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 Удосконалення транспортного маніпулятора, що обслуговує нагрівальні печі та кувальні агрегати

Виконав: бакалавр групи 6.1331
Ляпін Д.Є.
(ПІБ) (підпис)

спеціальності
133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)
спеціалізація
-

(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма
Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Керівник Таратута К.В.
(прізвище та ініціали) (підпис)
Н.контроль Васильченко Т.О.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя – 2025 рік

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

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

Кафедра металургійного обладнання

Рівень вищої освіти бакалавр

(другий (магістерський) рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Спеціалізація -

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри А.О Власов

_____

“____”_____2025 року

ЗАВДАННЯ
ДО ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

Ляпін Даниіл Євгенійович

(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення транспортного маніпулятора, що обслуговує нагрівальні печі та кувальні агрегати

керівник роботи доцент, канд. техн. наук Таратута К.В.

затверджені наказом вищого навчального закладу від “27.12. 2024 року № 2031 – с.

2. Термін подання студентом роботи 30.05.2025 року.
3. Вихідні дані роботи: техніко-економічні показники роботи кувально-пресового обладнання.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1. Загальна частина. 2. Спеціальна частина. 3. Експлуатаційна частина. 4. Охорона праці та техногенна безпека. Висновки та рекомендації.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень): 1. Креслення загального виду – 1шт ; 2. Складальні креслення -2 шт; 3. Креслення експлуатаційної частини– 1 шт.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата Завдання прийняв
1	Таратута К.В., к.т.н., доцент	
2	Таратута К.В., к.т.н., доцент	
3	Таратута К.В., к.т.н., доцент	
4	Таратута К.В., к.т.н., доцент	

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Отримання завдання	01.01.2025 – 20.01.2025	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдання	20.01.2025 – 01.02.2025	
3	Виконання теоретичної частини роботи	01.02.2025 – 01.04.2025	
4	Виконання графічної частини	01.04.2025 – 01.05.2025	
5	Оформлення роботи	01.05.2025 – 20.05.2025	
6	Перевірка роботи консультантами	20.02.2025 – 30.05.2025	
7	Попередній захист роботи	30.05.2025	
8	Переплітання роботи	05.06.2025	
9	Захист проекту у ЕК	Згідно з графіком	

Студент _____ Д.Є.Ляпін
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ К.В. Таратута
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Ляпін Д.Є. Удосконалення транспортного маніпулятора, що обслуговує нагрівальні печі та кувальні агрегати.

Випускна кваліфікаційна робота для здобуття ступеня вищої освіти бакалавр за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування, науковий керівник К.В. Таратута. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра металургійного обладнання, 2025р.

В роботі проведено огляд кувально-пресового обладнання та аналіз заходів для підвищення експлуатаційних властивостей обладнання. Детально описані вузли транспортного маніпулятора, що обслуговує нагрівальні печі та кувальні агрегати. Проведено розрахунки навантажень на вузли транспортного маніпулятора. Запропонована удосконалена конструкція вузлів транспортного маніпулятора для підвищення експлуатаційних властивостей.

Ключові слова: МАНІПУЛЯТОР, ОБСЛУГОВУЮЧЕ ОБЛАДНАННЯ, УДОСКОНАЛЕННЯ

ABSTRACT

Lyapin D.E. Improvement of the Transport Manipulator Servicing Heating Furnaces and Forging Units.

Graduation qualification work for obtaining a bachelor's degree in specialty 133 - Industrial mechanical engineering, scientific supervisor K.V. Taratuta. Zaporizhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebny, Department of Metallurgical Equipment, 2025.

The work reviews forging and pressing equipment and analyzes measures to improve the operational properties of the equipment. The nodes of the transport manipulator servicing heating furnaces and forging units are described in detail. Load calculations on the nodes of the transport manipulator are performed. An improved design of the nodes of the transport manipulator is proposed to improve operational properties.

Keywords: MANIPULATOR, SERVICE EQUIPMENT, IMPROVEMENT

ЗМІСТ

Вступ 6
1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА 8
1.1 Опис виробництва 8
1.2 Опис обладнання кувально-пресового цеху 9
1.3 Опис технологічного процесу виробництва поковок 11
1.4 Недоліки роботи обладнання кувально-пресового цеху та напрямки їх усунення 16
2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА 17
2.1 Призначення та конструкція транспортного маніпулятора 17
2.2 Опис проекту модернізації маніпулятора 24
2.3 Розрахунок механізму повороту платформи транспортного маніпулятора 25
2.4 Визначення енерго-силових параметрів привода поворотного механізму 29
2.5 Розрахунок механізму переміщення візка 34
2.6 Розрахунок підшипників механізму переміщення 41
2.7 Розрахунок механізму підйому кліщів 42
3. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА 47
3.1 Заходи по монтажу транспортного маніпулятора 47
3.2 Технологія ремонту швидкозношуваних вузлів і деталей 48
3.3 Система змащування 49
3.4 Розрахунок системи строповки 52
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 57
4.1 Характеристика факторів безпеки процесу експлуатації маніпулятора 57
4.2 Заходи щодо захисту від виявлення шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища 58

4.3 Технічні рішення по гігієні праці і виробній санітарії 60
4.4 Заходи з техніки безпеки 63
Висновки 67
Література 69
Додатки 71

ВСТУП

Транспортні маніпулятори призначено для обслуговує нагрівальних печей та кувальних агрегатів. Вони є ключовим елементом механізації та автоматизації в кувально-пресовому виробництві. З допомогою цього обладнання здійснюється переміщення зливків під кування з попереднім нагріванням. Основними параметрами при виборі транспортного маніпулятора є вага та розміри зливків які треба утримувати.

Аналіз конструкцій транспортних маніпуляторів показав наявність недоліків у їх роботі. Наявний підвищений знос ходового механізму та механізму затиску та утримання зливків. Існуючі конструкції включають: ходовий візок (платформа), що слугує для переміщення по рейках уздовж печей; робочий орган (захват/маніпулятор), у вигляді кліщів, що служить для маніпулювання заготовками (захват, переміщення, завантаження/вивантаження); систему керування; теплозахисний екран.

Основними недоліками існуючої конструкції транспортного маніпулятора є низький термін служби елементів приводу через значний знос його елементів. Технічна задача, що вирішується в проекті модернізації, полягає у підвищенні терміну служби елементів приводу.

Для вирішення поставленої задачі у конструкції механізму переміщення маніпулятора необхідно внести зміни пов'язані з зміною підшипникових опор.

Для зменшення концентрації навантаження на вал і підшипники рекомендується підвищення твердості валів і використання самоустановлювальні підшипники.

Таким чином, на підставі проведеного аналізу було встановлено що механізми переміщення візка має низький ресурс. Було вирішено замінити підшипники та встановити підшипник 3556. Встановлений підшипник є дворядний сферичний роликовий з бортиками на внутрішньому кільці, що відповідає ГОСТ 5721-75. Він призначений для сприйняття радіальних та осьових навантажень в обох напрямках, включаючи значний перекіс.

Запропонована модернізація дозволить зменшити час простоїв обладнання та збільшити міжремонтний період.

У відповідності до завдання в роботі проведено:

- огляд основних елементів куально-пресового обладнання;
- розрахунок навантажень, на елементи транспортного маніпулятора;
- обґрунтування запропонованого удосконалення.

Структура та обсяг роботи. Випускна робота бакалавра складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Обсяг роботи становить 75 сторінок, 10 таблиць, 14 рисунків, списку використаних джерел, додатків.

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Опис виробництва

ПАТ «Дніпроспецсталь» завдяки своїй потужній виробничій базі, має найширші можливості по випуску різних видів продукції зі спеціальної сталі. Застосовані на заводі технології дозволяють одержувати високоякісні матеріали, що використовуються в найбільш відповідальних галузях промисловості - авіакосмічній, автомобілебудівній, нафтохімічній. Завод є універсальним виробником спец. сталі, широкий марково -профільний сортамент служить основою для виконання комплексних замовлень.

Широкий спектр різних видів сортовой спеціальної сталі, які виробляє та реалізує «Дніпроспецсталь», визначає місце підприємства в галузі і на ринку. У той же час завод концентрує увагу на реалізації продукції з високими споживчими властивостями: нержавіючої, інструментальної, швидкорізальної сталі і жароміцних сплавів. Поступово скорочуючи частку низьколегованої сталі в своєму портфелі замовлень, підприємство прагне зайняти міцні позиції в ніші високоякісної продукції, пропонуючи при цьому конкурентні ціни.

Як підприємство з неповним металургійним циклом (виплавка металу відбувається в електродугових печах із застосуванням металургійного брухту, а не чавуну та руди), ПАТ «Дніпроспецсталь» все ж таки має складну технологічну схему виробництва, яка охоплює різноманітні види виплавлення вихідного металу, розливання у зливки, прокатування, кування, холодне волочіння, оздоблення готової металопродукції, а також способи контролю та атестації металу [1].

«Дніпроспецсталь» – передовий виробник спеціальних сталей та сплавів в Україні. Підприємство заснували в 1932 році у Запоріжжі (Україна), як складову частину могутнього державного металургійного комплексу. На сьогодні «Дніпроспецсталь» (ДСС) – міжнародна компанія, котра розробляє, виготовляє

та продає продукцію з нержавіючих, інструментальних, швидкорізальних сталей (зокрема, вироблених методом порошкової металургії), підшипникових, конструкційних легованих і вуглецевих сталей. Продукція ДСС використовується у виробництві деталей машин та механізмів, різального інструменту для подальшої обробки металів та сплавів, безшовних труб і підшипників [1].

Розташування підприємства в Україні надає компанії географічну перевагу в забезпеченні виходу на найбільші споживчі ринки – СНД та ЄС. Продукція «Дніпроспецсталі» має попит у більш ніж 60 країнах. Компанія будує розгалужену торговельну мережу на світовому ринку спецсталей, співпрацюючи з партнерами та дистриб'юторами у 15 країнах світу [1].

Утримуючи лідерство на внутрішньому просторі, "Дніпроспецсталь" активно розширює свою діяльність у Росії, Європі, Америці та Азії.

Ключовими стратегічними цілями компанії є:

подальше збільшення присутності на ринках Європи та Північної Америки;

- укріплення лідируючих позицій на ринку нержавіючої сталі в світі;
- збільшення обсягів реалізації металопродукції з нержавіючої, інструментальної та швидкорізальної сталі;
- збереження сильних позицій на ринку конструкційних сталей;
- оптимізація виробничих витрат.

Металопродукція зі спеціальних сталей, виготовлена на ДСС, використовується в різноманітних галузях, включаючи машинобудування, суднобудування, авіакосмічну, автомобільну та нафтогазову промисловість [1].

1.2 Опис обладнання кувально-пресового цеху

Для виготовлення поковок в КПЦ встановлено два гідравлічних преса з номінальним зусиллям 60 і 32 МН.

Подача рідини високого тиску здійснюється від насосно-акумуляторної станції, що має в своєму складі 14 насосів Г305А продуктивністю 750л / хв., 2 гідравлічних повітряних балона місткістю 9900 л. кожен.

Прес зусиллям 60 МН призначений для вільного кування злитків різних сталей і сплавів на товарні поковки і граничну заготівку.

Прес зусиллям 32МН призначений для вільного кування злитків і передільної заготівки на товарні поковки і передільну заготівку.

Преси оснащені:

а) кувальним маніпуляторами вантажопідйомністю:

- на пресі зусиллям 60 МН, т - 10;

- на пресі зусиллям 32 МН, т - 5;

б) транспортними кувальними маніпуляторами вантажопідйомністю, т - 5;

в) спеціальними кранами вантажопідйомністю:

- на пресі зусиллям 60 МН, т - 50 + 10;

- на пресі зусиллям 32 МН, т - 30 + 5.

Для нагріву злитків і заготівок перед куванням в цеху є нагрівальні печі. Дані по нагрівальним печам наведені в таблиці 1.

Таблиця 1.1– Нагрівальні печі кувально-пресового цеху

Тип печей	Кількість, шт.	Площа поду печі, $м^2$	Максимальна вага садки, т.
Нагрівальні з викатним подом	2	40,7	150
	9	18,6	55
	2	13,9	44
Камерні зі стац. подом	7	13,5	20,2

Для термічного оброблення поковок використовують три термічні печі з зовнішньою механізацією, корисна площа поду яких становить 18,3 м2.

Для обдирання круглих поковок у цеху функціонують 11 токарно-обдирних верстатів РТ-504 та один безцентровий. Абразивне зачищення круглих поковок відбувається на верстатах моделей ВСЗ-151 і Ш7-37.

Абразивне зачищення квадратних поковок реалізується на верстатах фірми «Генріх Рау» [1].

Абразивне зачищення штабових профілів здійснюється на верстаті моделі 2728ПС. Обробка торців шайб виконується на карусельних верстатах та агрегаті для абразивного зачищення шайб 2806ПС.

Сфери шайб зачищають на абразивних верстатах: ручному та 2806ПС.

Різання поковок на необхідні розміри, а також їх торцювання проводиться на анодно-механічних верстатах та пилах холодного різання.

Ультразвуковий контроль поковок здійснюється за допомогою портативних установок УДМ(1М), УДМ-3, ДУК-66П, УД-10УА та інших.

Транспортування металу забезпечується за допомогою 17 електромостових кранів та 5 трансферкарних візків вантажопідйомністю 25т кожен [1].

1.3 Опис технологічного процесу виробництва поковок

Злитки, що надходять до кувально-пресовому цеху, повинні відповідати внутрішньо заводським технічним умовам на поставку злитків. Кування злитків і заготівок повинне проводитися на справному обладнанні справним інструментом. Карти кування на сортові поковки жароміцних і прецизійних сплавів розробляються на підставі технологічних карт.

У тих випадках, коли карти кування розроблені відповідно до технологічних карт, дозволяється змінювати кількість переходів за умови, якщо температура металу вище температури кінця кування в наступному порядку:

- кування поковки всієї проводиться за затвердженою схемою розмірів технологічної карти;

- по закінченні кування дозволяється перехід на наступний розмір без додаткового підігріву.

Нагрів зливків та заготовок під час кування, а також кінцева температура процесу повинні відповідати вимогам технологічної інструкції [1].

Кування зливків та заготовок для поковок з квадратним або прямокутним поперечним перерізом здійснюється на плоских або похило-паралельних бойках. Для круглих перерізів - у висадкових, або ж комбінованих (нижній висадковий, верхній плаский) бойках.

Робоча поверхня бойків має бути гладенькою, без жодних помітних дефектів або тріщин.

Робочі краї пласких, висадкових або комбінованих бойків формуються із заокругленням або зі скосом під кутом 20-28 градусів. Радіус заокруглення або ж вертикальний катет скосу повинен бути не меншим за половину найбільшої величини обтиснення за один хід преса.

Висадочні бойки вибирають, виходячи з того, що відношення діаметра (сторони квадрата) вихідного зливка або заготовки до діаметра бойків не повинно перевищувати:

- для жароміцних та прецизійних сплавів - 1,5;

- для інших марок сталей - 1,75.

Кування цапф здійснюється у висадкових, комбінованих, похило-паралельних або пласких бойках [1].

Розміри цапф: коло, квадрат від 150 до 500 мм, довжина від 350 до 600 мм. Обтиснення підбираються з урахуванням пластичності сталі (сплаву), але не більше 200 мм за хід преса. Температура кінця кування не підлягає контролю. Кування зливків, зазвичай, краще розпочинати з невеликих обтиснень (3-4 проходи):

- до 15 мм за хід преса - для сплаву ЕП742ПД;

- до 20 мм за хід преса - для низькопластичних сплавів типу ЕП199ВД, ЕП202ВД, швидкорізальних сталей, сталі ЕІ347 (М) та сплаву ЕП630;

- до 30 мм - для сталей ДІ65, ЕП667 та інших жароміцних сплавів;

- до 50 мм - для прецизійних сплавів;

- до 80 мм - для інших високопластичних сталей 9х, 40ХН, 45, 08-12Х18Н10Т тощо [2].

Подальше кування відбувається з обтисненням за хід преса:

- до 15 мм - для сплаву ЕП742ПД;

- до 50 мм - для швидкорізальних сталей, ЕІ347 (М), жароміцних сплавів, сплаву ЕП630, сталей ДІ65, ЕП667;

- до 120 мм на плоских бойках та до 100 мм на висадкових бойках - для конструкційних сталей СТ3, 10-45, 9Х1, 40Х (М), 30ХГСН (2) А, 40ХГНМ та інструментальних ДІ22, ДІ23, 5ХВ2С, 4Х5МФС, 4Х5В2ФС (ЕІ958), ДІ-32 (Ш), нержавіючих ЕП56Ш, ЕП310Ш, ЕІ580, типу 12Х18Н10Т та прецизійного сплаву 29НК;

- до 80 мм - для інших сталей та сплавів. Контроль одиночних обтиснень при куванні на пресах здійснюється металевою лінійкою. Відносна подача при куванні має бути оптимальною (L / H = 0,5-0,8), де L - величина подачі,

H - розмір вихідного перерізу в напрямку прикладання зусилля [1].

Межі подачі слід коригувати після кожного проходу.

У випадку, якщо під час кування на поверхні металу з'являються дефекти, що прогресують, або ж тріщини, кування необхідно припинити, а метал додатково підігріти.

Наступне кування слід виконувати з обтисненнями до 30 мм - для жароміцних сплавів та швидкорізальних сталей, і до 50 мм - для інших сталей та прецизійних сплавів.

Окремі грубі поверхневі дефекти (тріщини, відшарування, наявність окалини тощо), виявлені на квадратній заготовці під час кування, підлягають вирубці на пресах з використанням допоміжного інструменту.

Місця, де вирубані дефекти, повинні мати плавний перехід.

Заготовки, що мають суцільні грубі дефекти (тріщини, відшарування, наявність окалини тощо), які розподілені по поверхні, відправляються на

ад'юстажну зачистку. При цьому охолодження та термообробка (за потреби) заготовок, призначених на ад'юстажну зачистку, здійснюються відповідно до інструкцій КП-6 та КП-7.

Осадка зливків та заготовок проводиться на осідаючих плитах. При цьому співвідношення висоти до діаметра для заготовки не повинно перевищувати з міркувань стійкості 2,5, для зливка - 2,8. Під час осадки заготовок використовують дрібність деформації.

Величина одиничного обтиснення за хід преса при осадці:

- не більше 70 мм - для сплавів ЕІ698ВД, ЕП742ПД;

- не більше 120 мм - для жароміцних сплавів і сталі ЕІ696 (А);

- не більше 200 мм - для інших сталей.

Допуск на поковки встановлюється відповідно до ДСТУ, технічних умов або специфікацій.

Припуск на обдирання та зачистку (різниця між мінімальним поковочним і максимальним здавальним розмірами) становить не менше:

- на сортових поковках ЖПС із зливків ОДВ та обдертих зливків ВДП - 15 мм;

- на сортових поковках ЖПС з необідраних зливків ВДП - 25 мм;

- на сортових поковках із зливків ОДВ, ВДП, ЕШП інших сталей і сплавів - 15 мм.

Вагові відхилення на поковки-шайби визначаються відповідно до ТІ КП-2.

У процесі кування з робочої поверхні бойків видаляється окалина.

Рубка поковок квадратного та прямокутного перерізів виконується на плоских та нахило-паралельних бойках, круглого перерізу - у комбінованих бойках за схемою:

а) зробити надруб поковки з одного боку на глибину від 20 до 60 мм;

б) перевернути поковку на 180°, надрубати на глибину від 20 до 60 мм;

в) перевернути поковку на 90°, квадратні та прямокутні перерізи надрубати на глибину 2 / 3 висоти, а круглого перерізу - на 20-30 мм більше 1 / 2 діаметра;

г) перевернути поковку на 180° та остаточно рубати її.

Перед початком осаджування шайб з жароміцних сплавів, спеціальні осідаючі плити нагріваються в печі при температурі 900°С протягом від 3 до 5 годин. Осідаючі плити підлягають перешліфовці після осадки не більше 150 шайб. Перед початком осадки заготовок сплаву ЕП742ПД відбувається нагрівання керну маніпулятором в печі при температурі 150°С протягом від 15 до 20 хвилин. Керни замінюються по мірі їх охолодження (після видачі 3-5 заготовок) [2].

Перед початком кування інструмент (бойки, осідаючі плити) нагрівають до температури від 150 до 250°С згідно з таблицею 3. Перед початком кування сплаву ЕП742ПД бойки нагрівають в печі при температурі 950°С не менше 3 годин.

Таблиця 1.2 – Час підігріву інструмента перед ковкою

Параметр	Значення		
Температура печі при посадці, ^{0}С	від 1000 до 900 ^{0}С	від 800 до700 ^{0}С	від 600 до 500 ^{0}С
Час підігріву інструмента, хв.	не менше 10	не менше 20	не менше 30

При охолодженні осідаючих плит або бойків нижче 700 °С (темно-червоний колір) проводиться їх підігрів в печі при температурі 900 ° С протягом не менше 20 хвилин або попередньо підігрітої до температури не менше 1180°С протягом не менше 15 хвилин.

Допускається підігрів бойків робити нагрітим металом (обріз) з температурою не нижче 800 ° С протягом не менше 30 хв.

У процесі кування в проміжних профілях квадратного перерізу виробляється забивання кутів. Ширина фаски забитого кута повинна бути не менше 15 мм. На проміжних заготівках, призначених для виготовлення сортів квадратного і прямокутного перерізів, забивання кутів дозволяється не проводити.

Поверхня поковок мусить бути рівною, без заковів та вм'ятин. Після кування до потрібного розміру поковки виправляються на пресах. Виправлення здійснюється на правильній плиті верхнім бойком [2].

Температура кінця кування контролюється оптичним пірометром працівниками цеху та ВТК:

а) жароміцні сплави на кожній плавці при кожному винесенні;

б) інші марки сталі не менше 20% поковок від кожної плавки;

в) результати вимірювань температури заносяться робітниками цеху в робочу карту.

Поковки повинні маркуватися методом гарячого таврування відповідно до технологічної інструкції [2].

1.4 Недоліки роботи обладнання кувально-пресового цеху та напрямки їх усунення

Одним з найбільших недоліків кувально – пресового цеху є велика кількість устаткування з низькою енергоефективністю.

У зв'язку з тим, що у транспортних кувальних маніпуляторах для забезпечення повороту, затискування, підйому заготовки використовується гідравлічні пристрої недоліками можна назвати ущільнення, клапани, гідравлічні розподільники та інша гідравлічна апаратура, що швидко зношуються та виходять з ладу, також це відбувається через великі навантаження, або недосвідченість персоналу.

Для усунення вищеозначених недоліків у наступних розділах проведені відповідні розрахунки та запропоновано шляхи їх усунення.

2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1. Призначення та конструкція транспортного маніпулятора

Виносні та подаючи пристрої (за винятком транспортерів) зазвичай застосовуються на ділянках вільного кування чи штампування при серійному виробництві великих поковок. Розрізняють виносні пристрої малої механізації: посадкові вили, патрони, кранові кліщі які виконують зазвичай тільки одну операцію (захват та утримання заготовки) і застосовуються з універсальними пристроями комплексної механізації к котрим відносять посадочні машини (маніпулятори) різних видів.

Транспортні маніпулятори служать для прийому заготовок зі складу и забезпечують їх подачу в нагрівальну піч, загрузку заготовок в піч та поворот їх у печі, а також видачу нагрітих заготовок з печі і подачі їх к ковальському пресу.

При виготовленні поковок використовують наступні види транспортних кувальних маніпуляторів:

1) підлогові рельсові;
2) підлогові без рельсові;
3) підлогові стаціонарні;
4) посадкові крани.

Підлогова рельсова машина встановлюється по осі двері печі. Після відкриття дверей печі візок з відкритими кліщами входить в піч. При цьому положення кліщів може бути кореговане в вертикальній та горизонтальній плоскостях. Заготовка захвачується при стисненні кліщів, піднімається горизонтально та віддаляється переміщенням візку з печі. Вже під час зворотного переміщення візку, хобот з кліщами переміщується в новий потрібний напрямок поворотом верхньої частини візку. Після цього машина прямує по підкрановим путям до наступного агрегату. Переміщення візка і кліщів встановлюється в необхідне для передачі положення.

Транспортний кувальний маніпулятор (рис. 2.1) складається з двох головних вузлів, моста з механізмом для переміщення (1) і з візка з хоботом і кліщами (2).

Машина може виконувати наступні 6 рухів:

а) переміщення моста в обох напрямах;

б) переміщення візку в обох напрямах;

в) поворот верхньої частини візку на 360° з будь яким напрямом повороту;

г) оборот хоботу на 45° навколо його осі в обох напрямках;

д підйом і опускання кліщів;

е) відкривання і закривання кліщів.

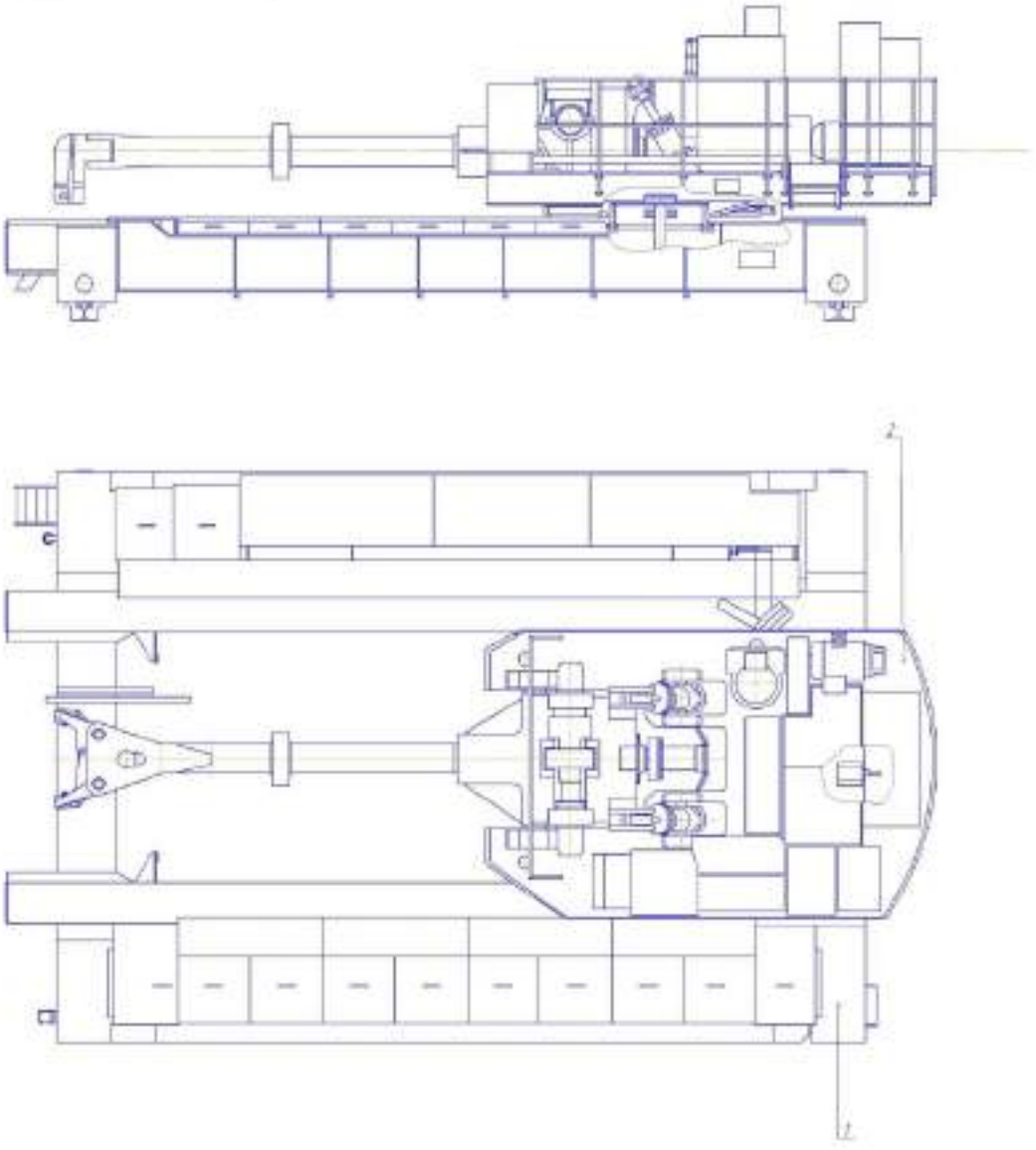


Рисунок 2.1 – Транспортний маніпулятор, що обслуговує нагрівальні печі та кувальні агрегати

Транспортний маніпулятор переміщується по рейках, які прокладено перед рядом печей, при цьому максимальний діапазон переміщень обмежується з допомогою кінцевих вимикачів і, крім того, буферами. По всій довжині переміщень електричний струм підводиться через тролейні дроти, котрі знаходяться під полом цеху.

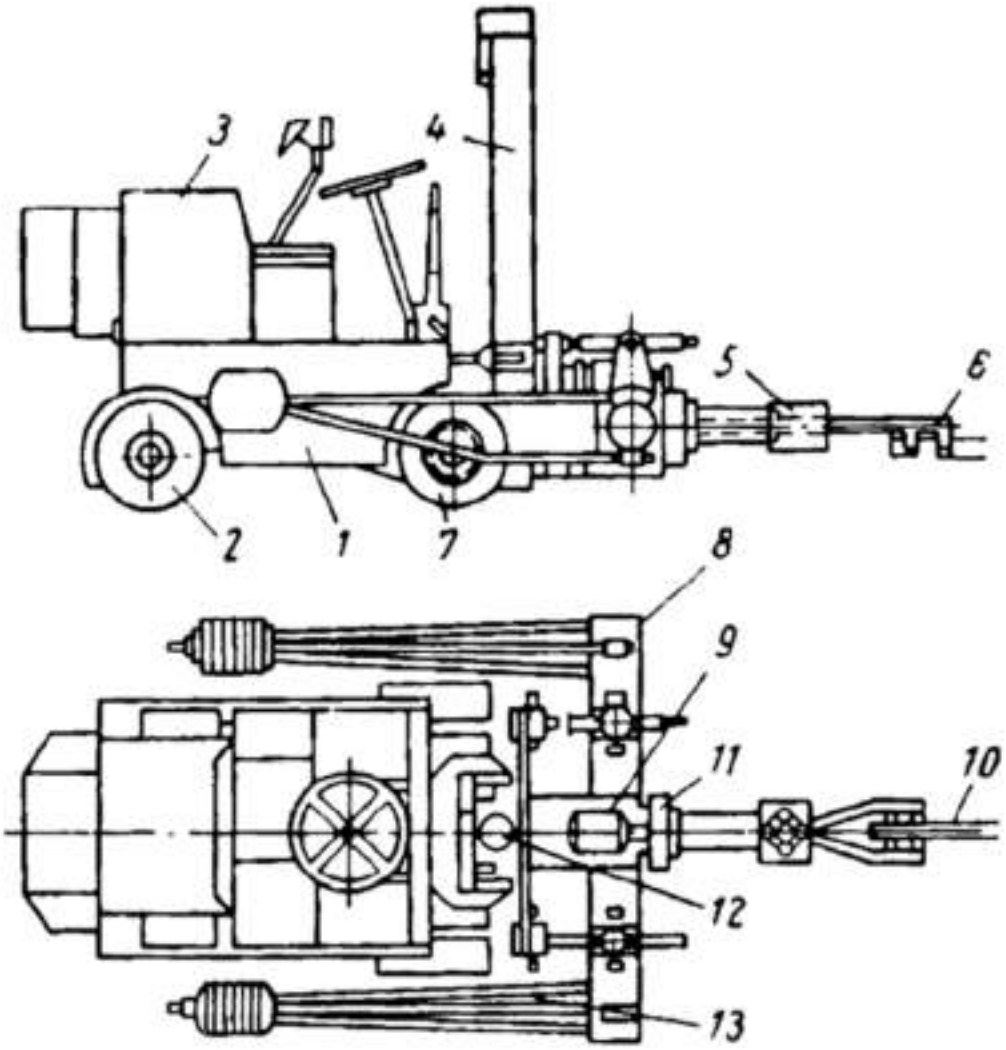
Підлогові рейкові маніпулятори виготовляють вантажопідйомністю: 1, 3, 5 і 7 т. (на рис. 2.1 зображена машина вантажопідйомністю 5т.). Випускають і більш потужні машини, однак вони дуже громіздкі, тому їх застосування в кожному окремому випадку повинне бути обсноване.

Таблиця 2.1 - Параметри підлогових рейкових маніпуляторів

Параметри	Вантажопід'ємність машини, т.			
	1	3	5	7
Макс. висота під'їому, мм.	900	1200	1700	2200
Розмах кліщів, мм.				
мін.	100	170	200	400
макс.	300	500	600	1200
Швидкість руху, м/хв.				
міст	70	60	50	40
візок	60	50	45	35
Число об. хоботу навколо верт. Осі, хв.	10	6	3	3
Загальна потужність електродвигуна, кВт.	20	60	80	110
Ширина рельсового шляху мосту, мм.	2500	5000	7400	7400
Вага машини, т.	15	35	50	75

Підлогові без рейкові транспортні кувальні маніпулятори (рис. 1.2) випускають вантажопідйомністю від 100 до 1000 кг. І застосовують для нагрівальних печей і переміщення заготовок к молотам в зону діяльності рельсового маніпулятору чи поворотного ковальського крану, а також для подачі

поковок від робочої ділянки на склад готової продукції. Без рейковий маніпулятор може одночасно обслуговувати до шести нагрівальних печей.



1 – візок, 2 – задня ведома пара коліс, 3 – живильники, 4 – рама з направляючими, 5 – хобот, 6 – ричажна системи кліщового затискування, 7 – передня ведуча пара коліс, 8 – каретка, 9 – електродвигун, 10 – заготовка, 11 – редуктор, 12 – гідравлічний циліндр, 13 –рама.

Рисунок 2.2 - Підлогові безрейкові транспортні кувальні маніпулятори

На рисунку 2.3 показана схема роботи без рейкового транспортного пічного маніпулятора, який зазвичай має три колеса: два передніх і одно заднє,

спрямовуюче. Завдяки цьому машина має необхідну маневреність. Привід спрямовуючого колеса від електродвигуна 1. Від цього двигуна приводиться масляний насос 2 для приводу циліндру 3 підіймання хоботу 9 та силового циліндру захвата 7. Управління здійснюється важелем 5 через контролер 4. Електричний кабель підвішений до щогли 6.

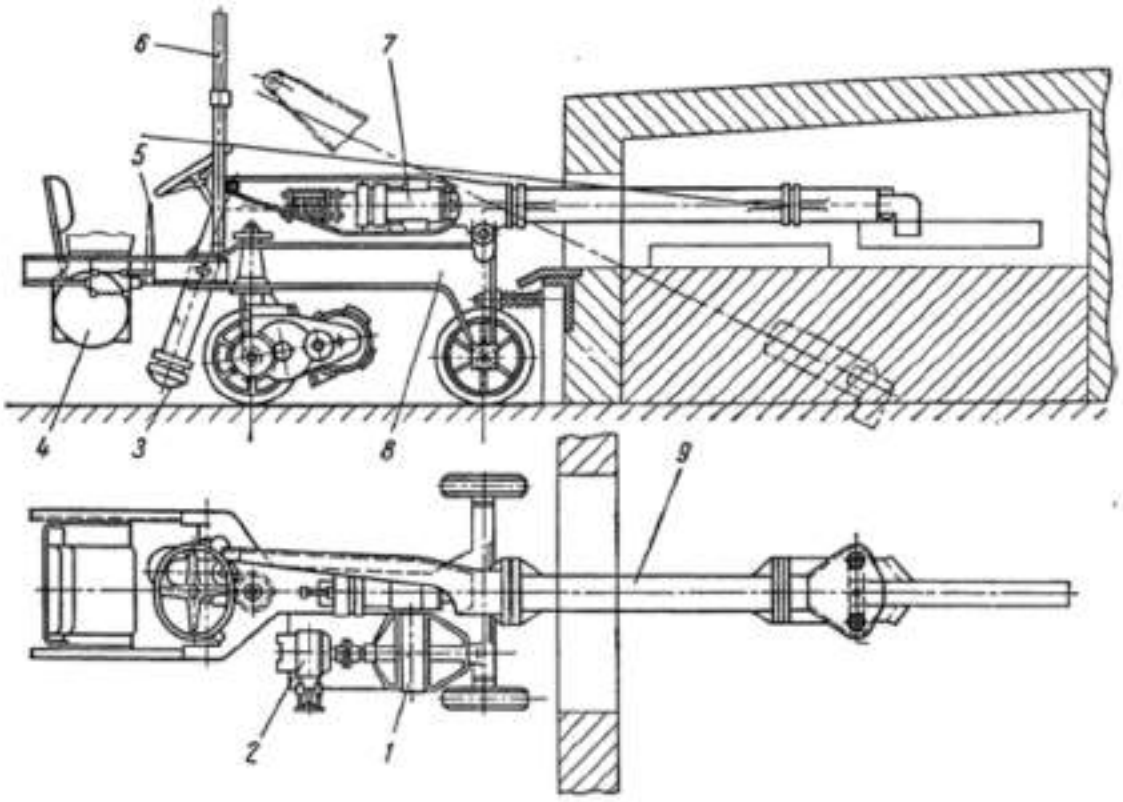
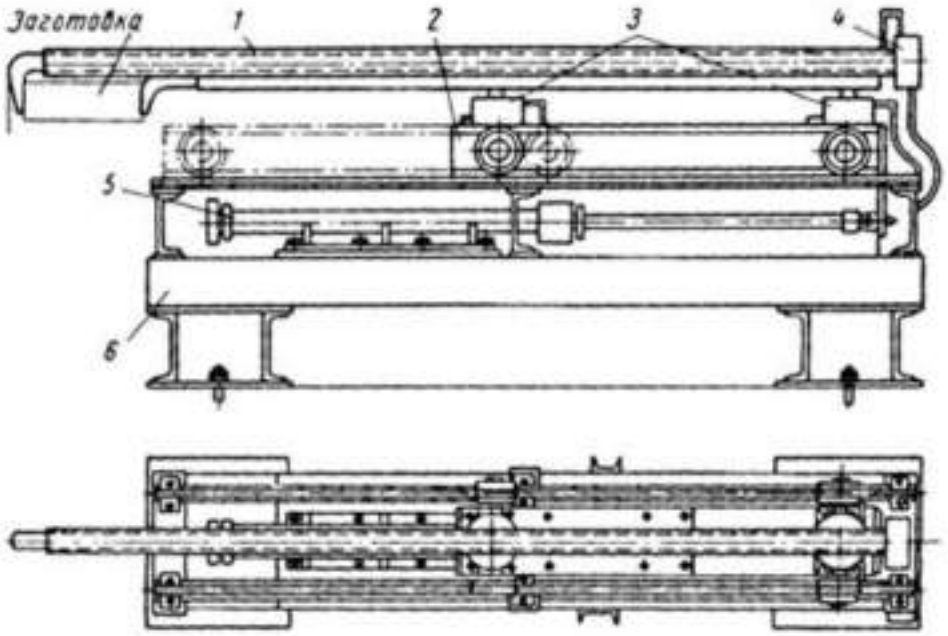


Рисунок 2.3 – Схема безрейкового транспортного пічного маніпулятора

Підлогові стаціонарні пічні маніпулятори (рис.2.4) застосовують для посадки холодних заготовок в піч с обертаючимся черенем при масовому та крупносерійному виробництві, також для видачі нагрітих заготовок з печі. Заготовки можна застосовувати виключно квадратного перерізу. Ця машина, в відмінність від інших конструкцій, стискує заготовку в касету і не подає на под. печі.



1 – хобот, 2 – візок, 3, 4 і 5 – гідравлічні циліндри, 6 – рама.

Рисунок 2.4 - Схема підлогового стаціонарнарного маніпулятора

Одним із різновидів обладнання для транспортування поковок є посадкові крани (рис.2.5). До основних елементів відноситься міст і два візка. Міст крану переміщується по крановим путям. На мосту встановленні два візка – головний та допоміжний. Міст крану забезпечується механізмом переміщення, ходові колеса якого розташовуються на осях, закріплених на кінцевих балках.

Нижня частини візку крану складається з верхньої і нижньої частин з двома шахтами, колони з кабіною, рами на якій закріпленні кліщі с механізмом її переміщення. К рамі нижньої частини прикріплена шахта, на якій змонтовані горизонтальні та вертикальні ролики, призначенні для сприйняття реакцій з боку нижніх рейок моста крану при підніманні однієї сторони нижнього візка під впливом навантажень кліщів. На нижньому поясі моста крану встановлені рейки, з якими взаємодіють ролики.

На верхній частині візка розміщені механізми підйому і обертання. Механізм підйому виробляє підйом і опускання колони з кабіною за допомогою

поліспасту. Обертання верхньої частини візка відбувається по круговій рейковій дорозі, яка закріплена на нижньому візку, за допомогою механізму обертання.

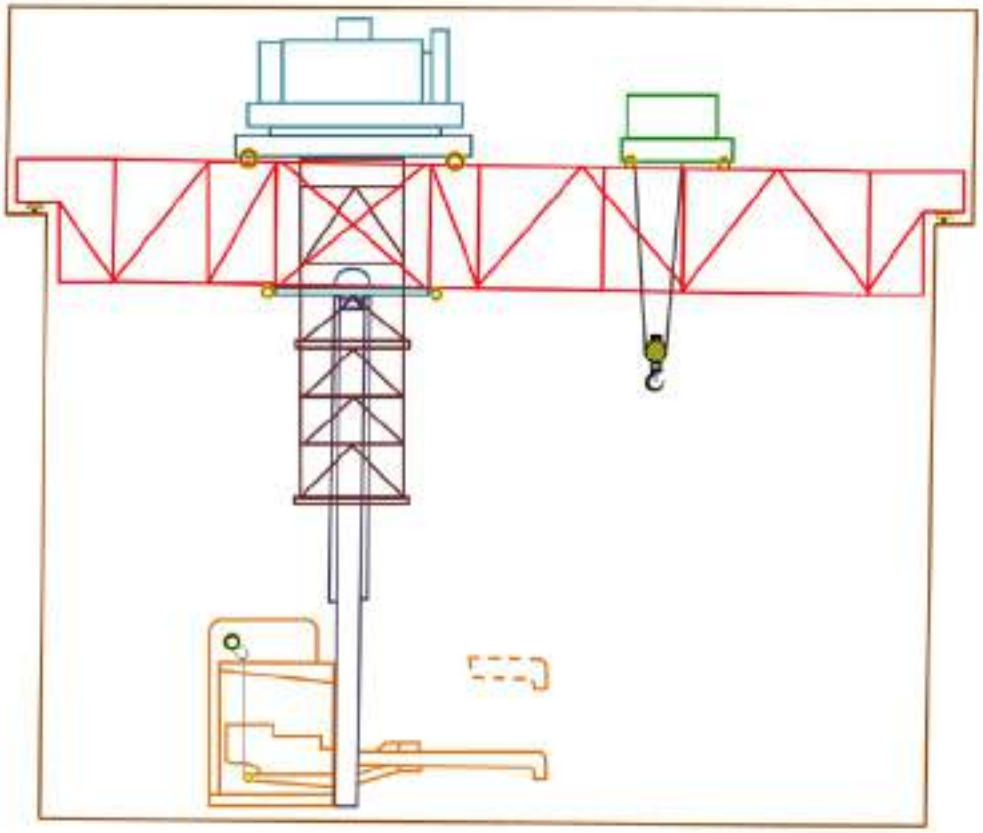


Рисунок 2.5 - Схема посадкового крана

Стійкість верхньої частини візка забезпечується верхніми і нижніми горизонтальними роликами, на які діють горизонтальні зусилля шахти. Шахта прикріплена до рами верхнього візка. У нижній частині колони, яка має форму порталу, встановлена вісь, на якій закріплена рама. Рама може повертатися навколо осі за допомогою механізму гойдання, який встановлений на кронштейні колони.

За допомогою механізму гойдання кліщі захоплюють заготовки з підлоги цеху. Кліщі повертаються в горизонтальній плоскості довкола вертикальних осей. Затиск заготівки здійснюється кернами, закріпленими на кліщах.

2.2. Опис проекту модернізації маніпулятора

Основними недоліками існуючої конструкції транспортного маніпулятора є низький термін служби елементів приводу через значний знос його елементів. Технічна задача, що вирішується в проекті модернізації, полягає у підвищенні терміну служби елементів приводу.

Щоб підвищити термін служби вузлів і деталей потрібно дотримуватися раціонального режиму експлуатації, впроваджувати системи захисту устаткування від перевантажень і поломок.

Одним зі способів підвищення термінів служби деталей є збільшення їхньої зносостійкості. Основним способом підвищення зносостійкості при механічному зношуванні є правильний підбір матеріалів для вузлів тертя, збільшення твердості взаємодіючих поверхонь тертя, поліпшення умов змащення, підвищення якості поверхні, строге дотримання правил технічного обслуговування й експлуатації устаткування.

Для виготовлення деталей вузлів тертя варто вибирати матеріали, не схильні до схоплювання, тобто до місця зварюванню при звичайній температурі. Ефективним заходом по боротьбі з механічним зношуванням на поверхнях тертя є створення неметалічних захисних плівок (фосфатування, сульфідування, обробка дисульфід молібденом й ін.), застосування яких дає можливість підвищити зносостійкість сталевих деталей в 10 - 20 разів.

Істотний вплив на швидкість зносу надає якість поверхонь тертя, яке оцінюється величиною, формою та напрямом шорсткості. При збільшенні класу шорсткості збільшується реально опорна поверхня деталей і знижується питомий тиск. Якщо фактичний питомий тиск стане нижче межі текучості матеріалу, то явище схоплювання припиниться. Однак з збільшенням класу чистоти збільшується здатність металу к молекулярному зчепленню. Експериментально доведено, що мінімальний знос розвивається при оптимальній шорсткості, яку необхідно встановлювати опитним шляхом для кожного конкретного вузла тертя.

Збільшення твердості поверхонь тертя може бути досягнуте шляхом загартування, хіміко-термічної обробки, зміцнення за допомогою пластичного деформування, нанесення зносостійких наплавлень і покриттів.

Для зменшення концентрації навантаження на вал і підшипники рекомендується підвищення твердості валів і використання самоустановлювальні підшипники.

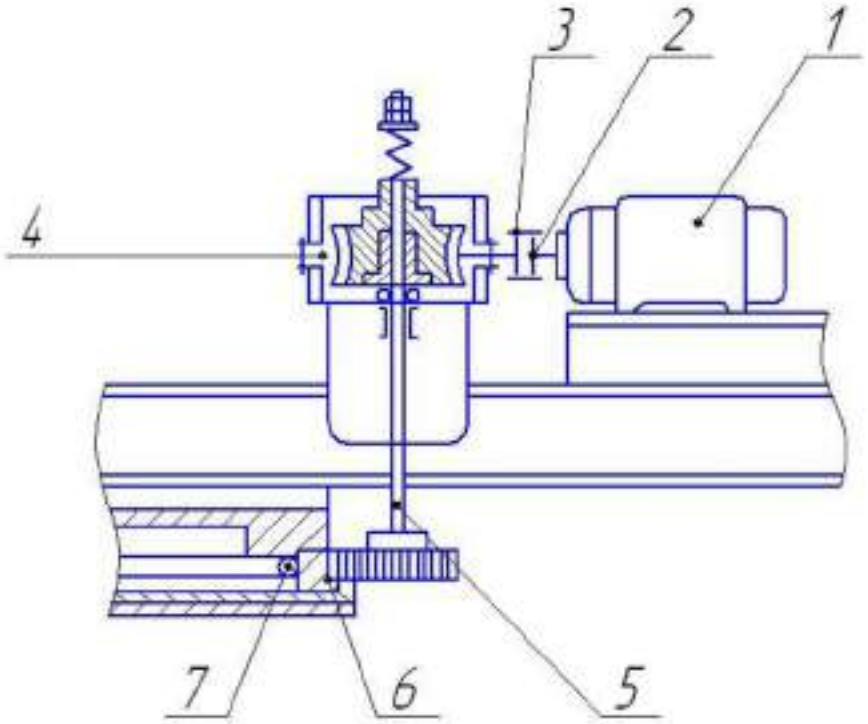
Таким чином, на підставі проведеного аналізу було встановлено що механізми переміщення візка має низький ресурс. Було вирішено замінити підшипники та встановити підшипник 3556. Встановлений підшипник є дворядний сферичний роликовий з бортиками на внутрішньому кільці, що відповідає ГОСТ 5721-75. Він призначений для сприйняття радіальних та осьових навантажень в обох напрямках, включаючи значний перекіс. Запропонована модернізація дозволить зменшити час простоїв обладнання та збільшити міжремонтний період.

2.3 Розрахунок механізму повороту платформи транспортного маніпулятора

Вихідні дані:

- вантажопідйомність m=5т,
- частота обертів платформи шаржир - машини n =2,98 хв$^{-1}$.,
- режим роботи - важкий,
- маса поворотної частини - 32470 кг,
- маса хоботу в зборі з кліщами – 12300 кг,
- маса поворотної платформи – 17920 кг,
- маса механізму повороту платформи – 1390 кг.

Кінематична схема механізму повороту платформи представлена на рисунку 2.6



1. - електродвигун; 2 - зубчаста муфта; 3 - гальма; 4 - черв'ячний редуктор; 5 - вихідний вал редуктора; 6 - зубчате колесо; 7 - кульова опора.

Рисунок 2.6 - Кінематична схема механізму повороту платформи

Визначення моментів опору повороту платформи

Загальний момент опору повороту платформи від статичних навантажень

$$T_c = T_{тр} + T_н,$$

де $T_н$ - момент опору від нахилу дороги;

$T_{тр}$ – момент опору від сил тертя.

Момент опору від нахилу дороги

$$T_н = (m_{пов} \cdot l_{пов} + Q \cdot R) g \sin \alpha,$$

де $m_{пов}$ – маса поворотної частини;

$l_{пов}$ – довжина від осі повороту платформи до центру тяжіння поворотної частини;

Q – маса вантажу;

R - довжина від осі повороту до вантажу;

α – кут нахилу дороги, $\alpha \approx 1$.

$$l_{\text{пов}} = \frac{m_x \cdot l_{\text{х}} + m_{\text{пл}} \cdot l_{\text{пл}} + m_{\text{пр}} \cdot l_{\text{пр}} + m_{\text{г}} \cdot l_{\text{г}}}{m_{\text{пов}}},$$

де m_x - маса хоботу з кліщами;

$m_{\text{пл}}$ – маса платформи;

$m_{\text{пр}}$ - маса приводу;

$m_{\text{г}}$ - маса гідроустановки;

$l_{\text{х}}$ - довжина від осі повороту до центру тяжіння хоботу;

$l_{\text{пл}}$ - довжина від осі повороту до центру тяжіння платформи;

$l_{\text{пр}}$ - довжина від осі повороту до центру тяжіння приводу;

$l_{\text{г}}$ - довжина від осі повороту до центру тяжіння гідроустановки;

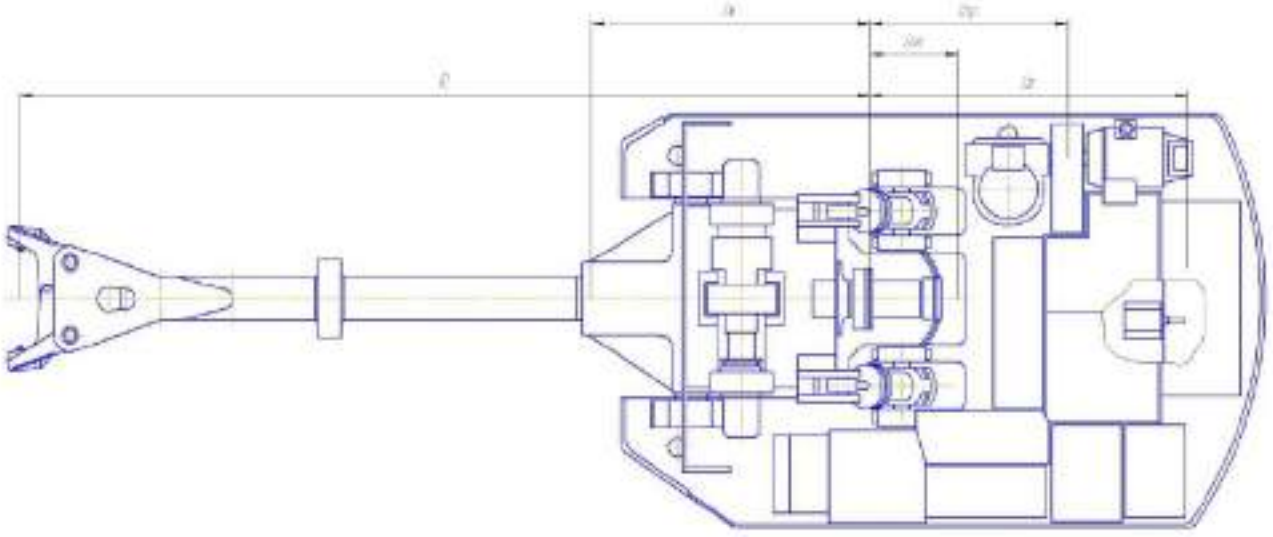


Рисунок 2.7 – Механізм повороту, з геометричними параметрами до центру тяжіння хоботу, платформи, приводу

$$l_{\text{пов}} = \frac{12{,}3 \cdot 2{,}2 + 17{,}92 \cdot 0{,}65 + 1{,}39 \cdot 1{,}5 + 0{,}86 \cdot 2}{32{,}47} = 0{,}5 \text{ м}.$$

$$\text{T}_{\text{н}} = (32470 \cdot 0{,}5 + 5000 \cdot 7)9{,}81 \cdot 0{,}017 = 8544{,}5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент опору повороту від сил тертя в кульовій опорі [1, с. 99]:

$$T_{тр} = \frac{0{,}025M + 0{,}005F_b \cdot D_{ср}}{\cos\gamma},$$

де F_b – вертикальна сила прикладена по осі опорно – поворотного механізму (рис.2.3);

$D_{ср}$ - діаметр по осям кульових опор;

γ – кут нахилу опори до вертикалі.

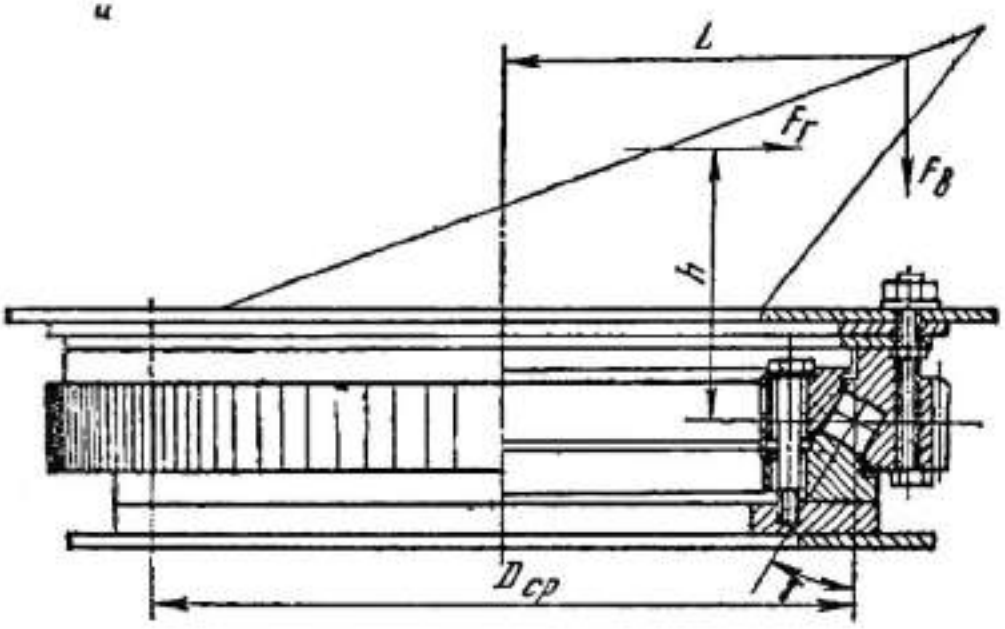


Рисунок. 2.8 - Розрахункова схема опорно – поворотного механізму

$$M = F_b \cdot L + F_г \cdot h,$$

де L – довжина від осі пороту до дії сили F_b, L=1240 мм;

h – висота від продольної осі хоботу до горизонтальної осі опор, h=680 мм.

$$F_b = (Q + m_c + m_{пв}) \cdot g = (5 + 12{,}3 + 20{,}17) \cdot 9{,}81 = 367{,}6кН,$$

$$F_г = \frac{(Q \cdot R + m_c \cdot l_c - m_{пв} \cdot l_{пв})}{h} = \frac{(5 \cdot 7 + 12{,}3 \cdot 2{,}2 - 20{,}17 \cdot 2)}{0{,}68} = 31{,}94кН,$$

$$M = 367,6 \cdot 1,24 + 31,94 \cdot 0,68 = 477,5 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$T_{тр} = \frac{0,025 \cdot 477,5 + 0,005 \cdot 367,6 \cdot 2,32}{\cos 0} = 161,6 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$T_c = 161,6 + 8545 = 8706,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

2.4 Визначення енерго-силових параметрів привода поворотного механізму

Статична потужність електродвигуна (кВт), яка необхідна для привода механізму повороту платформи:

$$P_c = \frac{T_c \cdot n_{пов}}{9550 \cdot \eta},$$

де η=0,75 - ККД механізму [1, табл. 1.18],

$n_{пов}$ – швидкість поворотної платформи.

$$P_c = \frac{8706,6 \cdot 2,98}{9550 \cdot 0,75} = 3,6 \text{ кВт}.$$

Вибираємо двигун MTF 112-6 [1,табл. Ш.3.5]: номінальна потужність при ПВ=40%, $P_д$=5 кВт, частота обертання $n_д$=930 хв.$^{-1}$, максимальний момент $T_д$=140 Н·м, момент інерції ротора $I_р$=0,068 кг·м^2.

Умовне позначеня: двигун MTF 112-6YI ГОСТ 185-70 [1,стр.38].

Необхідне загальне передаточне число привода механізму повороту

$$u = \frac{n}{n_{пов}} = \frac{930}{2,98} = 312.$$

Приймемо передаточний механізм з черв'ячного редуктору ($U_p = 16$) з запобіжною фрікціонною муфтою і зубчатою парою (шестерня – зубчатий вінець) з передаточним числом $u_{зп} = {}^{u}/_{u_p} = {}^{312}/_{16} = 19{,}5$.

Вибираємо спеціальний редуктор з передаточним відношенням U=16.

Вибір муфт

Розрахунковий момент фрикційної муфти

$$T_{пр} = 1{,}2 \cdot T_{пуск} \cdot u_p \cdot \eta_p,$$

де η_p - ККД редуктора, $\eta_p = 0{,}91$.

Розрахунковий момент для вибору з'єднувальної муфти між двигуном і редуктором

$$T_m = T_m^{nom} \cdot k_1 \cdot k_2,$$

де T_m^{nom} – номінальний момент, що передається муфтою;

k_1 – коефіцієнт, враховуючий ступінь відповідальності механізму, [1,табл. 1.35] $k_1 = 1{,}4$;

k_2 – коефіцієнт, враховуючий режим роботи механізму, [1,табл. 1.35] $k_2 = 1{,}3$.

$$T_m^{nom} = \frac{T_c}{u \cdot \eta} = \frac{8706{,}6}{312 \cdot 0{,}75} = 37{,}2 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$T_m = 20{,}9 \cdot 1{,}4 \cdot 1{,}3 = 67{,}77 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Вибираємо муфту зубчасту с тормозним шківом №1 [1,табл. III.5.6]. Найбільший момент, який передається муфтой, [Т]=700 Н·м, діаметр отвору під вал *d*=35 мм, діаметр тормозного шківу 200 мм. Вибрали дану муфту тому, що діаметри валів узгоджуються з діаметрами отворів муфти, а зовнішній діаметр є діаметром шківа.

Для вибору гальм визначимо:

момент інерції ротора двигуна і муфти

$$I = I_p + I_m = 0{,}068 + 0{,}125 = 0{,}193 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

момент інерції поворотної частини відносно осі повороту платформи

$$I_{\text{вр пов}} = m_c \cdot l_c^2 + m_{\text{пв}} \cdot l_{\text{пв}}^2 + Q \cdot R^2 = 12300 \cdot 2{,}2^2 + 20170 \cdot 2^2 + 5000 \cdot 7^2 = 385212 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

момент сил інерції механізму повороту при пуску на валу двигуна

$$T_{\text{ін}} = \frac{\delta \cdot I \cdot n}{9{,}55 \cdot t_{\text{п}}} + \frac{I_{\text{вр пов}} \cdot n}{9{,}55 \cdot t_{\text{п}} \cdot u^2},$$

де δ=1,2- коефіцієнт, який враховує вплив обертових мас привода [1, стр.25];

$$t_{\text{п}} = \frac{[\beta]}{3 \cdot n_{\text{пов}}},$$

де [β]=30 - найбільший допустимий кут повороту при пуску (гальмуванні), [1,табл. 1.24]

$$t_{\text{п}} = \frac{30}{3 \cdot 2{,}98} = 3{,}35 \text{ с},$$

прийняти $t_{\text{п}} = 4$ с.

$$T_{\text{ін}} = \frac{1{,}2 \cdot 0{,}193 \cdot 930}{9{,}55 \cdot 4} + \frac{385212 \cdot 930}{9{,}55 \cdot 4 \cdot 312^2 \cdot 0{,}75} = 50{,}8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент опору на валу двигуна при пуску:

$$\text{Т}_{\text{пуск}} = \text{Т}_{\text{ін}} + \frac{\text{Т}_c}{u \cdot \eta} = 50{,}8 + \frac{8706{,}6}{312 \cdot 0{,}75} = 87 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$T_{\text{пр}} = 1{,}2 \cdot 87 \cdot 16 \cdot 0{,}91 = 1520 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

Необхідна потужність двигуна при пуску:

$$\text{P}_{\text{пуск}} = \frac{T_{\text{пуск}} \cdot n}{9550 \cdot} = \frac{87 \cdot 930}{9550} = 8{,}4 \text{ кВт}.$$

Необхідна номінальна потужність двигуна повинна бути не менше

$$\text{P}_{\text{д}} \geq k \cdot \text{P}_{\text{пуск}},$$

де k – коефіцієнт, враховуючий допустиме перевантаження двигуна в період пуску (k=0,5).

$$\text{P}_{\text{д}} \geq k \cdot \text{P}_{\text{пуск}} = 0{,}5 \cdot 8{,}4 = 4{,}2 \text{ кВт},$$

прийнятий двигун потужністю P=5 кВт.

Середній пусковий момент двигуна

$$\text{T}_{\text{ср п}} = \frac{\psi_{\text{мах}} + \psi_{\text{мін}}}{2} \cdot \text{T}_{\text{ном}} = \frac{2{,}7 + 1{,}2}{2} \cdot 51{,}3 = 100 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де $\psi_{\text{мах}}$ - максимальна кратність пускового моменту,

$$\psi_{\text{мах}} = {}^{\text{T}_{\text{мах}}}/_{\text{T}_{\text{ном}}} = {}^{140}/_{51{,}3} = 2{,}7,$$

де $\psi_{\text{мін}} = 1{,}2$ мінімальна кратність пускового моменту

.Фактичний час пуску механізму повороту

$$t_{\text{п}} = \frac{\delta \cdot \text{I} \cdot n}{9{,}55 \cdot (\text{T}_{\text{ср п}} - \text{T}_{\text{с}})} + \frac{I_{\text{вр пов}} \cdot n \cdot}{9{,}55 \cdot u^2 \cdot (\text{T}_{\text{т}} - \text{T}_{\text{с}})},$$

де: $\text{T}_{\text{с}}$ – момент статичного опору на валу двигуна при пуску,

$$T_c = \left(T_н + T_{тр}\right) \cdot \frac{1}{u \cdot \eta} = (8544{,}5 + 161{,}6) \cdot \frac{1}{16 \cdot 0{,}91} = 540 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$t_п = \frac{1{,}2 \cdot 0{,}113 \cdot 930}{9{,}55 \cdot (100 - 540)} + \frac{38521 \cdot 930}{9{,}55 \cdot 16^2 \cdot (15 - 540)} = 5\text{с}.$$

Вибір гальм

Момент опору при гальмуванні механізму повороту на валу гальма

$$T_т = T_{ін}^т - T_c^т,$$

де $T_{ін}^т$ - момент сил інерції системи на валу двигуна механізму повороту при гальмуванні;

$T_c^т$ - момент статичних опорів повороту обертальних частин платформи на валу гальма при гальмуванні,

$$T_{ін}^т = \frac{\delta \cdot I \cdot n}{9{,}55 \cdot t_т} + \frac{I_{вр\ пов} \cdot n \cdot \eta}{9{,}55 \cdot t_т \cdot u^2} = \frac{1{,}2 \cdot 0{,}193 \cdot 930}{9{,}55 \cdot 4} + \frac{385212 \cdot 930 \cdot 0{,}75}{9{,}55 \cdot 4 \cdot 930^2}$$

$$= 8{,}13 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де $t_т$ - час гальмування,

$$t_т = \frac{30}{3 \cdot 2{,}98} = 3{,}35 \text{ с},$$

прийнято $t_т = 4$ с.

$$T_c^т = \left(T_{tp} - T_H\right) \cdot \frac{\eta_t}{n_д} = (161{,}6 - 8706{,}6) \cdot \frac{0{,}75}{930} = -6{,}89 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

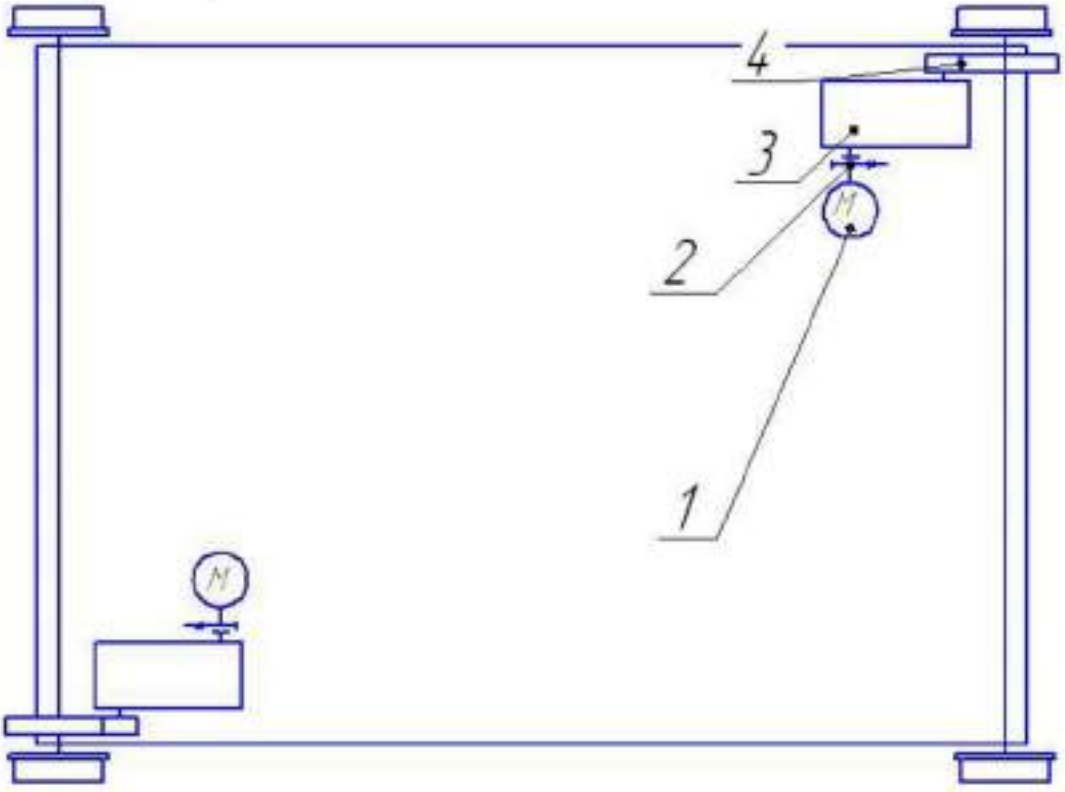
$$T_т = 8{,}13 + 6{,}89 = 15{,}02 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

З таблиці [1,табл.III.5.11] обираємо гальма ТКТ – 200 з гальмівним моментом 40 Н м і регулюємо тормозний момент до потрібного.

2.5 Розрахунок механізму переміщення візка

Вихідні дані:

- вантажопідйомністю – 5т.;
- маса візка – 45,86 т;
- швидкість переміщення – 0,65 м/с;
- режим роботи – важкий.



1 - електродвигун; 2- гальма; 3 - циліндричний редуктор; 4- відкрита циліндрична зубчаста пара

Рис.2.9 Схема механізму переміщення візка

Опір переміщенню

Маса візка $m_в = 45,86$ т

Найбільше навантаження на одне колесо:

$$F_{max} = \frac{(m + m_в) \cdot}{Z_k} = \frac{(5 + 45,86) \cdot 9,8}{4} = 124,6\text{кН},$$

де Z_k - 4 кількість ходових коліс.

Приймаємо [3,табл. III.2.3] для заданих швидкості переміщення $V_в = 0{,}65$ м/с і тяжкого режиму роботи колесо с характеристикою: діаметр D_k=500 мм, допустиме навантаження $F_k = 164$ кН, тип рельсу КР70 . Колесо спирається на роликопідшипник радіальний сферичний двухрядний середньої серії 3620 , при цьому діаметр цапфи $d_ц = 100$ мм, D1=550 мм.

Опір переміщенню з номінальним вантажем

$$W_c = (m + m_в) \cdot g \cdot (\frac{(f \cdot d_ц + 2 \cdot \mu)}{D_x} \cdot K_р + \alpha$$

$$= (5 + 45{,}86) \cdot 9{,}8 \cdot \left(\frac{0{,}015 * 100 + 2 * 0{,}0005}{500} * 2 + 0{,}002\right)$$

$$= 3{,}7\text{кН}$$

де f=0,015 – коефіцієнт тертя в опорах колеса [3,стр.33];

μ=0,0005 – коефіцієнт тертя кочення колеса по рейках [3,табл.1.28]; $K_Р$=2 – косфіцієнт враховуючий тертя реборд о рейок [3,стр.33];

α = 0,002 – кут шляху [3,табл.2.10].

Вибір елементів приводу

Електродвигун

Статична потужність приводу

$$P_t = \frac{W_c * V_t}{\eta} = \frac{4 * 0{,}65}{0{,}85} = 15 \text{ кВт}$$

де η=0,85 – ККД механізму переміщення візка [3,табл.1.18].

Обираємо двигун MTF 312-6 [3,табл. III.3.5]: номінальна потужність при ПВ=40%, $P_д$=15 кВт, частота обертання $n_д$=955 мин$^{-1}$, максимальний момент $T_д$=480 Н·м, момент інерції ротора $I_р$=0,312 кг·м^2. Діаметр вала d_1=50 мм, висота центру двигуна h=180 мм [3,табл.III.3.6].

Редуктор

Частота обертання ходових коліс:

$$n_{хк} = \frac{60 \cdot V_т}{\pi \cdot D_{хк}} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 0,65}{3,14 \cdot 500} = 24,8 \text{ хв}^{-1}$$

Необхідне загальне передаточне число приводу механізму переміщення

$$U' = \frac{n_д}{n_{хк}} = \frac{955}{24,8} = 38,5$$

Приймемо привод з циліндричного редуктору (передаточне відношення редуктору 19,25) і зубчатою парою з передаточним відношенням

$$U_{зп} = \frac{U}{U_р} = \frac{38,5}{19,25} = 2$$

Обираємо [3,табл.III.4.16] редуктор Ц2-350, передаючий потужність $P_р$=16.9 кВт при тяжкому режимі роботи, частота обертання швидкісного валу $n_р$=1000 мин$^{-1}$. Передаточне число 19,8, діаметр швидкісного валу d= 40 мм.

Фактична швидкість переміщення візку

$$V_{т.ф.} = \frac{\pi \cdot n_д \cdot D_{хк}}{60 \cdot U} = \frac{3,14 \cdot 955 \cdot 500 \cdot 10^{-3}}{60 \cdot 38,5} = 0,649 .$$

Відхилення від заданої швидкості

$$\Delta V = \frac{(V_т - V_{тф}) \cdot 100}{V_т} = \frac{(0,65 - 0,649) \cdot 100}{0,65} = 0,2\ \%$$

що менше допустимого V=+/- 10%

Гальма

Максимально допустиме уповільнення при русі візка без вантажу

$$a_т = \left[\frac{Z_ц}{Z_к} \cdot \left(\frac{\phi}{1,2} - f \cdot \frac{d_ц}{D_{хк}} \right) + (2 \cdot \mu - f \cdot d) \frac{1}{D_к} \right] \cdot g$$

де Zk=2 – кількість ведучих коліс;

φ=0,15 – при роботі в закритому приміщенні [3,стр.33].

$$a_T = \left[\frac{1}{4}\cdot\left(\frac{0,15}{1,2} - 0,015\cdot\frac{100}{500}\right) + \left(2\cdot 0,0005 - 0,015\cdot 100\right)\frac{1}{500}\right]\cdot 9,81 = 0.57\,\text{м}/\text{с}^2$$

Час гальмування

$$t_T = \frac{V_{TФ}}{a_T} = \frac{0,649}{0,57} = 1,14\text{с}$$

Опір переміщенню візка без вантажу при гальмуванні:

$$F_a^T = \left(m_T + m_э\right)\cdot g\cdot\left(\left(2\cdot\mu + f\cdot d_ц\right)\cdot\frac{1}{D_{хк}} - \alpha\right) =$$

$$= \left(45,86\right)\cdot 9,81\cdot\left(\left(2\cdot 0,0005 + 0,015\cdot 100\right)\cdot\frac{1}{500} - 0,002\right) = 0,4\text{кН}$$

Гальмівний момент при русі без вантажу:

$$T_T' = \frac{\delta\cdot n_д}{9,55\cdot t_T} + \frac{9,55\cdot\left(m_T\right)\cdot V_{TФ.}^2\cdot\eta}{n_д\cdot t_T} - \frac{F_a^T\cdot D_{хк}\cdot\eta}{2\cdot U}$$

$$T_T' = \frac{1,1\cdot 955}{9,55\cdot 1,35} + \frac{9,55\cdot 45,86\cdot 0,649^2\cdot 10^3\cdot 0,85}{955\cdot 1,35} - \frac{0,4\cdot 500\cdot 0,85}{2\cdot 19,8} = 234,2\text{Н}\cdot\text{м}\ .$$

Обираємо гальма типу ТКГ-200 [3,табл.III.5.13], який має тормозний момент T_T=250 Н·м.

Номінальний момент на валу:

$$T_H = \frac{9550\cdot P_д}{n_д} = \frac{9550\cdot 15}{955} = 150\,\text{Н}\cdot\text{м}$$

Розрахунковий момент

$$T_м = k_1\cdot k_2\cdot T_H = 1,3\cdot 1,2\cdot 150 = 234\,\text{Н}\cdot\text{м}$$

где $k_1 = 1,3$ – коефіцієнт враховуючий відповідальність механізму [3,табл.1.35];

$k_2 = 1,2$ – коефіцієнт враховуючий режим роботи [3,табл.1.35].

Обираємо муфту типа МЗП №1 з тормозним шківом d=200 мм [2,табл.II.7]. Найбільший момент, який передає муфта, [T]=700 Н·м. Діаметр отворів полумуфт d=40 и d_1=60 мм согласуются с диаметрами вала двигателя и редуктора.

Рекомендована довжина шляху гальмування [3,табл.1.23]:

$$S = \frac{V_{ТФ}^{\ 2}}{K} = \frac{0,649 * 0,649}{1,5} = 0,28\,м$$

Фактична довжина путі гальмування :

$$l_т = 0,5 \cdot V_{ТФ} \cdot t_1^T = 0,5 \cdot 0,649 \cdot 1.14 = 0,3м \ .$$

Перевірка пускового режиму двигуна

Максимально допустиме прискорення:

$$a_п = \left[\frac{Z_П}{Z_K} \cdot \left(\frac{\phi}{1,2} + f \cdot \frac{d}{D_K} \right) - \left(2 \cdot \mu + f \cdot d \right) \cdot \frac{K_P}{D_K} \right] \cdot g$$

$$a_П = \left[\frac{2}{4} \cdot \left(\frac{0,15}{1,2} + 0,015 \cdot \frac{100}{500} \right) - \left(2 \cdot 0,005 + 0,015 \cdot 100 \right) \cdot \frac{2}{500} \right] \cdot 9,81 = 0,57 м/с^2$$

Найменший допустимий час пуску:

$$t_П = \frac{V_{ТФ}}{a_П} = \frac{0,649}{0,57} = 1,13\,с \ .$$

Середній пусковий момент двигуна

$$T_{п.ср.} = \frac{2,25 + 1,1}{2} \cdot 150 = 251,2\ Н * м.$$

Опір переміщенню при роботі без вантажу:

$$F_O = (m_T) \cdot g \cdot (2 \cdot \mu + f \cdot d_Ц) \cdot \frac{K_P}{D_K} =$$

$$= (45{,}86) \cdot 9{,}81 \cdot (2 \cdot 0{,}0005 + 0{,}015 \cdot 100) \cdot \frac{2}{500} = 5{,}4 кН.$$

Статичний момент при роботі без вантажу:

$$T_C = F_O \cdot \frac{D_K}{2 \cdot U_P \cdot \eta} = 5{,}4 \cdot \frac{500}{2 \cdot 38.5 \cdot 0{,}85} = 41{,}3\, H \cdot м$$

Момент інерції обертових частин приводу:

$$J = J_P = 0{,}312 \text{ кг·м}^2.$$

Фактичний час пуску при роботі без вантажу:

$$t_П = \frac{\delta \cdot J \cdot n_д}{9{,}55 \cdot (T_{ПФ} - T_C)} + \frac{9{,}55 \cdot (m_T) \cdot V_{TФ}^2}{(T_{ПФ} - T_C) \cdot n_д \cdot \eta}$$

$$t_П = \frac{1{,}1 \cdot 0{,}312 \cdot 955}{9{,}55 \cdot (251{,}2 - 41{,}3)} + \frac{9{,}55 \cdot (45{,}86) \cdot 0{,}649^2}{(251{,}2 - 41{,}3) \cdot 955 \cdot 0{,}85} = 1{,}65 с$$

Фактичне прискорення при пуску і роботі без вантажу:

$$a_Ф = \frac{V_{TФ}}{t_П} = \frac{0{,}649}{1{,}65} = 0{,}39$$

$$\mathrm{a_ф} = 0{,}39 \frac{\mathrm{м}}{\mathrm{с}^2} < \mathrm{a_{max}} = 0{,}57 \frac{\mathrm{м}}{\mathrm{с}^2}$$

Фактичний запас зчеплення приводних коліс з рельсами при роботі без вантажу:

$$K_{сц} = \frac{\varphi}{\frac{Z}{Z_П} \cdot \left[\frac{a_Ф}{g} + (2 \cdot \mu + f \cdot d) \cdot \frac{K_P}{D_K}\right] - f \cdot \frac{d}{D_K}} =$$

$$= \frac{0.15}{\frac{4}{2} \cdot \left[\frac{0.39}{10} + (2 \cdot 0.5 + 0.015 \cdot 100) \cdot \frac{2}{500}\right] - 0.015 \cdot \frac{100}{500}} = 1.173 < 1{,}2$$

Перевірка двигуна на нагрів

Статичний момент на валу двигуна при нормальному навантаженні:

$$T_1 = \frac{W_C \cdot D_K}{2 \cdot U_p \cdot \eta} = \frac{4 \cdot 500}{2 \cdot 38{,}5 \cdot 0.85} = 30{,}6\, H \cdot м .$$

Коефіцієнт перевантаження двигуна:

$$\alpha = T_1 / T_H = 30{,}6/150 = 0{,}204$$

Перевантажна здатність двигуна:

$$\lambda = T_o / T_H = 480/150 = 3{,}2 .$$

Момент інерції рухомих мас, приведений до валу двигуна:

$$J = \delta \cdot (J_p) + 91.2 \cdot \frac{(m + m_T) \cdot V_{TФ}^2}{n_o^2 \cdot \eta} = 1.25 \cdot (0.312) + 91{,}2 \cdot \frac{45{,}86 \cdot 0.649^2}{955^2 \cdot 0{,}85} = 0{,}39 .$$

Час пуску:

$$t_П = t_П^{отн} \cdot \frac{J \cdot n_o}{9{,}55 \cdot T_H} = 1{,}2 \cdot \frac{0{,}39 \cdot 955}{9{,}55 \cdot 150} = 0{,}32\ \text{с},$$

де t_M^{OTH}=1,2 – відносний час пуску, при α=0,204 і $T_{п.max}=3T_H$ [3].

Середній час робочої операції:

$$t_p = S_1 / V_{TФ} = 1{,}7 / 0{,}649 = 2{,}7c.$$

Розрахунковий коефіцієнт:

$$\beta = t_П / t_p = 1{,}65 / 2{,}7 = 0{,}61 .$$

Еквівалента по нагріву потужність при ПВ=25%:

$$P_{E25} = k_{25} \cdot \gamma \cdot W_C \cdot V_{TФ} / \eta = 1 \cdot 1{,}4 \cdot 4 \cdot 0.649 / 0.85 = 4{,}2 ,$$

де k_{25}- коефіцієнт враховуючий відносну довготу включення, γ- коефіцієнт впливу пускового моменту на еквіваленту потужність; приймаємо $k_{25} = 1$ [3, табл. 1.32] при тяжкому режимі роботи, $\gamma = 1{,}4$ при $\beta = 0{,}61$ [3, рис. 1.6, крива Б].

Вузол ходових коліс

Навантаження на одне колесо:

$$F_{max} = 124{,}6\ \text{кН}.$$

Розрахункове навантаження

$$F_p = k_1 \cdot \gamma_1 \cdot F_k = 1.2 \cdot 0.8 \cdot 124,6 = 119,6\,кН;$$

де k_1- коефіцієнт режиму роботи, γ_1- коефіцієнт враховуючий перемінність навантаження; принимаем $k_1 = 1.2$, $\gamma_1 = 0.8$

Напруга стискування

$$\sigma_{см} = 0.418 \cdot \sqrt{\frac{F_p \cdot E_{пр}}{b \cdot R_k}} = 0.418 \cdot \sqrt{\frac{119,6 \cdot 2.1 \cdot 10^6}{45 \cdot 125}} = 60 \text{ МПа}.$$

2.6 Розрахунок підшипників механізму переміщення

На валу встановлені підшипники 3556. Підшипник 3556 - це дворядний сферичний роликовий підшипник з бортиками на внутрішньому кільці, що відповідає ГОСТ 5721-75. Він призначений для сприйняття радіальних та осьових навантажень в обох напрямках, включаючи значний перекіс.

Характеристики шарикопідшипника зведені до таблиці 2.1

Таблиця 2.1 - Характеристики підшипника 3556

Параметр шарикопідшипника	Позначення параметра	Числове значення
Діаметр внутрішній	d, мм	280
Діаметр зовнішній	D, мм	500
Ширина шарикопідшипника	B, мм	130
Статична вантажопідйомність	Co, кН	1800
Динамічна вантажопідйомність	C, кН	1960
Допустиме число оборотів	n, про/хв	3300

Перевіримо підшипники по динамічній вантажопідйомності.

Довговічність (термін служби) обраного типорозміру підшипника в мільйонах обертів

$$L = \left(\frac{C}{P}\right) \quad (2.28)$$

де С-динамічна вантажопідйомність, кН, [5],

Р-еквівалентна динамічна навантаження, кН;

ρ- статичний показник (для роликових підшипників ρ=3).

З урахуванням коефіцієнта безпеки та температурного коефіцієнта для кулькових підшипників, динамічне навантаження

$$P = (X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a)K_\sigma \cdot K_T \quad (2.29)$$

Оскільки осьова складова навантаження Fa=0, то отримаємо

$$P = X \cdot V \cdot F_r \cdot K_\sigma \cdot K_T$$

де Х-коефіцієнт радіального навантаження, Х=1 [4];

V-коефіцієнт обертання, V = 1 [4];

Y- коефіцієнт осьового навантаження, Y=0;

Fr - радіальне навантаження (з розрахунку осі ходового колеса $Fr = R_A$ = 225 кН);

$K\sigma$=1,2; K_T=1,05(при t<125°С), [5].

Тоді довговічність складе:

$$L = \left(\frac{1960}{88{,}4}\right)^3 = 621 \cdot 10^6 \text{ оборотов}$$

Номінальний термін служби підшипника у годиннику

$$L_h = \frac{L}{60 \cdot n} \quad (2.30)$$

де n-число обертів колеса за хвилину, n=пх.к.=328 об/хв.

Тоді номінальний термін служби підшипника дорівнюватиме

$$L_h = \frac{621 \cdot 10^6}{60 \cdot 328} = 31 \cdot 10^3 \text{ часов}$$

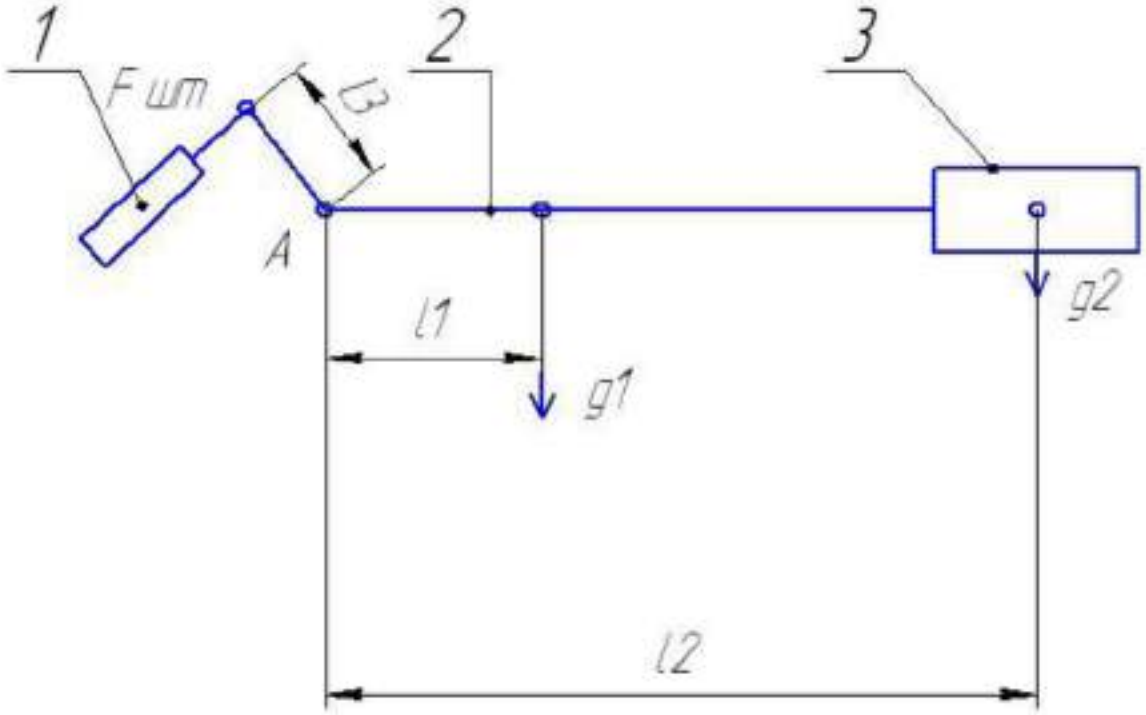
Тобто при завантаженні 24 години на день підшипник пропрацює 1291 днів.

Здійснивши перевірку можемо сказати, що даний підшипник задовольняє всім навантаженням, швидкостям обертання та довговічності.

2.7 Розрахунок механізму підйому кліщів

Розрахуємо поршневий гідроциліндр с однобічним штоком

Знаходимо зусилля,яке необхідне для підйому хоботу з максимальним вантажем 5 т., маса хоботу – 12 т.,



1 – гідроциліндр; 2 – хобот; 3 – кліщі з вантажем

Рисунок 2.10 - Схема приводу підіймання хоботу

Знаходимо силу тяжіння яку створює маса хоботу:

$$g_1 = 12 * 9{,}81 = 117{,}72 \text{ кН}.$$

Сила яку створює маса вантажу:

$$g_2 = 5 * 9{,}81 = 49{,}05 \text{ кН}.$$

Довжина плеч:

$$l_1 = 1{,}5 \text{ м},$$

$$l_2 = 5{,}6 \text{ м},$$

$$l_3 = 1{,}46 \text{ м}.$$

Приводимо моменти до точки А:

$$\sum M_A = 0$$

$$-F_{шт} * l_3 + g_1 * l_1 + g_2 * l_2 = 0$$

$$F_{шт} * l_3 = g_1 * l_1 + g_2 * l_2$$

Звідки $F_{шт}$:

$$F_{шт} = \frac{g_1 * l_1 + g_2 * l_2}{l_3} = \frac{117{,}72 * 1{,}5 + 49{,}05 * 5{,}6}{1{,}46} = 310 \text{ кН}$$

Приймемо 2 гідроциліндру для підйому:

$$F_ц = \frac{F_{шт}}{2} = 155 \text{ кН}$$

Для розрахунків приймається:

$$F_{ц\,р} = 1{,}25 * F_ц = 1{,}25 * 155 = 194 \text{ кН}$$

Діаметр циліндру (діаметр поршню) визначаємо по формулі:

$$D = \sqrt{\frac{4 * F}{\pi * p_p * \eta}} = \sqrt{\frac{4 * 0{,}194}{3{,}14 * 5{,}886 * 0{,}95}} = 0{,}217 \text{ м}$$

де p_p – тиск робочої рідини в циліндрі $p_p = 5{,}886$ МПа;

η - ККД циліндру, $\eta = 0{,}95$.

Обираємо з [1, стр. 386] D=0,220 м.

Шток обираємо з [1, стр. 386] d=0,07 м.

Швидкість переміщення робочого органу циліндру (штоку):

$$V = \frac{Q}{S},$$

де Q – витрата робочої рідини циліндру, Q=0,0017 м^3/с;

S – площа штоку, S=0,038 м^2;

$$V = \frac{0{,}0017}{0{,}038} = 0{,}045\ \frac{м}{с}.$$

Хід поршню 520 мм , повний діапазон переміщення циліндр виконує за 115 секунд.

$$t = \frac{520}{4{,}5} = 115\ с.$$

Розраховуємо зовнішній діаметр циліндру:

$$R_з = R\sqrt{\frac{[\sigma] + 0{,}4 * p}{[\sigma] - 1{,}3 * p}},$$

де [σ] – допустима напруга для циліндрів з стальної углеродистої сталі 120 МПа;

R – внутрішній радіус циліндру;

p – тиск рідини в циліндрі приймають p=1,25*Pp=7,3575 МПа.

$$R_з = 0{,}11\sqrt{\frac{120 + 0{,}4 * 7{,}3575}{120 - 1{,}3 * 7{,}3575}} = 0{,}13\ м$$

Тобто зовнішній діаметр складає 260 мм,

товщина стінки циліндру $\delta = 20$ мм.

$\frac{\delta}{D} = 0{,}09 \leq 0{,}1$ – циліндр тонкостінний.

Товщина кришки циліндру:

$$\delta_к = 0{,}405\sqrt{\frac{p_р}{[\sigma]}} = 0{,}405\sqrt{\frac{5{,}886}{120}} = 0{,}08\ м.$$

Діаметр болтів під кріплення кришок циліндрів:

$$d_б = D\sqrt{\frac{p}{1{,}2 * n * [\sigma]}} = 0{,}22 * \sqrt{\frac{5{,}886}{1{,}2 * 8 * 120}} = 0{,}02356м$$

де n – число болтів на кришці, приймаємо болти М24.

Для забезпечення працеспроможності гідроциліндру необхідно також забезпечити стійкість штоку при повздовжньому згинанні, так як L – довжина штока 927 мм > 10*d=700 мм. Розрахунок на стійкість виконується при повному виході штоку з циліндру.

$$F_{kp} = \text{k} * \frac{\pi^2 * E * I}{L^2},$$

де к – коефіцієнт, який враховує характер закріплення кінців штоку та гідроциліндру (к=1, при шарнірному закріпленні обох кінців);

E – модуль пружності, для сталі ($2{,}1*10^6$ кг/см^2);

I – момент інерцій перерізу штока при згинанні;

L – довжина стискаємого відрізку.

$$\text{I} = 0{,}0491 * d^4 = 0{,}0491 * 0{,}07^4 = 118 \text{ см}^4$$

$$F_{kp} = 1 * \frac{3{,}14^2 * 2{,}1 * 10^6 * 118}{1290^2} = 1514{,}8 \text{ кН}$$

Максимальне робоче навантаження:

$$\text{F} = \frac{F_{kp}}{S}$$

де S – запас міцності (2,5...3,5);

$$\text{F} = \frac{1514{,}8}{2{,}5} = 605{,}29 \text{ кН}$$

Максимальне навантаження штоку 605,29 кН>155 кН робочого навантаження.

3. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Заходи по монтажу транспортного маніпулятора

У кувально – пресовому цеху монтаж устаткування виконується попередньо укрупненими вузлами й блоками. Спосіб великоблочного монтажу включає наступні прийоми й способи: насув зібраного осторонь вузла машини на проектну оцінку; спосіб поступового нарощування, при якому на попередньо встановленій і вивіреній базовій деталі (вузлі) проводять монтаж інших вузлів машини. При монтажі кранового встаткування застосовується спосіб повороту з горизонтальної площини у вертикальну. Крім зборки й укрупнення встаткування обв'язують трубопроводами, організують обслуговуючі площадки, наносять теплоізоляцію, виконують футеровочні роботи, проводять гідравлічні й пневматичні випробування встаткування й трубопроводів. Крім попередньої укріпної зборки встаткування до початку монтажу зборка блоками забезпечується також за рахунок великоблочної поставки встаткування заводами-виготовлювачами.

Монтаж вузлів транспортного маніпулятора починають з визначення положення бази – підкранових рейок. Результати вивіряння бази оформлюють в виді схеми, на якій вказують проектні і фактичні розміри, які характеризують положення підкранових рейок. Міст транспортного маніпулятора збирають на монтажній площадці. Процес зборки включає наступні основні операції: з'єднання металоконструкцій мосту шаржир – машини , установку механізмів переміщення шаржир – машини, контроль за якістю зборки, контроль прямокутності. Від якості з'єднання металоконструкцій залежить довговічність механізмів переміщення. Візок транспортного маніпулятора збирають в такій же послідовності як і міст. Після закінчення зборки основних вузлів транспортного маніпулятора її монтують на рейки ,спочатку встановлюють міст ,на нього попередньо зібраний візок з механізмами переміщення, на візок встановлюють платформу з механізмами повороту платформи, підіймання та повороту хобота і

вжне на платформу монтують хобот в зібраному вигляді з циліндром затискування.

3.2 Технологія ремонту швидкозношуваних вузлів і деталей

До швидкозношуваних деталей транспортного маніпулятора варто віднести: корпуса підшипників, шестерні редукторів, вали, муфти, гідравлічна апаратура, керни на кліщах.

З підоймо - транспортного устаткування цеху найбільше часто ремонтуються електромостові крани. При цьому кран який знаходиться в ремонті не повинен заважати роботі, так як технологічний процес роботи неперервний. Найбільше часто при поточних ремонтах міняють або переставляють колеса, проміжні вали або муфти, підварюють металоконструкції, настили, міняють троси механізмів головного й допоміжного підйому. У кранових колесах зношуються звичайно реборди й поверхня кочення. Деколи кранові колеса встановлюють не нові, а наплавлені в спеціалізованих цехах (ЦРМО) .

До основних дефектів литих корпусів ставляться: тріщини, пробоїни, зношування отворів для підшипників і різьбових отворів, поломка шпильок і т.д. Тріщини й пробоїни заварюють електродуговим або газовим зварюванням; допускається постановка латок на гвинтах або заклепках. Кінці тріщин засверлюють на прохід свердлом діаметром 3-4 мм. Тріщини й пробоїни в корпусних деталях зашпаровують за допомогою синтетичного клею й полімерних матеріалів.

Якщо корпус у процесі не випробовує більших зусиль, тріщини штифтують.

Різьбові отвори для гвинтів при постановки латок у корпусах, що вимагає дотримання герметичності, роблять некрізними.

Для ремонту сталевих і чавунних деталей із тріщинами й пробоїнами застосовують зварювання. Режим зварювання й марку електрода вибирають

залежно від складності форми деталі, матеріалу й умов її роботи. Після зварювання наплавлену поверхню обробляють переносним абразивним інструментом.

Вали ремонтують у випадку аварійної відмови й при неможливості швидко знайти новий вал.

Погнуті вали можуть бути виправлені холодним або гарячим способом. Гарячий спосіб виправлення застосовують для валів діаметром 50 мм і вище.

Відновлення поламаних валів може бути виконано газовим зварюванням або електрозварюванням. Зварювання починають із накладення швів на дотичні частини вала, що зварює. При електрозварюванні валів наплавлений метал, що остигає, злегка проковує затупленим зубилом. Підігрів валів до 300 – 400°С значно зменшує ймовірність їхнього жолоблення. Вали можуть бути відремонтовані також за допомогою надставок, які застосовуються при заміні відламаної частини вала нової й сполуці між собою двох частин зламаного вала.

Якщо відламана значна частина вала, то торці ремонтної надставки вала підрізають, висвердлюють у них отвору й нарізають різьблення. Вал і надставку збирають за допомогою шпильки, потім зварюють у місці сполуки й шліфують. Якщо частини зламаного вала зберігаються, то за допомогою ремонтної вставки їх з'єднують і тим самим відновлюють первісну довжину вала, скорочену при порізкі торців частин вала в місцях злому.

Зношені поверхні шийок і цапф валів можуть бути наплавлені киснево - ацетиленовим полум'ям й електричним зварюванням.

3.3 Система змащування

Машина має по одній центральній системі змащування консистентним мастилом для мосту та для поворотної платформи. Консистентне мастило підводиться з допомогою ручних насосів і розподіляється на кожну замазочну точку через подаючи клапани.

Змащувальні точки підшипників ходових коліс, які знаходяться на нижньому візку, не підключені к центральній системі змазування консистентним мастилом, а змащуються вручну.

Данні о кількості мастила, та о видах змащувальних засобів і о періодичності змащування приведені на схемі змазки.

Таблиця 3.1 – Карта змащування транспортного маніпулятора

№	Найменування точок для змащування	Тип мастила	Спосіб змащування	Періодичність огляду	Кількість	Повна заміна мастила
1	2	3	4	5	6	7
1.	Тормозні магніти	Трансформаторне мастило ТСО	Ручний	Кожний місяць	5 л	1 рік
2.	Гідравлічна установка	Гідравлічне масло Hydralic lift-32		Кожний день	400 л	6 місяців
3.	Зубчаті муфти	Hydroil HM-120	Ручний	Кожний місяці	1,2 л	Місяців
4.	Перебор механізму візка	Hydroil HM-22	Ручний	Кожен тиждень	По необхідності	
5	Перебор мех. мосту	Hydroil HM-22	Ручний	Кожну неділю	По необхідності	
6.	Обід шестерні	Hydroil HM-22		Кожну неділю	По необхідності	

№	Найменування точок для змащування	Тип мастила	Спосіб змащування	Періодичність огляду	Кількість	Повна заміна мастила
1	2	3	4	5	6	7
	мех. повороту					
7	Зубчаста рейка-зубчате колесо	Адгезіоне мастило ADHF 20		Кожну неділю	По необхідності	
8	Циліндричні редуктори	Higrate XP - 68	Циркуляціонна	Ежемесячно	15 л	6 місяців
9	Черв'ячний редуктор	Агринол ИТД-32	Ручна	Кожний день	По необхідності	1 год
10	Спрямовуючий ролик	Агринол ИТД-32	Ручна	Кожний місяці		1 год
11	Мех. перем. візка	Агринол ИТД-32	Ручна	Кожний місяць		1 год
12	Мех. поворота платформи,мех.підйому,механізм повороту кліщів, мех.переміщення моста	Агринол ИТД-32	Центральна система змазування	Кожний день	По необхідності	

3.4 Розрахунок системи строповки

Діаметр каната визначають наступним чином. Спочатку розраховують розривне зусилля канату:

$$P \geq S \cdot k,$$

де S – максимальне розрахункове зусилля;

k – коеффіцієнт запасу міцності канатів.

k = 6 для під'їомно – транспортного устаткування при важкому режимі роботи .

Розрахунок стропування візка шаржир – машини

$$P = 26800 \cdot 6 = 160800 \text{ Н}.$$

Величина S в гілці стропа залежить від розташування і кількості гілок, на яких підвішений вантаж. При стропуванні вантажу за схемою (Рис 3.1) зусилля можна визначити з умови рівноваги:

$$4 \cdot S \cdot \sin\beta - G = 0,$$

звідки

$$S = \frac{G}{4 \cdot \sin\beta},$$

де G - вага вантажу;

β- кут нахилу стропа до горизонту.

При малих кутах нахилу стропа значення S сильно зростають, що веде у збільшенню діаметра каната і появі у вантажі додаткових стискаючих зусиль. У вантажах, що володіють малою жорсткістю щодо осі у, можуть виникати значні деформації. Тому розташовувати гілки стропа під кутом <30° не рекомендується. У загальному випадку зусилля в гілці стропа дорівнює:

$$S = \frac{G}{n \cdot sin\beta} k_{И},$$

де n - кількість гілок стропа;

$k_{И}$ – коеффіцієнт нерівномірності навантаження на гілку стропа.

Якщо вантаж підвішений на одній або двух гілках, то $k_{И}$ = 1,0. При кількості гілок більше двух $k_{И}$ = 1,3 ÷1,4.

$$S = \frac{26800}{4 \cdot sin45} \cdot 1{,}4 = 13265{,}5 \text{ Н}.$$

За величиною зусилля, користуючись каталогами, знаходимо необхідний канат:

Канат подвійної завивки типу ЛК – 0 конструкції 6х7(1+6) + 1 о.с. по ГОСТ 3069 – 80 з характеристиками, діаметр канату – 4,9 мм., розривне зусилля – 14350 Н, тимчасовий опір розриву - 1960 МПа, маса 1000м канату – 83,7 кг.

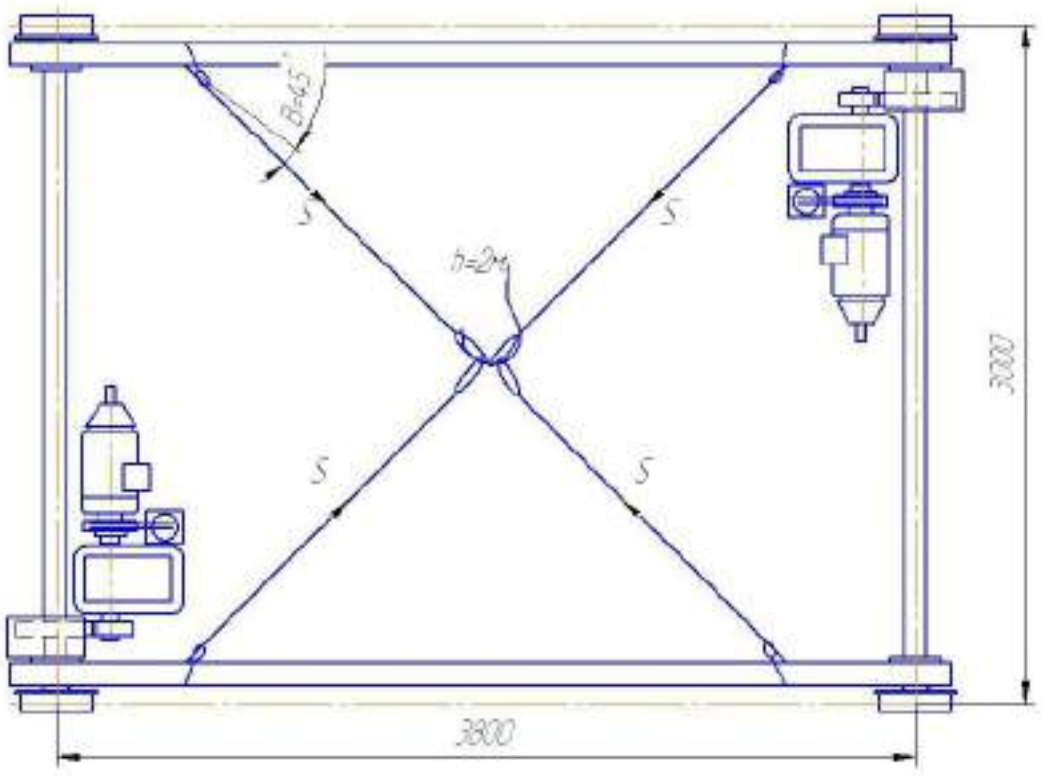


Рисунок 3.1 – Схема розрахунку зусиль в гілці стропу

Розрахунок стропування платформи в зборі:

$$P = 200000 \cdot 6 = 1200000 \text{ Н.}$$

Величина S в гілці стропа залежить від розташування і кількості гілок, на яких підвішений вантаж. При стропуванні вантажу за схемою (Рис 3.2) зусилля можна визначити з умови рівноваги:

$$2 \cdot S \cdot \sin\beta - G = 0,$$

звідки

$$S = \frac{G}{2 \cdot \sin\beta},$$

де G - вага вантажу;

β- кут нахилу стропа до горизонту.

$$S = \frac{G}{n \cdot sin\beta} k_{И},$$

де n - кількість гілок стропа;

$k_{И}$ – коеффіцієнт нерівномірності навантаження на гілку стропа.

Якщо вантаж підвішений на одній або двух гілках, то $k_{И} = 1,0$. При кількості гілок більше двух $k_{И} = 1,3 \div 1,4$.

$$S = \frac{200000}{2 \cdot sin45} \cdot 1,4 = 197991,8 \text{ Н.}$$

За величиною зусилля, користуючись каталогами, знаходимо необхідний канат: канат подвійної завивки типу ЛК – РО конструкції ЛК-РО 6х36х(1+7+7+7/7+14) + 1 о.с. по ГОСТ 7668 – 80 з характеристиками, діаметр канату – 22 мм., розривне зусилля – 207500 Н, тимчасовий опір розриву - 1372 МПа, маса 1000м канату – 1830 кг.

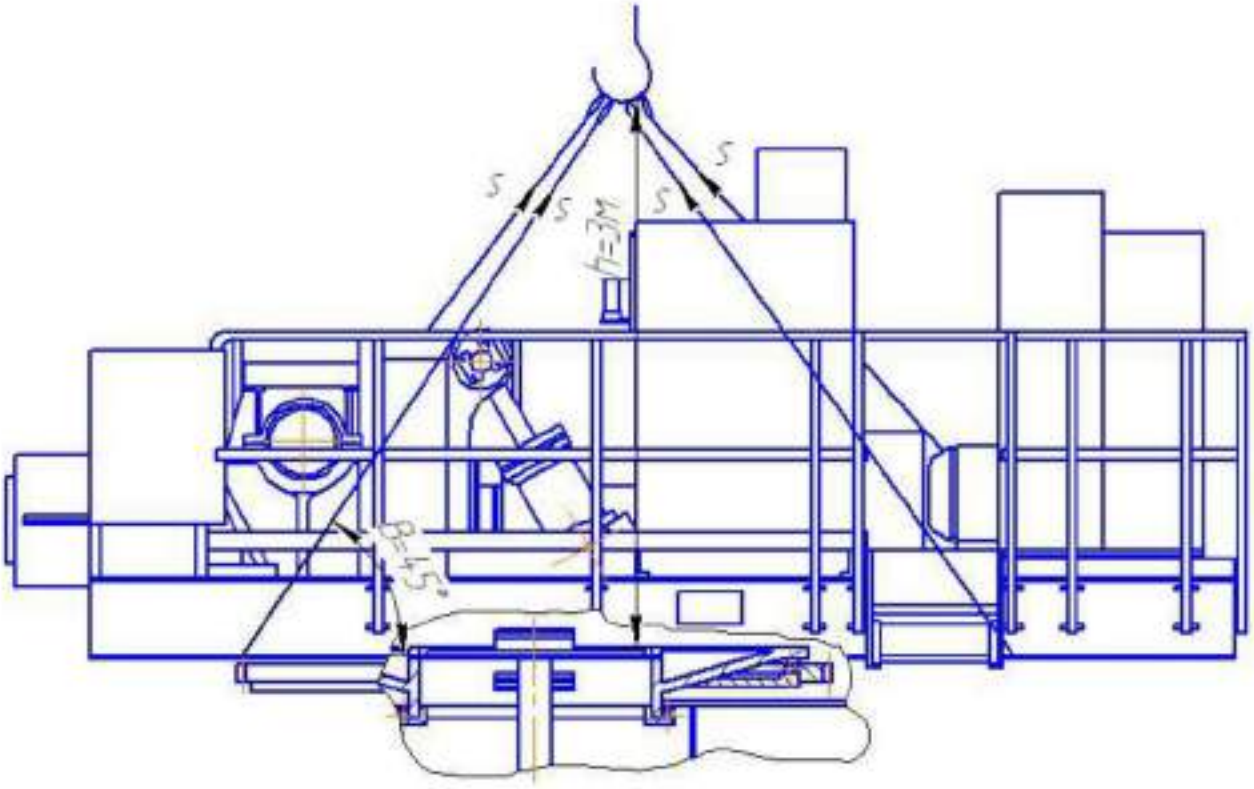


Рисунок 3.2 – Схема розрахунку зусиль в гілці стропу

Розрахунок стропування механізму підйому транспортного маніпулятора

$$P = 120000 \cdot 6 = 720000 \text{ Н.}$$

Величина S в гілці стропа залежить від розташування і кількості гілок, на яких підвішений вантаж. При стропуванні вантажу за схемою (Рис 3.3) зусилля можна визначити з умови рівноваги:

$$2 \cdot S \cdot \sin\beta - G = 0,$$

звідки

$$S = \frac{G}{2 \cdot \sin\beta'}$$

де G - вага вантажу;

β- кут нахилу стропа до горизонту.

$$S = \frac{G}{n \cdot sin\beta} k_{И,}$$

де n - кількість гілок стропа;

k_{II} – коеффіцієнт нерівномірності навантаження на гілку стропа.

Якщо вантаж підвішений на одній або двух гілках, то k_{II} = 1,0. При кількості гілок більше двух k_{II} = 1,3 ÷1,4.

$$S = \frac{120000}{2 \cdot sin45} \cdot 1{,}4 = 118795 \text{ Н}.$$

За величиною зусилля, користуючись каталогами, знаходимо необхідний канат:

Канат подвійної завивки типу ЛК – Р конструкції 6х19х(1+6+6/6) + 1 о.с. по ГОСТ 2688 – 80 з характеристиками, діаметр канату – 16,5 мм., розривне зусилля – 121500 Н, тимчасовий опір розриву - 1372 МПа, маса 1000м канату – 1250 кг.

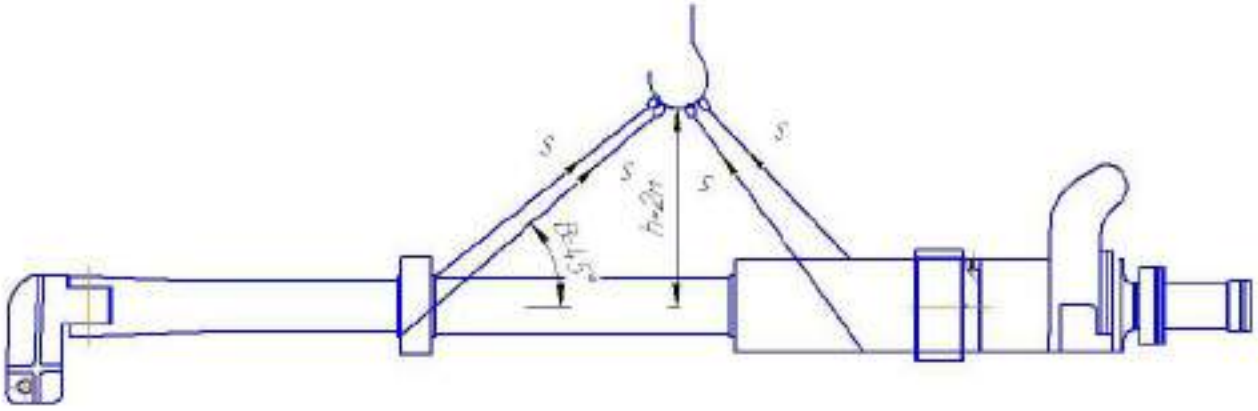


Рисунок 3.3 – Схема розрахунку зусилля в гільці стропу механізму підйому кліщів

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика факторів безпеки процесу експлуатації маніпулятора

Основними шкідливими та небезпечними чинниками в цеху визначаються: шум, вібрація, надлишкове теплове виділення на ділянках нагрівальних печей, преса, загазованість на окремих робочих місцях; електронебезпека; вірогідність падіння вантажів з кранів.

Подача нагрітих зливків від нагрівальних печей вважається переважно безпечною операцією. Разом з тим, при транспортуванні зливків можливе падіння гарячої окалини, виникнення теплових опіків. Рівень небезпеки виробничого процесу при гарячому штампуванні помітно вищий, ніж при холодному, що обумовлено високою температурою оброблюваного металу [17].

Таблиця 4.1 - Технологічна карта умов праці для ремонтного персоналу кувально-пресового цеху

Фактори	Нормативне значення, ГДК, ГДР	Фактичне значення	III клас шкідливих і небезпечних умов., і характер праці			Час дії фактору % у зміну
			1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	
1	2	3	4	5	6	7
I. Шкідливі хімічні речовини, мг/м^3						
2 клас небезпеки						
Марганцю оксиди	0,3	0,56	1,87			83,1
3-4 клас небезпеки						
Азоту діоксид	2,0	4,0	2,0			83,1
II. Пил переважно фіброгенного дії, мг/м^3						
III. Шум, дбА	80	93		13		100

Фактори	Нормативне значення, ГДК, ГДР	Фактичне значення	III клас шкідливих і небезпечних умов., і характер праці			Час дії фактору % у зміну
			1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	
1	2	3	4	5	6	7
IV. Мікроклімат у приміщенні						
- температура повітря, °С	16-27	40,5			13,5	83,1
- відносна вологість повітря, %	55	46	16%			83,1
- інфрачервоне випромінювання, Вт/м²	140	654		654		80,1
Кількість факторів			3	2	1	
Категорія важкості праці – середня IIа						
Категорія напруженості праці – помірно напружена						

Додатковими загрозливими чинниками при гарячому оброблянні металу виступають температурний діапазон нагрівання виливка, швидкість його остигання під час деформації тощо. Суттєво збільшує фактор небезпеки технології, застосування у потоці машин вогневого зачищення металу. Під час вогневого зачищення існує ймовірність вибуху газів. Решта технологічних операцій (охолодження, таврування, складування металу) особливого впливу на рівень безпеки технологічного процесу не чинять.

Параметри умов праці представлені в таблиці 4.1. Згідно з таблицею, є 2 фактора I ступені, 2 фактора II ступені, 1 фактор III ступені. Пільги й компенсації: пенсія за списком №1: пенсійний вік для чоловіків 50 років, додаткова відпустка - 14 днів; надбавка до зарплати 24 %, молоко. Умови й характер відносяться до III класу, III ступені.

4.2. Заходи щодо захисту від виявлення шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища

Усі працівники цеху безкоштовно забезпечені спец одягом, спец взуттям і засобами індивідуального захисту. До складу спецодягу входять: костюм х/б, черевики. У зимовий час видається утеплена куртка й ватяні штани. Біля преса робітникам видають брезентовий одяг для захисту від високих температур і випромінювань.

Для захисту органів дихання робітникам видаються респіратори протипилові типу ШБ – 1М «Пелюстка 5», «Паросток» і «Тополь 4».

Для захисту органів слуху - протишумові навушники з межею до 110 дБ.

Згідно з картою умов праці дана професія має основні фактори шкідливості й небезпеки праці – шум, температура повітря, газоподібні виділення [17].

Наведені вище шкідливості спричиняють появу окремих ознак профзахворювань (глухота), а також спричиняють ріст патологій з короткочасною втратою працездатності (теплові удари).

По показниках робоче місце оператора відноситься до шкідливих і тяжких умов праці.

З метою попередження нещасних випадків забороняється:

- починати й вести роботу при яких-небудь несправностях у механізмах;
- самовільно, поза встановленим порядком, надавати руху машині;
- допускати сторонніх осіб до працюючої машини;

Ремонт і регулювання машини робити тільки при знятій напрузі й зупиненому двигуні.

Кабелі, що підводять струм, повинні бути добре ізольовані й захищені від ушкоджень.

Машина, електродвигун і електроапаратура повинні бути надійно заземлені.

Усі проходи навколо машини повинні бути вільні від сторонніх предметів.

Підлога навколо машини повинна представляти рівну неслизьку поверхню.

Робоче місце, повинне бути добре освітлене.

При монтажі керуватися вимогами безпеки, розробленими монтажними організаціями.

Створення оптимальних метеорологічних і екологічних умов у виробничому приміщенні є складним завданням, розв'язок якого йде в наступних напрямках:

- раціональне розміщення джерел теплоти, при охолодженні гарячих виробів, у спеціальних приміщеннях, що мають потужну вентиляційну систему;

- механізація й автоматизація виробничих процесів шляхом впровадження механічного розвантаження, впровадження транспортних трубопроводів.

- впровадження більш раціональних технологій і встаткування.

4.3 Технічні рішення по гігієні праці і виробній санітарії

Мікроклімат

Під мікрокліматом розуміють сукупність заходів і обладнання, що спрямовані на створення на робочих місцях, у робочих та сервісних зонах приміщень певних метеорологічних параметрів та чистоти повітря. Вентиляція класифікується на природну та механічну, виходячи зі способу переміщення повітря. Для мінімізації тепловиділення та викидів шкідливих речовин, все обладнання забезпечене витяжними системами (зонтами), сполученими повітропроводами з пристроями для очищення повітря [17].

На металургійних ділянках також застосовується природна вентиляція. У цьому випадку обмін повітря відбувається через наявні отвори: вікна, двері, ворота.

Обігрів побутових приміщень реалізується за допомогою панельних опалювачів (батарей), в яких теплоносієм є пара. Подача тепла до цих приміщень здійснюється від цеху тепловодопостачання.

Ефективним засобом забезпечення необхідних гігієнічних якостей повітря, що сприяють нормальній роботі передбачена вентиляція деяких робочих місць. Норми мікроклімату на постійних робочих місцях зазначено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Припустимі норми мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура повітря в приміщеннях, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Теплий	Середня важкість IIа	21-23°С	65% (при 26°С)	0,3
Холодний	Середня важкість IIа	18-20°С	75	0,2

У реальних умовах: біля нагрівальних печей і преса температура значно перевершує припустимі норми. Для захисту від інфрачервоних випромінювань використовуються екрани, огородження. Для оператора машини слід обладнати кабіну.

Освітлення виробничих приміщень

Для облаштування комфортних умов праці важливе значення має розумне освітлення. Недостатнє освітлення ускладнює виконання робіт, призводить до зменшення продуктивності праці та погіршення зору, а також може бути причиною нещасних випадків та пов'язаних з ними захворювань.

Для ремонту устаткування передбачено штучне освітлення [17].

На промислових підприємствах штучне освітлення класифікується на робоче (для виконання робіт у темну пору доби або в місцях з недостатнім природнім освітленням), аварійне (для виконання робіт при аварійному вимкненні робочого освітлення), евакуаційне (аварійне освітлення для евакуації

людей з приміщення при аварійному вимкненні робочого освітлення) та охоронне. За потреби частина світильників того чи іншого виду освітлення може використовуватися для чергового освітлення.

Штучне освітлення складається з двох систем: загальне (рівномірне або локалізоване з урахуванням розташування робочих місць) та комбіноване, коли до загального освітлення додається місцеве. Використання лише місцевого освітлення не допускається, оскільки різкий контраст між яскраво освітленими та неосвітленими місцями стомлює очі, сповільнює швидкість роботи та часто є причиною нещасних випадків.

Відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 для приміщень, у яких виконуються роботи 6 розряду, тобто спостереження за ходом виробничого процесу, передбачається комбіноване освітлення.

Природне освітлення нормується. Основним показником нормування є коефіцієнт природної освітленості (КПО).Місто Запоріжжя перебуває в 4 поясі світлового клімату, тому КЕО для нього буде обчислюватися по формулі:

$$KEO_{\text{ln}}^{4} = KEO_{\text{ln}}^{3} \cdot m \cdot e = 1{,}8 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}85 = 1{,}38\%,$$

де: KEO_{ln}^{3} - значення КЕО для 3 пояса світлового клімату;

m – коефіцієнт світлового клімату;

e – коефіцієнт сонячності клімату.

Освітленість повинна бути забезпечена не менш 75% максимуму, що досягається застосуванням комбінованого освітлення.

Для штучного освітлення IV розряду зорової роботи (середня точність) з $E_н$=150 лк використовуються газорозрядні лампи Дрл-600 і світильники «Астра».

Виробничий шум, виробнича вібрація

За походженням шум поділяють на механічний, що виникає від тертя деталей у механізмах та машинах як на холостому, так і на робочому ходу;

аерогідродинамічний, що з'являється при значних швидкостях руху повітряних, газових чи рідинних потоків; імпульсний, що виникає від зіткнення твердих тіл; термічний, що виникає під час згоряння газоподібного палива.

Шум різної інтенсивності та частоти, тривалий час впливаючи на працівників, призводить до послаблення слуху, а згодом і до розвитку професійної глухоти. Крім того, шум негативно впливає на фізіологічні функції людського організму. Будучи зовнішнім подразником, що сприймається та аналізується корою головного мозку, шум викликає перенапруження центральної нервової системи та порушення функцій внутрішніх органів і систем людини.

Для зменшення шуму в місці його утворення використовують заміну зворотно-поступальних рухів на обертальні; демпфування коливань деталей та окремих вузлів агрегату шляхом їх поєднання з матеріалами, які мають значне внутрішнє тертя: гумою, пробкою, бітумом, бітумним картоном, азбестом та іншими; зниження інтенсивності вібрацій деталей агрегатів за рахунок облицювання цих поверхонь [17].

Для ослаблення вібрацій, усі агрегати, які їх створюють (робочі машини, двигуни, вентилятори тощо), встановлюють на окремих фундаментах, віброізольованих від підлоги та інших конструкцій будівлі, або ж на спеціально розрахованих амортизаторах зі сталевих пружин або пружних матеріалів. Щоб послабити передачу вібрацій та шуму по повітроводах і трубопроводах, їх з'єднання з вентиляторами та насосами здійснюється за допомогою гнучкої вставки з прогумованої тканини.

4.4 Заходи з техногенної безпека

Електробезпека. Виробничі випромінювання

На механізмах шаржир – машини від поломок при перевантаженнях передбачені запобіжники. Ходові колеса із двома ребордами, що пересуваються по рейкам, захищені щитками, що запобігають можливість потрапляння під

колеса сторонніх предметів. Попереду й позад ходової рами встановлені гумові буферні пристрої – амортизатори. Механізм обертання кліщів має фрикційний запобіжник, що виключає поломки при перевантаженнях.

Рукоятки керування на пульті мають різні форми й розміщені з урахуванням зручного керування машиною, а також забезпечені таблицями, що вказують найменування й напрямок руху механізмів.

Електродвигун обертання кліщів має східчасте регулювання швидкостями. В електросхемі передбачений нульовий захист. Усі електродвигуни захищені від перевантаження й короткого замикання. Про подачу напруги на силові ланцюги й ланцюга керування сигналізує лампа, розташована на пульті керування.

Для подачі сигналів під час роботи, на машині встановлений дзвінок, що включається від педалі.

Для аварійного відключення машини на пульті керування встановлений вимикач із рукояткою револьверної форми, а також є автоматичний вимикач.

Ремонт електроустаткування дозволяється робити тільки особам, що мають відповідну групу електробезпечності. Ремонт проводиться тільки після повного зняття напруги.

Обов'язкове виконання інструкцій для експлуатації машини операторами, гарні знання пристрою механізмів шаржир – машини гарантують безпечну роботу, безпека обслуговуючого персоналу, збільшує термін служби машини. Про найменші замічені несправності, що навіть суттєво не впливають на роботу машини оператор зобов'язаний негайно повідомити цехову адміністрацію.

Виробничі випромінювання.

Температурний режим у виробничих приміщеннях або в ізольованих його частинах залежить від величини тепловиділення устаткування, агрегатів, нагрітих напівфабрикатів і готової продукції, а також від сонячної радіації, що проникає в цех через відкриті й засклені прорізи. Частина тепла, що знаходиться у цеху, віддається назовні, а решта, так зване явне або надлишкове тепло, нагріває повітря робочих приміщень.

Робітники ковальсько-пресового цеху постійно або періодично зазнають впливу інфрачервоного випромінювання. Інтенсивність опромінення на робочих місцях залежно від розмірів і температури джерел випромінювання й відстані від нього змінюється в широких межах.

Інтенсивність теплового опромінення може бути розрахована за формулою, Вт/м^2

$$q_{И} = \frac{0{,}78[(\frac{T_{И}}{100})^4 - 110]\sqrt{F}}{1} = \frac{0{,}78[(\frac{393}{100})^4 - 110]\sqrt{6}}{4} = 61{,}4 Вт/м^2,$$

де $T_{И}$ – температура випромінюючої поверхні, К;

F – площа випромінюючої поверхні в м^2;

L – відстань від джерела теплового опромінення до робочого місця.

Для покращення умов праці в гарячих цехах та захисту працівників від теплового впливу застосовують наступні методи: теплоізоляція поверхонь, що випромінюють тепло, використовуючи водоохолоджувані екрани, рами, щити, завіси тощо; теплоізоляція та охолодження робочих місць (постів керування, кабін машиністів кранів тощо); природна та механічна вентиляція; повітряне охолодження замкнених агрегатів, що перебувають у ремонті; водорозпилення на робочих місцях та у приточних віконних прорізах; спецодяг та індивідуальні захисні пристрої – щитки, екрани, окуляри, світлофільтри; раціональна організація режиму праці та відпочинку [17].

Ефективним засобом зменшення шкідливого впливу тепловиділень є максимальне скорочення часу перебування нагрітого металу у виробничих приміщеннях.

При необхідності застосування захисних екранів для зменшення потоку теплового випромінювання застосовується наступна методика. Визначається ступінь екранування або коефіцієнт зниження температури β для системи «випромінювач – екран» визначається по співвідношенню:

$$\mu = \frac{T_и}{T_э} = \frac{393}{303} = 1{,}3,$$

де $T_и$, $T_п$ і $T_э$ – температури поверхонь випромінювача тіла, що опромінюється, і екрана, К.

Для системи випромінюючих тіл, що й опромінюються, випромінювальні здатності можуть бути визначені по формулах:

система «випромінювач – екран»:

$$\varepsilon_{и\text{-}э} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_и} + \frac{1}{\varepsilon_э} - 1} = \frac{1}{\frac{1}{0{,}5} + \frac{1}{0{,}8} - 1} = 0{,}44,$$

система «екран – тіло, що опромінюється,

$$\varepsilon_{э\text{-}п} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_э} + \frac{1}{\varepsilon_п} - 1} = \frac{1}{\frac{1}{0{,}8} + \frac{1}{0{,}7} - 1} = 0{,}59,$$

де$\varepsilon_ц$, $\varepsilon_п$ і $\varepsilon_э$– випромінювальні здатності випромінювача, тіла, що опромінюється, і екрана.

Ступінь зниження температури m між джерелом випромінювання й опромінюючим тілом при наявності екранів можна розрахувати по формулі:

$$m = \frac{1 - \left(\frac{T_п}{T_и}\right)^4}{\frac{1}{\mu^4}\left(\frac{T_п}{T_и}\right)^4} \cdot \frac{\varepsilon_{и\text{-}э}}{\varepsilon_{э\text{-}п}} = \frac{1 - \left(\frac{309}{393}\right)^4}{\frac{1}{1{,}3^4}\left(\frac{309}{393}\right)^4} \cdot \frac{0{,}44}{0{,}59} = 3{,}4$$

З обліком вище знайдених величин можна визначити кількість екранів n, які необхідно встановити між випромінювачем та людиною:

$$n = m\frac{\varepsilon_{и\text{-}э}}{\varepsilon_{э\text{-}п}} - 1 = 3{,}4\frac{0{,}44}{0{,}59} - 1 = 1{,}5_{шт.}$$

Число екранів визначається шляхом округлення до цілого числа знайденої вище величини n у більшу сторону, в нашому випадку n=2 екрани.

ВИСНОВКИ

У випускній роботі описано технологічний цикл та обладнанням кувально – пресового цеху заводу «Дніпроспецсталь». Описано технологію роботи транспортного маніпулятора, що обслуговує нагрівальні печі та кувальні агрегати кувально-пресового цеха. Проведено розрахунки на міцність і на витривалість найбільш навантажених деталей і вузлів основних механізмів маніпулятора.

Аналіз конструкцій транспортних маніпуляторів показав наявність недоліків у їх роботі. Наявний підвищений знос ходового механізму та механізму затиску та утримання зливків. Існуючі конструкції включають: ходовий візок (платформа), що слугує для переміщення по рейках уздовж печей; робочий орган (захват/маніпулятор), у вигляді кліщів, що служить для маніпулювання заготовками (захват, переміщення, завантаження/вивантаження); систему керування; теплозахисний екран.

Основними недоліками існуючої конструкції транспортного маніпулятора є низький термін служби елементів приводу через значний знос його елементів. Технічна задача, що вирішується в проекті модернізації, полягає у підвищенні терміну служби елементів приводу.

Для вирішення поставленої задачі у конструкції механізму переміщення маніпулятора необхідно внести зміни пов'язані з зміною підшипникових опор.

Для зменшення концентрації навантаження на вал і підшипники рекомендується підвищення твердості валів і використання самоустановлювальні підшипники.

Таким чином, на підставі проведеного аналізу було встановлено що механізми переміщення візка має низький ресурс. Було вирішено замінити підшипники та встановити підшипник 3556. Встановлений підшипник є дворядний сферичний роликовий з бортиками на внутрішньому кільці, що відповідає ГОСТ 5721-75. Він призначений для сприйняття радіальних та осьових навантажень в обох напрямках, включаючи значний перекіс.

Запропонована модернізація дозволить зменшити час простоїв обладнання та збільшити міжремонтний період.

В експлуатаційні частині випускної роботи описано технологія ремонту швидкозношуваних вузлів і деталей. Розроблені рекомендації по монтажу та ремонту маніпулятора. Розроблено схему строповки основних вузлів.

У розділі охорона праці та техногенна безпека проведено аналіз потенційних і шкідливих факторів виробничого середовища та запропоновано технічні заходу захисту від шкідливих факторів виробничого середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жук А. Я., Желябіна Н. К., Малишев Г. П. Основи наукових досліджень в сфері практичної механіки. Кн. 1. Теоретичні дослідження : навч. посіб. Київ : Кондор, 2012. 184 с.

2. Жук А. Я., Желябіна Н. К., Малишев Г. П. Основи наукових досліджень в сфері практичної механіки. Кн. 2. Експериментальні дослідження : навч. посіб. Київ: Кондор, 2012. 221 с.

3. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин : навч. посіб. Запоріжжя : видавництво ЗДІА, 1996. 145 с.

4. Гребінник В. М., Іванченко Ф. К., Ширяєв В. І. Розрахунок металургійних машин та механізмів. Київ: Вища школа, 1988. - 383 с.

5. Ремонт металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук, Н. К. Желябіна, Г. П. Малишев, К.В. Таратута. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2017. 236 с.

6. Монтаж металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук, Н. К. Желябіна, Г. П. Малишев, К.В. Таратута. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2018. 330 с.

7. Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій : навч. посіб. / О. І. Сідашенко, О. І. Тіхонов, С. О. Лузан та ін. Харків : ХНТУСГ, 2017. 361 с.

8. Заблонский К.І. Деталі машин: Підручник. – Одеса: Астропринт, 1999. 404с.

9. Кирилюк Ю.Є. Допуски та посадки. Довідник. Київ: Вища школа, 1999. 135с.

10. Технічне обслуговування металургійного обладнання/ А. Я. Жук, Н. К. Желябіна, Г. П. Малишев, К.В. Таратута. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2017. 288 с.

11. Технологія конструкційних матеріалів: навч. посіб. / П. І Літовченко, Л. П. Іванова. – Харків : НА НГУ, 2016. 306 с.

12. Напрями творчого проектування та його техніко – економічне обгрунтування. Книга 1. Навчальний посіб. / Жук А.Я., Желябіна Н.К., Таратута К.В., Коваль М.В. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2012.- 574с Геврик Є. О. Охорона праці: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ: Ельга, Ніка-Центр, 2003. 280 с.

13. Напрями творчого проектування та його техніко – економічне обгрунтування. Книга 2: Навчальний посіб. / Жук А.Я., Бойко О.В., Таратута К.В., Коваль М.В. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2012.-542с.

14. Таратута К. В., Востоцький С. М. Оцінка надійності зубчастих муфт при неспіввісному з'єднанні валів. Геостратегічні трансформації та траєкторія національної безпеки в контексті відбудови і сталого розвитку України. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Запоріжжя, 25-26 травня 2023 р.). Одеса: Олді+, 2023. С. 617-618.

15. Обгрунтування економічної доцільності технічних рішень : навч.-метод. посіб. / А. Я. Жук, Н. К. Желябіна, К. В. Таратута, М. В. Коваль. – Запоріжжя : ЗДІА, 2011. – 364 с.

16. Taratuta K., Protsenko V., Vostotskyi S. Stability assessment of hydraulic cylinders of equipment using CAD and CAE software. Information technologies: science, engineering, technology. Kharkiv: National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», 2024. С. 225-225. URL: https:/ndch.kpi.kharkov.ua/wp-content/uploads/2025/01/Zbirnik-tez-MicroCAD-2024.pdf.

17. Левченко О. Г. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях: рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації : навч. посіб. для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 30 с.