими механізми пересування підйомних кранів і кранових візків повинні мати гальмівні пристрої з автоматичним замиканням при підходах до кінцевих пунктів переміщення, а також при перервах в подачі електроенергії.

Незважаючи на велику різноманітність конструктивних форм нормально розімкнутих і комбінованих керованих гальм, принципова різниця між ними вельми мала і, в основному, полягає у відмінності схем важільних систем управління або конструкцій робочих циліндрів гідравлічних і пневматичних систем. Типова конструкція комбінованого гальма представлена на рис.2.7.

Працюють ці гальма наступним чином: кранівник, натискаючи на педаль 2, не відключаючи електромагніта 12 через гідроциліндр 3, створює необхідний тиск робочої рідини в трубопроводі 7 і робочому циліндрі 10. При цьому поршень 9 зсувається вліво, а його шток 8 змушує важіль 13 обернутися щодо осі шарніра проти годинникової стрілки, внаслідок чого права колодка притискається до гальмівного шківа. Одночасно, за рахунок тиску робочої рідини на дно циліндра 10, важіль 5 повертається щодо осі нижнього шарніра за годинниковою стрілкою і, за допомогою тяги 4, повертає важіль 1 в тому ж напрямку. В результаті обидві колодки притискаються до шківа практично одночасно. Замикання гальма при припиненні подачі електричного струму здійснюється автоматично

пружиною 6, яка з допомогою тяги 4 впливає на важелі 1 і 5. При включенні електромагніта 12 сердечник 11 втягується всередину і гальмо розмикається.

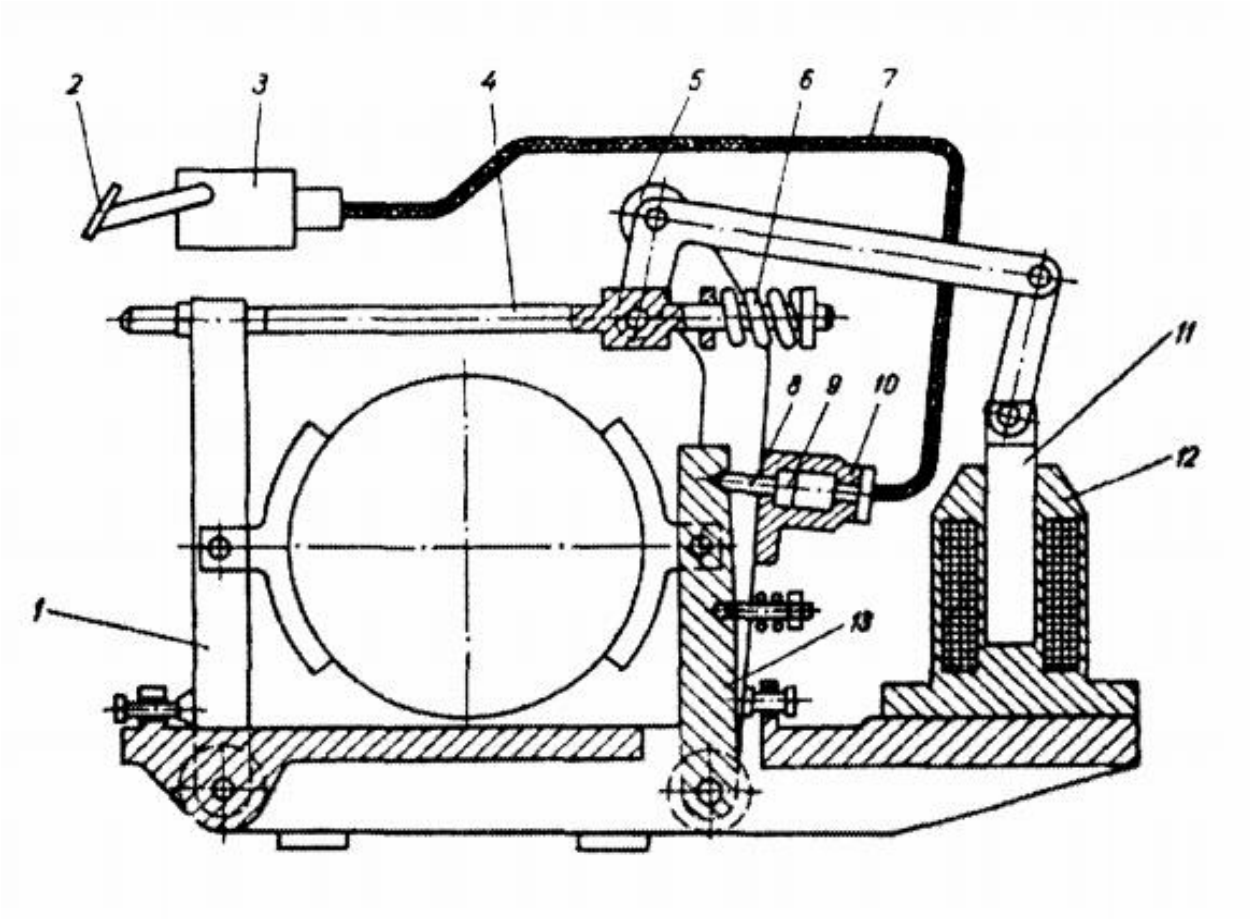



Рисунок 2.7 - Комбіновані гальма

Впровадивши комбіновану систему гальмування можна досягти наступних результатів:

- зменшити динамічні навантаження металоконструкцію моста.
- зменшення кількості перекосів мосту.
- зменшити зношення ходових коліс.
- збільшити надійність приводних механізмів.
- досягти економічної ефективності через зменшення часу простоїв та тривалості ремонтів.

## 2.7 Розрахунок механізмів переміщення крану

Цей розрахунок полягає у визначенні опору пересуванню, виборі та перевірці двигунів, редукторів, валів, муфт і гальм.

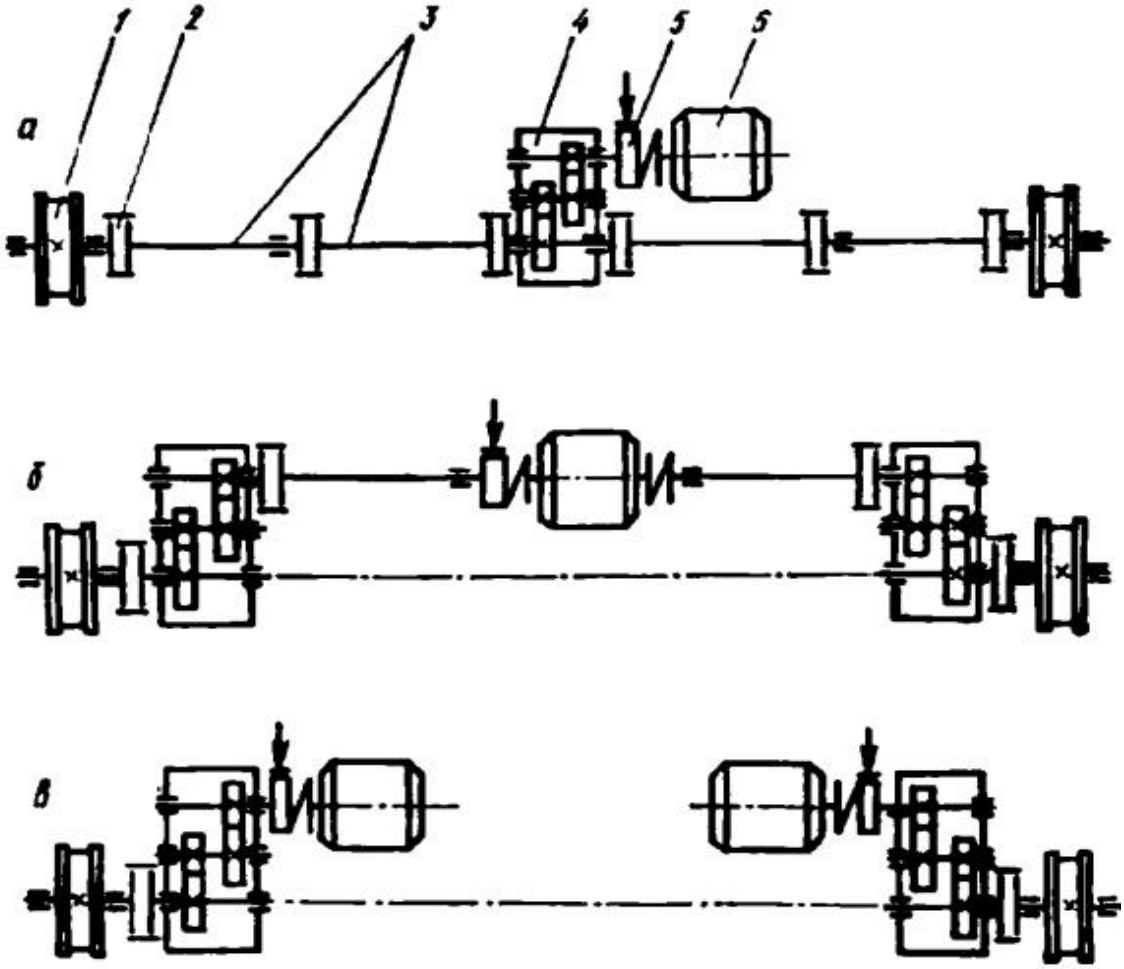
Механізми пересування кранів та візків з приводними колесами мають багато спільного, і тому розглядаються спільно. Вони складаються з не приводної частини – холостих ходових коліс і приводної частини – приводних ходових коліс, передавального пристрою, електродвигуна і гальма. Привідна частина підрозділяється на механізми з центральним приводом, при якому використовується один двигун і один передавальний пристрій, і механізми з роздільним приводом, що має два двигуни. Механізми з центральним приводом застосовують у візках і деяких конструкціях мостів. В останніх частіше використовуються механізми з роздільним приводом. Цей тип приводу знаходить застосування і в деяких конструкціях візків.

Кінематичні схеми приводу механізмів пересування мостових кранів можуть бути (рис.2.8): а) з центральним приводом і тихохідним валом; б) з центральним приводом н швидкохідним валом; в) роздільним приводом.

Визначальним для механізму пересування є кількість ходових коліс, яка визначається на основі їх розрахунку. Крани й візки малої і середньої вантажопідйомності зазвичай мають по чотири колеса, більшої вантажопідйомності – по вісім і шістнадцять коліс, а їхні візки відповідно - по чотири і вісім. Трьохопорні візки, у яких два колеса, що переміщаються по одному рельсу, мають реборди, а третє - виконано безребордним, легше розвертаються в горизонтальній площині.

Послідовність розрахунку:

- Вибір схеми механізму, її обґрунтування.
- Визначення опору руху, навантаження на колеса мосту.
- Вибір електродвигуна, редуктора, муфт, гальм.
- Перевірка двигуна на пусковий режим і стабільність процесу пуску.




1 – ходове колесо; 2 – муфта; 3 – вал проміжний; 4 – редуктор;

5 – гальмо; 6 – електродвигун

Рисунок 2.8 - Основні схеми механізмів переміщення мостових кранів:

а – з центральним приводом та тихохідним валом;

б – з центральним приводом і бистрохідним валом;

в - з розділеним приводом;

2.7.1 Вибір схеми механізму, її обґрунтування

Ливарний розливний кран що працює у технологічній лінії мартенівського цеху має схему, що показана на рис.2.9.

Електродвигун через муфти з'єднаний з двома вертикальними редукторами ВКУ. Вихідний вал редукторів муфтами і проміжними валами з'єднаний з ходовими колесами.

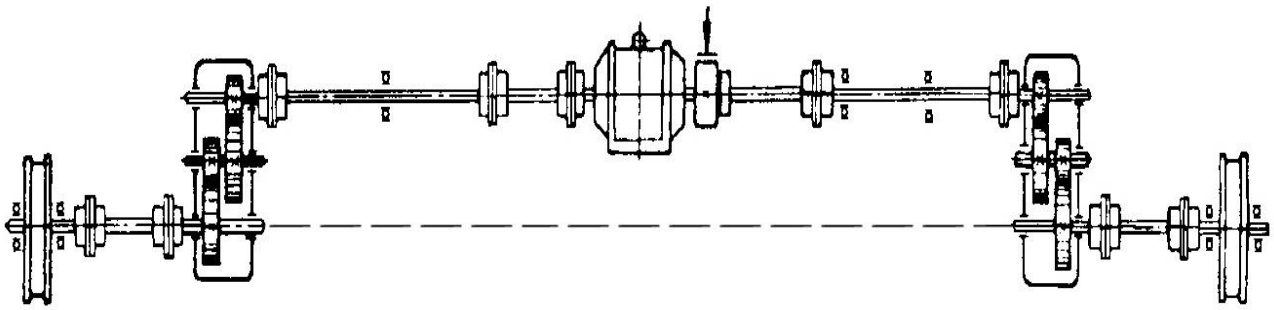


Рисунок 2.9 - Схема приводу переміщення

2.7.2 Визначення опору руху, навантаження на колеса мосту.

Маса крана $m_T = 368\ T;$

Вантажопідйомність $m = 320\ T;$

Найбільше навантаження на одне колесо

$$F = (m + m_T)\frac{g}{z_K} = (368 + 320)\cdot\frac{9{,}8}{16} = 421 \text{ кН.} \qquad (2.1)$$

де $z_K$ – кількість коліс крану;

Кран має велику вантажопідйомність, тому приймаємо $z_K = 16$.

Обираємо для заданої швидкості руху мосту $V_T$ = 1.05м·с$^{-1}$: діаметр колеса $D_K$ = 800 мм, діаметр реборд $D_1$ = 850 мм, граничне навантаження на одне колесо $FK$ = 21 кН. В опорах колеса встановлені підшипники 3624 з внутрішнім діаметром $d$= 120 мм.

Опір руху з номінальним вантажем:

$$W_C = (m + m_T)g\left(\frac{fd2\mu}{D_K}k_p + \alpha\right) \text{ кН,} \qquad (2.2)$$

де $f$ – коефіцієнт тертя в опорах колеса,

$\mu$ – коефіцієнт тертя кочення колеса по рельсу,

$k_p$ – коефіцієнт, що враховує тертя реборд з рельсом,

$\alpha$ – нахил шляху.

Приймаємо $f$ = 0,015 [10], $\mu$ =0,0007 мм при $D_k$ = 800 мм і рельсом з плоскою головкою [10], $k_p$ = 2,0…2,5 при підшипниках кочення [10], $\alpha$=0,001 [10].

$$W_C = (320 + 368\ )g\left(\frac{0{,}015 \cdot 120 + 2 \cdot 0{,}0007}{800} \cdot 2{,}5 + 0{,}001\right) = 38 \text{ кН.}$$

2.7.3 Вибір електродвигуна, редуктора, муфт, гальм.

2.7.3.1 Електродвигун.

Статична потужність привода

$$P' = W_C V_T / \eta = 38 \cdot \frac{1{,}05}{0{,}92} = 43{,}4 \text{ кВт.} \qquad (2.3)$$

де $\eta$ – ККД механізму переміщення; приймаємо $\eta$ = 0,92 [10].

Визначимо також номінальну кутову швидкість двигуна по формулі:

$$W_{дв} = \frac{\pi n_{дв}}{30} = \frac{3{,}14 \cdot 570}{30} = 59{,}69 \ \ рад/с \ . \qquad (2.4)$$

Тоді номінальний момент руху:

$$T_{дв.н} = \frac{N_{дв}}{W_{ld}} = \frac{45000}{59{,}69} = 753{,}9 \ \ Нм \qquad (2.5)$$

Визначаємо максимальний пусковий момент двигуна:

$$T_{n\max} = T_{дв.н} \cdot \psi_{n\max} = 753{,}9 \cdot 3 = 2261{,}7 \text{ Нм}, \quad (2.6)$$

де $\psi_{nmax}$ – кратність пускового моменту. Для нашого двигуна обираємо

$\psi_{nmax}$ = 3/

Так, як ливарний кран відноситься до відповідального обладнання, то при виникненні ситуації відмови одного з двигунів, інший повинен замінити непрацюючий повністю. Тобто, потужності одного двигуна повинно вистачити для того, щоб зберігати систему працюючою, тому обираємо двигун МТН611-10 з наступними технічними характеристиками:

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики електродвигуна МТН611-10 при напрузі 220В, частоті 50Гц і ПВ=40%.

| | |
|---|---|
| Потужність, Р, кВт | 45 |
| Частота обертання, n, об/хм | 570 |
| Номінальний струм, $I_н$, А | 109 |
| Кратність максимального моменту $M_{max}/M_н$ | 3,0 |
| Коефіцієнт корисної дії, % | 86 |
| Момент інерції ротора, $J_{р,}$ кг·м$^2$ | 3,8 |
| Максимальний пусковий момент, $T_{пmax}$, Н·м | 2261 |
| Вага, m, кг | 900 |

2.7.3.2 Редуктор

В одній приводній системі застосовано два вертикальних кранових редуктори ВКУ.

Частота обороту ходових коліс:

$$n_k = \frac{60 \cdot 10^3 V_T}{\pi D_K} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 1{,}05}{3{,}14 \cdot 800} = 2{,}5 \ .хв^{-1} \quad (2.7)$$

Передавальне число привода тоді:

$$n = \frac{n_{дв}}{n_k} = \frac{3570}{25} = 22. \qquad (2.8)$$

Частота обертання тихохідного валу редуктора:

$$n_m = n_K = 25 \ хв^{-1} \qquad (2.9)$$

Число циклів навантаження на тихохідному валу редуктора:

$$z_m = 30nt_{маш} = 30 \cdot 23 \cdot 12500 = 9375000. \qquad (2.10)$$

Сумарне число циклів контактних навантажень зуба тихохідної ступені:

$$Z_p = Z_m u_m = 9355000 \cdot 5 = 46875000. \qquad (2.11)$$

Визначимо строк служби:

$$k_t = \sqrt[3]{\frac{z_p}{z_0}} = \sqrt[3]{\frac{46875000}{1250000}} = 0,72 \ . \qquad (2.12)$$

Мінімально можлива міжосьова відстань редуктора:

$$a_\Sigma^{/} = 0,5D_1 + h + 100 = 0,5 \cdot 850 + 357 + 100 = 882 \ мм \qquad (2.13)$$

де $h$ – висота осі двигуна. У нашому випадку $h$ = 357мм.

Тепер обираємо редуктор ВКУ-965М з наступними параметрами занесеними у таблицю 2.3.

Таблиця 2.3- Параметри редуктора ВКУ-965М

| | |
|---|---|
| Передаточне відношення, n. | 22 |
| Номінальний крутний момент на тихохідному валу, Нм. | 25100 |
| Номінальна потужність, що може буди передана, кВт. | 117 |
| Діаметр вхідного валу, мм. | 70 |
| Діаметр вихідного валу, мм. | 130 |
| Маса, кг. | 1530 |

Фактична швидкість руху:

$$V_{TФ} = \frac{\pi D_K n_d}{60 U_p} = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}8 \cdot 570}{60 \cdot 22} = 1{,}08 \quad \text{с}^{-1} \qquad (2.14)$$

2.7.3.3 Муфта на бистрохідному валу.

Номінальний момент на валу було розраховано вище за допомогою формули (2.8), і він дорівнює $T_H$ = 753,9 Нм.

Тепер визначимо розрахунковий момент:

$$T_M^{/} = k_1 k_2 T_H = 1{,}2 \cdot 1{,}3 \cdot 753{,}9 = 1176{,}1 \ \ Нм, \qquad (2.15)$$

де $k_1$ - коефіцієнт, що враховує степінь відповідальності механізму,

$k_2$ - коефіцієнт, що враховує режим роботи [10].

Приймаємо $k_1$ = 1,2; $k_2$ = 1,3.

Обираємо муфту МЗ-4 для бистрохідного валу з наступними параметрами:

Таблиця 2.4 - Параметри зубчатої муфти на бистрохідному валу.

| | |
|---|---|
| Модуль зачеплення, *m* | 3 |
| Число зубців, *Z* | 48 |
| Діаметр вала, мм. | 45…80 |
| Динамічний момент, $GD^2$, кгм$^2$ | 0,2 |
| Крутний момент, кНм | 10 |
| Маса, кг | 32,7 |

2.7.3.4. Муфта на тихохідному валу

Розрахунковий момент розраховується за формулою, подібною до формули (2.15):

$$T_M^{/} = k_1 k_2 T_H = 1{,}2 \cdot 1{,}3 \cdot 14927 = 23286 \quad Нм, \qquad (2.16)$$

де $T$ – момент на валу редуктора, що визначається за формулою:

$$T = Tnn_p = 753{,}9 \cdot 22 \cdot 0{,}9 = 14927 \quad Нм, \qquad (2.17)$$

де $\eta_p$ – ККД редуктора. $\eta_p$*=0,9.*

Обираємо муфту М3-7 з наступними параметрами:

Таблиця 2.5 - Параметри муфти на тихохідному валу редуктора.

| | |
|---|---|
| Модуль зачеплення, m. | 4 |
| Число зубців, Z. | 56 |
| Діаметр вала, мм. | 70…125 |
| Динамічний момент, GD$^2$, кгм$^2$. | 1,04 |
| Крутний момент, кНм. | 40 |
| Маса, кг. | 91 |

2.7.3.5. Гальма

Максимально допустиме уповільнення:

$$a_T = \left[ \frac{z_П}{z} \cdot \left( \frac{\varphi}{1{,}2} - f \cdot \frac{d}{D_K} \right) + (2\mu + f \cdot d) \cdot \frac{1}{D_K} \right] \cdot g \text{ ,м/с}^2 \qquad (2.18)$$

де $Z_П$ - число привідних коліс,

$\varphi$ - коефіцієнт зчеплення ходових коліс з рейками; приймаємо $Z_П=4$,

$\varphi$ =0,15 [10].

$$a_T = \left[ \frac{2}{16} \cdot \left( \frac{0{,}15}{1{,}2} - 0{,}015 \cdot \frac{130}{800} \right) + (2 \cdot 0{,}0007 + 0{,}15 \cdot 130) \cdot \frac{1}{800} \right] \cdot 9{,}81 = 0{,}17 , \quad \text{м/с}^2$$

Розраховане значення уповільнення знаходиться в межах допустимого. Для кранів, що підіймають і транспортують рідкий та розпечений метал цей параметр варіюється в межах 0,1…0,2 м/с$^2$.

Час гальмування розраховується наступним чином:

$$t_T = \frac{V}{a_T} = \frac{1{,}08}{0{,}17} = 6{,}35 \text{ с.} \qquad (2.19)$$

Опір переміщенню моста без вантажу при гальмуванні.

$$F_T^{/} = mg \frac{fd + 2\mu}{D_K} = 368000 \cdot 9{,}81 \cdot \frac{0{,}015 \cdot 0{,}13 + 2 \cdot 0{,}0007}{0{,}8} = 15117 \text{ Н} \qquad (2.20)$$

Момент статичного опору на тормозному валу при гальмуванні крана, в умовах встановлення гальма на валу двигуна и відсутній нахил шляху:

$$T_C^T = \frac{F_T^{/} D_K \eta}{2n} = \frac{15117 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}85}{22 \cdot 2} = 233{,}6 \text{ Нм.} \qquad (2.21)$$

Момент сил інерції при гальмуванні крана без вантажу:

$$T_{ін}^T = \frac{\delta J_p n}{9{,}55 t_T} + \frac{9{,}55 \cdot m V_{TФ}^2 \eta}{n t_T}, \text{ Нм;} \qquad (2.22)$$

де $\delta$ - коефіцієнт, що враховує вплив обертаючих мас привода механізму,

$\delta$ = 1,1…1.25;

$v$ - швидкість руху крана, м/с, приймаємо $v$ = 1,08 м/с;

$J_p$ - момент інерції на валу двигуна, $J_p$ = 3,8 кг·м$^2$.

$$T_{ін}^T = \frac{1{,}25 \cdot 3{,}8 \cdot 570}{9{,}55 \cdot 6{,}35} + \frac{9{,}55 \cdot 368000 \cdot 1{,}08^2 \cdot 0{,}85}{570 \cdot 6{,}35} = 1233{,}14, \text{ Нм.}$$

Розрахунковий тормозний момент на валу гальма:

$$T_P^T = T_{ін}^T - T_C^T = 1233{,}14 - 233{,}6 = 999{,}54 \approx 1000 \text{ Нм.} \qquad (2.23)$$

Обираємо гальма ТКП-600 з наступними параметрами:

Таблиця 2.6 - Технічні характеристики гальма ТКП-600

| | | | |
|---|---|---|---|
| Діаметр гальмівного шківа, мм. | 600 | | |
| Вага, кг. | 555 | | |
| Тормозний момент $T_T$, Нм. | При 60% номінального струму | ПВ=25% | 5000 |
| | | ПВ=40% | 3600 |
| | При 40% номінального струму | ПВ=25% | 3300 |
| | | ПВ=40% | 2400 |

Для розрахунку мінімального гальмівного шляху скористуємось наступною формулою (При відношенні числа гальмівних ходових коліс до їх загальної кількості - 25%):

$$S = 0{,}5V_{T\Phi}{}^2 / k = 2 \cdot 1{,}08^2 / 1{,}5 = 1{,}55 \text{ м}, \quad (2.24)$$

де $k$ - коефіцієнт зачеплення при роботі в приміщенні, $k$ = 1,5.

Фактичний гальмівний шлях розрахуємо наступним чином:

$$S = 0{,}5 \cdot V_{T\Phi} \cdot t_T = 0{,}5 \cdot 1{,}08 \cdot 6{,}35 = 3{,}43 \text{ м}. \quad (2.25)$$

2.7.4 Перевірка пускового режиму двигуна

Максимально допустиме прискорення при пуску:

$$a_П = \left[ \frac{z_П}{z} \cdot \left( \frac{\varphi}{K_\varphi} + \frac{fd}{D_R} \right) - (2\mu + fd) \cdot \frac{K_p}{D_K} \right] \cdot g = 0{,}54 \ \ м/с.^2 \quad (2.26)$$

де $K_\varphi$ – мінімально допустиме значення коефіцієнта запасу зчеплення;

приймаємо $K_\varphi$ = 1,2 [10].

$$a_П = \left[ \frac{2}{16} \cdot \left( \frac{0{,}15}{1{,}2} + \frac{0{,}015 \cdot 0{,}13}{0{,}8} \right) - (2 \cdot 0{,}000 + fd) \cdot \frac{2{,}5}{0{,}8} \right] \cdot 9{,}81 = 0{,}54 \ \ м/с.^2$$

Найменший допустимий час пуску:

$$[T_П] = V_{T\Phi} / a_П = 1{,}08 / 0{,}54 = 2 \ \ с. \quad (2.27)$$

Розраховуємо середній пусковий момент двигуна:

$$T_{Пср} = 0{,}5(T + \psi \cdot T_H) = 0{,}5 \cdot (2261 + 1{,}1 \cdot 735{,}9) = 1545{,}2 \text{ Нм}; \quad (2.28)$$

де $T_{max}$ - максимальний момент двигуна (пусковий);

приймаємо $T_{max}$ = 2261 Нм.

$\psi_{min}$ - мінімальна кратність пускового моменту; приймаємо $\psi_{min}$ = 1,1.

$T_H$ - номінальний момент двигуна; приймаємо це значення – 753,9 Нм.

Момент статичного опору при роботі крана без вантажу:

$$T_C = \frac{F'_{пер} D_K}{2u_p \eta}, \text{ Нм}; \quad (2.29)$$

де $F'_{пер}$ - опір переміщенню крана без вантажу визначається за формулою:

$$F'_{пер} = k_p mg \frac{fd + 2\mu}{D_K} = 368000 \cdot 9{,}81 \cdot \frac{0{,}015 \cdot 0{,}13 + 2 \cdot 0{,}0007}{0{,}8} = 15117 \text{ ,Нм}. \quad (2.30)$$

Статичний опір без вантажу визначається за формулою (2.29):

$$T_C = \frac{15117 \cdot 0{,}8}{2 \cdot 22 \cdot 0{,}86} = 319{,}6 \text{ Нм}.$$

Момент інерції ротора двигуна $J_p$ = 3,8 кгм$^2$ і муфт бистрохідного валу $J_M = 6J_M = 6 \cdot 0{,}002 = 0{,}012$ кгм$^2$; звідси сумарний момент інерції дорівнює:

$$J = J_p + J_M = 3{,}8 + 0{,}012 = 3{,}812 \text{ кгм}^2. \quad (2.31)$$

Фактичний час запуску механізму переміщення без вантажу:

$$t = \frac{\delta \cdot J \cdot n}{9{,}55 \cdot \left(T_{ср.п} - T_C\right)} + \frac{9{,}55 \cdot m \cdot v^2}{n \cdot \left(T_{ср.п} + T_C\right) \cdot \eta} \text{ , с} \qquad (2.32)$$

$$t = \frac{1{,}25 \cdot 3{,}812 \cdot 570}{9{,}55 \cdot \left(1545{,}2 - 319{,}6\right)} + \frac{9{,}55 \cdot 368000 \cdot 1{,}08^2}{570 \cdot \left(1545{,}2 + 319{,}6\right) \cdot 0{,}86} = 6{,}8 \text{ с.}$$

Отриманий результат задовольняє допустиме значення, а саме для механізму переміщення моста час запуску коливається в межах 5…8 с.

Фактичне прискорення крана без вантажу при пуску:

$$a_{\text{ф}} = V_{\text{ТФ}}/t_{\text{п}}, \text{ м/с}^2 = 1{,}08/6{,}8 = 0{,}158 \text{ м/с}^2 < a_{max} = 0.2 \text{ м/с}^2. \qquad (2.33)$$

Перевірка запасу зчеплення при пуску виконується за умови:

$$k_\varphi = \frac{F\varphi}{F'_{пер} + mg \cdot \left(\frac{a}{g} - \frac{z_n}{z} \cdot f \cdot \frac{d}{D_K}\right)} > 1{,}2; \qquad (2.34)$$

де $F_{пр}$ – сумарне навантаження на приводні колеса без вантажу;

$F'_{пер}$ - повний опір руху без ватажу;

$$F_{пр} = \frac{mgz_n}{z} = \frac{368000 \cdot 9{,}81 \cdot 4}{16} = 902520 \text{ Н.} \qquad (2.35)$$

Отже,

$$k_\varphi = \frac{902520 \cdot 0{,}15}{15117 + 368000 \cdot 9{,}81 \cdot \left(\frac{0{,}158}{9{,}81} - \frac{2}{16} \cdot 0{,}015 \cdot \frac{0{,}13}{0{,}8}\right)} = 1{,}9 > 1{,}2 \text{ .}$$

# 3. ЕКСПЛУАТАНІЙНА ЧАСТИНА

## 3.1Технічне обслуговування ливарного крана

Головним завданням технічного обслуговування є підвищення надійності та довговічності, попередження передчасного виходу з ладу механізмів, скорочення об'єму робіт та збільшення терміну служби обладнання, збільшення міжремонтного періоду [23…35].

Технічне обслуговування встановлює чіткі обов'язки персоналу під час приймання зміни, під час оглядів, ревізій та ремонтах крана.

Під час приймання зміни необхідно перевіряти:

- деталі, вузли і механізми, в яких під час попередньої зміни були виявлені недоліки;
- надійність кріплення вузлів і деталей, послаблення яких може викликати аварію або зупинку крана, особливу увагу слід приділити на такі вузли як кріплення корпусів підшипників, кріплення муфт, редукторів;
- справність дії пускових, гальмівних, блокуючих пристосувань і кінцевих вимикачів;
- міра нагрівання вузлів тертя, справність мастильних пристроїв, наявність в них мащення і стан відповідальних зубчастих зачеплень редукторів, а також наявність вібрації в елементах приводу, які виникають під час порушення кріплення деталей;
- справність захисних огороджень;
- чистоту обладнання та робочого місця.

Технічне обслуговування під час приймання зміни вимагає дотримання режимів мащення вузлів тертя, застосування мастильних матеріалів відповідних сортів згідно карти мащення.

Зовнішнім оглядом встановлюють наявність задирів, тріщин, спрацювання деталей слід перевірити на дотик і на цілісність, перевіряти похитуванням пересування деталі уподовж осі. Під час всієї зміни перевіряти

мащення вузлів тертя, забезпечених індивідуальними приладами. Контролювати надходження мастильних матеріалів до вузлів тертя, обладнаних централізованими системами мащення, слідкувати за мірою нагрівання вузлів тертя. Вчасно виконувати регулювання з'єднань, слідкувати за справністю з'єднання. Технічне обслуговування повинні виконувати чергові.

Технічне обслуговування під час приймання зміни та протягом неї дає можливість підготувати необхідні дані для ремонту крана, забезпечити роботу ремонтної бригади під час оглядів і складанні ремонтної відомості для поточного ремонту.

Під час зупинок крана черговий персонал повинен встановити несправності при роботі крана та зробити запис в журналі приймання і здачі зміни. Технічне обслуговування, як правило, виконується на основі інструкцій заводу-виробника ливарного крана. Періодичні огляди і ревізії крана слід проводити з метою перевірення стану деталей і вузлів, які неможливо оглянути [23].

Під час огляду необхідно виконувати наступні роботи:

- часткове розбирання, огляд валів, підшипників, зачеплення муфт та інших деталей;
- перевірку точності і регулювання механізмів крана, вузлів, заміну мащення, уточнення об'єму робіт запланованого ремонту ливарного крана.

Огляд виконується ремонтною бригадою з участю експлуатаційного і ремонтного персоналу під керівництвом механіка цеха. Огляди проводять один раз на 7…10 днів. Ревізія відрізняється від оглядів більш глибшим перевіренням ливарного крана із визначенням розмірів зносу. Об'єм і періодичність ревізій регламентовані правилами технічної експлуатації механічного обладнання. Результати оглядів і ревізій слід записувати в агрегатний журнал.

Після ревізій або ремонту ремонтний персонал повинен перед здачею до експлуатації очистити від сміття та сторонніх предметів: весь інструмент,

а також деталі, які були зіпсовані, повинні бути видаленими. Під час ревізій та ремонтів обладнання персонал повинен дотримуватись діючої бригадної системи та системи допусків.

В гальмівних пристроях необхідно перевіряти: стан робочих поверхонь гальмівних шківів, стан фрикційних обкладок колодок, шарнірних з'єднань. Під час зносу обкладок фрикційного матеріалу на гальмівних колодках до 2 мм завтовшки виконувати заміну. При спрацюванні, що перевищує 1,5-2 мм, шківи підлягають шліфуванню.

В з'єднувальних муфтах перевірити кріплення напівмуфт на валах та правильність їх взаємного розташування. Ревізію муфт виконують під час планових ремонтів, але не рідше одного разу на 45 днів. Систематично перевіряти наявність мащення в корпусах зубчастих муфт. Під час ревізії зубчастих муфт внутрішню порожнину корпусу промити сумішшю гасу з мастилом індустріальним 12 або 20, після промивання залити свіжим мастильним матеріалом.

Вальниці кочення підлягають заміні при:

- появі бороздчастого спрацювання, розшарування на тілах кочення;
- появі тріщин на робочих поверхнях внутрішнього або зовнішнього кільця;
- збільшення радіального зазору внаслідок зносу;
- неукомплектованості підшипників тілами кочення.

В редукторах або зубчастих передачах перевірити стан та рівень зносу зубів, стан приладів мастильної системи, якість мастильних матеріалів.

Ревізію редукторів проводити у відповідності з графіком планово-попереджувальних ремонтів не менше одного разу на рік. Ревізію зубчастих передач виконувати під час зупинки на ревізію механізмів, в яких вони розташовані.

Під час ревізії зубчастих передач і редукторів:

- оглядати стан робочих поверхонь зубів коліс та рівень їх зносу;
- визначити розміри та характер плям дотику;
- перевірити взаємну центровку зубчастих пар;

- перевірити надійність кріплення зубчастих коліс на валах і баланс зубчастих коліс;
- перевірити стан мастильної системи;
- виконати очищення корпусу редуктора від бруду.

Проводити огляди рейкових шляхів кранового візка. Догляд, нагляд, огляд кранового візка проводити у встановлені терміни, не менше одного разу на місяць. Під час кожного огляду очищувати підкранові шляхи від забруднення, накопичення пилу та сторонніх предметів.

Під час оглядів підкранових шляхів, рейкових шляхів кранових візків:
- перевірити кріплення рейок в болтових з'єднаннях;
- перевірити наявність розірваних ділянок в зварочних з'єднаних;
- перевірити наявність тріщин, накатів на поверхні головок рейок;
- перевірити щільність прилягання рейкових шляхів візка;
- перевірити кінцеві тупикові упори прольоту на підкранових шляхах, наявність огороджень;
- оглянути опорні вальниці на колонах підкранових балок.

Огляди металоконструкцій виконують не менше одного разу на рік.

Металоконструкції кранів фарбувати неменше одного разу на 3-5 років в залежності від стану попереднього фарбування.

Вантажні барабани підлягають заміні:
- у разі зменшення товщини стінок струмків ролика більш ніж на 10%;
- у разі зменшення товщини стінок барабану більш ніж на 15-20%;
- у разі зносу поверхні струмків по осі ролика більше 25% діаметру каната;
- у разі виявлення тріщин циліндричної поверхні.

На валах та осях слід перевіряти:
- наявність тріщин та вигинів;
- центровку електродвигуна з редуктором.

Барабани та блоки крана не менше одного разу на рік підлягають повній ревізії із розбиранням усього вузла, заміною зношених деталей та усуненням виявлених недоліків.

Під час огляду необхідно:

- перевірити стан болтового кріплення стопорних планок, осей барабану та блоків;
- перевірити наявність тріщин на циліндричних поверхнях або ступицях барабану, ребордах роликів;
- перевірити зазор між осями та втулками барабанів і роликів;
- перевірити знос струмків в рамках блоків, наявність тріщин;
- перевірити підвіски та їх кріплення.

Під час ревізії кованих крюків слід:

- перевірити наявність тріщин та інших пошкоджень на поверхні крюка;
- чи немає тріщин і деформацій хвостовика крюка;
- величину зносу крюка в місцях небезпечних перетинів;
- стан різьби хвостовика крюка, гайки, ниток, перевірити надійність приладу та вберегти гайку від розкручування.

Ковані крюки підлягають заміні у випадку виявлення:

- тріщин, надривів на його поверхні;
- знос крюка в небезпечних перетинах більше 10-20%;
- залишкової деформації тіла крюка в небезпечних перетинах і в місцях переходу до шийки.

Під час ревізії пластичних крюків:

- оглянути, чи немає тріщин в небезпечних перетинах крюка, зірваних або послаблених заклепок;
- перевірити стан та величину зносу втулок пальців, проушин;
- перевірити стан вкладишів і накладок, які захищають пластини крюка.

Втулки замінюють у разі 50% зносу від початкової товщини. Вісь підлягає заміні у разі зносу на 3-5% товщини номінального його діаметру.

В ходових колесах необхідно перевірити стан та величину зносу втулок.

Під час ревізії ходових коліс необхідно:

- перевірити, чи немає тріщин та посадку бандажів на диску;

- оглянути та перевірити надійність болтового з’єднання зубчастих вінців з ходовими колесами;
- оглянути кріплення букс до рами, а також стопорні планки, які фіксують вісь;
- перевірити характер та міру зносу реборд колеса, поверхню кочення ходових коліс та наявність тріщин;
- перевірити стан осей і втулок ходових коліс та мастильних каналів. Осі, які мають задири відремонтувати або замінити. Втулки при задирах відремонтувати, а у разі зносу на 40-50% за товщиною стінки замінити;
- перевірити міру зносу дистанційних шайб, між ступицями ходових коліс і балкою мосту, у разі зносу 50% шайби замінити;
- перевірити стан сталевих канатів, надійність кріплення їх кінців.

Періодичні огляди канатів повинні виконуватися не менше ніж 7…10 днів. Канати, які мають обриви або інші ознаки зносу, але недостатні для бракування, оглядають два рази на день. Під час періодичних оглядів перевіряти стан канатів, кріплення кінців, виявляти зміни діаметру каната та підраховувати кількість обірваних проволок [24].

## 3.2 Характерні види відмов ливарного крана і їх ремонтопридатність

Під час експлуатації ливарного крана механічне обладнання весь час підлягає зносу під дією діючих навантажень 23[].

Плануючи капітальний ремонт механізму пересування крана необхідно визначити міру зношення основних його деталей, підготувати їх заміну або ремонт.

Основними видами зношення вузлів механізму пересування ливарного крана є: гальма, ходові колеса, зубчасті муфти, підкранові шляхи та зубчасті зачеплення редукторів [23].

Гальма. Під час експлуатації гальма зношенню підлягають шків та фрикційний матеріал покриття гальмівних колодок. Зношення тіла шківу від

сил тертя не повинно перевищувати 50% від товщини його тіла. У разі зношення шків слід замінити або відновити шляхом наплавлення його поверхні з послідовною термічною обробкою. Під час огляду шківу необхідно звернути увагу на спрацювання його поверхні з послідовною термічною обробкою. Також звернути увагу на спрацювання його поверхні, канавки, борозди, за глибиною не повинні перевищувати 1,5-2 мм. У разі спрацювання поверхня шківу підлягає відновленню.

Ходові колеса. Під час роботи крана відбувається зношення реборд. Інтенсивне зношення реборд є наслідком неправильного встановлення осі ходових коліс або поганого стану підкранових шляхів. Зношення реборд не повинно перевищувати 50% початкового розміру, в іншому випадку колеса необхідно замінити. Зношення бігової доріжки не повинно перевищувати 15-20% товщини реборд. Різниця діаметрів двох парних коліс не повинна перевищувати 0,001 мм початкового діаметру ходового колеса.

Зубчасті муфти. Можливі тріщини в тілі напівмуфт. В цьому випадку муфту необхідно замінити новою. Виконується розробка отворів для з'єднувальних болтів. В механізмі пересування отвору слід підварити, а потім проточити. Якщо є розробка шпоночних канавок, то їх відновити ремонтом. Перевірити зношення зубів, яке не повинно перевищувати 20-25% від товщини зуба. У разі зношення зубів – муфту замінити.

Підкранові шляхи. Зношення головки рейок не більш ніж на 30% від початкового розміру, а по висоті – не більше 15%. У разі зношення – рейки замінити. Зазор між стиками не більше 2 мм.

Зубчасті передачі редукторів. Під час роботи механізму пересування крана в редукторах зуби коліс підлягають зношенню. Визначають стан зубчастого зачеплення редуктора за шумом його нагрівання. Зношення зубів коліс не повинно перевищувати 20% від початкової товщини. У разі зношення шестерні необхідно замінити.

Проаналізувавши окремі види зношення окремих деталей та вузлів ливарного крана, можна зробити висновок, що всі деталі крана підлягають

ремонту та відновленню, чим і визначається ремонтопридатність всього крана.

## 3.3 Заходи по підвищенню довговічності і надійності основних деталей та вузлів ливарного крана

В механізмі пересування ливарного крана найбільш зношувані деталі є: ходові колеса, вали ходових коліс, зубчасті передачі і гальма [23…25].

Для збільшення терміну служби ходових коліс слід застосовувати в якості заготовок штамповку або прокат замість литва, використовуючи для цього матеріал – сталь 65Г. Після механічної обробки піддавати термічній обробці. Вона забезпечує більш високу зносостійкість робочих поверхонь.

Основними причинами виходу з ладу валів ходових коліс є зношення посадкових місць, підшипників і муфт, розбивання шпонкових пазів. Для збільшення терміну служби валів пропоную виготовляти вали із сталі 45 з термообробкою для поліпшення.

Основними причинами виходу з ладу зубчастих передач є порушення центрування та їх зсув по осі, зношення поверхні зубів. Для збільшення терміну служби зубчастих передач пропоную виготовлення коліс 3-ї швидкості з наступних марок сталі: сталь 40ХН гартування НВ215-280Ю, виготовлення коліс 1-ї швидкості редуктора сталь 12ХН3А.

Під час роботи зношуються гальмівні шківи та фрикційні матеріали. Для збільшення терміну служби гальмівних шківів пропоную поверхню шківа наплавити матеріалом типу ЛП3Х2В8 та застосувати для обгортання високоякісні фрикційні матеріали.

## 3.4 Вибір систем змащення і мастильних матеріалів для тертьових деталей ливарного крана Карта мащення

Надійність металургійного обладнання залежить від раціонального вибору мастильних матеріалів, способів та режимів мащення, контролю якості мащення піл час експлуатації. Основним призначенням змащення є зниження втрат на тертя та запобігання або зменшення зношення поверхонь, які труться.

Оскільки ливарний кран працює у важкому режимі під дією високої температури та агресивного середовища, необхідно враховувати при виборі мастильних матеріалів.

Для змащення редукторів механізму пересування крана застосовують змазку – індустріальна 20 ГОСТ20799-75. Коротка характеристика: в'язкість 2,6 ВУ коксуємість не більш 0,3; кислотне число не більш 0,14℃, температура не більше 170℃, температура застигання -20℃. Змащення знаходить широке застосування, що дозволяє працювати в приміщеннях з високими температурами. Система мащення – картерна.

Для змащення підшипників електродвигуна застосовують – жирова 113ОСТ. Коротка характеристика: динамічна в'язкість 600-1000Па-с, температура краплепадіння 130-150℃, температурна межа працездатності – 20…+110, система мащення – закладна.

Для змащення зубчастих муфт застосовують пластичні змазки типу ОЗП-1 ТУУССР-38-201117-76. Коротка характеристика: температура краплепадіння 30-55℃, число пенетрації 280-320℃, система – закладна [25].

## 3.6 Підготовка до капітального ремонту ливарного крана

У процесі тривалого використання, морального та фізичного зносу будь-яким будинкам та спорудам потрібен капітальний ремонт. Він проводиться з метою відновлення конструктивної цілісності окремих елементів об'єкта, його модернізації для покращення експлуатаційних та естетичних властивостей споруди. Після його закінчення будова набуває

гарного зовнішнього вигляду, підвищується його інвестиційна та балансова вартість.

Капітальний ремонт крана - відновлення або заміна зношених деталей, вузлів та агрегатів, що забезпечить його повну справність та готовність до роботи у відповідному режимі. Підставою для проведення капітального ремонту є незадовільний стан крана, його складових частин [24, 25].

Капітальний ремонт крана включає:

- ремонт або заміна електродвигунів;
- ремонт або заміна редукторів;
- заміна коліс, підшипників, букс, валів;
- заміна кабелів;
- ремонт або заміна панелей запалення та захисту;
- заміна вантажного барабана;
- заміна каната;
- ремонт або заміна гачкової підвіски;
- заміна гальм (гідроштовхачів, гальмівних колодок);
- заміна гальмівних шківів;
- заміна органу управління;
- зачищення металоконструкції від корозії, ґрунтування, фарбування;
- зварювання металоконструкції крана;
- посилення металоконструкції крана;
- ремонт або заміна вантажного візка;
- ремонт або заміна кінцевих балок та прогонових балок мостових кранів;
- ремонт або заміна опор, ходових візків та прогонової балки козлових кранів.

Для забезпечення високої якості ремонту при зменшенні простою обладнання до початку ремонту виконується підготовча робота, що складається із комплексу взаємопов’язаних робіт, від ретельності виконання яких залежить ефективність і якість виконання капітального ремонту [23].

В підготовчий період ремонтною службою цеху виконується робота за такими напрямками:

- дефектно-кошторисна;
- конструкторська;
- матеріальна;
- організаційна.

Документація, яка необхідна для капітального ремонту ливарного крана, цехом передається виконавцю капітального ремонту. Виконавець, згідно до отриманої документації, розробляє ПОР (проект організації робіт) і оперативний графік виконання капітального ремонту.

## 3.7 Проект організації капітального ремонту ливарного крана

Проект організації на капітальний ремонт (ПОР) розробляється для рішення технічних, господарських та інших питань, пов’язаних з виконанням капітального ремонту.

До складу цього проекту входять такі матеріали:

1) відомість дефектів на капітальний ремонт ливарного крана;
2) графік виконання робіт;
3) опис раціональних способів виконання ремонтних робіт з урахуванням використання ефективних механізмів та механізації збиральних і слюсарних робіт;
4) відомість виробів, заготовок, деталей і матеріалів, які необхідно виготовити силами цеху, заводу, чи замовити на іншому підприємстві;
5) перелік механізмів, такелажних засобів і пристосувань, інструменту і засобів транспорту, необхідних для виконання ремонтних робіт;
6) рекомендації щодо виконання робіт безпечними методами.

Для складання ПОРу необхідні:

- установчі креслення ливарного крана;

- план ремонтного майданчика з нанесеними схемами енерго-, водо-, паропостачання, повітря, залізничні шляхи, автомобільні під'їзди;
- технічні умови збирання та монтаж механізмів, машин і агрегатів.

ПОР на капітальний ремонт ливарного крана складається з метою раціональної організації виконання капітального ремонту і доцільної послідовності виконання робіт.

ПОР встановлює:

- послідовність виконання ремонтних робіт, передбачених відомістю дефектів;
- визначає ремонтні роботи і операції, які можливо виконувати не тільки послідовно, але і паралельно;
- визначає тривалість операції;
- визначається необхідна кількість ремонтників для виконання кожної із передбачених ремонтних робіт;
- визначає засоби механізації для виконання робіт;
- передбачає встановлення переносних і стаціонарних механізмів, необхідних для виконання ремонту;
- розробляє графік вантажопотоків;
- вирішує питання з охорони праці;
- визначає тривалість ремонту згідно до складеного оперативного графіка.

### 3.7.1 Відомість дефектів на капітальний ремонт ливарного крана

Відомість дефектів – це базовий документ, згідно якого визначається об'єм ремонтних робіт і потреба механізмів, металоконструкцій, запасних частин, ПТМ та допоміжного обладнання. Відомість дефектів містить в собі перелік деталей і вузлів обладнання з визначенням необхідних ремонтних робіт. Відомість дефектів складає заступник начальника цеху по обладнанню, механік цеху з участю ремонтного і експлуатаційного персоналу, який забезпечує щомісячне обслуговування і профілактичний огляд.

Відомість дефектів складається не менше ніж за шість місяців до початку ремонту, а якщо є необхідність робити замовлення іншим підприємствам, то відомість дефектів складається за 12-18 місяців до початку капітального ремонту.

Відомість дефектів складається в 5-ти екземплярах: для цеху, для управління головного механіка підприємства, кошторисного відділу, для планового відділу та виконавцю ремонту.

Згідно відомості дефектів конструкторське бюро чи проектний відділ добирає і комплектує креслення деталей і вузлів, позначених у відомості, перевіряють їх і, при необхідності, роблять виправлення робочих і ремонтних креслень; виконують ескізи на запасні частини, які виконано з попередніми розмірами з урахуванням остаточної обробки; на деталі, які підлягають поновленню, розробляють додаткові ремонтні креслення. Під час виконання капітального ремонту розроблюються технічні проекти на реконструкцію або модернізацію.

Після погодження і затвердження відомості дефектів кошторисний відділ згідно діючих прейскурантних цін на матеріали, металоконструкції, допоміжне обладнання з урахуванням фактичної собівартості запасних деталей, вузлів і металоконструкцій, які виробляються в ремонтно-механічних цехах підприємства, виконується розрахунок витрат на ремонт і складає кошторис на виконання ремонтних робіт. Кошторисно-фінансові розрахунки погоджуються із замовником та виконавцем і затверджуються технічним директором.

Відомість дефектів, технічний проект, робочі креслення надаються виконавцем ремонтної організації, яка складає ПОР і оперативні графіки (календарно-операційний або сітьовий).

### 3.7.2 Оперативний графік виконання капітального ремонту ливарного крана

Оперативний графік повинен вичерпно відповідати на питання послідовності і часу ремонту ливарного крана, доставки конструкцій, матеріалів, деталей, вузлів, механізмів та інших питань.

Оперативний графік містить перелік виконуючих робіт, дані про трудомісткість і необхідної робочої сили, дані про вартість і розподіл робіт за часом, що забезпечить виконання їх у встановлений термін.

Оперативний графік дає змогу визначити потребу робочої сили (за кваліфікацією та терміном прибуття їх на ремонтний майданчик), не допускає прихованих простоїв та зниження продуктивності праці.

Для правильного визначення потрібної робочої сили слід керуватися прогресивними нормами виробки окремо для кожного виду робіт.

### 3.7.3 Вибір методу проведення капітального ремонту і опис технологічного процесу капітального ремонту ливарного крана

При проведенні ремонтів на металургійних заводах застосовують індивідуальний, вузловий і агрегатний методи заміни зношених елементів.
При індивідуальному методі виконується подетальний розбір та збір вузлів механізмів безпосередньо на місці їх установки. Це найбільш неефективний і низькопродуктивний метод, при якому заміна деталей виконується в обмежених і незручних умовах цеху, пов’язаних з тривалими зупинками агрегатів на ремонт і низькою якістю ремонту.

Агрегатний метод полягає в заміні окремих механізмів, машин і крупних вузлів, що мають властивість повної взаємозамінюваності, незалежній збірці і самостійного виконання окремих функцій. При цьому методі ремонт полягає по суті лише в звільненні зношеної машини від фундаменту або конструкцій, установці або регулюванні і наладки нової машини.

Вузловий метод полягає в демонтажі зношених вузлів і установки в проектне положення підготовлених нових або відновлених вузлів. Цей метод

включає попередню збірку, обкатку і підготовку змінних вузлів машин в міжремонтний період. Перевага цього методу полягає в скороченні тривалості ремонтів і поліпшення їх якості, завдяки виконанню операцій по розбиранню і збиранню вузлів в спеціалізованих ремонтних цехах і відділеннях заводу [23, 25].

Завдяки цим перевагам дипломним проектом пропонується використовувати вузловий метод капітального ремонту механізму пересування мосту ливарного крана.

Капітальний ремонт механізму пересування мосту ливарного крана необхідно виконувати наступним чином:

- зупинити підготовлений до капітального ремонту кран на ремонтному майданчику та виконати всі заходи безпеки, які викладені в проекті організації ремонту;
- для виконання демонтажних і монтажних робіт до місця проведення ремонту подати гідравлічний домкрат;
- розібрати вузол проміжного вала, відкрутити болти, які тримають проміжній вал до ферми крана, роз'єднати напівмуфти від редуктора. Застропити за кінці провал, за допомогою фонарного крану виконати демонтаж вузла;
- розкріпити болти, які кріплять до ферми редуктор, застропити стропи за ремонтні болти редуктора і за допомогою крана провести демонтаж;
- розкріпити болти, які кріплять до постелі електродвигун та, застропив його, демонтувати;
- для демонтажу ходової частини необхідно підняти міст крана за допомогою гідравлічного домкрата. Розкрутити болти букс, звільнивши колесо, застропити його та демонтувати;
- демонтувати гальма механізму пересування моста.

Демонтовані деталі, які потребують ремонту, відправляються до ремонтного цеху, а деталі, які не підлягають ремонту, замінюють новими, які заздалегідь завозяться до складу.

Після ревізії всіх деталей та вузлів механізму пересування мосту крана монтується редуктор на завчасно підготовлене для нього посадкове місце.

Встановлюється за допомогою лебідки проміжній вал, який з'єднує вихідний вал редуктора з валом ходового колеса.

На вхідному валу редуктора встановлюється зубчаста муфта з урахуванням правил встановлення.

Після закінчення роботи механізм запускається без навантаження. Якщо виявлені недоліки - їх усувають.

Після проведення перевірки складається акт прийому механізму пересування мосту крана до експлуатації.

### 3.7.4 Відомість допоміжного обладнання, пристосувань, інструмента для проведення капітального ремонту ливарного крана

Для демонтажу, ремонту та монтажу вузлів і деталей механізму пересування мосту ливарного крана, виникає необхідність у вантажопідйомних механізмах, пристосуваннях, інструментах, які готують перед початком ремонту [23, 35].

Таблиця 3.1 - Відомість допоміжного обладнання, пристосувань, інструмента для проведення капітального ремонту ливарного крана

| Найменування | Од. вим. | Кіл-ть | Призначення | Примітка |
|---|---|---|---|---|
| Вантажне обладнання:<br>лебідка електрична<br>гідравлічний домкрат | <br>шт.<br>шт. | <br>1<br>2 | <br>$Q$ = 15 т<br>$Q$ = 100 т | |
| Такелажні пристосування:<br>строп унів.<br>строп унів. | <br>шт.<br>шт. | <br>1<br>1 | <br>$Q$ = 0,5 т<br>$Q$ = 3 т | <br>3,5 п/м<br>7 п/м |
| Зварювальне бладнання:<br>трансформатор | <br>шт.<br>шт. | <br>1<br>1 | <br>СтН-350<br>К-51 | |
| Пристосування:<br>оправка | <br>компл. | <br>1 | | <br>Для посадки |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| з’ємник | шт. | 2 | | вальниць |
| скоба центр. | шт. | 2 | | Для демонтажу вальниць |
| отвіси | шт. | 4 | | Для центр. муфт та валів. |
| Слюсарний інструмент: | | | | |
| кувалда | шт. | 2 | 8 кг | |
| молоток | шт. | 4 | 0,6 кг | |
| ключі | шт. | 6 | 14-55 мм | |
| набір свердел | компл. | 11 | | |
| Вимірювальний інструмент: | | | | |
| рулетка | шт. | 1 | 0-3 м | |
| лінійка вимірювальна | шт. | 4 | 300 мм | |
| мікрометр | шт. | 1 | 0-25 мм | |
| штангенциркуль | шт. | 2 | 0-200 мм | |
| Матеріали: | | | | |
| Прокладка | шт. | 50 | | |

## 3.8 Технологічні розрахунки

### 3.8.1 Розрахунок зусилля напресування ходового колеса на вал

Вихідні дані:

- з’єднання виконано на посадці $\varnothing 190\frac{H8}{S7}$
- діаметр з’єднання $d = 190$ мм
- внутрішній діаметр вала $d_1 = 0$
- зовнішній діаметр охоплюючої деталі $Д = 700$ мм
- довжина спряжуваної поверхні $l = 200$ мм
- матеріал вала сталь 40Х
- матеріал колеса сталь 50Г2Л
- модуль пружності $E_1 = E_2 = 2{,}12 \cdot 10^5$ МПа
- коефіцієнт Пуассона $\mu_1 = \mu_2 = 0{,}3$
- клас шорсткості:

- отвір колеса 5

- посадочного місця вала 6

Визначаємо параметри шорсткості [26]:

- поверхні отвору колеса: $R_{ZД} = 20$ мкм; $R_{АД} = 5$ мкм;

- поверхні вала: $R_{Zd} = 10$ мкм; $R_{ad} = 2{,}5$ мкм.

Посадку виготовлено по системі отвору:

- посадка і квалітет отвору – *H8*;

- посадка і квалітет вала – *S7*.

Граничні відхилення розмірів:

- отвір Ø190 H8 верхнє $ES = 72$ мкм;

нижнє $EI = 0$ мкм [9], с. 75;

- вал Ø190 S7: верхнє $_{ES} = 168$ мкм [9], с. 38;

нижнє $_{EI} = 122$ мкм.

Найбільший натяг в з'єднанні: $N_{\max} = _{ES} - EI = 168 - 0 = 168$ *мкм.*

Найменший натяг з'єднання: $N_{\min} = _{EI} - ES = 122 - 72 = 50$ *мкм.*

Середній натяг з'єднання: $N_{ср} = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2} = \frac{168 + 50}{2} = 109$ *мкм.*

Поправка на зменшення виступів шорсткості з'єднувальних поверхонь:

$$\gamma_ш' = 1{,}2(R_{ZД} + R_{Zd}) = 1{,}2(20+10) = 36 \text{ мкм};$$

$$\gamma_ш'' = 5(R_{АД} + R_{ad}) = 5(5+2{,}5) = 37{,}5 \text{ мкм}.$$

Із отриманих значень для подальших розрахунків приймаємо більше значення: $\gamma_ш = 37{,}5$ мкм.

Розрахунковий натяг: $N_Р = N_{ср} + \gamma_ш = 109 + 37{,}5 = 146{,}5$ *мкм*.

Допоміжні коефіцієнти:

$$C_1 = \frac{1+\left(\frac{d_1}{d}\right)^2}{1-\left(\frac{d_1}{d}\right)^2} - \mu_1 = \frac{1+\left(\frac{0}{190}\right)^2}{1-\left(\frac{0}{190}\right)^2} - 0{,}3 = 0{,}7 \;;\quad C_2 = \frac{1+\left(\frac{d}{Д}\right)^2}{1-\left(\frac{d}{Д}\right)^2} + \mu_2 = \frac{1+\left(\frac{140}{700}\right)^2}{1-\left(\frac{140}{700}\right)^2} + 0{,}3 = 1{,}4.$$

Питоме тиснення на спряжених поверхнях при напресуванні:

$$P = \frac{N_P}{d \cdot \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right)} = \frac{0{,}1465}{190 \cdot \left(\frac{0{,}7}{2{,}12 \cdot 10^5} + \frac{1{,}4}{2{,}12 \cdot 10^5}\right)} = 77{,}8 \;\; МПа.$$

Зусилля напресування колеса на вал при коефіцієнті тертя $f = 0{,}1$:

$$F_H = f \cdot \pi \cdot d \cdot l \cdot p = 0{,}1 \cdot 3{,}14 \cdot 190 \cdot 200 \cdot 77{,}8 = 98831 \; кН.$$

Розрахунок температури нагріву колеса при встановленні на вал:

$$t = \frac{N_{\max} + \gamma}{\alpha d} + t_0 = \frac{0{,}168 + 0{,}036}{190 \cdot 11 \cdot 10^{-6}} + 20 = 120^0 C.$$

де $\gamma$ – мінімальний зазор, необхідний для збирання вузла; приймаємо мінімальний зазор посадки 0,6; $\gamma = 0{,}036$ мм;

$\alpha$ – коефіцієнт лінійного розширення; для сталі $\alpha = 11 \cdot 10^{-6}$;

$t_0$ - початкова температура; приймаємо $t_0 = 20$ °С.

### 3.8.2 Розрахунок зусилля напресування вальниці на вал

Вихідні дані:

- посадка внутрішнього кільця $\varnothing\, 170\, \frac{L6}{m6}$
- посадка зовнішнього кільця $\varnothing\, 360\, \frac{H7}{l6}$

- тип підшипника та його серія 3634
- параметри вальниці d×Д×В = 170×360×120
- клас шорсткості поверхні шийки вала 7
- діаметр отвору вала $d_0 = 0$
- коефіцієнт Пуассона матеріалу вала і вальниці $\mu_в = \mu_п = 0{,}3$
- модуль пружності матеріалу вала і вальниці $E_в = E_п = 2{,}12 \cdot 10^5$ МПа

Висота мікронерівностей на посадочному місці вала $R_{Zd} = 6{,}3$ мкм.

Граничні відхилення розмірів з'єднувальних деталей:

- кільця $\varnothing\ 170\ L6$: верхнє $ES = 0$ мкм; нижнє $EI = -18$ мкм [26];

- вал $\varnothing\ 170\ m6$: верхнє $_{ES} = 40$ мкм; нижнє $_{EI} = 15$ мкм [26].

Найбільший натяг в з'єднанні: $N_{\max} = _{ES} - EI = 40 - (-18) = 58$ *мкм.*

Найменший натяг з'єднання: $N_{\min} = _{EI} - ES = 15 - 0 = 15$ *мкм.*

Середній натяг з'єднання: $N_{ср} = \dfrac{N_{\max} + N_{\min}}{2} = \dfrac{58 + 15}{2} = 36{,}5$ *мкм.*

Зменшення натягу внаслідок зменшення висоти мікронерівностей $R_{Zd}$ на посадочній поверхні вала при напресуванні вальниці:

$$\Delta N = 0{,}2 \cdot 0{,}6 \cdot R_{Zd} = 2 \cdot 0{,}6 \cdot 6{,}3 = 7{,}56 \text{ мкм.}$$

Ефективний натяг з'єднання:

$$N_e = N_{ср} + \Delta N = 36{,}5 + 7{,}56 = 44{,}06 \text{ мкм.}$$

Питоме тиснення при заданому ефективному натягу:

$$P = \frac{N_в}{\frac{1}{E_п}\left(\frac{\left(\frac{d_1}{d}\right)^2+1}{\left(\frac{d_1}{d}\right)^{2-}-1}+0{,}3\right)+\frac{1}{E_в}\left(\frac{\left(\frac{d}{d_0}\right)^2+1}{\left(\frac{d}{d_0}\right)^2-1}-\mu_в\right)} =$$

$$= \frac{0{,}04406}{\frac{1}{2{,}12\cdot10^5}\left(\frac{\left(\frac{217{,}5}{170}\right)^2+1}{\left(\frac{217{,}5}{170}\right)^2-1}+0{,}3\right)+\frac{1}{2{,}12\cdot10^5}\left(\frac{\left(\frac{170}{0}\right)^2+1}{\left(\frac{170}{0}\right)^2-1}-0{,}3\right)} = 5{,}49 \ \ МПа,$$

де $d_0$ – діаметр отвору вала;

$d_1$ – приведений зовнішній діаметр внутрішнього кільця підшипника:

$$d_1 = \frac{D+3d}{4} = \frac{360+3\cdot170}{4} = 217{,}5 \ \ мм.$$

Зусилля напресування внутрішнього кільця підшипника на вал:

$$F_H = f\cdot\pi\cdot d\cdot B\cdot P = 0{,}1\cdot3{,}14\cdot170\cdot120\cdot5{,}49 = 35166 \ Н = 35 \ кН.$$

де $f$ – коефіцієнт тертя при напресуванні на контактних поверхнях деталей;

$f = 0{,}1...0{,}2$; приймаємо $f = 0{,}1$.

### 3.8.3 Розрахунок температури нагріву вальниці

Вальниці з діаметром внутрішнього кільця $d \geq 100$ мм слід встановити його завчасно нагрів до температури:

$$t = \frac{N_{max}+\gamma}{\alpha d}+t_0 = \frac{50{,}058+0{,}008}{170\cdot11\cdot10^{-6}}+20 = 65^0 C.$$

Отже, температура нагріву не перевищує визначеного нормативу (100 °С).

### 3.8.4 Вибір канату для виготовлення стропа для стропування редуктора ВКУ-765

Вихідні дані:

- вага редуктора $Q = 900$ кг
- кількість віток стропа $z = 4$
- кут нахилу вітки стропа $\alpha = 30^0$
- метод стропування підхват
- відстань між стропами $a = 400$ мм

Зусилля в одній вітці стропа:

$$F_{\max} = \frac{G}{z \cos \beta} \cdot K_H = \frac{9000}{4 \cdot \cos 30^0} \cdot 1{,}4 = 3663 \ \ кН.$$

де $K_н$ – коефіцієнт, який враховує нерівномірність розподілу зусилля між вітками стропа. При кількості $z = 4$: $K_н = 1{,}3 \ldots 1{,}4$, приймаємо $K_н = 1{,}4$.

Розривне зусилля в канаті:

$$F_{роз} = F_{max} \cdot K = 3663 \cdot 12 = 43956 \ Н = 44 \ кН$$

де $K$ – коефіцієнт запасу міцності, який залежить від методу стропування; при стропуванні на підхват $K = 12$:

Вибір каната. За ДСТУ EN 12385-4:2017 [27] обираємо канат, який має наступну характеристику:

Тип ЛК-Р6х19+1о.с

Розривне зусилля $F_{роз} = 47{,}1$ кН

Діаметр каната $d = 9{,}7$ мм

Маркерувальна група $G_в$ = 1764 МПа

Визначаємо довжину стропа:

$$L = \frac{2a}{2\sin\alpha} + l_{обх} = \frac{2 \cdot 400}{2\sin 30^0} + 300 = 1300 \quad мм,$$

де $l_{обх}$ – довжина канату на обхват; приймаємо $l_{обх}$ = 500 мм.

Вибір стропа. За ДСТУ ДСТУ Б В.2.8-10-98 обираємо строп двопетльовий, який має характеристику [28]

| | |
|---|---|
| Тип | СКП-0,80 |
| Вантажопідйомність | $Q$ = 0,56 т |
| Розривне зусилля | $F_{роз}$ = 47100 Н |
| Діаметр каната | $d_к$ =0,7 мм |
| Довжина стропа | $L$ = 2000мм |
| Довжина петлі | $l$ = 320 мм |

# 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА ЕЗПЕКА

## 4.1 Аналіз виробничого процесу в мартенівському цеху ПАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь»»

Мартенівське виробництво безперервно пов'язане з високими температурами, тиском, з утворенням великих кількостей вибухонебезпечних і отруйних газів, рідких продуктів плавки, з пересуванням великих кількостей вантажів і насиченістю механічним і електричним устаткуванням. Безпека мартенівського процесу виплавки сталі вимагає дотримання певних технологічних його параметрів, серед яких порядок завалки шихтових матеріалів у піч, заливання чавуну, ведення плавки, підготовки та проведення окремих операцій тощо.

Основні процеси плавлення відбуваються при високій температурі, одержуваної в робочому просторі мартенівської печі в результаті згоряння палива.

У мартенівському цеху утворюється і виділяється у виробниче приміщення велика кількість пилу. Основним джерелом є мартенівська піч. У зоні пічного прольоту концентрація пилу досягає 180,3 мг/м$^3$ .

Джерелами постійних шумових навантажень є віброживильники, пластинчаті конвеєра, вентиляційні установки, мотор-генератор машинних залів, витік повітря, різні звукові сигнали тощо.

Виробничий процес виливки чавуна складний і має багато небезпечних виробничих факторів, які є шкідливими для життя та здоров’я працюючих.

Технологія мартенівської плавки відрізняється рядом особливостей.

Першою і надзвичайно важливою особливістю є окислювальний характер атмосфери печі у всі періоди плавки окислювальний. Через робочий простір мартенівської печі над ванною проходить величезна кількість газу (завдяки розширенню газу при високій температурі). До складу газів входять вуглецевмісні і водневмісні з'єднання. При горінні вуглецевмісних і

водневмісних з'єднань утворюються доксид вуглецю (вуглекислий газ) і вода і деякої кількості нейтрального азоту [29].

Другою особливістю технології мартенівської плавки є те, що тепло до ванни поступає зверху, а відводиться знизу через под, тому температура шлаку вища, ніж металу, і по глибині ванни є відмінність в температурі металу. На початку кипіння цей перепад складає 70°... 100°С, а в кінці 20°...50°С.

Третя особливість технології мартенівської плавки - участь поду печі в протікаючих процесах. Оскільки плавка в мартенівській печі продовжується декілька годин, тому вплив взаємодії металу з подом виявляється дуже відчутним.

Четверта особливість мартенівського плавка полягає в тому, що рідкий метал весь час знаходиться під шаром шлаку (шлак приблизно удвічі легше за метал). Практично всі уведенні в піч добавки потрапляють в шлак або проходять в метал через шлак. Кисень з атмосфери печі в метал переходить також через шлак [29].

Технологічний процес виготовлення чавунного литва виконується у наступному порядку: сортування шихтових матеріалів - подрібнення, галтування шихти - сушка шихтових матеріалів - склад шихтових матеріалів - плавка чавуну в плавильних агрегатах - виготовлення формувальної суміші для опок - виготовлення стрижнів - виготовлення самих опок (пів. форм) - вкладання стрижнів у форми та обдув форм - спаровка опок - заливання форм рідким металом - охолодження форм - вибивка форм - відбивання ливників від відливок - очистка та обрубка відливок/ливників - контроль якості, готова продукція.

## 4.2 Небезпека та ризики умов праці на робочому місці

Мостовий кран — це обладнання, яке використовує гачок (також використовується грейферний ковш або електричний магнітний патрон) для

перенесення матеріалу. Мостовий кран в основному складається з трьох частин: конструкції моста, механічної трансмісії та електричного обладнання.

Робота на ливарному мостовому крані вантажопідйомністю 100 тон і вище може насамперед пов'язуватися з рядом небезпек та ризиків, зокрема:

1) Травмування працівника: Робота на висоті та з великими вантажами створює ризик падіння і травмування працівника. Неправильна маніпуляція з вантажем, недостатня фіксація вантажу або пошкодження обладнання можуть призвести до небезпечної ситуації.
2) Пошкодження майна: Неправильне використання крана або недостатня увага може призвести до пошкодження самого крана, підіймального механізму, металургійного обладнання або інших предметів, що знаходяться на робочому місці.
3) Пожежа та вибух: Робота з високою температурою сталі може створювати ризик пожежі або вибуху, особливо якщо використовуються легкозаймисті матеріали або якщо не дотримуються правила безпеки при роботі з вогнем.
4) Неконтрольоване падіння вантажу: Несправність крана або помилки оператора можуть призвести до неконтрольованого падіння вантажу, що може пошкодити майно, спричинити травму або навіть загрожувати життю.
5) Електронебезпека: Робота з електричними системами крана вимагає дотримання правил безпеки щодо установки, заземлення та уникнення непередбачених електричних розрядів.
6) Взаємодія з іншими працівниками: Чіткі комунікаційні протоколи та знання правил безпеки є важливими для уникнення нещасних випадків.

## 4.3 Шкідливі та небезпечні фактори, які діють на робітника

Шкідливими та небезпечними факторами, які діють на робітника є: мікроклімат виробничого приміщення; шкідливі речовини в повітрі робочої зони; шум, вібрація.

4.3 .1 Мікроклімат виробничого приміщення.

Негативний вплив дії хімічних і біологічних речовин впливає на стан здоров'я працюючих та, як наслідок, створює загрозу виникнення професійних захворювань та втрати працездатності. Будь який небезпечний фактор фізичної, хімічної, біологічної природи, присутній у середовищі життєдіяльності людини, підлягає гігієнічній регламентації, що здійснюється з метою обмеження інтенсивності або тривалості дії таких факторів шляхом встановлення критеріїв їх допустимого впливу на здоров'я людини.

Санітарно-гігієнічне нормування умов мікроклімату здійснюється за ДСН 3.3.6.042-99, які встановлюють оптимальні і допустимі параметри мікроклімату залежно від загальних енерговитрат організму при виконанні робіт і періоду року [30].

Мікроклімат нормується залежно від пори року і тяжкості виконуваної роботи по енерговитратах. Параметри мікроклімату відповідають допустимим нормам, завдяки комплексу заходів щодо нормування: теплоізоляція устаткування, герметизація, застосування місцевої, загальнообмінної та штучної вентиляції, опалювання, кондиціонування, автоматизація виробництва і забезпечення дистанційного керування.

Системи вентиляції, кондиціювання повітря і повітряного опалення повинні забезпечувати санітарно-гігієнічні вимоги до мікроклімату виробничих приміщень згідно з вимогами [30].

Оптимальні та допустимі показники температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничого приміщення згідно з ДСН 3.3.6.042-99, повинні відповідати значенням приведеним в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Оптимальні та допустимі параметри мікроклімату робочої зони в ливарному цеху

| Період року | Категорія робіт | Температура, °С | | | | | Відносна вологість, % | | Швидкість руху, м/с | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Оптимальна | Допустима | | | | Оптимальна | Допустима | Оптимальна | Допустима |
| | | | Верхня межа | | Нижня межа | | | | | |
| | | | На робочих місцях | | | | | | | |
| | | | Постійних | Непостійних | Постійних | Непостійних | | | | |
| Оптимальна | IIб | 18…20 | 23 | 24 | 17 | 15 | 40…60 | 75 | 0,3 | 0,3 |
| Теплий | | 20…22 | 27 | 29 | 16 | 15 | 40…60 | 65 | 0,4 | 0,2…0,4 |

Шкідливі речовини, що потрапили в організм людини спричинюють порушення здоров'я в тому випадку, коли їхня кількість в повітрі перевищує граничну для кожної речовини величину.

За величиною ГДК в повітрі робочої зони шкідливі речовини поділяються на чотири класи небезпеки, табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Класи небезпеки шкідливих речовин

| Клас небезпеки | Найменування | ГДК, мг/м$^3$ | Приклад шкідливих речовин |
|---|---|---|---|
| I | Речовини надзвичайно небезпечні | < 0,1 | Свинець, ртуть, озон |
| II | Речовини високо небезпечні | 0,1...1,0 | Кислоти сірчана та соляна, хлор, фенол, їдкі луги |
| III | Речовини помірно небезпечні | 1,1…10 | Вінілацетат, толуол, ксилол, спирт |
| IV | Речовини мало небезпечні | > 10,0 | Аміак, бензин, ацетон, гас |

Джерелами викиду у робочій зоні є: ливарна установка, плавильна піч,вентиляційні установки.

ГДК металічного пилу не повинно перевищувати 0,15 мг/м$^3$, він є небезпечною речовиною, йому властиве накопичення в організмі людини, яке спричиняє професійні захворювання [30].

Виробничий пил досить розповсюджений небезпечний та шкідливий виробничий фактор. З пилом стикаються робітники різних видів промисловості. Вражаюча дія пилу в основному визначається розміром частинок пилу, їх формою та твердістю. Класифікація пилу по розміру частинок:

- дрібні середній діаметр < 0,5 мкм;
- середні середній діаметр 0,5 -1,0 мкм;
- крупні середній діаметр > 1 , 0 мкм.

За формою існує пил з гострими, твердими та гладкими краями.

Концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони на металургійних підприємствах, як на постійних, так і непостійних робочих місцях не повинні перевищувати рівень ГДК, затверджених Міністерством охорони здоров'я України. Граничні величини шуму на робочих місцях регламентуються ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку (табл.4.3) [31].

Таблиця 4.3 – Допустимі спектри рівнів звукового тиску [31]

| Робоче місце | Рівень звукового тиску, дВ, в октавних смугах із середньо геометричними частотами, Гц | | | | | | | | Рівень звуку і еквів. рівень звуку, ДБА |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| Постійні робочі місця і робочі зони у виробничих приміщеннях і на території підприємств | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 69 | 80 |

В нормах передбачаються диференційовані вимоги до допустимих рівнів шуму в приміщеннях різного призначення в залежності від характеру праці в них. Шум вважається допустимим, якщо вимірювані рівні звукового тиску у всіх октавних смугах частот нормованого діапазону (63-8000 Гц) будуть нижчі, ніж значення, які визначаються граничним спектром.

Акустичний вплив основних джерел шуму не впливає на проживання населення в районі, проте на робочому місці, рівень допустимого шуму перевищується.

Вібробезпечні умови праці регламентуються такими документами:

- ГОСТ 12.1.012-90. «ССБП. Вібраційна безпека. Загальні вимоги»;
- ГОСТ 12.4.002-74. «ССБП. Засоби індивідуального захисту рук від вібрації. Загальні технічні вимоги»;
- ГОСТ 12.4.024-76. «ССБП. Взуття спеціальне віброзахисне. Загальні технічні вимоги».

Згідно з результатами вимірювань вібрації видно, що є невеликі перевищення гігієнічних норм, які відбуваються під час роботи установок в ливарному цеху на ПАТ «Запоріжсталь».

## 4.4 Заходи безпеки та охорони праці

Нормалізація несприятливих мікрокліматичних умов здійснюється за допомогою комплексу заходів та способів, які включають: будівельно-планувальні, організаційно-технологічні та інші заходи колективного захисту. Для профілактики перегрівань та переохолоджень робітників використовуються засоби індивідуального захисту, медико-біологічні тощо [33].

Методи регулювання параметрів повітряного середовища є невід’ємною частиною загальнодержавного підходу до керування навколишнім середовищем відповідно до стандарту ДСТУ ISO 14001197.

Успіх функціонування системи керування параметрами повітряного середовища, що діє на людину, залежить від ефективності всіх її ієрархічних і функціональних рівнів [30, 33]. Однак, для сучасного підприємства найбільш розповсюдженим інженерним методом впливу на атмосферу є організація повітрообміну (вентиляція) у приміщеннях, а також локалізація джерел викидів з наступним видаленням забрудненого повітря і його очищенням (аспірація).

Заходи щодо боротьби з пилом різноманітні і, як правило, повинні вживатись у комплексі. Їх можна поділити за характерними ознаками та спрямованістю:

- скорочення утворення пилу;
- зменшення запиленості та загазованості приміщень;
- ліквідація пилоутворення та загазованості від устаткування та обмеження поширення шкідливих викидів у приміщенні.

До заходів, завдяки яким скорочується утворення шкідливих викидів, належать: раціоналізація технологічних процесів, мокрі способи обдирання та шліфування виливок, зволоження переробних матеріалів і підтримання чистоти приміщень та устаткування. Знижує пилоутворення і використання прогресивних технологічних процесів та устаткування (формування методом пресування).

Заходами, які ліквідують викиди та обмежують поширення пилу у приміщенні, є герметизація устаткування, влаштування місцевої вентиляції [33].

За принципом дії ЗІЗ поділяють на фільтрувальні та ізолювальні. Перші подають у зону дихання очищене повітря з робочої зони, а другі - повітря зі спеціальних резервуарів або чистого середовища, що знаходиться поза робочою зоною [33].

Фільтрувальні ЗІЗ за призначенням поділяються на такі типи:

- протиаерозольні, або пилозахисні;
- протигазові, або газозахисні;

- універсальні, або пилогазозахисні.

Для зниження шуму механічного пошкодження в вузлах, в яких здійснюються ударні процесі необхідно зменшить сили збурення, збільшить час контакту елементів, що взаємодіють між собою, збільшить внутрішні утрати в системах що коливаються, зменшити площу випромінювання звуку [33].

Заходи захисту від шуму:

- організаційні: не потрібно використовувати відразу все обладнання, яке може викликати підвищення рівня звуку, при роботі шумного обладнання необхідно робити перерви;
- технічні: не потрібно використовувати відразу все обладнання, яке може викликати підвищення рівня звуку, при роботі шумного обладнання необхідно робити перерви;
- індивідуальні: не потрібно використовувати відразу все обладнання, яке може викликати підвищення рівня звуку, при роботі шумного обладнання необхідно робити перерви.

### 4.4.1 Виробнича санітарія і безпека

Забезпечити належну освітленість робочої зони та шляхів руху крана [32].

Ось декілька типових прожекторів, які можуть використовуватися для освітлення робочої зони та шляхів руху мостового крана:

- металогалогенові лампи: це потужні розжарювальні лампи, які забезпечують яскраве біле світло. Вони мають високу яскравість і широкий спектр освітлення.
- LED-прожектори: світлодіодні прожектори, які використовують енергоефективні світлодіоди для створення яскравого світла. Вони мають довгий термін служби, низьке споживання енергії та високу яскравість.

- ксенонові прожектори: ці прожектори використовують газові розжарювальні лампи з ксеноновими лампами. Вони мають високу яскравість, добре передають кольори та мають довгий термін служби.

Встановити покриття підлоги, що запобігає ковзанню та забезпечує безпечну робочу поверхню.

Запобігати утворенню небезпечних вібрацій, шуму та інших фізичних навантажень шляхом використання відповідних матеріалів та технологій амортизації.

### 4.4.2 Пожежна безпека

Об'єкти сучасного виробництва у своїй більшості є пожежонебезпечними. Пожежі на промислових об'єктах можуть призводити до загибелі людей, величезних матеріальних втрат, екологічних катастроф. Забезпечення пожежної безпеки - це досить складне соціально-економічне завдання, спрямоване на запобігання пожежам та ліквідацію пожеж, у випадку їхнього виникнення, з мінімальними наслідками. Пожежну безпеку забезпечують системи запобігання пожежі та протипожежного захисту, а також організаційно-технічні заходи. Управління пожежною безпекою передбачає підвищення безпечності стану приміщень, обладнання та виробничих процесів.

Системи пожежної безпеки мають запобігати впливу на людей небезпечних факторів пожежі, у тому числі їхніх вторинних проявів. Основними напрямками забезпечення пожежної безпеки є усунення умов виникнення пожежі та мінімізація її наслідків [29, 33].

Пожежну безпеку забезпечують такі основні компоненти виробництва:

- технічна система, яка передбачає надійність обладнання, використання безпечних технологій, визначає обсяг вибухопожежонебезпечних речовин, проектні рішення, впровадження систем виявлення та гасіння пожеж, розміщення обладнання тощо;

- персонал, його підготовка, забезпечення регламентами та правилами роботи;
- система управління.

Згідно з правилами безпеки протипожежний захист шахти має бути спроектована і виконана таким чином, щоб запобігти можливості пожежі, а в разі його виникнення забезпечувалася ефективна локалізація і гасіння його в початковій стадії.

Зниження пожежної небезпеки здійснюється за такими основними напрямками:
- збільшення обсягів основних робіт з попередження і гасіння пожеж;
- розвиток робіт по створенню і впровадженню методів профілактики і гасіння із застосуванням азоту, інертних пін та інертних спінених пульп;
- розвиток робіт зі створення способів гальмування самозаймання за допомогою антипірогенами і профілактичних робіт із застосуванням гелеоподібних розчинів;
- забезпечення пожежобезпечних параметрів розтину і підготовки виїмкових дільниць, блоків і стовпів і технології виїмки вугілля для підвищення швидкості відпрацювання та надійності ізоляції виробленого простору;
- підвищення якості ізоляційних робіт і своєчасного контролю за початковими ознаками самозаймання;
- забезпечення пожежних вузлів шахти засобами пожежогасіння.

Ефективними засобами пожежогасіння є повітряна піна і спінена глиниста пульпа (ВГП). З метою зниження доступу кисню до вогнища горіння застосовують інертну піну (ІП) і інертну спінену глинистий пульпу (ІВГП), бульбашки яких при вспінені наповнюються азотом [33].

### 4.4.3 Заходи з ергономіки

Конструкція кабіни крану має забезпечувати комфортні умови для оператора. Кабіна повинна мати достатню кількість вікон для забезпечення

вільної обзорності оператору. Вікна повинні бути виготовлені з якісних матеріалів, що не перешкоджають візуальному спостереженню. Також повинна бути система кондиціювання повітря для забезпечення комфортних робочих умов в будь-яку погоду. Це включає системи обігріву, охолодження та вентиляції, які регулюють температуру та забезпечують свіже повітря в кабіні. Для зменшення шуму від роботи крану кабіна повинна бути звукоізольованою. Використання шумопоглинаючих матеріалів у конструкції кабіни допоможе знизити рівень шуму, що потрапляє до оператора.

Програмування автоматизованої системи управління, що зменшує фізичне навантаження на оператора.

Забезпечення зручної та безпечної доступності до всіх елементів крана для обслуговування та ремонту.

### 4.4.4 Технічна естетика

Повинно бути передбачення оптимальна компактність та ефективність конструкції крану, щоб забезпечити максимальну безпеку та продуктивність при мінімальних габаритах , а саме використати легкі, але міцні матеріали; компактне розташування елементів конструкції; використовувати автоматизацію та інтелектуальні системи для оптимізації роботи крану; врахування безпекові аспекти, включаючи системи аварійного зупинення та захисні огородження.

Необхідно врахувати естетичний вигляд крану, що може покращити загальний сприйняття робочого середовища та підвищити мотивацію працівників.

### 4.4.5 Цивільний захист

Забезпечення наявності аварійних кнопок зупинки та системи автоматичного вимкнення у випадку загрози безпеці.

Встановлення системи захисту від потенційно небезпечних ситуацій, таких як аварійне гальмування та автоматичний контроль стану крана.

## 4.5 Нормативно-правова база

У металургійних цехах, включаючи сталеливарні цехи, охорона праці регулюється рядом нормативно-правових документів в Україні. Основними нормативами є:

1. Закон України "Про охорону праці" - Цей закон встановлює загальні принципи і норми щодо охорони праці в Україні. Він визначає права та обов'язки роботодавців і працівників, вимоги до умов праці, профілактичні заходи, організацію контролю та інші аспекти охорони праці.
2. Наказ № 779 Міністерства вугільної промисловості України від 03.11.2014 «Правила охорони праці у ливарному виробництві».
3. Наказ «Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання» прийняття від 19.01.2018.
3. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
4. Правила охорони праці при вантажно-розвантажувальних робіт НПАОП 0.00-1.75-15.
5. Наказ № 141 МВС України «Правил пожежної безпеки в Україні» від 07.04.2023.

# ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи було:

1.Розглянуто загальні відомості про технологію мартенівського виробництва, основне підйомно-транспортне устаткування, яке використовується для транспортування, заливки і розливання рідкого металу, та його місце в технологічному процесі, зокрема, про мостові крани та проаналізовано вимоги, динамічні та статичні навантаження для правильного вибору електроприводу до механізму переміщення мостового ливарного крану.

2. Були визначенні параметри основних складових механізму приводу переміщення к мостового ливарного крану 125/30 крану з додаванням ще однієї пари колодкових гальм на бистрохідному валу двигуна.

3. Наведені вимоги щодо монтажу та експлуатації механізму пересування мостового ливарного крану для забезпечення необхідних показників його роботи, характерні види відмов ливарного крана і їх ремонтопридатність. Зроблено технологічні розрахунки: зусиль напресування вальниці на вал та температури її нагріву, обрано канату для виготовлення стропа для стропування обраного редуктора.

4. Для створення безпечних умов праці персоналу й охорони навколишнього середовища наведені основні шкідливі й небезпечні чинники мартенівського виробництва, аналіз умов праці та питання про заходи, що забезпечують охорону праці на виробництві при застосуванні вантажопідйомного крана.

СПИСОК ВИКОРАСТАНИХ ДЖЕРЕЛ


1. "Запоріжсталь" – історія, виробництво та продуктивна робота довжиною у 90 років. URL : https://metinvest-smc.com/ua/articles/zaporizstal/?srsltid=AfmBOopsPG_Pc1FsuU-uKkR6yneizz7PckdAOMUIdS0XUcyYy8yGF7FI (дата звернення: 10.05.2025).
2. Сайт metinvest.media. Металургійна кухня. URL : https://metinvest.media/ua/page/metalurgyna-kuhnya
3. Гребеник В.М., Іванченко Ф.К., Ширяєв В.И. Розрахунок металлургійних машин и механизмів: посібник. Київ : Вища школа, 1988. 448 с.
4. Сайт «Гутман Україна». Кран мостовий металургійний ливарний. URL : https://crane.gutman.kiev.ua/kran_mostovyy_metalurhiynyy_lyvarnyy (дата звернення : 10.05.2025).
5. Wikiwand - Підйомно-транспортні машини. Wikiwand. URL : https://www.wikiwand.com/uk/Підйомно-транспортні_машини (дата звернення : 10.05.2025).
6. Григоров О.В., Петренко Н.О. Вантажопідйомні машини : навчальний посібник. Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". Харків : НТУ "ХПІ", 2006. 304 с.
7. Волянюк В.О. Підйомно-транспортні машини (системи) : конспект лекцій Ч. Київ : КНУБА, 2019. 144 с.
8. Слепужніков Є.Д., Фідровська Н.М., Варченко І.С. Механізми пересування мостових кранів : монографія. Харків : НУЦЗУ, 2019. 124 с.
9. Іванченко Ф.К. та ін. Розрахунки вантажопідіймних та транспортних машин. Київ : «Вища школа», 1978. 576 с. (на російський мові).
10. Волянюк В.О., Горбатю Є.В. Розрахунок механізмів вантажопідіймальних машин : навч. посіб. Київ : КНУБА, 2021. 136 с.
11. Електронний посібник навчальної дисципліни «Машини і агрегати металургійних підприємств» зі спеціальності 133 Галузеве

машинобудування. URL : https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/pidruchnuku13122023/Mahunu_i_agregatu_ztaleplavelnuh_cehiv/Anotacya/Anotacya.htm (дата звернення : 10.05.2025).

12. Малащенко В.О., Стрілець В.М., Новіцький Я.М., Стрілець О.Р. Деталі машин і підйомно-транспортне обладнання : навчальний посібник. Львів : «Новий Світ-2000», 2020. 347 с.

13. Іванов Г.О., Полянський П.М., Дюльгер О.М., Красносьолов В.Ю. Розрахунок механізмів пересування на рейковому ходу. *Перспективна техніка і технології – 2018* : матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 26-28 вересня 2018 р., м. Миколаїв / Міністерство освіти і науки України; Миколаївський національний аграрний університет. Миколаїв : МНАУ, 2018. с.88-99.

14. Гавриш В.С. Розрахунок і конструювання металевих конструкцій мостових кранів : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2001. 66 с. (на російській мові).

15. Редуктори вертикальні кранові. URL : https://аир.com.ua/uk/reduktory/katalog-kranovyh/

16. Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів : підручник. Київ : Вища школа, 2004. 655 с.

17. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навчальний посібник. Харків : НТУ «ХПІ», 2020. 275 с.

18. ГОСТ 30173-96 З`єднання шпонкові з призматичними ковзаючими шпонками. Розміри шпонок і перетинів пазів. Допуски і посадки (з конфігурацією 1-VII-2008). З Попракою та зміною. [Чинний від 1999-07-01]. URL : https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=89579

19. ДСТУ 9079:2021 Вальниці кочення. Вальниці кулькові радіальні однорядні з захисними шайбами. Технічні умови. [Чинний від 2021-12-01]. URL : https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=94540

20.ДСТУ 2742-94 Муфти зубчасті. Техничні умови. [Чинний від 1996-09-30]. URL : https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=29680

21.ДСТУ 9080:2021 Вальниці кочення. Вальниці кулькові та роликові. Система умовних позначень). [Чинний від 2021-12-01]. URL : https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=94541

22.Жук А.Я., Желябіна Н.К. Теорія і практика приводів. В 3–х томах. т. 1/ Електромеханічний привод : навчальний посібник. Запоріжжя : вид-во ЗДІА, 2001. 398 с.

23.Седуш В.Я. Надійність, ремонт і монтаж металургійних машин: підручник. Донецьк, 2008. 379с.

24.Жук А.Я., Малишев Г.П., Желябіна Н.К., Таратута К.В. Монтаж металургійного обладнання : навчальний посібник. Видавничий дім «Кондор», 2018. 382 с. URL : http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2019/Zhuk_2018_330.pdf

25.Жук А.Я., Малишев Г.П., Желябіна Н.К.,Таратута К.В.. Технічне обслуговування металургійного обладнання. Видавництво «Кондор», 2017. 288 с.

26.Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання. Практикум : підручник / Іванов Г.О., Шебанін В.С., Бабенко Д.В., Полянський П.М.; за ред. Іванова Г.О. і Шебаніна В.С. Миколаїв : МНАУ, 2016. 428 с.

27. ДСТУ EN 12385-4:2017 Канати сталеві дротяні. Безпека. Частина 4. Канати подвійного звивання для загального підіймального застосування (EN 12385-4:2002 + A1:2008, IDT). [Чинний від 2017-01-01]. URL : https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=75583#:~:text=ДСТУ%20EN%2012385-4%3A2017%20Канати%20сталеві%20дротяні.

28.ДСТУ Б В.2.8-10-98 Стропи вантажні. Технічні умови. [Чинний від 1991-01-01]. URL : https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=4931

29.Глиняна Н.М. Охорона праці у ливарному виробництві: курс лекцій. Краматорськ : ДДМА, 2009. 184 с. URL : http://www.dgma.donetsk.ua/docs/kafedry/hiop/metod/21_otolp.pdf

30.ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Чинний від 1999-12-01]. URL : https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=14283

31.ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку[Чинний від 1999-12-01]. URL : (https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=48147)

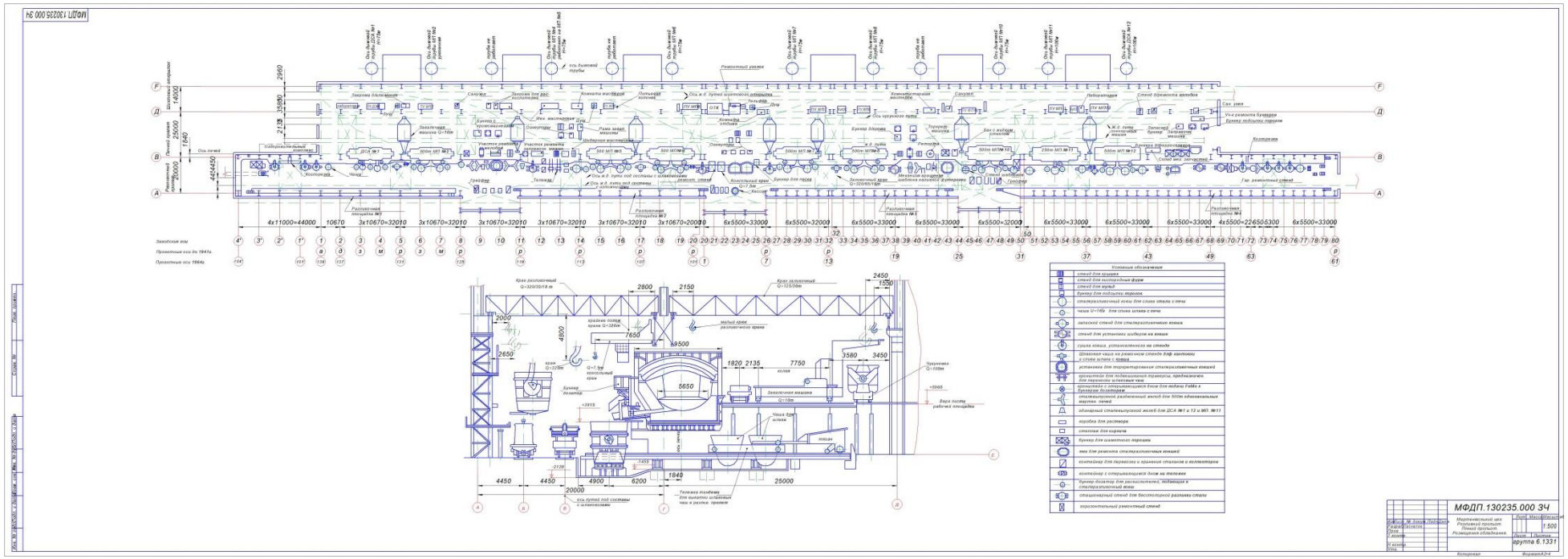
32.ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 21996-01-01]. URL : https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

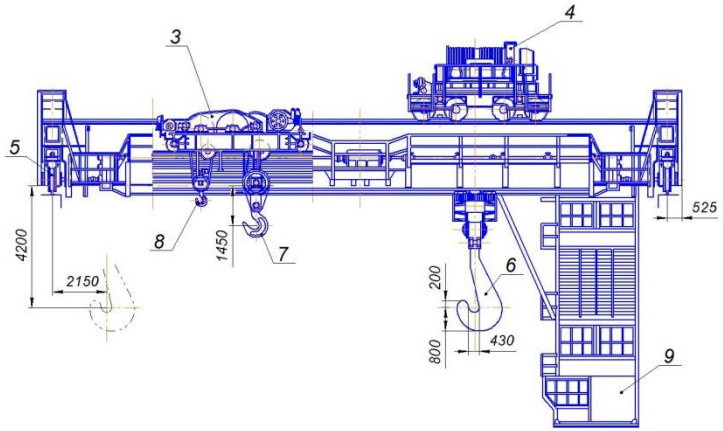
33.Ткачук К.Н., Зацарний В.В., Зеркалов Д.В. та ін. Основи охорони праці Київ : Основа, 2014. 456 с.

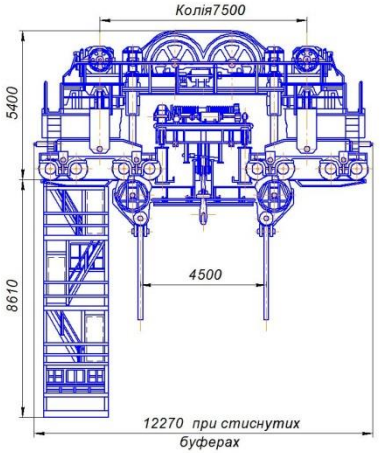
СПИСОК ВИКОНАНИХ КРЕСЛЕНЬ

| № п/п | Найменування | Кільк. листів | Формат |
|---|---|---|---|
| 1 | План мартенівського цеху | 1 | А1 |
| 2 | Ливарний мостовий кран | 1 | А1 |
| 3 | Механізм переміщення моста | 1 | А1 |
| 4 | Механізм переміщення електромеханічні гальма | 1 | А1 |
| 5 | Ходове колесо моста ливарного крана | 1 | А1 |
| 6 | Карта мащення механізму переміщення моста | 1 | А3 |

# ДОДАТКИ


МФДП.130235.000 ЗЧ
Мартеновский цех
Разливной пролет
Пенный пролет
Размещение оборудования
1:500
группа 6.1331
Копировал
Формат А2-4



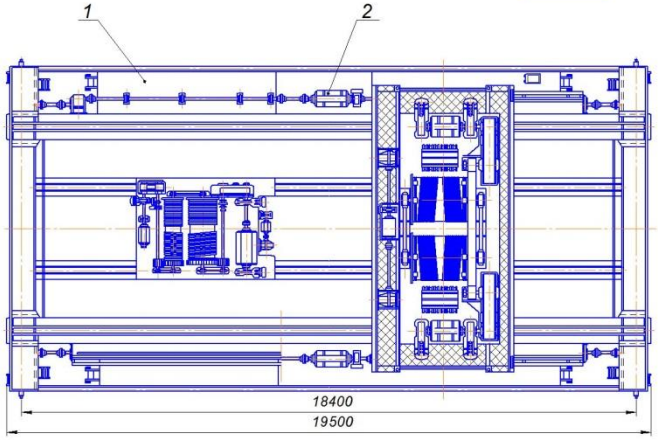
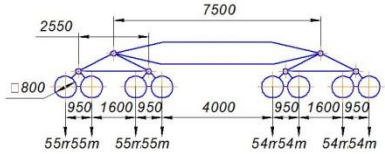




Схема тиску ходових коліс на підкранові рейки




| | |
|---|---|
| Вага крану | 368 т |
| Швидкість руху мосту | 63 м/хв |
| КПД механізму переміщення | 0,92 |
| Діаметр ходового колеса мост | 800 мм |
| Максимальний тиск на рельс | 80 т |

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Сборочные единицы | | |
| | | 1 | | Мост крана | 1 | |
| | | 2 | МТДП.130325.100 СК | Механізм переміщення моста | 2 | |
| | | 3 | | Допоміжний візок | 1 | |
| | | 4 | | Основний візок | 1 | |
| | | 5 | МТДП.130325.200 СК | Ходове колесо моста | 16 | |
| | | 6 | | Крюкова підвіска 320т | 1 | |
| | | 7 | | Крюкова підвіска 35т | 1 | |
| | | 8 | | Крюкова підвіска 18т | 1 | |
| | | 9 | | Кабіна управління | 1 | |

Інв. № підлін. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата

Справ. №

Перв. примен.

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

Разраб. Паскалов

Пров. Шевченко

Т. контр.

Н. контр.

Утв.

Пивварний мостовий кран

Лит. Масса Масштаб

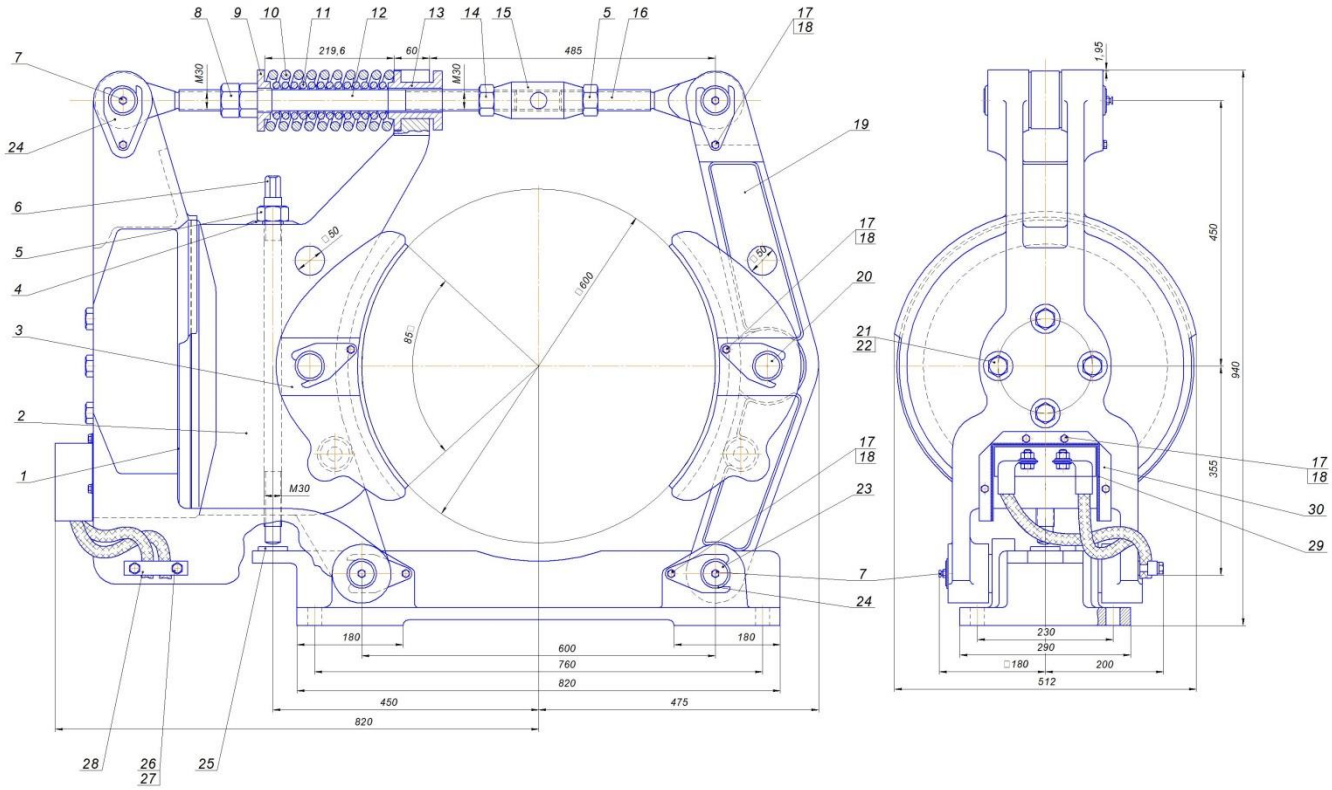
Лист Листов 1

Складальне креслення

МОНУ, ІНН І ЗНУ
Кафедра МО
Група 6.1331

Копировал

Формат А1



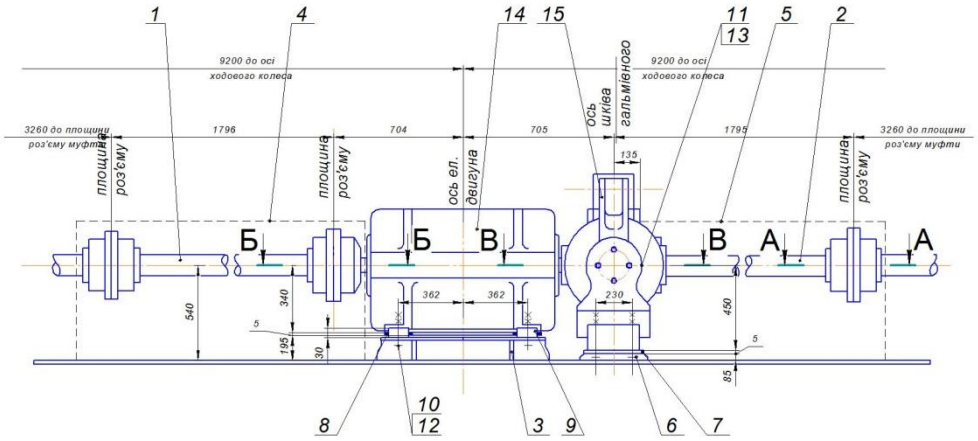

1. Збірку гальма виконувати згідно з ТУОЭ-56.
2. При збірці ручна пригонка не допускається.
3. Деталі гальма повинні вільно провертатись у своїх шарнірах. Допускаємі зазори в шарнірах повинні повинні бути в межах допускиедеталей, що сполучаються.
4. Гальмівні колодки повинні рівномірно прилягати до тормозного шківа. Перекіс колодки по відношенню до тормозного шківа не повинен перевищувати 0,3 мм на ширині колодки.
5. Необхідні зазори між колодками і тормозним шківом при включенному магніті досягається регулюючим болтом(поз. 6).
6. Осьове переміщення магніта не більш ніж 2 мм. Осьове зміщення регулювати товщиною шайб.
7. Гальмівний момент змінюється в залежності від настановної довжини пружини. Регулювання пружини на заданний гальмівний момент виконувати за допомогою гайок (поз. 8) по фактичній жорсткості, що вказана у паспорті на пружини, що надається в комплекті з гальмами.
8. Внутрішню поверхню кожуха (поз. 30) обклеїти картоном асбестовим □ = 2 мм. Відклеювання виконувати бакалітовим лаком.

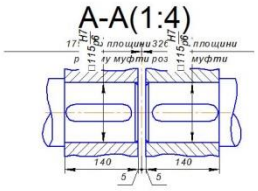
| Технічна характеристика | | | |
|---|---|---|---|
| ПВ % | Виконання катушки | | Момент кг.см. |
| 25 | Паралельне | | 47500 |
| | Послідовне | 60% номінального струму | 47500 |
| | | 40% номінального струму | 31350 |
| 40 | Паралельне | | 34500 |
| | Послідовне | 60% номінального струму | 34500 |
| | | 40% номінального струму | 22800 |
| 100 | Паралельне | | 17800 |
| Відхід катушки найбільший | | | 2 мм |
| Допустиме число включень | | | 720 вкл/год |
| Допускаєма температура навколишнього середовища | | | |

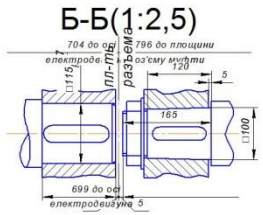
| Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|
| 30 | | Кожух | 1 | |
| 29 | | Картон асбестовий | 1 | |
| 28 | | Зажим | 2 | |
| 27 | | Шайба пружин. 12 ГОСТ 6402-70 | 2 | |
| 26 | | Болт М12х80 ГОСТ 7796-70 | 2 | |
| 25 | | Опора | 1 | |
| 24 | | Рігель | 6 | |
| 23 | | Ось | 2 | |
| 22 | | Шайба пружин. 24 ГОСТ 6402-70 | 4 | |
| 21 | | Болт М24х70 ГОСТ 7796-70 | 4 | |
| 20 | | Ось | 1 | |
| 19 | | Ричаг гальма у зборі | 1 | |
| 18 | | Шайба пружин. 8 ГОСТ 6402-70 | 12 | |
| 17 | | Болт М8х20 ГОСТ 7796-70 | 10 | |
| 16 | | Серьга | 1 | |
| 15 | | Гайка стяжна | 1 | |
| 14 | | Гайка М30 з лівою різьбою | 1 | |
| 13 | | Втулка | 1 | |
| 12 | | Стержень | 1 | |
| 11 | | Пружина □=12 | 1 | |
| 10 | | Пружина □=16 | 1 | |
| 9 | | Шайба стопорна | 1 | |
| 8 | | Гайка М36 ГОСТ 5915-70 | 2 | |
| 7 | | Пластинчатий ЗФ ч пруб. | 5 | |
| 6 | | Болт регулювання | 1 | |
| 5 | | Гайка М30 ГОСТ 5915-70 | 2 | |
| 4 | | Планка опірня | 1 | |
| 3 | | Колодка тормоза □600 в зборі | 2 | |
| 2 | | Ричаг | 1 | |
| 1 | | Корпус катушки □600 | 1 | |
| | | Сборочные единицы | | |

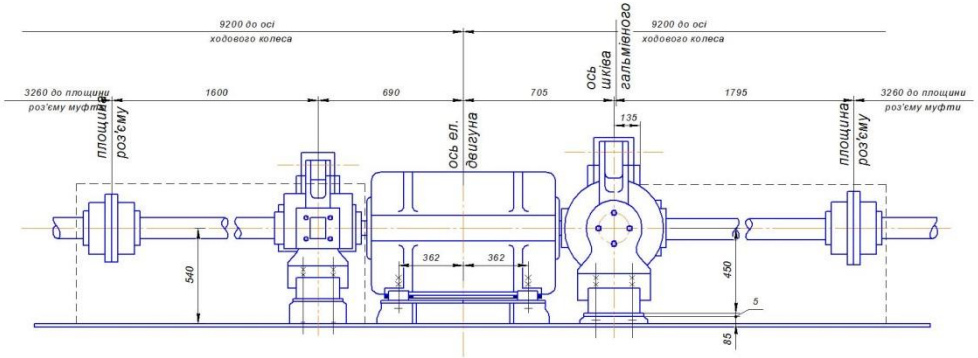
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Електромеханічні гальма | Лит. | Масса | Масштаб |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Разраб. | | | | | | | 555 | 1:25 |
| Пров. | | | | | | Лист 1 | Листов 1 | |
| Т.контр. | | | | | | | | |
| Н.контр. | | | | | | | | |
| Утв. | | | | | | | | |

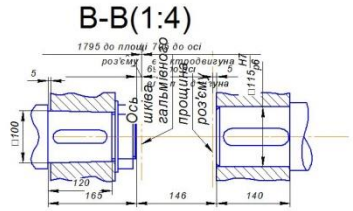
Копировал Формат А0




1. Існуючі підставки під електродвигун і гальма демонт
2. Нові підставки під електродвигун і гальма вст
приварити до настилу моста по місцю під час монтаж
3. Спосів зварювання по ГОСТ 5264-80. Електроди Э-
9467-75. Катет шва дорівнює меншій товщині зелек
зварюються. Зварювання виконувати суцільним шво
прилягаючих деталей.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Механізм переміщення моста. Вузел модернізації | Лит. | Масса | Масштаб |
| Разраб. | | Паскалов | | | | | | |
| Пров. | | Шевченко | | | | Лист 1 | Листов 3 | |
| Т.контр. | | | | | | МОНУ, ВНІЗНУ Кафедра МО, группа 6.1331 | | |
| Н.контр. | | | | | | | | |
| Утв. | | | | | | | | |

Копировал

Формат А1

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | Складальні одиниці | | |
| | | | | | | |
| | | 1 | МФДП.130325.500 СК | Вузел пром.вала з зубчатими | 2 | |
| | | | | напівмуфтами | | |
| | | 2 | МФДП.130325.600 СК | Вузел проміжного вала | 2 | |
| | | | | з глухою полумуфтою | | |
| | | | | і зубчатою муфтою | | |
| | | 3 | | Підставка під електро- | 2 | |
| | | | | двигун | | |
| | | 4 | | Кожух проміжного вала | 2 | |
| | | 5 | | Кожух проміжного вала | 2 | |
| | | 6 | | Підставка під гальма | 2 | |
| | | | | | | |
| | | | | Деталі | | |
| | | | | | | |
| | | 7 | | Підкладка під гальма | 4 | |
| | | 8 | | Підкладка під електро- | | |
| | | | | двигун | 4 | |
| | | 9 | | Упор | 8 | |
| | | | | | | |
| | | | | Стандартні вироби | | |
| | | | | | | |
| | | | | Болти ГОСТ 7798-70 | | |
| | | 10 | | М30х115 | 8 | |
| | | 11 | | М24х200 | 8 | |
| | | | | Гайки ГОСТ 5915-70 | | |
| | | 12 | | М30 | 16 | |
| | | 13 | | М24 | 16 | |

Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл

| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|---|---|---|---|---|
| Разраб. | Паскалов | | | |
| Пров. | Шевченко | | | |
| Н.контр. | | | | |
| Утв. | | | | |

Механізм переміщення моста.
Вузел модернізації

| Лит | Лист | Листов |
|---|---|---|
| | 2 | 3 |

МОНУ, ІННІ ЗНУ
Кафедра МО,
группа 6.1331

Копировал

Формат А4

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Приме-чание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | Готові вироби | | |
| | | | | | | |
| | | 14 | | Елктродвигун МТН 611-10 | 2 | |
| | | | | N=45кВт, n=570об/хв | | |
| | | | | ПВ=40% | | |
| | | | | | | |
| | | 15 | | Гальма ТКП-600 | 2 | |
| | | | | $M_T$ = 3600 Нм. | | |
| | | | | | | |
| | | 16 | | Гальма ТКП-500 | 2 | |
| | | | | $M_T$ = 1800 Нм. | | |

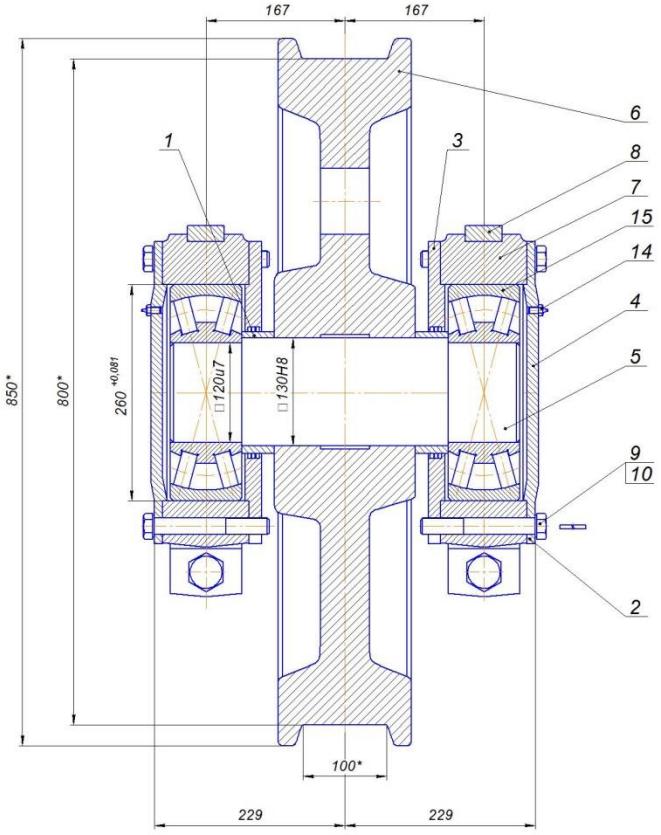
Инв. № подл | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл | Подп. и дата

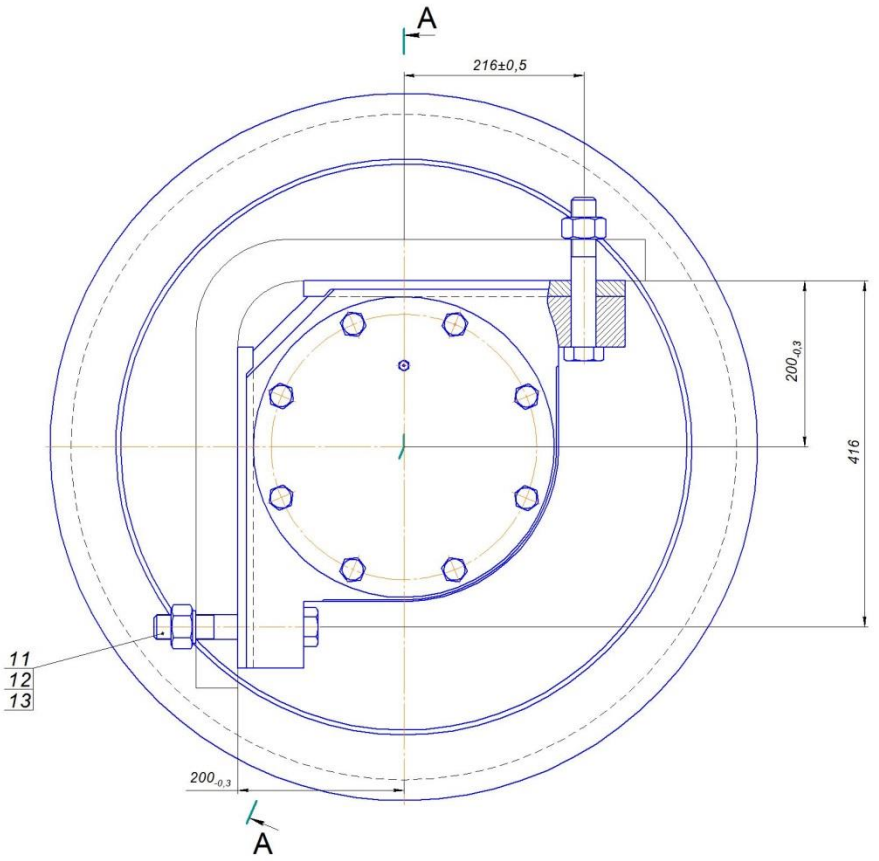
Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата

Лист 3

Копировал

Формат А4




1. Зварювання виконати по ГОСТ 5264-80 електрода
9467-75.
2. У зібраному вузлі букси позиції 7 повинні легко пр
вручну.
3. В підшипники додати пластичне мастило Літ
23258-78.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Ходове колесо моста ливарного крана | Лит. | Масса | Масштаб |
| Разраб. | | Паскалов | | | | | 484 | 1:2,5 |
| Пров. | | Шевченко | | | | Лист 1 | Листов 2 | |
| Т. контр. | | Шевченко | | | | МОНУ, ІФНІ ЗНУ каф. МО гр.6.1331 | | |
| Н. контр. | | | | | | | | |
| Утв. | | | | | | | | |

Копировал

Формат А1

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Приме-чание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | Деталі | | |
| | | | | | | |
| | | 1 | | Дістанційна гільза | 2 | |
| | | 2 | | Корпус підшипника | 2 | |
| | | 3 | | Кришка підшипника скрізна | 2 | |
| | | 4 | | Кришка підшипника глуха | 2 | |
| | | 5 | | Вісь | 1 | |
| | | 6 | | Колесо | 1 | |
| | | 7 | | Букса | 1 | |
| | | 8 | | Направляюча планка | 1 | |
| | | | | | | |
| | | | | Стандартні вироби | | |
| | | | | | | |
| | | 9 | | Болт М20х1,5-6gх140 ГОСТ 7796-70 | 16 | |
| | | 10 | | Шайба 20Л ГОСТ 6402-70 | 16 | |
| | | 11 | | Болт М30х2-6gх180 ГОСТ 7796-70 | 4 | |
| | | 12 | | Гайка М30 ГОСТ 15526-70 | 4 | |
| | | 13 | | Шайба 30Л ГОСТ 6402-70 | 4 | |
| | | 14 | | Прес-мастильник | 2 | |
| | | 15 | | Підшипник 3624 | 2 | |

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл

| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|---|---|---|---|---|
| Разраб. | Паскалов | | | |
| Пров. | Шевченко | | | |
| Н.контр. | | | | |
| Утв. | | | | |

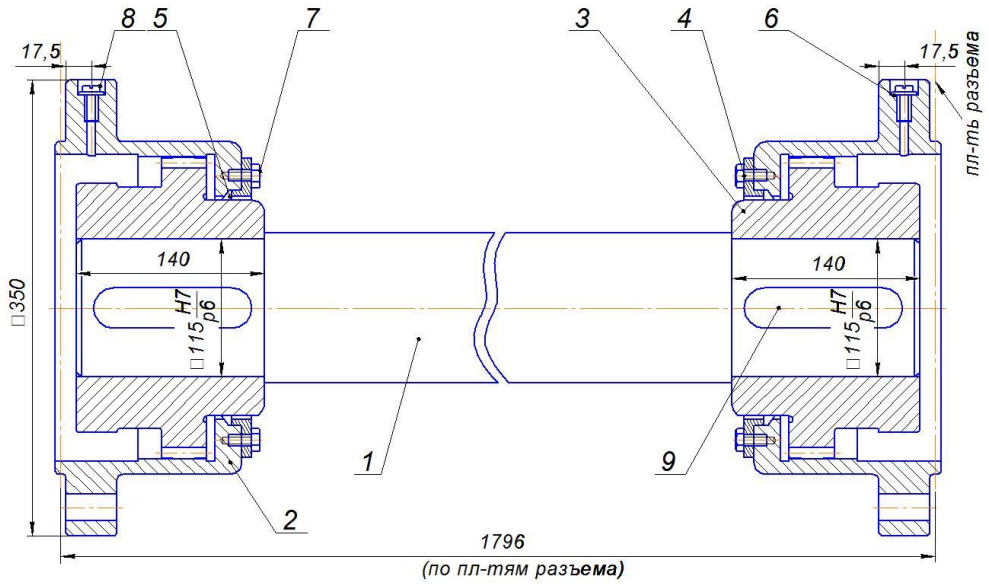
Ходове колесо моста ливарного крана

| Лит | Лист | Листов |
|---|---|---|
| | 2 | 2 |

МОНУ, ІННІ ЗНУ
каф. МО
гр.6.1331

Копировал

Формат А4




Перв. примен.

Справ. №

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Вузел проміжного вала з зубчатими полумуфтами | Лит. | Масса / Масштаб |
| Разраб. | | Паскалов | | | | | 218 1:1 |
| Пров. | | Шевченко | | | | Лист 1 | Листов 2 |
| Т.контр. | | Шевченко | | | | МОНУ, ІННІ ЗНУ Кафедра МО, группа 6.1331 | |
| Н.контр. | | | | | | | |
| Утв. | | | | | | | |

Копировал

Формат А2

| Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | *Деталі* | | |
| | | | | |
| 1 | | Вал проміжний | 1 | |
| 2 | | Обойма муфти №7 | 2 | |
| 3 | | Втулка №7 | 2 | |
| 4 | | Кришка №7 | 2 | |
| 5 | | Кільце ущільнювальне | 2 | |
| | | □169/□185 | | |
| 6 | | Шайба ущільнювальна | | |
| | | □14/18 | 2 | |
| | | | | |
| | | *Стандартні вироби* | | |
| | | | | |
| 7 | | Болт М8х14 | 20 | |
| | | ГОСТ 7798-70 | | |
| 8 | | Винт М12х14 | 2 | |
| | | ГОСТ 1491-72 | | |
| 9 | | Шпонка ГОСТ 8789-68 | 2 | |
| | | 32х18х125 | | |

Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл

Формат
Зона

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Разраб. | Паскалов | | | |
| Пров. | Шевченко | | | |
| Н.контр. | | | | |
| Утв. | | | | |

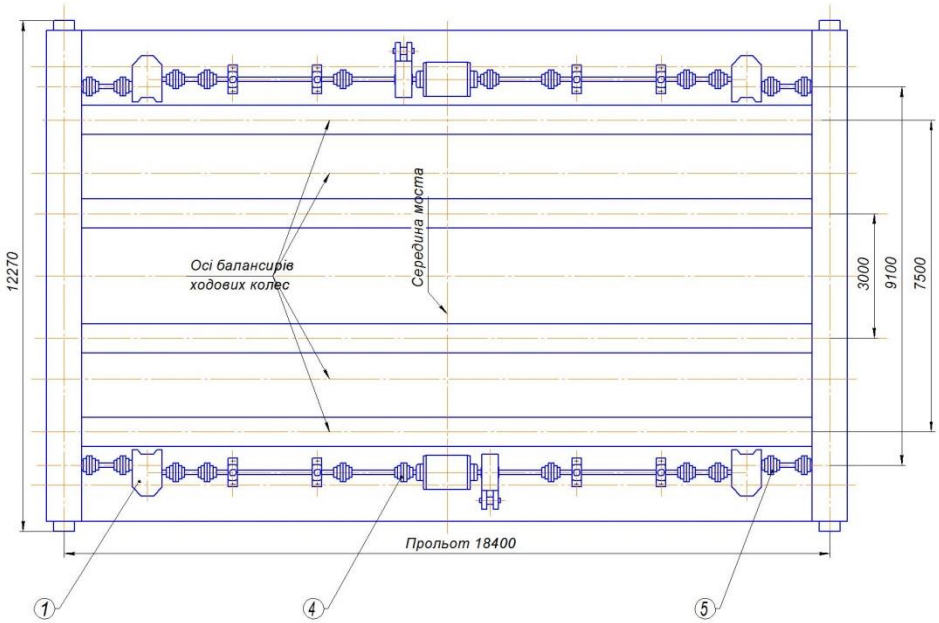
**Вузел проміжного вала з зубчатими полумуфтами**

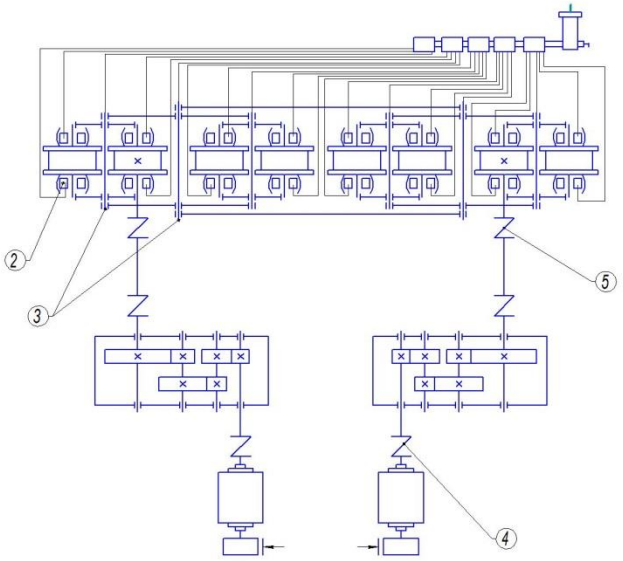
| Лит | Лист | Листов |
|---|---|---|
| | 2 | 2 |

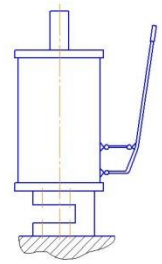
МОНУ, ІННІ ЗНУ
Кафедра МО,
группа 6.1331

Копировал

Формат А4



Ручний насос для подачі пластичного мастила (1:4)

Карта змащування механізму переміщення

| Номери змащуваних точок | Найменування вузлів | Кількість точок | Система змащування | Тип мастила | Режим змащування | Разові витрати на всі точки |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Редуктор, циліндрова передача, підшипники кочення | 4 | Ванна (картер) розбризгування | КС-12 ГОСТ 8675-59 | 2 раза на місяць | 200 л |
| 2 | Підшипники скатів мосту | 32 | Централізована ручна СРГ | ИП-1 ГОСТ 3257-74 | 1 раз на добу | 3,2 кг |
| 3 | Осі балансирів ходових колес | 12 | Централізована ручна СРГ | ИП-1 ГОСТ 3257-74 | 1 рази в місяць | 1,2 кг |
| 4 | Зубчата муфта бистроходного валу | 14 | Шприц | 1-13 ГОСТ 1631-61 | 1 раз на тиждень | 1,2 кг |
| 5 | Зубчата муфта тихоходного валу | 8 | Шприц | 1-13 ГОСТ 1631-61 | 1 раза в місяць | 8 кг |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дат. | Карта змащування механізму переміщення моста | Лит. | Масса | Масштаб |
| Разраб. | Ласкалов | | | | | | | |
| Пров. | Шевченко | | | | | Лист | Листов 1 | |
| Т.контр. | | | | | | МОНУ, ІННІ ЗНУ каф. МО гр.6.1331 | | |
| Н.контр. | | | | | | | | |
| Утв. | | | | | | | | |
| Копировал | | | | | | ФорматА1 | | |

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | Справ. № | Перв. примен.