Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні
(назва факультету)

кафедра металургійного обладнання
(повна назва кафедри)

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

На тему Удосконалення рольгангу агрегату подовжньо-поперечного різання

Виконав: студент групи 6.1332

Кущ Б. С.
(ПІБ) (підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма
Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Керівник Гречаний О.М.
(прізвище та ініціали) (підпис)

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

Запоріжжя – 2026 року

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

Кафедра металургійного обладнання

Рівень вищої освіти бакалавр
(перший (бакалаврський) рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Спеціалізація
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедрою А.О. Власов

_____

“____”_____20___ року

Завдання
до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

Куща Богдана Сергійовича
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Удосконалення рольгангу агрегату подовжньо-поперечного різання
керівник кваліфікаційної роботи доцент, Ph.D. Гречаний О.М.
затверджені наказом вищого навчального закладу від “23“ грудня 2025 року № 1831-с.
2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 13 червня 2026 року.
3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи техніко-економічні показники роботи прокатного цеху
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Загальна частина; 2. Спеціальна частина; 3. Експлуатаційна частина; 4. Охорона праці та техногенна безпека. Загальні висновки та рекомендації
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень): 1. Рольганг агрегату подовжньо-поперечного різання – 2А1; 2. Привод рольгангу – 1А1; 3. Кришка – 1А1; 4. Корпус – 1А1; 5. Строповка станини рольганга в зборі – 1А1; 6. Звукоізоляційна кабіна – 1А1.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Гречаний О.М., Ph.D., доцент		
2	Гречаний О.М., Ph.D., доцент		
3	Гречаний О.М., Ph.D., доцент		
4	Гречаний О.М., Ph.D., доцент		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційої роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітки
1	Збір матеріалу на проєктування	13.04.2026 – 04.05.2026	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань проєктування	05.05.2026 – 10.05.2026	
3	Виконання теоретичної частини проєкту	11.05.2026 – 17.05.2026	
4	Виконання графічної частини проєкту	18.05.2026 – 31.05.2026	
5	Написання та оформлення пояснювальної записки	01.06.2026 – 09.06.2026	
6	Перевірка проєкту консультантами	10.06.2026 – 11.06.2026	
7	Попередній захист проєкту	12.06.2026	
8	Переплітання пояснювальної записки	Згідно з графіком	
9	Захист проєкту	Згідно з графіком	

Здобувач _____ Кущ Б. С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Гречаний О. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кущ Б. С. Удосконалення рольгангу агрегату подовжньо-поперечного різання

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти бакалавр за спеціальність 133 – Галузеве машинобудування, керівник О. М. Гречаний. Запорізький національний університет, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра металургійного обладнання, 2026.

Розглянуто конструкцію обладнання прокатного стану 2800. Запропонований варіант модернізації приводної частини рольгангу агрегату подовжньо-поперечного різання. Наведені розрахунки, що підтверджують вірність прийнятих конструкторських рішень. Приділено увагу питанням покращення умов праці на ддільниці агрегату подовжньо-поперечного різання.

Ключові слова: штаба, рольганг, ролик, станина, строповка, октавна смуга, звукоізоляційна кабіна

ABSTRACT

Kushch B. S. Improvement of the Roller Table of the Longitudinal-Cross-Cutting Unit

Qualifying thesis for obtaining a bachelor's degree in higher education, specialty 133 - Industrial engineering, adviser O. M. Hrechanyi. Zaporizhzhia National University, Engineering Educational and Scientific Institute them. Yu.M. Potebni, Department of Metallurgical Equipment, 2026.

The design of the rolling mill equipment 2800 is considered. A variant of modernization of the drive part of the roller table of the longitudinal-cross-cutting unit is proposed. Calculations are given that confirm the correctness of the adopted design decisions. Attention is paid to the issues of improving working conditions in the longitudinal-cross-cutting unit section.

Keywords: stripe, roller table, roller, frame, sling, octave band, soundproof cabin

ЗМІСТ

ВСТУП 7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА 8
1.1 Вантажопотоки дільниці прокатного стану 2800 та коротка характеристика механічного устаткування 8
1.2 Короткий опис конструкції й принципу роботи агрегату подовжньо-поперечного різання 23
1.3 Конструктивні недоліки діючого устаткування цеху й заходи для їхнього усунення 30
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА 33
2.1 Розрахунок та вибір основних елементі групового приводу рольганга 33
2.2 Вибір з'єднувальних елементів приводу рольганга 37
2.3 Розрахунок на міцність ролика рольганга 39
2.4 Вибір геометричних характеристик зубчастого зачеплення шестеренного редуктора 47
2.5 Підбір опор приводного ролика 48
3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА 51
3.1 Технологічні вимоги до основного виробничого обладнання агрегату подовжньо-поперечного різання 51
3.2 Розрахунок фундаменту під рольганг агрегату подовжньо-поперечного різання 53
3.3 Розрахунок анкерних болтів рами рольганга АППР 56
3.4 Розрахунок площі пакету підкладок 59
3.5 Розрахунок такелажного обладнання для виконання стропування складових частин рольганга при його монтажі 63
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 70
4.1 Аналіз потенційних шкідливих факторів виробничого середовища при повздовжньому різанні металевої штаби 70
4.2 Шляхи покращення виробничих умов обслуговуючого персоналу 76

Висновки 80

Список використаної літератури 81

ДОДАТКИ 84

ВСТУП

Сучасне металургійне та машинобудівне виробництво вимагає постійного підвищення ефективності, надійності та продуктивності технологічного обладнання. Агрегати подовжньо-поперечного різання (АППР) відіграють ключову роль у процесах підготовки та обробки листового прокату, забезпечуючи точний розкрій металу на смуги та листи заданих розмірів. Важливою ланкою таких агрегатів є транспортні системи, зокрема рольганги, які відповідають за безперебійне переміщення металу між робочими вузлами.

В процесі експлуатації існуючі конструкції рольгангів часто зазнають значних динамічних і статичних навантажень, що призводить до швидкого зносу роликів, підшипникових вузлів та елементів приводу. Це, у свою чергу, може стати причиною позапланових простоїв обладнання, погіршення якості поверхні оброблюваного металу (через утворення подряпин чи задирів) та зниження загальної продуктивності лінії. З огляду на це, удосконалення конструкції рольгангу агрегату подовжньо-поперечного різання з метою підвищення його довговічності, надійності та енергоефективності є вельми актуальним науково-практичним завданням.

Експлуатація рольганга №4 на агрегаті подовжньо-поперечного різання, що працює в інтенсивному режимі виявила, що одним з швидкозношуваних елементів є груповий привод в якому використана ланцюгова передача, при обриві якої відбувається аварійна зупинка АППР. Вирішенню даного конструктивного недоліка і присвячено еваліфікаційну роботу.

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи містить 91сторінку друкованого тексту, на яких 13 рисунків, 5 таблиць, 7 додатків. Бібліографічний список має 31 найменування літературних джерел.

Об'єкт проєктування – рольгангу агрегату подовжньо-поперечного різання.

Мета роботи – удосконалення приводної частини рольгангу агрегату подовжньо-поперечного різання.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Вантажопотоки дільниці прокатного стану 2800 та коротка характеристика механічного устаткування

Будівля в якому розміщено облаштування прокатного стану 2800 складається з п'яти прольотів. Передачу вантажів між прольотами здійснюють за допомогою передатних візків вантажопідйомністю 10 і 30 т. Для забезпечення технологічного процесу використовуються 17 електромостових кранів вантажопідйомністю від 15 до 125 т, а також 2 кран-балки вантажопідйомністю 5 т. і кран на колоні вантажопідйомністю 1 т [1]. Метал до дільниці надходить залізничним транспортом у рулонах масою до 16 т. Електромостовими кранами (20 т.) рулони відвантажуються на склад металу. Потім рулони надходять на агрегати поперечного різання, де вони ріжуться на листові заготівлі. Після проведення циклу операцій по прокатці й порізці листових заготівель метал передається на склад готової продукції. Відвантаження металу здійснюється зі складу в залізничні вагони й на автотранспорт.

На дільницю метал надходить із цеху холодного прокату, основним споживачем продукції дільниці є Китай. До основного обладнання дільниці відноситься стан 2800, травильне відділення, листообробка й сортування, відділення шліфування й полірування листів і пластин, випалювальні печі.

Стан призначений для виробництва великогабаритного холоднокатаного листа товщиною 1,5÷5,5 мм, шириною 1000÷2550 мм і довжиною до 4500 мм з вуглецевих, легованих і нержавіючої сталі.

У травильному відділенні цеху відбувається видалення з поверхні металу забруднень і загартування металу. У відділенні перебуває три ванни зі змістом води й кислоти, у яких відбувається безпосереднє травлення металу. Для очищення поверхні спочатку метал поміщають у ванну з кислотою, а потім у ваннуз водою з метою нейтралізації залишків кислоти.

У відділенні шліфувальних листів і пластин полірують нержавіючу сталь

до 9 класу обробки поверхні. Полірувальна лінія складається з 6 робочих головок, розмотувача й моталки рулонів. Робоча головка складається із притискного ролика й шліфувального барабана, на які одягається спеціальна шліфувальна стрічка, за рахунок якої й відбувається полірування металу. Головним споживачем нержавіючої полірованої сталі, є дільниця виробів широкого використання, що робить посуд, мийки й т.д.

У відділенні сортування й листообробки металу відбирають бракований метал, а якісний метал залишають і при необхідності обробляють його поверхню за допомогою пневмомашин і промаслюють листи.

У цеху встановлений комплекс технологічного устаткування для прокатки й обробки необхідного сортаменту листів:

- агрегат періодичного травлення;
- піч-ванна для лужного травлення;
- агрегат для загартування листів з нержавіючої сталі;
- стан 2800 для холодної прокатки;
- ковпакові газові печі для відпалу;
- два агрегати поперечного різання АПР-1 і АПР-2;
- агрегат подовжньо - поперечного різання АППР;
- три агрегати шліфування пластин;
- агрегат шліфування штабии АШШ;
- чотири полірувальних верстати призначені для обробки металевого листа.

Схема технологічного процесу виробництва листів з різних сталей наступна має різні вантажопотоки

Виробництво нержавіючої сталі відбувається за наступною схемою:

1. Загартування листів у гартівному агрегаті термотравильного комплексу.
2. Травлення в кислоті.
3. Холодна прокатка на стані 2800.
4. Повторне загартування для зм'якшення сталі з наступним травленням (операції 3 і 4 повторюються залежно від кінцевої товщини листа).

5. Дресирування листів на стані 2800.

6. Обрізка крайок листів на агрегаті подовжньо-поперечного різання.

7. Обробка листа на ділянці зачищення.

8. Упакування листа.

Виробництво легованої сталі має незначні відмінності, а саме в процесі відпалу:

1. Травлення.

2. Попередній відпал.

3. Холодна прокатка листів на стані 2800.

4. Світлий відпал.

5. Дресирування на стані 2800.

6. Обрізка крайок листів на агрегаті подовжньо-поперечного різання.

7. Обробка листа на ділянці зачищення.

8. Упакування листа.

Відвантаження металу здійснюється зі складу в залізничні вагони й на автотранспорт.

Основним агрегатом дільниці є стан кварто 2800, призначений для холодної прокатки широких листів до 2550 мм.

Вихідним матеріалом для прокатки на стані є гарячекатані листи з легованої(Л), нержавіючої(Н) і вуглецевої (В) сталей. Маса листів, що прокочують, 50-283 кг, сортамент готової продукції наведено в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Сортамент готової продукції стана 2800

Наймснування габариту	Л	Н	В
Товщина	2,0÷5,0	2,0÷3,0	0,8÷2,0
Ширина	1550÷2550	2550	1860÷2060
Довжина	2850÷4500	4000÷4500	3000÷4000

Устаткування стана розташовується у двох прольотах. У першому виробничому прольоті розташоване технологічне устаткування стана, що складається з основного й допоміжного устаткування, і мастильно-емульсійний підвал.

Стан 2800 призначений для холодної прокатки листів з нержавіючих, легованих і вуглецевих марок сталей. Прокатка на стані 2800 розділяється на чорнову й чистову [2].

Чорнова прокатка виробляється до товщини, після якої потрібно ще 3 пропуски при чистовій прокатці [3].

Чистова прокатка виконується після остигання металу протягом 20 годин, після чорнової прокатки на знову завалені в кліть робочих валках. Під час прокатки циндру й пил з робочих валків здувають повітрям, для забезпечення чистоти процесу [3].

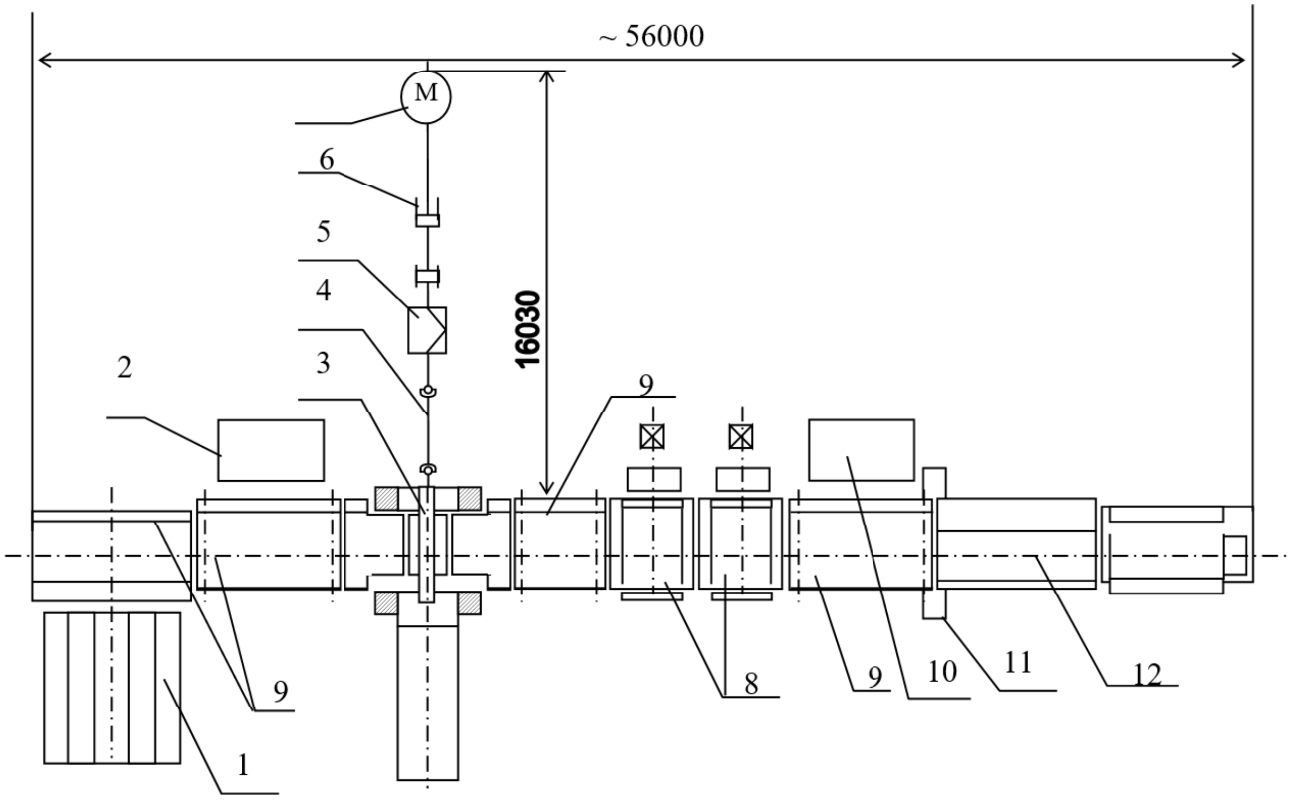
Не допускається влучення у валки листів із загнутою крайкою й хвостами. Найменші дефекти на валках усувають зачищенням. У випадку появи дефектів на листах після прокатки, негайно роблять заміну робочих валків.

Заготівлею служить горячекатаний лист розмірами: 2 - 10,2х1550 - 2500х1000 - 1520 мм.

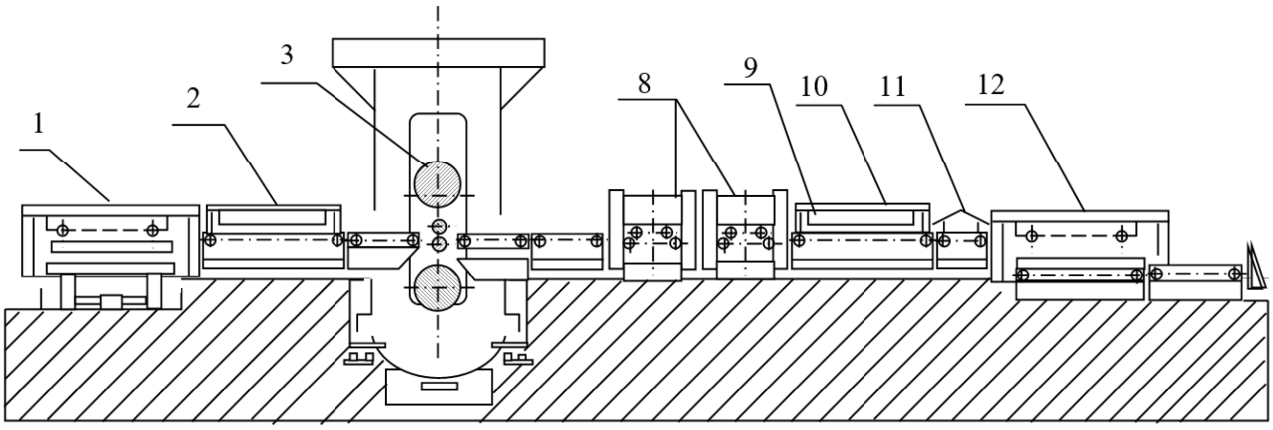
Розміри готового холоднокатаного листа: 1,5 - 5,0х1500 - 2500х2000 - 4500 мм при максимальній вазі листа 310 кг.

До складу комплексу основного устаткування стана 2800 (рис.1.1 та рис.1.2) входять [4]: розкладальник листів з електромагнітними роликами - 1, розкладальник листів з вакуумними підйомниками - 2, робоча кліть кварто 2800 - 3, шпиндельний пристрій - 4, шестеренна кліть - 5, головна муфта - 6, головний двигун - 7, листоправильні машини - 8, рольганги - 9, укладальник листів з вакуумними підйомниками - 10, машина промаслення листів – 11, укладальник листів з електромагнітними роликами -12.

У другому суміжному прольоті шириною 12 м. розташований машинний зал головного привода стана й живильних електроприводів систем.



а



б

Рисунок 1.1 – Вантажопотоки дільниці: а – схема розташування устаткування стана 2800; б – схема розрізу по осі прокатки стану 2800 (позиції наведено в тексті)

Привод валків кліті (безредукторний) здійснюється від електродвигуна через шестеренну кліть і шпиндельний пристрій. Для робочих валків застосовані вальниці кочення, для опорних валків – вальниці рідинного тертя.

Характеристика стана.

Тип кліті - кварто нереверсивна	- 550 - 510
Діаметр робочих валків, мм	- 1600 - 1500
Діаметр опорних валків, мм	- 550 - 510
Довжина бочки валків, мм	- 2800
Твердість бочки валків, од. по Шору:	
Робочих	- 95 - 100
Опорних	- 60 -85
Швидкість прокатки, м/с.	- 0,5 – 2,0
Найбільший момент прокатки, кН м (Т м)	- 688 (70)
Потужність головного привода, кВт	- 2950
Число обертів привода, об/хв	- 40/80
Швидкість переміщення натискних гвинтів, мм/с.	- 0,05 - 0,3-0,6
Оцінка рівня прокатки, мм	- + 900

Висота цеху до головки рейок підкранової колії у виробничому прольоті + 10,5 м. Загальна площа будівлі, зайнята станом, становить близько 2500 м^2.

Прокатка на стані кварто 2800 виробляється полистовно всієї стопи листів. Після прокатки листи укладають у стопи які передаються на вхідну частину стана для наступного пропуску через валки стана [5].

Електромагнітний розкладчик в складі обладнання прокатного стану 2800 призначений для розкладки листів з пакета по одному й подачі їх на рольганг № 1.

Конструктивно розкладчик представляє собою рольганг із десяти електромагнітних роликів, зібраних у дві секції: одна секція з дев'яти роликів, інша – один ролик. Ролики першої секції змонтовані на загальній рамі й приводяться двигуном постійного струму ДП-32, 12 кВт, 760 хв$^{-1}$. Кожний ролик має 48 електромагнітних котушок.

Ролик другої секції має індивідуальний привод від аналогічного двигуна постійного струму. Ролик має 72 електромагнітні котушки. Основні технологічні характеристики електромагнітного розкладчика:

- максимальна вага листа 310 кг
- висота пачки до 600 мм
- вага пачки 10 т
- швидкість транспортування листів 0,5÷2 м/с
- діаметр бочки ролика 300 мм
- довжина бочки ролика 2400 мм
- крок роликів 500 мм

Спочатку для притягання листа з висоти 30÷100 мм створюється сильне магнітне поле всіма котушками. Надалі, щоб залишився притягнутим до роликів один лист, у групі котушок дається реверс полю (повинна змінитися полярність), досягається ослаблення магнітного поля роликів до величини, що забезпечує створення сили притягання, достатньої для транспортування тільки одного листа. Імпульс на реверс дають два сельсинових прапорці, що дублюють один одного. Прапорці встановлені за десятим і шостим роликом рольганга. Для створення максимальної кількості електромагнітних роликів, що контактують з поверхнею жолобчастих листів, рама першої секції з боку, протилежного виходу листів на рольганги, може підніматися до 800 мм. Підйом здійснюється електродвигуном МТК-42-8, 16 кВт, через черв'ячні редуктори.

У лінії стана 2800 встановлені чотири піднімальних столи однакової конструкції: два столи на раскладальниках (електромагнітом і з вакуумними присосками), а два столи на укладальниках листів (електромагнітом і з вакуумприсосками).

У розкладальника стіл слугує для періодичного підйому пачок листів для можливості захоплення чергового листа магнітами або присосками.

Стіл в укладальнику виконує технологічну операцію опускання пачки листів у міру збільшення її висоти. Стіл виконано у формі звареної рами, яка за допомогою траверз закріплена на чотирьох ходових гвинтах. На рамі укріплені стійкі, на які укладаються пачки листів.

Підйом трьох столів електромагнітного розкладальника здійснюється від двигуна постійного струму ДП-42, 21 кВт, 650 хв$^{-1}$. Для контролю за місцем

розташування піднімального стола встановлений сельсин-датчик, а на пості № 7а встановлений сельсин-приймач, що вказує положення стола.

Схема передбачає ручне й автоматичне керування столом, при автоматичному керуванні перемикач повинен бути встановлений у положення «автоматична робота», а перемикач ПУ №7 – у нульове положення. Стіл піднімається при засвічуванні фотореле й зупиняється після затемнення його.

При закінченні розбирання листів стіл автоматично опускається в нижнє вихідне положення.

У лінії стана встановлені два аналогічних транспортери. Перший на початку технологічного ланцюжка для подачі пачок листів на стіл електромагнітного розкладчика. Другий – у хвостовій частині, призначений для збирання пачок листів зі стола електромагнітного укладальника. Транспортер складається з дев'яти нескінченних ланцюгів, що рухаються паралельно.

Ланцюг транспортерів приводиться в рух від електродвигуна типу МТ-42-8 змінного струму, 16 кВт, 718 $хв^{-1}$ через циліндричний триступінчастий редуктор.

На транспортері листороскладальника встановлений кінцевий вимикач, який вимикає двигун коли поздовжня вісь пачки співпадає з поздовжньою віссю лінії стана. Залежно від величини пачки листів оператор установлює відповідним чином реле витримки часу.

На транспортері листоукладальника встановлено два кінцевих вимикачі: один сигналізує про те, що пачка листів виведена з піднімального стола й дає команду на підйом стола, другий – дає команду на зупинку транспортера при досягненні пачкою осі розвантажувальної лінії. Основні технологічні характеристики транспортера:

- кількість ланцюгів 9 шт.
- відстань між ланцюгами 600 мм.
- крок ланцюга 250 мм.
- швидкість транспортування 0,2 м/с.
- довжина транспортера 8135 мм.

Розкладальник листів з вакуумними присосками призначений для перекладання листів з піднімального стола на рольганг перед станом.

Розкладчик складається з наступних основних вузлів:

- естакади;
- візки, що несе раму із присосками;
- піднімального стола;
- вакууматора, до складу якого входить вакуумпровід стисненого повітря.

Візок має механізм пересування й механізм підйому й опускання рами із присосками.

Механізм пересування приводиться від електродвигуна МТК-42 -8, 16 кВт, 780 хв$^{-1}$ через редуктор циліндричний з передаточним числом 24,7.

Режим роботи двигуна повторно-короткочасний, реверсивний, гальмування динамічне. Фіксації зупинки виробляються гальмом ТКП-300.

Підйом та опускання рами із присосками виконується пневматичним приводом. Присоски розміщені: по довжині рами в 6 рядів, по ширині – в 10 рядів. Вакуум у присосках створюється двома насосами типу РМК-2 з електродвигунами А-61 - 4, 10 кВт, 1460 хв$^{-1}$, з яких один робочий, другий резервний.

Розкладчик має ручне й автоматичне керування. Вихідне положення розкладчиков, коли візок перебуває над столом з піднятою рамою.

Принцип роботи розкладальника наступний. При затемненні фотореле верхнього рівня пачки листів рама опускається, присоски лягають на лист, і контакт дає імпульс на створення вакууму. Про наявність вакууму в присосках сигналізує контакт електромагнітного вакуумметра, що подає імпульс на підйом рами з листом. Після повного підйому рами візок рухається до рольганга.

При підході візка до рольганга натискається контакт, візок гальмується без накладення механічного гальма. У випадку, коли за розрахунковий час гальмування візок не дійшов до кінця, то завдяки витримці часу двигун знову включається й доводить візок до крайнього положення. Потім опускається рама

з листом і після спрацьовування вимикача лист скидається на рольганг. При замиканні електромагнітного вакуумметра подається імпульсний сигнал на підйом рами, після чого візок рухається до столу (до вихідного положення) для повторення циклу. Коротка технічна характеристика розкладальника листів з вакуумними присосками:

- хід візка 3800 мм
- швидкість пересування візка 0,5 м/с
- підйом рами із присосками 300 мм
- крок присосків по ширині рами 400 мм
- крок розміщення присосок вздовж рами 500 мм
- кількість присосків 60 шт
- робочий тиск повітря в мережі 4÷6 атм.

Безпосередньо стан 2800 складається з наступних основних вузлів [6]:

- робоча кліть;
- шестеренна кліть;
- шпиндельний пристрій;
- механізм для зміни валків.

Робоча кліть gризначена для нереверсивної холодної прокатки й дресирування широких листів [7].

Привод робочих валків здійснюється електромотором типу МП-4000-40, 2950 кВт, 40/80 хв$^{-1}$, через шестеренну кліть і шпиндельний пристрій. Швидкість прокатки від 0,5 до 2 м/с.

Опори робочих валків оганізовано на вальницях кочення № 2077160, опорних – рідинного тертя 1180÷1060 мм.

Станина вікна робочої кліті закритого типу.Ширина вікна станини:

- з боку перевалки 1660 мм;
- з боку привода 1650 мм;

Вага однієї станини 149,2 т.

Лабети станини окремі й з'єднані зі станиною за допомогою бандажів, насаджених згарямим натягом на кільцеві виступи. Робочу кліть обладнено

чотирма станинними ролика 350 мм, крок роликів 500 мм, які розміщені симетрично з обох боків кліті. Кожна секція роликів має груповий привод МП-72, 17 кВт, 1150 $хв^{-1}$, що з'єднаний шпинделем із крайнім роликом. Від крайнього приводного ролика інші приводяться через паразитні шестерні.

Вивід станинних роликів за межі вікон станин при перевалці валків здійснюється за допомогою гідроциліндрів діаметром 180 мм. Хід поршня циліндра 250 мм.

Кожний натискний гвинт натискного механізму робочої кліті приводиться в обертання від електродвигуна ДП-82А, 140 кВт, 660 $хв^{-1}$ через черв'ячні редуктори з передаточним числом 20,5 і 39. Для забезпечення спільної роботи натискних гвинтів вільні кінці валів електродвигунів з'єднані електромагнітною муфтою М=300 кгм. Швидкість переміщення натискних гвинтів при обтисненні 0,05 мм/сек; при підйомі (при зворотному ході) 0,3 - 0,6 мм/с. Зовнішній діаметр, крок і різьблення гвинта УП-600х24 мм. Максимальний хід верхнього валка, обмежений командно-аппаратом і складає 400 мм. Максимальний тиск на валки при роботі 4200 т. Переміщення натискних гвинтів контролюється сельсинами, які встановлені на посту № 9. На кліті встановлений стрілочний покажчик розчину валків. Більша стрілка робить один оберт при ході натискного гвинта 2,5 мм, при ході 20 мм виконується один оберт малої стрілки.

Зрівноважування верхнього опорного валка здійснюється за допомогою одного гідравлічного циліндра, установленого на верхній траверзі станин. Зрівноважування верхнього робочого валка здійснюється за допомогою чотирьох гідравлічних циліндрів, які встановлені в подушках нижнього робочого валка. Тиск у системах гідрозрівноважування 100 атм.

При перевалці опорних валків вивалюють робочі валки, садять подушки верхнього опорного валка на подушки нижнього й скріплюють їхніми чотирма дужками. Потім у верхній циліндр зрівноважування подають тиск 160 атм.

Валки з подушками піднімаються на 400 мм і потім під подушки нижнього валка вводиться перевалочна каретка, на яку опускають валки.

Шестеренна кліть призначена для передачі й поділу крутного моменту від

електродвигуна валкам робочої кліті. Технічна характеристика:

- міжосьова відстань 700 мм
- довжина бочки валків 1400 мм
- число зубів 20
- модуль зачеплення – (нормальний/торцевий) 34/35.
- кут зачеплення 0 °
- кут нахилу зуба по ділильному циліндрі 13 ° 43' 40"
- шестеренні валки виконані цільнокованими зі сталі 40ХН, змонтовані на вальницях кочення та мають круглогвинтове зачеплення
- змащення зачеплення й вальниць рідке циркуляційне.

Шпиндельний пристрій призначений для передачі крутного моменту від шестеренних валків до валків робочої кліті. Технічна характеристика:

- найбільший момент прокатки (на два шпинделі) 6,9 МНм
- число обертів шпинделя у хвилину 17,5÷70
- діаметр головки шпинделя від шестеренної кліті 660 мм
- діаметр головки шпинделя від валків 570 мм
- довжина шпинделя по осях шарнірів 3200 мм
- шпинделі ковані зі сталі 60Х2МФ, обладнані універсальними шарнірами
- зрівноважування шпинделів гідравлічне
- змащення універсальних шарнірів централізоване густе
- змащення опорних вальниць централізоване рідке

Механізм для зміни валків призначений для перевалки (зміни) опорних валків та конструктивно виконаний як каретка з полозами, що пересувається по напрямних. Коротка технічна характеристика:

- швидкість переміщення каретки 2,5 м/хв.
- хід каретки 6600 мм.
- вага комплекту опорних валків (з подушками) 220 т

Привод пересування каретки від двигуна МТК-42-8 (16 кВт, 680 хв$^{-1}$), через

редуктори (глобоїдний та черв'ячний) й рейкові передачі.

Посаджений на полози каретки комплект опорних валків виводиться за межі кліті й знімається краном окремо.

Машина листоправильна 17х155х2800 (стаціонарна) призначена для виправлення листів товщиною від 2 до 4 мм і шириною до 2500 мм із границею плинності сталі до 60 кг/мм^2. Технічна характеристика:

- швидкість виправлення 0,5÷2 м/с
- кількість працюючих роликів 15 шт
- кількість напрямних роликів 2 шт
- кількість тягнучих роликів 2 пари
- кількість опорних роликів 45 шт
- діаметр робочої бочки направляючих і тягнучих роликів 2800 мм
- діаметр робочої бочки направляючих і опорних роликів 155 мм
- діаметр бочки тягнучих роликів 250 мм
- довжина бочки опорних роликів 400 мм
- крок між осями роликів 160 мм.
- максимальний хід верхніх робочих роликів нагору +70 мм.
- максимальний хід верхніх робочих роликів донизу -15 мм.

Всі робочі бочки направляючих і тягнучих роликів приводяться в обертання від електродвигуна типу П-147-9к, 630 кВт, 750 хв$^{-1}$, завдяки груповому приводу чере комбінований редуктор-шестеренну кліть та шпинделі (карданні).

Настроювання верхніх правильних роликів виконується чотирма натискними гвинтами, які приводяться в рух від двох електродвигунів МТК-12 (6,35 кВт, 875 хв$^{-1}$), через черв'ячні редуктори. Настроювання напрямних роликів виконується від двох електродвигунів типу АОС-51 (6,28 кВт, 850 хв$^{-1}$).

Машина листоправильна 17х98х2800 (пересувна) виконує функії виправлення листів товщиною 0,8÷2 мм, шириною до 2500 мм, із границею плинності сталі до 40 кг/мм^2.

При роботі листоправильної машини 17х155х2800 дана машина

висувається з лінії стана й на її місце встановлюється приводний (знімний) рольганг № 10.

Робоча кліть машини й електропривод установлені на плити, які переміщаються по напрямних. Хід машини 5500 мм. Коротка технічна характеристика пересувної листоправильної машини:

- швидкість виправлення 0,5÷2 м/с
- кількість роликів: робочих 15 шт
  напрямних 2 шт
  тягнучих 2 пари
  опорних 45 шт
- крок роликів 100 мм
- діаметр бочки робочих роликів, опорних 98 мм
- діаметр бочки роликів напрямних 130 мм
- діаметр бочки роликів тягнучих 250 мм
- довжина бочки робочих роликів 2800 мм
- довжина бочки роликів опорних 400 мм
- хід верхніх робочих роликів нагору 70 мм
- хід верхніх робочих роликів униз 10 мм
- швидкість переміщення ролика напрямного 0,13 мм/с
- розкриття роликів (максимальне) 60 мм
- електродвигун привода машини ДП-82а (140 кВт, 640 $хв^{-1}$)
- електродвигун привода натискних гвинтів МТК-12
- електродвигун настроювання правильних роликів АОС-51
- електродвигун пересування машини МТК-42 (8,16 кВт, 685 $хв^{-1}$)

Машина промаслення листів установлена перед електромагнітним укладальником листів. Функціональне призначення – двостороннє промащення листів.

Основні вузли машини:

- приводний рольганг, що складається із трьох ребристих роликів 250 мм;

- камера для розпилення й промащення листів, в складі 8 форсунок;
- насосна установка з резервуаром для масла й мастилопроводом, установлена в приямку.

Коротка технічна характеристика машини промаслення листів:

- швидкість руху листа 0,5 м/с
- кількість лопатевих насосів 2 шт
- продуктивність одного насоса 12 л/хв
- робочий тиск 50 кг/см^2
- робочий обсяг резервуара 0,8 м^3
- температура масла 40÷50 ºС
- електродвигун привода рольганга МТК-31 (8,75 кВт, 682 хв$^{-1}$)
- привод насосів (2 шт.) тип АТ-42-6, (1,7 кВт, 930хв$^{-1}$)

З торців камери встановлено по 4 форсунки, з яких по 2 працюють, інші резервні. При роботі насосів мастило через зворотний і запобіжний клапани надходить у чотирьохходовий золотник, а потім до форсунок, де й розпорошується. Форсунки встановлюються під кутом 30÷35º. Довжина факела регулюється вентилями. Запобіжний клапан настроюється на тиск 50 кг/см^2. Тиск масла в системі контролюється манометром. Схемою передбачене тільки ручне керування насосами. Нагрівання масла до температури 40÷50° здійснюється електродвигуном, що встановлений у видатковому резервуарі. Для поповнення масла у видатковому резервуарі встановлений перекачний насос, що перекачує масло з резервуара, установленого в маслопідвалі.

Електромагнітний укладальник листів з ланцюговим транспортером, піднімальним столом і лінійками, що центруютьпризначений для укладання листів магнітних сталей у пачки. Укладальник конструктивно виконано як рольганг із 11-ма порожніми звареними роликами. Ролики приводяться в рух від електродвигуна через циліндричний редуктор і дві шестеренні кліті.

Рольганги використовують для переміщенння металу, що приймає участь використовуваного в технологічному процесі, на значні відстані [8]. У лінії прокатного стану встановлено 10 аналогічних по конструкції й приводу

рольгангів. На чотирьох рольгангах (1, 2, 4, 5) установлені аналогічні по конструкції й приводу лінійки, що центрують. Привод пересування лінійок здійснюється від електродвигуна через два черв'ячних редуктори. Швидкість транспортування листів по рольгангах від 0,5 до 2 м/с. Привод рольгангів – груповий. Технічна характеристика рольганга № 4:

- число обертів ролика рольганга n= 43 хв$^{-1}$
- двигун МТ-311-8:

  потужність р=7,5 квт

  число обертів n=695 об/хв.
- редуктор ЦД-400:

  загальне передаточне число 21,845

  міжосьова відстань, мм 400
- редуктор шестеренний:

  загальне передаточне число 1

  відстань між роликами 500 мм

1.2 Короткий опис конструкції й принципу роботи агрегату подовжньо-поперечного різання

Агрегат подовжньо-поперечного різання призначений для обрізки поздовжніх і поперечних крайок холоднокатаних аркушів, сортування аркушів на поверхні й зачищення дефектів.

Сортамент – листи з нержавіючих, легованих і вуглецевих сталей. Розмір листів:

- ширина - 1200-2500 мм;
- довжина – 2000-4500 мм;
- товщина – 1,5÷5,0 мм, (максимально припустима товщина – 6,0 мм).

Максимальна вага листа не повинна перевищувати 310 кг.

До складу агрегату подовжньо-поперечного різання входять:

- вакуумний листоукладач з піднімальним столом і рольганом №1;

- рольганг №2 з пересувними лінійками;
- дискові ножиці із крайкопорушувачем і збиральним пристроєм;
- рольганг №3 з пересувними лінійками;
- ножиці з нижнім різом і збиральним пристроєм;
- вимірювальний рольганг №4 з пересувним упором;
- кантувач листів з рольгангами №5 і №6;
- вакуумний листоукладач браку з рольгангом №7 і піднімальним столом;
- машина, що промаслює;
- вакуумний листоукладач придатних аркушів з піднімальним столом і рольгангами №8 і №9;
- рольганг №10 з вагами для пачок;

Основне функціональне призначення вакуумного листоукладача переміщення листів на рольганг №1 з пачки, покладеної на піднімальний стіл. Вакуумний листоукладач обладнаний електродвигуном переміщення візка потужністю 16 кВт, 720 $хв^{-1}$, пневмоциліндром і вакуумною установкою. Робочий хід візка – 4000 мм, час одного циклу 18÷20 сек.

Піднімальний стіл вакуумного листоукладача призначений для прийому пачки листів і підйому її при роботі раскладчика. Максимальна вага пачки, що піднімається – 10000 кг. Максимальний хід столу – 800 мм, швидкість підйому столу – 25 мм/сек. Привод підйому стола від електродвигуна потужністю 30 кВт, 725 $хв^{-1}$. Перший рольганг переміщує викладений розкладчиком лист на рольганг №2, установлений перед дисковими ножицями. Рольганг має 13 роликів. Привод рольганга від електродвигуна потужністю 7,5 кВт, 702 $хв^{-1}$. Розміри роликів однакові для всіх рольгангів: діаметр - 300 мм, довжина бочки – 2800 мм. Швидкість переміщення листа – 0,5 м/сек.

Рольганг №2 транспортує аркуш у дискові ножиці. Рольганг має 12 роликів і лінійки, які необхідні для виконання центрування листа по лінії розрізу перед завданням його в дискові ножиці. Характеристика рольганга відповідає рольгангу №1. Лінійки мають два приводи: електропривод грубого

настроювання лінійок і пневмопривод лінійок точного центрування. Розчин лінійок – 1200÷2900 мм, хід лінійок від пневмопрвода 2х150 м. Електропривод установки лінійок потужністю 7,5 кВт, 905 хв$^{-1}$.

Дискові ножиці призначені для обрізки бічних крайок аркушів. Діаметр дискових ножів 400÷450 мм, швидкість різання – 0,5 м/сек. В рух дискові ножі приводяться електродвигуном постійного струму потужністю 32 кВт, при частоті обертів 730 хв$^{-1}$. Передбачено можливість реверсування двигуна дискових ножів і регулювання швидкості різання при зміні діаметра ножів.

Крайка з кожної сторони дискових ножиць направляється у свій крайкопорушувач. Після порізки крайкопорушувачем, крайка по ринвах попадає в короб для обрізі. Діаметр барабанів – 500 мм, число ножів на барабані – 4, ширина обрізі крайки кромки 30÷50 мм, привод крайкопорушувача має потужністі 15 кВт при частоті обертання валу елктродвигуна 900 хв$^{-1}$.

Настроювання по ширині листа здійснюється переміщенням станин з ножами дискових ножиць і барабанів крайкопорушувача. Крім того, переміщення барабанів крайкопорушувача може виконуватися щодо крайки й при постійній ширині листа, що дозволяє використати ріжучу крайку ножа по всій ширині. Привод переміщення станин дискових ножів від електродвигуна потужністю 3,5 кВт, 875 хв$^{-1}$. Привод переміщення станин крайкопорушувача від такого ж електродвигуна.

Пристрої для складування обрізі від ножиць, як дискових так і гільотинних, виконані як короба, що змонтовані на пересувних візках. Хід візка гільотинных ножиць – 4,8 метри, хід візка дискових ножиців – 5,5 метра, вантажопідйомність візка 1000 кг, швидкість переміщення візка – 0,35 м/сек. Привод кожного з візків здійснюється від електродвигуна 3,5 кВт, 875 хв $^{-1}$.

Рольганг №3 транспортує лист у ножиці з нижнім резом для обрізки кінців листаа. Число роликів рольганга – 12. Характеристика рольганга відповідає рольгангу №1. У рольгангу №3 вмонтовані лінійки. Функіональне призначення лінійок – центрування листа по лінії рорізу перед завданням його в ножиці з нижнім різом. Конструкція лінійок аналогічна лінійкам рольганга №2.

Ножиці з нижнім різом призначені для обрізки переднього й заднього кінців листа. Ножиці мають пневмопривод скидача заднього обрізаного кінця листа. Зусилля різання 400 кН, довжина ножів – 2800 мм, мінімальний розчин між ножами – 75 мм, відстань між осями різання та притискання 130 мм, кількість різів у хвилину – 10. Привод ножиць від електродвигуна потужністю 125 кВт, 580 $хв^{-1}$.

Мірний різ листа на ножицях з нижнім різом забезпечується за допомогою пересувного упору. Відстань встановлення упору від ножиць регулюється механізмом переміщення, який приводить у дію електродвигун потужністю 3,5 кВт, 875 $хв^{-1}$. Підйом і опускання упору здійснюється пневмоциліндром через систему важелів. Після установки положення упору, він фіксується двома стопорними механізмами за допомогою пружини через клин і важелі захватів. Розклинення захватів виконується пневмоциліндрами.

Рольганг №4 (рисунок 1.2) установлений за ножицями з нижнім резом. Рольганг має 11 роликів. Ролики призначені для безперешкодного руху упору над рольгангом. Характеристика роликів така ж як і в рольганга №1. Привод рольганга від електродвигуна 7,5 кВт, 702 $хв^{-1}$.

Рольганг №5 має 12 роликів. Характеристика рольгангів ідентична до рольганга №1. У рольганг №5 вмонтований кантувач. Кантувач призначений для кантування аркушів з метою їхнього огляду (сортування) у потоці. Привод кантувача від електродвигуна потужністю 16 кВт, 718 $хв^{-1}$.

Два вакуумних листоукладчика призначені для укладання придатних і забракованих аркушів з рольгангів №7 і №8 у пачки. Пристрій вакуумних укладальників аналогічно пристрою вакуумного розкладчика.

Рольганги №7 і №8 мають по 813 роликів. Характеристики рольгангів відповідають рольгангу №1. Між рольгангами №7 і №8 установлена машина, що промаслює. Машина обладнана форсунками й системою подачі підігрітого масла. Промасленню піддаються обидві сторони листа. Піднімальні столи вакуумних листоукладчиків призначені для опускання пачок аркушів у міру набору пачки укладальником.

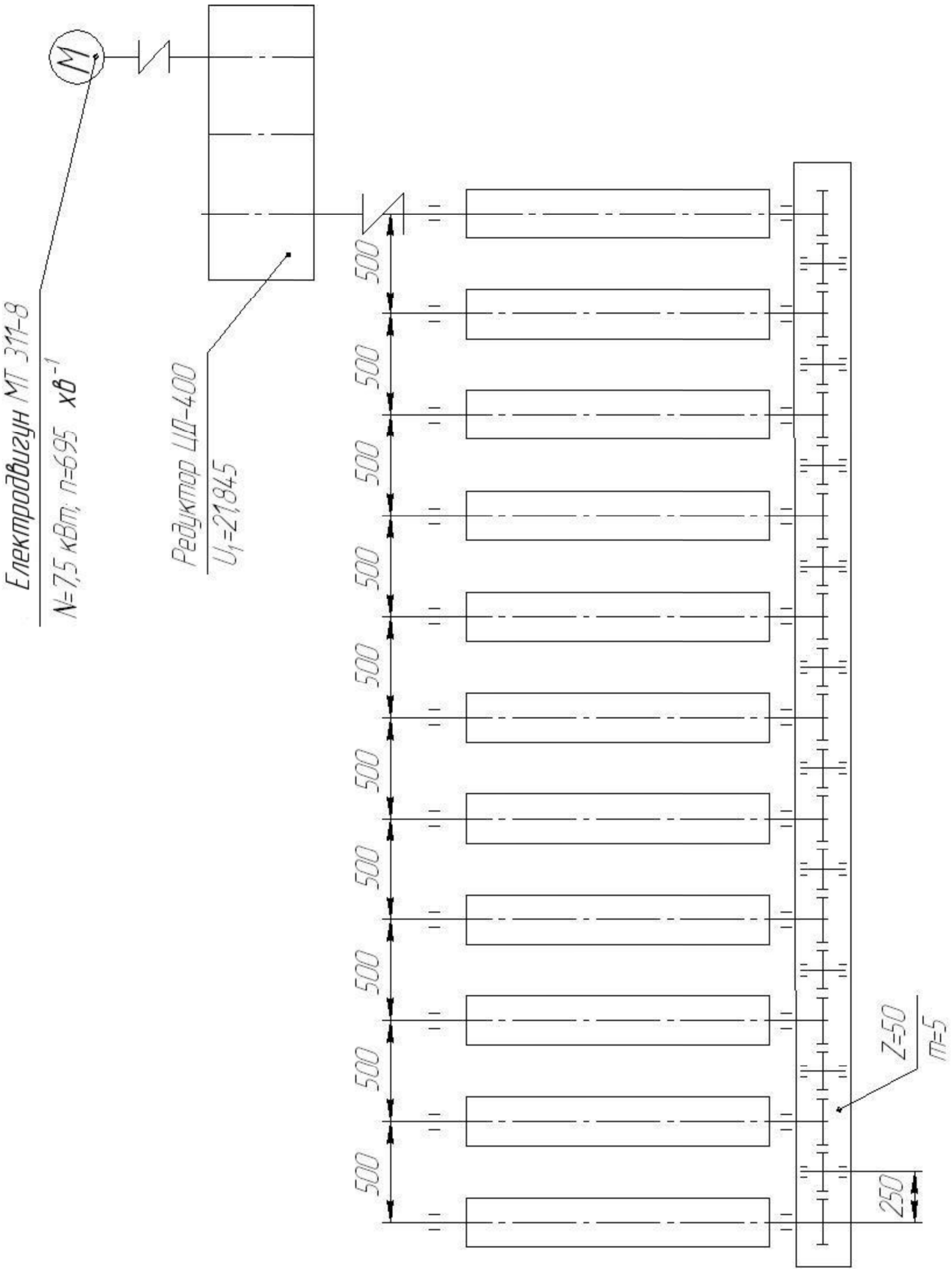


Рисунок 1.2 – Кінематична схема рольгангу

Перед початком обрізки крайок пачка аркушів установлюється мостовим електрокраном за допомогою стропів на піднімальний стіл вакуумного листоукладчика.

Піднімальний стіл піднімає пачку доти, поки верхній аркуш пачки не зконтактує із присосками рами вакуумного листорозкладчика. Рама із присосками перебуває в цей момент у нижнім положенні.

Схема передбачає ручну й автоматичну роботу вакуумного листорозкладчика. Цикл роботи вакуумного листоукладчика з вихідного положення (візок – над столом, стіл – у верхньому положенні, рама із присосками – у верхньому положенні) наступний: завдяки переміщенню рами, присоски опускаються на верхній лист пачки. Під присосками створюється вакуум, у результаті чого лист притягається до рами. Рама з листом піднімається у верхнє положення й візок з рамою переміщається в крайнє положення над рольгангом №1. Над рольгангом рама з листом опускається. Вакуум система з'єднується із зовнішньою атмосферою, і лист падає на рольганг №1.

Рольганг №1 транспортує лист на рольганг №2. На рольгангу №2 виконується огляд верхньої поверхні листа. При необхідності дефекти зачищаються, забраковані аркуші відзначаються спеціальним маркуванням.

На рольгангу №2 аркуш установлюється по лінії різання за допомогою лінійок. Лінійки від електричного привода переміщення встановлюються на ширину, більшу ширини листа на 150÷250 мм. Точна установка листа по лінії різання виробляється зближенням лінійок пневмоприводом.

Перед початком роботи, агрегату, а також під час виконання технологічних операцій, ролики регулярно оглядаються, протираються від бруду й очищаються від наварів.

Обрізання бічних крайок виконується в дискових ножицях. Бічні крайки аркушів після обрізки не повинні мати заусенців, що досягається правильним настроюванням дискових ножів і їх своєчасним (після порізки не більше 600-700 тон металу) кантуванням або заміною.

Обрізані крайки з дискових ножиць направляються в крайкопорушувач.

Після крайкопорушувача порізана крайка шляхом переміщення по ринвах випадають у короб для обрізі, що перебуває на спеціальному візку.

При заповненні короба обрізками оператор вмикає двигун візка, що по рейках переміщається до місця розвантаження. Короб з обрізками знімається краном, на візок ставиться порожній короб, і візок вертається у вихідне положення.

Обрізка поперечних крайок виконується на гільотинних ножицях з нижнім різом. Перед обрізанням поперечних крайок аркуш центрується на рольгангу №3 за допомогою лінійок.

Після обрізання переднього кінця аркуш подається до опущеного упору. Якщо задній обрізок виходить зашироким, перевищуючу ширину короба, то з листа, що повертається назад, з переднього кінця обрізається додаткова частина. Далі повторюють операцію подання листа до упору й задній кінець обрізається. Величина обрізання переднього й заднього кінців листа повинна забезпечувати одержання товщини в межах допусків.

Обрізки скидаються в спеціальний короб, установлений на візку. Збирання обрізків здійснюється таким же чином, як і від дискових ножиць. Розміри обрізків повинні бути такими, щоб вони вільно укладалися в короб. Не допускається змішування в одному коробі обрізків листів різних груп марок сталей.

Обрізаний лист по рольгангах №5 і №6 транспортується до кантувача, яким кантується на 180° на рольганг №7. На рольгангу №5 листи маркуються та прибираються вакуумним листоукладчиком, який встановлений над рольгангом №7.

Придатні аркуші надходять у машину, що промаслює, де при необхідності промаслюються, а потім убираються з рольганга №8 вакуумним листоукладчиком.

Піднімальний стіл листоукладчика придатних аркушів, у міру нагромадження аркушів у пачці, опускається. Після того як пачка набрана повністю, піднімальний стіл опускається в крайнє положення. Пачка попадає на

ваговий рольганг, звідки після зважування передається електромостовым краном на упакування.

Упакування пачок аркушів виконується в прольоті обробки на спеціальній площадці відповідно до інструкції по упакуванню.

Для збільшення продуктивності агрегату подовжньо-поперечного різання, а також для забезпечення якісного зачищення поверхневих дефектів допускається використання агрегату тільки для вирізки габаритів готових листів без сортування й зачищення поверхонь і промаслення. У цьому випадку листи після порізки на дискових й гільотинних ножицях проходять по рольгангу №6 під кантувачем і укладаються вручну в пачку за рольгангом. Ззачищення поверхневих дефектів виконується на спеціальному майданчику, який не входить до лініїї агрегату, пневматичними машинками на спеціальних стелажах там же відбувається і сортування листів. Даний варіант технології переважно використовується при виробництві легковагових листів (до 80 кг), а також при виробництві листів кратної ширини.

1.3 Конструктивні недоліки діючого устаткування цеху й заходи для їхнього усунення

Вузьким місцем у механічному устаткуванні є ножиці з нижнім різом агрегату подовжньо-поперечного різання. Їхній ексцентриковий вал установлений на вальницяхх ковзання. Робота валу на вальницях ковзання призводить до швидкого виходу з ладу самих вальниць, швидкому зношуванню шийок вала, утворення на них задирок, що приводить до збільшення зазору між поверхнями вала й вальниці, і приводить до появи люфту, що є головним недоліком. Через що значно ускладнюється експлуатація ножиць. При обертанні ексцентрикового вала із частотою 35 $хв^{-1}$ кільця ексцентрикового вала обкатуються по опорних планках знизу супорта. Для забезпечення повернення супорта в нижнє вихідне положення передбачені бічні хомути, які вгорі прикріплені до нижнього супорта, а внизу опираються поперечкою на кільце.

Недоліком є складність повернення у вихідне положення ексцентрикового вала, такий конструктивний недолік призводить до поломок і підвищеного зношування вала.

Для усунення вище зазначених недоліків пропонується підсилити шийки ексцентрикового вала шляхом збільшення їхнього діаметра а також установити ексцентриковий вал на вальницях кочення, застосування яких полегшує ремонт ножиць і експлуатацію, підвищує їхню працездатність і продуктивність. При цьому витрати при ремонті й експлуатації значно зменшуються. Ексцентрик ексцентрикового вала буде опиратися на конічні вальниці, установлені в обоймі. Вузол закріплений кришками. Для полегшення повернення ексцентрикового вала пропонується встановити бугера які кріпляться за допомогою болтів та будуть відігравати роль противаг й змушувати вал вертатися у вихідне положення. Конструктивно бугера виконані як порожниста складена конструкція прямокутної форми.

Також у ході експлуатації правильної машини виникали наступні проблеми. У приводі правильної машини встановлені універсальні шпинделі, шарніри яких мають бронзові вкладиші. Шарніри, принцип дії яких засновано на терті-ковзані, мають ряд недоліків:

– універсальні шпинделі обертаються з великими швидкостями, тому є труднощі з підведенням змащення до тертьових поверхонь;
– через недосконаліть змащення виникає нерівномірне й велике зношування вкладишів, що викликає витрату дорогої дефіцитної бронзи;
– при роботі універсальних шпинделів виникають значні коливання коливального характеру, що має негативний вплив на стійкість бронзових вкладишів;
– у результаті великих швидкостей відбувається стирання шурупів, якими кожух закріплюється на напівмуфті та завбачають випадання пальця (сухаря).

Зазначені недоліки спонукують вишукувати більше раціональні конструкції шарнірів, вважаючи, що найбільш раціональні конструкції для даної

правильної машини можуть бути універсальні шпинделі із шарнірами на вальницях кочення. Конструктивні особливості таких шпинделів в порівнянні з наявними має наступні переваги:

- сприймають більші кути перекосу осей валів, що з'єднують;
- стійкість вальниць кочення більш висока в порівнянні із шарнірами із бронзовими вкладишами;
- відносне легке та швидке з'єднання вихідних валів шестеренної кліті із листоправильними роликами;
- вальниці кочення виконані закритими, тому змащення краще втримується у вузлах тертя. Система змащення заставна;
- шпинделі на вальницях кочення добре центруються й прості в експлуатації.

У лінії прокатного стана 2800, а саме на агрегаті подовжньо-поперечного різання установлено 10 аналогічних по конструкції й приводу рольгангів. На чотирьох рольгангах (1, 2, 4, 6) установлені аналогічні по конструкції й приводу лінійки, що центрують.

Привод пересування лінійок здійснюється від електродвигуна через два черв'ячних редуктори. Швидкість транспортування листів по рольгангах від 0,5 до 2 м/с.

Дані рольганги є рольгангами із груповим приводом, як привод використовується ланцюгова передача, при обриві якої, наприклад, через влучення в ланцюг циндри чи провисання ланцюга від незадовільної роботи її натягувача, відбувається аварійна зупинка всієї технологічної лінії стану 2800. Пропонується витконати модернізацію групового приводу, а саме, виконати заміну ланцюгової передачі рольганга №4 на шестерний редуктор, що дозволить підвищити надійності конструкції приводу в цілому та уникнути його подальших аварійних зупинок. У випадку позитивного резцультату, виконати масштабування запропонованої модернізації і при удосконаленні конструкцій інших рольгангів.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок та вибір основних елементі групового приводу рольганга

Основною передумовою розрахунку рольгангу є максимальні розміри листа – 8х1500х3000 мм [9]. Далі приймаючи до уваги конструкцію рольгангу (кількість роликів, та крок їхнього розміщення), яка наведена в розділі 1.2, а також максимальний розмір листа, можна встановити, що вага листа розподіляється на 7 роликів рольганга.

Тоді навантаження на кожний ролик від листа максимальних габаритів [10]:

$$Q_1=\frac{Q}{n}, \tag{2.1}$$

де Q – максимальна вага листа, Q = 2,8 кН;

n – кількість роликів на які опирається лист;

$$Q_1=\frac{2,8}{7}=0,4 \text{ кН}$$

Максимальний статичний момент виникає, коли ролики пробуксовують по листу, що є практично неминучим для всіх рольгангів із-за раптової затримки листа з різних технологічних причин [11].

Момент пробуксовки можна визначити як:

$$M_{бук}=\left(Q_1+G_1\right)\cdot\mu\cdot\frac{d}{2}+Q_1\cdot\mu_1\cdot\frac{D}{2}, \tag{2.2}$$

де G_1 – вага ролика, G_1=6,8 кН;

d – діаметр цапфи ролика, d=0,1 м;

μ – коефіцієнт тертя у вальницях, μ=0,008;

μ_1 – коефіцієнт тертя листа по роликові, μ_1=0,15;

D – діаметр бочки ролика, D=0,3 м;

Тоді:

$$M_{бук}=(0,4+0,68)\cdot 0,008\cdot\frac{0,1}{2}+0,4\cdot 0,15_1\cdot\frac{0,3}{2}=0,012кН\cdot м$$

Максимальний пусковий момент, який враховує динамічний момент, що виникає при пусках двигуна, обмежується можливим прискоренням а листа, виходячи з наступно] умови сил тертя між листом і роликом [12].

$$Q_1\cdot\left(\mu_1\text{-}f\cdot\frac{2}{D}\right)\geq\frac{Q_1}{g}, \qquad (2.3)$$

де f – коефіцієнт тертя-катання листа по роликах, f=1 мм;

g – прискорення вільного падіння;

Отже необхідний максимальний момент, який необхідно створити двигуном при запуску, буде дорівнвати сумі моментів – буксування та динамічного. Цей момент характеризує можливість розгону безпосередньо роликів з максимальним прискоренням:

$$M_{\max}=M_{бук}+\frac{G_1D^2}{4g}\cdot\frac{2a}{D}=M_{бук}+\frac{G_1D^2\cdot\left(\mu_1-f\cdot\frac{2}{D}\right)}{2D}, \qquad (2.4)$$

де G_1D^2 – маховий момент ролика;

Тоді:

$$M_{max}=\frac{6,8\cdot 0,3^2\cdot\left(0,15-0,001\cdot\frac{2}{0,3}\right)}{2\cdot 0,3}=0,16\ кНм$$

Для одночасного приводу одинадцяти роликів, на яких розташовано два листи, потрібний максимальний пусковий момент:

$$M_p = 11\cdot M_{max} = 11\cdot 0,16 = 1,76 кН\cdot м, \qquad (2.5)$$

З урахуванням передатного відношення шестеренного редуктора $U_2=1$, момент на тихохідному валу редуктора буде:

$$M_T=\frac{M_p}{U_2\cdot\eta_2}, \qquad (2.6)$$

де η_2 – ККД. шестеренного редуктора, $\eta_2=0,89$;

M_p – максимальний пусковий момент, $M_p=1,76$ кН·м;

U_2 – передаточне число шестеренного редуктора, $U_2=1$;

$$M_T=\frac{1,76}{1\cdot 0,89}=1,98 кН\cdot м$$

З урахуванням передатного числа U_1 редуктора ЦД-400 і ККД η_1 момент на швидкохідному валу редуктора, відповідно і момент, який має створювати електродвигун складе:

$$M_б=M_{дв.}=\frac{M_T}{U_1\cdot\eta_1}, \qquad (2.7)$$

де η_1 – ККД редуктора ЦД-400, $\eta_1=0,94$;

M_T – момент на тихохідному валу, $M_T=1,98$ кН·м;

U_1 – передаточне число редуктора ЦД-400, U_1=21,845;

$$M_б=M_{дв.}=\frac{1,98}{21,845\cdot 0,94}=96\ Н\cdot м$$

Вибираємо електродвигун МТ 311-8, потужністю $N_{дв}$=7,5 кВт, з максимальним крутним моментом $M_{кр.мах}$= 287 Н·м, при числі обертів $n_{дв}$=700 $хв^{-1}$ [13]

Перевіримо вибір електродвигуна по швидкості. При $n_{дв}$=695 $хв^{-1}$ число оборотів швидкохідного вала редуктора $n_б$= $n_{дв}$=695 $хв^{-1}$.

Число обертів тихохідного вала редуктора складе:

$$n_т=\frac{n_б}{U_1}=\frac{700}{21,845}=32хв^{-1} \qquad (2.8)$$

Число обертів кожного ролика рольганга складе:

$$n_р=\frac{n_т}{U_2}=\frac{32}{1}=32хв^{-1}, \qquad (2.9)$$

При діаметрі ролика D=0,3 м лінійна швидкість утворюючої бочки ролика, а, і відповідно швидкість переміщення листа по рольгангу складе:

$$V_p=\omega\cdot\frac{D}{2} \qquad (2.10)$$

де ω – кутова швидкість;

$$\omega=\frac{\pi\cdot n_р}{30}=\frac{3,14\cdot 32}{30}=3,35\ с^{-1} \qquad (2.11)$$

Тоді:

$$V_р=3,33\cdot\frac{0,3}{2}=0,5 \text{ м/с}$$

Розрахункова швидкість переміщення листа по рольгангу $V_р=0,5$ м/с відповідає технологічній швидкості руху листів по рольгангові агрегату подовжньо-поперечного різання АППР.

Перевіримо обраний циліндричний двоступінчастий горизонтальний редуктор ЦД-400. З паспорта редуктора при $n_б=700$ хв$^{-1}$, режимі роботи ПВ=40%, передаточному числі $U_1=21,845$ максимальна потужність на швидкохідному валу складе N=7,8 кВт, що створює деякий резерв відносно до номінальної потужності електродвигуна $N_{дв}=7,5$ кВт.

Таким чином, згідно виконаних розрахунків, обрані елементи групового приводу рольгангі цілком задовольняють силові та швидкісні характеристики технологічного процесу транспортування листа, та дозволяють забезпечити функціонування роликів роликів рольганга в межах виробничого процесу агрегату подовжньо-поперечного різання.

2.2 Вибір з'єднувальних елементів приводу рольганга

Максимальний можливий момент на тихохідному валу редуктора [14]:

$$M_{т.р.}=\frac{9750\cdot N_{дв.}\cdot U_1\cdot\eta_1}{n_{дв.}} \qquad (2.12)$$

де $N_{дв}$ – потужність електродвигуна, $N_{дв}=7,5$ кВт;

η_1 – ККД редуктора ЦД-400, $\eta_1=0,94$;

U_1 – передаточне число редуктора ЦД-400, $U_1=21,845$;

$n_{дв}$ – число обертів електродвигуна, $n_{дв}=700$ хв$^{-1}$;

$$M_{т.р.}=\frac{9750\cdot 7,5\cdot 21,845\cdot 0,94}{695}=2160\ Н\cdot м$$

За розрахованим значенням для з'єднання цапфи ролика й тихохідного валу редуктора обираємо муфту зубчасту №4 (МЗ-4)із крутним моментом, що допускається, $[M]_{кр}$=4000 Н·м і граничним числом обертів n_{max}=3350 $хв^{-1}$ [15].

У даному з'єднанні крутний $M_{кр}$=0,16 кН·м передається від тихохідного валу редуктора на вал ролика за допомогою призматичної шпонки розмірами 18х11 згідно розрахункової схеми (рисунок 2.1).

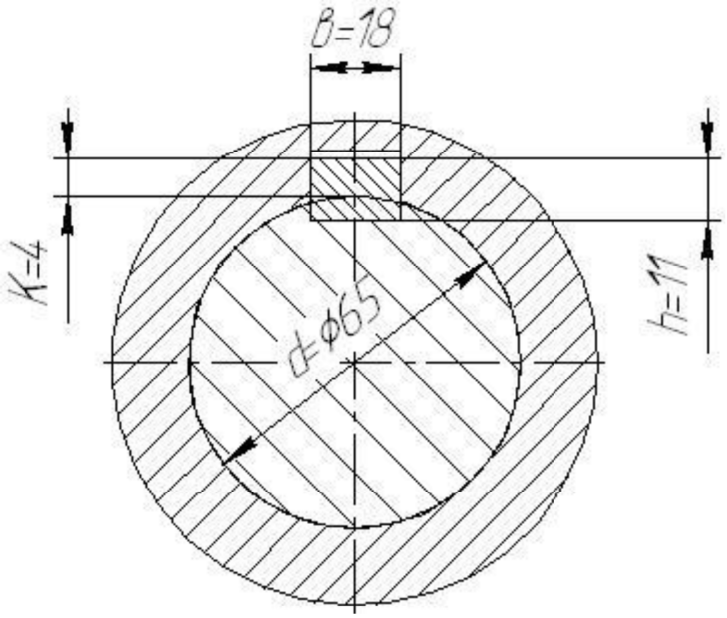


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема шпонкового з'єднання

Робочі грані перевіряємо на зминання.

З умови міцності на зминання [16]:

$$M_{кр}=0,5\cdot d\cdot K\cdot l\cdot[\sigma]_{зм} \qquad (2.13)$$

де $[\sigma]_{зм}$ – допустиме напруження шпонки на зминання, $[\sigma]_{зм}$=150 МПа;

$M_{кр}$ – момент крутний, $M_{кр}$=0,017 кН·м;

d – діаметр вала, d=65 мм;

З (2.13) можна визначити мінімально необхідну довжину шпонки:

$$l=\frac{M_{кр}}{0,5\cdot d\cdot K\cdot[\sigma]_{зм}}, \quad (2.14)$$

$$l=\frac{16}{0,5\cdot 6,5\cdot 0,4\cdot 15}=0,82 \text{ см}=8,2 \text{ мм}$$

З конструктивних міркувань приймаємо довжину шпонки l=60 мм.

Умова міцності на зріз:

$$M_т=0,5\cdot(d+K)\cdot в\cdot l\cdot[\tau]_{зр} \quad (2.15)$$

де $[\tau]_{зр}$ – напруження на зріз, що допускається, для матеріалу шпонки $[\tau]_{зр}$=32 МПа;

$$в=\frac{M_{кр}}{0,5\cdot(d+K)\cdot l\cdot[\tau]_{зр}}, \quad (2.16)$$

$$в=\frac{16}{0,5\cdot(6,5+0,4)\cdot 6\cdot 3,2}=0,24 \text{ см}\leq 1,8 \text{ см}$$

Таким чином, можна зробити висновок, що прийняті розміри шпонки задовольняють умові міцності.

2.3 Розрахунок на міцність ролика рольганга

Для передачі крутного моменту від циліндричного редуктора до ролика рольганга, обрана зубчаста муфта МЗ-4 з максимально допустимим моментом, що передається, $M_м$=5,6 кН·м.

Окружне зусилля на муфті:

$$P_{ок} = \frac{2 \cdot M_{max}}{D_м} \qquad (2.17)$$

де M_{max} – максимальний пусковий момент, M_{max}=0,16 кН·м;

$D_м$ – діаметр розташування «чистих» болтів, що передають крутний момент, $D_м$=220 мм.

$$P_{ок} = \frac{2 \cdot 0,16}{220} = 1,45 \text{ кН}$$

Знаходимо геометричну суму сил в зачепленні згідно розрахункової схеми (рисунок 2.1):

$$P = \sqrt{P_w^2 + P_r^2} \qquad (2.18)$$

де P_w – окружне зусилля;

P_r – радіальне зусилля;

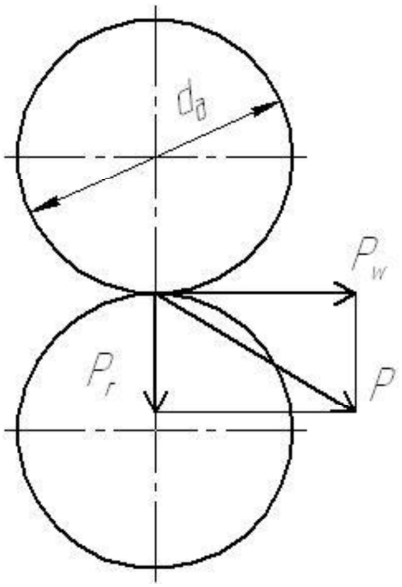


Рисунок 2.2 – Схема сил в зачепленні муфти

Окружне зусилля:

$$P_w = \frac{2 \cdot M_{max}}{d_д}, \quad (2.19)$$

де M_{max} – максимальний пусковий момент, M_{max}=0,16 кН·м;

$d_д$ – ділильний діаметр зачеплення, $d_д$=250 мм.

$$P_w = \frac{2 \cdot 0{,}16}{250} = 1{,}28 кН$$

Радіальне зусилля:

$$P_r = P_w \cdot tg\alpha \quad (2.20)$$

де P_w – окружне зусилля, P_w=1,28 кН;

α – кут зачеплення, α=20°;

$$P_r = 1{,}28 \cdot tg20° = 1{,}28 \cdot 0{,}364 = 0{,}47 \text{ кН}$$

Тоді:

$$P = \sqrt{1{,}28^2 + 0{,}47^2} = 1{,}36 кН$$

Крутний момент на ролику $M_{кр}=M_{max}$=0,16 кН·м.

Ролик випробовує навантаження від ваги листа Q_1=0,4 кН і від власної ваги G_1=6,8 кН, тобто загальне навантаження складе:

$$(Q_1 + G_1) = 0{,}4 + 6{,}8 = 7{,}2 \text{ кН} \quad (2.21)$$

Це навантаження доцільно представити як розподілене по довжині l_2=2800 мм. Тоді згідно розрахункової схеми (рисунок 2.3) зосереджене зусилля можна визначити як [17]:

$$q=\frac{7,2}{280}=0,028 \text{ кН/см}$$

Окружні сили перенесемо на вісь і додамо $M_{кр}$.

Визначимо опорні реакції:

$$\sum M_{(A)}=0$$

$$q\cdot l_2\cdot\left(\frac{l_2}{2}+l_1\right)-R_B\cdot(l_3+l_2+l_1)+P_{OK}\cdot(l_4+l_3+l_2+l_1)-P\cdot l_5=0 \qquad (2.22)$$

$$R_B=\frac{q\cdot l_2\cdot\left(\frac{l_2}{2}+l_1\right)+P_{OK}\cdot(l_4+l_3+l_2+l_1)-P\cdot l_5}{(l_3+l_2+l_1)}$$

$$R_B=\frac{0,028\cdot 2,8\cdot\left(\frac{2,8}{2}+0,14\right)+1,45\cdot(0,12+0,14+2,8+0,14)-1,36\cdot 0,115}{(0,14+2,8+0,14)}=5,28\text{кН}$$

$$\sum(F)=0$$

$$R_A=q\cdot l_2-R_B+P_{OK}+P \qquad (2.23)$$

$$R_A=0,028\cdot 2,8-5,38+1,45+1,36=5,27 \text{ кН}$$

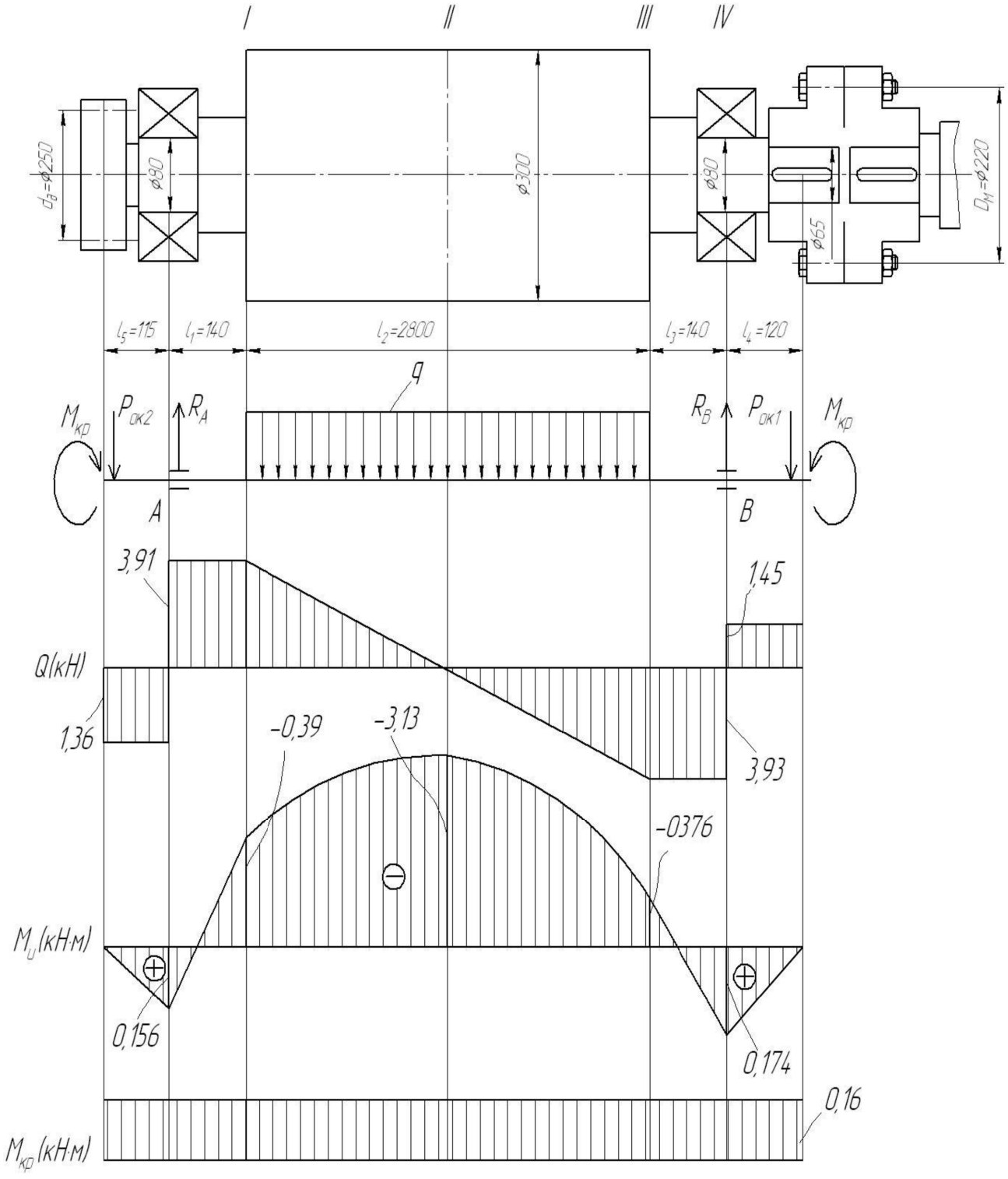


Рисунок 2.3 – Епюри поперечних сил і згинальних моментів

Визначимо згинальні моменти (рисунок 2.3):

Перетин I:

$$M_I=P \cdot(l_5+l_1)-R_A \cdot l_1 \quad (2.24)$$

$$M_I=1,36 \cdot (0,115+0,14)-5,27 \cdot 0,14=-0,39 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Перетин II:

$$M_{II}=P \cdot \left(l_5+l_1+\frac{l_2}{2}\right)-R_A \cdot \left(l_1+\frac{l_2}{2}\right)+q \cdot \frac{l_2}{2} \cdot \frac{l_2}{4}, \quad (2.25)$$

$$M_{II}=1,36 \cdot \left(0,115+0,14+\frac{2,8}{2}\right)-5,27 \cdot \left(0,14+\frac{2,8}{2}\right)+0,028 \cdot \frac{2,8^2}{8}=-3,13 \text{кН} \cdot \text{м}$$

Перетин III:

$$M_{III}=P_{OK} \cdot (l_4+l_3)-R_B \cdot l_3 \quad (2.26)$$

$$M_{III}=1,45 \cdot (0,12+0,14)-5,38 \cdot 0,14=-0,376 \text{кН} \cdot \text{м}$$

Перетин IV:

$$M_{IV}=P_{OK} \cdot l_4 \quad (2.27)$$

$$M_{IV}=1,45 \cdot 0,12=0,174 \text{кН} \cdot \text{м}$$

Перевіримо на міцність у перетині II.

По теорії найбільших дотичних напружень [18]:

$$M_\Sigma=\sqrt{M_{зг}^2+M_{кр}^2} \quad (2.28)$$

де Q – поперечні сили, Q=0;

$M_{зг}$ – момент згинаючий, $M_{зг}$=3,13 кН·м;

$M_{кр}$ – момент крутний, $M_{кр}$=0,16 кН·м;

$$M_{\Sigma}=\sqrt{3,13^2+0,16^2}=3,134 \text{ кН·м}$$

З точки зору конструктивного виконання ролик – це труба із зовнішнім діаметром $d_н$=300 мм і внутрішнім діаметром $d_в$=230 мм. Матеріал ролика – сталь 45

Момент опору вигину:

$$W_и=0,1\cdot 30^3\cdot\left(1-\frac{23^4}{30^4}\right)=1767 \text{ см}^3=0,001767 \text{ м}^3, \quad (2.29)$$

Напруження в перетині II:

$$\sigma_{II}=\frac{M_{\Sigma}}{W}=\frac{3,134}{0,001767}=1774\frac{\text{кН}}{\text{м}^2}\le[\sigma]_{зг}=110000\frac{\text{кН}}{\text{м}^2}=110 \text{ МПа}, \quad (2.30)$$

Перевіримо на міцність перетині IV.

Напруження вигину:

$$\sigma_{зг}=\frac{Q}{F}+\frac{M_{зг}}{W}, \quad (2.31)$$

дс Q – попсрсчна сила, Q=5,38 кН;

$M_{зг}$ – момент згинаючий, $M_{зг}$=0,174 кН·м;

$M_{кр}$ – момент крутний, $M_{кр}$=0,16 кН·м;

F – площа поперечного перетину;

W – момент опору вигину;

Площа поперечного перетину:

$$F=\frac{\pi\cdot d}{4}=\frac{3,14\cdot 0,08}{4}=0,0628\ м^2, \quad (2.32)$$

Момент опору вигину:

$$W_{зг}=0,1\cdot d^3=0,1\cdot 0,08^3=0,000512\ м^3 \quad (2.33)$$

Тоді:

$$\sigma_{зг}=\frac{5,38}{0,0628}+\frac{0,174}{0,000512}=0,4255\ МПа, \quad (2.34)$$

Напруження крутіння:

$$\tau_к=\frac{M_{кр}}{2\cdot W_{кр}}, \quad (2.35)$$

де $M_{кр}$ – момент крутний, $M_{кр}=0,16$ кН·м;

W – момент опору крученню;

$$W_{кр}=0,2\cdot d^3=0,2\cdot 0,08^3=0,001024\ м^3 \quad (2.36)$$

$$\tau_к=\frac{0,16}{2\cdot 0,001024}=78\ \frac{кН}{м^2}$$

Тоді напруження в перетині IV:

$$\sigma_{IV}=\sqrt{\sigma_{зг}^2+4\cdot\tau_к^2} \quad (2.37)$$

де $\sigma_{зг}$ – напруження вигину, $\sigma_и$=425,5 кН/м^2;

$\tau_к$ – напруження крутіння, $\tau_к$=78 кН/м^2;

$$\sigma_{IV}=\sqrt{425,5^2+4\cdot 78^2}=0,453 \text{ МПа}\leq[\sigma]_{зг}=110 \text{ МПа}$$

Таким чином, не зважаючи на те, найбільш небезпечним перерізом є перетин IV, конструктивні параметри згідно геометрії ролика та матеріалу обрано вірно, що підтверджується забезпечанням умови міцності по найбільш небезпечному перерізу

2.4 Вибір геометричних характеристик зубчастого зачеплення шестеренного редуктора

Зубчасті колеса шестеренної редуктора (кліті) прямозубі циліндричні без зсуву. Передатне відношення U_2=1. Число зубів Z=50 (кожна із шестірень). Модуль m=5. Кут нахилу профілю α=20°.

Розрахунок ведемо по загальновідомій методиці [19].

Ділильний діаметр:

$$d=Z\cdot m \qquad (2.38)$$

$$d=50\cdot 5=250 \text{ мм}$$

Міжосьова відстань:

$$a=\frac{(Z_1+Z_2)\cdot m}{2}, \qquad (2.39)$$

$$a=\frac{(50+50)\cdot 5}{2}=250 \text{ мм}$$

Діаметр вершин зубів:

$$d_a=d+2m=250+2\cdot5=260 \text{ мм} \quad (2.40)$$

Діаметр западин:

$$d_f=d-2\cdot(C+m) \quad (2.41)$$

де С – радіальний зазор;

$$C=0,25\cdot m=0,25\cdot5=1,25 \text{ мм} \quad (2.42)$$

Тоді:

$$d_f=250-2\cdot(1,25+5)=237,5 \text{ мм}$$

Постійна хорди:

$$\bar{S}_c=1,387\cdot m=1,387\cdot5=6,935 \text{ мм} \quad (2.43)$$

Висота до постійної хорди:

$$\bar{h}_c=0,748\cdot m=0,748\cdot5=3,74 \text{ мм} \quad (2.44)$$

Ширина колеса в=80 мм.

2.5 Підбір опор приводного ролика

Попередньо, в якості опор цапф ролика обираємо радіальні дворядні вальниці 1516 з наступними характеристиками:

– внутрішній діаметр – d=80 мм;
– зовнішній діаметр – d= 140 мм;
– ширина – в=33 мм;
– статична вантажопідйомність – C_0=27,4 кН;
– динамічна вантажопідйомність – С=38,3 кн;
– припустиме число обертів n=4000 $хв^{-1}$;

Номінальна довговічність вальниці в мільйонах обертів:

$$L=\left(\frac{C}{P}\right)^{\rho}, \qquad (2.45)$$

де L – довговічність у мільйонах обертів;
С – динамічна вантажопідйомність, С=38,3 кН;
Р – еквівалентне динамічне навантаження;
ρ – статичний показник (для кулькових вальниць ρ=3);

З урахуванням коефіцієнта безпеки $К_σ$ і температурного коефіцієнта $К_т$ (при температурі вальниць понад 100°С) для кулькових вальниць:

$$P=(X\cdot V\cdot F_r+Y\cdot F_a)\cdot К_σ \cdot К_т \qquad (2.46)$$

З огляду на те, що осьова складова навантаження F_a=0, тоді:

$$P=X\cdot V\cdot F_r \cdot К_σ \cdot К_т \qquad (2.47)$$

де X – коефіцієнт радіального навантаження, X=1;
V – коефіцієнт обертання, V=1;
Y – коефіцієнт осьового навантаження, Y=0;
$К_σ$ – коефіцієнт безпеки, $К_σ$=1,2;
$К_т$ – температурний коефіцієнт, $К_т$=1,05;

Fr – радіальне навантаження, Fr=RB=5,38 кН;

Тоді:

$$P=1\cdot1\cdot5,38\cdot1,2\cdot1,05=6,79 \text{ кН}$$

Тоді:

$$L=\left(\frac{38,3}{6,79}\right)^3=179\cdot10^6 \text{об.}$$

Номінальний термін служби вальниці в годинах:

$$L_h=\frac{10^6\cdot L}{60\cdot n}, \qquad (2.48)$$

де n – число обертів ролика у хвилину n= 31,82 хв$^{-1}$;

$$L_h=\frac{179\cdot10^6\cdot10^6}{60\cdot31,82}=9,4\cdot10^{10} \text{годин}$$

Тобто при завантаженні 24 години на добу вальниця проробить:

$$\frac{9,4\cdot10^{10}}{24}=391\cdot10^7, \qquad (2.49)$$

Таким чином обрані вальниці по розрахованій довговічності перевершують всі виробничі вимоги та задовольняють технологічні вимоги надійного функціонування роликів рольгангу агрегату подовжньо-поперечного різання.

3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Технологічні вимоги до основного виробничого обладнання агрегату подовжньо-поперечного різання

Агрегат подовжньо-поперечного різання є досить складним з точки зору кількості механічного обладнання, що виконує основні технологічні операції. Основним виконавчим обладнанням, від правильного налагодження якого залежить якість кінцевої продукції є дискові та гільйотинні ножиці [20, 21].

Правильно налаштувані дискові ножиці забезпечують якісне без задирок обрізання крайок холоднокатаних листів. При налаштуванні дискових ножиць необхідне дотримання наступних правил:

а) осьове регулювання має забезпечувати зазор між ножами не більше 5 % від товщини розрізаємого листа;

б) перекриття ножів встановлюється залежно від товщини листів і якості різання, орієнтовно приймається для листів завтовшки до 4 мм ≈1 мм (позитивні), для листів завтовшки понад 4 мм ≈-1 мм (негативні).

Регулювання осьового зазору між ножами дискових ножиць виконується за допомогою маховика через спеціальні редуктори.

Необхідне перекриття ножів встановлюється в ручному режимі, шляхом обертанням маховика черв'ячного редуктора механізму перекриття ножів.

Налагодження ширини обрізуваного листа виконується шляхом переміщенням супортів з ножами від механізму пересування супортів.

При налаштуванні крайкопорушуючих ножиць необхідне дотримання наступних правил:

а) перекриття ножів крайкопорушувачів ≈0,1 – 0,3 мм;

б) зазор між ножами ≈ 0,15 мм;

Налаштування гільйотинних ножиць гільйотин на різання листа заданої довжини виконується установкою пересувного упору на відповідну цифру

шкали.

Пересування упору здійснюється електроприводом. Після установки упор фіксується двома стопорними механізмами завдяки пружинному фіксатору через клин і важелі захвату.

Зазор між ножами ножиць гільйотин має бути не більше 0,1 мм.

З вини різання можливі наступні види браку:

а) по розмірах – короткі, довгі; вузькі, широкі; косі. Усуваються відповідним коректуванням дискових ножиць, упору ножиць гільйотин і бічних лінійок;

б) по поверхневих дефектах – подряпини, вдавлини. Усуваються своєчасною зачисткою наварів на роликах і проводках, ретельним оглядом устаткування перед початком роботи, видаленням бруду і усуненням всіх несправностей;

в) по чистоті розрізу – наявність задирок, нерівностей або зминань. Усуваються різанням ножами з якісною ріжучою кромкою, для чого ножі своєчасно кантуються або замінюються (після різання не більше 600 – 700 тонн металу), а також більш ретельним налаштуванням дискових і гільйотинних ножиць.

Під час технологічного процесу різання оператор зобов'язаний ретельно контролювати якість обох поверхонь і кромок обрізуваних листів, а також відповідність розмірів вирізуваних габаритів листів вказаним в завданні планово-розподільчим бюро і замовленні.

У випадку появи на листах дефектів з причини недотримання технологічних інструкцій з різання, робота агрегату негайно припиняється до повного усунення причин, що породжують дефекти.

Задля уникнення можливості травмування робітників поверхнею листів при ручному укладанні їх в пачки безпосередньо після рольганга №6, кінці листів повинні підтримуватися робітниками вручну, без використання підйомно-транспортного обладнання.

3.2 Розрахунок фундаменту під рольганг агрегату подовжньо-поперечного різання

Фундамент має бути спроєктовано таким чином, щоб дотримувалася умова [23]:

$$\rho=\frac{G_M+G_Ф+P_{тах}}{a"b"}+\sum_{i=1}^{n}\frac{M_i}{W_i}\leq[p], \qquad (3.1)$$

де $G_м$ – вага устаткування, встановленого на фундаменті, $G_м$=98 кН;

$G_ф$ – вага фундаменту, кН;

$P_{тех}$ – вертикальна складова технологічного навантаження, $P_{тех}$=0,7кН;

M – перевертаючий момент, кН·м;

a', b' – розмір підошви фундаменту, м;

W – момент опору вигину фундаменту, $м^3$;

[ρ] – тиск, що допускається, на ґрунт, $кН/м^2$.

Вага фундаменту визначувана по формулі:

$$G_Ф=V_Ф\cdot\rho_Ф \qquad (3.2)$$

де $V_ф$ – об'єм фундаменту, приймається з розрахунку, що на 1 тонну встановленої маси устаткування витрачають $3\div5м^3$ бетону [21].

$$V_Ф=G_M\cdot4 \qquad (3.3)$$

$$V_Ф=9,8\cdot4=29,4м^3;$$

$\rho_Ф$ – щільність бетону, для армованого бетону приймаємо:

$$\rho_{Ф}=23 \text{ кН/м}^3$$

Тоді:

$$G_{Ф}=29,4\cdot 23=676 \text{ кН}$$

Фундамент складається з двох частин: безпосередньо фундаменту і підошви. Габарити безпосередньо фундаменту варто визначати з врахуванням довжини і ширини встановлюваного устаткування (рисунок 3.1).

При габаритних розмірах рами рольганга (по опорах що несе навантаження), a = 6,2 м, b = 4,2м (рисунок 3.1).

Розміри фундаменту: a'=6,4 м b'=4,4 м (рисунок 3.1).

Розміри підошві фундаменту: a''=6,8 м b''=4,8 м (рисунок 3.1).

Момент опору вигину фундаменту:

$$W=\frac{(a'')^2\cdot b''}{6}, \qquad (3.4)$$

$$W=\frac{6,8^2\cdot 4,8}{6}=37 \text{ м}^3$$

Визначимо момент, що перекидає:

$$M_{пер}=F_m\cdot l,$$

де F_m – сила тертя листа по ролику

l – відстань між листом і землею.

$$F_m=F\cdot k_{тр}$$

$$F=m_{лист}\cdot g$$

Згідно з розрахунками зробленими в другому розділі F=2,83·0.098=0,28 кН, F_m=0,28·0,15=0,042 кН, тоді перекидний момент:

$$M_{пер}=0,042\cdot0,91=0,038 \text{ кНм}$$

Таким чином можна визначити тиск, щопередається на грунт від технологічного навантаження та ваги встановленого обладнання:

$$\rho=\frac{98+676+0,7}{6,8\cdot4,8}+\frac{0,038}{37}=23,7\text{кН/м}^2$$

Умова $\rho=23,7\text{кН/м}^2\leq[\rho]=200\text{кН/м}^2$ виконується.

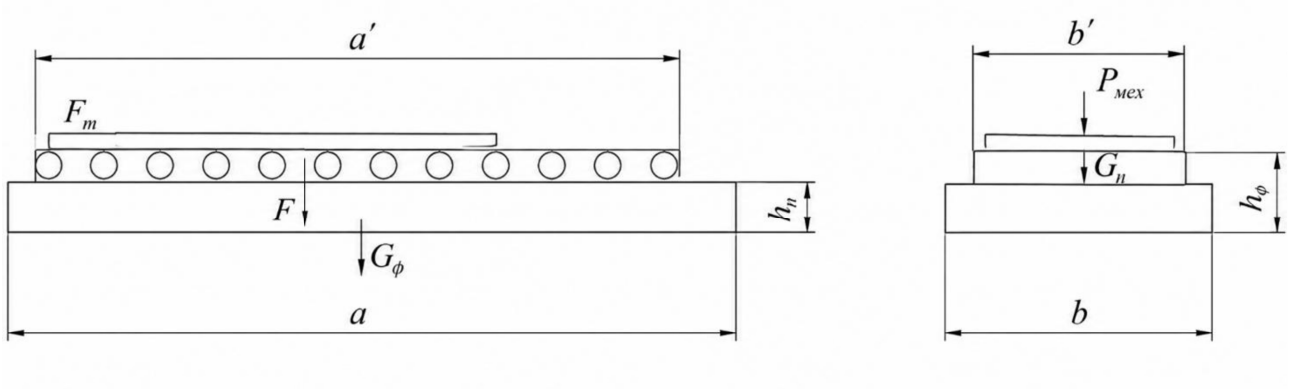


Рисунок 3.1 – Схема до розрахунку параметрів фундаменту

Тоді безпосередньо висота фундаменту та його складових частин:

$$a''\cdot b''\cdot\frac{1}{4}\cdot h_{заг}+a'\cdot b'\cdot\frac{3}{4}\cdot h_{заг}=V_Ф, \quad (3.5)$$

де a" та b" – ширина і довжина підошви фундаменту (рисунок 3.1).

Тоді:

$$6,8\cdot4,8\cdot0,25h_{заг}+6,4\cdot4,4\cdot0,75h_{заг}=29,4 \text{ м}^3 \quad (3.6)$$

$$29{,}28 \cdot h_{заг} = 29{,}4 \text{ м}^3 \qquad (3.7)$$

Звідси:

$$h_{заг} = \frac{29{,}4}{29{,}28} = 1{,}004 \text{ м}$$

Тоді:

$$h_п = 0{,}25 \cdot 1{,}004 = 0{,}25 \text{ м}$$

$$h_ф = 0{,}75 \cdot 0{,}87 = 0{,}75 \text{ м} .$$

Остаточно приймаємо розміри:

- підошви 6,8×4,8×0,25*м*
- фундаменту 6,4×4,4×0,75*м*

По розмірах підошви фундаменту замовляємо бетон. Для підошви бетон марки Б-50, для безпосередньо фундаменту – бетон марки Б-200.

3.3 Розрахунок анкерних болтів рами рольганга АППР

Анкерні болти слугують для кріплення устаткування до фундаменту. Анкерні болти є глухі та заводні. Глухі встановлюють до бетонування, приварюючи їх до арматури фундаменту. Заводні встановлюються в анкерні колодязі, виконані у фундаменті [24]. Виконаємо розрахунок кріплення рами рольгангу до розрахованого фундаменту анкерними болтами згідно до плану розташування анкерних болтів і контуру підошви рами рольганга агрегату подовжньо-поперечного різання (рисунок 3.2)

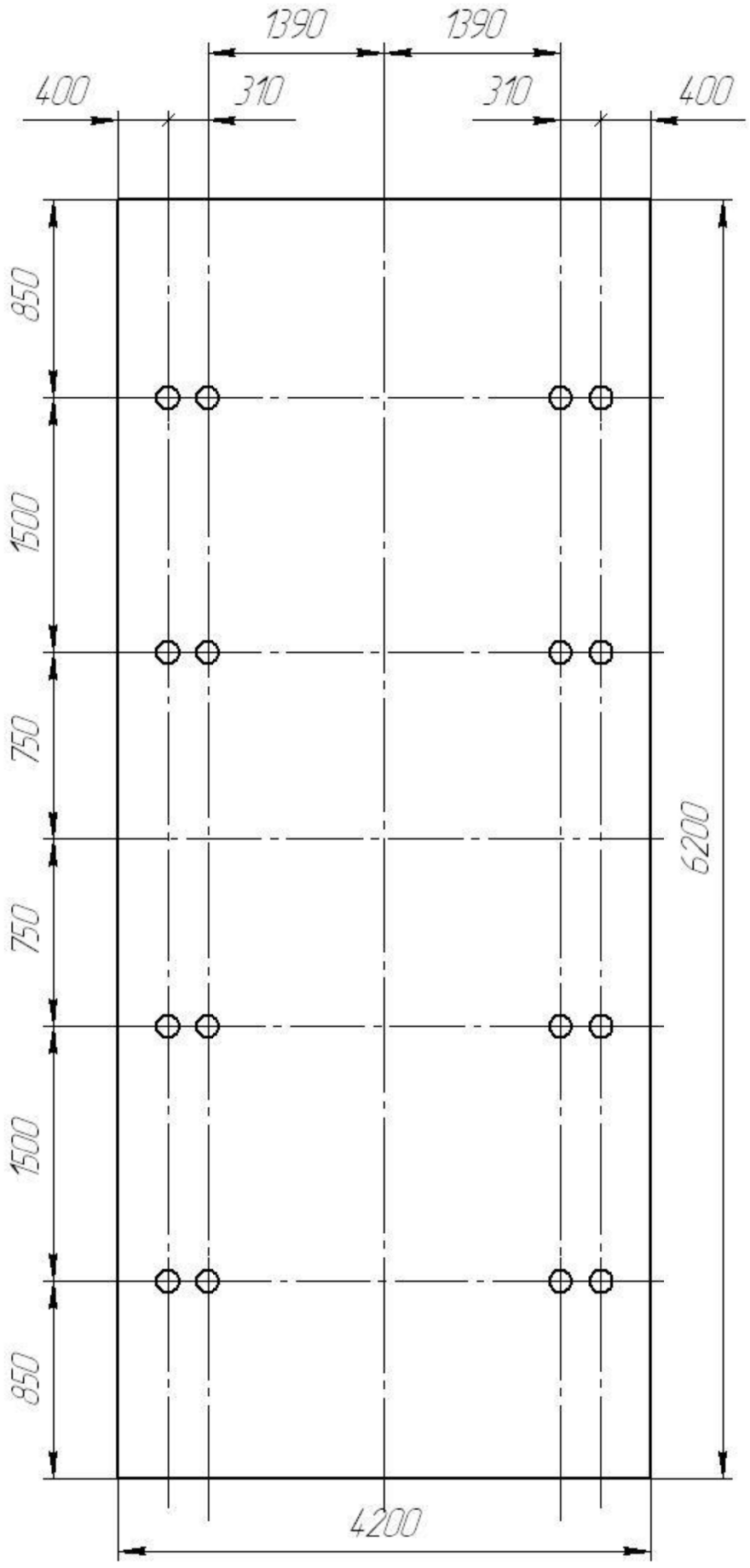


Рисунок 3.2 – План розташування анкерних болтів і контур підошви рами рольганга АППР

Розраховуємо зусилля попереднього затягування одного болта:

$$Q_б=\sigma_{зат}\cdot F_б \quad (3.8)$$

де $\sigma_{зат}$ – напруження, що створюється в анкерних болтах;

$F_б$ – площа перетину болта;

Для кріплення металоконструкцій попередньо приймаємо анкерний болт М36.

Площа перетину болта М36х3:

$$F_б=\frac{\pi\cdot d_1^2}{4}, \quad (3.9)$$

де d_1 – внутрішній діаметр різьблення; d_1 = 30,804 мм;

$$F_б=\frac{3,14\cdot 30,804^2}{4}=0,00075 \text{ м}^2$$

По умовам надійності максимально допустиме зусилля попередньої затяжки болта

$$Q_б=[\sigma]\cdot\frac{\pi d_1^2}{4}=83,4 \text{ кН},$$

де $[\sigma]=0,7\sigma_{0,1}=0,7\cdot 160=112$ МПа

$\sigma_{0,1}=160$МПа

Для забезпечення розрахункового зусилля важливо розрахувати кут повороту гайки:

$$\gamma=\frac{Q_б\cdot 360\cdot b}{E\cdot Г_б\cdot t}=2{,}34 \qquad (3.10)$$

Розрахунок температури нагріву болтового вузла при затягуванні:

$$t°=\frac{Q_б}{E\cdot F_б\cdot \alpha}=\frac{8340}{2{,}1\cdot 10^4\cdot 744{,}82\cdot 1{,}1\cdot 10^{-6}}=484{,}59°C,$$

де α – коефіцієнт розширення ($1{,}11\cdot 10^{-5}$ мм/град);

E – модуль пружності, $E=2{,}1\cdot 10^4$ кг/мм^2;

t – шаг різьблення болта, t=3 мм;

b – товщина плити, що спирається на фундамент, b=50 мм;

з врахуванням тепловідводу $t°=1{,}5\cdot 485=720\,°C$

$$\sigma_{зат}=\frac{Q_б}{F_б}=\frac{8340}{744{,}876}=11{,}2\,\frac{кг}{мм^2}\le[\sigma]_{зат}=12\,\frac{кг}{мм^2}, \qquad (3.11)$$

Таким чином можна зробити висновок, що для попередньо обраних анкерних болтів розрахункове зусилля затягування забезпечує не розкриття стиків.

3.4 Розрахунок площі пакету підкладок

Для забезпечення умов монтажу та співпадіння всіх осей, вирівнювання виконують площею пакетів підкладок

Площа нижньої підкладки повинна забезпечувати виконання умови:

$$\sigma<[\sigma_ф] \qquad (3.12)$$

Навантаження, яке сприймає прокладка, формується під впливом сукупної

дії кількох факторів і визначається як рівнодійна прикладених сил. До основних складових цього навантаження належать вага встановленого обладнання, зусилля попереднього затягування кріпильного болта, а також вплив перекидального моменту, що виникає під час роботи конструкції. Таким чином, розрахункова сила, яка діє на прокладку, встановлюється шляхом урахування сумарного ефекту зазначених навантажень та визначається за відповідною залежністю:

$$R=\frac{G_M}{n_б}+Q_б+\frac{2\cdot M}{a_б\cdot n}, \tag{3.13}$$

де n – кількість анкерних болтів, n = 16;

$Q_б$ – зусилля попереднього затягування по куту закручування, $Q_б$ = 78 кН;

$G_м$ – вага устаткування, G_M =98 кН;

M – перевертаючий момент, M=0,038 кН·м;

$$R=\frac{98}{16}+78+\frac{2\cdot 0{,}038}{1{,}5\cdot 16}=84 \text{ кН}$$

$$\sigma_ф=\frac{R}{\psi_ф\cdot F_n}\le[\sigma], \tag{3.14}$$

$$F_n=\frac{R}{\psi\cdot[\sigma]}=\frac{8400}{0{,}5\cdot 2}=8400 \text{ мм}^2$$

де $\Psi_Ф$ – коефіцієнт, що характеризує площу контактних сторін між підкладкою та фундаментом, $\Psi_Ф$= 0,5;

$[\sigma]_ф$ – допустимий питомий тиск, на фундамент, $[\sigma]_ф=2\cdot 10^4$кН/м^2;

$$а=в=\sqrt{F_n}=\sqrt{8400}=91,52=92 \text{ мм} \quad (3.15)$$

За умови виконання підкладки не суцільної форми, а з деяким вирізом (рисунок 3.3) необхідно виконати розрахунок зміни її площі.

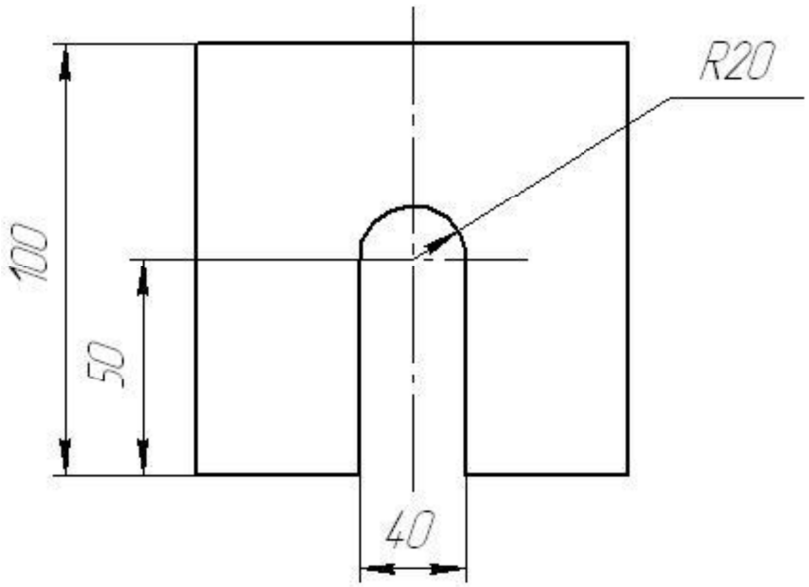


Рисунок 3.3 – Геометрія конструкції пропонованої підкладки

Площа, яку займає виріз складається з площі напівкруга F_2. та площі прямокутника F_1 (рисунок 3.4)

$$F_1 = 40 \cdot 50 = 2000 \text{ мм}^2 \quad (3.16)$$

$$F_2 = \frac{\pi R^2}{2} = \frac{3,14 \cdot 20^2}{2} = 628 \text{ мм}^2 \quad (3.17)$$

$$F_{впр} = F_1 + F_2 = 2000+628=2628 \text{ мм}^2 \quad (3.18)$$

Додамо площу F розрахункової площі підкладки:

$$A = \frac{F_{впр}}{a \cdot 2} = \frac{2628}{92 \cdot 2} = 14{,}28 \text{ мм}^2 \quad (3.19)$$

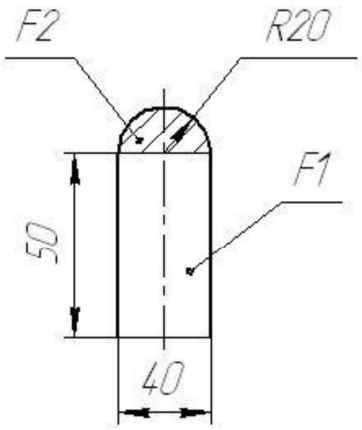


Рисунок 3.4 Геометрія форми вирізаного пазу в підкладці під анкерний болт

$$B = в + 2a = 92 + 2 \cdot 14.28 = 120{,}56 \text{ мм} \quad (3.20)$$

Приймаємо В=120 мм. Тоді остаточно підкладка прийме вигляд (рисунок 3.5)

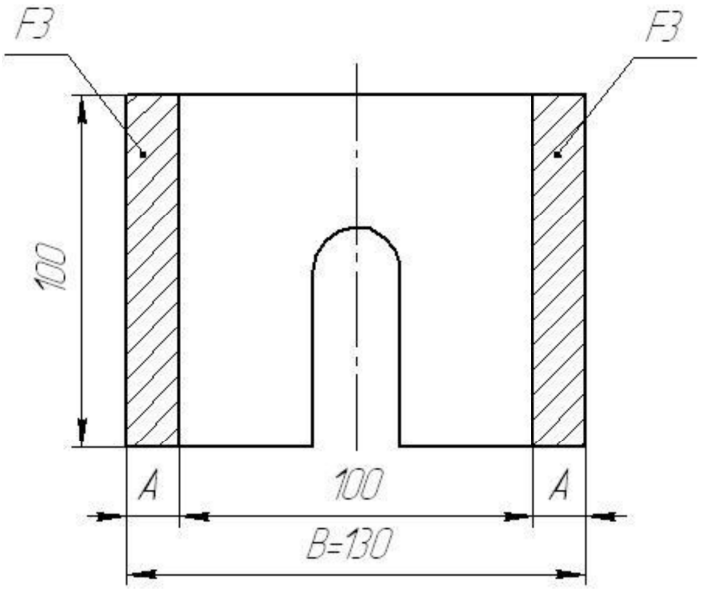


Рисунок 3.5 – Запропонована конструкція проладок під анкерні болти для закріплення рами рольгангу на фундаменті

Підставивши значення $Q_б$ і P у рівняння рівноваги отримаємо необхідну площу настановної підкладки:

$$F_n=\frac{2M+a\cdot\left(G_M+a\cdot Q_б\right)}{a\cdot n\cdot[\sigma]_Ф\cdot к}, \quad (3.21)$$

де к – коефіцієнт контакту фундаменту з підкладкою, к=0,5;

$$F_n=\frac{2\cdot 0+1,5\cdot(98+1,5\cdot 78)}{1,5\cdot 16\cdot 2\cdot 10^4\cdot 0,5}=0,0013 \text{ м}^2$$

Під анкерний болт М36 приймаємо площу квадратної форми із стороною:

$$в=\sqrt{F_n}=\sqrt{0,0013}=0,04 \text{ м}=40 \text{ мм} \quad (3.22)$$

Таким чином розрахований пакет підкладок забезпечить надійне кріплення рами рольгангу до фундаменту та виконання всіх обов’язкових технологічних вимог.

3.5 Розрахунок такелажного обладнання для виконання стропування складових частин рольганга при його монтажі

До такелажних робіт відносять обв'язування складових частин вузлів устаткування гнучкими елементами (стропами) і транспортування до місця установки.

Стропа, як правило, виготовляють із сталевих канатів хрестового звивання. Вибір типу канату залежить від технологічних умов експлуатації з обов’язковим попереднім визначенням його діаметру. Для стропів, що не зазнають значних перегинів, застосовують відносно твердий сталевий канат [25].

Виконаємо розрахунок та підбір діаметру сталевого канату при виготовленні стропу для монтажу складових частин рольгангу АППР під час їхнього монтажу на розрахований фундамент.

Вага рольганга - $G_M = 98кН$.

Діаметр каната визначим таким чином.

На початку розраховуємо розривне зусилля каната:

$$P_к \geq S \cdot K \qquad (3.23)$$

де S – максимальне розрахункове зусилля;

K – коефіцієнт запасу міцності.

Величина S в гілці стропа залежить від розташування і кількості гілок, на яких підвішений вантаж. При стропуванні вантажу за схемою, наведеною на рисунку 3.6, зусилля S визначимо з умови рівноваги:

$$4S \sin\beta - G_M = 0 \qquad (3.24)$$

звідки:

$$S = \frac{G_M}{4 \sin\beta}, \qquad (3.25)$$

де G_M – вага рольганга;

β – кут нахилу стропа до обрію;

За незначних кутів нахилу гілок стропа величина зусиль, що виникають у них, різко збільшується. Це призводить до необхідності використання канатів більшого діаметра та вантажопідйомності, а також спричиняє появу додаткових стискальних навантажень на елементи вантажу в місцях стропування. Унаслідок цього зростають матеріалоємність вантажозахоплювального пристрою,

навантаження на такелажне оснащення та ризик деформації конструкції, що підіймається. Тому розташовувати гілки стропа під кутами $\beta<30^{\circ}$ не рекомендується. У нашому випадку $\beta=45^{\circ}$.

Тоді:

$$S=\frac{98}{4\cdot \sin 45^{\circ}}=\frac{98}{4\cdot 0,707}=35 \text{ кН}$$

$$P_K=35\cdot 6=210 \text{ кН}$$

де к=6 – коефіцієнт, що забезпечує безпекові умови праці робочого персоналу при роботі з вантажем

Знаючи величину розривного зусилля P_K, користуючись каталогом, вибираємо необхідний кана:.

- діаметр канату d=18 мм;
- розрахункова площа перетину всіх дротів, F=124,73 мм^2;
- маркувальна група по тимчасовому опору розриву 2 кН/мм^2 .

Розрахункове зусилля канату в цілому $P_{К(катал)}$:

$$P_{К(катал)}=220 \text{ кН}>P_K=210 \text{ кН}$$

Канат діаметром 18 мм, зі світлого дроту марки І, лівого однобічного звивання, що не розкручується, з маркуванням по тимчасовому опору розриву 2 кН/мм^2 [27].

$$L=\sqrt{4300^2+5000^2}=6594 \text{ мм} \qquad (3.26)$$

$$l_1=l_2=\frac{L}{2}=\frac{6594}{2}=3297 \text{ мм} \qquad (3.27)$$

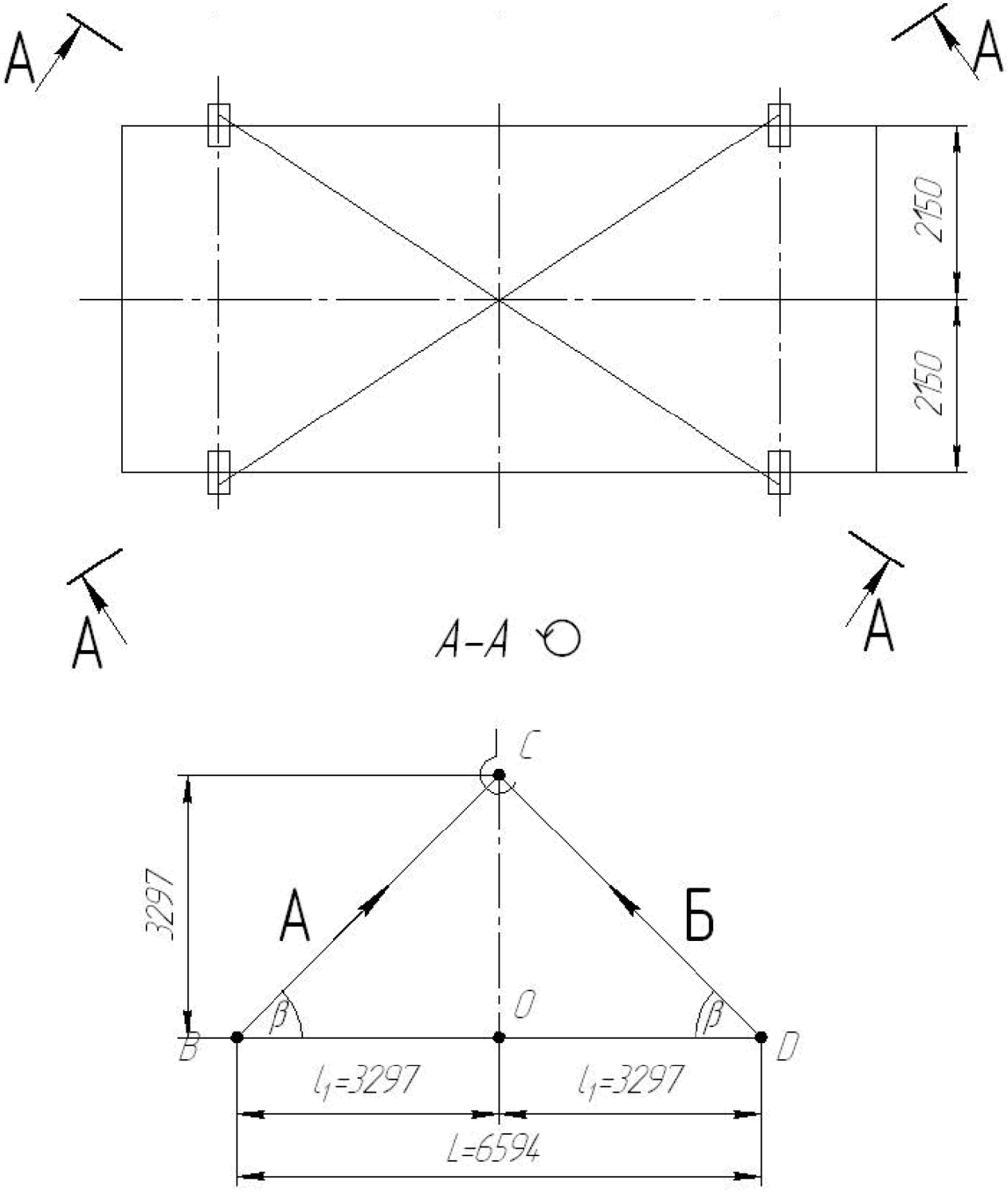


Рисунок 3.6 – Технологічна схема стропування рами рольганга АППР

Оскільки β=45°, то ОС=ВО=3297 мм.

Довжина стропа:

$$BC=CD=\sqrt{3297^2+3297^2}=4660 \text{ мм} \quad (3.28)$$

Крім гнучких елементів до такелажних засобів віднсяться й затискачі [27]. Затискачі різної конструкції застосовують для закріплення кінців канатів. Кількість затискачів визначають із умови:

$$2F_T \geq S,$$

де F_T – сила тертя між кінцями канатів;

S – найбільший натяг канату.

Мінімальна кількість затискачів – три. Для кріплення кінців канатів діаметром 13-37 мм кількість затискачів і відстань між ними вибираємо по таблиці. Для діаметра 17,5-19,0 кількість затискачів – 3, відстань між затискачами l=120 мм (рисунок 3.7) [27].

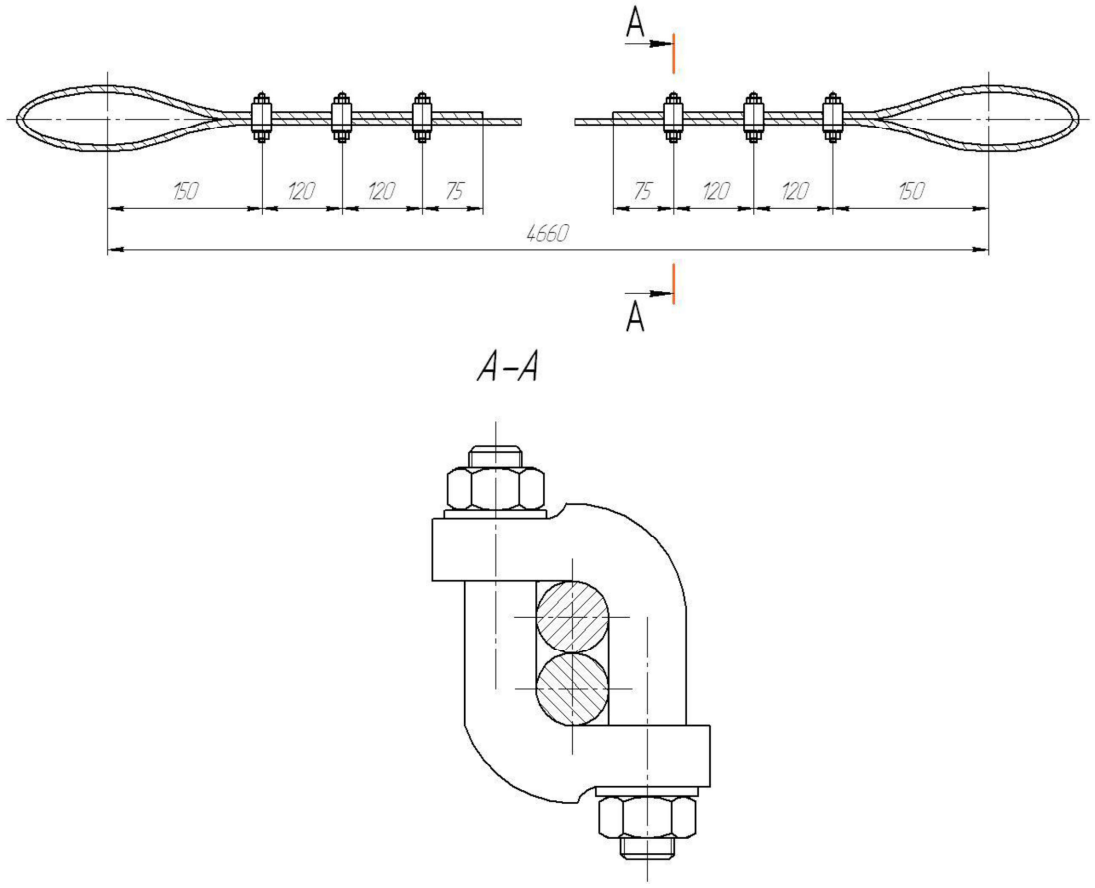


Рисунок 3.7 – Схема розташування затисків на канаті

Для розрахунку стропу при монтажі ролика рольганга задаємося розрахунковою схемою (рисунок 3ю8)

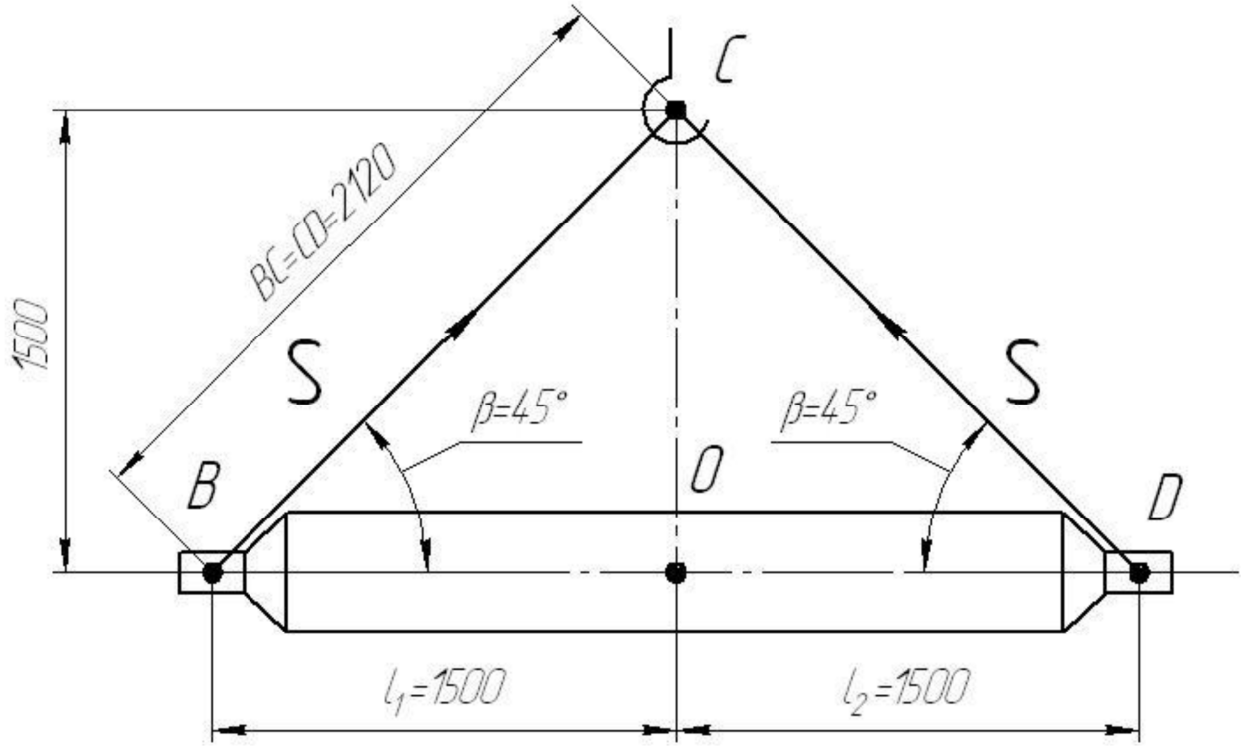


Рисунок 3.8 – Технологічна схема стропування ролика

З геометрії:

$$OC=BO=1500 \text{ мм}$$

Визначимо довжину стропа BC:

$$BC=\sqrt{2\cdot 1500^2}=2120 \text{ мм} \qquad (3.29)$$

При строповці вантажу за схемою, приведеною на рисунку 3.8, усилля S визначимо з умови рівноваги:

$$2S \sin\beta - G_P=0 \qquad (3.30)$$

звідки:

$$S=\frac{G_P}{2\sin\beta}, \qquad (3.31)$$

де G_P – вага ролика, G_P=6,78 кН;

β – кут нахилу стропа до обрію, β =45°;

$$S=\frac{6,78}{2\sin 4\,5^\circ}=\frac{6,78}{2\cdot 0,707}=4,8 \text{ кН}$$

$$P_K=4,8\cdot 6=28,8 \text{ кН}$$

Знаючи величину розривного зусилля P_K, користуючись каталогом [26], вибираємо необхідний канат.

- діаметр канату $d_к$=6,4 мм;
- розрахункова площа перетину всіх дротів, F=18,01 мм^2;
- маркувальна група по тимчасовому опору розриву 1,8 кН/мм^2 .

Розрахункове зусилля канату в цілому $P_{К(катал)}$:

$$P_{К(катал)}=29,8 \text{ кН}>P_K=28,8 \text{ кН}$$

Канат діаметром 6,4 мм, зі світлого дроту марки І, лівого однобічного звивання, що не розкручується, з маркуванням по тимчасовому опору розриву 1,8 кН/мм^2 [27].

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз потенційних шкідливих факторів виробничого середовища при повздовжньому різанні металевої штаби

Процес поздовжнього різання металевої штаби належить до технологічних операцій обробки металопрокату, під час яких працівники піддаються впливу комплексу виробничих факторів, здатних негативно впливати на стан здоров'я, працездатність та безпеку праці [28]. Аналіз умов праці на дільниці поздовжнього різання дозволяє виявити основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, оцінити рівень їхнього впливу та визначити необхідні заходи захисту персоналу.

Одним із найбільш поширених шкідливих факторів є виробничий шум, який виникає внаслідок роботи електродвигунів, редукторів, приводних механізмів, дискових ножиць, розмотувачів та намотувачів металевої штаби. Підвищені рівні шуму можуть призводити до погіршення слуху, підвищеної втомлюваності, зниження концентрації уваги та продуктивності праці. Особливо інтенсивний шум спостерігається під час різання товстолистового металу та роботи обладнання на високих швидкостях.

Суттєвим фактором виробничого середовища є також вібрація, яка передається від працюючого обладнання через підлогу, конструкції та органи керування. Тривалий вплив вібрації може спричиняти функціональні порушення нервової, серцево-судинної та опорно-рухової систем працівників.

Під час роботи лінії поздовжнього різання можливе утворення металевого пилу та дрібних частинок циндри. Особливо інтенсивно пил виділяється при різанні металу з поверхневими дефектами, корозійними пошкодженнями або залишками циндри. Потрапляння пилу в органи дихання може викликати подразнення слизових оболонок, захворювання дихальної системи та алергічні реакції.

Додатковим несприятливим фактором є можливість контакту працівників із мастильно-охолоджувальними рідинами, технологічними мастилами та іншими хімічними речовинами, які застосовуються для зменшення зношування різального інструменту та захисту металу від корозії. Тривалий контакт таких речовин зі шкірою може призводити до виникнення дерматитів, подразнень та інших професійних захворювань.

На дільниці поздовжнього різання також присутні несприятливі параметри мікроклімату. В теплий період року можливе підвищення температури повітря внаслідок роботи електрообладнання та недостатньої ефективності вентиляції. У холодний період року можуть спостерігатися протяги та нерівномірність температурного режиму. Відхилення параметрів мікроклімату від нормативних значень негативно впливають на самопочуття працівників і можуть спричиняти швидке настання втоми.

Важливим виробничим фактором є недостатня або нерівномірна освітленість робочої зони. Низький рівень освітлення ускладнює контроль якості різання, підвищує зорове навантаження та збільшує ймовірність виробничого травматизму. Особливе значення має якісне освітлення місць контролю якості поверхні металу та зон обслуговування ріжучого інструменту.

До небезпечних виробничих факторів належить наявність рухомих частин обладнання, зокрема валків, приводних роликів, ножових валів, намотувальних барабанів та транспортуючих механізмів. Існує ризик затягування одягу або кінцівок працівника в рухомі елементи машин, що може призвести до тяжких травм. Додаткову небезпеку становлять гострі кромки металевої штаби та готових смуг, які можуть бути причиною порізів різного ступеня тяжкості.

Під час транспортування рулонів металу та готової продукції виникає небезпека механічного травмування внаслідок падіння вантажів, руйнування вантажозахоплювальних пристроїв або помилок при виконанні вантажопідіймальних операцій. Тому особливу увагу необхідно приділяти справності вантажопідіймального обладнання та дотриманню вимог безпеки під час переміщення металопрокату.

Таким чином, основними шкідливими та небезпечними факторами виробничого середовища при поздовжньому різанні металевої штаби є підвищений рівень шуму і вібрації, металевий пил, контакт із хімічними речовинами, несприятливі параметри мікроклімату, недостатня освітленість, рухомі частини обладнання, гострі крайки металу та небезпека під час вантажопідіймальних робіт. Для забезпечення безпечних умов праці необхідно застосовувати комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на зниження впливу зазначених факторів до нормативно допустимих значень. Узагальнені шкідливі та небезпечні виробничі фактори при поздовжньому різанні металевої штаби та заходи щодо їхнього попередження наведено в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Шкідливі та небезпечні виробничі фактори при поздовжньому різанні металевої штаби

Шкідливий або небезпечний фактор	Джерело виникнення	Можливі наслідки для працівника	Заходи захисту
1	2	3	4
Підвищений рівень шуму	Робота електродвигунів, редукторів, дискових ножиць, намотувачів і розмотувачів штаби	Зниження слуху, підвищена втомлюваність, погіршення концентрації уваги, професійна приглухуватість	Звукоізоляція обладнання, своєчасне технічне обслуговування, застосування навушників або вкладишів протишумових

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4
Загальна та локальна вібрація	Робота приводів, редукторів, валів опорних вузлів на вальницях кочення	Захворювання опорно-рухового апарату, порушення кровообігу, підвищена втома	Віброізоляція обладнання, балансування обертових частин, раціональні режими праці та відпочинку
Металевий пил та окалина	Різання металу, очищення поверхні штаби, транспортування металопрокату	Подразнення органів дихання та очей, професійні захворювання дихальної системи	Загальнообмінна та місцева вентиляція, регулярне прибирання, використання захисних окулярів та респіраторів
Несприятливий мікроклімат	Виділення теплоти від обладнання, недостатня вентиляція, відкриті ворота цеху	Перегрівання або переохолодження організму, зниження працездатності	Вентиляція, кондиціювання, опалення, регламентовані перерви, забезпечення спецодягом
Недостатня або надмірна освітленість	Недосконалість системи освітлення, забруднення світильників	Перевтома органів зору, підвищення ризику травматизму	Нормування освітленості, очищення світильників, використання комбінованого освітлення

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4
Контакт з мастильними та технологічними рідинами	Використання мастил та емульсій для технологічного обладнання	Подразнення шкіри, дерматити, алергічні реакції	Герметизація систем подачі, використання рукавиць, дотримання правил особистої гігієни
Рухомі частини обладнання	Ножові вали, ролики, муфти, вали приводів, намотувальні барабани	Захоплення одягу або частин тіла, важкі механічні травми	Захисні огородження, блокувальні пристрої, дотримання інструкцій з охорони праці
Гострі крайки металевої штаби та готових смуг	Розрізаний металопрокат	Порізи рук та інших частин тіла	Використання захисних рукавиць, спеціального інструменту для переміщення металу, навчання персоналу
Підвищена напруга в електромережі	Електродвигуни, шафи керування, силові кабелі	Ураження електричним струмом, електротравми	Захисне заземлення, занулення, автоматичний захист, періодичний контроль стану електрообладнання
Падіння або зміщення рулонів металу	Вантажно-розвантажувальні роботи, складування металу	Забиття, переломи, тяжкі травми	Дотримання правил стропування, використання справних вантажозахоплювальних пристроїв, обмеження доступу до небезпечної зони

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4
Підвищене фізичне навантаження	Ручне виконання допоміжних операцій, монтаж та налагодження обладнання	Перевтома, захворювання опорно-рухового апарату	Механізація робіт, застосування вантажопідіймальних механізмів, раціональна організація праці
Пожежна небезпека	Короткі замикання, перегрів обладнання, наявність мастильних матеріалів	Пожежі, опіки, пошкодження обладнання	Системи пожежної сигналізації, вогнегасники, контроль стану електромереж, дотримання вимог пожежної безпеки

Висновок щодо атестації робочого місця [30]. Під час атестації робочого місця оператора лінії поздовжнього різання металевої штаби першочерговому контролю підлягають рівні шуму, вібрації, запиленості повітря робочої зони, параметри мікроклімату та освітленості. Саме ці фактори найчастіше формують клас умов праці відповідно до вимог чинної Гігієнічної класифікації праці та можуть бути підставою для віднесення умов праці до шкідливих.

Шкідливі та небезпечні виробничі чинники, характерні для даної дільниці, переважно належать до фізичної групи факторів виробничого середовища. До основних із них відносяться підвищена запиленість повітря робочої зони, підвищений рівень шуму, а також коливання температурного режиму всередині виробничого приміщення. Тривалий вплив зазначених факторів може негативно позначатися на стані здоров’я працівників, сприяти розвитку професійно обумовлених захворювань, викликати функціональні порушення окремих систем організму та призводити до збільшення кількості випадків тимчасової втрати працездатності.

Згідно з вимогами гігієнічної класифікації праці умови праці слюсаря-ремонтника відносяться до III класу шкідливості. Така категорія характеризується наявністю виробничих факторів, рівень яких перевищує встановлені гігієнічні нормативи та здатний чинити несприятливий вплив на здоров'я працівника під час виконання трудових обов'язків. За результатами оцінювання умов праці на робочому місці виявлено один шкідливий фактор III ступеня, три фактори II ступеня та сім факторів I ступеня шкідливості.

Сукупність зазначених показників дозволяє віднести робоче місце слюсаря-ремонтника до категорії робочих місць зі шкідливими та важкими умовами праці. У зв'язку з цим працівникам, зайнятим на даному робочому місці, надаються передбачені законодавством компенсації та соціальні гарантії. Зокрема, вони мають право на дострокове пенсійне забезпечення за пільговими умовами, при якому пенсійний вік становить 50 років для чоловіків та 45 років для жінок. Крім того, працівникам надається щорічна додаткова оплачувана відпустка тривалістю 7 календарних днів, безоплатно видаються молочні продукти або рівноцінні харчові компенсації для профілактики негативного впливу шкідливих факторів виробництва, а також встановлюється підвищена оплата праці у вигляді доплати в розмірі 24 % до посадового окладу. Такі заходи спрямовані на часткову компенсацію професійних ризиків та збереження працездатності персоналу в умовах впливу несприятливих виробничих факторів [31].

4.2 Шляхи покращення виробничих умов обслуговуючого персоналу

Тривалий вплив підвищених рівнів шуму є одним із найбільш поширених шкідливих виробничих факторів у металургійному та машинобудівному виробництві. Постійне звукове навантаження негативно впливає не лише на органи слуху, а й на загальний фізіологічний стан працівника. Наслідками тривалої дії шуму можуть бути погіршення слуху, розвиток професійної приглухуватості, підвищена втомлюваність, зниження концентрації уваги,

порушення сну, головний біль, дратівливість, а також порушення функціонування серцево-судинної та нервової систем. Крім того, високий рівень шуму ускладнює сприйняття попереджувальних сигналів та мовних команд, що підвищує ризик виробничого травматизму.

Для зниження негативного впливу шуму застосовують комплекс організаційних і технічних заходів. До них належать використання малошумного обладнання, своєчасне технічне обслуговування механізмів, балансування обертових деталей, встановлення шумопоглинальних екранів, облицювання стін і стель звукопоглинальними матеріалами, а також застосування індивідуальних засобів захисту органів слуху – навушників або протишумових вкладишів.

Одним із найбільш ефективних методів захисту працівників від надмірного шуму є використання звукоізольованих кабін. Такі кабіни призначені для розміщення операторів, ремонтного персоналу або диспетчерів у безпосередній близькості до джерел інтенсивного шуму без необхідності постійного перебування у несприятливому акустичному середовищі. Конструкція звукоізольованих кабін передбачає застосування багатошарових огороджувальних конструкцій, звукопоглинальних матеріалів, герметичних дверей та спеціальних склопакетів, що забезпечують значне зниження рівня шуму всередині робочого простору.

Використання звукоізольованих кабін дозволяє знизити інтенсивність шумового навантаження до нормативних значень, покращити умови праці персоналу, зменшити втому та підвищити продуктивність праці. Крім того, створення комфортного акустичного середовища сприяє збереженню працездатності працівників протягом робочої зміни, зменшує ймовірність виникнення професійних захворювань органів слуху та підвищує рівень виробничої безпеки загалом. Для досягнення максимального ефекту звукоізольовані кабіни доцільно використовувати у поєднанні з іншими засобами колективного та індивідуального захисту від шуму.

Розрахунок необхідної звукоізоляції кабіни пульта керування R_{TP} (розраховується для кожної октавної смуги):

$$R_{ТР}=L_{СУМ}-L_{доп}+10\lg B_к+10\lg n+6, \quad (4.1)$$

де $L_{сум}$ – результуючий рівень звукового тиску в кожній октавній смузі частот, що утворюється внаслідок одночасної дії всіх джерел шуму, приймається для точок контролю, розміщених на відстані 2 м від захисної огороджувальної конструкції, та виражається в децибелах

$L_{доп}$ – припустимий рівень звукового тиску, дБ;

$B_к$ – постійна кабіни в даній октавній смузі;

S_i – площа розглянутого огородження або його елемента, м^3

n – кількість окремих елементів огороджувальної конструкції, що були включені до розрахункової моделі для оцінювання її акустичних характеристик.

Для оцінювання акустичних характеристик виробничого приміщення використовують величину акустичної постійної. Цей параметр відображає звукопоглинальну здатність приміщення, характеризує умови поширення звукових хвиль у його об'ємі та залежить від розмірів приміщення, а також від властивостей поверхонь, що поглинають звук:

$$B_к=B_{1000}\cdot\mu, \quad (4.2)$$

де μ – частотний множник (табл. 4.2)

Таблиця 4.2 – Величина коефіцієнта μ залежно від частоти.

Октавна смуга частот, кГц	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8
μ	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5

B_{1000} – постійна для приміщення на частоті 1000 Гц (залежить від обсягу й призначення приміщення): для кабіни – V/1,5.

Визначення необхідного рівня звукоізоляції кабіни виконується окремо для кожної октавної смуги частот, оскільки ефективність ослаблення шуму

залежить від його спектрального складу. Для розрахунків приймається кабіна з габаритними розмірами: ширина – 1500 мм, довжина – 2000 мм та висота – 2000 мм:

$$V=6\,M^3\ ;\ Si=12.3;\ B_{1000}=4;\ 10\lg n=6.99;$$

$$125\text{Гц}\ R_{TP}=93-87+20{,}97+6{,}99+6=26{,}52\ \text{дБ}$$

$$250\text{Гц}\ R_{TP}=93-82+19{,}57+6{,}99+6=31{,}82\ \text{дБ}$$

$$500\text{Гц}\ R_{TP}=94-78+22{,}37+6{,}99+6=36{,}24\ \text{дБ}$$

$$1000\text{Гц}\ R_{TP}=89-75+27{,}96+6{,}99+6=33{,}27\ \text{дБ}$$

$$2000\text{Гц}\ R_{TP}=83-73+39{,}144+6{,}99+6=27{,}81\ \text{дБ}$$

$$4000\text{Гц}\ R_{TP}=80-71+50{,}33+6{,}99+6=25{,}72\ \text{дБ}$$

$$8000\text{Гц}\ R_{TP}=75-69+69{,}9+6{,}99+6=18{,}29\ \text{дБ}$$

Розрахунки проведено по формулі (4.1), які показують необхідне значення звукоізоляції кабіни згідно 2 класу (таблиця 4.3 та 4.4).

Таблиця 4.3 – Рівні звукового тиску на робочому місці й нормативи

Октанова смуга частот, Гц	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Рівень звукового тиску на робочому місці, дБ	93	93	94	89	83	80	72
Рівень звукового тиску по нормативним даним	87	82	78	75	73	71	69

Таблиця 4.4 – Потрібна ізоляція кабіни по 2 класу

Октавна смуга частоти, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Значення ізоляції кабіни, дБ	15÷24	20÷29	25÷34	30÷39	35÷44	40÷49	40÷49	35÷44

Визначену звукоізоляцію кабіни можливо забезпечити при використанні комбінації волокнистих плит з обшивкою металом товщино 4 мм, та засклінні вікон силікатним склом товщиною не менше 3 мм.

Висновки

1. Аналіз вантажопотоків та технологічного процесу цеху холодної прокатки показали, що оптимальним обладнанням для кіінцевої обробки штаби є комплекс механічного обладнання агрегату подовжньо-поперечного різання.
2. З часом виробничої експлуатації виявлено ряд недоліків обладнання агрегату подовжньо-поперечного різання, зокрема і в груповому приводі рольгангу при експлуатації ланцюгової передачі.
3. В якості покращення виробничих характеристик групового приводу рольгангу запропоновано внести конструктивні зміни – ланцюгову передачу замінити на шестеренну кліть-редуктор.
4. Проведені розрахунки міцності найбільш відповідальних і навантажених деталей та складальних одиниць засвідчили достатній запас їхньої несучої здатності, що підтверджує правильність і технічну доцільність прийнятих конструктивних рішень.
5. Для забезпечення технологічності монтажних процесів при виконанні капітального ремонту рольгангу агрегату подовжньо-поперечного різання, варто прийняти до виконання рекомендації, що наведені в розділі 3.
6. З метою поліпшення виробничих умов обслуговуючого персоналу та уникнення отримання професійних захворювань необхідно виконувати реомендації розділу 4.
7. Запропонований проєкт конструктивного удосконалення можна рекомендувати до використання при модернізації агрегату подовжньо-поперечного різання, а також на інших виробничих дільницях де використовуються ідентичні рольганги.

Список використаної літератури

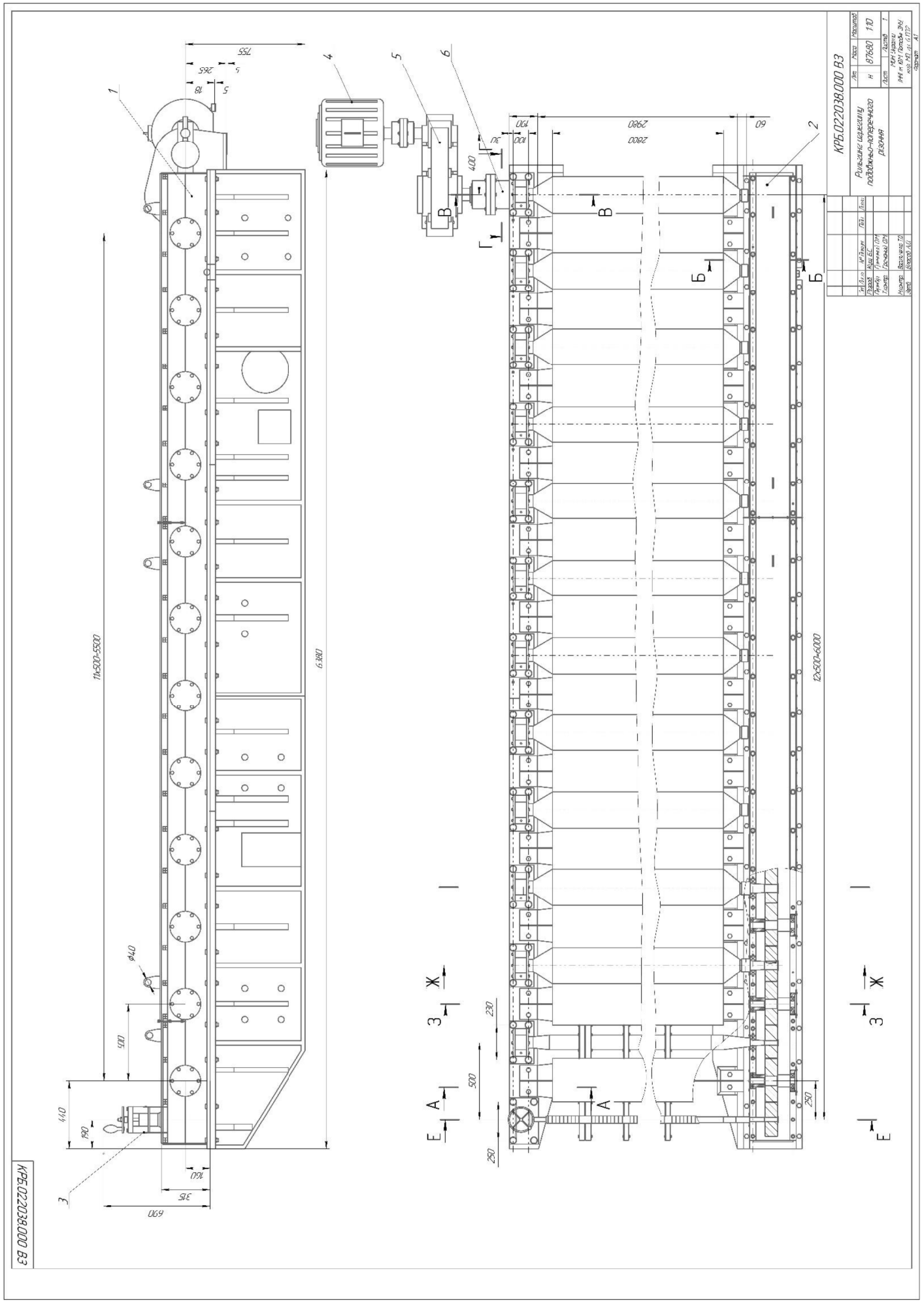
1. Настінні стрілові крани на продаж | DGCRANE. *DGCRANE*. URL: https://www.dgcrane.com/uk/products/wall-mounted-jib-cranes/ (дата звернення: 06.06.2026).
2. Середа Б.П. Прокатне виробництво: навч. посіб. Запоріжжя: Видавництво Запорізької державної інженерної академії, 2008. 312 с.
3. Ніколаєв В.О. Обтискне та сортове виробництво прокату: навч. посібник. Запоріжжя: ЗДІА. 2015. 128 с.
4. Ніколаєв В. О., Бондаренко Ю. В. Сучасний стан прокатного виробництва : навч. посіб. Ч. 1 Запоріжжя : ЗДІА, 2017. 196 с.
5. Технологічна інструкція ТІ 226-П.ХЛЗ-04-01 Прокатка листів на стані “2800”
6. Доброносов Ю. К. Механічне обладнання металургійних заводів : конспект лекцій. Краматорськ : Донбас. держ. машинобуд. акад., 2019. 82 с.
7. Самохвал В. М. Конструкції технологічних агрегатів в процесах ОМТ. Частина 4. Обладнання прокатних та волочильних цехів: конспект лекцій. Кам’янське: ДДТУ, 2017. 91 с.
8. Поліщук Л. К., Слабкий А. В. Підйомно–транспортні машини та механізми. Вінниця : ВНТУ, 2015. 722 с.
9. Федьков Г. О., Хімін В. М., Кобрін Ю. Г. Проблеми та напрямки подальшого розвитку металургійного обладнання : навч.-метод. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2011. 80 с.
10. Іванченко Ф.К., Гребений В.М., Ширяєв В.І. Розрахунки машин і механізмів прокатних цехів. Київ: Вища школа, 1994. 455 с.
11. Вантажно-транспортуючі машини і засоби в поліграфії : навч. посіб. / Т. І. Веретільник та ін. Черкаси : ЧДТУ, 2018. 91 с.
12. Козуб Ю. Г., Маслійов С. В. Підйомно-транспортні машини : підручник. Старобільськ : ЛНУ ім. Тараса Шевченка, 2018. 277 с.

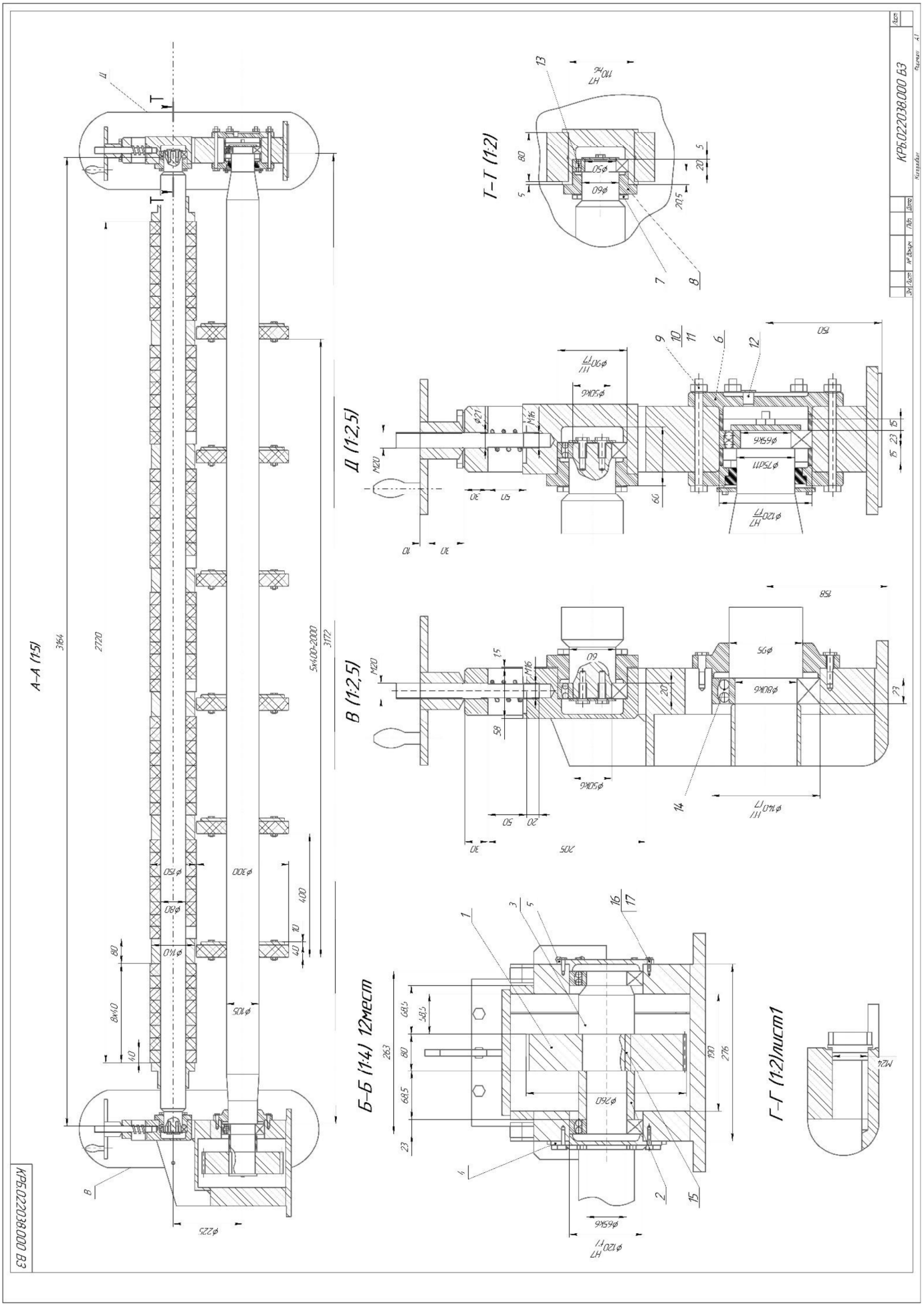
13. Півняк Г.Г., Бешта О.С., Фількін М.П. Автоматизований електропривод у прокатному виробництві. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2008. 352 с.
14. Погорєлов С. В. Деталі машин. Частина 1. Механічні передачі: конспект лекцій. Запоріжжя : ЗДІА, 2002. 72 с.
15. Зубчаста муфта МЗ-4, МЗП-4: продаж, ціна у Запоріжжі. Комплектуючі для конвеєрів і транспортерів від "ТОВ "ЛІДЕР ІНЖИНІРІНГ"" - 1503444938. *"ТОВ "ЛІДЕР ІНЖИНІРІНГ"" - контакти, товари, послуги, ціни*. URL: https://leader-engineering.com.ua/ua/p1503444938-zubchataya-mufta-mzp.html (дата звернення: 07.06.2026).
16. Стрелец В. В. Деталі машин і основи конструювання. Суми : Сум. держ. ун–т, 2022. 150 с.
17. Колосов Д.Л., Кіба В.Я. Опір матеріалів у прикладах та завданнях: навч. посібник. Дніпро: Національний технічний університет «Дніпровська Політехніка», 2021. 106 с.
18. Писаренко О.Г. Опір матеріалів : З основами пружності й пластичності: У 2 ч., 5 кн. Київ : Вища шк., 1995. Т. 4 : Приклади і задачі. 463 с.
19. Літовченко П.І. Деталі машин: навч. посіб. Х.: НАНГУ, 2015. 302 с.
20. Технічне обслуговування металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Кондор, 2017. 288 с.
21. Ремонт металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Кондор, 2017. 236 с.
22. Монтаж металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Кондор, 2018. 382 с.
23. ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. *БУДСТАНДАРТ Online - нормативні документи будівельної галузі України*. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=78687 (дата звернення: 07.06.2026)
24. Анкерні болти: конструкція, розрахунок, проектування, технологія

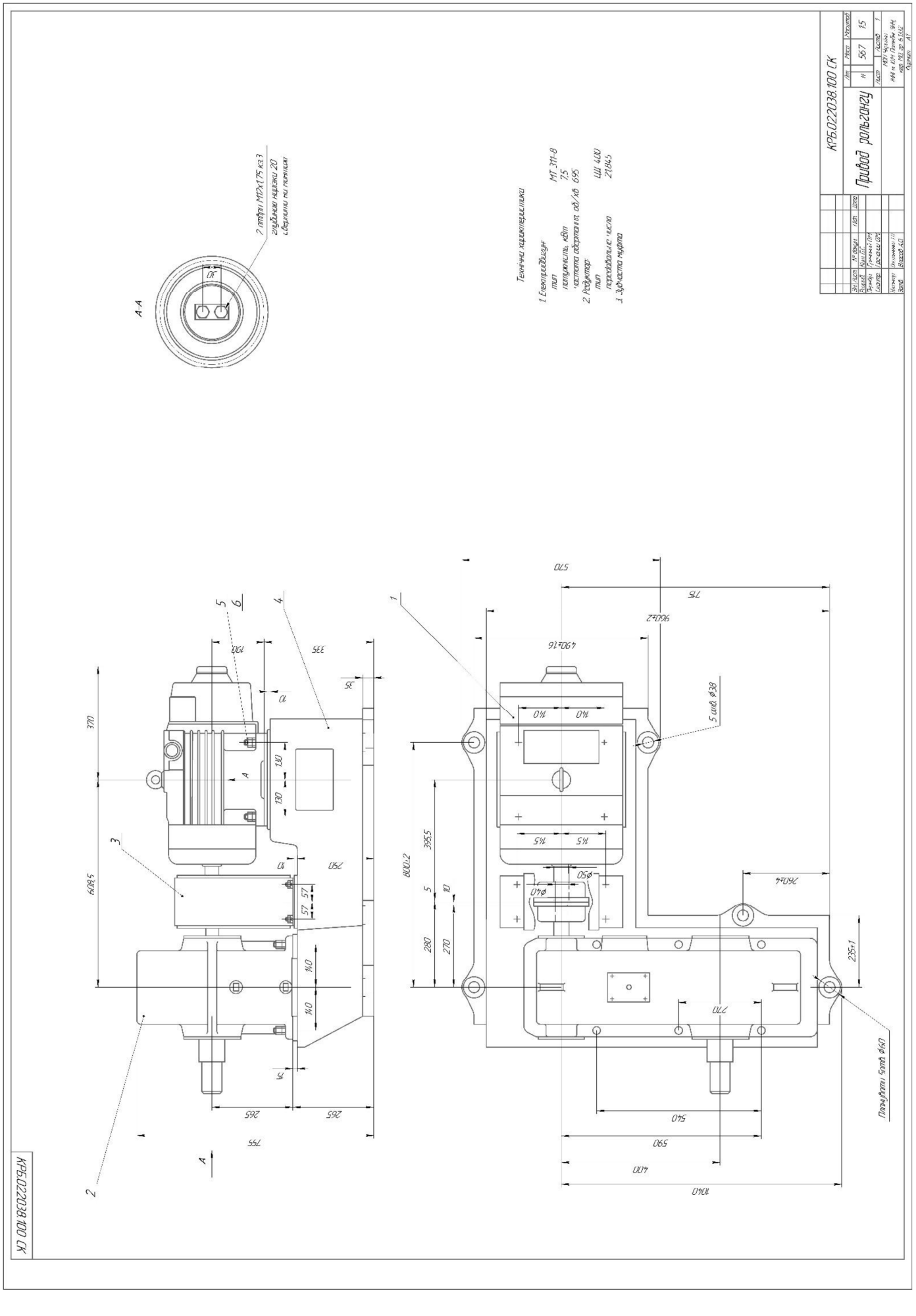
влаштування : навч. посіб. / Л. М. Шутенко та ін. Х. : ХНАМГ, 2010.

25. ДСТУ EN 13414-1:2014 Стропи сталеві канатні. Безпечність. Стропи вантажопідйомні (EN 13414-1:2003+A2:2008, IDT). *БУДСТАНДАРТ Online - нормативні документи будівельної галузі України*. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=75396 (дата звернення: 08.06.2026).
26. URL: https://1kanat.com.ua/catalog/ (дата звернення: 08.06.2026).
27. ДСТУ EN 13414-1:2018 Стропи зі сталевих дротяних канатів. Безпечність. Частина 1. Стропи вантажопідіймальні загальної призначеності (EN 13414-1:2003 + A2:2008, IDT). *БУДСТАНДАРТ Online - нормативні документи будівельної галузі України*. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=78002 (дата звернення: 08.06.2026).
28. НПАОП 27.0–1.01–08 Правила охорони праці в металургійній промисловості.
29. НПАОП 27.0-3.01-08. Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам металургійної промисловості. *БУДСТАНДАРТ Online - нормативні документи будівельної галузі України*. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25712 (дата звернення: 02.06.2026).
30. Методичні рекомендації для проведення атестації робочих місць за умовами праці. *БУДСТАНДАРТ Online – нормативні документи будівельної галузі України*. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc–page.html?id_doc=52872 (дата звернення: 02.06.2026).
31. Пільговий стаж і достроковий вихід на пенсію – КВПУ, Конфедерація вільних профспілок України. *КВПУ, Конфедерація вільних профспілок України*. URL: https://kvpu.org.ua/profnews/konsultatsiia–uk/pilgovyj–stazh–i–dostrokovyj–vyhid–na–pensiyu/ (дата звернення: 02.06.2025).

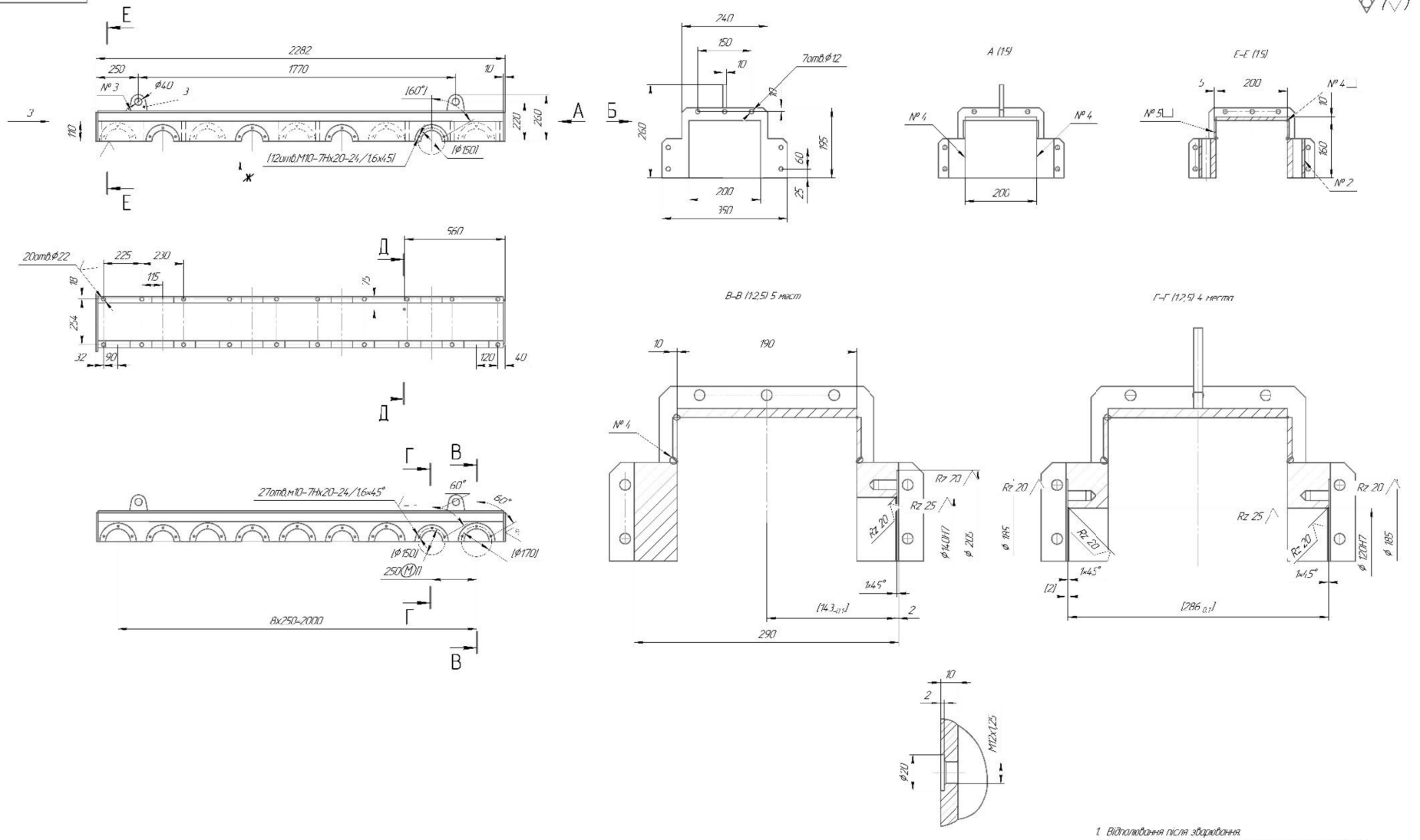
ДОДАТКИ


КРБ.022038.000 ВЗ
Рольганг цепной поперечно-толкающий разливочный
Масса 87680
Масштаб 1:10
Лист
Листов 1
Разработал
Проверил
Н.контр.
Утв.
Копировал
Формат А1
11х500=5500
12х500=6000
6980
2980
2800
755
265
190
100
400
410
500
690
315
760
Ø40
А
Б
В
Г
Д
Е
Ж
З
И
1
2
3
4
5
6


КРБ.022038.000 Б3
А-А (1:5)
Б-Б (1:4) 12мест
В (1:2,5)
Г-Г (1:2)1ист1
Д (1:2,5)
Т-Т (1:2)
5х400=2000
3172
3164
2720
ф225
ф300
ф150
ф80
ф110
ф105
8х40
400
263
685
505
80
40
10
276
197
ф760
ф656
ф120 H7 r1
ф140 H11 f7
ф90 H11 f7
ф75H11
ф50K6
ф95
ф80K6
ф65K6
M24
M20
M16
ф21
60
58
20
50
30
205
158
150
23
15
110 H7
ф50
ф60
20,5
5
80
7
8
9
10
11
6
12
13
14
16
17
1
2
3
4
5
15
В
Т
Д

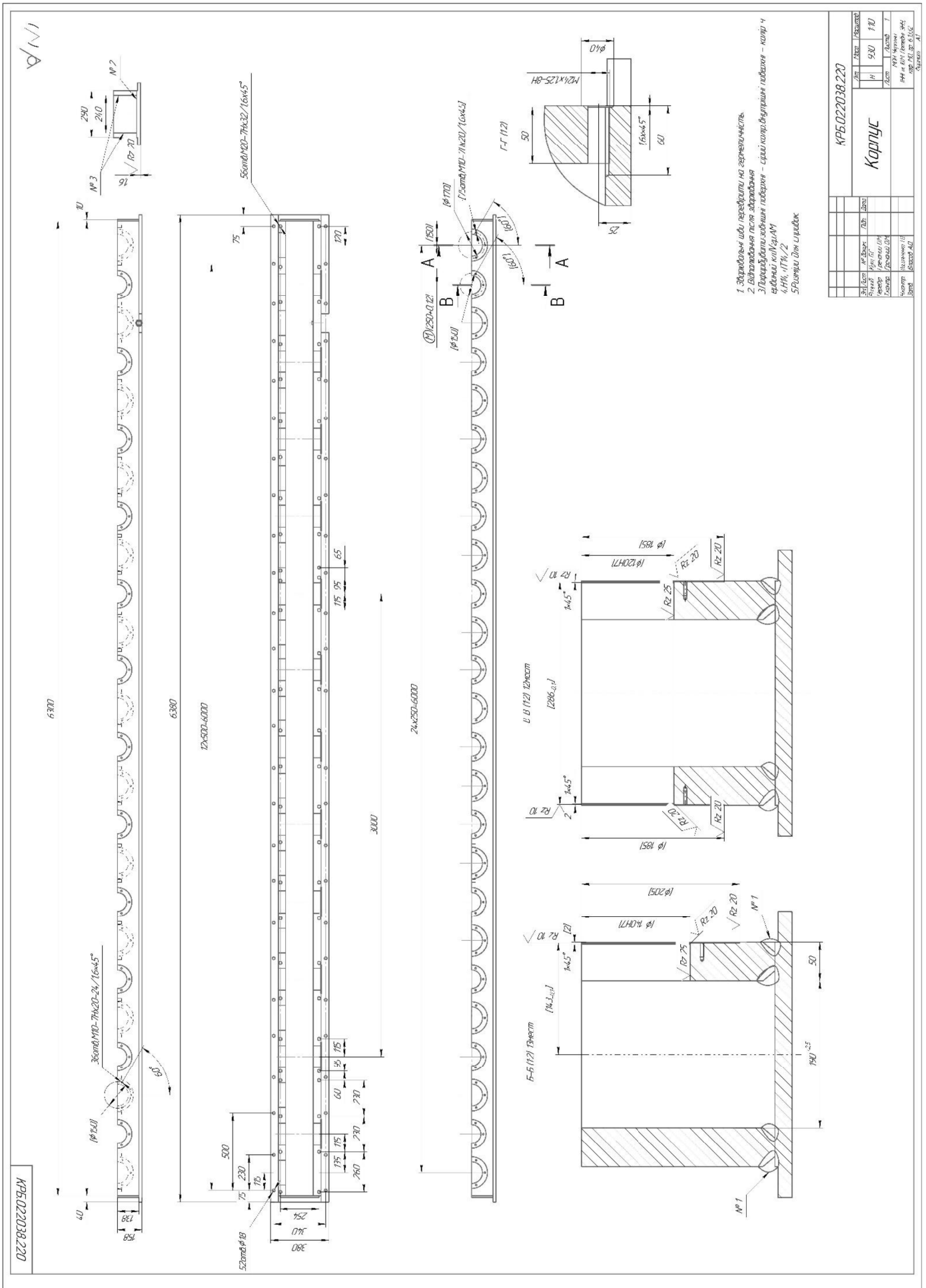

КРБ.022038.100 СК
Привод роль20Н2У
Технические характеристики
1 Электродвигатель:
тип 4А 71А4У3
мощность, кВт 0,37
частота вращения, об/мин 1360
2 Редуктор:
тип ЦЧ 400
передаточное число 21,84
3 Муфта упругая
2 отв. М12х1,75 кл.3
глубина нарезки 20
сверлить по месту
Масса, кг 51,0
Материал Ст3сп ГОСТ 380-94
Покрытие Эмаль ПФ-115 ГОСТ 6465-76
Лит. Масс. Масштаб
1:5
Лист 1 Листов 1
Копировал
Формат А1

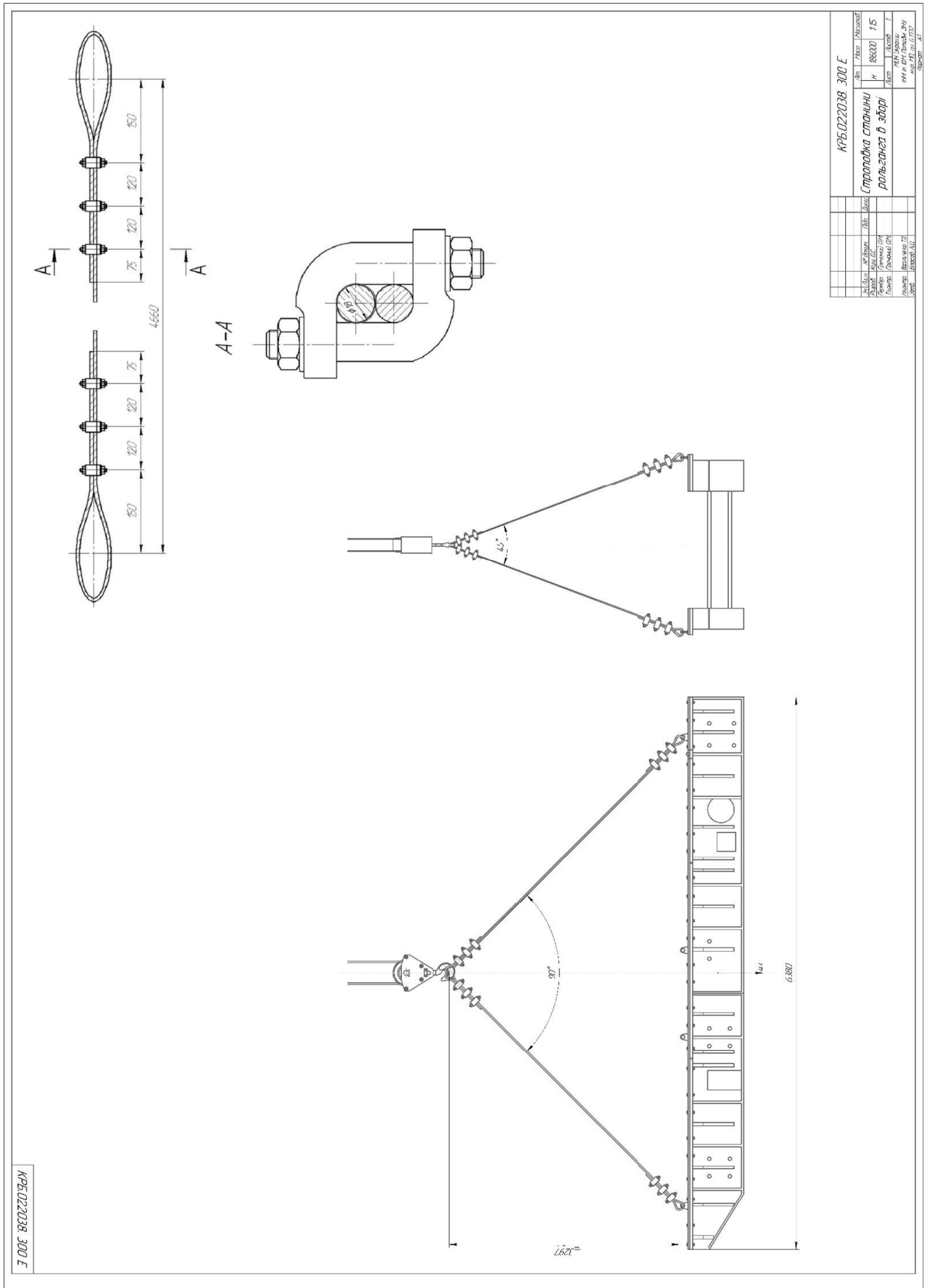
КРБ.022038.210

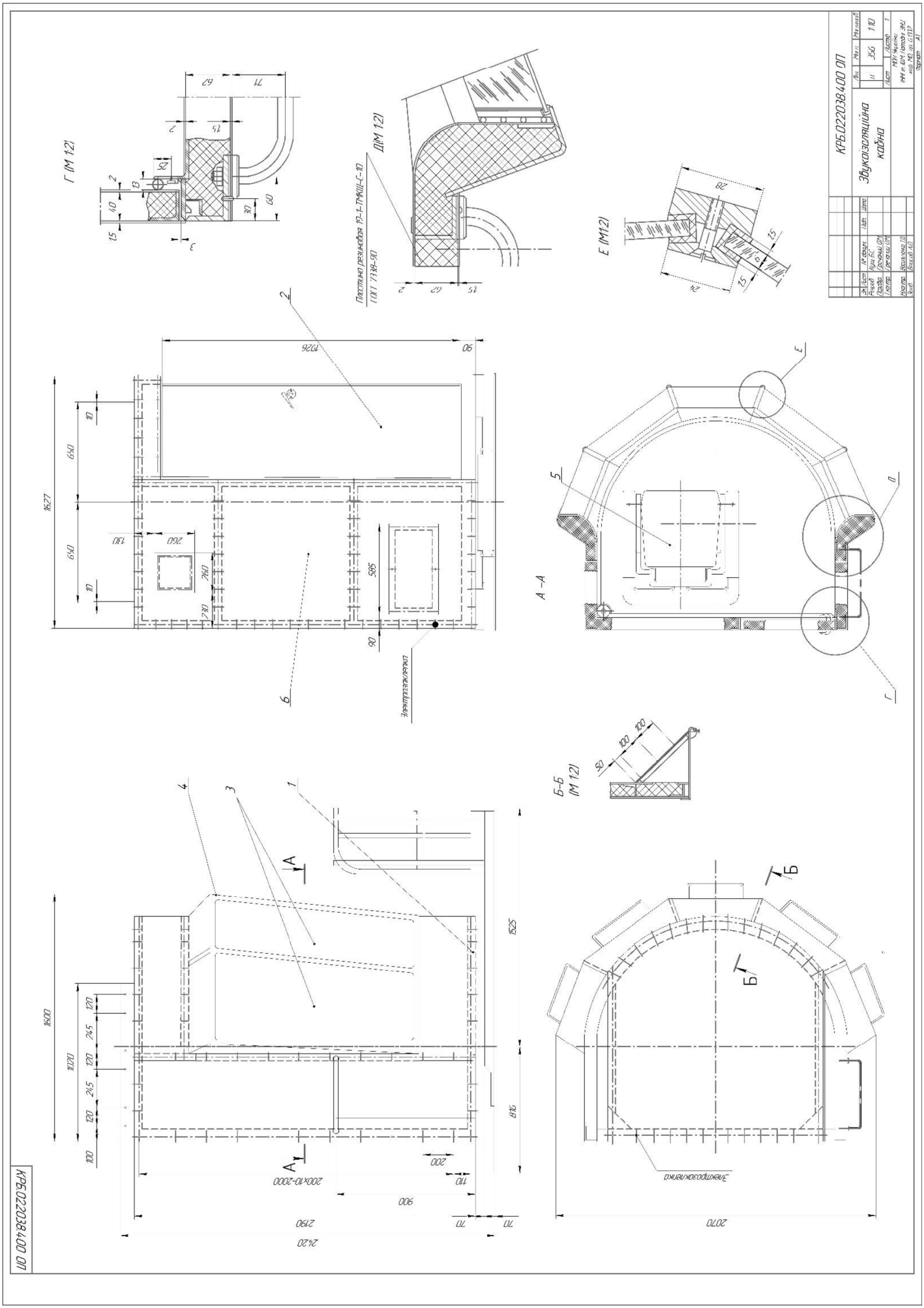


1. Відполювання після зварювання.
2.Попередньо фарбувати зовнішні поверхні–сірий колір,внутрішні поверхні – колір червоний кл.IV гр.АМ
3.H14, ±IT14/2
4.Розміри для справок.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	КРБ.022038.210				
Розроб.		Куди В.І.			Кришка	Літ.	Маса	Масштаб	
Перевір.		Грінченко О.М.				Н	215	1:10	
Н.контр.		Грінченко О.М.				Аркуш	Аркушів 1		
Затв.		Бєлоусов А.І.				МАУ Україна 818 гк ІОМ Павлюк Я.Н. кор. МАУ гр. гк1937			
Копіював						Формат А1			


КРБ.022038.220
Корпус
1. Обозначения видов переработки на чертежах.
2. Неуказанные после закругления
3. Покрытие - грунт ГФ-021 красно-коричневый
4. Н14, h14/2
5. Размеры для справок
6. Н14, h14/2
Масса 940
Масштаб 1:10
Лист 1
Листов 1
Копировал
Формат А1
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Инв.№ подл. | Подп. и дата | Взам.инв.№
Инв.№ дубл. | Подп. и дата
Копировал | Формат А4
6300
6380
12×500=6000
24×250=6000
3000
Зсопф.М20-7Н×32/16g4,5"
Зсопф.М20-7Н×20-24/16g4,5"
2сопф.Ф18
М24×1,25-8Н
Ø40
16g4,5"
60
50
25
Ø170
Ø150
Ø178
Ø158
Ø138
Ø254
Ø340
Ø380
Ø40
Ø60
Ø80
Ø90
Ø100
Ø120
Ø185
Ø205
Rz 10
Rz 20
Rz 25
№ 1
№ 2
№ 3
Б-Б (1:2) 12листов
В-В (1:2) 12листов
Г-Г (1:2)


КРБ.022038. 300 Е
Строповка станини рольганга в зборі
Масштаб 1:5
Лист 1
Листів 1
Формат А1
150
120
120
75
4660
75
120
120
150
А
А
А-А
Ø40
45°
90°
6380
3297


КРБ.022038400 ОП
Звукоизолирующая кабина
Г (М 1:2)
Д(М 1:2)
Е (М1:2)
А –А
Б–Б (М 1:2)
Электроразводка
1926
1627
585
2070
1525
2420
2790
900
200х10-2000