Міністерство освіти та науки України

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

(назва факультету)

Кафедра металургійного обладнання

(повна назва кафедри)

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему «Модернізація вузлів кліщового колодцевого крану»

Виконав: студент групи 6.133З-с2

Халаїмов Д.В. _____

(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 – 2026 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.Власов
_____
“____” _____2026 р.

З А В Д А Н Н Я
ДО ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

Халаїмов Данило Викторович

1.Тема роботи: Модернізація вузлів кліщового колодцевого крану

керівник роботи Шевченко І.А., к.т.н., доцент_____,
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від 23.12.2025 №1831-с
2. Термін подання студентом роботи: 01.06.2026
3. Вихідні дані до роботи: техніко-економічні показники кліщового колодцевого крану.
4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Загальна частина; 2. Спеціальна частина; 3. Експлуатаційна частина; 4. Охорона праці та техногенна безпека; Висновки; Список використаних джерел.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових складових): Кліщовий колодцевий кран; Механізм пересування мостового кліщового крану; Тележка, Деталювання; Карта змащування.

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	13.05.2026-20.05.2026	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань кваліфікаційної роботи	21.05.2026-27.05.2026	
3	Виконання теоретичної частини роботи	26.05.2026-29.05.2026	
4	Виконання графічної частини роботи	30.05.2026-05.06.2026	
5	Написання та оформлення пояснювальної записки	06.06.2026-10.06.2026	
6	Перевірка кваліфікаційної роботи консультантом	11.06.2026-13.06.2026	
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

Халаїмов Д.В. Модернізація вузлів кліщового колодцевого крану.

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», 2026.

В роботі розглянуті конструктивні особливості вузлів та механізмів кліщового колодцевого крану та запропоновано модернізацію механізму пересування з метою зменшення витрат на ремонт і обслуговування. Проведено розрахунки навантажень на вузли механізму пересування, приділено увагу питанням техногенної безпеки та екології.

Ключові слова: КОЛОДЯЗНИЙ КРАН, МЕХАНІЗМ ПЕРЕСУВАННЯ, ВАНТАЖОПІДЙМНІСТЬ, ПРИВОД.

ABSTRACT

Khalaimov D.V. Modernization of the components of the claw well crane.

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", 2026.

The work considers the design features of the components and mechanisms of the claw-type well crane and proposes the modernization of the movement mechanism in order to reduce the costs of repair and maintenance. Calculations of loads on the components of the movement mechanism are carried out, attention is paid to the issues of technogenic safety and ecology.

Keywords: WELL CRANE, MOVEMENT MECHANISM, LOAD LIFTING CAPACITY, DRIVE.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ……. 6

ВСТУП ……... 7

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА …….. 8

1.1 Вантажопідйомні крани та їх класифікація …… 8

1.2 Основні технічні характеристики крана ……... 9

1.3 Спеціальні мостові кліщові (колодцеві) крани …… 10

1.4 Основні кранові механізми …… 13

1.5 Вантажозахоплювальні пристрої кліщових кранів ……. 19

1.6 Основні напрямки щодо удосконалення конструкції механізму пересування мостового крану …….. 21

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА …… 24

2.1 Розрахунок механізму пересування мостового кліщового крану 24

2.2 Розрахунок деталей на міцність …… 32

3 ЕКАСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА ……. 48

3.1 Технічне обслуговування крана …… 48

3.2 Характерні види відмов крана і їх ремонтопридатність ……. 53

3.3 Заходи по підвищенню довговічності і надійності основних деталей та вузлів крана ……. 55

3.4 Вибір систем змащення і мастильних матеріалів для тертьових деталей крана …….. 55

3.6 Підготовка до капітального ремонту крана ……..... 56

6 Організація капітального ремонту крана …… 58

3.7 Технологічні розрахунки ……... 64

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА ЕЗПЕКА …….. 71

4.1 Аналіз виробничого процесу ……. 71

4.2 Небезпека та ризики умов праці на робочому місці …….. 72

4.3 Шкідливі та небезпечні фактори, які діють на робітника ……. 73

4.4 Заходи безпеки та охорони праці …….. 77

4.5 Нормативно-правова база …… 83
ВИСНОВКИ …….. 84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…….. 86
СПИСОК ВИКОНАНИХ КРЕСЛЕНЬ …… 89
ДОДАТКИ ……. 90

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
μ	коефіцієнт тертя кочення
ψ	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

Мостові крани є основним підйомно-транспортним устаткуванням, яке використовується на металургійних підприємствах для транспортування, заливки і розливання рідкого металу, а тому безпосередньо беруть участь у виготовленні продукції. 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.

В прокатних цехах металургійних підприємств, пов'язаних з переробкою сталевих злитків у заготівлі (слябінгах, блюмінгах), застосовуються колодязні крани з кліщовими захоплювачами. Такі крани працюють у відділеннях нагрівальних колодязів, де використовуються, насамперед, для посадки зливків у колодязі і видачі їх у прокатку після нагрівання. Крім того, крани можуть застосовуватись для здійснення допоміжних операцій з обслуговування колодязів і ремонту обладнання

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 модернізації - механізм пересування кліщового крану.

Мета роботи – удосконалення конструкції механізму пересування кліщового колодцевого 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 Вантажопідйомні крани та їх класифікація

Кранами називають вантажопідйомні машини, призначені для підйому вантажу і переміщення його в будь-якому напрямку в межах прольоту цеху або складу.

У металургійній промисловості широкого поширення набули мостові електричні крани.

Залежно від призначення та типу вантажопідйомного органу розрізняють електричні мостові крани:

- загального призначення, обладнані одним або двома гаками;
- спеціального призначення.

До спеціальних кранів металургійних підприємств відносять:

• магнітні,
• грейферні,
• магнітно-грейферні,
• мульдо-завалочні,
• ливарні,
• кліщові та ін.

Незалежно від призначення та вантажопд'омності усі мостові елетричні крани складаються з наступних основних частин:

• моста з механізмами пересування крана,
• візки з механізмами пересування та підйому вантажу,
• кабіни крана з апаратурою для керування крана.

Міст крана є металоконструкцією, що служить для пересування по ній візки для підйому вантажу.

При малих прольотах та малій гвантажопід'омний міст складається з двох поздовжніх головних балок коробчатого перерізу, скріплених двома

торцевими балками. Балки зварені з листової сталі ст3сп, усередині них для збільшення жорсткості встановлені діафрагми (перегородки).

На всю довжину моста з обох боків встановлені галереї з настилом, одна з них призначена для встановлення механізму пересування крана та для доступу до механізмів візка, а інша – для розміщення допоміжних тролейних проводів.

Галереї та кінцеві балки із зовнішнього боку огороджують поручнями заввишки 1м.

Міст спирається на осі ходових коліс, змонтованих у кінцевих балках, і переміщається рейками, укладеними на підкранових балках. На поздовжніх балках укріплені рейки, якими пересувається візок. Для пом'якшення ударів при випадкових наїздах крана на кінцевих балках зміцнюють пружинні упори буфера. До мосту крана підвішена кабіна крана.

По виду з'єднання окремих елементів моста розрізняють крани клепані та зварені. Мости сучасних кранів виготовляють винятково звареними. Зварні мости менш трудомісткі у виготовленні, легші і дешевші за клепані.

На поздовжніх балках укріплені рейки, якими пересувається візок, на якому розміщені механізми підйому та пересування візка.

1.2 Основні технічні характеристики кранаів

Основними технічними характеристиками крана є його г/п, швидкість руху, висота підйому та інші параметри.

Вантажопідйомністю крана називають масу вантажу, що піднімається вантажопід’ємним пристроєм крана.

Мостові крани виготовляються важнажопід’омністю 1…500 т, з прольотами 12…32 м, висотою підйому 11…16 м. Швидкість пересування візка – 40…60 м/хв, мосту – до 125 м/хв, швидкість підйому гака – 2…40 м/хв.

Підйомні крани вантажопід'омністю більше 10т часто постачають 2 або 3 механізми підйому. Одним головним номінальною вантажопід'омністю та одним або двома допоміжними меншою вантажопід'омністю (у 3…5 разів).

Вантажопід'омність таких кранів позначають дробом, у чисельнику якого вказується вантажопід'омність головного, а знаменнику – вантажопід'омність допоміжного, вантажопід'омність органу. Наприклад, 15/3, 20/5, 150/20/5.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики базової лінійки мостових кліщових кранів [6]

Вантажо-підйомність, т	Тип вантажозахватного органу		Висота підйому, м		Проліт, м	Група режиму роботи крану
16/20	основний	допоміжний	основний	допоміжний	16…42	А7-А8
20/50			6,5…8	6,5…8		
32/50						
40/50						

На кожному крані, що знаходиться в експлуатації, є табличка-паспорт, де вказується:

• № гака,

• його г/п;

• дата випробування.

Вантажопід'омні крани піддають періодичному технічному огляду:

- частковому – не рідше 1 разу на рік;

- Повному - не рідше 1разу на 3 роки.

1.3 Спеціальні мостові кліщові (колодцеві) крани

Кліщовий кран (рис.1.1а,б) призначений для обслуговування нагрівальних колодязів обтискних прокатних станів. Кран здійснює посадку злитків у нагрівальні колодязі та укладання нагрітих злитків на злитковоз або на приймальний рольганг стану.

Кліщовий кран складається з мосту та кранового візка з шахтою та кліщовим механізмом для захоплення зливка.

В прокатних цехах металургійних підприємств, пов'язаних з переробкою сталевих зливків у заготівлі (слябінгах, блюмінгах), використовуються колодязні крани з кліщовими захоплювачами. Такі крани працюють у відділеннях нагрівальних колодязів, зазвичай, у кількості не менше трьох кранів на кожній стороні (при двосторонньому розташуванні колодязів). Вони застосовуються для технологічних операцій посадки зливків у колодязі (рис.1.3) для подальшого їх нагрівання, видачі нагрітих зливків у прокат (рис.1.4) та допоміжних операцій з обслуговування колодязів (заправка колодязів заправним матеріалом, обробка поду «лопатою») та обслуговування ремонтних робіт в зоні дії кранів [8].

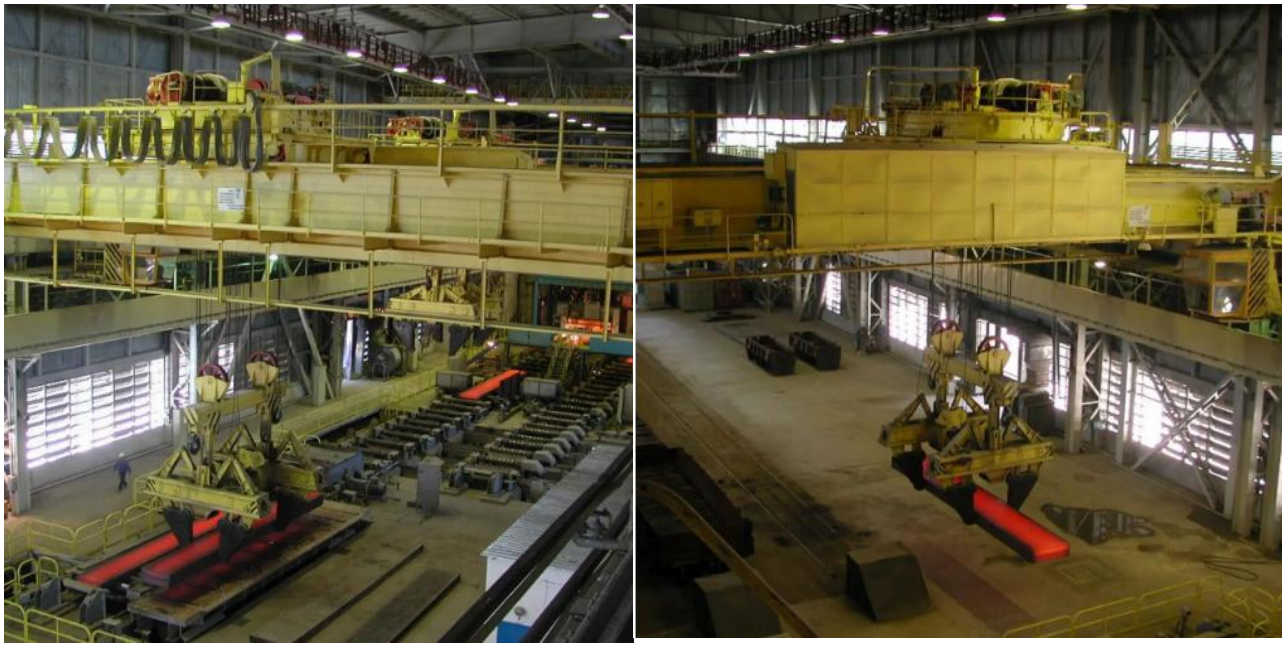
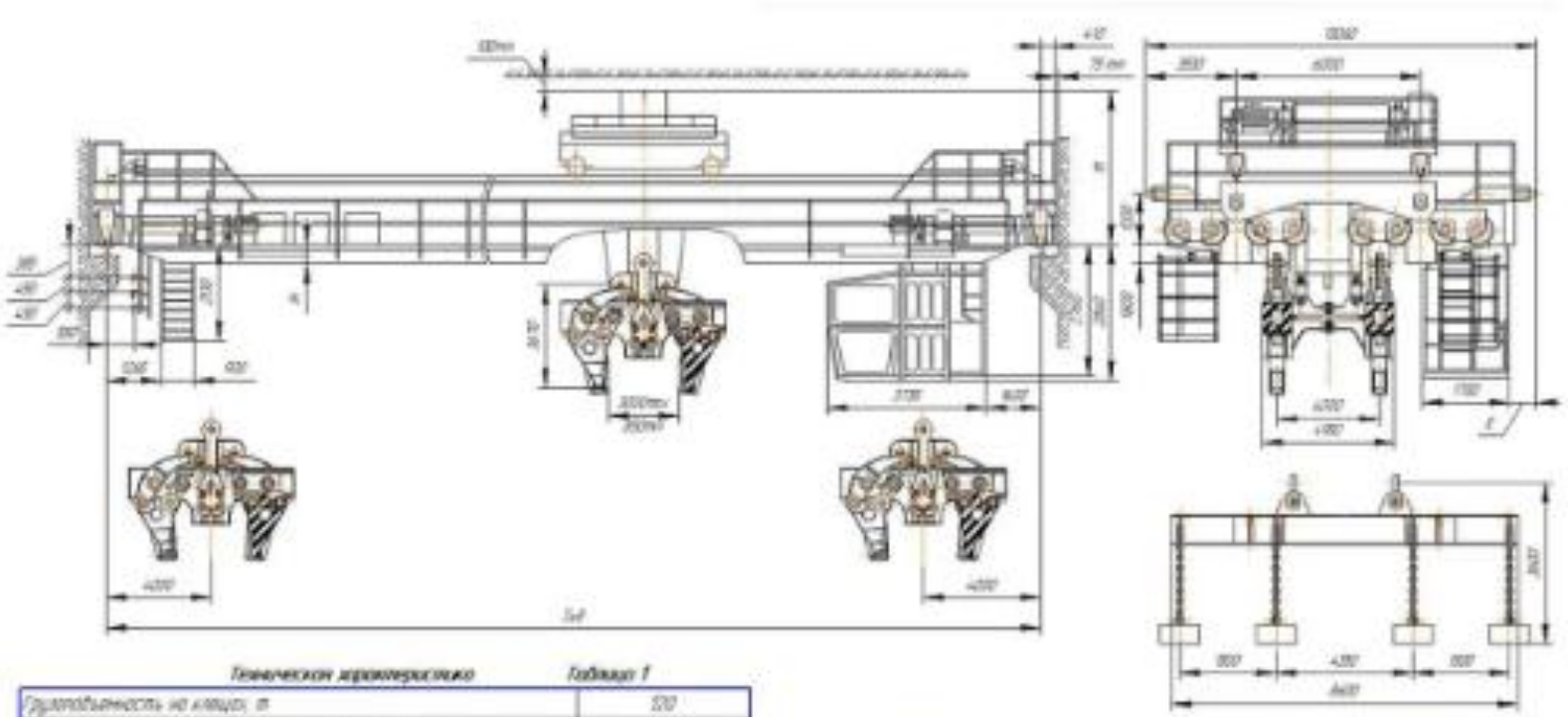


Рисунок 1.1 - Кран мостовий кліщовий КМ12000(D) [5]



Технические характеристики — Таблица 1

Грузоподъемность на клещах, т	320
Грузоподъемность на траверсе с 4-мя полиспастами, т	80
Грузоподъемность на крюке траверсы, т	80
Группа классификации механизмов по ИСО 4.301/1	А6
Род тока, напряжение, частота	переменный, 3Ф/50, 50Гц, 380В
Климатическое исполнение категории размещения по ГОСТ 15150-69	У2
Температура эксплуатации, °С	-20...+60
Тип и размер подкранового рельса ГОСТ 4121-96	Кр120
Тип и размер подтележечного рельса ГОСТ 4121-96	Кр120
Высота подъема клещей, м	6,95
Высота подъема крюка на траверсе, м	10,2
Скорость, м/с: подъема	0,15
Скорость, м/с: передвижения клещей	0,1
Скорость, м/с: передвижения тележки	1,0
Скорость, м/с: передвижения крана	1,54

Габаритные размеры — Таблица 2

Пролет S	Масса крана	Нагрузка на колесо крана при работе	Установочная мощность электрооборудования: подъема	передвижения тележки	управления клещами	передвижения крана	Размеры: B	D	E
м	т	кН	кВт				мм		
34,0	360	408	2х(450-900)	2х75-150	75	4х75-300	4960	400	450

Рисунок 1.2 – Мостовий кліщовий кран



Рисунок 1.3 – Робота колодязного крану під час посадки зливків у колодязі



Рисунок 1.4 – Робота колодязного крану під час видачі зливків до прокатки

1.4 Основні кранові механізми

На електричних мостових кранах встановлюються:

• механізм пересування моста крана;

• механізм пересування візка крана;

• механізм підйому та утримання на вазі вантажу.

Кожен машинний привід будь-якого сучасного крана складається з ел.двигуна, одного або декількох редукторів, сполучних муфт, гальма, валів, осей і підшипників.

Муфти з'єднують між собою вал ел.двигуна з вхідним валом редуктора, вихідний вал редуктора з валами передають рух деталей механізму, сосями яких їх також з'єднують муфтами. Гальмо, як правило, встановлюють між ел.двигуном і першим редуктором, причому гальмівним шківом зазвичай служить напівмуфта з боку редуктора. Підшипники є опорами валу.

1.4.1 Механізм пересування моста (крана)

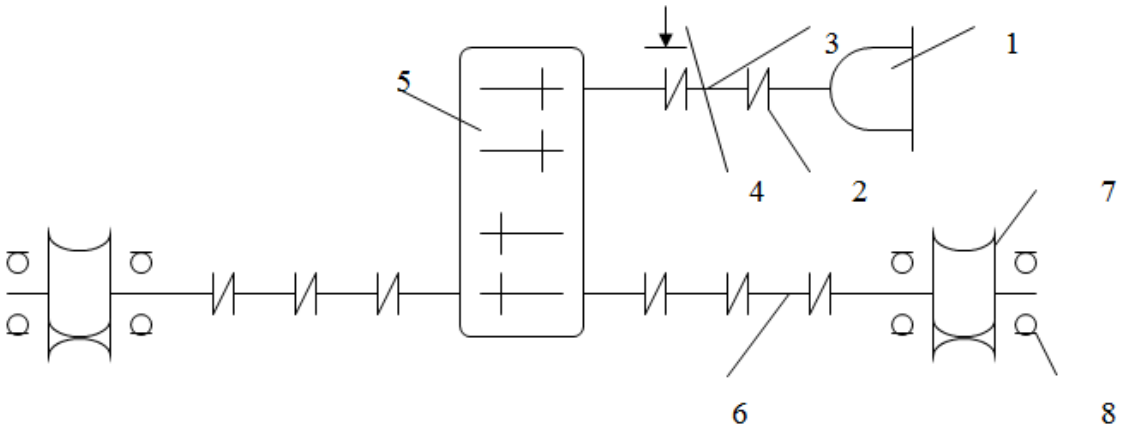
Служить для переміщення моста крана разом із вантажем вздовж прольоту цеху.

Механізми переміщення можуть бути із центральним або роздільним приводом.

Механізм пересування моста із центральним приводом

При центральному приводі ел.двигатель встановлюється у середині мосту крана і передача руху колеса відбувається через трансмісійний вал.

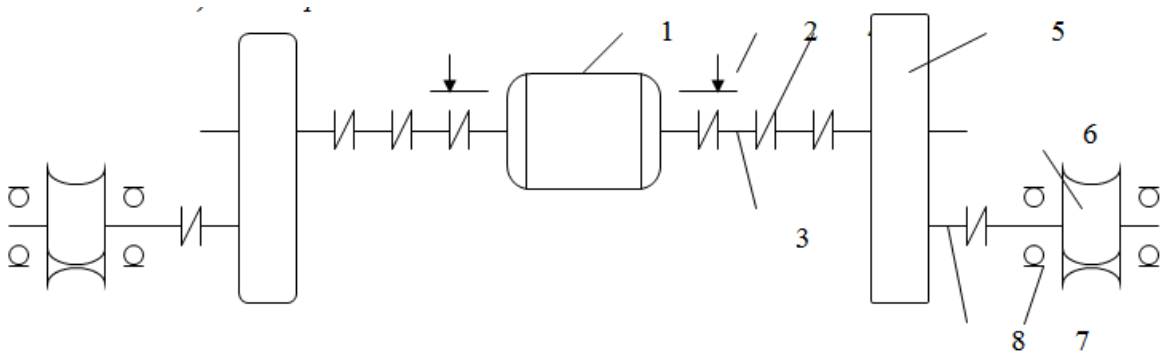
Механізми пересування моста із центральним приводом бувають 2-х типів: з тихохідним валом (рис.1.5,а) та із швидкохідним валом (рис.1.5,б).



1- електродвигун; 2 – з’єднувальна муфта; 3 - проміжний вал;

4 - гальмівний пристрій; 5 – редуктор; 6 - трансмісійний вал; 7 - ходові колеса; 8 -вальниці

а)



1 – елекьродвигун; 2 - гальмівний пристрій; 3 - трансмісійний вал;

4 – з’єднувальна муфта; 5 – редуктор; 6 - ходові колеса;

7 – вальниці; 8 - проміжний вал

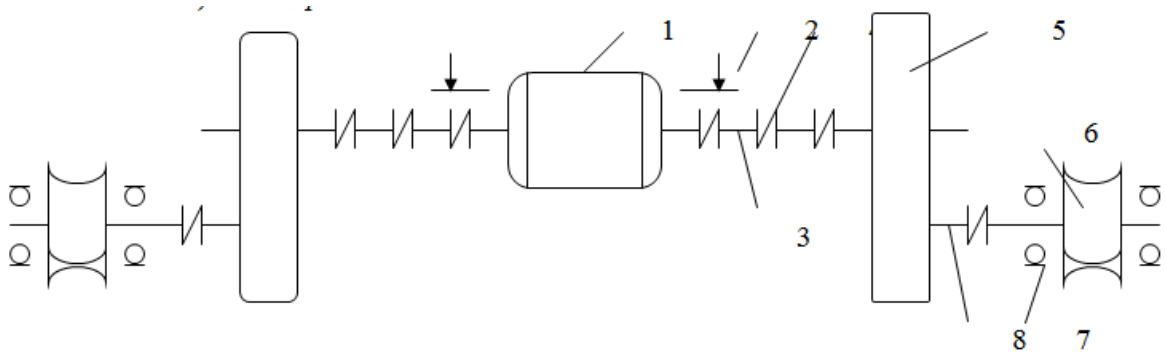
б)

Рисунок 1.5 - Механізми пересування моста із центральним приводом:

а) з тихохідним валом; б) із швидкохідним валом

Трансмісійний вал складається з окремих секцій завдовжки 2…3м. Цей механізм називається тихохідним оскільки трансмісійний валего обертається

з малою кількістю оборотів, тобто. з таким числом оборотів, як і провідні колеса ходові.



1 - електродвигун; 2 - гальмівний пристрій; 3 - трансмісійний вал;
4 з’єднувальна муфта; 5 – редуктор; 6 - ходові колеса;
7 –вальниці; 8 - проміжний вал

Рисунок 1.6 - Трансмісійний вал

Механізм пересування моста крана з швидкохідним валом називається тому, що його трансмісійний вал обертається з великою кількістю оборотів.

Швидкохідні вали та деталі легшевихідних у 4…6 разів, але при їх монтажі потрібна велика точність.

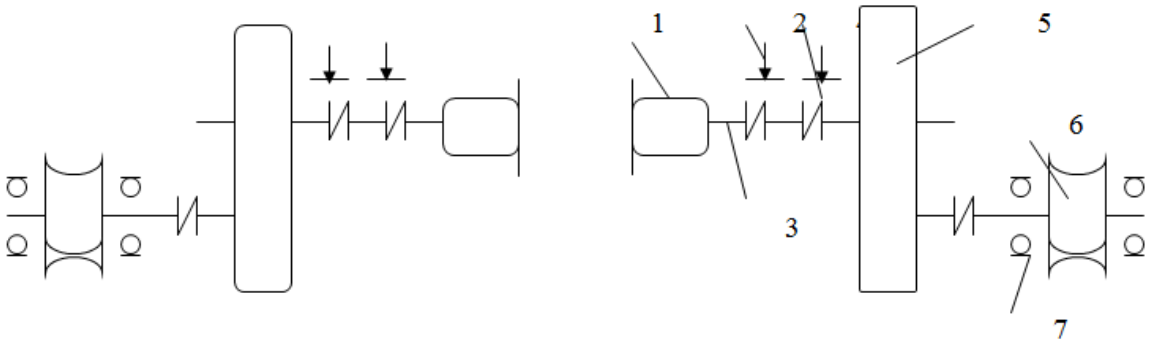
Механізми пересування мосту з тихохідним валом важчі за швидкісні, але вони простіші у виготовленні і більш надійні в експлуатації.

1.4.2 Механізм пересування моста із роздільним приводом

На кранах з великою шириною прольотів замість центрального приводу механізму пересування встановлюють роздільні приводи на провідні ходові колеса, які працюють синхронно.

Переваги цих механізмів у тому, що відпадає необхідність у наявності трансмісійного валу, значно полегшується металоконструкція.

Недолік: точність налагодження для забезпечення синхронності у роботі механізмів.



1 – електродвигун; 2 – гальмо; 3- проміжний вал; 4- з'єднувальна муфта; 5 – редуктор; 6 - ходові колеса; 7 - вальниці

Рисунок 1.7 - Механізм пересування моста із роздільним приводом

1.4.3 Механізм пересування візка

Механізм пересування візка призначений для пересування візка, з розташованими на ньому механізмами та вантажів уздовж моста крана.

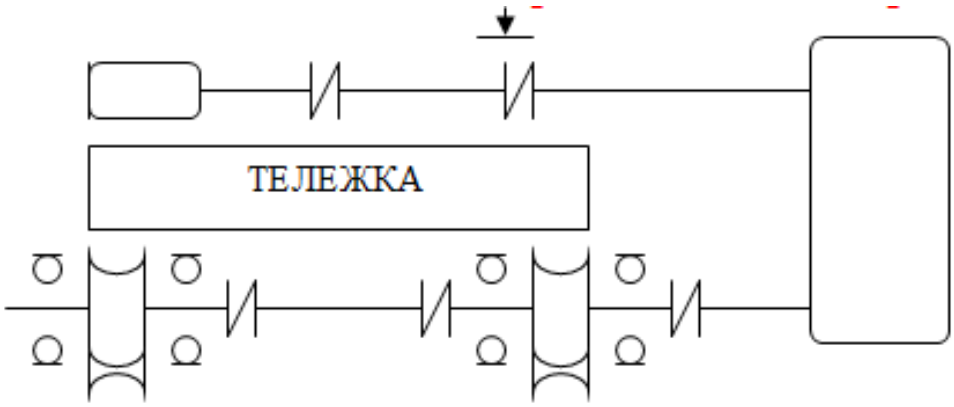
По конструкції бувають двох типів:

- з бічним розташуванням приводу (рис.1.7,а)
- з центральним розташуванням приводу (рис.1.7,б)

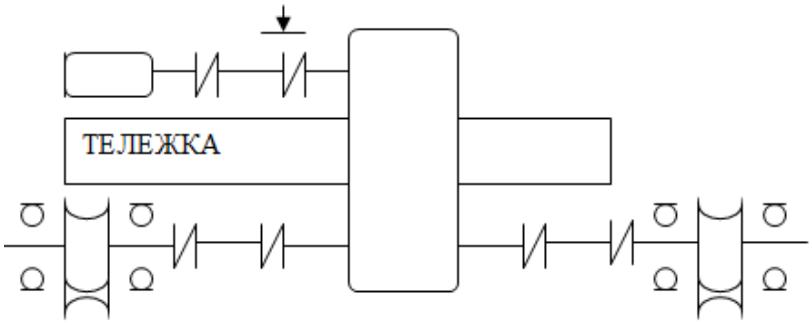
Слід врахувати, що на механізмах пересування візка встановлюються вертикальні редуктори, зважаючи на те, що вісь вала ел.двигуна і вісь ходових коліс знаходяться в різних горизонтальних площинах.

1.4.4 Механізм підйому

Механізм підйому служить для підйому та утримання на вазі вантажу.



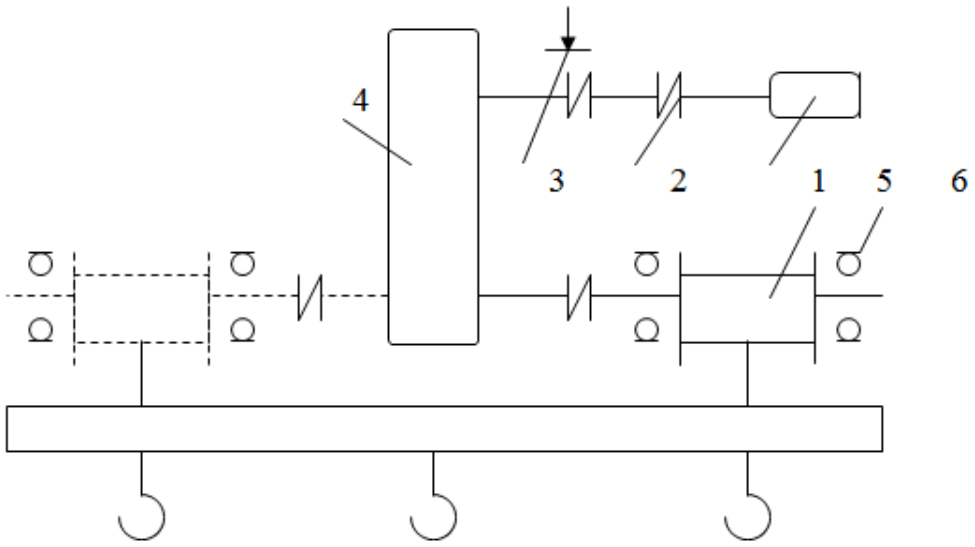
а



б

а- з бічним розташуванням приводу; б - з центральним розташуванням приводу

Рисунок 1.8 - Механізм пересування візка



1 – електродвигун; 2 - сполучна муфта; 3 – гальмівний пристрій;
4 – редуктор; 5 – барабан; 6- вальниця

Рисунок 1.9 - Механізм підйому

1.5 Вантажозахоплювальні пристрої кліщових кранів

Всі вантажозахоплювальні пристрої поділяються на змінні та знімні.

До змінних вантажозахоплювальних органів відносяться: гак, грейфер, вантажозахоплювальний електромагнит.

До знімних вантажозахоплювальних пристроїв відносяться такі пристрої, які навішуються на гак вантажопід'омної машини (стропа, кліщі, траверси, ланцюги, хомута).

Тарою називають різноманітних ємності та упаковки, в яких перевозять вантажі (бадьї, совки, контейнери, скоби, ковші, міксери, пакети).

Кліщі використовують для захоплення сортового прокату (аркуша, куточка, швелера), а також вантажів, що мають складну конфігурацію.

Кліщові захвати складаються з 2-х важелів (лап), пов'язаних загальною віссю або корпусом і тяг, що з'єднують важелі з навісним кільцем, за яке захвати навішують на гак вантажопідйомного механізму.

Кліщові захоплення зручні в роботі, швидко охоплюють та звільняють вантаж. Змінюючи розміри захоплюючої частини важелів, ними можна транспортувати вантажі різної форми та розмірів. Особливо зручно використовувати кліщові захоплення при посадці розпечених виробів у піч, а також при подачі виробів до молотів та пресів для обробки.

Загальним недоліком кліщових захоплень є мимовільне відкриття їх і звільнення від вантажу, як тільки останній зіткнеться з якоюсь перешкодою або поверхнею завантажувального майданчика. Щоб унеможливити це, захоплення обладнають спеціальними затискними пристроями.

Кліщі виготовляють зі ст20 та ст3. К.З.П. кліщів дорівнює 2.

Якість металу кліщів підтверджується сертифікатом заводу-виробника. Після виготовлення кліщі випробовуються (час 10 хвилин, навантаження на 25% більше) і реєструється.

Кліщі перепробовуються після кожного ремонту кліщів. Порядок перевипробувань такий самий як і первинне випробування.

Огляди кліщів проводяться стропальником та кранівником щозмінно і 1 раз на місяць відповідальною особою.

Кліщі бракуються:

- якщо відсутнє тавро або бирка (№ кліщів, вантажопідймність, дата випробування);
- за наявності поздовжніх та поперечних тріщин;
- якщо немає насічок губок або вони зношені;
- при зносі кільця, що перевищує 10% початкового діаметра;
- при виробленні отворів шарнірів більш ніж 10% початкового діаметра отвору;
- при зносі пальців шарнірів понад 10% від початкових їх діаметрів;
- деформування рицин;
- за відсутності паспорта на метал.

1.6 Основні напрямки щодо удосконалення конструкції механізму пересування мостового крану

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.1.11), 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 1.10 – Двохребордне ходове колесо : а – циліндичне, б- конічне

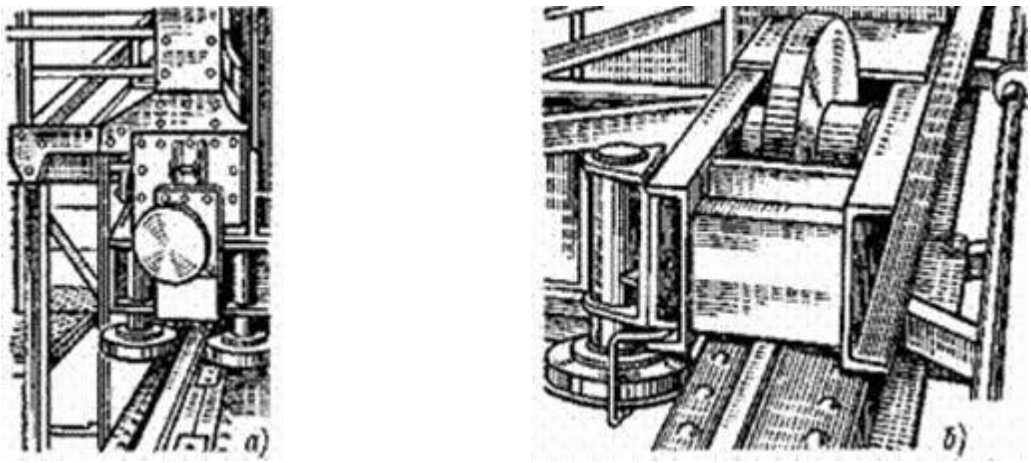


Рисунок 1.11 - Установка горизонтальних роликів:
а – з двох сторін рейки; б – з однієї сторони рейки

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.1.10.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

Кліщовий кран складається з мосту (рис.2.1) з двома механізмам переміщення 2 з цетральним приводом і візка 3.

Міст крану збирають з двох несучих і двох допоміжних балок, з'єднаних між собою горизонтальними фермами жорсткості. Кінцеві бвлки мосту спираються на двохколісні балансирні візки.

Металоконструкція візка клещового крану складається з рами і шахти, жорстко з'єднаних між собою. На рамв візка свтановлені механізм підйому колони з кліщами, привод механізму управління кліщами, механізм допоміжного підйому, механізм переміщення і механізм обертання кліщів. барабан механізму підйому колони має три нарізки6 дві крайні слугують на навівки канатів підйому колони, середня – для управління кліщами.

Привід колодязевого крана - це комплекс механізмів, що забезпечують пересування крана, візки та роботу кліщового захвату.

Основні характеристики приводу:

• Тип приводу: електричний.

• Механізми приводу:

- пересування моста: роздільний привід приводних коліс.

- пересування візка: механізм, що переміщає візок з кліщовим захопленням вздовж прогонових балок.

- механізм підйому: тросова система (зазвичай потужні електродвигуни з редукторами) для підняття важких зливків.

- привід кліщів: спеціальний механізм (часто гідравлічний або електричний) для затискання та розтискання кліщів, що утримують злиток.

На кран, який працює у закритому приміщенні діють наступні сили:

- сили руху приводних двигунів відповідної сторони крана, які залежать від швидкості приводного колеса і часу переключання пускових реостатів з одного ступеню на інший;

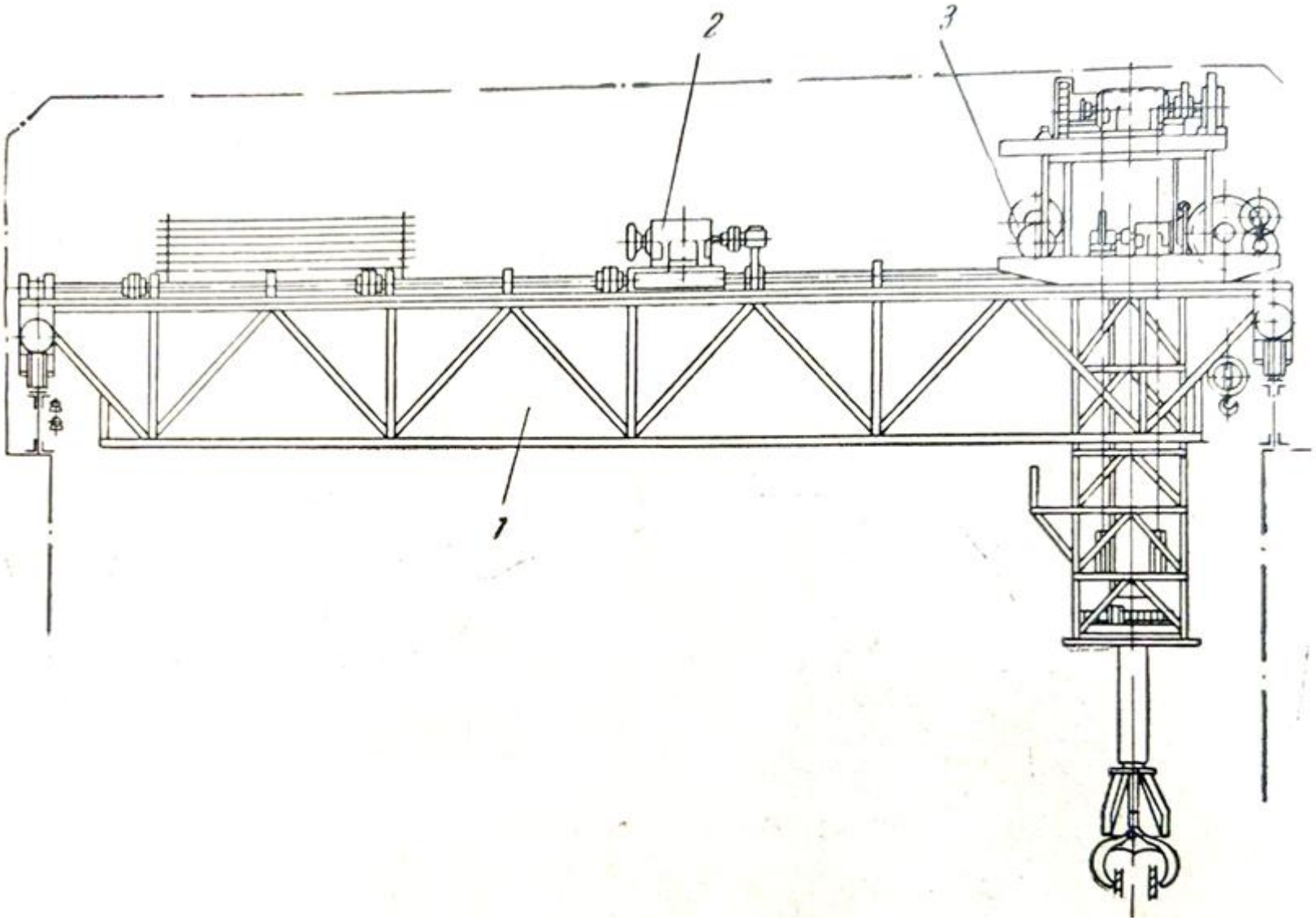


Рисунок 2.1 –Кліщовий кран

- сили опору пересування відповідної сторони крана, які залежать від маси вантажу, місця розташування вантажного візка на мосту крана, кількості реборд кранових коліс, які знаходяться в контакті з рейками і сили тертя, яка виникає при цьому між ребордами і головками рейок;
- горизонтальної складової сили натягнення в канатах при гнучкому підвісі вантажу, яка виникає при пуску або гальмуванні;
- реакцій зв'язку, які діють з боку рейок на ходові колеса по доріжці кочення;
- контактні сили, які діють на реборди коліс з боку рейок.

2.1 Розрахунок механізму пересування мостового кліщового крану

Вихідні дані:

- вантажопідйомність крана, Q ,т 125
- швидкість пересування:
  - головного візка, $v_{гол}$, м/с^2. 36
  - допоміжного, $v_{доп}$, м/27в. 41
  - мосту крана, $v_{кр}$, м/27в. 67,8
- вага крана, $G_{кр}$, кН 480,15
- вага допоміжного візка, $G_{доп}$, кН 98,6
- вага головного візка, $G_{гол}$, кН 97,9
- число ходових коліс з одного боку, n_1 2
- діаметр ходових коліс D, мм 700
- діаметр ходових коліс d, мм 200
- тип приводу індивідуальний

2.1.2 Визначення зусилля на ходові колеса крана

Опір пересуванню при усталеному русі рейкового механізму в загальному випадку залежить від комбінації наступних факторів:

вантажопідйомної сили, власної ваги крана, навантаженням ухилу шляхи, по якім переміщається кран, вітрових навантажень, геометричних розмірів ходової частини, типу підшипників, якості шляху і якості монтажу.

Опір у ходових колесах крана визначається тертям у підшипниках, тертям катання коліс по рейках, тертям торців маточин, тертям поперечного ковзання колеса по рейці й реборд про рейки [10…13].

При русі приводного колеса по рейці виникає горизонтальна реакція на контакті – сила зчеплення.

Розрахунок тиску на ходові колеса механізму необхідний для проведення розрахунків міцності (максимального навантаження на колесо), а також для виконання розрахунку, пов'язаного зі зчепленням коліс з рейками (мінімального навантаження) [9].

Навантаження на колеса однієї сторони крана можна прийняти рівномірно розподіленими.

Вага вантажу, що піднімається:

$$G_{гр} = g \cdot Q = 10 \cdot 125 = 1250 \text{ кН},$$

де $g \approx 10$ м/с^2 – прискорення вільного падіння.

Представляючи кран (рис.2.2) у вигляді двоопорної балки масової системи (міст, візок, кабіна) та складаючи рівняння моментів сил опору, отримуємо вирази для визначення P_{max}.

Найбільше зусилля на ходові колеса буде, коли головний візок з вантажем та допоміжній візок знаходяться з одного боку крана у крайньому положенні (рис.2.2):

Найбільше зусилля на ходові колеса буде, коли головний візок з вантажем та допоміжній візок знаходяться з одного боку крана у крайньому положенні (рис.2.2):

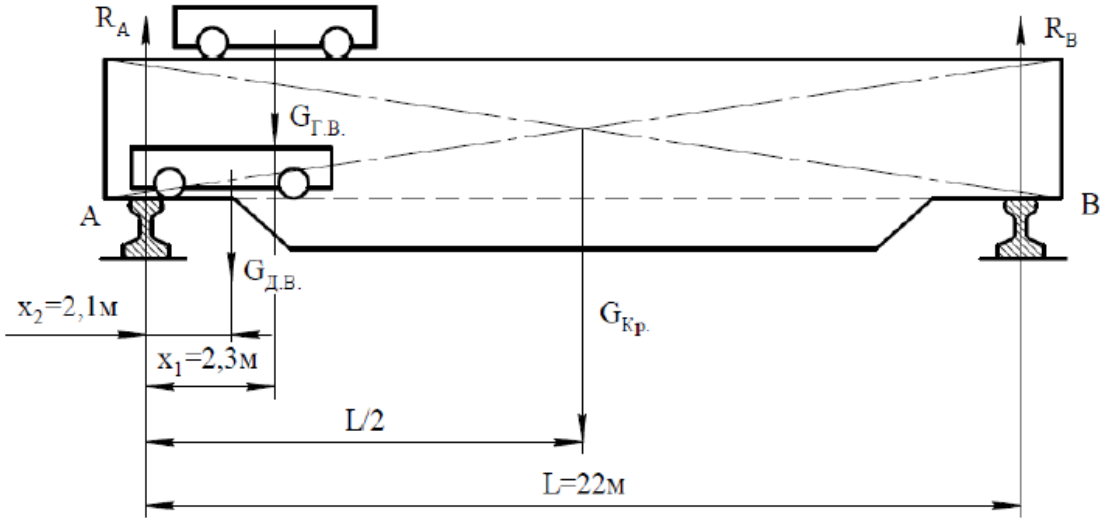


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема [9]

$\Sigma M_{max}=\Sigma M_в=0$: $$-G_{кр}\cdot\frac{L}{2}\cdot\left(G_{кр}+G_{гол}\right)\cdot\left(L-x_1\right)-G_{доп}\cdot\left(L-x_2\right)+R_A L=0 \Rightarrow$$

$$R_A=\frac{G_{кр}\cdot\frac{L}{2}\cdot\left(G_{кр}+G_{гол}\right)\cdot\left(L-x_1\right)+G_{доп}\cdot\left(L-x_2\right)}{L}=$$

$$=\frac{2040\cdot\frac{22}{2}+\left(1250+619{,}8\right)\cdot\left(22-2{,}3\right)+98{,}6\cdot\left(22-2{,}1\right)}{22}=2784\ кН.$$

Найбільше зусилля на одне ходове колесо: $$G_{х.к.}=\frac{R_A}{n_1}=\frac{2784}{8}=346\ кН.$$

2.1.2 Визначення потужності двигуна привода механізму пересування ливарного крана

Вихідні дані:

- тиск на ходові колеса з одного боку мосту, R_A, кН — 2784
- швидкість пересування мосту, V, м/с — 1,13
- тип приводу — індивідуальний
- загальне число привідних візків, z — 4
- число привідних візків з одного боку, z_1 — 2
- діаметр ходових коліс, D, мм — 700

- діаметр осі ходових коліс, d, мм 200

Опір пересуванню найбільш навантаженої частини мосту від сил тертя:

$$W_f = R_A K_P \frac{2\mu + Fd}{D} = 2784 \cdot 1{,}1 \cdot \frac{2 \cdot 0{,}001 + 0{,}015 \cdot 0{,}2}{0{,}7} = 22 \ \ кН,$$

де K_p – коефіцієнт, який враховує опір в ребордах(безребордні з опорними роликами), K_p = 1,1 [10];

μ - коефіцієнт тертя кочення колеса на рейках, при $D_{х.к.}$ = 700 мм μ = 0,001 [10]

f – коефіцієнт тертя в вальницях, f = 0,015 [10]:

Опір від ухилення шляху:

$$W_y = R_A \cdot \alpha = 2784 \cdot 0{,}0015 = 4{,}2 \ \ кН,$$

де α – коефіцієнт, який враховує ухилення шляху, α = 0,0015 [10]

Сумарний статичний опір пересування:

$$W_{ст} = W_f + W_y = 21{,}88 + 4{,}2 = 26 \ \ кН.$$

Загальний опір пересуванню навантаженого крана з урахуванням сил інерції:

$$W_{заг} = W_{ст} + F_i = 26{,}08 + \frac{2784}{10} \cdot 0{,}1 \cdot 1{,}2 = 59{,}6 \ \ кН,$$

де F_i – сила інерції, $F_i = \frac{R_A}{g} \cdot a \cdot (1{,}1...1{,}3)$,

a – середнє прискорення крана під час пуску, a = 0,1 м/с^2 [10].

Потужність двигуна:

$$P_{дв} = (0{,}5...0{,}7) \cdot \frac{W_{заг} \vartheta_к}{\eta_{мех} \varphi} = \frac{0{,}6 \cdot 59{,}5 \cdot 67{,}8}{102 \cdot 0{,}85 \cdot 1{,}5} = 18{,}6 \ \ кВт,$$

де $\eta_{мех}$ – КПД механізму, $\eta_{мех}$ = 0,85 [10];

ψ – коефіцієнт навантаження двигуна, ψ = 1,5…1,7; приймаємо ψ = 1,5 [10].

Потужність одного двигуна привода: $P = (0{,}5…0{,}6)\cdot P_{дв}$ [10].

$$P = 0{,}55\cdot 18{,}6 = 10{,}2 \text{ кВт}.$$

По каталогу [22] обираємо двигун, який має наступну характеристику:

Тип Д 41-У III

Потужність P = 13 кВт

Частота обертання n = 700 хв$^{-1}$

2.1.3 Визначення силових і кінематичних параметрів приводу пересування крана

Вихідні дані:

- потужність двигуна, P , кВт 13
- частота обертання двигуна, n , 31в.$^{-1}$ 700
- швидкість пересування мосту, V, м/31в. 67,8
- діаметр ходового колеса, D, мм 700

Число обертів ходових коліс:

$$n_{х.к.} = \frac{V}{\pi D} = \frac{67{,}8}{3{,}14\cdot 0{,}7} = 30{,}8 \ хв^{-1}.$$

Загальне передаточне число механізму: $i_{заг.} = \frac{n}{n_{х.к.}} = \frac{700}{30{,}8} = 22{,}7.$

По каталогу [15], обираємо редуктор, який має наступну характеристику: тип - ВКУ-765М; передаточне число - U_p = 25.

ВКУ-765 - це триступінчастий крановий редуктор вертикального типу, призначений для збільшення моменту, що крутить, і зменшення частоти обертання у вертикальному або похилому положенні.

Редуктор ВКУ-765 мають підвищену надійність у роботі, високий ККД до 98%, прості в обслуговуванні. Працюють з постійним та змінним навантаженням, у безперервному та повторно-короткочасному режимах, навантаження одного напрямку та реверсивне. Обертання валів у будь-який бік. Використовується в неагресивному та невибухонебезпечному середовищі. Частота обертання вхідного валу не перевищує 1000 об/хв. Розраховані працювати при запиленості повітря трохи більше 10 мг/м³.

Знаходимо передаточні числа кожної ступені:

- I ступені: $i_1 = \frac{z_2}{x_1} = \frac{68}{301} = 2{,}2$;

- II ступені: $i_2 = \frac{z_4}{z_3} = \frac{75}{24} = 3{,}125$;

- III ступені: $i_3 = \frac{z_5}{z_5} = \frac{70}{19} = 3{,}68$.

Загальне передаточне число: $i_P = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 = 2{,}2 \cdot 3{,}125 \cdot 3{,}7 = 25.$

Частота обертання та кутова швидкість вхідного вала редуктора: $n_1 = n_{дв} = 700$ хв$^{-1}$,

$$W_1 = \frac{\pi n_1}{30} = \frac{3{,}14 \cdot 700}{30} = 73{,}3 \ \ рад/с.$$

Частота обертання та кутова швидкість першого проміжного вала редуктора:

$$n_1 = \frac{n_1}{i_1} = \frac{700}{2{,}2} = 318{,}2 \ \ хв^{-1}; \qquad W_1 = \frac{W_1}{i_1} = \frac{73{,}3}{2{,}2} = 33{,}3 \ \ рад/с.$$

Частота обертання та кутова швидкість другого проміжного вала редуктора:

$$n_2 = \frac{n_2}{i_2} = \frac{318,2}{3,125} = 101,8 \ \ хв^{-1}; \qquad W_3 = \frac{W_2}{i_2} = \frac{33,3}{3,125} = 10,6 \ \ рад/с.$$

Частота обертання та кутова швидкість вихідного вала редуктора – вала ходових коліс:

$$n_i = n_{х.к.} = \frac{n_3}{i_3} = \frac{101,8}{3,68} = 27,7 \ \ хв^{-1}; \qquad W_1 = W_{х.к.} = \frac{W_3}{i_3} = \frac{10,6}{3,68} = 2,9 \ \ рад/с.$$

Крутний момент на вхідному валу редуктора:

$$M_1 = M_{дв} = \frac{P_{дв}}{W_1} = \frac{13}{73,3} = 0,18 \ \ кНм.$$

Крутний момент на першому проміжному валу редуктора:

$$M_2 = M_1 \cdot i_1 = 0,18 \cdot 2,2 = 0,396 \ \ кНм.$$

Крутний момент на другому проміжному валу редуктора:

$$M_3 = M_2 \cdot i_2 = 0,396 \cdot 3,125 = 1,24 \ \ кНм.$$

Крутний момент на вихідному валу редуктора – на валу ходових коліс:

$$M_4 = M_{х.к.} = M_3 \cdot i_3 = 1,24 \cdot 3,68 = 4,6 \ \ кНм.$$

2.1 Розрахунок деталей на міцність

2.1.1 Розрахунок ходового колеса

Вихідні дані:

- радіус ходового колеса, R, мм 350
- радіус головки рейок, R_1, мм 500
- навантаження на ходове колесо, G, кН 347,9
- матеріал ходового колеса сталь 65
- границя міцності, $\sigma_в$, Мпа 735
- границя текучості, $\sigma_т$, Мпа 430
- модуль пружності, $E_{пр}$, Мпа $2{,}1 \cdot 10^6$

Приведене розрахункове навантаження:

$$F = K_т \cdot K_н \cdot G = 1{,}1 \cdot 1{,}1 \cdot 347{,}9 = 420{,}96 \text{ кН}.$$

де $K_т$ – коефіцієнт поштовхів, який враховує вплив вертикального динамічного навантаження, яке виникає під час пересування крана внаслідок нерівномірності рейкового шляху: $K_т$ = 1,1 [10],

$K_н$ – коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження: $K_н$ = 1,1 [10],

Ефективне навантаження зминання:

$$\sigma = \frac{KK_f}{102} \cdot \sqrt{\frac{FE^2}{R^2}} \le [\sigma_e] ,$$

де K – коефіцієнт, який залежить від відношення $\frac{R_2}{R_1} < 1;\ \frac{350}{500} = 0{,}7 < 1;\ R = 0{,}44,$

K_f =1,08 – коефіцієнт, який враховує вплив тангенціального навантаження.

$$\sigma = \frac{0{,}44 \cdot 1{,}08}{102} \cdot \sqrt{\frac{420{,}96 \cdot 10^3 \cdot (2{,}1 \cdot 10^6)^2}{500^2}} = 12949{,}5 \ \ Па = 12{,}95 \ \ МПа ,$$

$$\sigma_e \le [\sigma_в]; \ \sigma_e \le [\sigma_т].$$

Умову міцності ходового колеса виконано.

2.2.2 Розрахунок вала ходового колеса

Вихідні дані:

- навантаження, діюче на ходове колесо, $G_к$, кН 347,9
- крутний момент, який передається валом, $M_{хк}$, кНм 4,6
- діаметри посадкових місць:
  - під ходове колесо, d_3 , мм 200
  - під вальниці, d_2 , мм 170
  - під втулку зубчастої муфти, d_1, мм 125
- матеріал валу сталь 45
- термообробка поліпшення
- границя міцності, $\sigma_в$, Мпа 510
- границя текучості, $\sigma_т$, Мпа 270

Реакції в опорах вала:

$$\Sigma M_A = 0: \qquad G_K \frac{L}{2} - R_B L = 0 \quad \Rightarrow \quad R_B = \frac{G\frac{L}{2}}{L} = \frac{347{,}9 \cdot 0{,}19}{0{,}38} = 174 \ кН.$$

$$\Sigma M_B = 0: \qquad G_K \frac{L}{2} + R_A L = 0 \quad \Rightarrow \quad R_A = \frac{G\frac{L}{2}}{L} = \frac{347{,}9 \cdot 0{,}19}{0{,}38} = 174 \ кН.$$

Перевірка: $\Sigma R = 0 = R_A - G_к + R_B = 174 - 347{,}9 + 174 = 0.$

Згинаючий момент в точці «О»:

$$M_0 = R_B \frac{L}{2} = 174 \cdot 0{,}19 = 33{,}04 \ кНм, \quad M_0 = R_A \frac{L}{2} = 174 \cdot 0{,}19 = 33 \ кНм.$$

Границя витривалості матеріалу вала.

При симетричному циклі згину:

$$\sigma_{-1} = 0{,}35\sigma_B + (70...120) = 0{,}35 \cdot 510 + 120 = 299 \ МПа.$$

При симетричному циклі дотичних напружень:

$$\tau_{-1} = 0{,}58\sigma_{-1} = 0{,}58 \cdot 299 = 173 \ \ МПа.$$

Розрахунок запасу міцності: момент опору перетину згинання:

$$W_{нетто} = \frac{\pi \cdot d_3^3}{32} - \frac{b \cdot t \cdot (d_3 - L_1)^2}{2d_3}.$$

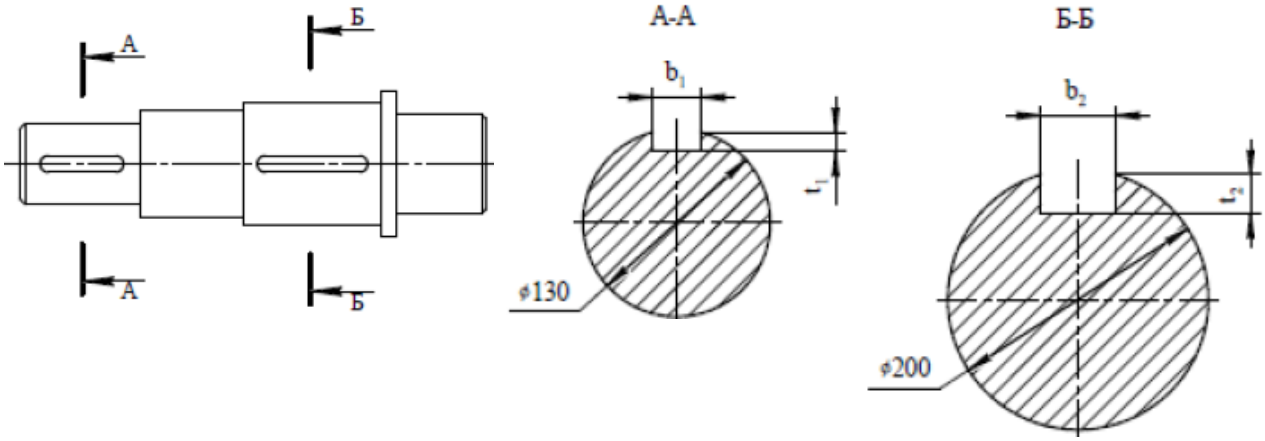


Рисунок 2.3 – Схема до визначення небезпечних перерізів приводного вала ходового колеса

2.2.3 Вибір параметрів шпонки та шпоночного пазу в посадкових місцях ходового колеса.

При d_3 = 200 мм. Шпонка*: в* × *h* × *l* = 50×28×18 [10].

Глибина пазу валу t_1 = 11,5 мм.

$$W_{нетто} = \frac{3{,}14 \cdot 200^3}{32} - \frac{50 \cdot 11{,}5 \cdot (200 - 11{,}5)^2}{2 \cdot 200} = 733922{,}4 \ \ мм^2.$$

Момент опору перетину кручення:

$$W_{нетто} = \frac{\pi \cdot d_3^3}{16} - \frac{b \cdot t \cdot (d_3 - L_1)^2}{2d_3} = \frac{3{,}14 \cdot 200^3}{16} - \frac{50 \cdot 11{,}5 \cdot (200 - 11{,}5)^2}{2 \cdot 200} = 158922{,}4 \ \ мм^2.$$

Амплітуда нормальних напружень згину:

$$\sigma_v = \frac{M_{x.к.}}{W_{нетто}} = \frac{33{,}04 \cdot 10^6}{733922{,}4} = 45 \ \ МПа.$$

Середнє напруження згину. Оскільки вал не сприймає осьове навантаження, його сприймають опорні ролики, то $\sigma_m = 0$.

Амплітуда та середнє навантаження циклу дотичних навантажень:

$$\tau_v = \tau_m = \frac{M_{x.к.}}{2W_{нетто}} = \frac{4{,}6 \cdot 10^6}{2 \cdot 1518922{,}4} = 1{,}5 \ \ МПа.$$

Коефіцієнт запасу міцності і нормальних напружень:

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{E_\sigma} \cdot \sigma_v + \psi_\sigma \cdot \sigma_m} = \frac{299}{\frac{1{,}5}{0{,}82} \cdot 45} = 3{,}6,$$

де K_σ - ефективний коефіцієнт концентрації нормальних навантажень,

$K_\sigma = 1{,}5$ [10];

E_σ - масштабний фактор для нормальних навантажень, $E_\sigma = 0{,}82$ [10];

ψ_σ - коефіцієнт, який відображає співвідношення межі витривалості при симетричному та пульсуючому циклах згину, $\psi_\sigma = 0{,}2$ [10]:

Коефіцієнт запасу міцності по дотичним напруженням:

$$S_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{R_\tau}{E_\tau} \cdot \tau_v + \psi_\tau \cdot \tau_m} = \frac{173}{\frac{1{,}46}{0{,}52} \cdot 1{,}5 + 0{,}1 \cdot 1{,}5} = 38,$$

де $K_\tau = 1{,}46$; $E_\tau = 0{,}52$; $\psi_\tau = 0{,}1$ [10].

Результуючий запас міцності для перетину I-I:

$$S = \frac{S_\sigma S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} = \frac{3{,}6 \cdot 38}{\sqrt{3{,}6^2 + 38^2}} = 3{,}6,$$

$$S > [S], \qquad 3{,}6 > 2{,}5.$$

де [S] – допустимий запас міцності, [*S*] = 2,5 [10].

Запас міцності перетину II-II.

Цей перетин працює на кручення та згин внаслідок дії консольного навантаження від встановлення втулки зубчастої муфти.

2.2.4 Вибір параметрів шпонки для посадкового місця вала

d_1 = 130 мм [10 ; шпонка в×h×1 = 36×20×150; глибина паза валу t_1 = 12 мм.

Згинаючий момент від дії консольного навантаження:

$$M_{зг} = S_м f_м = 0{,}3 \cdot P_{кол} \ ;$$

де $S_м$ - неврівноважена складова зусилля, яке передається муфтою

$$S_м = 0{,}3 \cdot P_{кол} \ = 0{,}3 \cdot 13{,}14 = 3{,}9 \ кН;$$

$$P_{кол} = \frac{2M_K}{D_K} = \frac{2 \cdot 4{,}6}{0{,}7} = 13{,}14 \ кН;$$

де $f_м$ - відстань до муфти; приймаємо $f_м$ = 245 мм (за кресленням):

$$M_{зг} = S_м f_м = -3{,}9 \cdot 0{,}245 = -0{,}96 \ кНм.$$

Момент опору перетину згинання:

$$W_{нетто} = \frac{\pi \cdot d_1^3}{32} - \frac{b \cdot t_1 \cdot (d_1 - t_1)^2}{2d_1} = \frac{3{,},14 \cdot 130^3}{32} - \frac{36 \cdot 12 \cdot (130 - 13)^2}{2 \cdot 130} = 192445{,}4 \ мм^3.$$

Момент опору перетину кручення:

$$W_{нетто} = \frac{\pi \cdot d_1^3}{16} - \frac{b \cdot t_1 \cdot (d_1 - t_1)^2}{2d_1} = \frac{3{,},14 \cdot 130^3}{16} - 23135{,}3 = 408026 \ мм^3.$$

Амплітуда та середнє навантаження циклу дотичних напружень:

$$\tau_v = \tau_m = \frac{M_{зг}}{2W_{К.нетто}} = \frac{0{,}96 \cdot 10^6}{408026} = 2{,}35 \ \ МПа.$$

Амплітуда нормальних напружень згинання:

$$\sigma_v = \frac{M_{зг}}{W_{нетто}} = \frac{0{,}96 \cdot 10^6}{192445{,}4} = 5{,}0 \ \ МПа.$$

Запас міцності по нормальним напруженням:

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{E_\sigma} \cdot \sigma_v + \psi_\sigma \cdot \sigma_m} = \frac{299}{\frac{1{,}5}{0{,}82} \cdot 0{,}1 \cdot 0} = 32.$$

Запас міцності по дотичним напруженням:

$$S_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{R_\tau}{E_\tau} \cdot \tau_v + \psi_\tau \cdot \tau_m} = \frac{173}{\frac{1{,}46}{0{,}52} \cdot 2{,}35 + 0{,}1 \cdot 2{,}35} = 24{,}5.$$

Результуючий запас міцності:

$$S = \frac{S_\sigma S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} = \frac{32 \cdot 24{,}5}{\sqrt{32^2 + 24{,}5^2}} = 19{,}5,$$

$$S_{II\text{-}II} > [S] \quad ; \quad 19{,}5 > 2{,}5.$$

Міцність вала збережено.

2.2.5 Розрахунок осі опорного ролика

Вихідні дані:

- радіальне навантаження, яке діє на ходове колесо, $G_к$, кН 347,9
- діаметр ролика, d, мм 130
- відстань від точки прикладання зусиль, яке діє на ролик, до небезпечного перетину осі, d, мм 120
- матеріал осі ролика сталь 45
- термообробка нормалізація
- границя міцності, $[\sigma_в]$, МПа 270
- границя текучості, $[\tau_т]$, МПа 510

Вісь опорного ролика випробовує напруження згинання від дії осьового навантаження.

Зусилля, яке діє на ролик:

$$F_р = 0{,}2G_к = 0{,}2 \cdot 347{,}9 = 69{,}58 \text{ кН}.$$

Оскільки опорні ролики розташовані з обох боків балансирного візка, то: $F_а = 2F_р = 2 \cdot 69{,}58 = 139{,}16$ кН.

Згинальний момент в опорному ролику:

$$M_{зг} = F_а \cdot a = 139{,}16 \cdot 0{,}12 = 16{,}7 \text{ кНм}.$$

Момент опору перетину осі ролика згинанню:

$$W_{зг} = 0{,}1 \cdot d^3 = 0{,}1 \cdot 130^3 = 219700 \text{ мм}^3.$$

Згинаюче напруження:

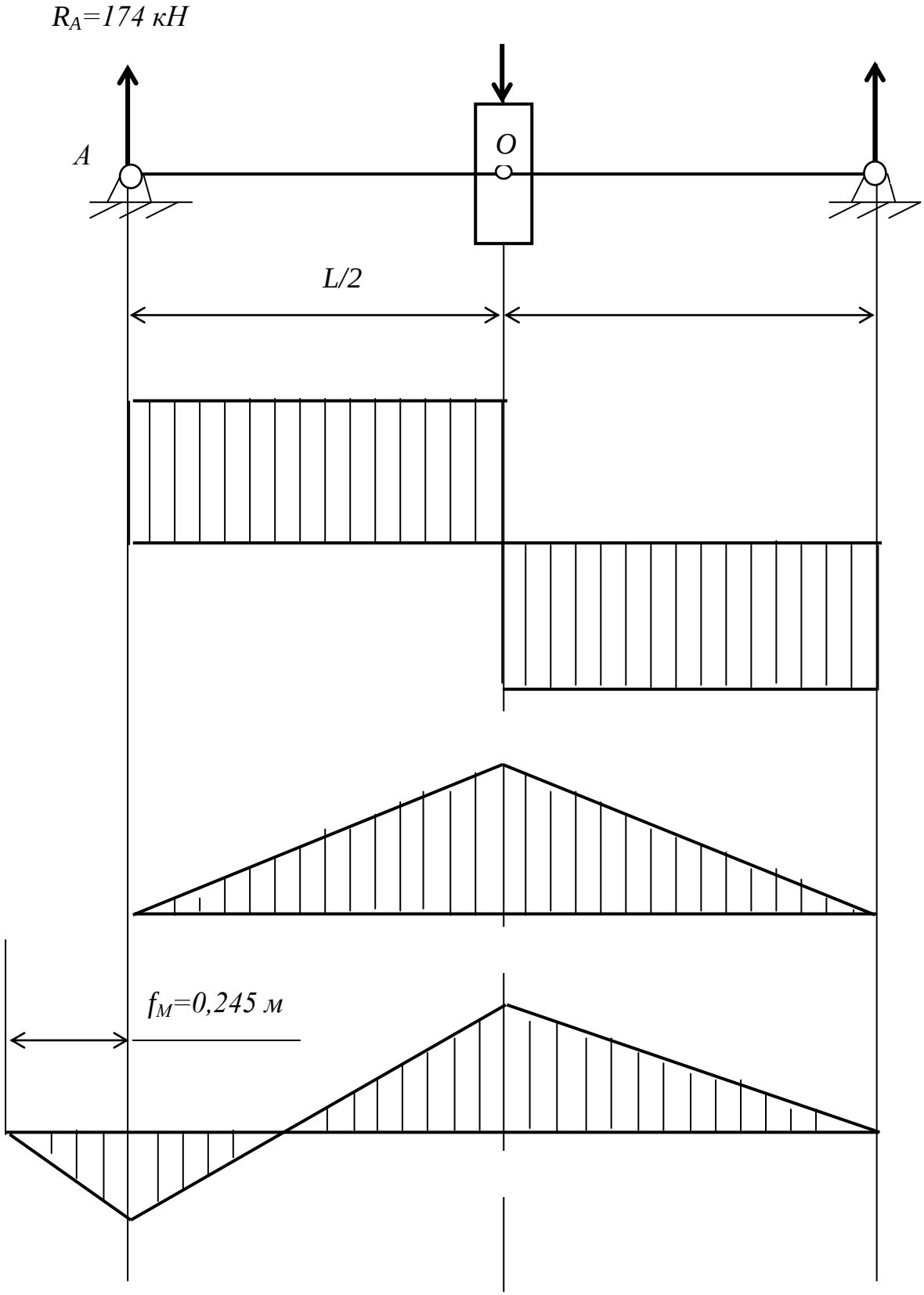


Рисунок 2.4 – Розрахунок валу ходового колеса

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{W_{зг}} = \frac{16{,}7 \cdot 10^6}{219700} = 76 \ МПа.$$

$$\sigma_{зг} < [\sigma_{зг}].$$

Отже, умову опору згинанню виконано.

2.2.6 Перевірка вальниці вала ходових коліс на довговічність

Вихідні дані:

- частота обертання ходових коліс, $n_{хк}$, хв$^{-1}$ 27,7
- радіальне навантаження в опора, $R_a = R_в$, кН 174

Для опори вала ходових коліс призначаємо вальниці радіальні роликові двохрядні сферичні серії 3634.

Параметри вальниці:

- $d \times Д \times B$ = 170×360×120 [10];
- динамічна вантажопідйомність C = 984 кН;
- статична вантажопідйомність C_0 = 1180 кН.

Еквівалентне навантаження:

$$F_{екв} = R_a \cdot x \cdot V \cdot К_б \cdot К_т,$$

де V - коефіцієнт, який характеризує кільце, яке обертається. Під час обертання внутрішнього кільця V = 1,0 [10];

X - коефіцієнт радіального навантаження. Приймаємо x = 1, так як відношення:

$$\frac{R_a}{L_0} = \frac{174}{1180} = 0{,}14 < l = 0{,}34;$$

$К_т$ - температурний коефіцієнт, $К_т$ = 1,05 [10];

$К_б$ - коефіцієнт безпеки, $К_б$ = 1,3…1,5 [10]. Приймаємо $К_б$ = 1,4.

$$F_{екв} = 173{,}9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1{,}4 \cdot 1{,}05 = 255{,}6 \text{ кН}.$$

Номінальна довговічність вальниці в млн. об:

$$L = \left(\frac{C}{F_{екв}} \right)^{10/3} = \left(\frac{984}{244{,}6} \right)^{10/3} \approx 157 \ млн.об$$

Номінальна довговічність в годинах:

$$L_M = \frac{l \cdot 10^6}{60n} = \frac{157 \cdot 10^6}{60 \cdot 27{,}7} = 94825 \ год.$$

Призначені вальниці працездатні для даного вузла, так як номінальна довговічність більш ніж рекомендовано значення $L_n = 25000$ год.

2.2.7 Розрахунок шпонки в з'єднанні ходового колеса і вала

З'єднання виконано за допомогою призматичної шпонки.

Вихідні дані:

- параметри шпонки, $в \times h \times l$ — 50×28×180
- глибина шпонкового пазу, t_1 , мм — 17
- діаметр валу, d, мм — 200
- матеріал шпонки — сталь 45
- термообробка — нормалізація
- допустимі напруження зминання, $[\sigma_{зм}]$, МПа — 170

Призматична шпонка в з'єднанні випробовує напруження зминання та зрізу.

Допустимі дотичні напруження зрізу:

$$[\tau_{зр}] = 0{,}6 \, [\sigma_{зм}] = 0{,}6 \cdot 170 = 102 \text{ МПа}.$$

Дійсні напруження зминання:

$$\sigma_{зм} = \frac{2T_B}{dl_P(h-t_1)} \le [\sigma_{зм}]\ ; \quad \sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 4{,}6 \cdot 10^6}{100 \cdot (180-20) \cdot (28-17)} = 26\ \ МПа.$$

$[\sigma_{зм}] > \sigma_{зм}$; 170 МПа > 26 МПа.

Дотичні напруження при зрізі:

$$\tau_{зр} = \frac{2T_B}{d \cdot l \cdot в} \le [\tau_{зр}]\ ; \quad \tau_{зз} = \frac{2 \cdot 4{,}6 \cdot 10^6}{200 \cdot 180 \cdot 50} = 15\ \ МПа.$$

$[\tau_{зр}] > \tau_{зр}$; 102 МПа > 15 МПа.

Висновок: міцність шпонкового з'єднання забезпечено.

2.2.8 Розрахунок зубчастої муфти

Розрахунок зубчастої муфти полягає в перевірці зубів на зминання, а болти, які з'єднують напівмуфти – на зріз та зминання.

Вихідні дані:

- крутний момент, який передається муфтою, T_{max} , кН м 16,73
- тип муфти М = 3-6
- число зубів, *z* 48
- модулі зачеплення, *m* 4
- габаритні розміри муфти, $Д_1$, мм 320
  L, мм 254
  B, мм 52
  в, мм 30
- діаметр кінців валів, *d*, мм 130
- діаметр, на якому розташовані болти, D_2 , мм 190
- різьба болтів, які з'єднують фланці М10
- кількість болтів, *n* 8

- матеріал болта сталь 3
- межа міцності матеріалу болту, $\sigma_в$, МПа 380
- межа текучості матеріалу болту, $\sigma_т$, МПа 240
- матеріал втулки та обойми сталь 45
- термообробка втулки закалка HRC 40
- термообробка обойми закалка HRC 35

Розрахунок зубів муфти полягає в перевірці зубів на дотичні напруження зминання та болтів, які з'єднують фланці обойми, на зріз та зминання.

Діаметр тривалого кола зубчастого зачеплення:

$$d = m \cdot z = 4 \cdot 48 = 192 \text{ мм.}$$

Діаметр западин зубів:

$$d_f = d - 2{,}76 \cdot m = 192 - 2,\ 76 \cdot 4 = 180{,}96 \text{ мм.}$$

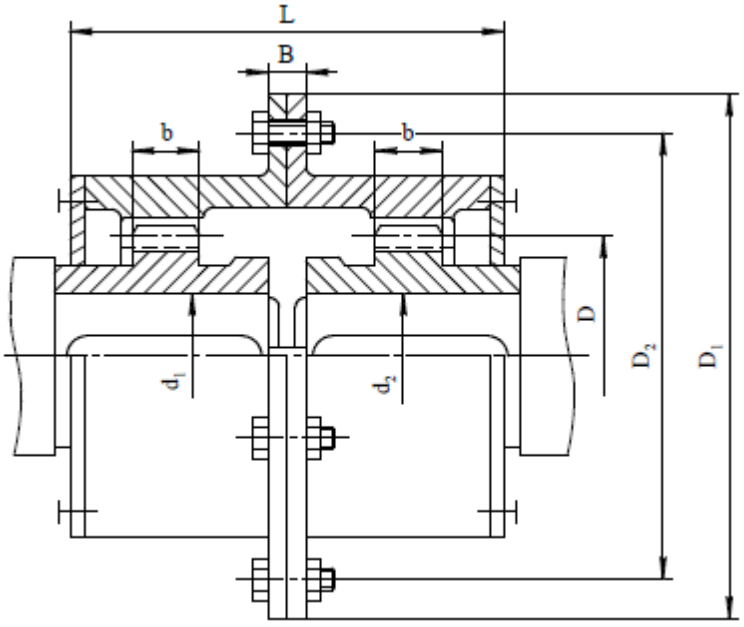


Рисунок 2.5 – До розрахунку зубчастої муфти

Діаметр кола вершин зубів втулки:

$$d_a = d + 2 \cdot m = 192 + 2 \cdot 4 = 200 \text{ мм}.$$

Площа зминання дотичних поверхонь зубів:

$$A_{зм} = 0,8 \cdot m \cdot в = 0,8 \cdot 4 \cdot 30 = 96 \text{ мм}^2.$$

Дотичні напруження зминання:

$$\sigma_{зм} = \frac{2T_{\max}}{0,75zdA_{зм}} \le [\sigma_{зм}],$$

де 0,75 - множник, врахований для обліку нерівномірності розподілу навантаження на зуби;

$[\sigma_{зм}]$ - допустимі навантаження на зминання. Під час спокійного навантаження $[\sigma_{зм}] = 100$ МПа [10];

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 16,73 \cdot 10^6}{0,75 \cdot 48 \cdot 192 \cdot 96} = 49,5 \ МПа,$$

$$\sigma_{зм} < [\sigma_{зм}]; \quad 49 \text{ МПа} < 100 \text{ МПа}.$$

Зусилля затягування болта.

Під час використання для з'єднання напівмуфт напівчистих болтів, які встановлені із зазором, момент передається тертям на кільцевій дотичній поверхні обойми.

$$F_{зат} = \frac{2K_P T}{fnD_2} = \frac{2 \cdot 2,12 \cdot 16,73 \cdot 10^6}{0,15 \cdot 8 \cdot 190} = 1761 \ H,$$

де f - коефіцієнт тертя між плоскостями фланців обойми; $f = 0,1…0,15$ [10], приймаємо $f = 0,15$;

$K_p = 1,2…1,3$ [10], приймаємо $K_p = 1,2$.

Напруження розтягу в тілі болту від затяжки:

$$\sigma_P = \frac{F_{зат}}{A_P},$$

де A_p - площа затяжки:

$$A_P = \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4} = 65 \ мм^2,$$

де d_1 - внутрішній діаметр різі болта;

$$\sigma_P = \frac{1761}{65} = 27,1 \ МПа$$

Зусилля зрізу болта: $$F_{ср} = \frac{2T}{nD_2} = \frac{2 \cdot 16,73 \cdot 10^6}{8 \cdot 190} = 2201 \ Н,$$

Дотичні напруження при зрізі в тілі болта:

$$\tau_{зр} = \frac{F_{ср}}{A_{ср}} = \frac{2201}{102} = 22 \ МПа,$$

де $A_{зр}$ – площа зрізу: $A_{зр} = \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 130^2}{4} = 102 \ мм^2,$

Результуючі напруження в тілі болту:

$$\sigma_{рез} = \sqrt{\sigma_p^2 + 4\tau_{зр}^2} \le [\sigma],$$

де $[\sigma]$ – допустиме напруження, $[\sigma] = (0,5…0,6) \cdot \sigma_m = 0,6 \cdot 240 = 144$ МПа;

$$\sigma_{рез} = \sqrt{27^2 + 4 \cdot 22^2} = 52 \ МПа.$$

$\sigma_{рез} < [\sigma]$; 52 МПа < 144 МПа.

Напруження зминання на дотичній поверхні болта на фланцях обойми:

$$\sigma_{зм} = \frac{2T}{nD_2 A_{зм}} = \frac{2T}{nD_2 d \frac{B}{2}} \le [\sigma_{зм}],$$

де d - діаметр болту, d = 10 мм;

$[\sigma_{зм}] = (0{,}8\ldots1)\cdot\sigma_m$ - допустимі напруження [10];

$[\sigma_{зм}] = 0{,}8 \cdot 240 = 190$ МПа;

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 16{,}73 \cdot 10^6}{8 \cdot 190 \cdot 10 \cdot \frac{30}{2}} = 147 \ \ МПа.$$

Умову опору зминання виконується.

3. ЕКСПЛУАТАНІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Технічне обслуговування 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 крана і їх ремонтопридатність

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

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 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 крана

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].

3.5 Підготовка до капітального ремонту 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.

3.6 Організація капітального ремонту 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.

3.6.1 Відомість дефектів на капітальний ремонт 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).

3.6.2 Оперативний графік виконання капітального ремонту 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.

3.6.3 Вибір методу проведення капітального ремонту і опис технологічного процесу капітального ремонту 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.

3.6.4 Відомість допоміжного обладнання, пристосувань, інструмента для проведення капітального ремонту крана

Для демонтажу, ремонту та монтажу вузлів і деталей механізму пересування мосту 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 крана

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

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

3.7 Технологічні розрахунки

3.7.1 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: $N_P = N_{ср} + \gamma_ш = 109 + 37{,}5 = 146{,}5$ *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:

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

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

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

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

3.7.2 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:

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

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

де d_0 – діаметр отвору вала;

d_1 – приведений зовнішній діаметр внутрішнього кільця підшипника:

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

Зусилля напресування внутрішнього кільця підшипника на вал:

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

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

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

3.7.3 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).

3.7.4 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:

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

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

Вибір стропа. За 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

Прокатне 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 мпрокатному 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 прокатного 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 кліщового крану.

2. Для визначення навантажень та режиму роботи проведено розрахунки потужності електродвигуна та редуктора механізму пересування кліщового крану, що у разі виходу з ладу електродвигуна доцільно зменшити потужність нового, що дозволить знизити динамічні навантаження та скоротити витрати електроенергії.

3. Проведені розрахунки на міцність найбільш навантажених деталей і вузлів, які вказують на працездатність і надійність механізму пересування кліщового крану, обрано редуктор ВКУ-765.

4. В результаті удосконалення кліщового колодцевого крану 125/30 крану були визначенні параметри основних складових механізму пересування крана, що дозволяє збільшення продуктивності, терміну служби та зменшення незапланованих простоїв.

5. Наведені вимоги щодо монтажу та експлуатації механізму пересування кущового крану для забезпечення необхідних показників його роботи, характерні види відмов 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.

6. 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 крана.

СПИСОК ВИКОРАСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сайт metinvest.media. Металургійна кухня. URL : https://metinvest.media/ua/page/metalurgyna-kuhnya
2. Мартовицький Л.М., Глушко В.І. Крани спеціальні: навчальний посібник. Запоріжжя : Національний університет «Запорізька політехніка», 2023. 396 с.
3. Гребеник В.М., Іванченко Ф.К., Ширяєв В.И. Розрахунок металлургійних машин и механизмів: посібник. Київ : Вища школа, 1988. 448 с.
4. Wikiwand - Підйомно-транспортні машини. Wikiwand. URL : https://www.wikiwand.com/uk/Підйомно-транспортні_машини (дата звернення : 10.05.2025).
5. Сайт компанії Hydrolider. URL : https://hydrolider.com.ua/ua/p1613333532-kran-mostovoj-kleschevoj.html?srsltid=AfmBOorBJ3DQ00MW5bnQnagm2Es_z3LPKJdmu9UWmPUsqAHx3YaHr_iT
6. Сайт компанії «Гутман кран». URL : https://crane.gutman.kiev.ua/kran_mostovoy_spetsialnyy_kleshchevoy
7. Григоров О.В., Петренко Н.О. Вантажопідйомні машини : навчальний посібник. Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". Харків : НТУ "ХПІ", 2006. 304 с.
8. Волянюк В.О. Підйомно-транспортні машини (системи) : конспект лекцій Ч. Київ : КНУБА, 2019. 144 с.
9. Слепужніков Є.Д., Фідровська Н.М., Варченко І.С. Механізми пересування мостових кранів : монографія. Харків : НУЦЗУ, 2019. 124 с.
10. Пилипенко С. С., Потапенко О. П., Тарасов В. К., Воденнікова О. С., Воденнікова Л. В., Бабошко Д. Ю. Багатоступеневий редукторно-мультиплікаторний гідравлічний привід машин. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського*. Серія : Технічні науки. 2020. Т. 31(70). № 5. С. 19-23. URL:

https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.5/04.

11. 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

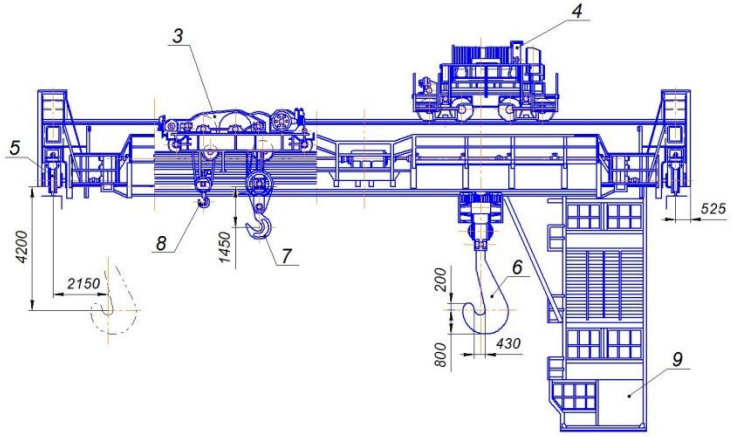
31.ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку[Чинний від 1999-12-01]. URL : (https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=48147)

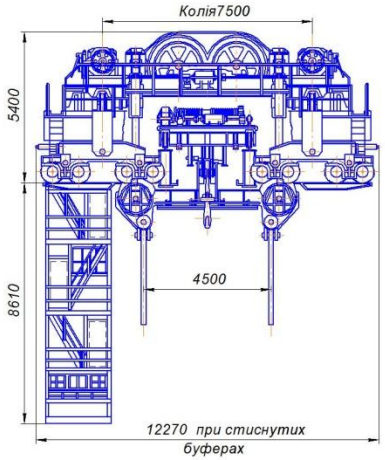
32.ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 21996-01-01]. URL : https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

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	Мостовий колодцевий кран	1	А1
2	Механізм пересування крану	1	А1
3	Ходове колесо	1	А1
4	Вузол приводного ходового колеса	1	А1
5	Тележка	1	А1
6	Напівмуфта	1	А3
7	Карта змащування	1	А3





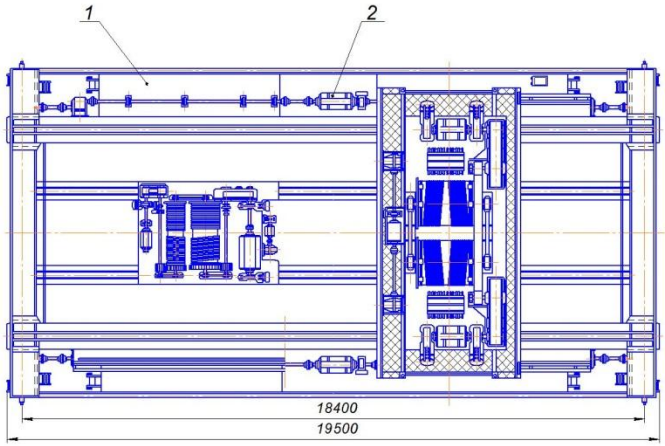
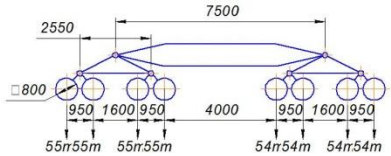


Схема тиску ходових коліс на підкранові рейки



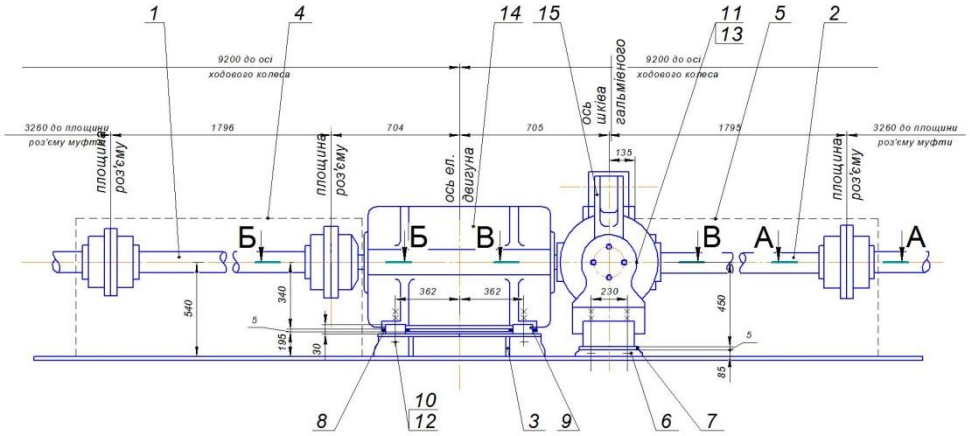
Вага крану	368 т
Швидкість руху мосту	63 м/хв
КПД механізму переміщення	0,92
Діаметр ходового колеса мосп	800 мм
Максимальний тиск на рельс	80 т

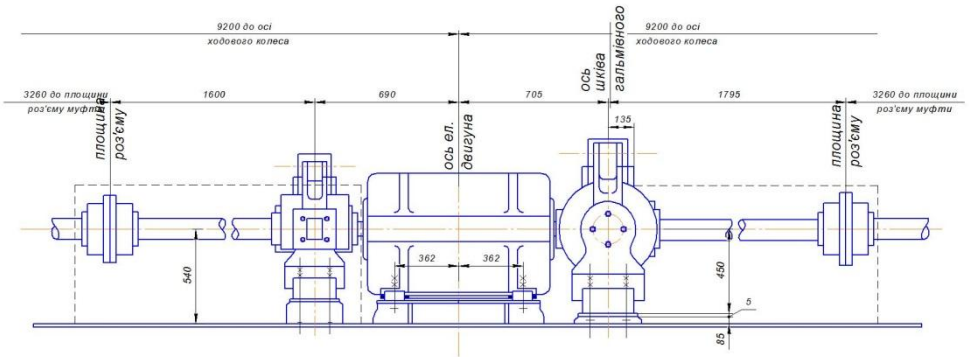
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Сборочные единицы		
		1		Мост крана	1	
		2	МТДП.130325.100 СК	Механізм переміщення моста	2	
		3		Допоміжний візок	1	
		4		Основний візок	1	
		5	МТДП.130325.200 СК	Ходове колесо моста	16	
		6		Крюкова підвіска 320т	1	
		7		Крюкова підвіска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

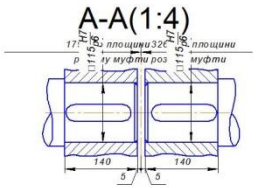
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.	Халаімов				мостовий кран
Пров.	Шевченко				
Т.контр.	Шевченко				
Н.контр.	Малишев				Складальне креслення
Утв.	Жук				

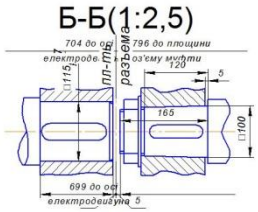
Лит | Масса | Масштаб 1:75
Лист | Листов 1
ІННІ ЗНУ каф. МО гр.6.1333-2с
Копировал | Формат А1

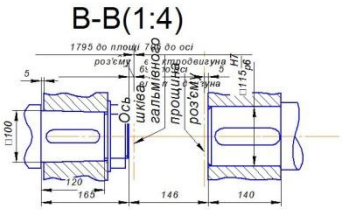
Перв. примен. | Справ. № | Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата











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. Спосіб зварювання по ГОСТ 5264-80. Електроди Э-
9467-75. Катет шва дорівнює меншій товщині зелем
зварюються. Зварювання виконувати суцільним шво
прилягаючих деталей.

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

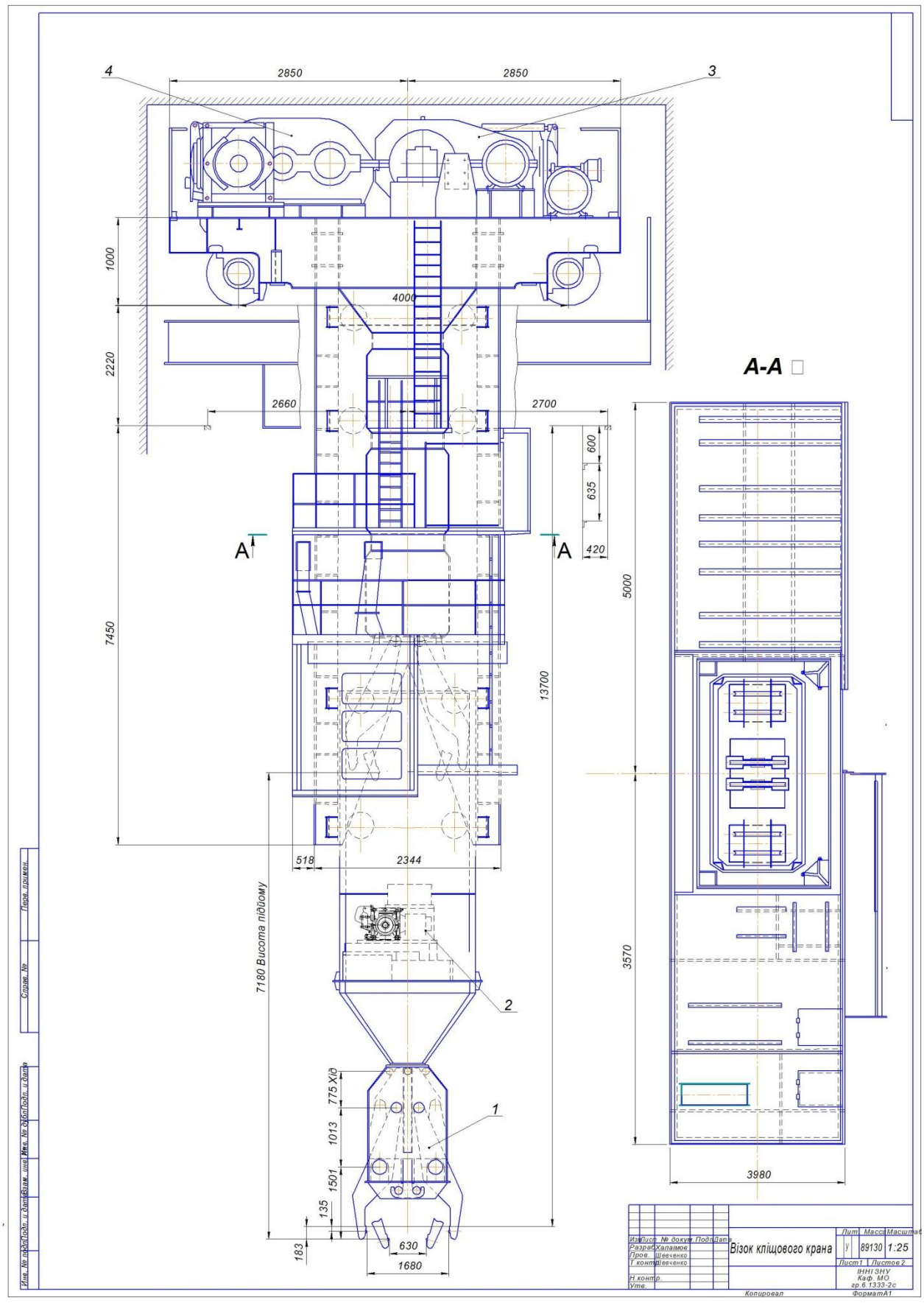
Копировал

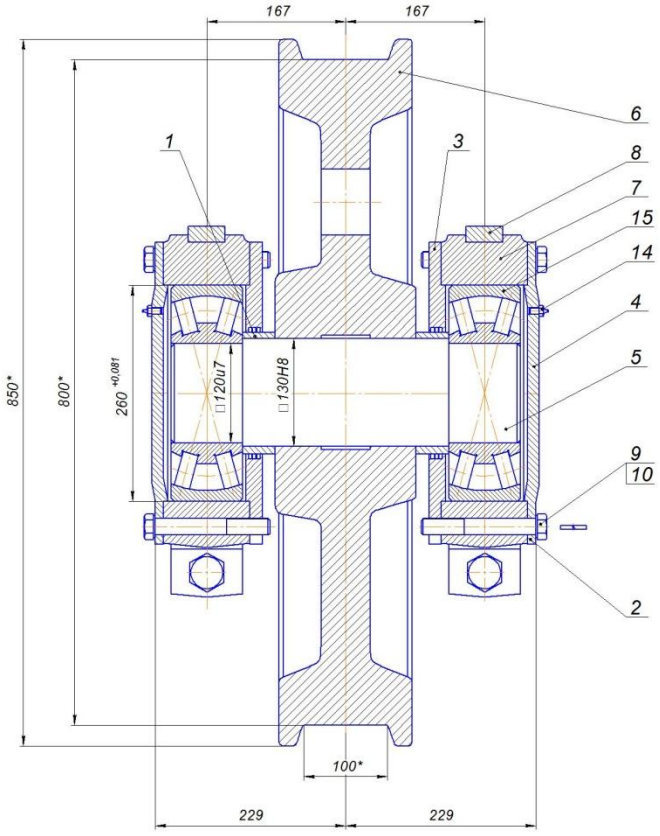
Формат А1

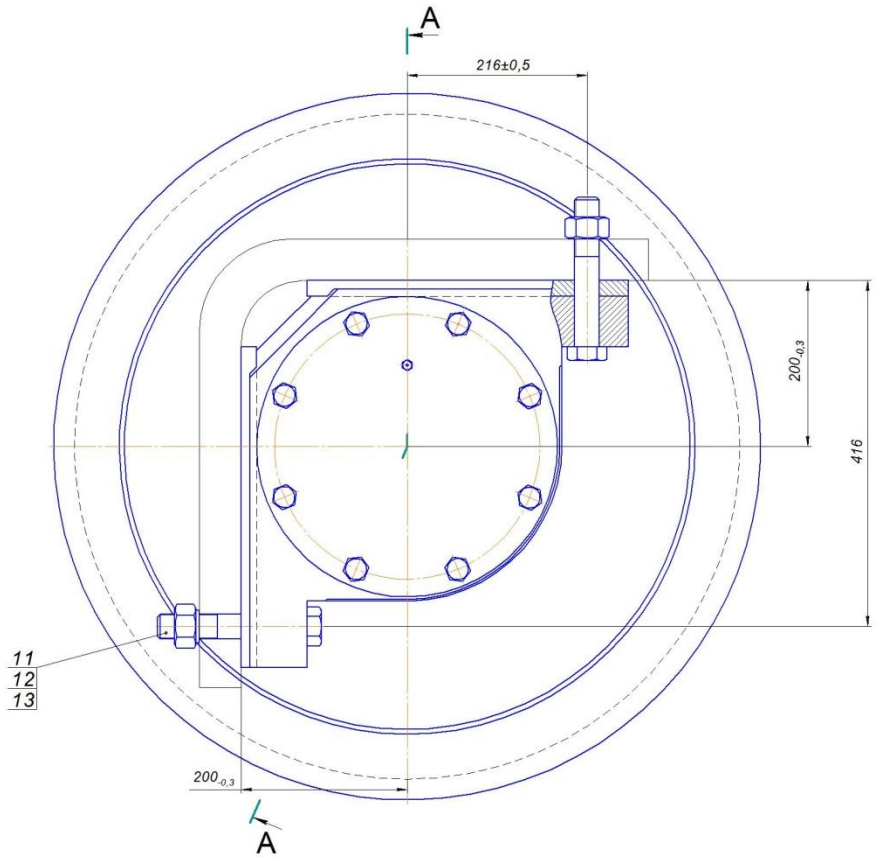
Перв. примен.

Справ. №

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


4
3
2850
2850
1000
2220
7450
4000
2660
2700
600
635
420
A
A
13700
518
2344
7180 Висота підйому
2
1
775 Хід
1013
1501
135
183
630
1680
A-A
5000
3570
3980
Візок кліщового крана
Лит.
Масса
Масштаб
89130
1:25
Лист 1
Листов 2
ІНН І ЗНУ
Каф. МО
гр.6.1333-2с
Формат А1
Копировал
Разраб. Халаімов
Пров. Шевченко
Т. контр. Шевченко
Н. контр.
Утв.
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Перв. примен.
Справ. №
Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата





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.		Халаймов						1:2,5
Пров.		Шевченко				Лист 1	Листов 2	
Т.контр.		Шевченко				ІНІ ЗНУ Каф. МО гр.6.1333-2с		
Н.контр.								
Утв.								

Копировал

Формат А1

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

Справ. №

Перв. примен.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				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.	Халаімов			
Пров.	Шевченко			
Н.контр.				
Утв.				

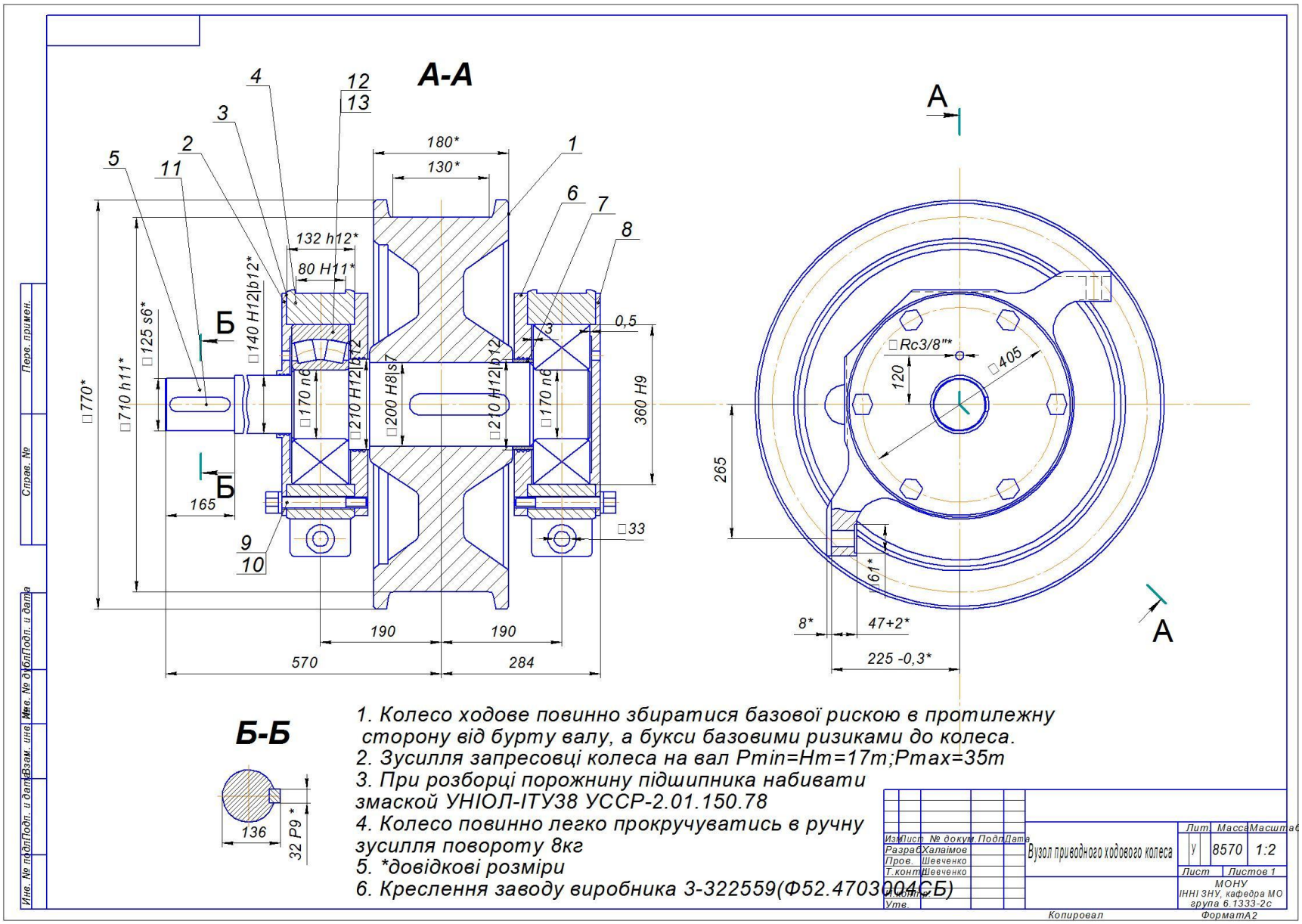
Ходове колесо моста ливарного крана

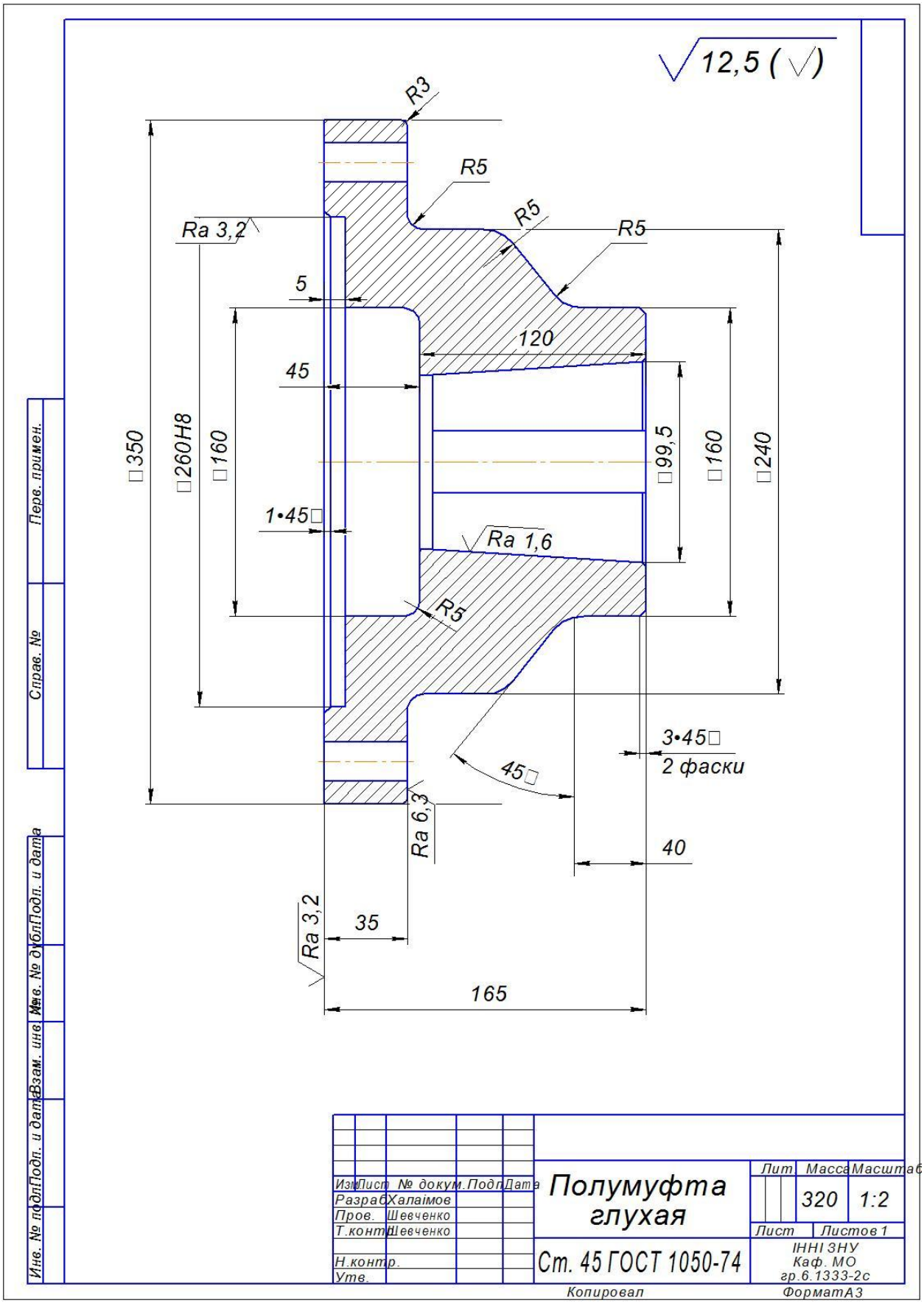
Лит	Лист	Листов
	2	2

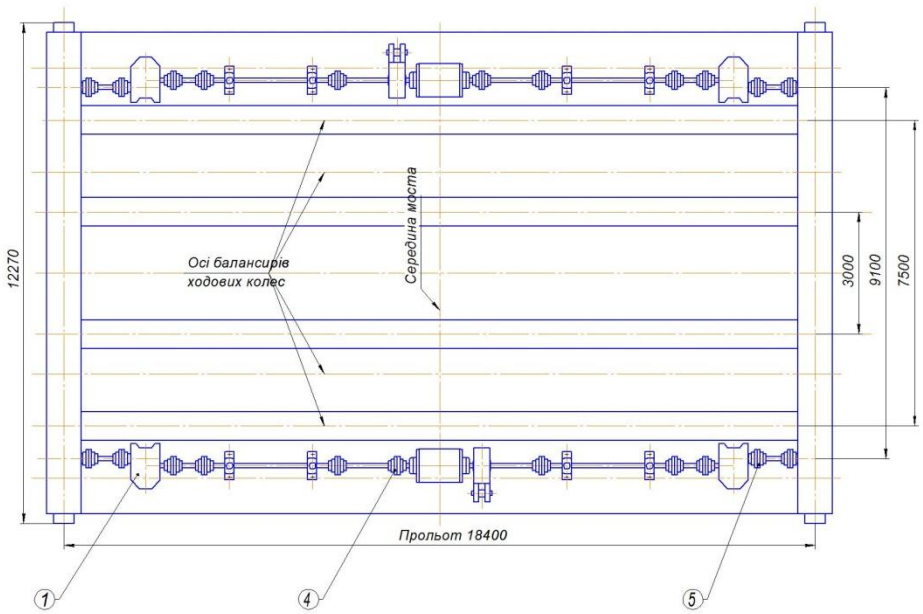
ІННІ ЗНУ
Каф. МО
гр.6.1333-2с

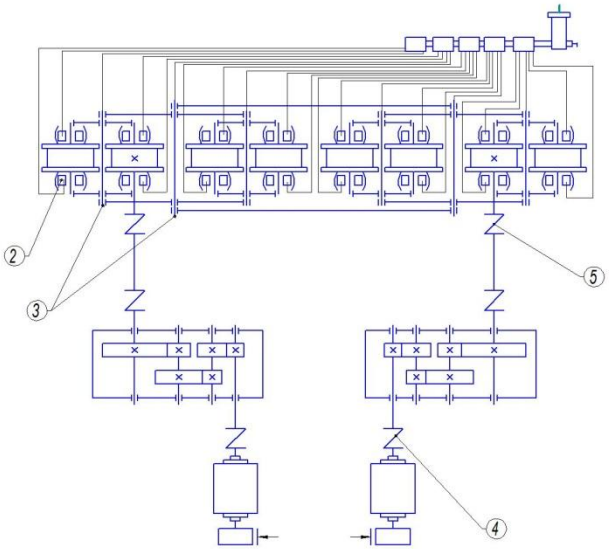
Копировал

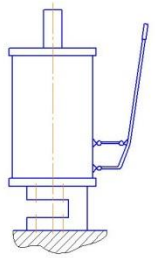
Формат А4


А-А
Б-Б
А
Б
А
1. Колесо ходове повинно збиратися базовою рискою в протилежну сторону від бурту валу, а букси базовими ризиками до колеса.
2. Зусилля запресовці колеса на вал Pmin=Hm=17m;Pmax=35m
3. При розборці порожнину підшипника набивати змаской УНІОЛ-ІТУ38 УССР-2.01.150.78
4. Колесо повинно легко прокручуватись в ручну зусилля повороту 8кг
5. *довідкові розміри
6. Креслення заводу виробника 3-322559(Ф52.4703004СБ)
Вузол приводного ходового колеса
Лит
Масса
Масштаб
8570
1:2
Лист
Листов 1
МОНУ
ІНМІ ЗНУ, кафедра МО
група 6.1333-2с
Копировал
ФорматА2


12,5 (√)
R3
R5
R5
R5
Ra 3,2
5
120
45
□350
□260H8
□160
□99,5
□160
□240
1•45□
Ra 1,6
R5
3•45□
2 фаски
45□
Ra 6,3
40
Ra 3,2
35
165
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб. Халаімов
Пров. Шевченко
Т.контр. Шевченко
Н.контр.
Утв.
Полумуфта глухая
Ст. 45 ГОСТ 1050-74
Лит
Масса
Масштаб
320
1:2
Лист
Листов 1
ІННІ ЗНУ
Каф. МО
гр.6.1333-2с
Копировал
Формат А3







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	Т-12 ГОСТ 8675-58	1 раз 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	2 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 раз в місяць	8 кг

Карта змащування механізму переміщення моста

Лит. Масса Масштаб

Лист Листов 1

ІНН І ЗНУ Каф. МО гр. 6.1333-2с

Копировал Формат А1