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	Заочна

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКЛАВРА

Бальвас Андрій Григорович
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему

Модернізація завантажувального шлепера ДС-250-3 СПЦ№2 ПАТ „АМКР"
(повна назва теми)

за матеріалами

Сортопрокатний цех №2 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»
(повна назва бази дослідження)

науковий керівник к.т.н., доцент (наук. ступінь, вчене звання) _____ (підпис) Засельський І. В. (прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК
Протокол засідання кафедри
від 14 червня 2025 р № 14

Завідувач кафедри _____ (підпис)

д.т.н., професор (наук. ступень, вчене звання) В. Й. Засельський (ініціали, прізвище)

Кривий Ріг – 2025

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

Рівень вищої освіти Перший (бакалаврський)

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ІГМ

(підпис) проф., д.т.н., Засельський В. Й.
(посада, вчене звання , прізвище ініціали)

« 14 » квітня 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА ЗДОБУВАЧА(КИ)

Бальвас Андрій Григорович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра
Модернізація завантажувального шлепера ДС-250-3 СПЦ№2 ПАТ „АМКР"

керівник кваліфікаційної роботи бакалавра *Засельський І. В., к.т.н., доцент.*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від *«04» квітня 2025 р. № 242-ст*

2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи до кафедри *07.06.2025*

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра
Умови виробництва Сортопрокатний цех №2 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Конструкція та технічна характеристика шлеппера, 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)
1 аркуш формату А1 складальний кресленик: завантажувальний шлепер

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	*Засельський І. В., доц.*	*14.04.25*	*14.04.25*
Основна частина	*Засельський І. В., доц.*	*14.04.25*	*14.04.25*
Організація безпечного виробництва	*Засельський І. В., доц.*	*14.04.25*	*14.04.25*

7. Дата видачі завдання *14 квітня 2025 р.*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
	Аналітична частина	*28.04.2025*	*вик.*
	Основна частина	*16.05.2025*	*вик.*
	Організація безпечного виробництва	*21.05.2025*	*вик.*
	Оформлення пояснювальної записки	*26.05.2025*	*вик.*
	Виконання графічної частини	*04.06.2025*	*вик.*
	Подання роботи до кафедри	*07.06.2025*	*вик.*
	Захист роботи в ЕК	*17-18.06.2025*	*вик.*

Здобувач (ка) _____ *Бальвас А. Г.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ *Засельський І. В.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

№ строки	Формат	Обозначение	Наименование	Кол. листов	№ экз.	Приме-чание
1						
2			Документація загальна			
3						
4			Знову розроблена			
5						
6	A1	КРБ.133.25.08.00.00.000 ВЗ	Креслення загального виду	1	–	
7	A4	КРБ.133.25.08.ПЗ	Пояснювальна записка	40	–	
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Бальбас		04.06
Пров.		Засельський		04.06
Н.контр.		Засельський		13.06
Утв.		Засельський		14.06

133.25.08.КРБ

Завантажувальний шлеппер. Відомість кваліфікаційної роботи бакалавра

Лит.	Лист	Листов
Б	4	1

ТНІІ ДУЕТ
кафедра ІГМ
гр. ЗМО-22ск

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до випускної роботи: 40 стор., 13 рис., 1 табл., 14 джерел.

Об'єкт розробки - завантажувальний шлепер стану дрібносортного стану 250-3 сортопрокатного цеху №2.

Ціль розробки - підвищення надійності завантажувального шлепера, поліпшення експлуатаційних характеристик, зменшення часу й витрат на ремонт за рахунок застосування нової конструкції приводної зірочки.

Метод досліджень - аналітичний - визначення навантажень на завантажувальний шлепер, розрахунок основних параметрів нової конструкції зірочки, перевірка міцності основних деталей.

Запропоновано нову схему установки завантажувального шлепера щодо рольганга, нова конструкція приводної зірочки, розраховані параметри сполучного вала привода завантажувального шлепера й змінена його конструкція.

Пропонована модернізація завантажувального шлепера дозволить поліпшити експлуатаційні характеристики, виключить часті поломки й нестабільність його роботи, зменшить час ремонту привода завантажувального шлепера.

Результати роботи можуть бути використані при модернізації передавальних шлеперів встановлених на прокатних й обтискних станах.

Ключеві слова: завантажувальний шлепер, привод, приводна зірочка, сполучний вал, прокат, стан дрібносортний.

ЗМІСТ

ВСТУП..... 7

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА..... 8

1.1 Призначення і область застосування завантажувального шлепера 8

1.2 Технічна характеристика завантажувального шлепера 9

1.3 Опис конструкції завантажувального шлепера 10

1.4 Аналіз недоліків..... 15

1.5 Передбачувані причини недоліків..... 15

1.6 Постановка задачі..... 16

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА..... 17

2.1 Літературно-патентний огляд..... 17

2.2 Пропозиції щодо модернізації 18

2.3 Переваги пропонованої конструкції..... 21

2.4 Розрахунки по модернізації. Розрахунок потужності приводу..... 24

3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА 33

3.1 Аналіз основних шкідливих і небезпечних чинників сортопрокатного цеху..... 33

3.2 Заходи по зниженню і усуненню шкідливих і небезпечних чинників в сортопрокатному цеху 35

ВИСНОВКИ..... 37

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... 39

ДОДАТКИ..... 41

ВСТУП

ПАТ «АМКР» — одне з найбільших металургійних підприємств, що має унікальні масштаби виробництва та власну сировинну базу. Завод спеціалізується на випуску арматурної сталі та катанки з низьколегованих сталей, що широко використовуються в будівництві.

Прокатка — провідний метод обробки металів тиском. На відміну від інших способів деформації, таких як кування, штампування чи пресування, тут обтиск металу здійснюється без перерви за допомогою валків. Це забезпечує високу продуктивність процесу. [1]

Прокатні стани це автоматизовані, безперервно працюючі агрегатами, що діють на високих швидкостях. Окрім основного обладнання — прокатних клітей, де відбувається обтиск металу, у прокатному цеху також використовують установки для термічної обробки, очищення поверхні (наприклад, електрохімічного), нанесення захисних покриттів, сортування, пакування та інші. Тому технічне оснащення таких цехів є складним і різноманітним за функціями.

Надійність і ефективність роботи прокатного обладнання залежать від якості машин, тривалості міжремонтного періоду, зручності та безпеки експлуатації.

У цій роботі розглядається модернізація завантажувального шлепера безперервного дротяного стану ДС-250-3 сортопрокатного цеху №2. Оскільки саме цей механізм є початковою ланкою всього технологічного процесу, його надійна робота є критично важливою для функціонування усього стану.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Призначення і область застосування завантажувального шлепера

Завантажувальний шлепер [2] слугує для подачі у різному ритмі квадратних заготовок на подаючий рольганг, який далі транспортує їх до нагрівальної печі прокатного стану (див. рис. 1.1).

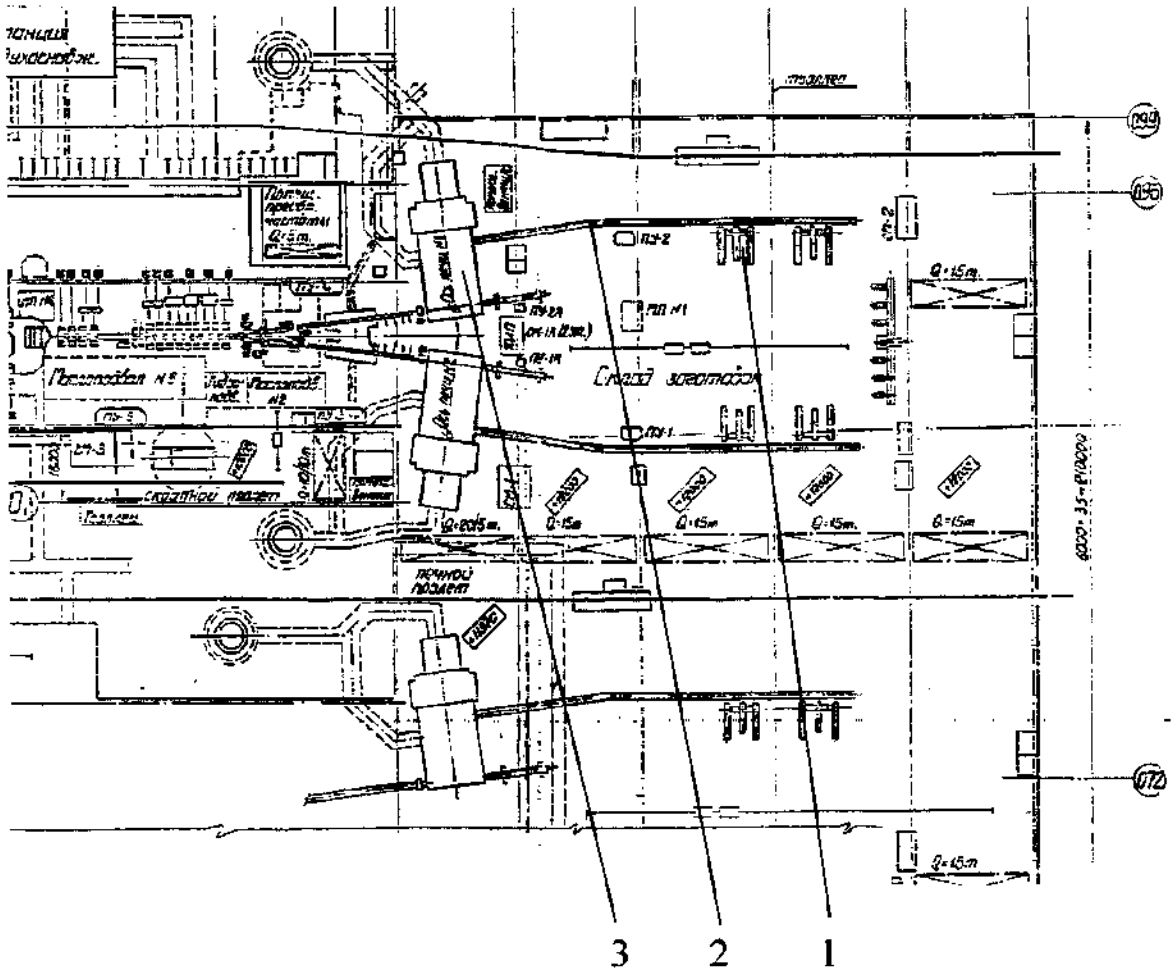

Рис. 1.1 План прокатного стану ДС 250-3

1 – завантажувальний шлепер; 2 – подаючий рольганг; 3 – нагрівальна піч

Розроблено з використанням [2]

Шлепер також виконує функцію своєрідного «акумулятора» заготовок, що дозволяє забезпечити безперебійну роботу прокатного стану протягом певного часу. Він є транспортною машиною, що представляє собою ланцюговий конвеєр, де як тяговий орган використовується втулково-роликовий ланцюг. [3]

Перевагами такого конвеєра є зручне й надійне кріплення вантажонесучих і ходових елементів, незначне видовження ланцюга, ефективна передача тягового зусилля завдяки зачепленню ланцюга із зірочкою, а також здатність працювати при високих температурах.

1.2 Технічна характеристика завантажувального шлепера

Технічна характеристика завантажувального шлепера: [4]

1. Довжина шлепера (максимальна), на яку укладають заготівки, м	9,23
2. Розміри заготівок, які укладають, мм	80х80х12000
3. Вага однієї заготівки, кН	6,1
4. Загальна вага заготівок, що можуть знаходитись на шлепері, кН	696
5. Коефіцієнт тертя ковзання заготівок о шлепер,	0,435
6. Ділильний діаметр колеса приводного ланцюга, м	0,92105
7. Кількість ланцюгів, шт.	2
8. Крок ланцюга, м	0,315
9. Вага ланцюга, кН	26,6
10. Кількість заготівок, що подається шлепером за робочий цикл, шт.	3
11. Число обертів електродвигуна, ою/хв.	700
12. Передаточне число приводу,	400,859
13. Число двигунів, шт.	2
14. Число редукторів, шт.	2
15. К.к.д. зірочки, включно з тертям в підшипниках	0,95
16. К.к.д. редуктора	0,95

1.3 Опис конструкції і принцип роботи завантажувального шлепера

Завантажувальний шлепер [5] містить такі основні елементи (див. рис. 1.2, 1.3), а саме: ліва сторона приводу - 1 шт; права сторона приводу - 1 шт; ліва сторона шлепера - 1 шт; права сторона шлепера - 1 шт; середня лінія шлепера - 1 шт; натяжні станції - 2 шт; ланцюг тяговий - 2 шт; приводний вал з ланцюговим колесом - 2 шт; сполучний вал; стійкі кріплення балок шлепера - 9 шт.

Ліва сторона приводу завантажувального шлепера включає спеціальний редуктор (рис. 1.4), що складається з п'яти валів на сферичних роликових підшипниках, змонтованих у зварному корпусі. Привод оснащений електродвигуном, короткоходовим гальмом, двома зубчастими муфтами (одна з'єднує вал редуктора з валом двигуна, інша передає обертальний момент на приводний вал з ланцюговим колесом), а також механічним вимикачем. Усі компоненти закріплені на спільній зварній рамі, встановленій на залізобетонному фундаменті.

Права сторона приводу, за винятком основної рами, редуктора та механічного перемикача, складається з тих самих елементів, що й ліва, але розміщених зеркально. Основна рама у «правому» виконанні не має консолі для вимикача, оскільки механічний перемикач тут не використовується. У правому варіанті редуктора вихідний вал розташований лише з одного боку — з боку приводу правої лінії шлепера, інший кінець валу залишається вільним.

Обидві сторони шлепера — ліва і права — виконують функцію направляючих для подвійних втулкових ланцюгів і утворюють верхню та нижню доріжки для ланцюгових роликів.

Кожна сторона шлепера має з'єднані між собою ліву та праву доріжки-балки, які виготовлені як компактна зварна конструкція зі сталевого листа та литої частини. Основними елементами є направляючі ролики у формі

швелера з литої сталі та несиметричні двотаврові поздовжні балки. Внутрішні частини мають зварні шви та ребра жорсткості по всій довжині.

Середня лінія виконує функцію додаткової опори для заготовок, тому має простішу конструкцію — рейку, подібну до бічних елементів, що кріпиться на зварних стійках у формі усіченої піраміди.

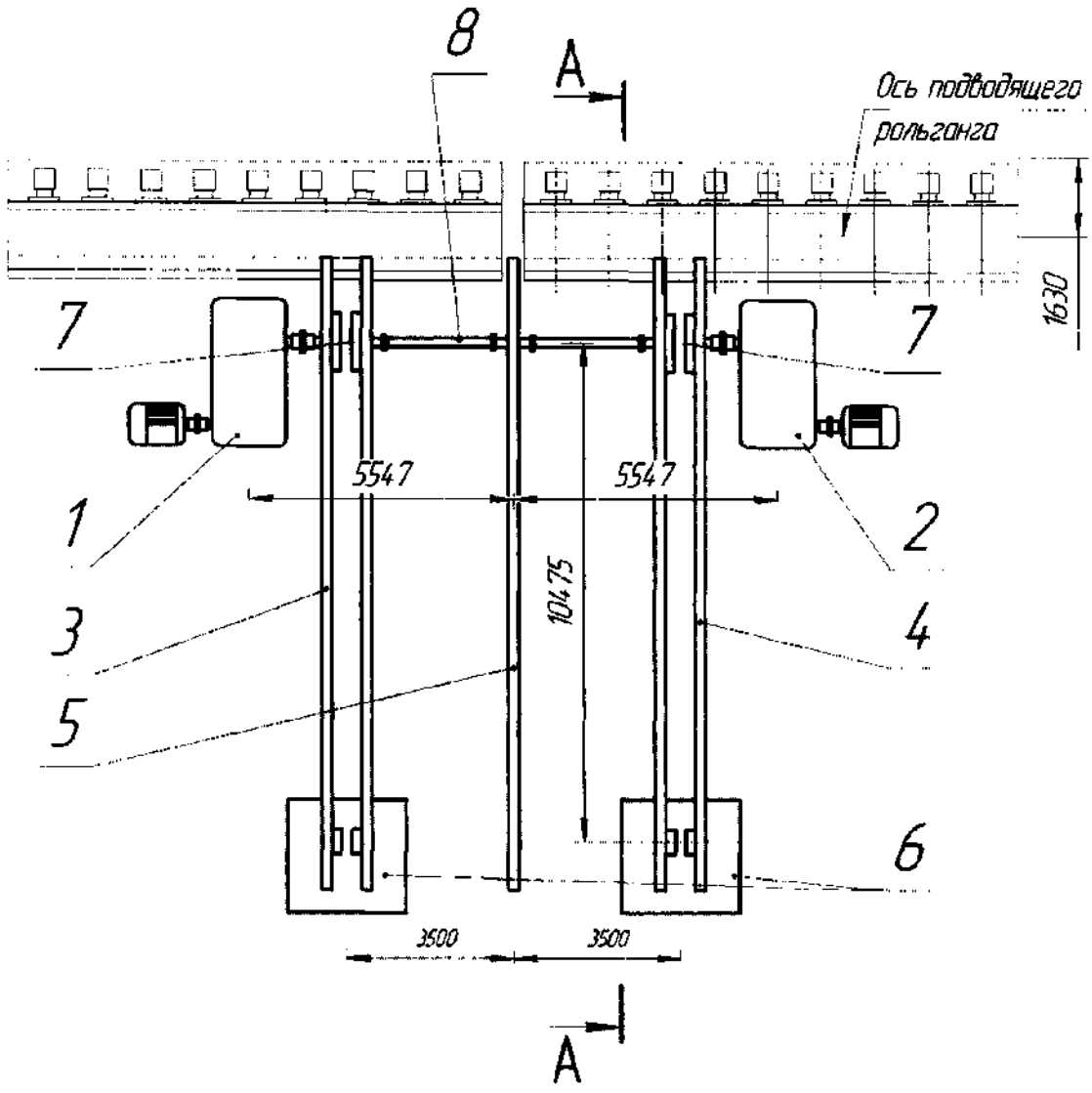

Рис. 1.2 Завантажувальний шлепер

1 - ліва сторона приводу; 2 - правлячи сторона приводу; 3 - ліва сторона шлепера; 4 - права сторона шлепера; 5 - середня лінія шлепера; 6 - натяжна станція; 7 - приводний вал з ланцюговим колесом; 8 – сполучний вал

Розроблено з використанням [5]

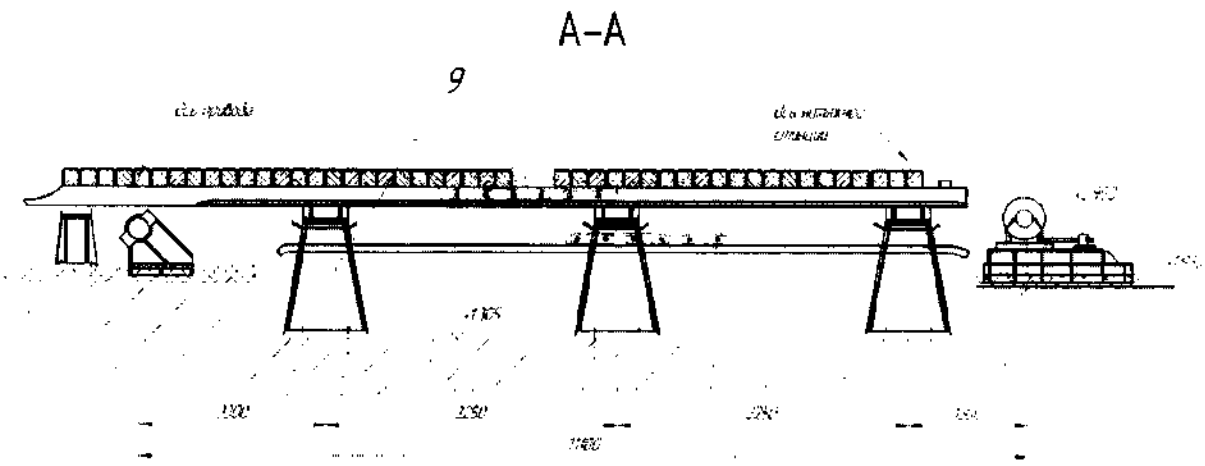

Рис. 1.3 Розріз А-А

9 - стойка кріплення балок шлепера

Розроблено з використанням [5]

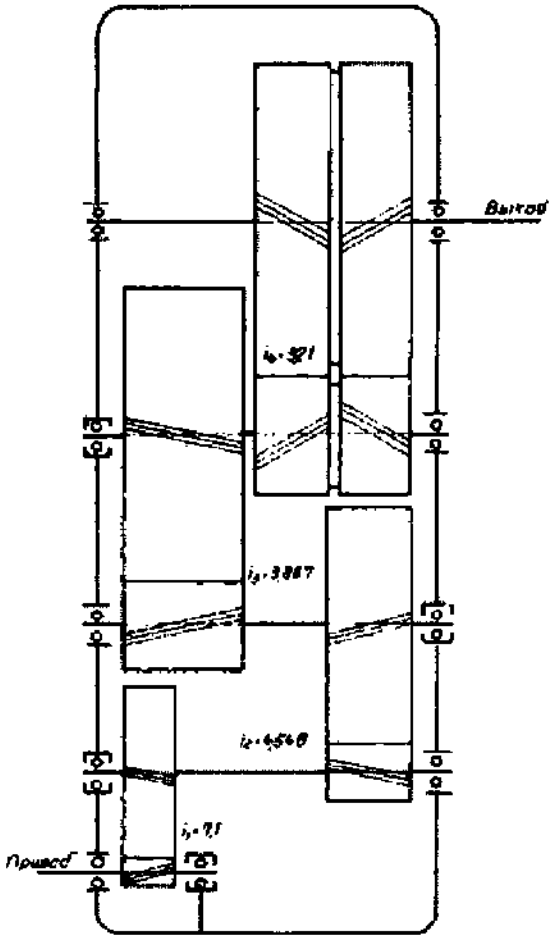

Рис. 1.4 Редуктор приводу

Розроблено з використанням [5]

Натяжна станція забезпечує натяг і напрямок ланцюга. Вона включає фундаментну плиту, раму, ланцюгове колесо, підшипникові та натяжні стійки з натяжним болтом і мастильний пристрій.

Тяговий елемент — це подвійний втулковий роликовий ланцюг із 70 ланок з двома поводками. Ролики виготовлені з литої сталі, а кожна ланка, окрім крайніх з поводками, має по чотири накладки.

Приводний вал із ланцюговим колесом (рис. 1.5) встановлений на сферичних роликових підшипниках і передає рух подвійному втулковому ланцюгу. Колесо має 9 термозміцнених зубів і виготовлене зі сталевого лиття. Вал опирається на дві підшипникові стійки з ребрами жорсткості, які залиті в фундаментну плиту.

Сполучний вал з'єднує ліву та праву сторони приводу шлепера, забезпечуючи синхронність їх роботи. Він виконаний у вигляді безшовної труби з проміжними муфтами. Для запобігання перевантаженню одного двигуна в разі виходу з ладу іншого, у муфту вбудовано конічний штифт-запобіжник.

Стійки кріплення балок шлепера мають форму усіченої піраміди, зварну конструкцію і слугують для надійного закріплення по дві балки з кожного боку. Усі стійки прикріплені до фундаментної плити.

Принцип роботи завантажувального шлепера.

Заготовки (116 шт.) укладаються на доріжки шлепера за допомогою магнітного крана. Оператор з пульта вмикає приводні двигуни, і подвійні втулкові ланцюги переміщують заготовки на 240 мм. Три заготовки розміром 80×80 мм зісковзують з рейкового шляху під кутом 35° та зупиняються біля упорних брусів. Механічний вимикач, повертаючись на півоберта, вимикає двигуни. Гальмування здійснюється динамічно за допомогою гальма. Після цього перекладач піднімає одну заготовку з похилого шляху, кладе її на 10 станин, звідки вона прямує до рольганга і далі — до печі. Через 20 секунд цикл перекладача повторюється. Після переміщення останньої заготовки шлепер знову вмикається. [6]

Цикли роботи шлепера і перекладача тривають до повного очищення поля від заготовок, після чого можливе нове завантаження. При цьому процес подачі в піч не переривається — заготовки подаються з іншого шлепера, розташованого поруч.

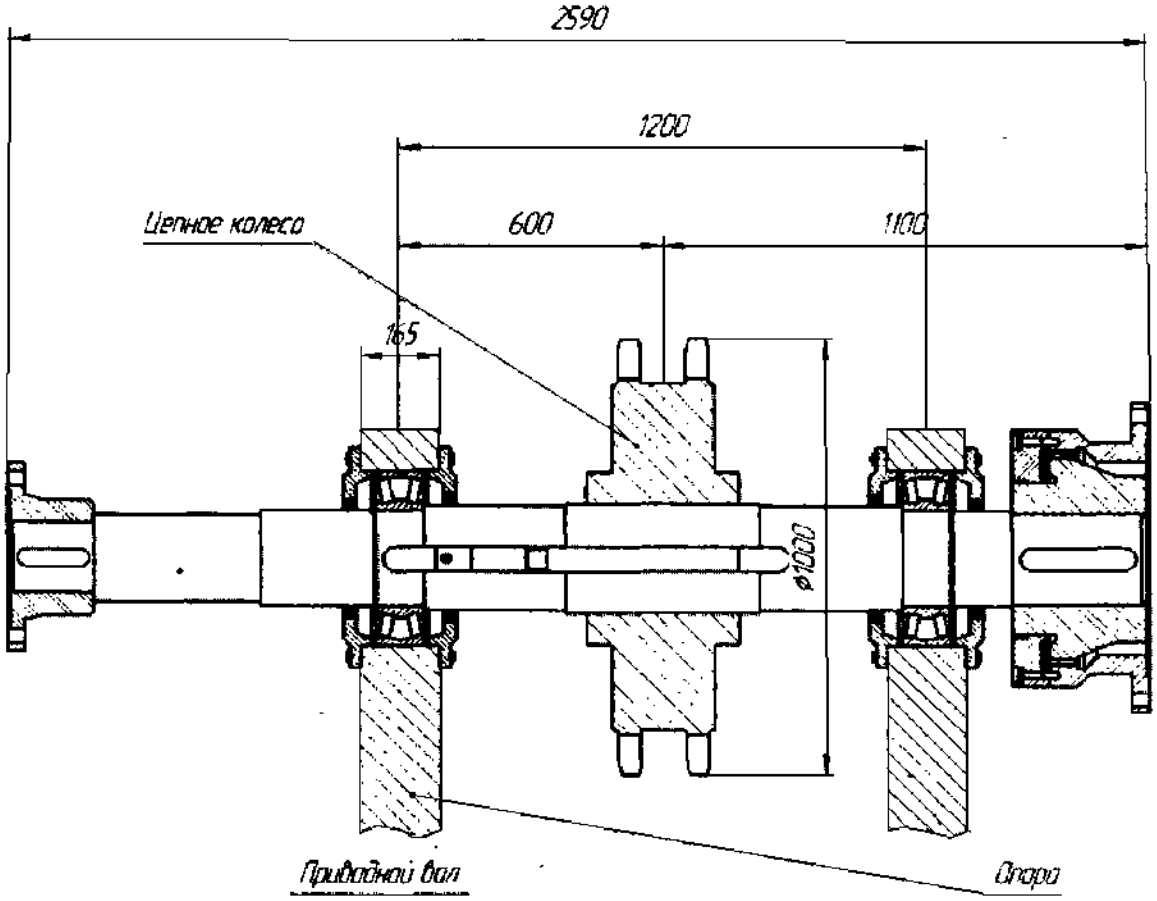

Рис.1.5 Приводний вал з ланцюговим колесом

Розроблено з використанням [5]

1.4 Аналіз недоліків в роботі машини

На основі аналізу конструкції та експлуатаційних даних завантажувального шлепера, можна виділити основні недоліки:

1. Складність конструкції через наявність проміжної ланки у вигляді перекладаючого пристрою, що знижує загальну надійність системи та ускладнює обслуговування.

2. Часті відмови елементів управління, зокрема кінцевих вимикачів перекладача, які призводять до збоїв у подачі заготовок і зупинки всього процесу.

3. Скупчення окалини на полі шлепера та вузлах тертя, що викликає абразивний знос рухомих деталей і знижує довговічність обладнання.

4. Недостатній захист механічних вузлів від впливу високих температур та агресивного середовища, що прискорює їх зношування.

1.5 Передбачувані причини недоліків

Головним недоліком завантажувального шлепера є наявність проміжної ланки — перекладача між шлепером і рольгангом. Його несправність зупиняє подачу заготовок і, відповідно, їх завантаження в піч.

Аналіз агрегатних журналів показує, що найчастіше виходить з ладу система управління перекладача, зокрема кінцеві вимикачі, що викликає збої в роботі.

Щодо самого шлепера, під час транспортування заготовок утворюється значна кількість окалини. Якщо її вчасно не прибирати, вона потрапляє на рухомі частини, спричиняючи їх прискорений знос через абразивне тертя.

1.6 Постановка задачі

Завантажувальний шлепер виконує функцію своєрідного «акумулятора» заготовок, забезпечуючи автономну роботу дрібносортного стану протягом певного часу.

Метою роботи є підвищення надійності шлепера, спрощення його конструкції, збільшення строку служби та зменшення витрат на ремонт і обслуговування.

Для досягнення мети необхідно:

- дослідити наявну конструкцію шлепера та, на основі даних, отриманих під час переддипломної практики, проаналізувати недоліки, що виникають під час експлуатації;

- провести огляд авторських свідоцтв для пошуку можливих шляхів усунення цих недоліків;

- запропонувати варіант модернізації конструкції шлепера;

- здійснити розрахунки модернізованих вузлів і деталей;

- на основі пропонованої модернізації та розрахунків до неї, розробити складальне креслення шлепера з детальних оглядом зміненої частини.

РОЗДІЛ 2
ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Літературно-патентний огляд

У результаті проведеного пошуку було виявлено авторське свідоцтво №1731323 на «Машина для поперечного зміщення довгомірних заготівок» [7]. Конструкція цього пристрою (рис. 2.1) включає нерухомі балки 1 з гладкою опорною поверхнею для прокату, що встановлені паралельно верхнім і нижнім зубчастим рейкам 2 з профільованими зубцями. Рейки обладнані приводом, який забезпечує їх поперемінне піднімання і опускання. Привод реалізовано за допомогою ексцентриків 3 з однаковим ексцентриситетом, розгорнутих між собою на 180°, які отримують обертання від електродвигуна 4 через редуктор 5 і 6. Балки які нерухомі 1, а також рухомі зубчасті рейки 2 розміщені під нахилом до горизонту під кутом α, що становить 2–6°. Зуби рейок зверху і знизу розміщені співвісно — один над одним.

Принцип дії пристрою полягає в наступному. Довгомірний прокат (наприклад, труба або круг) поступає на нерухомі балки 1. Зубчаті рейки 2, рухаючись по круговій траєкторії, при допомозі зубів почергово перекочують прокат по гладкій поверхні балок. Обертальний рух рейкам передається від електродвигуна 4 через систему редукторів 5 і 6 та ексцентрикові вали 3.

Завдяки розміщенню балок та рейок під кутом α = 2–6° до горизонту, прокат завжди притиснутий до активної сторони зуба, що виключає його вільне переміщення. Це запобігає ситуаціям, коли прокат перескакує через зуби й порушує нормальну роботу механізму. Якщо кут менший за 2°, інерційні сили можуть перевищити силу підйому, що призведе до самовільного руху заготовок. У разі ж перевищення кута понад 6°, різко зростає навантаження на привод і, відповідно, його енергоспоживання.

У порівнянні з традиційними конструкціями, запропонований пристрій забезпечує вищу надійність роботи за рахунок усунення небажаного самовільного переміщення прокату та зменшення ймовірності його потрапляння до сусіднього струмка.

Також було виявлено авторське свідоцтво №196697 на «Передаточний шлепер», конструкція якого включає захватки 1 (див. рис. 2.2) [8], розташовані на тяговому елементі 2. Ці захватки зміщені відносно осі, паралельної вісі рольгангу, у напрямку, протилежному руху самого шлепера. Переміщення прокату здійснюється шляхом руху захваток по направляючих лінійках 3.

Процес поперечного переміщення прокату розпочинається ще до повної зупинки на вхідному рольгангу. При цьому прокат змінює своє положення відносно осі рольгангів, однак, потрапляючи на відводний рольганг, автоматично вирівнюється та встановлюється паралельно його осі. Це досягається тим, що всі напрямні лінійки мають однакову довжину і закінчуються на одній відстані від осі відвідного рольганга.

Особливістю передавального шлепера є те, що з метою ініціювання поперечного переміщення прокату без повної зупинки його поздовжнього руху, захватки на наступному тяговому органі встановлені зі зміщенням щодо захваток на попередньому тяговому органі у напрямку, протилежному руху шлепера.

2.2 Пропозиції по модернізації

З метою модернізації існуючої конструкції завантажувального шлепера пропонується встановити балки шлеперного поля під кутом 4° до горизонту в напрямку подаючого рольганга та приводу. Таке конструктивне рішення дозволить знизити навантаження на привод шлепера, а також частково запобігатиме накопиченню окалини на рухомих елементах обладнання.

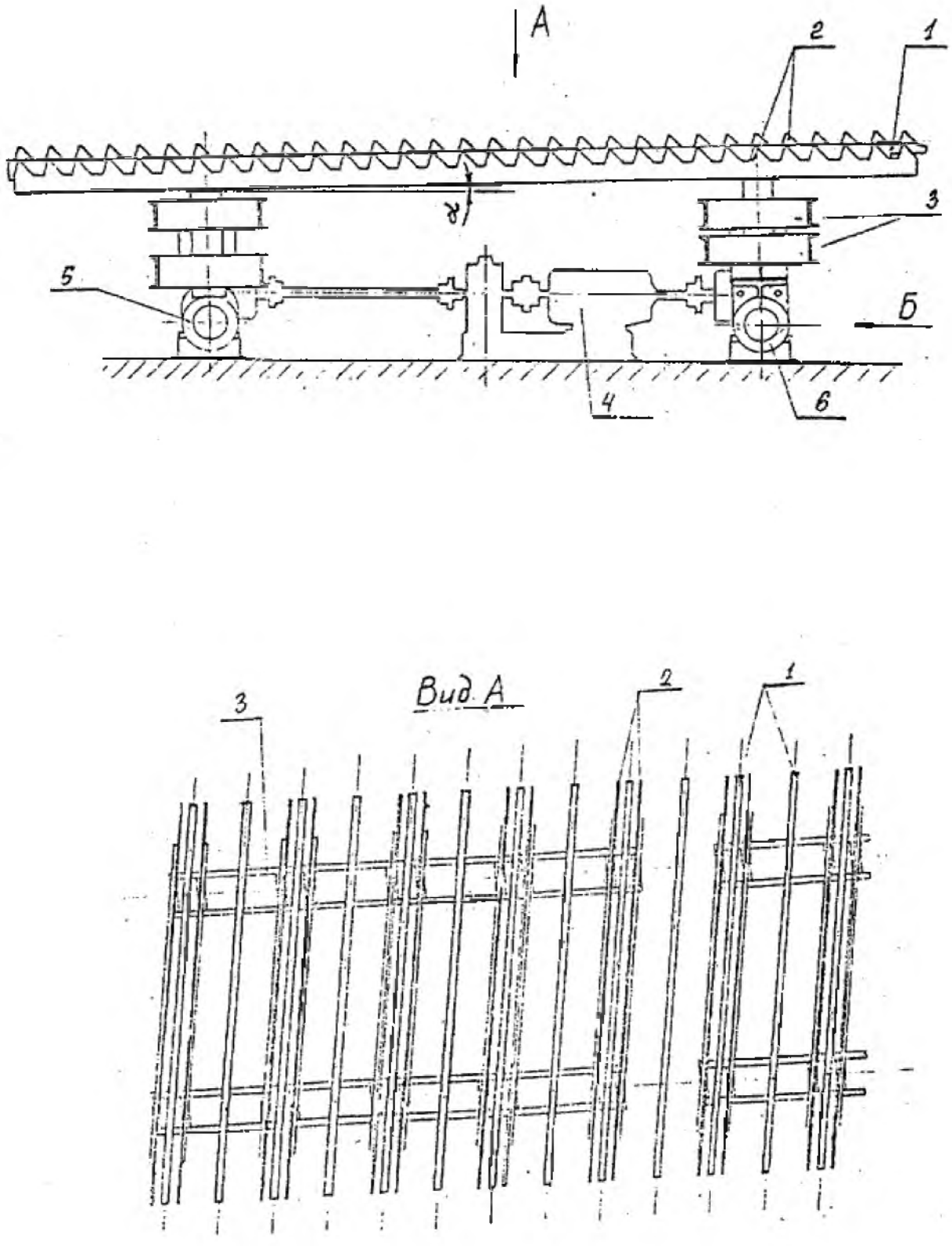

Рис.2.1 Пристрій для поперечного переміщення довгомірного прокату

1 - нерухома балка. 2 - зубчата рейка; 3 - ексцентрик; 4 - двигун; 5, 6 - редуктор

Розроблено з використанням [7]

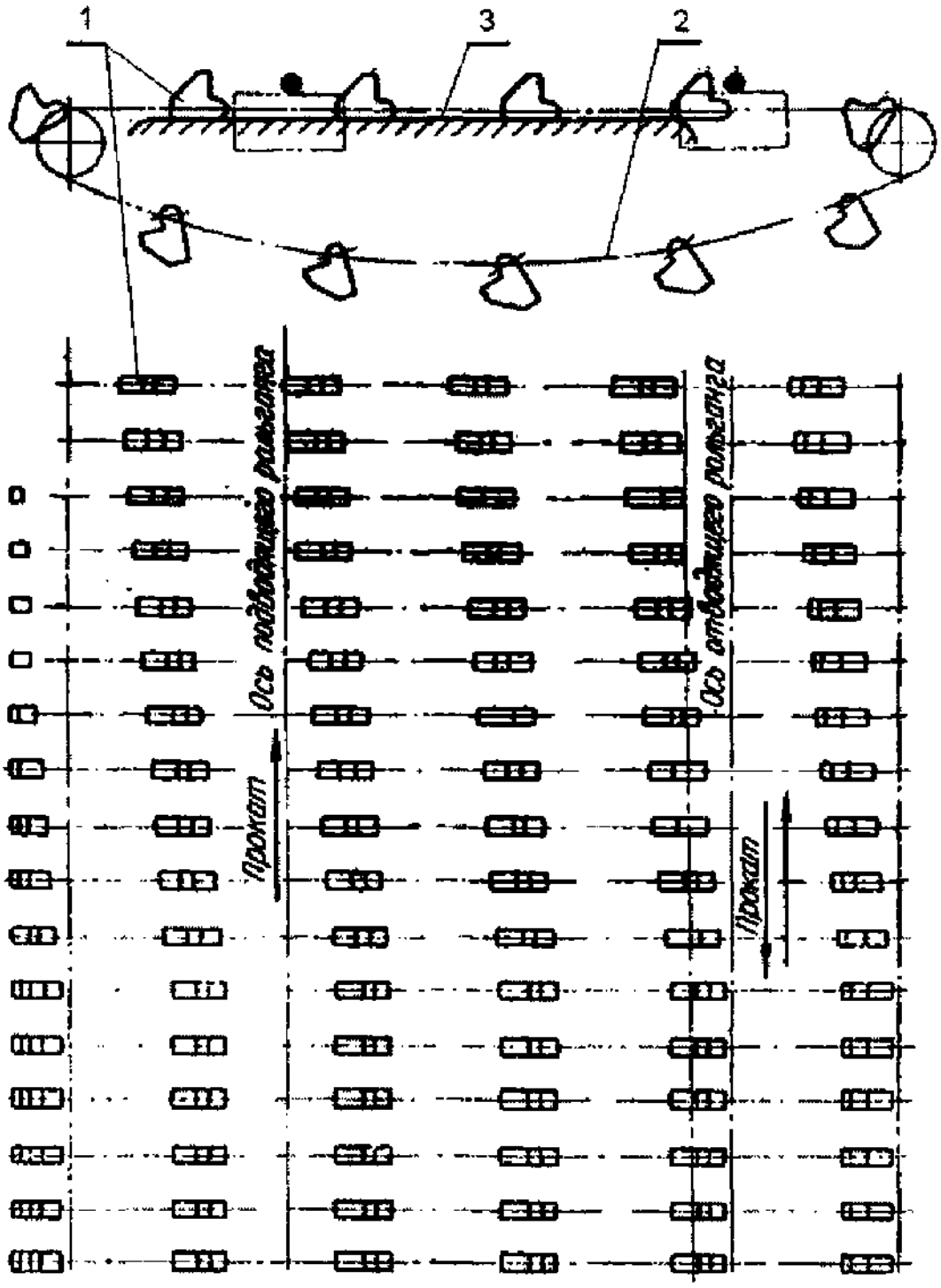

Рис.2.2 Передатний шлепер

1 - захоплення; 2 - тяговий орган; 3 - направляюча лінійка

Розроблено з використанням [8]

У поперечному перерізі оновлена схема розміщення завантажувального шлепера має вигляд, показаний на рис. 2.3.

З метою спрощення конструкції та підвищення її надійності пропонується виключити перекладаючий пристрій зі схеми передачі заготовки на відводячий рольганг. Для цього шлепер необхідно розмістити ближче до рольганга таким чином, щоб заготовка, скочуючись з похилої частини, безпосередньо потрапляла на ролики рольганга (див. рис. 2.3, 2.4).

Для скорочення часу, необхідного на ремонт приводного вала, пропонуємо змінити існуючу монолітну конструкцію приводної зірочки на розбірну. Це дасть змогу здійснювати її заміну без потреби в демонтажі або розпресовці самої зірочки (див. рис. 2.5), та напівмуфти. Конструкція передбачає виготовлення зірочки з трьох однакових сегментів (для полегшення їх одночасної обробки), які з'єднуються між собою за допомогою болтів.

Поле пропонованого шлепера встановлюється під кутом $\alpha = 4°$, що досягається шляхом виготовлення нових опорних тумб різної висоти та виконання відповідного комплексу фундаментних робіт. Крім того, поле розташовується ближче до відводячого рольганга, щоб забезпечити гарантоване попадання заготовки з нерухомої балки шлепера безпосередньо на ролики рольганга.

2.3 Переваги пропонованої конструкції

Переваги пропонованої конструкції завантажувального шлепера:

1. Підвищення надійності – виключення перекладаючого пристрою зменшує кількість рухомих елементів, що знижує ймовірність поломок.

2. Зменшення навантаження на привід – встановлення шлеперного поля під кутом 4° полегшує рух заготовок і зменшує потужність, необхідну для роботи приводу.

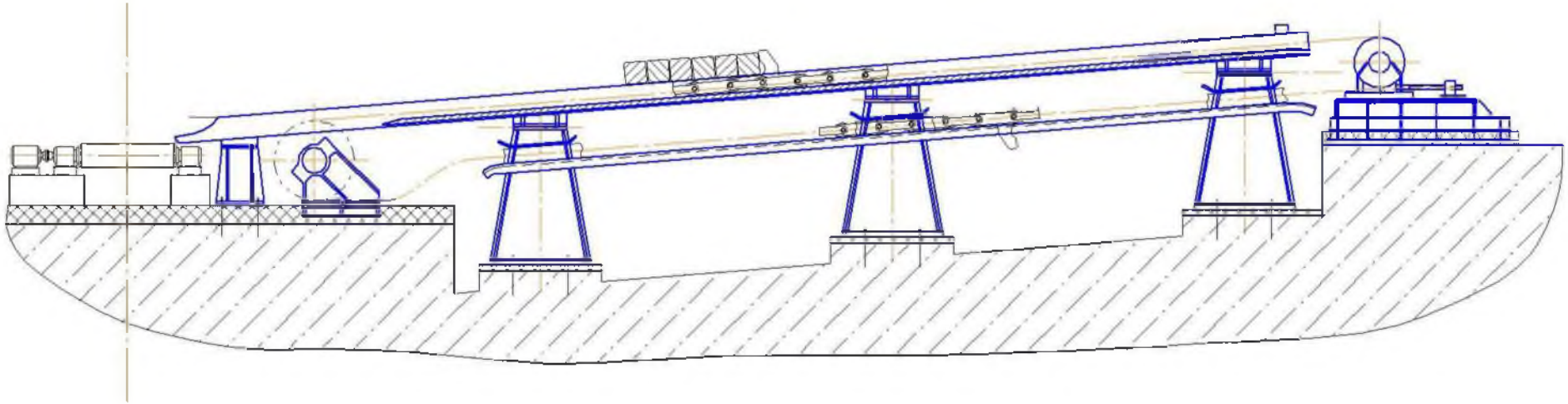

Рис. 2.3 Схема установки завантажувального шлепера під кутом

(розроблено автором)

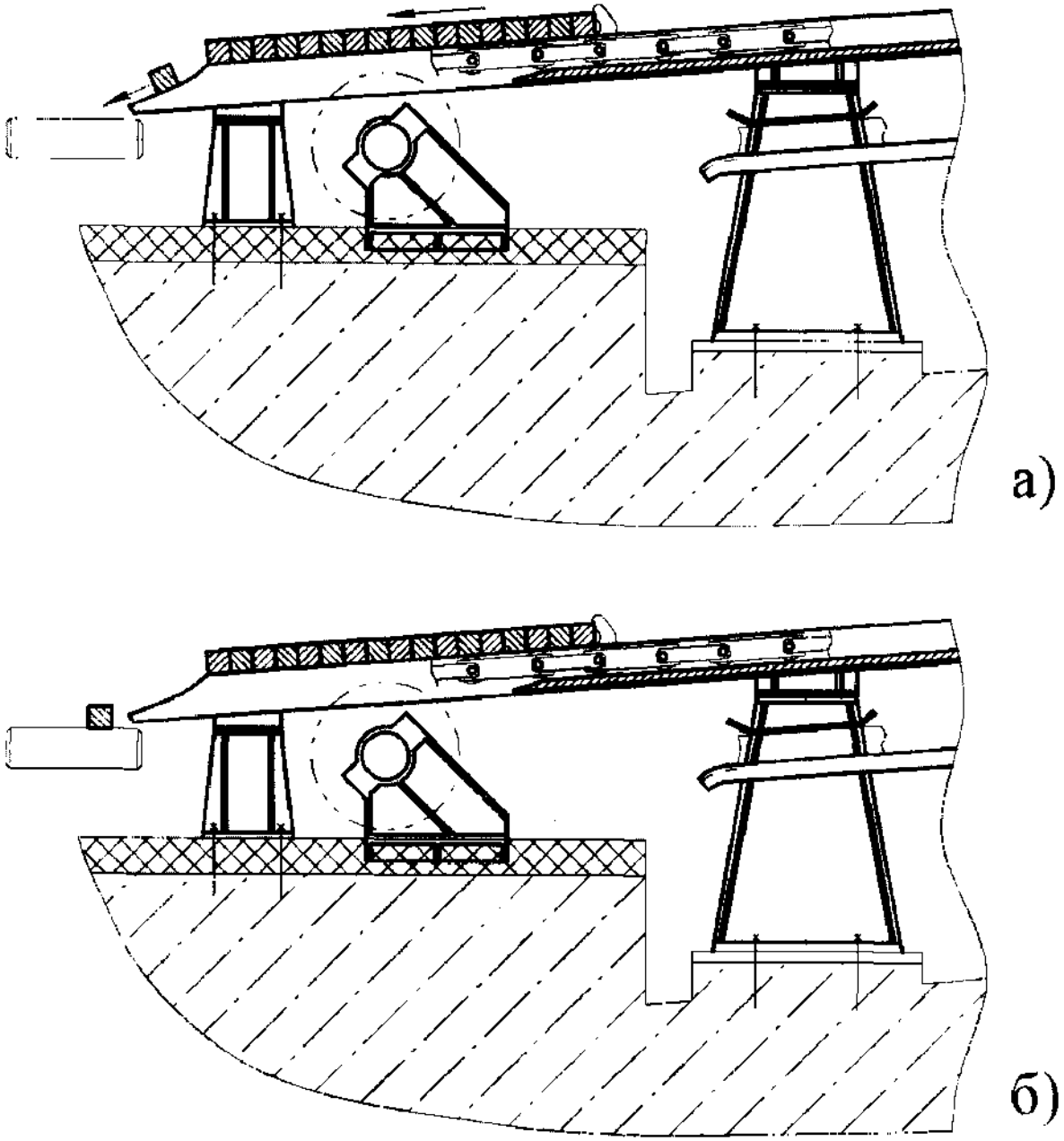

Рис. 2.4 Схема розташування завантажувального шлепера відносно рольганга

а- момент скачування заготовки по похилій частині; б – момент знаходження заготовки на рольгангу

(розроблено автором)

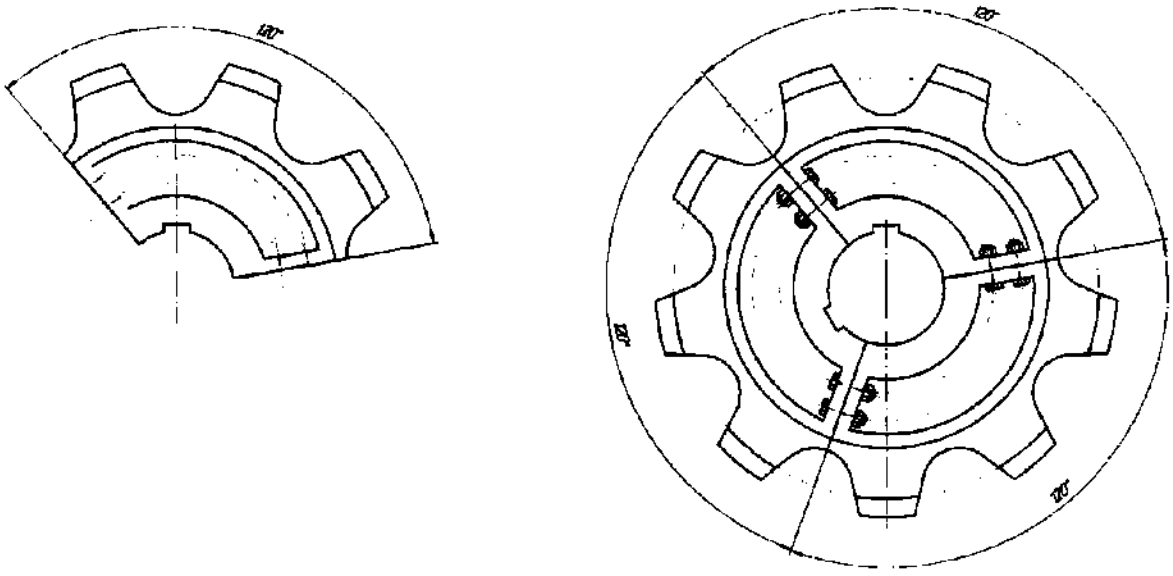

Рис. 2.5 Конструкція розбірної зірочки

(розроблено автором)

3. Скорочення часу ремонту – розбірна конструкція зірочки дозволяє швидко виконувати її заміну без демонтажу вала.

4. Зменшення накопичення окалини – нахилене розташування балок сприяє самоочищенню поверхонь шлепера від забруднень.

2.4 Розрахунки по модернізації. Розрахунок потужності приводу

Початкові дані для розрахунків вибираємо з характеристики існуючого завантажувального шлепера: [9]

- розміри заготівок, що кладуться, мм 80x80x12000
- допустима вага заготівок, що можуть знаходитись на шлепері (без проміжку), кН 696
- діаметр ролика зовнішній D, м 0,16 м
- діаметр ролика внутрішній d, м 0,08 м
- коефіцієнт тертя кочення *f* 0,05

- коефіцієнт тертя-ковзання заготівок о шлепер, μ	0,435
- ділильний діаметр колеса приводного ланцюга D_0, м	0,92105
- кількість ланцюгів, шт	2
- крок ланцюга - t, мм	315
- вага ланцюга, кН	26,6
- число заготівок, що подається шлепером за один робочий цикл - a, шт	3
- число обертів двигуна - $n_{дв}$, об/хв.	700
- передаточне число приводу, i	400, 859
- кількість електродвигунів, шт.	2
- кількість редукторів, шт.	2
- к.к.д. зірочки, враховуючи тертя в підшипниках, η_1	0,95
- к.к.д. редуктора, η_2	0,95

Розраховуємо частоту обертання приводного колеса ланцюга

$$n_к = \frac{n_{дв}}{i} = \frac{700}{400{,}859} = 1{,}747\ об/хв \qquad (2.1)$$

Визначимо швидкість транспортування заготовок по шлеперу [9]

$$V_т = \frac{n_k \cdot z \cdot t}{60} = \frac{1{,}747 \cdot 9 \cdot 0{,}315}{60} = 0{,}0826\ м/с = 82{,}6\ мм/с \qquad (2.2)$$

де z = 9 - число зубів приводної зірочки (з характеристики існуючого колеса);

Розрахунок часу, який відведено на робочий цикл, за яке шлепер подає заготовку *a* на подаючий рольганг

$$t = \frac{a \cdot 80}{V_m} = \frac{3 \cdot 80}{82,6} = 2,91\ c \qquad (2.3)$$

де 80 (мм) - сторона заготовки.

Знайдемо тривалість включень шлепера

$$ПВ = \frac{\text{t}}{60} \cdot 100\% = \frac{2,91}{60} \cdot 100\% = 4,85\% \qquad (2.4)$$

Визначення загального к.к.д. однієї сторони приводу подаючого шлепера

$$\eta_{общ} = \eta_1^2 \cdot \eta_2 = 0,95^2 \cdot 0,95 = 0,855 \qquad (2.5)$$

Знаходимо супротив руху ланцюга під дією власної ваги[10]

$$W_1 = \frac{2 \cdot G}{D}\left(f + \mu \cdot \frac{d}{2}\right) = \frac{2 \cdot 26,6 \cdot 10^3}{16} \cdot \left(0,05 + 0,435 \cdot \frac{5}{2}\right) = 3780\ H \qquad (2.6)$$

Розраховуємо вагу заготівок, які доводяться на одну сторону приводу

$$\frac{Q}{2} = \frac{696 \cdot 10^3}{2} = 348000\ H \qquad (2.7)$$

Звідси сила, що треба для переміщення заготовок по шлеперу

$$P = \varpi \cdot \frac{Q}{2} = 0{,}435 \cdot 348000 = 151200\ H \qquad (2.8)$$

Розраховане значення сили є актуальним для шлепера, розташованого в горизонтальній площині. Однак відповідно до плану модернізації шлеперне поле передбачається встановити під кутом приблизно 4°. Згідно із законом Кулона [10], нормальним тиском вважається сила, спрямована перпендикулярно до поверхні ковзання. У початковому варіанті шлепер працював на горизонтальній площині, але при розміщенні заготовок на похилій площині (див. рис. 2.6) на силу тертя впливає тільки складова ваги $Q_{\text{п}}$, перпендикулярна до площини ковзання.

Відповідно вага заготівок, що доводиться на одну сторону приводу з урахуванням куту нахилу поля шлепера (у бік приводу) становить

$$\frac{Q_{\Pi}}{2} = \frac{694300}{2} = 347150\ H \qquad (2.9)$$

де Q_{Π} - ваги заготівок, з урахуванням похилого шлеперу, згідно рис. 2.6. Визначається вона з виразу

$$Q_{\Pi} = Q_{\Pi} \cdot \cos 4^{0} = 696000 \cdot 0{,}9975 = 694300\ H \qquad (2.10)$$

Розраховуємо силу необхідну для переміщення заготівок по похилому шлеперу

$$P = \mu \cdot \frac{Q}{2} = 0{,}435 \cdot 347150 = 151000\ H \qquad (2.11)$$

В подальшому в розрахунках використовуємо отримене значення.

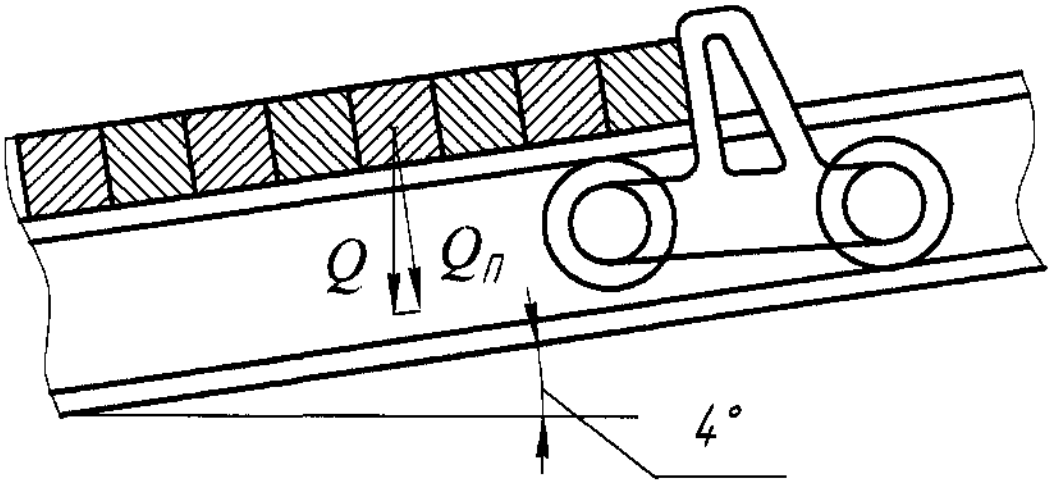

Рис. 2.6. Схема до розрахунку

(розроблено автором)

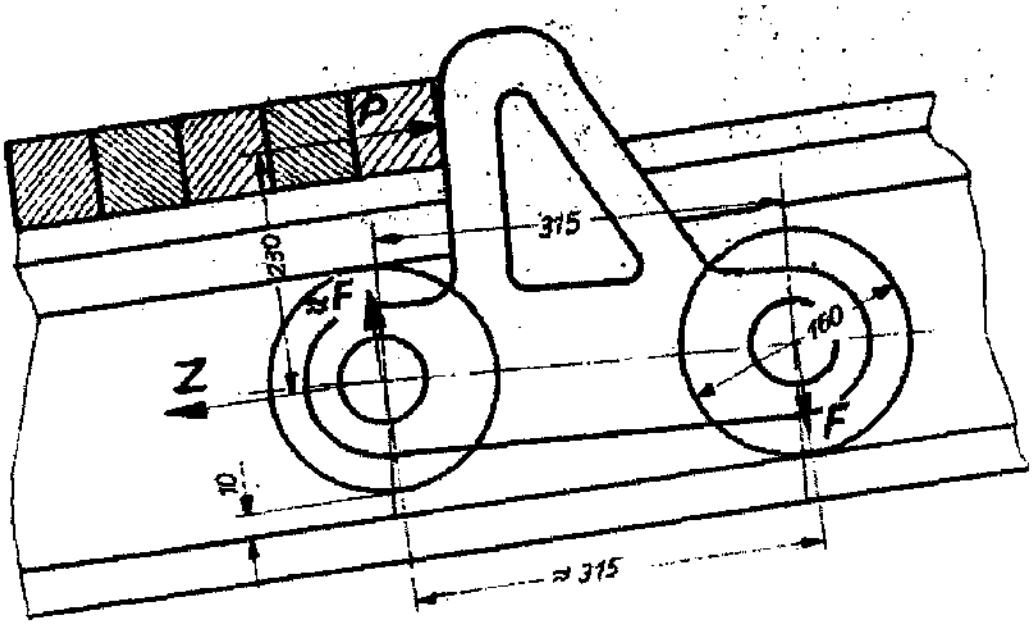

Рис. 2.7. Схема до розрахунку опору пересування поводка

(розроблено автором)

Супротив переміщенню поводка під навантаженням (від заготівки, що на шлепперному полі (див. рис. 2.7)). В першу чергу розраховуємо величину сили, яка виникає на катках поводка під час їх руху під навантаженням

$$F = \frac{P \cdot 230}{315} = \frac{151000 \cdot 230}{315} = 110250\ H \qquad (2.12)$$

Звідси знаходимо супротив переміщення поводка

$$W_2 = \frac{2 \cdot F}{D} \cdot \left(f + \mu \cdot \frac{d}{2} \right) = \frac{2 \cdot 110250}{16} \cdot \left(0{,}05 + 0{,}15 \cdot \frac{8}{2} \right) = 89960\ H \qquad (2.13)$$

Загальний супротив переміщенню заготівок по шлеперу

$$Z = W_1 + W_2 + P = 3780 + 8990 + 151000 = 163770\ H \qquad (2.14)$$

Крутний момент на приводному валу [10]

$$M_{кр} = Z \cdot \frac{D_0}{2} = 163770 \cdot \frac{0{,}92105}{2} = 75710\ H \cdot м \qquad (2.15)$$

Визначаємо потужність електродвигуна приводу завантажувального шлепера

$$N_{дв} = \frac{Z \cdot D_0 \cdot n_k}{2 \cdot 9740 \cdot \eta_{общ}} = \frac{164400 \cdot 0{,}921 \cdot 1{,}747}{2 \cdot 9740 \cdot 0{,}855} = 15{,}8\ кВт \qquad (2.16)$$

На основі розрахунку встановлюємо на шлепер електродвигуни типу WDOR 66/8, з потужністю N = 14 кВт при 20% тривалості включень і кількістю обертів *n* = 700 об/хв., виробництва Німеччини. В якості заміни

пропонуємо електродвигун з коротко замкнутим ротором типу МТКМ, для якого потужність становить N=14 кВт (при ПВ 25%) і кількість обертів n = 700 об/хв. [11].

Розрахунок болтового з'єднання частин розбірної приводної зірочки

Відповідно до пропонованої приводної зірочки її частини з'єднуються за допомогою болтових з'єднань, які конструктивно розміщуються так, як показано на рис. 2.8. Болтові з'єднання, встановлені на діаметрах 460 мм і 580 мм, сприймають навантаження у вигляді сил розтягування, що виникають під час обертання зірочки. [12]

Рахуємо радіус дії сили розтягування на болтове з'єднання як середній між радіусами установки болтів (див. рис. 2.8).

$$l = \frac{0{,}580 + 0{,}460}{2} = 0{,}52 \ м \qquad (2.17)$$

Знаходимо значення сил розтягування болтового з'єднання за відповідною формулою

$$F_p = \frac{M}{l} = \frac{75700}{0{,}52} = 145{,}577 \ кН \qquad (2.18)$$

де l - плече сили, яке для нашого випадку визначається як радіус її дії.

Визначаємо допустиму напругу на болтове з'єднання

$$[\sigma] = \frac{\sigma_m}{[S]} = \frac{245}{2} = 122{,}5 \ МПа \qquad (2.20)$$

де σ_m - межа текучості матеріалу болта. Приймаємо болти, що виготовлені із сталі 20 ГОСТ1050 - 80, для якої σ_m = 240 МПа.

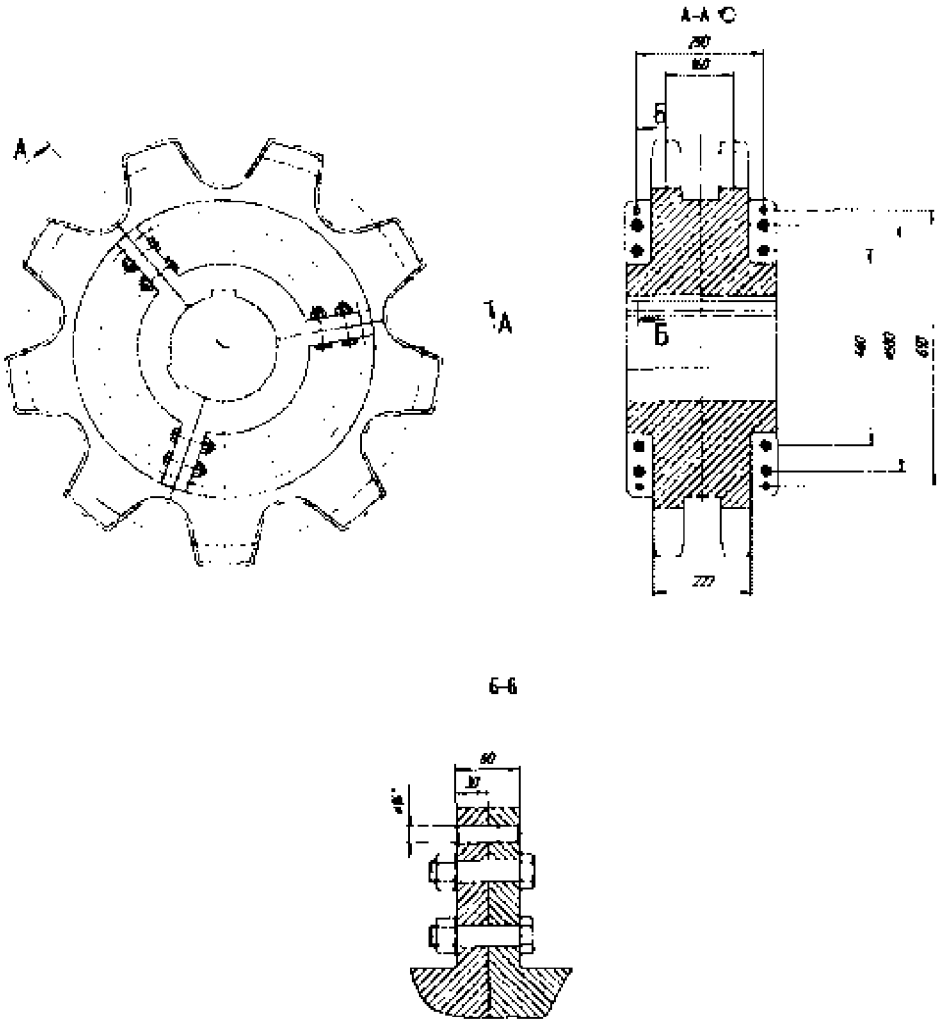

Рис. 2.8. Пропонована конструкція приводної зірочки

(розроблено автором)

Болт умовно розглядаємо як стержень, на який діє осьова розтягувальна сила. Умова міцності такого з'єднання виглядає таким чином

$$\sigma = \frac{F_p}{4 \cdot A_б} = \frac{4 \cdot F_p}{4 \cdot \pi \cdot d^2} \leq [\sigma] \qquad (2.21)$$

де 4 - кількість болтів в одному з'єднанні;

$A_б$ - розрахункова площа перерізу болта.

Для визначення допустимого значення напруги необхідно знати допустимий коефіцієнт запасу міцності [S], який у зазвичай приймається в межах [S] = 1,5–3. У даній роботі приймаємо значення [S]=2.

Виходячи з цього розрахунковий діаметр одного болта становить

$$d = \sqrt{\frac{F_p}{\pi \cdot [\sigma]}} = \sqrt{\frac{145{,}577 \cdot 10^3}{3{,}14 \cdot 122{,}5 \cdot 10^6}} = 0{,}0194 \ м$$

Приймаємо болт М20 по ГОСТ7798-70, міцність якого, згідно з проведеними розрахунками виконується.

РОЗДІЛ 3
ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників сортопрокатного цеху

Умови праці в цеху супроводжуються значною кількістю шкідливих виробничих факторів, серед яких:

- підвищений рівень вібрації та шуму;
- іонізуючі випромінювання;
- недостатня освітленість робочих місць;
- ризик ураження електричним струмом;
- обертальні частини машин і устаткування. [13]

Під час виконання виробничих операцій можуть бути небезпечні і шкідливі фактори, що негативно впливають на здоров'я працівників, спричиняючи травми або професійні захворювання.

При виробництві прокату робота обладнання супроводжується значним шумом та вібрацією, інтенсивність яких зростає із підвищенням швидкості обробки металу. Вплив шуму призводить до швидкої втоми робітників, порушення слуху, функціональних змін в роботі вестибулярного апарату та вегетативної нервової системи, а також негативно впливає на серцево-судинну систему.

Вібрація чинить шкідливий вплив на організм, викликаючи порушення функціонування центральної нервової системи, запаморочення, головний біль, захворювання судин і суглобів та інші негативні ефекти. Створюють вібрацію зворотно-поступальні механізми, зокрема ручні пневматичні та електричні інструменти та шліфувальні машини.

Ще одним шкідливим фактором є іонізуюче випромінювання. В виробництві воно зустрічається в вигляді джерела для датчиків чи приладів

контролю товщини прокату, а також для аналізу процесів деформації металу при прокатці.

Іонізуюче випромінювання на людину може бути як загальним, так і локальним. В результаті руйнування складних молекул біохімічних тканин утворюються вільні радикали, що призводить до порушення обмінних процесів, зниження активності ферментних систем, уповільнення або припинення росту тканин.

Використання електричних машин у виробництві прокату становить небезпеку для працівників. Ступінь враження електричним струмом залежить від сили струму, тривалості дії і траєкторії проходження через тіло людини. При невеликих значеннях струму (0,5–1,4 мА) спостерігається легке тремтіння пальців рук, при 11–16 мА виникає сильний біль у кістках та пальцях, а при струмі 21–99 мА можливий параліч дихальних шляхів і серцевої діяльності.

В прокатному виробництві використовується різне основне та допоміжне механічне обладнання, обертові частини якого становлять додаткову небезпеку через можливість травмування при випадковому контакті. До таких елементів належать прокатні валки, проміжні вали, ролики, зубчасті й ланцюгові передачі, ножиці та рольганги.

Безпека працівників значною мірою залежить від конструктивних рішень. При обертанні прокатних та інших валків один до одного створюються умови для затягування кінцівок або одягу. Також небезпеку становить рухомий прокат, підкат або готова продукція, які можуть спричинити травми під час непередбаченого контакту з людиною.

Значення нормативних та фактичних величин шкідливих та небезпечних чинників прокатного виробництва наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Шкідливі і небезпечні чинники прокатного виробництва

Чинники виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення	Фактична величина
Запиленість, мг/м	6,0	7,0-16,1
Шум, дБ	80	97-99
Мікроклімат в приміщенні:		
температура повітря, °С	16-25	19
швидкість руху повітря, м/с	0,3	0,3
відносна вологість повітря, %	65	61-63
інфрачервоне випромінювання, Вт/м^2	140	170-3500
Вібрація	101	99

Розроблено з використанням [13]

3.2 Заходи по зниженню і усуненню шкідливих і небезпечних чинників в сортопрокатному цеху

Для захисту працівників від вібрації та шуму необхідно впровадити такі заходи: замінити джерела шуму на менш шумне обладнання; використовувати спец фундаменти, незалежні від будівельних конструкцій; застосовувати ізолюючі матеріали, амортизатори, а також звуко- та вібропоглинаючі матеріали; додатково передбачити засоби індивідуального захисту від шуму.

Для захисту від іонізуючого випромінювання доцільно використовувати звичайний спеціальний одяг, гумові рукавиці, захисні та побутові окуляри. Додатково рекомендується встановлювати екрани з алюмінію, скла, оргскла тощо.

З метою запобігання ураженню електричним струмом усе електрообладнання цеху має бути заземлене. Для підключення переносних ламп використовується напруга 36 В, а на електричних і розподільних щитах розміщуються попереджувальні написи. [14]

Для запобігання травмам від обертових частин устаткування, усі рухомі елементи повинні бути захищені кожухами та відповідними огородженнями.

ВИСНОВКИ

Конструкція-прототип завантажувального шлепера має низку недоліків, що негативно впливають на ефективність роботи обладнання. Одним із основних недоліків є наявність проміжної ланки між шлепером і рольгангом — це перекладаючий пристрій, несправності якого впливають на зупинку подання заготівок на рольганг що призводить до перерв у завантаження печі. Крім того, під час транспортування заготовок по шлеперу утворюється велика кількість окалини. Якщо її вчасно не видаляти, вона потрапляє на рухомі механізми, і це призводить до прискореного зносу через абразивне стирання робочих поверхонь.

Для виключення недоліків пропонується змінити існуючу конструкцію завантажувального шлепера шляхом розміщення балок шлеперного поля під кутом 4° до горизонту у бік подаючого рольганга та приводу. При цьому шлеперне поле встановлюється впритул до рольганга, що дозволяє заготовці потрапляти з шлепера на бочки рольганга, виключаючи з технологічної схеми перекладаючий пристрій. Це значно спрощує процес подання заготовок і підвищує надійність роботи обладнання. Додатково пропонується модернізувати існуючу монолітну конструкцію приводної зірочки на розбірну, що складається з трьох однакових частин, які з'єднуються між собою болтами. Така конструкція дозволяє здійснювати заміну зірочки без необхідності демонтажу напівмуфти та використання спеціального преса для розпресовки, що спрощує ремонт і технічне обслуговування.

В результаті роботи отримано наступні переваги:

- за можливості прибирання перекладаючого пристрою спрощується схема передачі заготовки з шлепера на рольганг: заготовка підводиться до краю поля, звідки під дією сил тяжіння скочується на рольганг. Це забезпечує збільшення ритму подання заготовок, та скорочення часу на обслуговування і ремонт обладнання.

- встановлення шлепера під кутом дасть змогу зменшити навантаження на привод, а також дозволить запобігти скупченню окалини на рухомих частинах механізмів, що значно знижує рівень абразивного стирання робочих поверхонь шлепера.

- створення приводної зірочки у вигляді збірної конструкції дає можливість істотно зменшити час ремонту приводного валу, оскільки не треба демонтувати напівмуфти та використовувати спеціальний прес для розпресовки. У разі поломки одного або кількох зубів ланцюгової зірочки заміні підлягає лише пошкоджена частина, а не вся зірочка в цілому.

Аналіз основних технічних принципів модернізації показує, що проведені зміни дозволяють досягти економії коштів переважно за рахунок зниження витрат на ремонт і обслуговування завантажувального шлепера.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3-х т., Т 3, Машины и агрегаты для производства и отделки проката. Учебник для вузов, А.И. Целиков, П.И. Полухин, В.М. Гребенник и др. – М.: Металлургия, 1981. – 576с.

2. Чекмарев А.П., Гречко В.П., Гетманец В.В. и др. Прокатка на мелкосортных станах – М.: «Металлургия», 1967 – 360с.

3. А.Г Брахштадт, Справочник металлиста. В 5-ти т. Т 2, - М.: Машиностроение, 1976. – 720с.

4. Н.М. Федосов и др., Проектирование прокатных цехов. – М.: Металлургия, 1983. – 302 с.

5. П.Ф. Дунаев, Конструирование узлов и деталей машин. Учебное пособие. – 3-е изд., перероб. и доп. – М.: Высшая школа, 1978. – 352с.

6. Рудской А.И. Теория и технология прокатного производства. Учебное пособие/ А.И. Рудской, В.А. Лунев.- СПб.: 2008.-527 с.

7. Устройство для перемещения поперечного перемещения длинномерного проката: а.с. 1731323 СССР: МПК В21В 39/00. №4802366/27; заяв. 16.03.1990; опуб. 07.05.1992, Бюл. №17. 3 с.

8. Передаточный шлеппер: а.с. 196697 СССР: МПК В21В. №1068067/22-2; заяв. 05.04.1966; опуб. 31.05.1967, Бюл. №12. 2 с.

9. П.И. Орлов, Основы конструирования. Учебное пособие. - М.: Машиностроение, 1977. - 340с.

10. Н.М. Федосов и др. Проектирование прокатных цехов. - М.: Металлургия, 1983. - 302 с.

11. Т. И. Муха и др., Приводы машин. Справочник, - Л.: Машиностроение, 1975. - 365с.

12. Н.Д Лукашин, Л.С. Кохан, А.М. Якушев. Конструкция и расчет машин и агрегатов металлургических заводов, Учебник для вузов, - М.: ИКЦ «Академкнига», 2003г. – 456 с.

13. Б.Д Ильинский, Охрана труда на предприятиях черной металлургии. Учебное пособие. – М.: Металлургия, 1979. - 256с.

14. В.О. Шеремет та ін. Охорона праці на гірничо-металургійному підприємстві. Навчальний посібник. – Ч.І.: Металургійний комплекс. - Дніпропетровськ: Січ. 2002. – 372с.

ЗГОДА здобувача(чки) вищої освіти

Державного університету економіки і технологій

про перевірку кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату

та розміщення в Репозитарії Університету

Я, *Бальвас Андрій Григорович* , підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

Засвідчую, що кваліфікаційна бакалаврська робота «*Модернізація завантажувального шлепера ДС-250-3 СПЦ№2 ПАТ „АМКР"*» 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).

07.06.2025 _____ А. Г. Бальвас

(ініціали, прізвище, власноруч)