

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

ННІ/факультет	Навчально-науковий технологічний інститут
Кафедра	Інжинірингу з галузевого машинобудування
Спеціальність	133 Галузеве машинобудування
Форма навчання	Денна

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Кукса Станіслав Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему

Механічне обладнання цеху Блюмінг Прокатного департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Модернізація маніпулятора-кантувача робочої кліті 1300

(повна назва теми)

за матеріалами

Цех Блюмінг Прокатного департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

(повна назва бази дослідження)

науковий керівник д.т.н., професор

(наук. ступінь, вчене звання)



(підпис)

Засельський В. Й.

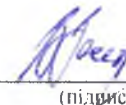
(прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кафедри

від 23 січня 2026 р № 9

Завідувач кафедри



(підпис)

д.т.н., професор

(наук. ступінь, вчене звання)

В. Й. Засельський

(ініціали, прізвище)

Кривий Ріг – 2026

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра Інжинірингу з галузевого машинобудування

Рівень вищої освіти _____ Другий (магістерський) _____

Спеціальність _____ 133 Галузеве машинобудування _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ ІГМ _____



(підпис)

проф., д.т.н., Засельський В. Й.

(посада, вчене звання, прізвище ініціали)

« 20 »

ЖОВТНЯ

2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА ЗДОБУВАЧА

Кукса Станіслав Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра

Механічне обладнання цеху Блюмінг Прокатного департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Модернізація маніпулятора-кантувача робочої кліті 1300

керівник кваліфікаційної роботи магістра Засельський В. Й., д.т.н., професор

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «20» жовтня 2025 р. № 723-ст

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи до кафедри 15.01.2026

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи магістра

Умови виробництва цеху Блюмінг Прокатного департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Конструкція та технічна характеристика маніпулятора-кантувача робочої кліті 1300, інформація про недоліки конструкції.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1 Аналітична частина;







4.2 Основна частина;

4.3 Організація безпечного виробництва.

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

3 аркуші формату А1 складальний кресленник: маніпулятор-кантувач, ролик вертикальний; 2 аркуші формату А1 кресленник деталей: станина, ролик.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

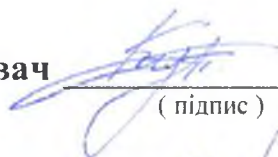
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	Засельський В. Й., професор	 20.10.25	 20.10.25
Основна частина	Засельський В. Й., професор	 20.10.25	 20.10.25
Організація безпечного виробництва	Засельський В. Й., професор	 20.10.25	 20.10.25

7. Дата видачі завдання 20 жовтня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1.	Аналітична частина	21.11.2025	вик.
2.	Основна частина	15.12.2025	вик.
3.	Організація безпечного виробництва	22.12.2025	вик.
4.	Оформлення пояснювальної записки	26.12.2025	вик.
5.	Виконання графічної частини	12.01.2026	вик.
6.	Подання роботи до кафедри	15.01.2026	вик.
7.	Захист роботи в ЕК	26-31.01.2026	

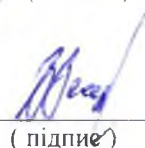
Здобувач


(підпис)

Кукса С. І.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи


(підпис)

Засельський В. Й.

(прізвище та ініціали)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. аркушів	№ екз.	Примітка
1						
2			Документація загальна			
3						
4			Наново розроблена			
5						
6	A4	KPM.133.26.12.ПЗ	Пояснювальна записка	85	-	
7						
8			Документація по			
9			складальним одиницям			
10						
11			Наново розроблена			
12						
13	A1	KPM.133.26.12.00.00.000.СБ	Маніпулятор-кантувач			
14			Складальний кресленник	1	-	
15	A1	KPM.133.26.12.05.00.000.СБ	Ролик вертикальний			
16			Складальний кресленник	1	-	
17	A1	KPM.133.26.12.05.01.000.СБ	Вузол ролика			
18			Складальний кресленник	1	-	
19						
20						
21						
22						
23						
24						

					133.26.12.KPM			
Зм.	Арк.	№ документа	Подп.	Дата	Маніпулятор-кантувач	Літ	Аркуш	Аркушів
Розробив		Кукса		15.01.26		М	1	2
Перевірив		Засельський		19.01.26	Відомість кваліфікаційної роботи	ННТІ ДУЕТ кафедра ІГМ гр. ГМ-24м		
Н.контр.		Засельський		21.01.26				
Затвердив		Засельський		23.01.26				

Копіював

Формат А4

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. аркушів	№ екз.	Примітка
1						
2			Документація по деталям			
3						
4			Ново розроблена			
5						
6	A1	KPM.133.26.12.05.00.001	Станина	1	-	
7	A1	KPM.133.26.12.05.01.001	Ролік	1	-	
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
				133.26.12.KPM		Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		2

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра: 85 стор., 17 рис., 16 табл., 1 додаток, 20 джерел.

Об'єкт розробки — маніпулятор-кантувач робочої кліті обтискного стану 1300 цеху блюмінг.

Мета розробки — поліпшення експлуатаційних характеристик робочої кліті обтискного стану, скорочення такту прокатки.

Метод дослідження — аналітичний — визначення характеристик машини та навантажень в приводі й деталях узла вертикального ролика.

В роботі запропонована модернізація маніпулятора-кантувача робочої кліті шляхом установки додаткових приводних вертикальних роликів в лінійці маніпулятора. Розроблено кінематичну схему та проект механізму. Виконано розрахунки потужності приводу.

Розглянуто методи монтажу та контролю при монтажі деталей та вузлів додаткових вертикальних роликів. Рекомендовані заходи щодо організації безпечного виробництва, обслуговування та ремонту маніпулятора-кантувача.

Запропонована модернізація дозволить зменшити кількість проходів, підвищити якість отриманого блюму.

Результати роботи можуть бути використані при модернізації маніпулятора-кантувача робочої кліті обтискного стану.

Очікуваний економічний ефект від зниження кількості обрізу за рахунок зменшення кількості проходів при прокатуванні злитків та зменшення витрат на поточний ремонт складає 839 тис. грн. на рік. Капітальні вкладення окупляться за 1,48 року.

Ключові слова: блюм, вертикальні ролики, кут захоплення, примусове задання, обтискування, обріз, мотор-редуктор.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	9
1.1 Характеристика цеху	9
1.2 Призначення і область застосування обраної машини, в якості об'єкту дослідження.....	11
1.3 Технічна характеристика машини	11
1.4 Опис конструкції машини	12
1.5 Аналіз недоліків в роботі машини. Можливі причини недоліків.....	16
1.6 Формування мети та задач для її досягнення.....	17
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	18
2.1 Аналіз стану існуючих інноваційних рішень	18
2.2 Пропозиції по досягненню поставленої мети	31
2.3 Аналітичні розрахунки	33
2.3.1 Розрахунок потужності та вибір електродвигуна	36
2.3.2 Силовий та кінематичний аналіз механізму.....	33
2.3.3 Розрахунок та вибір елементів схеми гідروприводу.....	41
2.3.4 Розрахунки на міцність.....	42
2.4 Монтаж, ремонт, змащення	50
2.4.1 Прив'язка машини до технологічного тракту	50
2.4.2 Технологічна карта монтажу.....	53
2.4.3 Зношення відповідальних деталей та методи їх відновлення	59
2.4.4 Розробка графіка планово-попереджувальних ремонтів	61
2.4.5 Змащення.....	63

2.5 Економічна доцільність запропонованих рішень	65
РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	71
3.1 Аналіз основних шкідливостей і небезпечностей	71
3.2 Заходи щодо зниження шкідливостей і небезпечностей.....	73
3.2.1 Засоби індивідуального захисту	75
3.2.2 Санітарно-побутові приміщення і пристрої	77
3.3 Пожежна профілактика.....	78
ВИСНОВКИ	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	83
ДОДАТКИ	85

ВСТУП

Впровадження у виробничий цикл інноваційних технічних рішень, сучасних матеріалів, високопродуктивних агрегатів та автоматизованих систем керування є визначальним чинником підвищення ефективності сучасних металургійних підприємств. Актуальність таких заходів зумовлена зростанням вимог до енергоощадності, безвідходності та стабільності технологічних процесів, а також необхідністю модернізації обладнання, що експлуатується в умовах підвищених навантажень і температурних режимів. На сучасному етапі розвитку металургії особливо важливими стають інженерні розробки, спрямовані на оптимізацію параметрів прокатних станів, зменшення питомих витрат металу й забезпечення високого рівня надійності конструктивних елементів агрегатів.

Кількість обрізів, що утворюється в процесі прокатування, визначається комплексом факторів: геометричною точністю та структурною однорідністю злитків, параметрами температурного поля, алгоритмом роботи клітей та пружними характеристиками приводних і направляючих механізмів стану. Невідповідність цих параметрів оптимальним значенням призводить до збільшення непродуктивних витрат металу та підвищення навантаження на обладнання. З огляду на це актуальними є дослідження, що спрямовані на підвищення техніко-економічних показників обтискних станів та наближення їх роботи до рівня машин безперервного лиття заготовок, які характеризуються мінімальними технологічними втратами та високою стабільністю параметрів процесу.

У межах даної кваліфікаційної роботи розглядається вдосконалення конструкції маніпулятора-кантувача, який виконує функцію орієнтації та подачі заготовки у валки обтискного стану. Запропоноване технічне рішення передбачає реалізацію примусової подачі металу, що дає можливість стабілізувати траєкторію заготовки, підвищити точність її позиціонування та зменшити ймовірність виникнення відхилень, що призводять до збільшення обрізів. Удосконалення конструкції також дозволяє підвищити жорсткість системи, зменшити вібрацій-

ні навантаження та забезпечити більш рівномірне обтискування металу у валках.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика цеху

Блюмінг призначений для прокатки злитків масою до 9 т у блюми перетинном $240 \times 240 \dots 400 \times 400$ мм.

Цех блюмінгу (рис. 1.1) являє собою високотехнологічний виробничий комплекс, призначений для первинної пластичної деформації сталевих злитків масою до 9 т, які надходять зі сталерозливного відділення. Після приймання злитки проходять вхідний контроль, визначається їх геометрія, якість поверхні та відповідність технологічним вимогам. Підготовлені заготовки переміщуються до нагрівальних печей, де забезпечується рівномірне прогрівання металу по всьому перерізу до температури $1150 \dots 1280$ °С. Режим нагріву підбирається залежно від марки сталі та подальшої деформації. Печі обладнуються автоматичними системами контролю температурних зон, що дозволяє підтримувати оптимальний тепловий баланс і забезпечувати необхідну пластичність металу під час прокатування.

Після виходу з печі злитки транспортуються системою рольгангів і маніпуляторів, які забезпечують їх точне позиціонування та орієнтацію перед заданням у міжвалковий простір. Кантувачі виконують примусовий поворот заготовки на заданий кут, що дозволяє рівномірно розподілити деформацію в кількох проходах та мінімізувати виникнення внутрішніх дефектів. Для роботи з великогабаритними заготовками обладнання цієї дільниці має підвищену жорсткість і здатність сприймати значні термічні та механічні навантаження.

Основним технологічним агрегатом цеху є реверсивна двовалкова кліть, яка забезпечує обтискування металу до необхідних параметрів перерізу. Валки

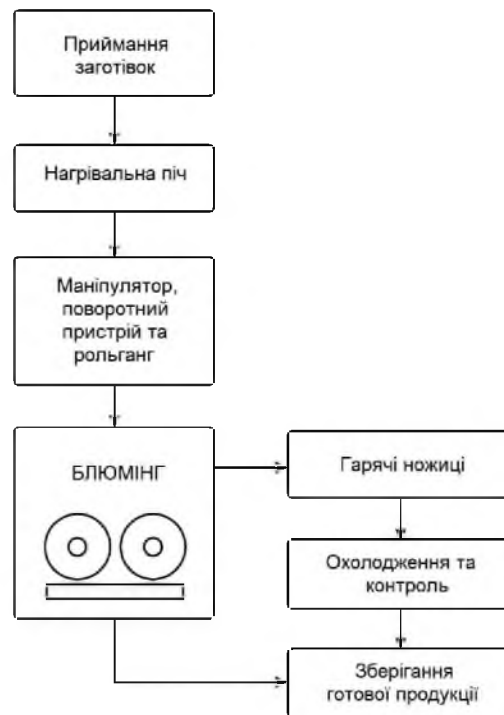


Рис. 1.1. Структурна схема цеху блюмінг

Джерело: розроблено із використанням [1]

оснащені приводом з високим крутним моментом і системою гідравлічного регулювання розвалу, що дозволяє точно задавати зусилля деформації та компенсувати зміну механічних властивостей металу під час охолодження. Технологічний процес передбачає багатопрохідну схему роботи, коли злиток послідовно проходить між валками у прямому і зворотному напрямках, а ступінь зменшення перерізу розраховується з урахуванням допустимих навантажень на валки та необхідності уникнення надмірних внутрішніх напружень заготовки. Основним сортаментом, що формується на блюмінгу, є блюми перерізом 300×300 мм, однак конструкція кліті дозволяє отримувати продукцію ширшого діапазону – від 240×240 до 400×400 мм.

Після завершення прокатування блюми подаються на дільницю гарячого різання, де встановлені ножиці, здатні працювати з металом високої температури та великого перерізу. Різання виконується для формування мірної довжини або видалення технологічних хвостів і дефектних ділянок. Подальша обробка включає транспортування блюмів на охолоджувальні майданчики, де вони рів-

номірно охолоджуються до стану, який дозволяє безпечно виконувати переміщення та штабелювання. На завершальному етапі здійснюється контроль геометричних параметрів, перевірка поверхні, маркування та укладання в пакети. [1]

1.2 Призначення і область застосування обраної машини, в якості об'єкту дослідження

Маніпулятор-кантувач обтискного стану є машиною, що суміщає функції маніпулятора та кантувача.

Основні операції які виконуються за допомогою маніпулятора-кантувача [2]:

- пересування металу по роликах робочого рольгангу паралельно їх боці з метою подальшого правильного задання металу в калібрі;
- випрямлення викривленої при прокатуванні заготовки;
- уловлювання розкату «на ходу» (гальмування) при підвищеній швидкості виходу його з міжвалкового простору;
- повороту (кантуванню) прокатуваного зливку щодо його подовжньої вісі на 90° перед заданням в наступний калібр для забезпечення рівномірного обтискання металу по всьому перетину.

1.3 Технічна характеристика машини

Технічна характеристика маніпулятора-кантувача робочої кліти обтискного стану наведена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Технічна характеристика маніпулятора-кантувача

Параметр, од. вимір.	Значення
Маніпулятор	
Швидкість пересування лінійок, м/с	1,4
Робочий хід лінійок, мм	2750
Монтажний хід лінійок, мм	925
Довжина лінійок (с відкрilками), мм	9620

Продовження табл. 1.1

Параметр, од. вимір.	Значення
Висота лінійок (від рівня рольгу) мм:	
– штовхаючих (правих)	1000
– тягнучих (лівих)	900
Максимальне зусилля правки, кН	140
Електродвигун:	
– тип	ПБК 180/95
– потужність, кВт	610
– частота обертання, об/хв	35
– режим роботи	ПВ100%
– кількість, шт	2
Кантувач	
Максимальна маса злитка, т:	
– при однозливковому прокатуванні	14
– при двохзливковому прокатуванні	12,5×2=25
Кількість кантуючих механізмів, шт	1
Кількість крюків кантуючого механізму, шт	6
Хід крюків від (рівня рольганга), мм:	
– робочий	810
– повний	1220
Число підйомів крюків за хвилину	25
Електродвигун:	
– тип	МП-200-25
– потужність, кВт	200
– частота обертання, об/хв	25
– режим роботи	ПВ 100%
– кількість, шт	1

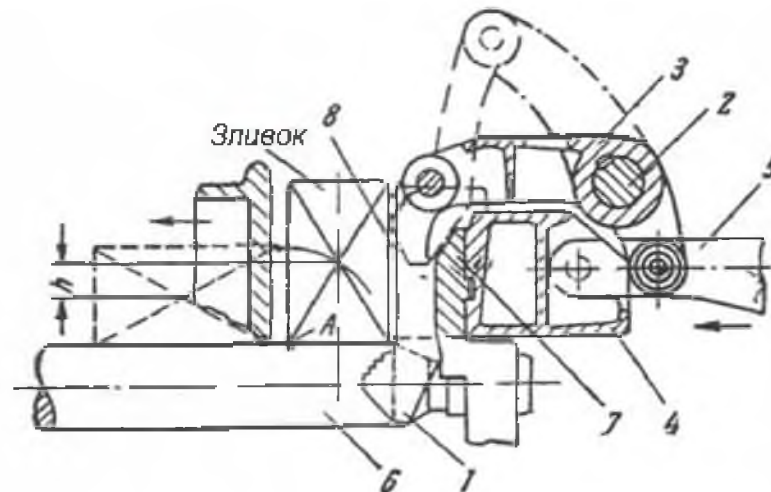
Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

1.4 Опис конструкції машини

Маніпулятор-кантувач встановлений з передньої та задньої сторін робочої кліті. Кожен маніпулятор оснащений двома масивними сталевими литими лінійками, розташованими по боках робочого рольганга. Лінійки переміщуються за допомогою довгих штанг із зубчастими рейками. Передні та задні лінійки з боку приводу валків і приводу роликів приводяться попарно від спільного електродвигуна через систему зубчатих шестерень. Таким чином, ліві або праві лі-

нійки переміщуються синхронно, а також можуть одночасно рухатися назустріч одна одній для захоплення або відсування металу. Метал, що надходить у валки передньою парою лінійок, з протилежного боку приймається задньою парою і переміщується до наступного калібру валків. Середня штанга із зубчатою рейкою з'єднана з валом кантувача та приводиться від електродвигуна.

Кантувач типу гак (рис. 1.2) працює наступним чином. У лінійці маніпулятора 4 передбачені пази 8 направляюча 7, у яких вертикально переміщуються гаки 1. Підйом та опускання гаків 1 забезпечується обертанням валу 2, на якому закріплені важелі 3, шарнірно з'єднані з гаками 1. Вал змонтований у підшипниках на лінійці і повертається при русі штанги 5 вліво. У початковому положенні гребінка гаків 1 розташована між роликми рольганга 6 нижче їх рівня для забезпечення надійного захоплення металу.



- 1 - гак кантуючий; 2 - вал; 3 - важіль; 4 - лінійка маніпулятора; 5 - штанга;
6 - ролик робочого рольгангу; 7 - направляюча; 8 - паз лінійки

Рис. 1.2. Схема гакового кантувача

Джерело: розроблено із використанням [3]

Під час кантування гаки піднімаються, захоплюють нижню частину злитка й повертають його щодо нижнього ребра. Для зменшення динамічних ударів по роликах злиток кантується на лінійку, яка при цьому відсовується. Направляюча лінійки має похилий скіс у верхній частині, що дозволяє гребінці гака пі-

сля кантування входити в паз робочої поверхні лінійки. Це забезпечує можливість переміщення скантованого злитка лінійкою без очікування повернення гаків у початкове положення. Гаки залишаються у верхньому положенні до кінця пропуску заготівки. Повернення гаків у нижнє положення відбувається під час паузи між пропусками заготівки та реверсу двигуна.

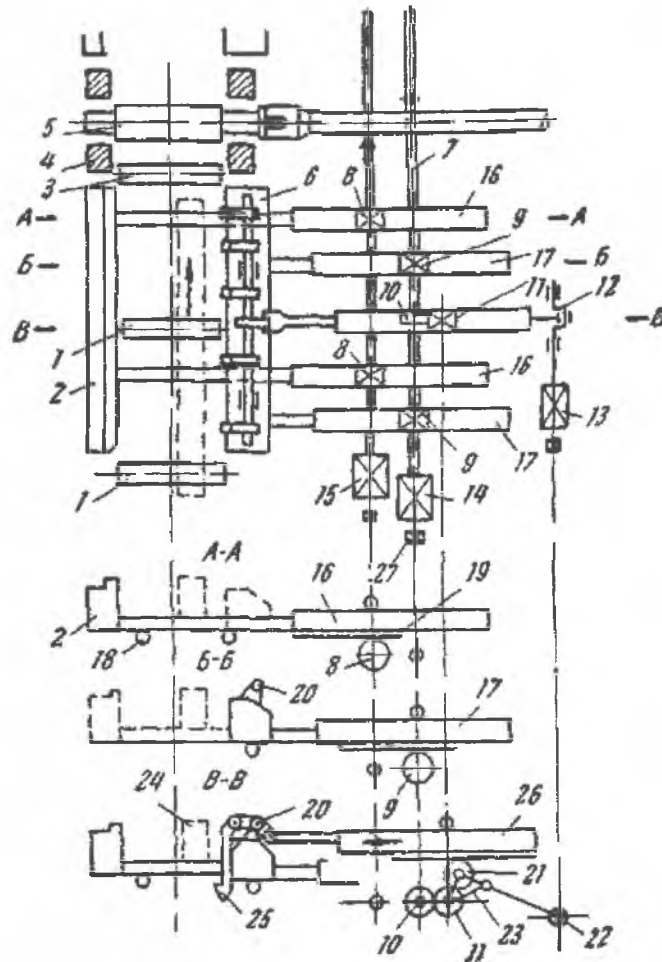
Маніпулятор блюмінга (рис. 1.3) перед або за робочою кліттю складається з двох масивних сталевих литих лінійок 2 і 6, що переміщуються вздовж бочки роликів рольганга 1 за допомогою штанг 16, 17 із зубчастими рейками 19, які приводяться в рух шестернями 8. Штанги, з'єднані з лінійкою 2 і 6, виконують штовхаючий рух і приводяться від правого електродвигуна 14. Штанги, з'єднані з лінійкою 2 і 6, тягнуть її та працюють від аналогічного лівого електродвигуна 15. Синхронність переміщення лінійок забезпечується валами 7, з'єднаними зубчастими муфтами. Перед маніпулятором розташовані станинні ролики 3.

Кантувач із п'ятьма гаками 25 встановлений на правій лінійці перед робочою кліттю з валками 5. Обертання валу кантувача 20, який спирається на підшипники, при переміщенні штанги 26 забезпечує підйом або опускання крюків, реалізуючи процес кантування заготівки. Штанга кантувача приводиться в рух від двох механізмів, які взаємодіють із планетарною шестернею 21 диференціально-планетарного редуктора 23.

При русі правої лінійки 6 одночасно обертається шестерня 9 на валу 7 та переміщується штанга кантувача 26, що забезпечує синхронне обертання планетарної шестерні 21 з шестернями 10 та 11, які приводять штангу 26 в рух. Для кантування злитка вал кантувача 20 повертається за рахунок руху штанги 26 з рейкою 19 при обертанні планетарної шестерні 21 через шатунне-кривошипний механізм 12 та електродвигун 13. Поворот кривошипа приводить у дію редуктор 23, який змушує планетарну шестерню 21 переміщати рейку 19 і штангу 26, повертаючи вал кантувача.

Хід лінійок у крайніх положеннях обмежується командо-апаратами, а енергія удару поглинається пружинними буферами. Для автоматичного управління маніпуляторами та кантувачем на приводних валах встановлені силові

сельсини 27. Для захисту механізму від поломок передбачені зрізні шпильки у підшипниках шатуна. Передні кінці лінійок спираються на ролики 3, вбудовані у рами рольгангів, щоб зменшити тертя.



1 - ролик робочого рольганга; 2, 6 - лінійка; 3 - ролик станинний; 4 - станина робочої кліті; 5 - валок прокатний; 7 - вал синхронізуючий; 8, 9, 10, 11 - шестерня; 12 - шатунне-кривошипний механізм; 13, 14, 15 - електродвигун; 16, 17, 26 - штанга; 18 - ролик; 19 - рійка зубчата; 20 - вал кантувача; 21 - шестерня планетарна; 22 - кривошип; 23 - редуктор; 24 - розкат; 25 - гак; 26 - штанга; 27 - сельсин

Рис. 1.3. Маніпулятор-кантувач

Джерело: розроблено із використанням [3]

Після кантування гаки повністю заходять у подовжній паз лінійки, що дозволяє переміщувати злиток по рольгангу без очікування повернення гаків.

Остання операція поєднується з паузою між пропусками металу. Мастило редуктора кантувача рідке, циркуляційне, а решта вузлів тертя змащуються густим мастилом.

Під час прокатування лінійки маніпулятора використовуються також для випрямлення розкату, якщо він виходить з валків викривленим. Схема правки розкату наведена на рис. 1.4. [3]

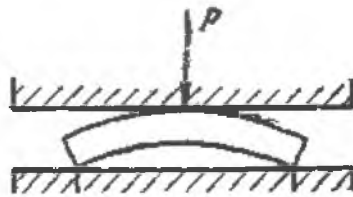


Рис. 1.4. Схема правки блюма лінійками маніпулятора

Джерело: розроблено із використанням [3]

1.5 Аналіз недоліків в роботі машини. Можливі причини недоліків

До основних конструктивних недоліків обладнання робочої кліті належить відсутність можливості примусового подавання розкату у зону деформації. Робочий рольганг у наявній конструкції не забезпечує активного задавання розкату в прокатні валки, а лише транспортує його за рахунок сил тертя між його поверхнею та роликками.

Таке обмеження суттєво впливає на інтенсивність переміщення металу: прискорення розкату залежить виключно від величини сили тертя, яка, у свою чергу, визначається станом поверхонь, масою та геометрією заготовки, швидкістю обертання роликків. У результаті, при недостатньому зчепленні розкат може переміщуватися нерівномірно, виникають затримки або проковзування, що знижує ефективність транспортування.

Недостатність примусового подавання також негативно позначається на стабільності обтиснення в прокатних валках. Через недостатню подачу метал

входить у валковий зазор з меншим, ніж необхідно, притисканням, що обмежує можливу величину обтиснення й погіршує рівномірність формоутворення поперечного перерізу. Це призводить до зниження якості продукції та підвищення навантаження на прокатну кліть, оскільки не забезпечуються оптимальні умови захоплення розкату валками.

1.6 Формування мети та задач для її досягнення

Метою кваліфікаційної роботи є поліпшення експлуатаційних характеристик робочої кліті обтискного стану, скорочення такту прокатки.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- здійснити детальне вивчення наявних інноваційних рішень і прогресивних технічних концепцій, приділивши увагу їх реальній придатності до впровадження;
- розробити модернізовану схему маніпулятора-кантувача робочої кліті обтискного стану, подати повний опис його конструкційних елементів, функціональних можливостей та очікуваних технічних переваг;
- провести інженерні розрахунки, що підтверджують працездатність, довговічність і ефективність запропонованої конструкції;
- підготувати рекомендації щодо монтажу, регламент обслуговування та порядок виконання ремонтних операцій для підвищення зручності експлуатації;
- визначити комплекс заходів, спрямованих на забезпечення безпечної роботи обладнання, а також підходи до зниження ризиків, пов'язаних із дією небезпечних та шкідливих виробничих чинників.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз стану існуючих інноваційних рішень

Відомий винахід [4], який належить до прокатного виробництва та може бути використаний на обтискних прокатних станах металургійних заводів для спрямування розкату під час його видачі з кліті або для правки викривленого прокату.

Маніпулятор (рис. 2.1) містить лінійки 1, встановлені на коткових візках 2, та штанги 3, з'єднані з лінійками клинами 4 і 5. На штангах 3 закріплені рейки 6, що входять у зачеплення з рейковими шестернями 7, змонтованими на валах 8. Вали встановлені в корпусах 9 і пов'язані з приводами 10. Для синхронної роботи вали 8 перед кліттю і за нею з'єднуються проміжними валами 11.

Щоб запобігти осьовому зміщенню лінійок, застосовуються штифти 12. Верхні опорні ролики 13 встановлені у корпусі 9 зубчастої передачі на жорстких підшипникових опорах. Нижні опорні ролики 14 шарнірно закріплені на одному плечі двоплечого важеля 15, до іншого плеча якого підвішений контрвантаж 16. Контрвантаж забезпечує постійний притиск штанги 3 до верхнього опорного ролика 13.

Вертикальне переміщення штанги 3, яке визначається радіальними зазорами в рейкових передачах, обмежується бандажами 17 шестерень 7. Бандажі також запобігають зміщенню штанги вздовж зубців.

Для усунення зазорів у рейкових передачах і стиках лінійки 1 стягнуті тросами 18 з приводними валами 8. Один кінець троса закріплений на шківі 20 притискними планками 19. Шків має діаметр, рівний діаметру ділильної окружності рейкової шестерні, і закріплений на валу 8 за допомогою шпонок 21.

Зовнішній 22 і внутрішній 23 сталеві бандажі шківа з'єднані з гумовим проміжним бандажем 24, який забезпечує пружнодемпфувальні властивості шківа при тангенціальному переміщенні відносно вала 8.

Шків оснащений торцевими кільцями 25, що закріплені болтами 26.

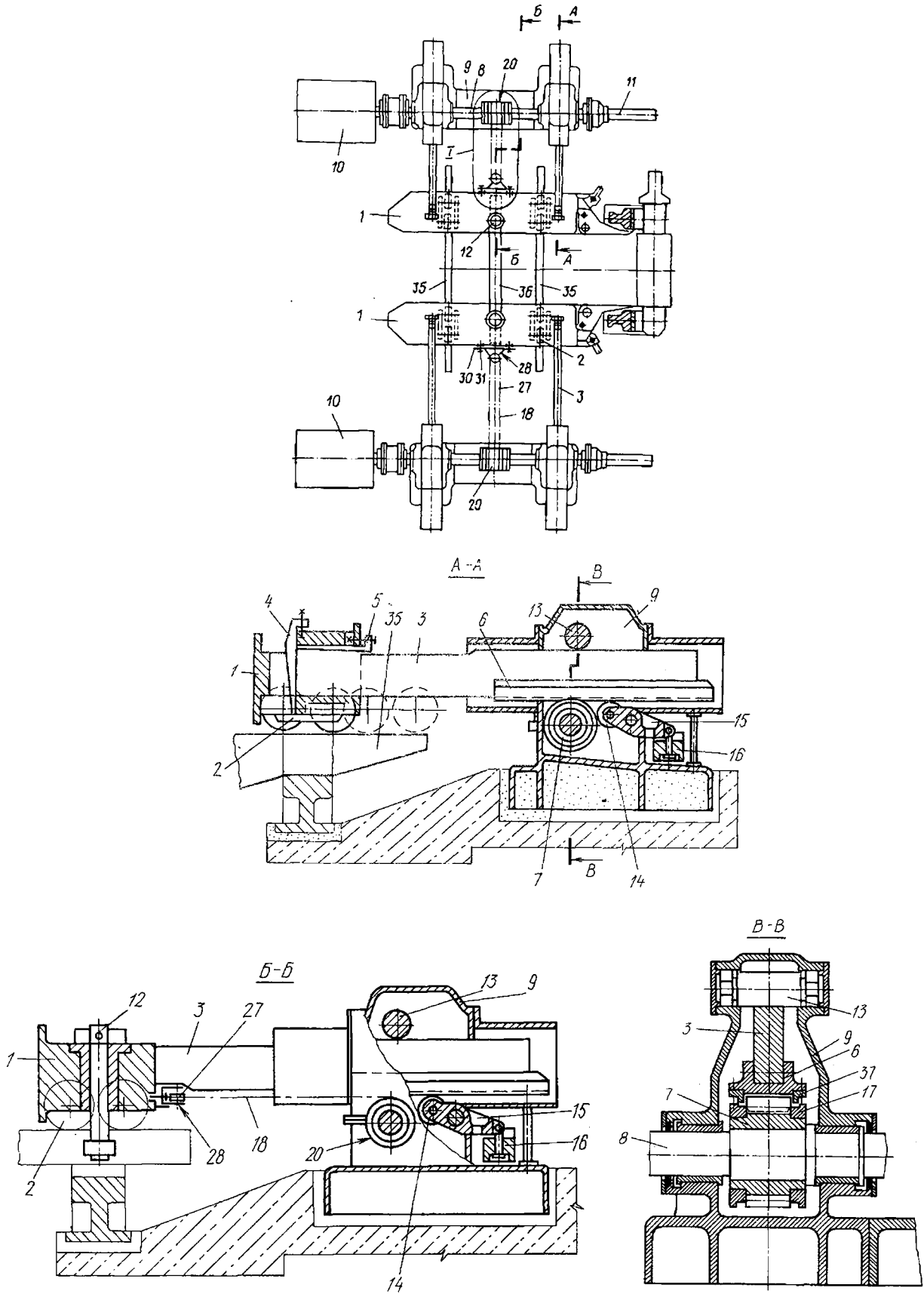
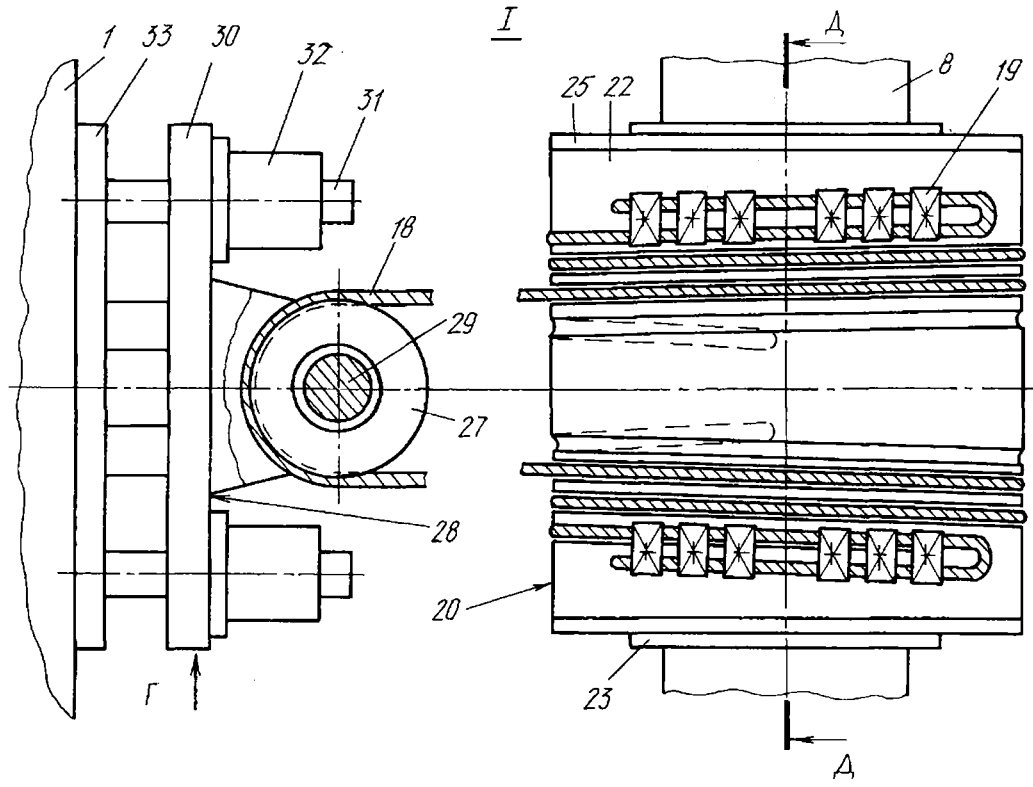
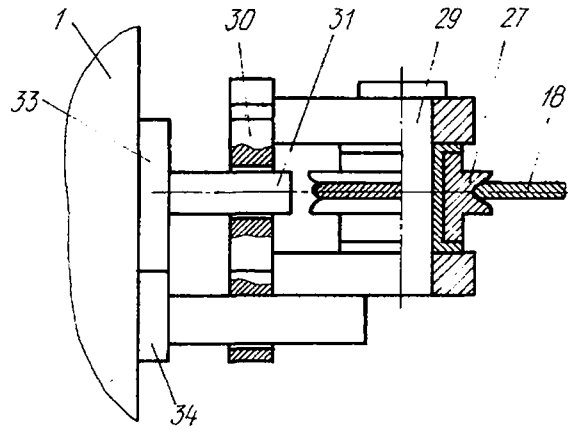


Рис. 2.1. Маніпулятор обтискного прокатного стану

Джерело: розроблено із використанням [4]



Вид Г



А-А

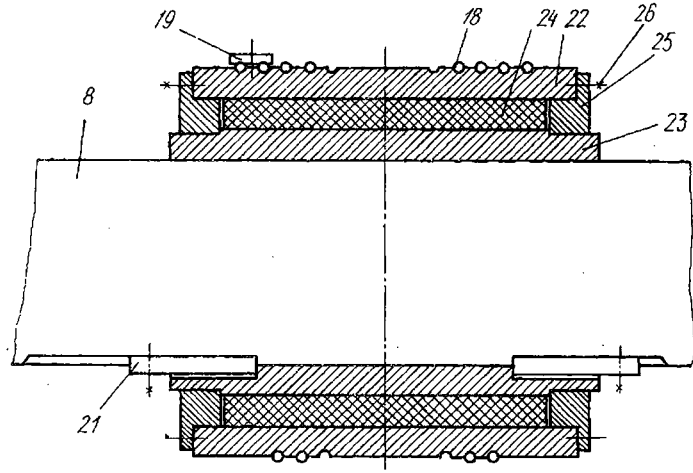


Рис. 2.1, аркуш 2

Другий кінець троса з'єднано з блоком 27 натяжного механізму 28, встановленого на лінійці.

Блок 27 встановлено на осі 29, закріпленій у рухомому кронштейні 30 натяжного механізму. Рухомий кронштейн з'єднується гвинтовими парами 31 та 32 зі стаціонарним кронштейном 33, що забезпечує регулювання натягнення троса.

Маніпулятор працює таким чином.

Приводи 10 передають обертання валам 8, які через рейкові шестерні 7 переміщують штанги 3 з лінійками 1. Лінійки рухаються на візках 2 по напрямних брусках 35, встановлених на рамах робочого рольганга, і спрямовують розкат або правлять його. Штифти 12 у пазах 36 запобігають поперечному зміщенню.

Натяжна система забезпечує відсутність зазорів у кінематичній схемі маніпулятора під час роботи. При підвищених навантаженнях можуть виникати пружні коливання, що згладжуються завдяки демпфувальному елементу шківів.

Запропонований маніпулятор має знижені навантаження на основні вузли, що підвищує їх довговічність і зменшує витрати на обслуговування.

Також відомий винахід [5], який належить до галузі металургії, зокрема до процесів прокатування на обтискних прокатних станах.

Маніпулятор (рис. 2.2) містить лінійки 1, встановлені на коткових візках 2 і оснащені фіксаторами 3, які взаємодіють із напрямними 4, що встановлені паралельно валкам 5. До лінійок 1 приєднані штанги 6 прямокутного поперечного перерізу, кінцеві шипи яких по рухомій посадці вставлені в гнізда 7 лінійок 1 з горизонтальними та вертикальними боковими плоскими посадковими поверхнями (при поступальному переміщенні лінійки та зближенні деталей стикування) і притиснуті своїми торцями до лінійок за допомогою замикальної натяжної передачі 8.

Між горизонтальними посадковими площинами штанги та лінійки розміщено рухомий автоматичний компенсатор люфту, що одночасно з вибором люфту забезпечує можливість кутових переміщень штанги відносно лінійки. Компенсатор складається з клину 9, що переміщується у горизонтальному напрямку (уздовж штанги), закріпленого щодо лінійки нерухомого клина 10 та силового циліндра 11 з пружиною, встановленого в розточці клина 9, що взаємодіє з лінійкою.

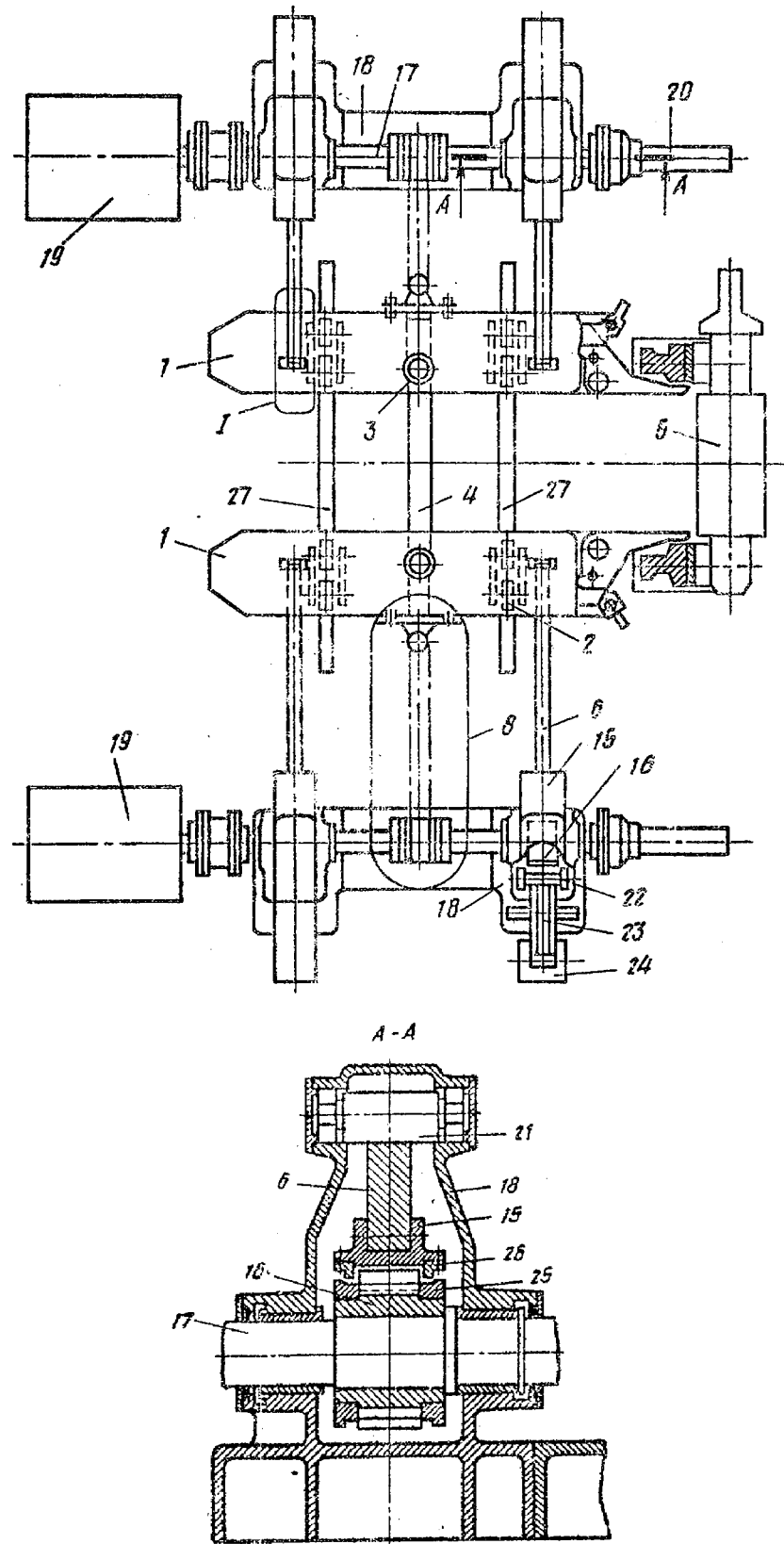


Рис. 2.2. Маніпулятор обтискного прокатного стану

Джерело: розроблено із використанням [5]

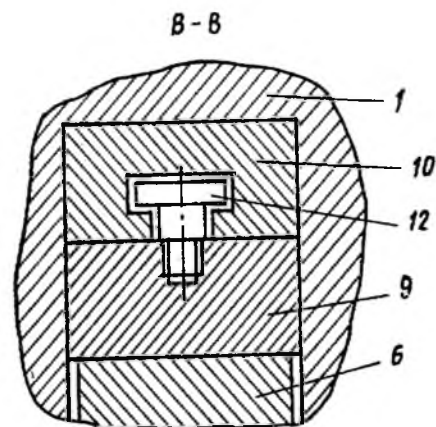
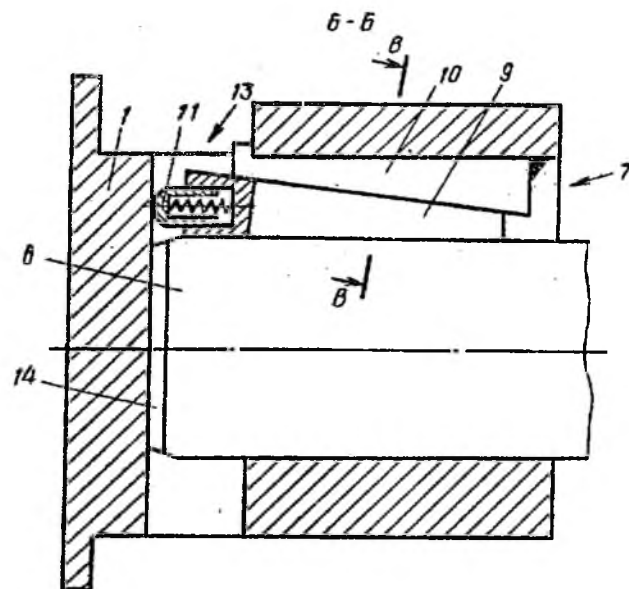
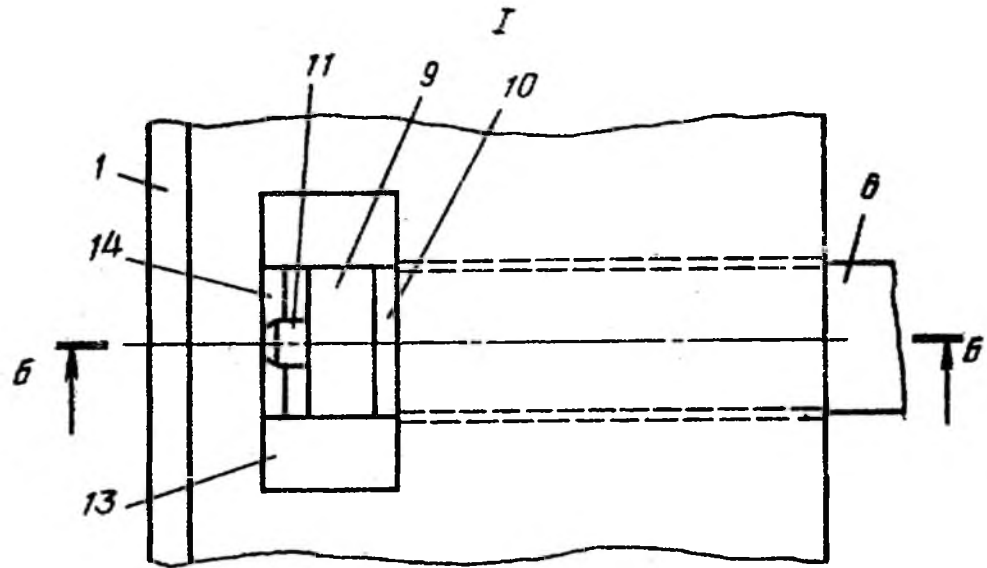


Рис. 2.2, аркуш 2

Для полегшення складання вузла клини 9 і 10 з'єднані гвинтом 12, який забезпечує горизонтальне переміщення клина 9 і утримує його від вертикальних переміщень, які перевищують зазор між головкою гвинта 12 і його напрямною у клині 10. Стикувальне гніздо 7 має додатковий отвір 13, призначений для подавання охолоджувальної рідини та контролю стану стику.

Між торцем штанги 6 та стикувальною поверхнею гнізда 7 лінійки встановлено амортизатор 14, закріплений на штанзі 6 і призначений для зменшення навантаження та поліпшення самоустановлення деталей.

На протилежному кінці штанги 6 закріплені зубчасті рейки 15, що знаходяться в зачепленні з рейковими шестернями 16, насадженими на вали 17, які встановлені в корпусах 18 і з'єднані з приводами 19. Вали 17 перед кліттю і за нею з'єднані проміжними валами 20.

Верхні опорні ролики 21 встановлені в корпусі 18 на жорстких підшипникових опорах. Нижні опорні ролики 22 шарнірно змонтовані на одному з плеч двоплечого важеля 23, встановленого в корпусі 18 та оснащеного контрвантажом 24 для притиснення штанги 6 до верхнього опорного ролика 21.

Вертикальне зміщення штанг 6 у рейкових передачах обмежується бандажами 25 рейкових шестерень 16. Крім того, бандажі 25 утримують штангу від зміщення вздовж зубців шестерень 16 за рахунок бокового контакту своїх реборд із шинами 26.

Маніпулятор працює таким чином.

Обертання від приводів 19 через вали 17 передається рейковим шестерням 16, які, перебуваючи в зачепленні з рейками 15, переміщують штанги 6 разом із лінійками 1. Лінійки 1 котяться на візках 2 по направляючих брусках 27, встановлених на рамах робочого рольганга, і переміщують розкат від калібру до калібру або здійснюють його правку.

Фіксатори 3, пересуваючись у направляючих 4 траверс рами рольганга, запобігають зміщенню лінійки вздовж осі прокатки.

Замикальна натяжна передача 8 разом із підняттям штанги 6 нижніми опорними роликами 22 забезпечує роботу маніпулятора без появи зазорів у стиках

лінійок 1 зі штангами та у зубчастих зачепленнях спареної рейкової передачі.

Бандажі 25 утримують штангу 6 від бокових зміщень уздовж зубців шестерень 16. Характерна для маніпулятора невизначена спрямованість силового впливу злитка на лінійку 1 призводить до нерівномірного навантаження та зношування коткових опор 2 лінійок 1, верхніх 21 і нижніх 22 опорних роликів, які фіксують положення штанги 6 у рейкових передачах.

Передбачена в конструкції свобода кутових зміщень деталей стику штанги з лінійкою (у вертикальній площині та відносно поздовжньої осі штанги), а також безлюфтне силове замикання зубчастого зачеплення в рейкових передачах забезпечують у таких випадках самоустановку лінійки 1 і штанг 6 відносно опор 2, 21, 22 без їх додаткового навантаження.

У процесі самовстановлення рухомої рами розпірні зусилля в стику штанги з лінійкою зміщують рухомий клин 9 у напрямку стискання пружини силового циліндра 11, збільшуючи відстань між горизонтальними посадковими площинами гнізда 7 і забезпечуючи свободу кутового переміщення штанги.

Нерівномірний знос зубців рейкових передач по товщині, з утворенням тангенціального люфту, а також знос на торцевому контакті деталей у стику штанги з лінійкою спричиняє необхідність самовстановлення рухомої рами маніпулятора (утвореної лінійкою 1 та штангами 6) у горизонтальній площині. Самовстановлення в цьому випадку досягається завдяки наявним у конструкції зазорам між вертикальними боковими посадковими поверхнями.

Нерівномірний розподіл силового впливу злитка по висоті лінійки, особливо при підтримці лінійкою 1 кантованого злитка, призводить до значних моментів сил, що спрямовані на поворот лінійки відносно її поздовжньої осі. При цьому компенсатор люфту в стику штанги з лінійкою, усуваючи зазор між деталями стику у вертикальній площині, забезпечує високу надійність з'єднання.

При підвищених навантаженнях, що діють на лінійку при ударній правці, утримуванні злитка від падіння тощо, робота стику штанги з лінійкою, виконаного з плоскими горизонтальними та вертикальними посадковими поверхнями, погіршується через збільшені втрати на тертя.

Установлення між штангами 6 та лінійкою 1 амортизатора 14 зменшує ці навантаження і забезпечує роботу рухомої рами маніпулятора з підвищеною самовстановленістю Крім того, наявність пружно-податливого елемента 14 між торцем штанги 6 і лінійкою 1 покращує самовстановленість цих деталей при їх відносних зміщеннях завдяки меншим втратам на тертя.

У вузол стику штанги з лінійкою, для забезпечення його більшої довговічності та надійності, через додатковий отвір 13 подається охолоджувальна рідина. Додатковий отвір також необхідний для контролю за станом стику під час монтажу та експлуатації.

Запропонована конструкція маніпулятора характеризується зниженими навантаженнями на основні деталі (лінійки з опорними котками, штанги з опорними роликами, зубчасті рейки та шестерні спарених рейкових передач) і, відповідно, підвищеною їх довговічністю.

Запропонований винахід [6] належить до машин прокатного виробництва і може бути використаний на обтискних прокатних станах.

Маніпулятор (рис. 2.3) містить лінійку 1, закріплену на рейкових штангах 2, що взаємодіють із приводними від двигуна 3 шестернями 4. На лінійці 1 встановлено поворотний вал 5 з кантуючими гачками 6, які шарнірно з'єднані з важелями 7, жорстко закріпленими на валу 5. Приводний важіль 8 поворотного валу через вісь 9 шарнірно з'єднаний із головкою повзуна 10, встановленого в отворі рейкової штанги 11 кантувача. Довжина повзуна 10 дещо перевищує величину ходу штанги 11 під час кантувача. Штанга 11 перебуває у зачепленні з планетарною шестернею 12 диференціального редуктора, а корпус 13 штанги 11, що може повертатися відносно осі планетарної шестерні 12, забезпечено зубчастим сектором 14, розташованим концентрично осі планетарної шестерні 12. Остання з'єднана водилом 15 із валом 16 ведучої шестерні 17, корпус 18 якої закріплено на фундаменті і оснащено зубчастим сектором 19, розташованим концентрично осі ведучої шестерні. Вал 16 ведучої шестерні 17 через зчіпну зубчасту муфту 20 і

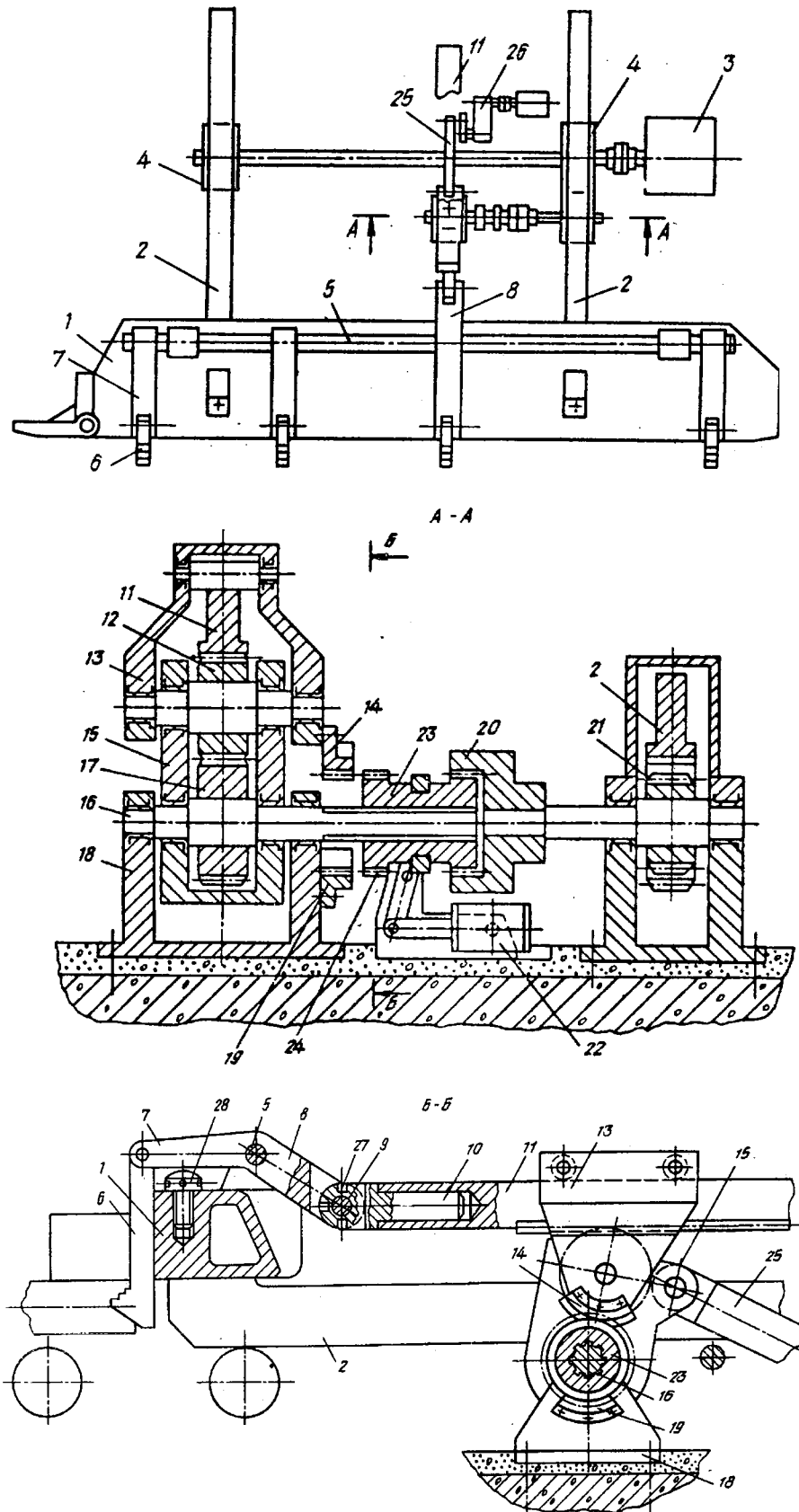


Рис. 2.3. Маніпулятор з кантувачем обтискного прокатного стану

Джерело: розроблено із використанням [6]

шестерню 21, що знаходиться в зачепленні з однією із приводних шестерень 4, з'єднаний із двигуном 3 маніпулятора. Зчіпна муфта 20 має рухому від привода 22, наприклад пневматичного, зубчасту втулку 23, встановлену на шліцьовому кінці валу 16 ведучої шестерні 17. З боку ведучої шестерні зубчаста втулка 23 оснащена додатковим зубчастим вінцем 24, при цьому відстань між зубчастим вінцем 24 і зубчастими секторами 14 та 19 виконана меншою за довжину ходу втулки 23 під час роз'єднання муфти. Для підйому та опускання гачків 6 водило 15 диференціального редуктора з'єднане шатуном 25 із приводом 26 кантування. Для орієнтації повзуна 10 відносно отвору в рейковій штанзі 11 у головці повзуна виконано радіальні отвори 27, а на лінійці маніпулятора 1 під одним із важелів 7 поворотного валу 5 встановлено регулювальний гвинт 28. Маніпулятор з кантувачем працює так. Для переміщення або правки прокату вмикають двигун 3, при цьому лінійка 1 маніпулятора і рейкова штанга 11 рухаються синхронно з однаковою швидкістю, тобто поворотний вал 5 з кантувачем гачками 6 не обертається. Для виконання кантування прокату вмикається привід 26 кривошипне-шатунного механізму, і через шатун 25 повертається водило 15 диференціального редуктора ліворуч. При цьому планетарна шестерня 12, обкочуючись по ведучій шестерні 17, переміщує вперед, ліворуч, рейкову штангу 11, яка через повзун 10 впливає на приводний важіль 8 поворотного валу 5, і кантуючі гачки 6 піднімаються, здійснюючи кантування прокату. Для повернення гачків у вихідне положення водило 15 диференціального редуктора, рейкова штанга 11 і корпус 13 штанги переміщуються шатуном 25 праворуч. У разі зачеплення гачків 6 під час опускання, наприклад при упорі гачків у прокат, рейкова штанга 11 під дією приводу кантувача продовжує переміщуватися праворуч, ковзаючи по повзуну 10, що розриває силовий зв'язок між гачками і приводом, запобігаючи тим самим поломці кантувача. Після усунення причини перевантаження гачки 6 опускаються у вихідне положення під дією сили тяжіння. Оскільки довжина повзуна 10 перевищує хід штанги 11, силовий зв'язок гачків із приводом кантувача автоматично відновлюється. Роз'єднання поворотного валу 5 із рейковою штангою 11 здійснюється так. Приводом 22 рухома втулка 23 зчіпної муфти 20 переміщується у бік диференціа-

льного редуктора, при цьому муфта роз'єднується і зв'язок кантувача з приводом маніпулятора припиняється, а додатковий зубчастий вінець 24 входить у зачеплення із зубчастими секторами 14 і 19, фіксуючи вихідне положення штанги 11 кантувача. Після увімкнення двигуна 3 лінійка 1 маніпулятора переміщується вперед, ліворуч, на величину, що дещо перевищує довжину повзуна 10, забезпечуючи роз'єднання поворотного валу 5 зі штангою 11, і лінійку 1 можна демонтувати зі штанги 2. Для з'єднання лінійки маніпулятора з кантувача фіксується вихідне положення гачків 6 за допомогою регулювального гвинта 28, а повзун 10 вручну повертається навколо осі 9 для орієнтації відносно отвору в штанзі 11, після чого вмикається двигун 3 приводу маніпулятора і лінійка 1 переміщується назад, праворуч, до упору головки повзуна 10 у торець штанги 11. Приводом 22 виконується зчеплення муфти 20, регулювальний гвинт 28 загвинчується до упору, і маніпулятор з кантувачем готовий до роботи. Запропонований пристрій забезпечує значне скорочення тривалості й трудомісткості операцій розбирання та складання шарніра, що з'єднує кантувач із маніпулятором, і тим самим скорочує простої стана під час планових і позапланових ремонтів маніпулятора з кантувачем або робочого рольганга та забезпечує повну механізацію розбирання шарніра, причому під час складання ручна праця обмежується лише орієнтацією повзуна відносно отвору в рейковій штанзі.

Найбільш перспективне технічне рішення запропоновано в винаході [7], яке направлене на підвищення швидкості завдання металу у валки, шляхом створення додаткової сили примусового завдання.

Маніпулятор-кантувач (рис. 2.4) містить рухомі лінійки 1 з приводними штангами 2. У тіло лінійки вбудовані крюки 3, кантувачі з приводом 4 і вертикальні ролики 5 з фланцевими електродвигунами 6 їхнього приводу. Ролики виконані такими, що втоплені та встановлені своїми цапфами 7 в направляючих тіла лінійки, там же встановлені пружинні амортизатори 8 і датчики 9 переміщення.

Після виходу розкату з валків оператор затискає злиток між лінійками 1 маніпулятора, проводячи у міру потреби правку, встановлює злиток проти відпо-

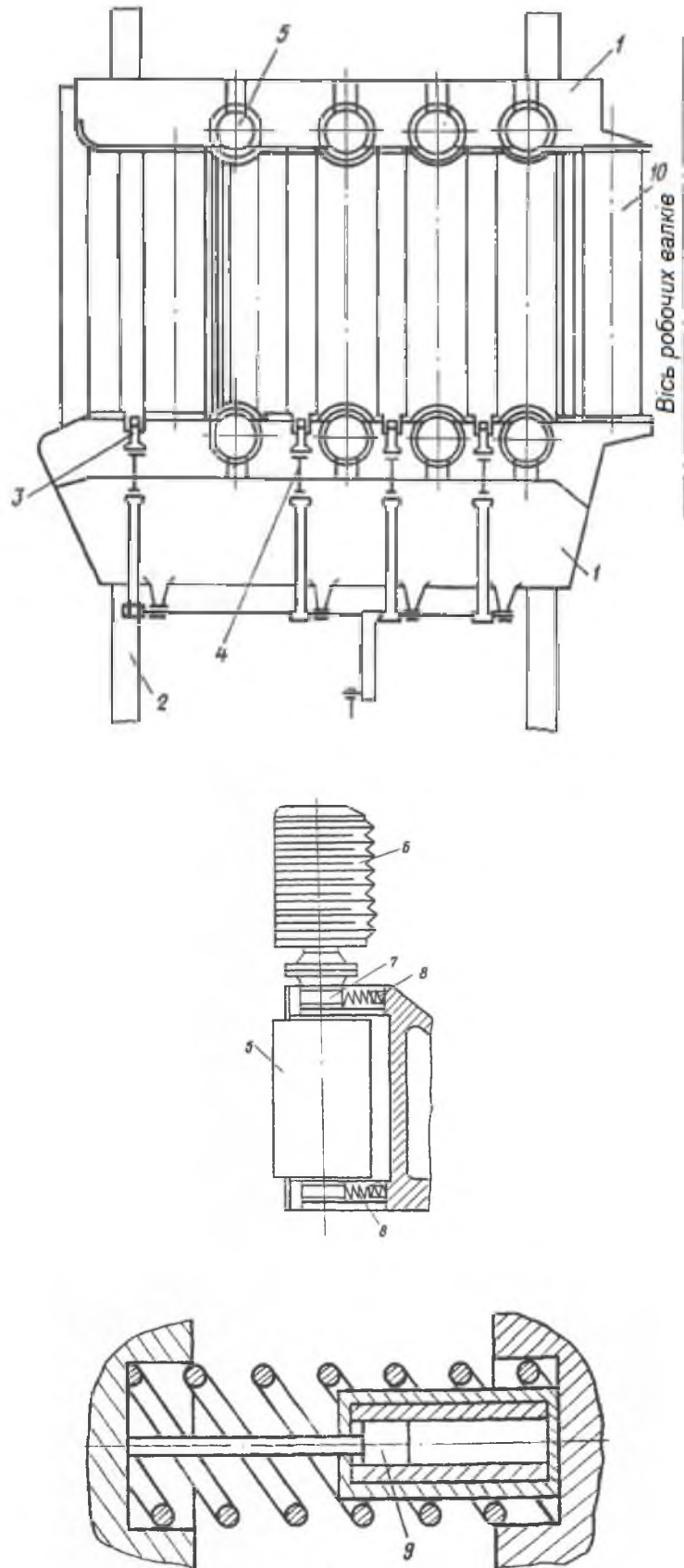


Рис. 2.4. Маніпулятор-кантувач обтискного прокатного стану

Джерело: розроблено із використанням [7]

відного калібру. При цьому ролики 5 разом з цапфами 7 втоплюють в лінійках, що оберігає їх від поломки при правці розкату.

Маніпулятор-кантователь працює таким чином.

Приводні ролики 5 включаються одночасно з включенням робочого рольганга 10. При цьому автоматично включається і привод лінійок, сполучений із штангами 2, які відводять лінійки 1 від злитка на відстань, що забезпечує необхідну величину притиснення роликів 5 до злитка. Величина відходу лінійок 1 від злитка контролюється датчиком 9.

Ефективність роботи прокатної кліти залежить від оптимізації процесу прокатування, що позначається на продуктивності прокатного стану. На сьогодні дане завдання практично вирішене: вибране оптимальне калібрування прокатних валків, визначена швидкість прокатування, призначені режими обтискання. Проте резерв підвищення продуктивності прокатного стану існує. Це метод примусового завдання металу у валки.

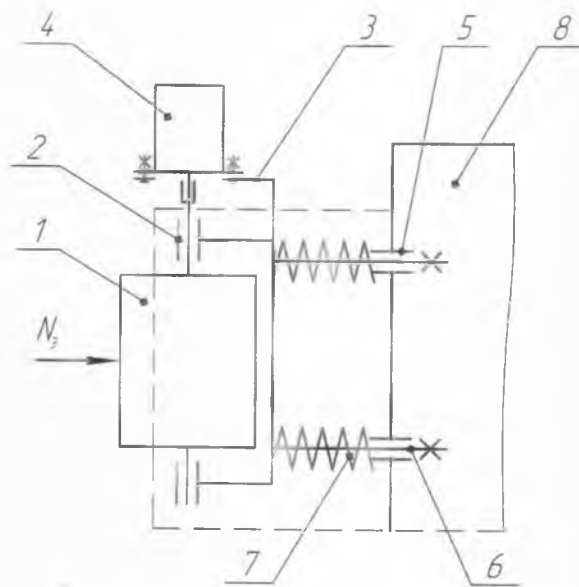
Для цього необхідно удосконалювати конструкцію маніпулятора, який задавав би додаткове прискорення злитку за рахунок вбудованих вертикальних приводних роликів, забезпечуючи, таким чином, можливість збільшення обтискання в пропуску, а отже, підвищення продуктивності прокатного стану.

Пропонована конструкція маніпулятора-кантувача з приводними вертикальними роликами дозволяє підвищити прискорення при розгоні робочого рольганга з розкатом і забезпечити примусове завдання металу у валки, за рахунок чого можна підвищити обтискання при прокатуванні злитків, зменшити кількість проходів в циклі. Це дозволить знизити кількість технологічної обрізи і підвищити вихід придатних блюмів.

2.2 Пропозиції по досягненню поставленої мети

На підставі аналізу існуючих інноваційних рішень в якості модернізації конструкції маніпулятора-кантувача було прийнято за основу винахід [6]. Перева-

ги цього рішення полягають в простоті конструкції і можливого розширення функцій маніпулятора-кантувача. На кожен лінійку встановимо по два вертикальні приводні ролики (рис. 2.5). В якості привода використаний мотор-редуктори з електродвигунами постійного струму. Ролик встановлений на підшипниках 2 в рамі 3, яка забезпечує відсутність перекосу підшипників при несиметричному прикладанні навантаження N_3 . На цій же рамі встановлений мотор-редуктор 4. Для спрощення конструкції ролик має порожнисту шийку куди входить вихідний вал мотор - редуктора. Таким чином вдалося відмовитися від застосування муфт. Така конструкція дозволила розмістити всі деталі і вузли на рамі ролика, яка має можливість переміщатися по направляючих 6. Пружини 7 притискують ролик до розкату і забезпечують додаткове зчеплення з ним. При правці смуги або при великих значення сили N_3 ролик утоплюється в лінійку, що оберігає його від поломок і перевантажень. При знятті дії сили N_3 ролик під дією пружних сил пружин висувається з лінійки в робоче положення. Враховуючи високу температуру зливка, що транспортуються, поверхня ролика охолоджується водою, яка використовується для охолодження роликів робочого рольгангу.



- 1 - ролик; 2 - підшипник; 3 - рама ролика; 4 - мотор-редуктор; 5 - втулка;
6 - напрямна; 7 - пружина; 8 - лінійка

Рис. 2.5. Пристрій вертикального ролика

(розроблено автором)

2.3 Аналітичні розрахунки

Початкові дані для розрахунку:

- маса зливка, $m_3 = 8,5$ т;
- геометричні розміри злитка, розширеного донизу:
 - верхній торець, $b \times h = 735 \times 640$ мм;
 - нижній торець, $B \times H = 800 \times 725$ мм;
- висота зливка, $l = 2100$ мм;
- коефіцієнт тертя між розкатом і роликками, $f = 0,3$;
- максимальна окружна швидкість роликків, $v = 3,1$ м/с.

2.3.1 Силовий та кінематичний аналіз механізму

Процес прокатування забезпечується наявністю тертя, що виникає між поверхнями валків і металу, тому в даному процесі ці сили тертя є необхідними.

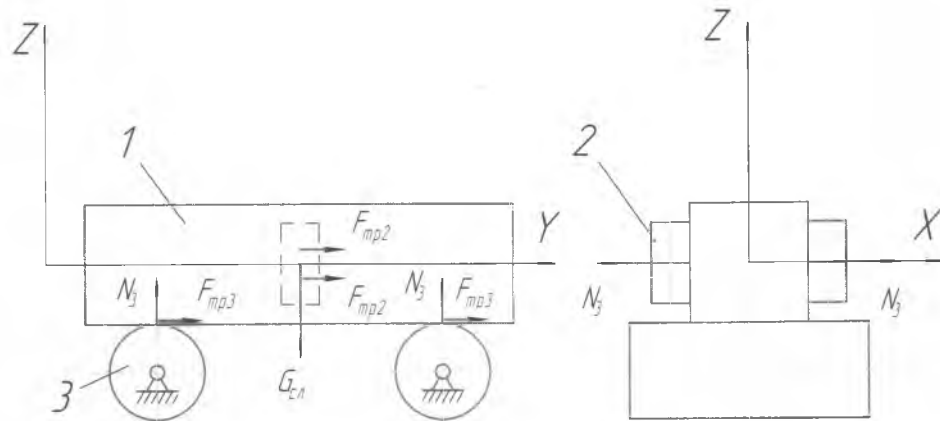
При захопленні металу валками повинна дотримуватися умова: для того, щоб валки захопили метал, необхідно щоб коефіцієнт тертя був більше тангенса кута захоплення або кут захоплення був менше кута тертя. Ця умова стримує прокатування з великими обтисканнями, що вигідно застосовувати на обтискних станах.

З умови сталого процесу прокатування цей кут міг бути більше на 20 ... 50 %, тобто $\alpha = (1,2 \dots 1,5) \cdot \beta_3$.

Таким чином, якби яким-небудь способом забезпечувалося захоплення металу (наприклад, за допомогою штовхача), то кут захоплення міг би бути на 20 ... 50% більше, ніж за умови вільного (природного) захоплення і відповідно можна було б збільшити обтискання металу за даний прохід, зменшити кількість проходів тобто збільшити продуктивність стану і знизити кількість відбитої технологічної обрізи, яка є такою [8]. З цією метою збільшимо зу-

силля примусового завдання металу роликми робочого рольганга додатковою силою, яку можуть передати вертикальні ролики.

Визначимо необхідну силу притиснення вертикального ролика до зливка при заданій величині його прискорення. При розрахунку припускатимемо, що зливок знаходиться на двох горизонтальних роликах і стискається двома вертикальними роликми з протилежних сторін (рис. 2.6).



1 - злиток; 2 - вертикальні ролики; 3 - ролики робочого рольганга

Рис. 2.6. Схема сил, що діють на злиток при задаванні в валки
(розроблено автором)

Сила примусового завдання металу у валки з боку роликів робочого рольганга

$$F_{\text{тр}3} = m_3 \cdot g \cdot \mu = 8500 \cdot 9,8 \cdot 0,3 = 24990 \text{ Н} \approx 25 \text{ кН}, \quad (2.1)$$

де m_3 – маса зливка, $m_3 = 8500$ кг; μ – коефіцієнт тертя між розкатом та роликми, $\mu = 0,3$ [9].

Сила примусового завдання металу у валки з боку кожної пари вертикальних роликів

$$F_{\text{тр}2} = N_2 \cdot \mu = 25 \cdot 0,3 = 7,5 \text{ кН}, \quad (2.2)$$

де N_2 – сила нормального тиску вертикального ролика на злиток, $N_2 = 25$ кН.

Сила примусового завдання металу у валки з боку вертикальних роликів

$$2 \cdot F_{\text{тр}2} = 2 \cdot 7,5 = 15 \text{ кН.} \quad (2.3)$$

Визначаємо момента на валу електродвигунів робочого рольгангу і вертикальних роликів.

Момент втрат на тертя в підшипниках при пересуванні металу по робочому рольгангу

$$\begin{aligned} M_{\text{тр.р.р}} &= \frac{(m_z + n_p \cdot m_p) \cdot g \cdot \mu_n \cdot d}{2} = \\ &= \frac{(8500 + 9 \cdot 4500) \cdot 9,8 \cdot 0,008 \cdot 0,250}{2} = \\ &= 480,2 \text{ Н} \cdot \text{м} \approx 0,48 \text{ кН} \cdot \text{м}, \end{aligned} \quad (2.4)$$

де m_p – маса ролика, $m_p = 4500$ кг; n – кількість роликів у рольганга, $n = 9$; μ_n – коефіцієнт тертя в підшипниках ролика, для роликів підшипників $\mu_n = 0,008$ [10]; d – діаметр тертя в підшипникових опорах роликів, $d = 0,25$ м.

Момент втрат на тертя в підшипниках вертикальних роликів при пересуванні металу по рольгангу

$$M_{\text{тр.в.р}} = \frac{N_2 \cdot \mu_n \cdot d}{2} = \frac{25 \cdot 0,008 \cdot 0,175}{2} = 0,018 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (2.5)$$

де N_2 – сила тиску ролика на злиток, $N_2 = 25$ кН; μ_n – коефіцієнт тертя в підшипниках ролика, для роликів підшипників $\mu_n = 0,008$ [10]; d – діаметр тертя в підшипникових опорах вертикальних роликів, $d = 0,175$ м.

Момент при можливому буксуванні роликів по металу при випадковому упорі металу в перешкоду, наприклад в направляючі лінійки, що установлені по довжині рольганга

$$M_{\text{бук.р.р}} = \frac{m_3 \cdot g \cdot \mu_6 \cdot D_{\text{р.р}}}{2} = \frac{8500 \cdot 9,8 \cdot 0,3 \cdot 0,5}{2} = \quad (2.6)$$

$$= 6247,5 \text{ Н} \cdot \text{м} \approx 6,25 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

де μ_6 – коефіцієнт тертя ролика при буксуванні, по гарячому металу $\mu_6 = 0,3$ [11]; $D_{\text{р.р}}$ – діаметр бочки ролика робочого рольганга, $D_{\text{р.р}} = 0,5$ м.

Момент при можливому буксуванні вертикальних роликів по металу при випадковому упорі металу в перешкоду, наприклад в направляючі лінійки, що установлені по довжині рольганга

$$M_{\text{бук.в.р}} = \frac{N_2 \cdot \mu_6 \cdot D_{\text{в.р}}}{2} = \frac{25 \cdot 0,3 \cdot 0,35}{2} \approx 1,3 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (2.7)$$

де μ_6 – коефіцієнт тертя ролика при буксуванні, по гарячому металу $\mu_6 = 0,3$; $D_{\text{в.р}}$ – діаметр бочки вертикального ролика, $D_{\text{в.р}} = 0,35$ м.

2.3.2 Розрахунок потужності приводу

Переміщення розкату по робочому рольгангу здійснюється сумісною дією приводів рольганга і вертикальних роликів.

Проведемо перевірочний розрахунок потужності електродвигуна робочого рольганга.

Ролики робочого рольганга приводяться трьома електродвигунами постійного струму типу ДП-92 технічна характеристика якого приведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1.

Технічна характеристика електродвигуна типу ДП-92

Параметр, одиниці вимірювання	Значення параметра
Потужність, кВт	160
Напруга, В	220
Частота обертання, об/хв	460
ККД	94,4
Момент інерції якоря, кг·м ²	325
Маса, кг	4450

Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Електродвигун постійного струму типу ДП-92 призначений для приводу механізмів металургійних цехів, робота яких вимагає регулювання частоти обертання, реверсів і супроводжується короткочасними перевантаженнями по струму за умови, що середньоквадратичний струм не перевищує номінальний.

Режим роботи електродвигуна – безперервний.

Номінальний момент електродвигуна

$$M_H = \frac{N_{ДВ}}{\omega} = \frac{160}{48,2} = 3,3 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (2.8)$$

де ω – кутова швидкість обертання електродвигуна

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 460}{30} = 48,2 \text{ с}^{-1}. \quad (2.9)$$

Динамічний момент при транспортуванні металу з прискоренням

$$M_{\text{дин.р.р}} = J_{\text{пр}} \cdot \varepsilon = 498 \cdot 16 = 7968 \text{ Н} \cdot \text{м} \approx 8 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (2.10)$$

де $J_{\text{пр}}$ – приведений до валу електродвигуна момент інерції деталей і посту-

пально рухомих мас, який визначається за формулою

$$J_{\text{пр}} = 1,2 \cdot J_{\text{дв}} + \frac{n \cdot J_{\text{рол}}}{i^2} + \frac{k_1 \cdot m_{\text{зл}} \cdot D_{\text{р.р}}^2}{4 \cdot i^2} = 1,2 \cdot 325 + \frac{9 \cdot 140,6}{3,9^2} + \frac{0,7 \cdot 8500 \cdot 0,5^2}{4 \cdot 3,9^2} \approx 498 \text{ кг} \cdot \text{м}^2, \quad (2.11)$$

$J_{\text{рол}}$ – момент інерції ролика, який дорівнює

$$J_{\text{рол}} = k \cdot m \cdot D_{\text{р.р}}^2 = 0,125 \cdot 4500 \cdot 0,5^2 = 140,6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2, \quad (2.12)$$

$J_{\text{дв}}$ – момент інерції якоря двигуна, по паспорту $J_{\text{дв}} = 325 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; ε – кутове прискорення ролика, максимальне допустиме прискорення злитку без буксування по ролику

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot a}{D} = \frac{2 \cdot 4}{0,5} = 16 \text{ с}^{-2}. \quad (2.13)$$

Таким чином, момент навантаження приводу при розгоні без урахування можливості буксування

$$M_{\text{дв}} = M_{\text{тр}} + M_{\text{дин}} = 0,48 + 8,0 = 8,48 \text{ кН} \cdot \text{м}. \quad (2.14)$$

Результати перевірконого розрахунку потужності електродвигунів свідчать про те, що встановлені електродвигуни відповідають розрахунковій потужності, оскільки

$$M_{\text{дв}} = 8,48 \text{ кН} \cdot \text{м} < 3 \cdot M_{\text{пот}} = 3 \cdot 3,3 = 9,9 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Розрахунок і вибір електродвигуна вертикального ролика.

Вертикальні ролики мають індивідуальний привод. Враховуючи величину статичного навантаження і наявність динамічного вибираємо попередньо для приводу вертикального ролика електродвигун постійного струму типу ДП-31, технічна характеристика якого приведена табл. 2.2.

Таблиця 2.2.

Технічна характеристика електродвигуна типа ДП-31

Параметр, одиниці вимірювання	Значення параметра
Потужність, кВт	8,5
Напруга, В	220
Частота обертання, об/хв	870
ККД	94,4
Момент інерції якоря, кг·м ²	3
Маса, кг	295

Джерело: розроблено із використанням [12]

Електродвигун постійного струму типу ДП-31 призначений для приводу механізмів металургійних цехів, робота яких вимагає регулювання частоти обертання, реверсів і супроводжується короткочасними перевантаженнями по струму за умови, що середньоквадратичний струм не перевищує номінальний.

Режим роботи електродвигуна – безперервний.

Номінальний момент електродвигуна

$$M_n = \frac{N_{дв}}{\omega} = \frac{8,5}{91,1} = 0,093 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (2.15)$$

де ω – кутова швидкість обертання електродвигуна, с⁻¹.

Динамічний момент двигуна вертикального ролика при транспортуванні металу з прискоренням

$$M_{дин.р.р} = J_{пр} \cdot \varepsilon = 5,25 \cdot 22,8 = 66,12 \text{ Н} \cdot \text{м} \approx 0,066 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (2.16)$$

де $J_{\text{пр}}$ – приведений до валу електродвигуна вертикального ролика момент інерції деталей і поступально рухомих мас, що обертаються

$$J_{\text{пр}} = 1,2 \cdot J_{\text{дв}} + \frac{J_{\text{в.р}}}{i^2} + \frac{k_1 \cdot m_{\text{зл}} \cdot D_{\text{в.р}}^2}{4 \cdot i^2} = 1,2 \cdot 3,0 + \frac{5,8}{5,2^2} + \frac{0,15 \cdot 8500 \cdot 0,35^2}{4 \cdot 5,2^2} \approx 5,25 \text{ кг} \cdot \text{м}^2, \quad (2.17)$$

де $J_{\text{в.р}}$ – момент інерції ролика

$$J_{\text{в.р}} = k \cdot m \cdot D_{\text{р.р}}^2 = 0,125 \cdot 380 \cdot 0,35^2 = 5,8 \text{ кг} \cdot \text{м}^2, \quad (2.18)$$

$J_{\text{дв}}$ – момент інерції якоря двигуна, по паспорту $J_{\text{дв}} = 3,0 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; ε – кутове прискорення ролика, максимальне допустиме прискорення злитку без буксування по ролику,

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot a}{D_{\text{в.р}}} = \frac{2 \cdot 4}{0,35} = 22,8 \text{ с}^{-2}. \quad (2.19)$$

Таким чином, момент навантаження приводу при розгоні без урахування можливості буксування

$$M_{\text{дв}} = M_{\text{тр}} + M_{\text{дин}} = 0,018 + 0,066 = 0,084 \text{ кН} \cdot \text{м}. \quad (2.20)$$

Результати перевірконого розрахунку потужності електродвигунів свідчать про те, що встановлені електродвигуни відповідають розрахунковій потужності, оскільки

$$M_{\text{дв}} = 0,084 \text{ кН} \cdot \text{м} < M_{\text{пот}} = 0,093 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

2.3.3 Розрахунок та вибір елементів кінематичної схеми

Розрахунок і вибір редуктора для приводу вертикальних роликів проводимо по методиці описаній в роботі [13].

Вибір планетарного редуктора полягає у визначенні технічних характеристик його типорозміру.

Необхідне передавальне відношення редуктора

$$i_p = \frac{n_{дв}}{n'_{в,р}} = \frac{870}{169,2} = 5,14, \quad (2.21)$$

де $n'_{в,р}$ – частота обертання вхідного валу, яка розраховується за виразом

$$n'_{в,р} = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D_{в,р}} = \frac{60 \cdot 3,1}{\pi \cdot 0,35} = 169,2 \text{ об/хв.} \quad (2.22)$$

Розрахунково-експлуатаційне значення крутного моменту $T_{2ре}$ на вихідном валу

$$T_{2ре} = i_p \cdot T_{розр} \cdot k_e = 5,2 \cdot 0,084 \cdot 2,856 \approx 1,25 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (2.23)$$

де $T_{розр}$ – розрахунковий крутний момент на вихідному валу редуктора відповідний сталому процесу роботи механізму $T_{розр} = M_{дв} = 0,084 \text{ кН} \cdot \text{м}$; k_e – експлуатаційний коефіцієнт, що враховує фактичні умови експлуатації і режим роботи редуктора

$$k_e = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 = 1,7 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,0 = 2,856, \quad (2.24)$$

значення коефіцієнтів $k_1 \dots k_5$ обираємо по таблицях [13], виходячи з

фактичних умов і режимів експлуатації редуктора.

По таблиці технічних характеристик редукторів обираємо планетарний мотор-редуктор типу ЗМПМ-50М, який має технічну характеристику приведену в табл. 2.3.

Таблиця 2.3.

Технічна характеристика планетарного мотор-редуктора типу ЗМПМ-50М

Параметр, значення	Значення параметру
Максимальний момент на вихідному валу, кНм	1,45
Потужність двигуна, кВт	5,5 ... 18,5
Передаточне відношення	5
Кількість ступеней	1
Маса (без електродвигуна), кг	72

Джерело: розроблено із використанням [13]

2.3.4 Розрахунки на міцність

Розрахункова схема ролику приведена на рис. 2.7.

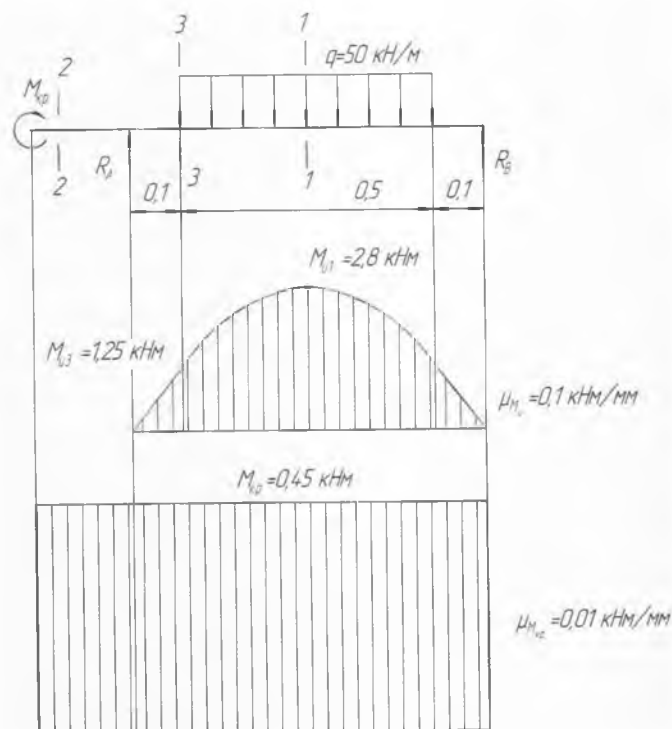


Рис. 2.7. Розрахункова схема ролика
(розроблено автором)

Розрахуємо реакції опор, враховуючи, що схема навантаження симетрична

$$R_A = R_B = \frac{N_2}{2} = \frac{25}{2} = 12,5 \text{ кН} \cdot \text{м}. \quad (2.25)$$

Будуємо епюри згинальних та крутних моментів.

Ділянка 1

$$M_u = R_A \cdot X;$$

при $X = 0$,

$$M_{u0} = 0;$$

при $X = 0,1 \text{ м}$

$$M_{uA} = R_A \cdot X = 12,5 \cdot 0 = 1,25 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Ділянка 1

$$M_u = R_A \cdot X - \frac{q \cdot (X - 0,1)^2}{2};$$

при $X = 0,1 \text{ м}$

$$M_u = 12,5 \cdot 0,1 - \frac{50 \cdot (0,1 - 0,1)^2}{2} = 1,25 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

при $X = 0,350 \text{ м}$

$$M_u = 12,5 \cdot 0,35 - \frac{50 \cdot (0,35 - 0,1)^2}{2} = 2,81 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

при $X = 0,25 \text{ м}$

$$M_u = 12,5 \cdot 0,25 - \frac{50 \cdot (0,25 - 0,1)^2}{2} = 2,55 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Крутний момент $M_{кр} = 0,45 \text{ кН} \cdot \text{м}$ передається від двигуна через редуктор до ролика.

Визначаємо навантаження в небезпечних перетинах.

Небезпечний перетин 2-2 (приводний хвостовик)

– крутний момент $M_{кр} = 0,45 \text{ кН} \cdot \text{м}$

Небезпечний перетин 2-2 (шийка ролика) діють:

- крутний момент $M_{кр} = 0,45 \text{ кН} \cdot \text{м}$
- згинальний момент $M_{виг} = 1,25 \text{ кН} \cdot \text{м}$

Небезпечний перетин 1-1 (бочка ролика) діють:

- крутний момент $M_{кр} = 0,45 \text{ кН} \cdot \text{м}$
- згинальний момент $M_{виг} = 2,8 \text{ кН} \cdot \text{м}$

Перевірочний розрахунок проводиться після остаточного оформлення конструкції ролика і вибраних підшипників, коли відомі діаметри, довжини ділянок валів, шорсткість, посадки, матеріал, види зміцнення, розміри галтельних переходів, пазів шпон і так далі. Перевірочний розрахунок валу виконується на втомну і статичну міцність, на сумісну дію вигину і кручення, є остаточним і основним [13].

Перевірочний розрахунок на втомну міцність полягає у визначенні розрахункових коефіцієнтів запасу міцності в імовірно небезпечних перетинах, заздалегідь намічених відповідно до епюр моментів і розташуванням зон концентрацій напруги, і порівнянні його з коефіцієнтом запасу міцності, що допускається. Небезпечним є той перетин, для якого коефіцієнт запасу міцності мінімальний.

При розрахунку приймають, що напруження згину змінюється по симетричному циклу, а напруження кручення по віднульовому циклу. Вибір віднульового циклу для напруження кручення заснований на тому, що більшість валів передають змінні по величині, але постійні по напрямку обертальні моменти. Перевірка роликів на статичну міцність ведеться для попередження пластичних деформацій в період дії пікових навантажень (наприклад, в період пуску).

Приймаємо матеріал для ролика — сталь 40Х, покращена з характеристикою:

- тимчасовий опір розриву, $\sigma_B = 750 \text{ МПа}$;
- межа текучості, $\sigma_T = 390 \text{ МПа}$;

- межа витривалості при симетричному циклі напруги вигину,
 $\sigma_{-1} = 323$ МПа;
- межа витривалості при симетричному циклі напружень кручення,
 $\tau_{-1} = 170$ МПа;
- коефіцієнти чутливості матеріалу при асиметричному циклі напруги відповідно при вигині і крученні, $\psi_{\sigma} = 0,1$ і $\psi_{\tau} = 0,05$.

Розрахуємо ролика на втомну міцність.

Небезпечний перетин 2-2 (приводний хвостовик).

Діаметр валу під муфтою, $d_1 = 110$ мм. Коефіцієнт запасу міцності по дотичній напруженні

$$n_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau D} \cdot \tau_a} = \frac{170}{4,3 \cdot 3,7} = 10,6 > [n] = 1,8 \dots 2,5, \quad (2.26)$$

де τ_{-1} – межа витривалості при симетричному циклі напружень кручення;
 $K_{\tau D}$ – ефективний коефіцієнт концентрації напруги для деталі

$$K_{\tau D} = \frac{K_{\tau} + K_{\tau}^n - 1}{\varepsilon_{\tau}} = \frac{1,7 + 1,25 - 1}{0,45} = 4,3, \quad (2.27)$$

K_{τ} – ефективний коефіцієнт концентрації напруги для полірованого зразка
 $K_{\tau} = 1,7$; K_{τ}^n – коефіцієнт стану поверхні, $K_{\tau}^n = 1,25$; ε_{τ} – масштабний коефіцієнт, $\varepsilon_{\tau} = 0,45$; τ_a – амплітудна напруга кручення, для валів нереверсивної передачі приймається

$$\tau_a = \frac{M_{кр}}{0,2 \cdot d^3} = \frac{0,45 \cdot 10^{-3}}{0,2 \cdot 0,11^3} = 3,7 \text{ МПа}, \quad (2.28)$$

$[n]$ – значення запасу витривалості, що допускається, при зниженій точності розрахунку і для валів великого діаметру $[n] = 1,8 \dots 2,5$.

Небезпечний перетин 3-3.

Діаметр валу підшипником, $d_2 = 250$ мм.

Коефіцієнт запасу міцності по дотичній напрузі

$$n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau D} \cdot \tau_a} = \frac{170}{4,875 \cdot 2,7} = 31,7, \quad (2.29)$$

де τ_{-1} – межа витривалості при симетричному циклі напружень кручення;
 $K_{\tau D}$ – ефективний коефіцієнт концентрації напруги для деталі

$$K_{\tau D} = \frac{K_\tau + K_\tau^n - 1}{\varepsilon_\tau} = \frac{1,7 + 1,25 - 1}{0,4} = 4,875, \quad (2.30)$$

де K_τ – ефективний коефіцієнт концентрації напруги для полірованого зразку,
 $K_\tau = 1,7$; K_τ^n – коефіцієнт стану поверхні, $K_\tau^n = 1,25$; ε_τ – масштабний
 коефіцієнт, $\varepsilon_\tau = 0,4$; τ_a – амплітудна напруга кручення, для валів нереверс-
 сивної передачі приблизно приймається

$$\tau_a = \frac{M_{кр}}{0,2 \cdot d_2^3} = \frac{0,45 \cdot 10^{-3}}{0,2 \cdot 0,175^3} = 2,7 \text{ МПа}. \quad (2.31)$$

Коефіцієнт запасу міцності по нормальній напрузі

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D} \cdot \sigma_a} = \frac{323}{3,25 \cdot 15,1} = 3,2, \quad (2.32)$$

де σ_{-1} – межа витривалості при симетричному циклі напружень кручення;
 $K_{\sigma D}$ – ефективний коефіцієнт концентрації напруги для деталі

$$K_{\sigma D} = \frac{K_{\sigma} + K_{\sigma}^n - 1}{\varepsilon_{\sigma}} = \frac{1,7 + 1,25 - 1}{0,6} = 3,25, \quad (2.33)$$

де K_{σ} – ефективний коефіцієнт концентрації напруги для полірованого зразку $K_{\sigma} = 1,7$; K_{σ}^n – коефіцієнт стану поверхні, $K_{\sigma}^n = 1,25$; ε_{σ} – масштабний коефіцієнт, $\varepsilon_{\sigma} = 0,6$; σ_a – амплітудна нормальна напруга, для валів нереверсивної передачі приблизно приймається

$$\sigma_a = \frac{M_{\text{виг}}}{0,1 \cdot d_2^3} = \frac{1,25 \cdot 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,25^3} = 15,1 \text{ МПа}, \quad (2.34)$$

Результуючий коефіцієнт запасу міцності

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}} = \frac{3,2 \cdot 10,6}{\sqrt{3,2^2 + 10,6^2}} = 5,5 > [n] = 1,8 \dots 2,5, \quad (2.35)$$

Небезпечний перетин 1-1.

Діаметр бочки, $d = 350$ мм.

Коефіцієнт запасу міцності по дотичній нарузі

$$n_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau D} \cdot \tau_a} = \frac{170}{4,875 \cdot 1,7} = 36,7, \quad (2.36)$$

де τ_{-1} – межа витривалості при симетричному циклі напружень кручення;
 $K_{\tau D}$ – ефективний коефіцієнт концентрації напруги для деталі

$$K_{\tau D} = \frac{K_{\tau} + K_{\tau}^n - 1}{\varepsilon_{\tau}} = \frac{1,7 + 1,25 - 1}{0,4} = 4,875, \quad (2.37)$$

де K_{τ} – ефективний коефіцієнт концентрації напруги для полірованого зразку,

$K_\tau = 1,7$; K_τ^n – коефіцієнт стану поверхні, $K_\tau^n = 1,25$; ε_τ – масштабний коефіцієнт, $\varepsilon_\tau = 0,4$; τ_a – амплітудна напруга кручення, для валів нереверсивної передачі приблизно приймається

$$\tau_a = \frac{M_{кр}}{0,1 \cdot d_2^3} = \frac{0,45 \cdot 10^{-3}}{0,2 \cdot 0,35^3} = 1,7 \text{ МПа.} \quad (2.38)$$

Коефіцієнт запасу міцності по нормальній напрузі

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D} \cdot \sigma_a} = \frac{323}{3,25 \cdot 13,7} = 5,2, \quad (2.39)$$

де σ_{-1} – межа витривалості при симетричному циклі напружень кручення;
 $K_{\sigma D}$ – ефективний коефіцієнт концентрації напруги для деталі

$$K_{\sigma D} = \frac{K_\sigma + K_\sigma^n - 1}{\varepsilon_\sigma} = \frac{1,7 + 1,25 - 1}{0,6} = 3,25, \quad (2.40)$$

де K_σ – ефективний коефіцієнт концентрації напруги для полірованого зразку
 $K_\sigma = 1,7$; K_σ^n – коефіцієнт стану поверхні, $K_\sigma^n = 1,25$; ε_σ – масштабний коефіцієнт, $\varepsilon_\sigma = 0,6$; σ_a – амплітудна нормальна напруга, для валів нереверсивної передачі приблизно приймається

$$\sigma_a = \frac{M_{виг}}{0,1 \cdot d_2^3} = \frac{2,8 \cdot 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,35^3} = 13,7 \text{ МПа.} \quad (2.41)$$

Результуючий коефіцієнт запасу міцності

$$n = \frac{n_\sigma \cdot n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 + n_\tau^2}} = \frac{5,2 \cdot 36,7}{\sqrt{5,2^2 + 36,7^2}} = 8,3 > [n] = 1,8 \dots 2,5. \quad (2.42)$$

Розрахунок підшипників

Враховуючи високе навантаження, вибираємо для ролика роликотпідшипники радіальні дворядні сферичні, технічна характеристика яких приведена в табл. 2.4 та 2.5.

Таблиця 2.4

Геометричні розміри підшипника

Умовне позначення підшипника	d , мм	D , мм	B , мм	R , мм	α°	d_{2min} , мм	D_{2max} , мм	Ролики		
								D_T , мм	L , мм	z
3530 ГОСТ 5721-57	150	320	86	5	11	208	322	37	33,2	19

Джерело: розроблено із використанням [13]

Таблиця 2.5

Технічна характеристика підшипника

Умовне позначення підшипника	Вантажопідйомність, Н		e					Y_0	G , кг
	C	C_0							
				X	Y	X	Y		
3530 ГОСТ 5721-57	578000	703000	0,3	1	2,27	0,67	3,37	2,22	27

Джерело: розроблено із використанням [13]

Розрахуємо довговічність підшипників валу

$$L_n = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^p = \frac{10^6}{60 \cdot 115} \cdot \left(\frac{578000}{321562}\right)^{\frac{10}{3}} = 8200 \text{ год}, \quad (2.43)$$

де C – каталожна динамічна вантажопідйомність підшипника, для підшипника 3534 $C = 578000$ Н; p – статичний показник, для роликотпідшипників, $p = 10/3$; P – еквівалентне розрахункове навантаження на підшипник

$$\begin{aligned} P &= (X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a) \cdot K_6 \cdot K_m = \\ &= (125000 \cdot 1,0 \cdot 1,0 + 3800) \cdot 2,5 \cdot 1,05 = \\ &= 321562 \text{ Н}, \end{aligned} \quad (2.44)$$

де X – коефіцієнт радіального навантаження, $X = 0,1$; V – коефіцієнт обертання, при обертанні внутрішнього кільця щодо напрямку навантаження, $V = 1,0$; F_r – радіальне навантаження на підшипник, $F_r = 122500$ Н; K_6 – коефіцієнт безпеки, $K_6 = 2,5$; K_m – температурний коефіцієнт, $K_m = 1,05$.

2.4 Монтаж, ремонт, змащення

2.4.1 Прив'язка машини до технологічного тракту

Установку і вивіряння технологічного обладнання здійснюють шляхом поєднання осей машин з монтажними осями, закріпленими на фундаментах під обладнанням. При цьому повинні бути витримані задані проектом розміри у вертикальній площині між рівнем руху оброблюваного матеріалу і рівнем чистої підлоги цеху або якою-небудь іншою відміткою.

Для цієї мети на планах цехів наносять основні подовжні та поперечні вісі машин і прив'язують їх до подовжніх і поперечних осей колон будівлі цеху. Висотні відмітки вказують на розрізах цехів. В процесі монтажу всі висотні вимірювання проводять на основі спеціальних відміток, званих реперами.

Всі монтажні вісі в плані та висотні реperi розділяють на контрольні (головні) і робочі. Робочі вісі і реperi у свою чергу поділяють на основні і допоміжні. Всю систему вісей і висотних відміток називають геодезичним обґрунтуванням монтажу.

За основу геодезичного обґрунтування приймають контрольні осі і контрольні реperi. Все подальше розбиття робочих вісей і висотних реперів на фундаментах виконує від контрольних осей і реперів, закладених в даному цеху.

Контрольні осі зазвичай суміщають з осями колон будівель цехів або інших споруд. Будівлі цехів і споруди прив'язують до вісей робочої коорди-

натної сітки заводу, нанесеної на генплан і закладеної в натурі у вигляді знаків, встановлених в точках перетину цих осей. Вісі координатної сітки наносять через 100 або 200 м і позначають їх положення по відношенню до крапки, прийнятої за початок координат. Координатна сітка геодезично пов'язана з найближчими полігонометричними знаками. Кожну контрольну вісь фіксують двома плашками або скобами, встановленими на окремих бетонних стовпах зовні фундаментів під обладнанням або на підшвах колон.

Підставою для відміток висотних реперів служать абсолютні відмітки полігонометричних знаків щодо середнього рівня моря, перенесені на територію заводу. Ці абсолютні відмітки, перераховані щодо рівня підлоги цеху або головки залізничної рейки, вказують на будівельних кресленнях. На технологічних планах розташування обладнання, відмітку підлоги цеху, не зважаючи на його абсолютну відмітку, приймають за нуль. Контрольні реperi встановлюють на спеціальних залізобетонних стовпах перетином 500×500 мм і більш, що підносяться над рівнем чистої підлоги на 200 мм і розташованих зовні фундаментів під обладнання. Відмітки контрольних реперів пов'язують з відмітками найближчих реперів опорної сітки заводу. Якщо репер заданий абсолютною відміткою, з неї слід відняти абсолютну відмітку підлоги цеху, щоб отримати відмітку репера щодо підлоги цеху.

На кожному фундаменті розбивають дві основні робочі вісі – подовжню і поперечну – і один основний репер (у районі базової машини), щодо яких здійснюють подальше розбиття і нівелювання допоміжних робочих осей і реперів на даному фундаменті. Кількість допоміжних осей і реперів визначається характером обладнання.

Робочі вісі фіксують на фундаментах двома металевими плашками, які встановлюють в місцях, машин, що не закриваються основами, і що дозволяють встановити за плашками вісетримачі.

Плашкою служить відрізок швелера або балки розміром в плані не менше 80×80 мм. Плашку закладають в бетон, приварюючи до арматури фу-

ндаменту, а при її відсутності до спеціально закладеної пластини, і заливають бетонним розчином високої марки. На поверхні плашки керном наносять лунку діаметром не більше 2 мм, що відповідає положенню вісі, а навколо неї накернюють трикутник, який потім зафарбовують білою фарбою.

Положення вісьового керна відносно контрольної або основної робочій вісі визначають за допомогою відвісу, опущеного із струни-орієнтиру. Лінійні розміри перевіряють сталеву рулеткою, а точність кернення теодолітом. Відхилення основної робочої вісі, що допускається, від контрольної і допоміжних від основної ± 1 мм. Контрольну і всі робочі вісі фіксують струнами із сталеві проволочки діаметром 0,3 ... 0,5 мм, натягненими, за допомогою блоків, вантажами масою 10 ... 15 кг на висоті близько 2 м над площиною фундаменту, щоб не заважати установці обладнання. Із струн спускають відвіси, загострені кінці яких суміщають з лунками, накерненими на плашках. Струни зберігають до закінчення монтажу агрегату. Застосовують також нейлонові нитки. Контрольним репером служить оброблений під сферу торець залізничної рейки, закладеної в бетонний стовп на глибину до 4 м і підноситься на 50 мм над поверхнею бетону. [14]

Основний і допоміжний висотні реperi є заклепкою діаметром 25 ... 30 мм, приварену вгору головкою до оголеної арматури фундаменту і забетоновану розчином цементу високої марки. За відсутності арматури до циліндрового кінця заклепки приварюють сталеву пластину площею не менше 1 дм², яку заливають розчином одночасно з репером.

Осьові плашки і висотні реperi встановлює будівельна організація на підставі схеми геодезичного обґрунтування монтажу, отриманою своєчасно від монтажної організації.

В процесі приймання фундаментів під монтаж монтажна організація перевіряє правильність розбиття осей і відміток реперів по виконавчій схемі геодезичного обґрунтування і відзначає всі розбіжності у формулярах, що додаються до приймального акту.

При установці машин, що стоять окремо, не входять в потокові і автоматичні лінії, допускаються відхилення в плані і по висоті до 20 ... 30 мм.

Відповідно до плану розташування обладнання обтискного стану 1300, виконується розбивочне креслення з вказівкою положення основних осей обладнання, у вигляді конкретних цифр-координат, лінійних розмірів і висотних відміток, застосовуючи геодезичні знаки: репери і плашки. По контрольному реперу цеху, встановленому на спеціальному фундаменті перевіряються робочі репери. Геодезичне обґрунтування монтажу маніпулятора-кантувача приведені на рис. 2.8.

Вертикальні ролики встановлюють на лінійки маніпулятора-кантувача, який вже встановлений. Монтаж роликів здійснюється за допомогою двох амортизаторів, які є направляючими вузла ролика.

На кожному майданчику обслуговування машини у базовій деталі машини розташовується основний репер, вивірений щодо контрольного з точністю до $\pm 0,5$ мм. Після збірки і монтажу обладнання ретельно вивіряють по нормах на точність. Найбільш точними методами вивіряння є оптико-геодезичний і лазерний методи, що дозволяють визначити відносне положення контрольних крапок в горизонтальній і вертикальній площинах. [15]

Для забезпечення заданої точності збірки і установки устаткування в проектне положення і правильності посадок при збірці її елементів, використовують контрольно-вимірні прилади: рулетки, вивіркові лінійки, рівні, кутоміри, щупи, індикатори, і так далі.

2.4.2 Технологічна карта монтажу

Модернізація передбачає монтаж вертикальних роликів на лінійці маніпулятора, механізм монтується відповідно до монтажного креслення рис. 2.9 у послідовності та строках визначених у графіку монтажних робіт табл. 2.6. Перелік необхідний для монтажу матеріалів, напівфабрикатів представлений у табл. 2.7, монтажного обладнання, інвентарю і пристосувань у табл. 2.8.

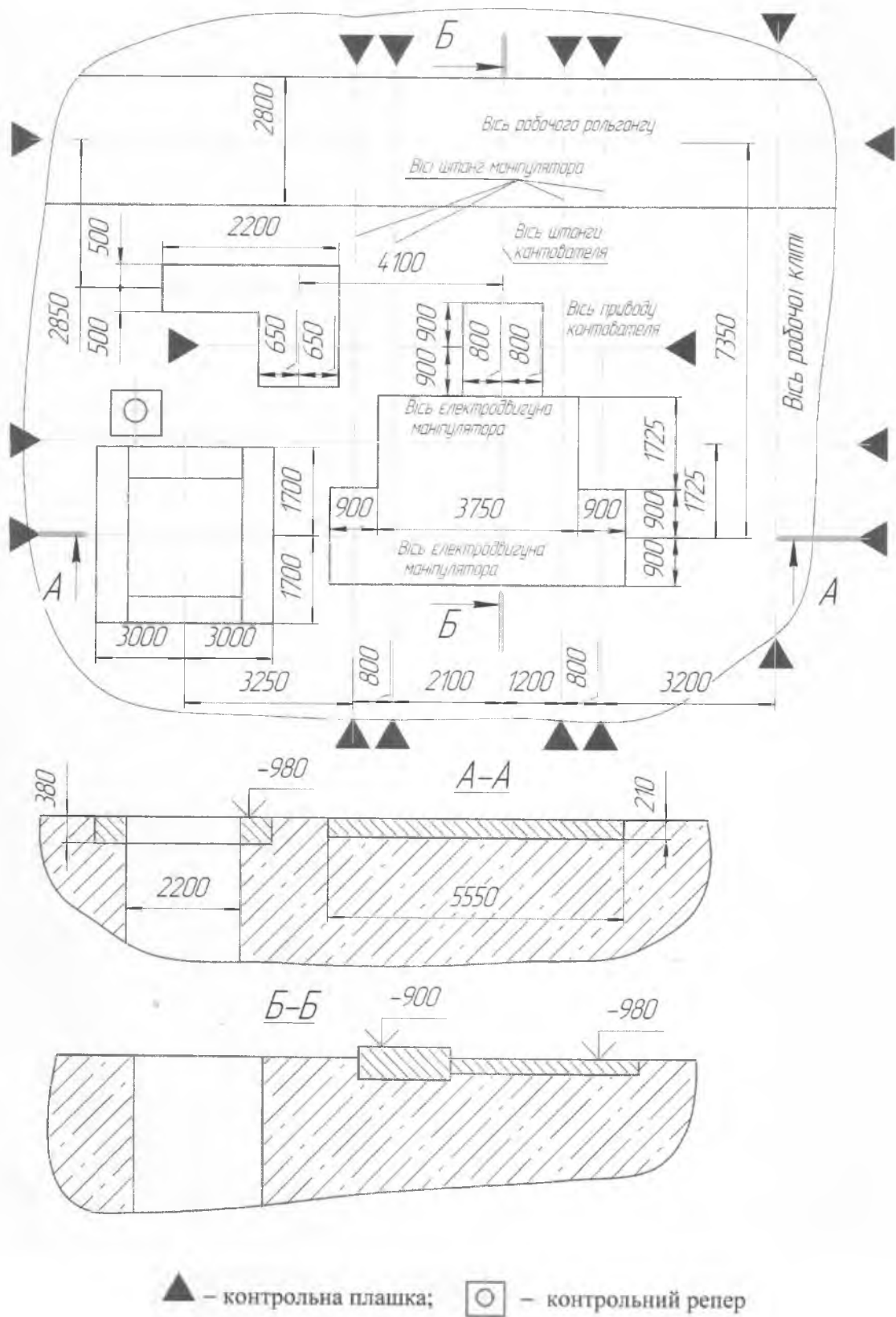
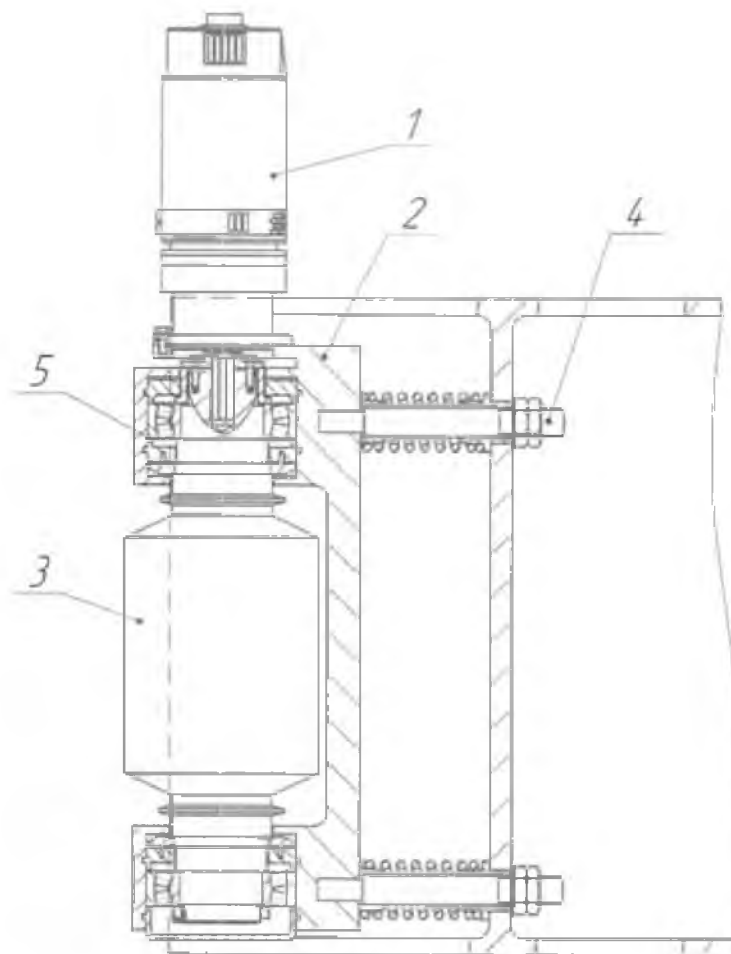


Рис. 2.8. Геодезичне обґрунтування монтажу маніпулятора-кантувача
(розроблено автором)



№ поз.	Найменування	К-сть	Од.	Заг.
			Маса, кг	
1	Двигун-редуктор	1	367	367
2	Станина	1	200	200
3	Вузол ролика	1	480	480
4	Амортизатор	2	35	70
5	Кришка підшипника	2	17,5	35

Рис. 2.9. Монтажне креслення

(розроблено автором)

Таблиця 2.6

Технологічна карта монтажу вертикальних роликів

№ з/п	Опис робіт по монтажу в технологічній послідовності	Калькуляція						Склад ланки	Тривалість операції, год	Години								
		Од. виміру	Об'єкт робіт	На одиницю		На весь об'єм				1	2	3	4	5	6	7	8	
				Норма часу, год	Розцінки	Норма часу, год	Сума, грн											
1	Встановити у станину 2 вузол ролика 3	шт	1	2	640	2	640	6/5/5/5	2									
2	Встановити кришки 5 у станину 2 і закріпити 12-ма болтами М16	шт	2	0,5	160	1	320	6/5/5/5	1									
3	Запресувати у станину 2 амортизатори 4	шт	2	1	320	2	640	6/5/5/5	2									
4	Зібраний ролик (поз. 2, 3, 4, 5), завести збоку у лінійку і закріпити 2 гайками М48	шт	1	2	640	2	640	6/5/5/5	2									
5	Встановити двигун-редуктор 1 і закріпити 6-ма болтами М12	шт	1	1	320	1	320	6/5/5/5	1									

Джерело: розроблено автором

Таблиця 2.7

Відомість необхідних для монтажу матеріалів, напівфабрикатів

Найменування	Одиниці вимірювання	Кількість
Кисень	м ³	5,0
Карбід кальцію	кг	5,0
Гас	кг	5,0
Масло машинне	кг	4,0
Солідол	кг	0,5
Кінці обтиральні	кг	1,2
Серветки обтиральні	м ²	1,0
Папір прокладний	м ²	1,0

Джерело: розроблено автором

Таблиця 2.8

Відомість монтажного устаткування, інвентарю і пристосувань

Найменування	Одиниці вимірювання	Кількість
Ключі: S=17×22; 41×46; 46×50; 50×60; 32×36	шт	2
Кувалда Q = 5 кг	шт	2
Молоток Q = 10 кг	шт	2
Свердлильна машина	шт	1
Шліфувальна машина	шт	1
Мітчики: М-12; М-20; М-24	шт	1
Троса парні Ø 28,5	шт	1
Троса парні Ø 17,5	шт	1
Рулетка	шт	3
Рівень з ціною ділення 0,006 м на 1 м	шт	3
Індикатор цифровий	шт	3
Апарат електрозварювання СТЕ – 34	шт	1
Ацетиленовий генератор Пг – 1	шт	1
Контрольна лінійка l = 3 м	шт	2
Відвіс 0,4 кг	шт	4

Джерело: розроблено автором

Доставка устаткування виконується залізничними платформами. При надходженні комплектуючих до підприємства-замовника відбувається його приймання під час якого перевіряють:

- комплектність (по заводських специфікаціях відправним і пакувальним відомостям);
- відповідність обладнання кресленням і технічним умовам на монтаж;
- наявність можливих пошкоджень або поломок;
- наявність і повноту технічної документації.

Вивантаження складальних одиниць проводять на монтажний майданчик ділянки обтискного стану 1300 цеху блюмінг, де планується установка машини. При цьому подача вузлів здійснюється на остаточна складання і установку всіх деталей і вузлів.

При цьому використовують типові оснащення такелажу (стропи), які підбирають залежно від габаритів і ваги переміщуваних компонентів. Цей вибір проводять згідно вимогам стандарту підприємства СОУ 214-Т-028-2004, який розповсюджується на вантажні канатні і ланцюгові стропи. При цьому повинно виконуватися умова, щоб кут між гілками строп в будь-якій площині не перевищував 90° .

Вертикальні ролики поставляються у розібраному вигляді наступної комплектності:

1. Мотор-редуктор ЗМПМ-50М

$$D = 250 \text{ мм}, L = 725 \text{ мм}, \text{ маса} - 0,367 \text{ т};$$

2. Станина

$$250 \times 350 \times 1050 \text{ мм}; \text{ маса} - 0,2 \text{ т};$$

3. Вузол ролика

$$D = 350 \text{ мм}, L = 735 \text{ мм}, \text{ маса} - 0,48 \text{ т};$$

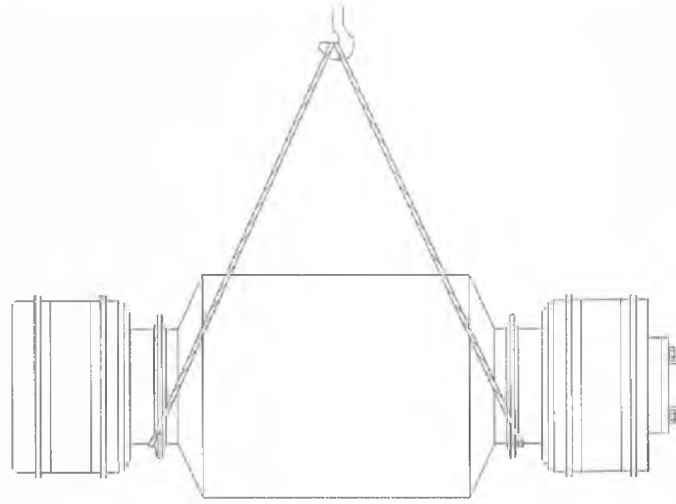
4. Амортизатор

$$D = 140 \text{ мм}, L = 445 \text{ мм}, \text{ маса} - 0,035 \text{ т};$$

5. Кришка підшипника

225×200×180 мм; маса – 0,01750 т (2 шт);

Схема стропування вузла ролика наведено на рис. 2.10.



$m = 480$ кг; строп парний $\varnothing 28,5$ мм; $l = 1500$ мм

Рис. 2.10. Схема стропування вузла ролика
(розроблено автором)

2.4.3 Зношення відповідальних деталей та методи їх відновлення

Найбільшому зносу піддається бочка ролика, яка взаємодіє із злитком при високій температурі, за наявності ковзання між роликом і злитком знос досягає максимальних значень. Знос посилюється високою температурою злитка і відповідно ролика. При можливому вигині розкату мають місце значні динамічні ударні навантаження, які передаються на підшипники ролика, кріпильні деталі, що призводять в деяких випадках до руйнування ролика.

При зносі бочки ролика проводиться наплавлення зношеної поверхні і проточка цієї поверхні до номінального розміру, а також перевіряється стан посадочних місць під підшипники. У разі виявлення зносу ці поверхні наплавляються і розточують. При розбиранні підшипникових вузлів перевіряється стан підшипників кочення і у разі потреби проводиться їх заміна. Стан посадочних поверхонь підшипникових вузлів перевіряється на можливість їх зно-

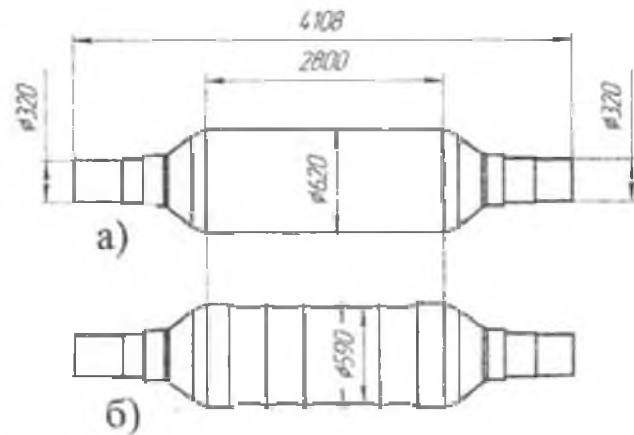
су і неприпустимої зміни розмірів. Зношені поверхні підшипникових вузлів наплавляються і розточуються до проєктних розмірів.

При ремонті роликів необхідно звертати увагу на стан муфт трансмісійного проміжного валу. Враховуючи реверсивний режим роботи недопустимі зазори в зачепленні муфт, які викликають додаткові динамічні навантаження при зміні напрямку обертання роликів.

Відновлення отриманих пошкоджень можна проводити наступними способами:

- дефекти вигорання — наплавленням, металізацією, заміною частини деталі з подальшою механічною обробкою;
- дефекти від перегріву (коли на деталях з'являються кольори побіжалості) — шліфівка до видалення кольору побіжалості;
- відновлення деталей, що мають корозію проводять механічним способом, піддаючи їх піскоструминній обробці;
- відновлення деталей, що мають нагар проводять механічним способом, розчинниками, випалюванням, ультразвуком і ін.

Граничне значення зносу такого геометричного параметра, як діаметр бочки ролика складає величину – 5% або при проєктному діаметрі бочки – 350 мм знос допускається до діаметру – 332,5 мм (див. рис. 2.11). Відновлення проводиться шляхом наплавлення ручною або автоматичною електродуговою зваркою. Наплавлення проводять електродами типу ОЗН-250, ОЗН-300, ОЗН-350, ОЗН-400, призначених для наплавлення деталей з сталі 40Х (сталь з якої виготовлений ролик), що забезпечує отримання щільного наплавленого металу з малою схильністю до утворення тріщин. Після наплавлення бочки ролик піддається механічній обробці, тобто діаметр бочки після наплавлення доводиться до проєктного розміру (рис. 2.12). Ролик після ремонту повинен бути підданий балансуванню на спеціальному верстаті.



а - проектний; б - зношений

Рис. 2.11. Ролик робочого рольгангу

Джерело: розроблено із використанням [16]

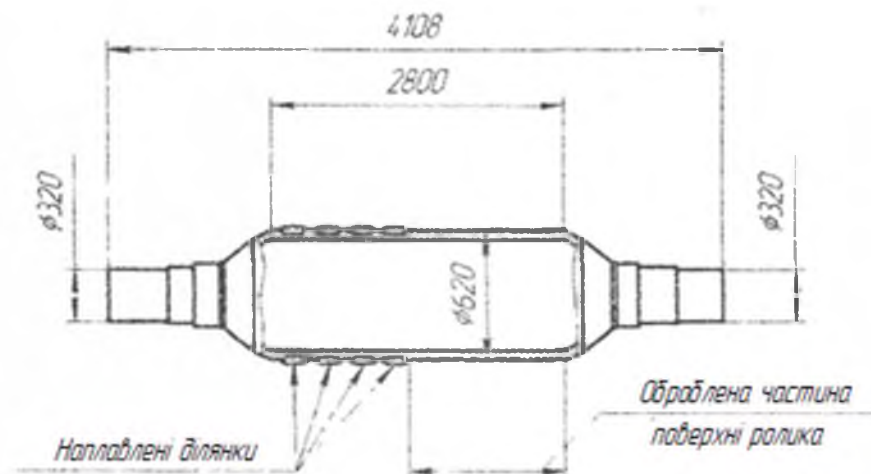


Рис. 2.12. Механічна обробка ролика після направлення

Джерело: розроблено із використанням [16]

2.4.4 Розробка графіка планово-попереджувальних ремонтів

Основним заходом щодо підтримки працездатності машини є своєчасне технічне обслуговування всіх вузлів і механізмів. Відповідно до розробленого графіка огляду обладнання потрібне строге дотримання його періодичності та часу огляду.

Обслуговуючий персонал зобов'язаний на протязі зміни проводити об-

хід і обслуговування роликів, а саме: використовуючи перерву в роботі стану перевіряти кріплення підшипників, положення гайок, стан роликів; контролювати надходження змащувальних матеріалів; перевіряти температуру підшипників.

При експлуатації підшипникових вузлів уважно стежити за станом ущільнюючих пристроїв. Будь-які несправності, пов'язані з порушенням пилонепроникності та виникненням витoku мастильного матеріалу через ущільнення, повинні бути негайно усунені. Для ремонту маніпулятор-кантувач робочої кліти обтискного стану використовують змішану форму ремонту, тобто ремонтним персоналом цеху і персоналом ремонтних цехів. Капітальний ремонт проводиться в цехах ремонтно-механічного заводу з повним розбиранням вузлів маніпулятора-кантувача, відновленням його поверхні і заміною від зношених деталей. Безаварійна робота маніпулятора-кантувача забезпечується при виконанні вимог планово-попереджувальних ремонтів, що включають щодобову перевірку, правильності експлуатації та обслуговування, накопичені дані записуються в агрегатний журнал. Щодобова перевірка проводиться обслуговуючим персоналом. [17]

Графік планово-попереджувальних ремонтів приведений в табл. 2.9. На підставі досвіду експлуатації блюмінга поточні ремонти робочої кліти проводять не рідше за 1 раз в 30 діб. Тривалість ремонту 24 години.

Таблиця 2.9

Графік планово-попереджувальних ремонтів

Місяці	січень			лютий			березень			квітень			травень			червень			липень			серпень			вересень			жовтень			листопад			грудень		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Ремонт	-	П	-	П	-	-	-	П	-	П	-	С	-	П	-	-	П	-	-	П	-	-	П	-	-	П	-	-	П	-	-	П	-	-	П	-

Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

2.4.5 Змащення

Розрахуємо витрати густого мастила для змащування підшипників вузла вертикального ролика.

Розрахунок проводимо по методиці інституту металургійного машинобудування, що ґрунтується на результатах статистичного дослідження реальних вузлів тертя, рекомендує наступну формулу для розрахунку норми витрати густого мастила

$$q = 11 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 = 11 \cdot 1,05 \cdot 1,015 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 15,5 \text{ см}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}, \quad (2.45)$$

де 11 – мінімальна норма витрати мастила для підшипників діаметром $d \leq 100$ мм при $n \leq 100$ об/хв; k_1 – коефіцієнт, що враховує залежність норми витрати мастила від діаметру підшипника, при $d = 150$ мм

$$k_1 = 1,0 + (d - 100) \cdot 10^{-3} = 1,0 + (150 - 100) \cdot 10^{-3} = 1,05, \quad (2.46)$$

k_2 – коефіцієнт, що характеризує залежність норми витрати мастила від частоти обертання, при $n = 115$ об/хв ;

$$k_2 = 1,0 + (n - 100) \cdot 10^{-3} = 1,0 + (115 - 100) \cdot 10^{-3} = 1,015, \quad (2.47)$$

k_3 – коефіцієнт, що враховує вплив якості поверхонь, що труться на норму витрати мастила. При хорошій якості (сумарна площа дефектів не перевищує 5% контактної поверхні), $k_3 = 1,0$, а при задовільному $k_3 = 1,3$. Приймаємо $k_3 = 1,0$. k_4 – коефіцієнт, залежний від робочої температури підшипника T_p . Якщо $T_p < 75$ °С, то $k_4 = 1,0$, а якщо $T_p = 75 \div 150$ °С, то $k_4 = 1,2$. Приймаємо $k_4 = 1,2$. k_5 – коефіцієнт, що враховує вплив величини навантаження;

$k_5 = 1,1$ і $k_5 = 1,0$, коли робоче навантаження відповідно перевищує і не перевищує проектне значення. Приймаємо $k_5 = 1,1$. [18]

Об'єм густого мастила, що періодично подається в підшипник ковзання

$$Q = q \cdot F \cdot T = 15,5 \cdot 0,041 \cdot 2 = 1,27 \text{ см}^3, \quad (2.48)$$

де F – площа контактної поверхні підшипника, яка визначається за формулою

$$F = \pi \cdot d \cdot b = 3,14 \cdot 0,15 \cdot 0,086 = 0,041 \text{ м}^2, \quad (2.49)$$

b – ширина підшипника 3534, $b = 86$ мм; T – тривалість циклу змазування (період між двома послідовними подачами мастила), $T = 2$ год.

Карта змащування приведена в таблиці 2.10. Схема точок змащування приведені на рис. 2.13.

Таблиця 2.10

Карта змащення вузлів тертя

№ з/п	Найменування точки змащування	К-сть точок, шт	Застосоване мастило	К-сть на 1 точку, дм ³	Терміни заміни в добях	Додаткові вказівки
1	Підшипники електродвигуна	2	Усса	2,0	1 раз у 6 міс.	Набивання
2	Зубчасте зачеплення	1	Масло І-50	5,7	По контр. лабор.	Долив
3	Підшипникові вузли	2	Усса	$1,27 \cdot 10^{-5}$	1 раз у 2 год.	Централізована
4	Направляючі	2	Усса	0,05	1 раз у зміну	Набивання

Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

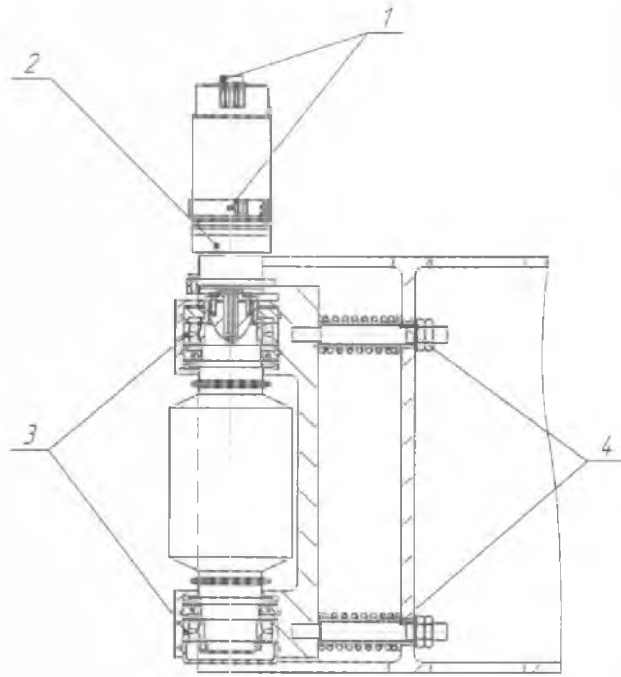


Рис. 2.13. Схема розташування точок змащення
(розроблено автором)

2.5 Економічна доцільність запропонованих рішень

У кваліфікаційній роботі пропонується встановити в кожній лінійці по два вертикальні приводні ролики. Визначаємо вартість нового обладнання

$$\begin{aligned}
 C_H &= 1,15 \cdot n_p \cdot (C_p + C_c + C_n + C_{ред} + C_d) = \\
 &= 1,15 \cdot 4 \cdot (6000 + 6000 + 900 + 3700 + 6900) = \quad (2.50) \\
 &= 108100 \text{ грн,}
 \end{aligned}$$

де n_p – кількість вертикальних роликів, $n_p = 4$; 1,15 – коефіцієнт, що враховує витрати на збірку; C_p – вартість виготовлення ролика і корпусів підшипникових вузлів,

$$C_p = m_p \cdot Ц_p = 0,5 \cdot 12000 = 6000 \text{ грн,} \quad (2.51)$$

m_p – маса ролика і корпусів підшипникових вузлів $m_p = 0,5t$; C_p – ціна виготовлення ролика і корпусів підшипникових вузлів (сталева поковка з механічною обробкою), $C_p = 12000$ грн/т; C_c – вартість виготовлення станини ролика,

$$C_c = m_c \cdot C_c = 0,4 \cdot 15000 = 6000 \text{ грн}, \quad (2.52)$$

m_c – маса станини ролика, $m_c = 0,4$ т; C_c – ціна виготовлення станини ролика (сталеве литво з механічною обробкою), $C_c = 15000$ грн/т; C_n – вартість підшипників 3530,

$$C_n = 2 \cdot 450 = 900 \text{ грн};$$

$C_{ред}$ – редуктора ЗМПМ-50М, $C_{ред} = 3700$ грн; C_d – вартість електродвигуна постійного струму ДП-31, $C_d = 6900$ грн.

Витрати на доставку обладнання складає 5% C_n

$$Z_{дос} = \frac{108100 \cdot 5}{100} \approx 5400 \text{ грн}, \quad (2.53)$$

Витрата на монтаж складає 10% від C_n

$$Z_{мон} = \frac{108100 \cdot 10}{100} \approx 10800 \text{ грн}, \quad (2.54)$$

Капітальні вкладення на модернізацію складають

$$\begin{aligned} K_2 &= C_n + Z_{дос} + Z_{мон} = 108100 + 5400 + 10800 = \\ &= 124300 \text{ грн}. \end{aligned} \quad (2.55)$$

Річні амортизаційні відрахування при нормі амортизаційних відрахувань за квартал $H_A = 6\%$ і капітальних вкладеннях на модернізацію $K_2 = 124300$ грн.

$$\begin{aligned} A_p &= A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = 7460 + 7000 + 6590 + 6200 = \\ &= 27250 \text{ грн,} \end{aligned} \quad (2.56)$$

де A_1, A_2, A_3, A_4 – амортизаційні відрахування за відповідний квартал.

До модернізації габаритна обріз складала 253207 т/рік. Після модернізації кількість обрізу згідно розрахункам знизилася на 0,05 %, а економія металу складала $253206,9 \cdot 0,0005 \approx 125$ т/рік.

Тоді кількість обрізу після модернізації складає

$$253207 - 125 \approx 253082 \text{ т/рік.}$$

Річне виробництво до модернізації $Q_0 = 2797440$ т/рік.

Річне виробництво після модернізації

$$Q_1 = 2797440 + 125 = 2797565 \text{ т/рік.}$$

Витрати на поточні ремонти маніпулятора-кантувача зростають на 10000 грн/рік (витрати на ремонт вертикальних роликів). Внесемо відповідні зміни до калькуляції і розрахуємо собівартість продукції після модернізації (див. табл. 2.11).

Питомі витрати на поточні ремонти до модернізації $e_{n,p} = 7,05$ грн/т.

Витрати на поточні ремонти до модернізації 19709300 грн/рік.

Витрати на поточні ремонти після модернізації

$$19709300 + 10000 = 19719300 \text{ грн/рік.}$$

Таблиця 2.11

Калькуляція собівартості продукції

Найменування статей	До впровадження		Після впровадження	
	на 1 т	на випуск	на 1 т	на випуск
Випуск продукції, т		2797440		2797565
Злитки	1178,72	3297388300	1178,66	3297388300
Брак	0,19	531200	0,19	531200
Обріз габаритна	24,49	68495400	24,47	68461185
Окалина, чад і ін. відходи	1,13	3157500	1,13	3157500
Разом відходів	25,80	72184100	25,79	72149885
Разом задано за вирахуванням відходів	1152,91	3225204200	1152,87	3225238415
Паливо технологічне	4,65	13010000	4,46	13010000
Основна з/п	2,44	6827400	2,438	6827400
Відрахування на соцстрах	1,11	3103400	1,108	3103400
Енерговитрати	8,98	25133800	8,98	25133800
Транспорт	0,48	1343300	0,479	1343300
Витрати на поточний ремонт	7,05	19709300	7,048	19719300
Зміст основних засобів	5,53	19363700	5,53	19363700
Капітальний ремонт	0,85	2390100	0,85	2390100
Амортизація	2,14	5996400	1,91	6158760
Інші витрати	1,99	5570000	1,99	5570000
Загальновиробничі витрати	6,37	17830400	6,37	17830400
Виробнича собівартість	1195,91	3345482000	1195,88	3345553465

Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Питомі витрати на поточні ремонти після модернізації

$$e_{n.p} = 7,048 \text{ грн/т.}$$

Витрати на амортизацію до модернізації 5996400 грн/рік.

Питомі витрати на амортизацію до модернізації $e_{n.a} = 2,14$ грн/т.

Витрати на амортизацію після модернізації

$$5996400 + 27250 = 6023650 \text{ грн/рік.}$$

Питомі витрати на амортизацію після модернізації $e_{n.a} = 2,15$ грн/т.

Собівартість 1 т продукції до впровадження складала
 $C_0 = 1195,91$ грн/т.

Собівартість 1 т продукції після впровадження складе
 $C_1 = 1195,88$ грн/т.

Економічний ефект від зменшення кількості обрізу

$$\begin{aligned} E_p &= (C_1 - C_2) \cdot Q_1 = (1195,91 - 1195,88) \cdot 2797565 = \\ &= 83928 \text{ грн/рік.} \end{aligned} \quad (2.57)$$

де Q – річна продуктивність цеху після модернізації $Q_1 = 2797565$ т/рік.

Термін окупності капітальних вкладень

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_2}{E_p} = \frac{124300}{83928} = 1,48 \text{ року.} \quad (2.58)$$

Коефіцієнт ефективності

$$K_E = \frac{1}{T_{\text{ок}}} = \frac{1}{1,48} = 0,68. \quad (2.59)$$

Результати розрахунків основних економічних показників, обумовлених модернізацією, приведені в табл. 2.12.

Таблиця 2.12.

Техніко-економічні показники проєкту

Найменування показників	Значення показника		Зміни (+,-)	
	«0»	«1»	Абсол.	Відн.,%
Обсяг виробництва, т/рік	2797440	2797565	+125	+0,0045
Злитки, т/рік	3079573	3079573	0	0
Обріз габаритна, т/рік	253207	253082	-125	-0,05
Поточні ремонти ОЗ, грн/рік	19709300	19719300	+10000	+0,05
Амортизація, грн/рік	5996400	6158760	+27250	+0,45
Капітальні вкладення, грн		124300	+124300	
Собівартість продукції, грн/т	1195,91	1195,88	-0,03	-0,0025
Термін окупності, років		1,48		
Коефіцієнт ефективності		0,68		
Річний економ. ефект, грн/рік		83928		

Джерело: розроблено автором

Аналіз основних економічних показників, обумовлених модернізацією, свідчить про те, що дане проєктне рішення сприяє зниженню втрат металу в обріз, що зменшує виробничу собівартість продукції на 0,03 грн/т, економічний ефект при цьому складає 83928 грн/рік, а витрати на здійснення проєктного рішення окупаються за 1,48 року.

Отже, дане проєктне рішення є економічно доцільним.

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Аналіз основних шкідливостей і небезпечностей

У цеху блюмінг виконують комплекс технологічних операцій із прокатування сталевих зливків у блюми та заготовки на обтисковому стані 1300. У складі технологічної лінії стану 1300, безпосередньо перед робочою кліткою, встановлено маніпулятор-кантувач, який призначений для переміщення розкату вздовж роликів робочого рольгангу паралельно їх бочці з метою забезпечення правильного подавання заготовки у калібри. Окрім цього, лінійки маніпулятора виконують функцію випрямлення розкату у разі його викривлення в процесі прокатування.

Прокатне виробництво характеризується наявністю значної кількості небезпечних і шкідливих виробничих чинників. З санітарно-гігієнічної точки зору для умов праці в цеху характерні підвищене тепловиділення, запиленість повітря, інтенсивний шум і вібрація технологічного обладнання.

Температура металу під час прокатування становить 1150...1250 °С, унаслідок чого в навколишнє середовище інтенсивне виділяється тепло та відбувається підвищення температури повітря в робочій зоні. Надмірне теплове навантаження порушує процеси терморегуляції організму людини і може спричинити перегрів, що супроводжується підвищенням температури тіла, прискоренням дихання і серцевого ритму, припливом крові до голови. У важких випадках можливе виникнення теплового удару з втратою свідомості. Крім того, під час роботи з нагрітим металом існує ризик отримання термічних опіків, що зумовлює необхідність захисту працівників від високотемпературного випромінювання.

Джерелами шуму у виробничих приміщеннях є прокатні кліти, ножиці, рольганги та інше технологічне обладнання. Підвищений рівень шуму негативно впливає на стан здоров'я та працездатність персоналу, діючи на

центральну нервову систему, викликаючи загальну втому, порушення серцево-судинної та дихальної систем, а також уповільнення психічних реакцій.

Важливим шкідливим чинником є пил, що утворюється в процесі прокатування зливків унаслідок відокремлення окалини. Потрапляючи до органів дихання, дрібнодисперсні частинки пилу можуть затримуватися в легеневій тканині, спричиняючи її механічне ушкодження та розвиток професійних захворювань.

Значення основних шкідливих чинників на робочих місцях та їх нормативні показники наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Санітарно-гігієнічна характеристика умов праці на робочих місцях

Шкідливий чинник	Фактичне значення	ГДР, ГДК
Шум, дБА	83	80
Пил, мг/м ³	6,2	6,0
Температура повітря, °С (зима)	8	18
Температура повітря, °С (літо)	32	27

Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Аналіз даних табл. 3.1 свідчить про перевищення фактичних значень санітарних норм за окремими показниками, що зумовлює необхідність впровадження організаційних і технічних заходів для поліпшення умов праці.

Небезпека механічного травмування в цеху пов'язана з роботою таких механізмів і агрегатів: злитковози, зіштовхувачі злитків, приводи робочих клітей, ролики рольгангів і їх приводи, летючі ножиці, маніпулятори-кантователі, ножиці для різання блюмів, шлепери та інше допоміжне обладнання.

У цеху експлуатується електроустаткування з напругою живлення 380 В для технологічних потреб та 220 В для освітлення, що створює потенційну небезпеку ураження електричним струмом. Електротравми можуть виникати у разі дотику до оголених провідників, тролей кранів і передавальних візків,

а також до корпусів машин і щитів керування, які випадково опинилися під напругою та не мають належного заземлення. Додаткову небезпеку становлять операції з відключення роз'єднувачів під навантаженням або контакторів без дугогасильних камер.

Електричний струм силою понад 0,15 А, навіть без утворення опіків, чинить небезпечний вплив на нервову систему та м'язи людини і може призвести до паралічу дихальних м'язів і серця.

Недостатнє або нерівномірне освітлення робочих місць є додатковим чинником виробничого травматизму, негативно впливає на зір працівників і знижує продуктивність праці. Тому необхідно забезпечити нормативну освітленість цеху як у денний, так і в темний час доби. Відповідно до вимог СНіП II-4-79 освітленість прокатних станів повинна становити не менше 200 лк, що відповідає фактичним умовам освітлення.

3.2 Заходи щодо зниження шкідливостей і небезпечностей

Прокатне виробництво за характером виконуваних операцій належить до категорії важких видів праці, що супроводжуються значними фізичними навантаженнями та впливом інтенсивних виробничих чинників. У зв'язку з цим створення безпечних і комфортних умов праці в прокатному цеху є одним із пріоритетних завдань організації виробничого процесу.

З метою зменшення теплового навантаження на персонал у цеху передбачено інтенсивне охолодження нагрітого металу водою вздовж усієї технологічної лінії прокачування. Такий підхід дозволяє істотно знизити теплове випромінювання від основних джерел тепла та стабілізувати мікроклімат у робочій зоні. Підтримання нормативного температурного режиму у виробничих приміщеннях забезпечується за рахунок поєднання природної та штучної вентиляції. У літній період основну роль відіграє природна вентиляція, що реалізується через відкриті віконні прорізи та світлові ліхтарі, тоді як у холодний період застосовується механічна

вентиляція з централізованою подачею повітря через повітропроводи. Така схема вентиляції дозволяє ефективно видаляти надлишкове тепло та шкідливі домішки з робочої зони.

Одним із найбільш результативних заходів боротьби із запиленістю повітря є зрошення металу водою. Волога окалина осаджується, що зменшує концентрацію пилу в повітрі та, відповідно, знижує негативний вплив на органи дихання працівників.

Для зменшення рівнів шуму та вібрації, що виникають під час роботи вентиляційного й технологічного обладнання, у вентиляційних системах передбачено встановлення шумопоглинальних вставок, а вентилятори змонтовані на вібропоглинальних фундаментах. Вентиляційна система розрахована на повне видалення шкідливих виробничих виділень. Додатково, з метою покращення умов праці операторів ножиць, передбачено застосування звукоізоляційних кабін із підвищеними показниками акустичного захисту.

Електробезпека у цеху забезпечується комплексом організаційних і технічних заходів. На електричних шафах та розподільних пристроях передбачено попереджувальні написи, а для захисту електрообладнання від струмів короткого замикання та перегріву використовуються автоматичні теплові та захисні пристрої.

Усі рухомі та обертові частини машин і механізмів обладнані захисними кожухами. Для безпечного обслуговування агрегатів, розташованих на висоті понад 2 м, передбачено стаціонарні обслуговуючі майданчики зі сходами та огорожувальними поручнями. Транспортні та підіймально-транспортні засоби відповідають чинним нормативним вимогам щодо їх конструкції та експлуатації.

Освітлення виробничих приміщень організовано із застосуванням природного та штучного освітлення. Природне освітлення здійснюється через віконні прорізи в стінах і світлові ліхтарі в покрівлі будівлі, що забезпечує як бокове, так і верхнє освітлення. Найбільш раціональним є комбінований

варіант природного освітлення, який сприяє рівномірному розподілу світлового потоку.

Штучне освітлення реалізується за допомогою ламп розжарювання та люмінесцентних світильників і поділяється на загальне та комбіноване. Загальне освітлення використовується для рівномірного освітлення виробничого простору, тоді як місцеве освітлення застосовується під час виконання робіт підвищеної точності. Для цього використовуються світильники типу «Альфа», «Бета» та коробчасті світильники. Окрім робочого освітлення, у цеху передбачено аварійне освітлення, яке забезпечує безперебійну експлуатацію обладнання та безпечну евакуацію персоналу у разі аварійних ситуацій. Аварійне освітлення підключене до незалежного джерела електроживлення. Для освітлення значних за площею зон цеху проєктом передбачено використання прожекторів дальньої дії. [20]

3.2.1 Засоби індивідуального захисту

Відповідно до вимог чинних будівельних і санітарних нормативів, зокрема СНіП № 539 від 28.10.2003, усі працівники виробничих підрозділів забезпечуються спеціальним одягом і засобами індивідуального захисту, призначеними для зменшення впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників.

Комплектування робочих місць у цехах здійснюється згідно з установленими галузевими нормами та включає повний перелік індивідуальних засобів захисту, необхідних для безпечного виконання технологічних і ремонтних операцій. До таких засобів належать пристрої для захисту органів дихання від пилу й шкідливих домішок у повітрі, зокрема фільтрувальні респіратори та пилозахисні маски типу «Пелюстка».

Захист тіла працівників від дії високих температур, агресивних хімічних речовин і механічних ушкоджень забезпечується застосуванням спеціального одягу, до складу якого входять комбінезони, куртки, брюки та

інші елементи робочого комплексу. Для попередження травм нижніх кінцівок використовуються засоби спеціального взуття, розраховані на експлуатацію в умовах підвищених механічних навантажень.

Охорона рук від порізів, стирання та ударних впливів здійснюється за допомогою різних типів захисних рукавиць, що підбираються залежно від характеру виконуваних робіт. Захист голови персоналу реалізується шляхом використання касок із внутрішніми амортизуючими елементами, а також теплоізоляційних шоломів, призначених для роботи в зоні інтенсивного теплового випромінювання.

Для зменшення впливу теплового випромінювання та захисту обличчя від уламків і частинок, що відлітають у процесі обробки металу, застосовуються захисні маски та прозорі щитки. Під час виконання зварювальних робіт використовуються спеціальні захисні щитки зі світлофільтрами, які запобігають дії іскор, металевих бризок і пилу на органи зору та шкіру обличчя.

Зниження негативного впливу підвищеного шуму на органи слуху досягається застосуванням індивідуальних акустичних засобів захисту, зокрема навушників, шумозахисних шоломів, а також вкладишів і заглушок для вушних каналів. Окрему групу складають засоби захисту очей, призначені для запобігання механічним, хімічним та енергетичним ушкодженням, а також засліпленню під дією електричної дуги; до них належать різні типи захисних окулярів.

Перелік засобів індивідуального захисту, що видаються ремонтному персоналу цеху блюмінг, а також нормативна річна потреба та встановлена періодичність їх отримання наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Річна потреба та періодичність видачі ЗІЗ

Професія або посада	Кількість людей за професією	Спецодяг, спецвзуття і інші засоби індивідуального захисту	Терміни носки міс.	Загальна кількість на рік, шт
Слюсар-ремонтник	12	Костюм бавовняний	12	12
		Черевики	12	12
		Чоботи кирзові	12	12
		Валянки	36	4
		Рукавиці	1	144
		Окуляри	6	24
		Каска	36	4
		Підшоломник	12	12
		Куртка ватяна	36	4

Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

3.2.2 Санітарно-побутові приміщення і пристрої

Відповідно до санітарно-гігієнічної класифікації виробничих процесів, установлені вимогами СНіП 2.09.04-87, технологічний процес у цеху блюмінг належить до групи 2Б. Зазначена категорія характеризується підвищеним фізичним навантаженням і впливом несприятливих виробничих чинників, що зумовлює необхідність облаштування розширеного комплексу санітарно-побутових приміщень.

Для умов групи 2Б у складі побутової інфраструктури цеху передбачено душові та умивальні приміщення, гардеробні, санітарні вузли, пункти організації харчування, місця питного водопостачання, а також медичний пункт. Гардеробні приміщення призначені для зберігання як особистого одягу працівників, так і спеціального виробничого одягу. Їх місткість визначається з урахуванням фактичної чисельності персоналу з додатковим резервом у розмірі 5 %, при цьому кожен працівник забезпечується окремою індивідуальною шафою.

Розрахунок площ і кількості інших побутових приміщень здійснюється виходячи з чисельності працівників найбільш завантаженої зміни. Кількість душових сіток прийнята з нормативного співвідношення одна душова установка на трьох осіб, а число умивальників визначається з розрахунку один водорозбірний кран на двадцять працівників. Душові та умивальні приміщення функціонально та планувальне розміщені у безпосередній близькості до гардеробних, що забезпечує раціональну організацію побутових процесів.

Для забезпечення харчування персоналу в структурі цеху функціонує їдальня, місткість якої визначена відповідно до нормативу одне посадкове місце на чотири працівники. З метою компенсації втрат рідини та мінеральних речовин, зумовлених роботою в умовах підвищених температур, у виробничих приміщеннях установлені питні фонтанчики та автомати з підсоленою газованою водою. У теплий період року працівники додатково забезпечуються білково-вітамінними напоями. Джерела питного водопостачання розміщені на відстані не більше 75 м від робочих місць, а їх кількість визначається з розрахунку один питний пристрій на сто осіб.

Санітарні вузли розташовані з урахуванням вимог доступності, при цьому відстань від робочих місць до вбиралень не перевищує 75 м. Кількість санітарно-технічних приладів у цих приміщеннях визначається з нормативного співвідношення один прилад на п'ятнадцять працівників.

Медичне обслуговування персоналу, який працює в цеху в цілодобовому режимі, забезпечується здоров'ям пунктом II категорії, що відповідає встановленим вимогам щодо надання первинної медичної допомоги на виробництві.

3.3 Пожежна профілактика

Відповідно до вимог нормативних документів з пожежної та вибухопожежної безпеки (СНіП 2.09.02-85), виробничий процес на ділянці обтискного стану 1300 класифікується за рівнем пожежної небезпеки як категорія «Г». Така категорія обґрунтовується тим, що в межах техноло-

гічного процесу здійснюється обробка негорючих матеріалів — сталі у нагрітому та розжареному стані без застосування горючих газів або вибухонебезпечних сумішей.

Будівля цеху зведена із застосуванням конструктивних елементів, виготовлених з негорючих матеріалів, зокрема металевих конструкцій, цегляної кладки, залізобетону та скла. Згідно з вимогами СНіП 2.01.02–85 така будівля відповідає II ступеню вогнестійкості, що забезпечує необхідний рівень протипожежного захисту при експлуатації технологічного обладнання.

Приміщення, призначені для прокладання та обслуговування електричних кабельних мереж, віднесені до категорії «В» за пожежною безпекою та обладнані автоматичними системами пожежогасіння. Це дозволяє локалізувати можливі осередки загоряння на ранніх стадіях їх виникнення.

Потенційні пожежонебезпечні ситуації на ділянці обтискного стану можуть виникати внаслідок несправностей електрообладнання, зокрема при перевантаженнях, перегріві або коротких замиканнях електричних ланцюгів (клас пожежі Е). Окрім цього, існує ризик займання паливно-мастильних матеріалів під дією іскор електричного чи механічного походження, теплового випромінювання від нагрітих поверхонь або відкритого полум'я (клас пожежі В). Додаткову небезпеку становить можливість самозаймання промаслених матеріалів, зокрема ганчір'я, що належить до пожеж класу А.

Для зниження ймовірності виникнення пожеж на ділянці реалізовано комплекс організаційно-технічних заходів. Системи керування електрообладнанням оснащені автоматичними пристроями захисту від перевантажень і струмів короткого замикання, а також плавкими запобіжниками. Кількість паливно-мастильних матеріалів у виробничому приміщенні обмежена добовою потребою, тоді як основні запаси зберігаються на спеціалізованому складі, обладнаному відповідно до протипожежних вимог.

Трансформаторні установки винесені за межі основних виробничих приміщень. Маслопідвали оснащені системами витяжної та припливної

вентиляції, що забезпечують видалення парів мастил і зниження їх концентрації в повітрі до безпечних значень. Електрообладнання та освітлювальні прилади в цих приміщеннях виконані в іскробезпечному та вибухозахищеному виконанні. Промаслені обтиральні матеріали після використання збираються у металеві контейнери з герметичними кришками, наприкінці зміни вивозяться за межі цеху та утилізуються у спеціально відведених місцях. Для запобігання накопиченню статичної електрики передбачена система заземлення.

Захист будівель і споруд від прямого удару блискавки та вторинних її проявів забезпечується системою блискавкозахисту II категорії, виконаною відповідно до вимог СН 305-77.

Для локалізації та ліквідації можливих загорянь у цеху передбачено застосування первинних засобів пожежогасіння згідно з «Правилами пожежної безпеки в Україні». Основними засобами є ручні вогнегасники різних типів, номенклатура та кількість яких визначені залежно від категорії приміщень і їх площі (табл. 3.3).

Таблиця 3.3.

Перелік вогнегасників

Категорія приміщення	Площа приміщення, м ²	К-сть пож.	Пінні вогнегасники ємн. 10 л	Порошкові вогнегасники, ємн., л			Хлопонові вогнегасники ємн. 2 л	Вуглекислотні вогнегасники ємн. 10 л	
				2	5	10		2(3)	5(8)
Г	800	В	2	-	2	1	-	-	-
		С	-	4	2	1	-	-	-
	1800	А	2	4	2	1	-	-	-
		Д	-	-	2	1	-	-	-
		Е	-	2	2	1	2	4	2

Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Крім вогнегасників, пожежні щити укомплектовані ломами, баграми, сокирами, лопатами, відрами, ящиками з піском та покривалами з негорючих матеріалів. Пожежні щити розміщені у доступних і добре видимих місцях поблизу евакуаційних виходів.

Гасіння пожеж водою забезпечується пожежним водопроводом, об'єднаним із виробничою мережею. Усередині будівлі встановлені пожежні крани з брезентовими рукавами та стволами, а з зовнішнього боку цеху по його периметру в підземних колодязях розміщені пожежні гідранти. Для доступу пожежних підрозділів на покрівлю будівлі передбачено стаціонарні пожежні драбини, закріплені на зовнішніх стінах.

Автоматична система пожежогасіння проєктом не передбачена. Оперативний зв'язок з пожежною охороною здійснюється через диспетчерський пункт цеху. Евакуація персоналу у разі виникнення пожежі проводиться відповідно до затвердженого плану евакуації через основні та запасні виходи по пішохідних проходах цеху.

ВИСНОВКИ

Маніпулятор-кантувач встановлений з передньої та задньої сторін робочої кліти обтискного стану та є машиною, що суміщає функції пересування металу по роликах робочого рольгангу, випрямлення викривленої при прокатуванні заготовки, гальмування розкату при підвищеній швидкості виходу його з міжвалкового простору, кантуванню прокатуваного зливку щодо його подовжньої вісі.

До основних конструктивних недоліків обладнання робочої кліти належить відсутність можливості примусового подавання розкату у зону деформації. Робочий рольганг у наявній конструкції не забезпечує активного задавання розкату в прокатні валки, а лише транспортує його за рахунок сил тертя між його поверхнею та роликами.

На підставі проведеного аналізу стану існуючих інноваційних рішень пропонується модернізація маніпулятора-кантувача шляхом встановлення на кожну лінійку по два вертикальні приводні ролики, які складаються з ролика, що спирається на підшипники, корпуси котрих закріплені на рамі, яка в свою чергу за допомогою напрямної спирається на гвинтові пружини стиснення. Обертання ролика виконується мотор-редуктором.

Пропонована конструкція маніпулятора-кантувача з приводними вертикальними роликами дозволяє підвищити прискорення при розгоні робочого рольганга з розкатом і забезпечити примусове завдання металу у валки, за рахунок чого можна підвищити обтискання при прокатуванні злитків, зменшити кількість проходів в циклі. Це дозволить знизити кількість технологічної обрізи і підвищити вихід придатних блюмів.

Економічний ефект від впровадження складе 83928 тис. грн/рік, а витрати на впровадження окупаються за 1,48 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Теорія і технологія металургійного виробництва металів і сплавів / Д. Ф. Чернега, В. С. Богушевський, Ю. Я. Готвянський та ін. – Київ: Вища школа, 2006. – 503 с.
2. Доброносів Ю. К. Механічне обладнання прокатних станів: конспект лекцій. Київ: МІПолітех, 2023. 112 с.
3. Іванченко І. Ф. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів / І. Ф. Іванченко, В. М. Гребеник, В. І. Ширяєв. – Київ: Вища школа, 1995. 455 с.
4. Маніпулятор обтискного прокатного стану: а.с. 1353546: В21В 39/14 / А. І. Гуськов. № 4035926/31-02; заявл. 07.03.1986; опубл. 23.11.1987, Бюл. № 43. 6 с.
5. Маніпулятор обтискного прокатного стану: а.с. 1444006: В21В 39/14 / М. І. Баїмов. № 4249520/31-02; заявл. 25.05.1987; опубл. 15.12.1988, Бюл. № 46. 5 с.
6. Маніпулятор з кантувачем обтискного прокатного стану: а.с. 1217517: 4В21В 39/14 / Е. Л. Шейман. № 3485762; заявл. 24.08.1982; опубл. 15.03.1986, Бюл. № 10. 4 с.
7. Маніпулятор-кантувач обтискного прокатного стану: а.с. 452382: 5В21В 39/14 / В. Я. Седуш. № 1962003; заявл. 17.09.1973; опубл. 05.12.1974, Бюл. № 45. 4 с.
8. Гетманец В.В. Рациональные режимы работы блюминга / Гетманец В.В., Шевчук В. А. Київ: Metallurgia, 1990, 136 с.
9. Данченко В. М. Прокатка металів: підручник / В. М. Данченко, О. П. Максименко, В. В. Кравченко та ін. – Київ: ІЗМН, 2003. – 448 с.
10. Бондаренко О. І. Металургійне обладнання: підручник / О. І. Бондаренко, М. І. Степаненко, Л. М. Коваль. – Дніпро: НМетАУ, 2015. – 512 с.
11. Доброносів Ю. К. Обладнання прокатних цехів: підручник / Ю. К. Доброносів, В. В. Крамаренко. – Запоріжжя : ЗДІА, 2010. –364 с.

12. Основи електроприводу: методичні рекомендації [Електронний ресурс] / сайт elprivod.nmu.org.ua. – Режим доступу: https://elprivod.nmu.org.ua/ua/student/disciplines/oep/Основи_електроприводу_практ_методичка_2021.pdf
13. Малащенко В. О., Янків В. В. *Деталі машин. Курсове проектування: навч. посіб.* – Львів: Новий Світ-2000, 2023. – 230 с.
14. Жук А. Я., Малишев Г. П., Желябіна Н. К., Таратута К. В. Монтаж металургійного обладнання: навч. посіб. / А. Я. Жук, Г. П. Малишев, Н. К. Желябіна, К. В. Таратута. – Київ : Кондор, 2017. – 328 с.
15. Коваленко І. В. Монтаж, експлуатація та ремонт обладнання хімічних виробництв: навч. посіб. / І. В. Коваленко. – Київ: Академкнига, 2011. – 580 с.
16. Жук А. Я., Малишев Г. П., Желябіна Н. К., Таратута К. В. Ремонт металургійного обладнання: навч. посіб. / А. Я. Жук, Г. П. Малишев, Н. К. Желябіна, К. В. Таратута. – Київ: Видавничий дім «Кондор», 2017. – 236 с.
17. Жук А. Я., Малишев Г. П., Желябіна Н. К., Таратута К. В. Технічне обслуговування металургійного обладнання: навч. посіб. / А. Я. Жук, Г. П. Малишев, Н. К. Желябіна, К. В. Таратута. – Київ: Кондор, 2024 – 286 с.
18. Максименко О. П., Перемітько В. В., Самохвал В. М. Теорія і практика змащування металургійних машин: навч. посіб. / О. П. Максименко, В. В. Перемітько, В. М. Самохвал. – Дніпропетровськ: Системні технології, 2006. – 172 с.
19. Бойчук І. М. Економіка підприємства: підручник. І. М. Бойчук. – К.: Кондор-Видавництво, 2016 – 378 с.
20. Шеремет В.О. Охорона праці на гірничо-металургійному комбінаті: навчальний посібник / В.О. Шеремет. – Дніпропетровськ: Пороги, 2003. – 387 с.

ДОДАТКИ

ЗГОДА

здобувача(чки) вищої освіти

Державного університету економіки і технологій
про перевірку кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату
та розміщення в Репозитарії Університету

Я, *Кукса Станіслав Ігорович*, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

Засвідчую, що кваліфікаційна магістерська робота «*Механічне обладнання цеху Блюмінг Прокатного департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Модернізація маніпулятора-кантувача робочої клімі 1300*» виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав(ла) і не одержував(ла) недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Державного університету економіки і технологій ознайомлений(а). Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення норм академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Також я поінформований(на), що відповідно до «Положення про Репозитарій (електронну базу даних) Державного університету економіки і технологій» зазначена робота буде розміщена в Електронному архіві Університету (Репозитарії ДУЕТ). З умовами такого розміщення ознайомлений(на).

15.01.2026





(ініціали, прізвище, власноруч)