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 МАГІСТРА

На тему Аналіз конструктивних параметрів роликів рольгангів прокатних станів з метою їхнього удосконалення

Виконав: магістрант групи 8.1333

Андріїв М.І.
(ПІБ) (підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма
Металургійне обладнання
(шифр і назва)

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

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

Запоріжжя – 2024 року

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

Кафедра металургійного обладнання

Рівень вищої освіти магістр
(другий (магістерський) рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Спеціалізація
(шифр і пазва)

Освітньо-професійна програма Металургійне обладнання
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедрою А.О. Власов

_____

“____” _____20___ року

Завдання
до випускної кваліфікаційної роботи магістра

Андріїва Мирослава Ігоровича
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Аналіз конструктивних параметрів роликів рольгангів прокатних станів з метою їхнього удосконалення
керівник кваліфікаційної роботи Ph.D., доцент Гречаний О.М., затверджені наказом вищого навчального закладу від “28“ лютого 2024 року № 359-с.
2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи 09 грудня 2024 року.
3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи техніко-економічні показники роботи дільниці прокатного стану 2800
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Огляд науково-технічних рішень удосконалення транспортуючого обладнання та обґрунтування обраного напрямку роботи; 2. Розрахункова частина; 3. Дослідно-експериментальна частина; 4. Охорона праці та техногенна безпека в галузі. Загальні висновки та рекомендації
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень): 1. Рольганг агрегату повздовжньо-поперечного різання – 1А1; 2. Ролик рольгангу – 1А3х2; 3. Корпус підшипникової опори – 1А2; 4. Дослідження впливу співвідношення внутрішнього та зовнішнього діаметрів на площу поперечного перерізу ролика рольганга – 1А1 5. Імітаційне моделювання роботи ролику трубчастого перерізу з використанням кінцево-елементного пакету Ansys Workbench – 1А1; 6. Аналіз енергоефективності запропонованої конструкції ролика рольганга – 1А1.; 7. Звукоізоляційна кабіна – 1А1.

6. Консультанти 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 магістерської роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційої роботи	Примітки
1	Збір матеріалу на кваліфікаційну роботу	29.05.2024 – 25.06.2024	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань кваліфікаційної роботи	01.09.2024 – 17.09.2024	
3	Виконання теоретичної частини кваліфікаційної роботи	18.09.2024 – 18.10.2024	
4	Виконання графічної частини кваліфікаційної роботи	19.10.2024 – 19.11.2024	
5	Написання та оформлення пояснювальної записки	20.11.2024 – 30.11.2024	
6	Перевірка кваліфікаційної роботи консультантами	01.12.2024 – 03.12.20243	
7	Попередній захист	09.12.2023	
8	Переплітання пояснювальної записки	Згідно з графіком	
9	Захист	Згідно з графіком	

Здобувач _____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційої роботи _____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Андріїв М.І. Аналіз конструктивних параметрів роликів рольгангів прокатних станів з метою їхнього удосконалення

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальність 133 – Галузеве машинобудування, науковий керівник О.М. Гречаний. Запорізький національний університет, інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра металургійного обладнання, 2024.

Проаналізовані наявні технічні рішення спрямовані на удосконалення роликових рольгангів. Запропонований варіант конструкції ролика рольганга. Проведено аналіз впливу зміни геометричних характеристик ролика рольганга на його матеріалоємність та енергоефективність його приводу. Досліджено напружено–деформований стан запропонованої конструкції ролика рольгангу кінцево-елеменнтним методом.

Ключові слова: РОЛЬГАНГ, РОЛИК, ПЛОЩА ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ, НАПРУЖЕНО–ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

ABSTRACT

Andriiv M. I. Analysis of Structural Parameters of Rollers of Rolling Mills for the Purpose of their Improvement.

Qualification final work for obtaining a higher education degree of a master's degree in specialty 133 - Industrial engineering, scientific adviser O.M. Hrechanyi. Zaporizhzhia National University, Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebni, Department of Metallurgical Equipment, 2024.

The analyzed available technical solutions are aimed at improving roller conveyors. The proposed version of the design of the roller of the roller conveyor. An analysis of the influence of the change in the geometric characteristics of the roller conveyor roller on its material capacity and energy efficiency of its drive was carried out. The stress-strain state of the proposed design of the roller conveyor roller was investigated using the finite element method.

Keywords: ROLLER, ROLLER, CROSS-SECTION AREA, STRESS-DEFORMED STATE, ENERGY EFFICIENCY

Зміст

Вступ 7
1 ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТУЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНОГО НАПРЯМКУ РОБОТИ 9
1.1 Огляд та аналіз основного технологічного обладнаня прокатного цеху 9
1.2 Характеристика основного механічного устаткування цеху, що приймає участь в технологічному процесі 11
1.3 Огляд технічних рішень спрямованих на удосконалення рольгангів та обґрунтування обраного напрямку досліджень 30
2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА 35
2.1 Розрахунок пприводу рольганга 35
2.2 Розрахунок ролика рольганга 39
2.3 Розрахунок підшипникових опор роликів рольганга 47
3 ДОСЛІДНО–ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА 49
3.1 Визначення оптимальної конструкції ролика рольганга 49
3.2 Аналіз напружено–деформованого стану запропонованої конструкції ролика рольгангу з використанням програмного продукту Ansys Workbench 52
3.3 Імітаційне моделювання роботи ролику трубчастого перерізу з використанням програмного продукту Ansys Workbench 58
3.4 Порівняльний аналіз енергоефективності приводу роликів суцільного та трубчатого перерізу 61
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА В ГАЛУЗІ 64
4.1 Виявлення та оцінка шкідливих факторів виробничого середовища 64
4.2 Заходи щодо усунення небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища. 65
4.3 Технічні рішення по виробничій санітарії 66
4.3.1 Мікроклімат 66
4.3.2 Природне й штучне освітлення 68

4.4 Заходи щодо техніки безпеки 69
4.5 Заходи пожежної та техногенної безпеки 70
4.6 Розрахунок необхідної звукоізоляції кабіни пульта керування 72
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ 75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ 76
СПИСОК ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ 81
ДОДАТКИ 82

Вступ

На відміну від інших видів обробки металів тиском (кування, штампування, пресування) деформація (обтиснення) металу при прокатці здійснюється безупинно обертовими робочими інструментами - валками, тому процес прокатки є найбільш високопродуктивним (продуктивність сучасного дротового або сортового стана досягає 1 млн. тонн у рік, а листового - 3-4 млн. тонн у рік).

Сучасні прокатні стани – це складні потокові безперервні й автоматизовані агрегати, що працюють при більших швидкостях (20 - 40 м/сек). До складу встаткування прокатного цеху, окрім робочих клітей, у яких здійснюється властиво прокатка (обтиснення) металу, входить устаткування для термічної обробки (відпалення, нормалізації, загартування), поліпшення якості поверхні (травлення, електричного очищення), нанесення захисних покриттів (лудіння оловом, хромування, цинкування, покриття пластмасою), обробки прокату (виправлення, різання), сортування й упакування.

В металургійному виробництві основним транспортуючим обладнанням, що забезпечує переміщення заготовки та готової продукції між технологічними операціями, виступають рольганги.

За своєю конструкцією рольганги бувають з груповим, індивідуальним приводом роликів і з холостими роликами. Робочі рольганги обтискних (блюмінгів і слябінгів) і прокатних станів працюють в дуже важких умовах. Ролики піддаються ударам під час кантування і також при виході зливка з валків, тому важливою задачою є забезпечення їхньої роботоздатності та пошук нових конструктивних рішень, які б дозволили зменшити не тільки металоємність, а й підвищити енергоефективність їхнього приводу.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є дослідження роботи рольгангу прокатного стану з подальшою оптимізацією конструктивних параметрів роликів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- виконати аналіз раніше проведених досліджень в питаннях удосконалення конструкції транспортуючого обладнання для переміщення листового пркату в технологічному процесі, зокрема роликових рольгангів;
- визначити навантаження, що діють на основні виконавчі елементи роликовго рольгангу;
- встановити оптимальну констркцію ролика рольганга з точки зору його геометрії;
- провести аналіз напружено–деформованого стану запропонованої конструкції ролика рольгангу кінцево-елементним методом з використанням спеціалізованих програмних продуктів;
- виконати порівняльний аналіз енергоефективності приводу роликів суцільного та трубчатого перерізу

Предмет дослідження – конструктивні параметри роликового рольгангу з груповим приводом.

Об'єкт дослідження – ролик рольгангу.

Апробація результатів роботи. Основні положення роботи доповідалися на: Міжнародній науково-практичній конференції Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету «Інженерні інновації та розбудова національної економіки». Запоріжжя: ЗНУ, 2024 р. Опубліковано тези доповіді.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг роботи включає 91 сторінку, у тому числі 75 сторінок основного тексту, 20 рисунків, 10 таблиць, 58 найменувань використаних джерел на 5 сторінках, 9 додатків.

Робота виконана на кафедрі металургійного обладнання, інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні, Запорізького національного університету.

1 ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТУЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНОГО НАПРЯМКУ РОБОТИ

1.1 Огляд та аналіз основного технологічного обладнаня прокатного цеху

Опис технологічного процесу розглянемо на прикладі дільниці широкоштабового стану 2800 ПАТ «Запоріжсталь».

Окрім прокатного стану 2800 дільниця складається з травильного відділення, листообробки й сортування, відділення шліфування й полірування листів і пластин та має випалювальні печі [1].

Стан призначений для виробництва великогабаритного холоднокатаного листа товщиною 1,5 – 5,5 мм, шириною, 1000– 2550 мм і довгої до 4500 мм вуглецевих, легованих і нержавіючої сталі [2].

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 травка металу. Спочатку метал поміщають у ванну з кислотою, а потім з водою [3].

У відділенні шліфувальних листів і пластин полірують нержавіючу сталь до 9 класу обробки поверхні. Полірувальна смуга 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 цех 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 поверхня за допомогою пневмомашин і промаслюють листи.

Також 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 смуги АШП;

– чотири полірувальних верстати призначені для обробки металевого листа.

Після вивантаження на складі металу, рулони надходять на агрегати поперечного різання, де вони ріжуться на листові заготівлі. Далі схема технологічного процесу виробництва листів з різних сталей наступна:

Виробництво нержавіючої сталі.

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.Дресировка 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.

1.Травлення.

2.Попередній відпал.

3.Холодна прокатка листів на стані 2800.

4.Світлий відпал.

5.Дресировка 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.

1.2 Характеристика основного механічного устаткування цеху, що приймає участь в технологічному процесі

Основним агрегатом цеху холодної прокатки №3 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), що не іржавіє (Н) і вуглецевої (В) сталей з розмірами, що наведені в таблиці 1.1, масою – 50–283 кг.

Таблиця 1.1 – Сортамент холоднокатаних листів для прокатки на стані 2800

Розмір	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.

Прокатка на стані 2800 розділяється на чорнову й чистову.

Чорнова прокатка виконується до товщини, після якої потрібно ще 3 пропуски при чистовій прокатці.

Чистова прокатка виконується після остигання металу протягом 20 годин, після чорнової прокатки на знову завалені в кліть робочих валках. Під час прокатки окалину й пил з робочих валків здувають повітрям, для забезпечення чистоти процесу. 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 [4].

Схему розташування обладнання стана 2800 наведено на рис.1.1 та рис.1.2.

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

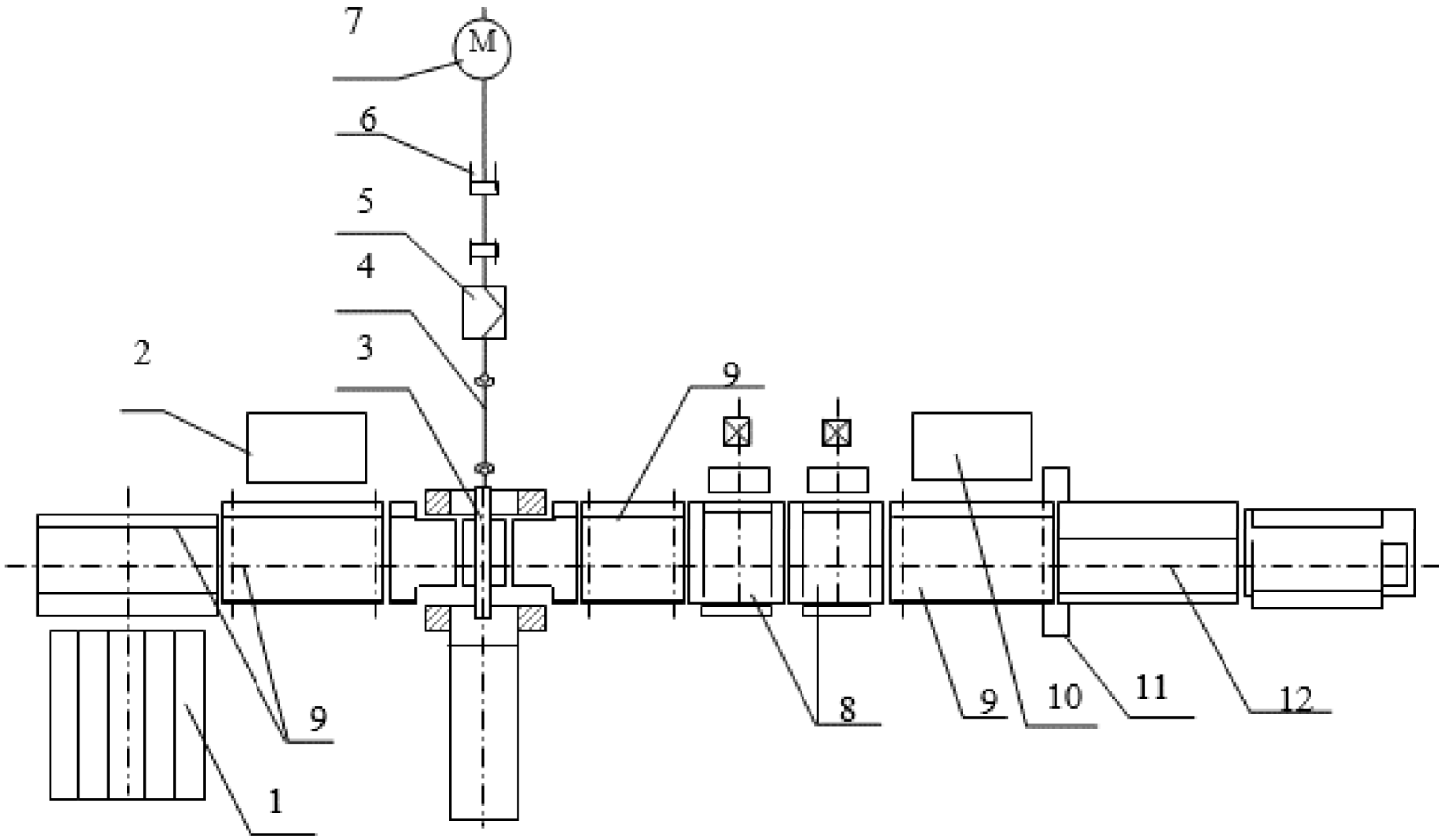
Привод валків кліті (безредукторний) здійснюється від електродвигуна через шестеренну кліть і шпіндельний пристрій. Для робочих валків використані підшипники кочення, для опорних валків – підшипники рідинного тертя.

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, $хв^{-1}$	– 40/80
Швидкість переміщення натискних гвинтів, мм/с	– 0,05 – 0,3–0,6
Оцінка рівня прокатки, мм	– + 900

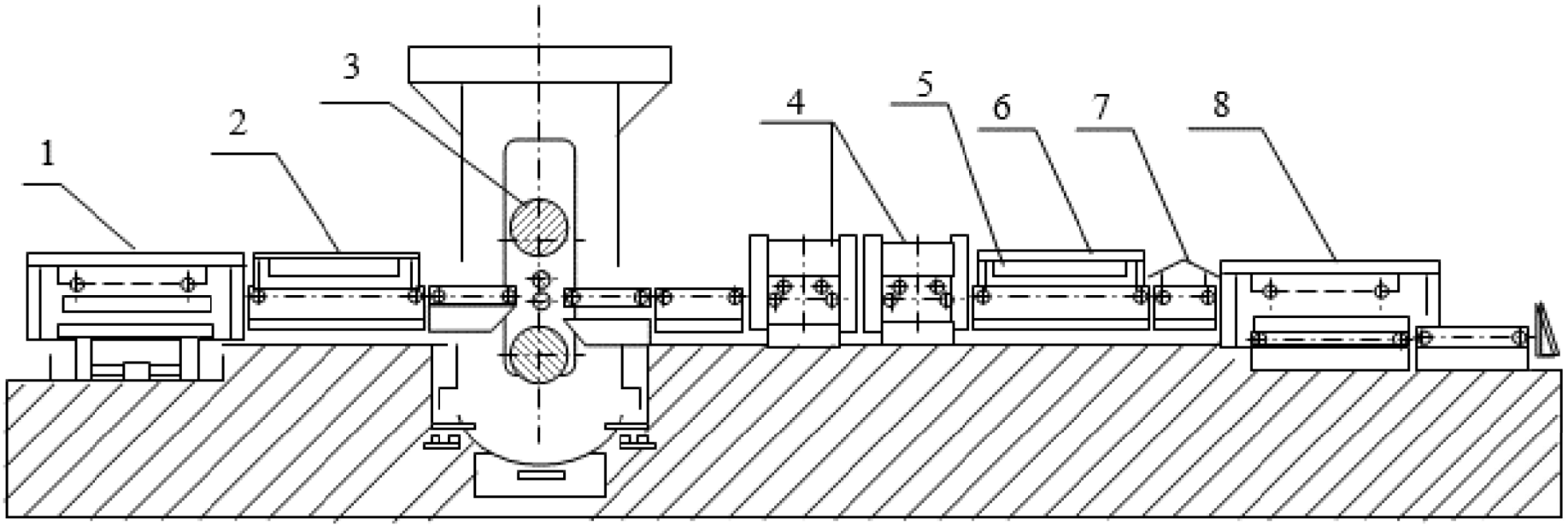
Висота цеху до головки рейок підкранової колії у виробничому прольоті + 10,5 м. Загальна площа будівлі цеху, зайнята станом, становить близько 2500 $м^2$.

Прокатка на стані кварто 2800 виконується поштучно всієї стопи листів.



1 – розкладальник листів з електромагнітними роликами, 2 – розкладальник листів з вакуумними підйомниками; 3 – робоча кліть кварто 2800; 4 – шпиндельний пристрій; 5 – шестеренна кліть; 6 – головна муфта; 7 – головний двигун; 8 – листоправильні машини; 9 –рольганги; 10 – укладальник листів з вакуумними підйомниками; 11 – машина промаслення листів; 12 –укладальник листів з електромагнітними роликами.

Рисунок 1.1 – Схема розташування устаткування стана 2800



1 – розкладальник листів з електромагнітними роликами, 2 – розкладальник листів з вакуумними підйомниками; 3 – робоча кліть кварто 2800; 4 – листоправильні машини; 5 – рольганги; 6 – укладальник листів з вакуумними підйомниками; 7 – машина промаслення листів; 8 – укладальник листів з електромагнітними роликами.

Рисунок 1.2 – Схема розрізу по осі прокатки стана 2800

Після прокатки листи укладають у стопи які передаються на вхідну частину стана для наступного пропуску через валки стана.

Для розкладки листів з пакета по одному й подачі їх на рольганг № 1 використовується електромагнітний розкладчик.

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 котушки.

Ролик другої секції має індивідуальний привод від двигуна постійного струму ДП–32, 12 кВт, 760 об/хв. Ролик має 72 електромагнітні котушки.

Технічна характеристика:

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 досягнення контакту найбільшої кількості електромагнітних роликів поверхнею коробоватых листів, рама першої секції з боку, протилежної 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 встановлено чотири піднімальних столи однакової конструкції: два столи на раскладальниках (з електромагнітом і з вакуумними присосками), а два столи на укладальниках листів (з електромагнітом і з вакуумприсосками).

В складі розкладальника стіл слугує для періодичного підйому пачок листів для можливості захоплення чергового листа магнітами або присосками, також стіл слугує для опускання пачки листів у міру збільшення її висоти.

Стіл являє собою зварену раму за допомогою траверз укріплену 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 об/хв. 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 № 7 повинен бути встановлений у положення «автоматична робота», а перемикач № 18 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 транспортери одинакової конструкції: один у головній частині для подачі пачок листів на стіл електромагнітного розкладчика. Другий – хвостової частини, призначений для збирання пачок листів зі стола електромагнітного укладальника.

Транспортер складається з дев'яти нескінченних ланцюгів, що паралельно рухаються.

Ланцюг транспортерів приводиться в рух від електродвигуна типу МТ-42 – 8 змінного струму, 16 кВт, 718 об/хв через циліндричний триступінчастий редуктор.

На транспортері листораскладальника встановлений кінцевий вимикач, призначений для зупинки двигуна при збігу поздовжньої осі пачки з поздовжньою віссю лінії стана.

Залежно від величини пачки листів оператор встановлює 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.

Технічна характеристика

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:

а) естакади;

б) візка, що несе раму із присосками;

в) піднімального стола;

г) вакуумної установки з розведенням вакуумпровода 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 виконуються гальмом ТКП–300.

Привод підйому й опускання рами із присосками – пневматичний.

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 розкладальників, коли візок перебуває над столом з піднятою рамою.

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. Якщо в розрахунковий час гальмування візок не дійшов до кінця, то через витримку часу двигун знову включається й доводить візок до крайнього положення. Потім опускається рама з листом і після спрацьовування вимикача лист скидається на рольганг.

Замиканням контакту електромагнітного вакуумметра подається імпульс на підйом рами, після чого візок рухається до стола (до вихідного положення) для повторення циклу.

Технічна характеристика

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 присосків по довжині рами	– 500 мм.
Кількість присосок	– 60 шт.
Робочий тиск повітря в мережі	– 4 – 6 атм.

Основним виконавчим органом прокатного стану є прокатна кліть, яка призначена для нереверсивної холодної прокатки й дресирування широких листів.

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.

Підшипники робочих валків кочення № 2077160, опорних – рідинного тертя 1180 – 1060 мм.

Станина вікна робочої кліті закритого типу.

Ширина вікна станини:

а) з боку перевалки.....1660 мм;

б) 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.

Перед, і за робочою кліттю встановлені по чотирьох станинних ролика 350 мм, крок роликів 500 мм. Кожна секція роликів має груповий привод МП–72, 17 кВт, 1150 об/хв., що з'єднаний шпинделем із крайнім роликом.

Від крайнього приводного ролика інші приводяться через паразитні шестірні.

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 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 МНм.

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 командоапаратом, – 400 мм.

Максимальний тиск на валки при роботі 4200 т.

Контроль руху натискних гвинтів здійснюється за допомогою сельсинів, установлених на пості № 9.

На кліті встановлений стрілочний покажчик розчину валків. Більша стрілка робить один оберт при ході натискного гвинта 2,5 мм, мала стрілка робить один оберт при ході 20 мм.

Зрівноважування верхнього опорного валка здійснюється за допомогою одного гідравлічного циліндра, установленого на верхньої траверзі станин.

Зрівноважування верхнього робочого валка здійснюється за допомогою чотирьох гідравлічних циліндрів, розташованих попарно в подушках нижнього робочого валка.

Тиск у системах гідрозрівноважування 100 атм.

При перевалці опорних валків вивалюють робітники 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.

Призначена для передачі й поділу крутного моменту від електродвигуна валкам робочої кліті використовується шестеренна кліть.

Технічна характеристика:

Міжосьова відстань – 700 мм.

Довжина бочки валків – 1400 мм.

Число зубів – 20.

Модуль зачеплення – (норм/торцевий) – 34/35.

Кут зачеплення – 30°.

Кут нахилу зуба по ділильному циліндрі – 13°, 43', 40"

Шестеренні валки виконані цільнокованими зі сталі 40ХН і змонтовані на підшипниках кочення. Валки мають зачеплення Новікова.

Змащення зачеплення й підшипників – рідке циркуляційне.

Шпиндельний пристрій призначено для передачі крутного моменту від шестеренних валків до валків робочої кліті.

Технічна характеристика:

Найбільший момент прокатки (на два шпінделі) – 700 т/м.

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, обладнені універсальними шарнірами. Зрівноважування шпинделів – гідравлічне. Змащення універсальних шарнірів – густе, централізоване, а опорних підшипників – рідке централізоване.

Механізм для зміни валків Призначений для перевалки (зміни) опорних валків.

Технічна характеристика

Швидкість переміщення каретки – 2,5 м/хв.

Хід каретки – 6600 мм.

Вага комплекту опорних валків (з подушками) – 220 тонн

Механізм представляє собою каретку з полозами, що пересувається по напрямним. Привод пересування каретки від електродвигуна МТК–42 – 8, 16 кВт, 680 $хв^{-1}$, через глобоідний і черв'ячний редуктори й двосторонні рейкові передачі.

Посаджений на полози (каретку) комплект опорних валків виводиться за межі кліті й знімається краном вроздріб.

Машина листоправильна 17х155х2800 призначена для виправлення листів товщиною від 2 до 4 мм і шириною до 2500 мм із границею текучості сталі до 60 кг/мм.

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, що направляють і тягнуть роликів – 2800 мм.

Діаметр робочої бочки, що направляють 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 униз – –15 мм.

Всі робочі бочки, що направляють і тягнуть ролики приводяться в обертання від електродвигуна типу П–147 – 9до, 630 кВт, 750 $хв^{-1}$, через редуктор, шестеренну кліть і карданні шпинделі.

Настроювання верхніх правильних роликів виконується чотирма натискними гвинтами, які приводяться в рух від двох електродвигунів МТК-1 Р – 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 пересувна 17х98х2800 призначена для виправлення листів товщиною 0,8 – 2 мм, шириною до 2500 мм, з межею міцності 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. По конструкції аналогічна машині 17х155х2800.

Технічна характеристика:

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, що направляють і тягнуть – 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 – 6 3,5 кВт, 875 $хв^{-1}$.

Електродвигун настроювання правильних роликів АОС–51 – 6 2,8 кВт, 850 $хв^{-1}$.

Електродвигун пересування машини МТК–42 – 8, 16 кВт, 685 об/хв.

Машина промаслення листів установлена перед електромагнітним укладальником листів і призначена для двостороннього промаслення листів.

Основні вузли машини:

- приводний рольганг, що складається із трьох ребристих роликів 250 мм;
- камера з вісьма форсунками для розпилення й промаслення листів;
- насосна установка з резервуаром для масла й мастилопроводом, установлена в приямку.

Технічна характеристика:

Швидкість руху листа – 0,5 м/с.

Кількість лопатевих насосів – 2 шт.

Продуктивність одного насоса – 12 $л/м^3$.

Робочий тиск – 50 $кг/см^2$.

Робочий обсяг резервуара – 0,8 $м^3$.

Температура масла – 40 – 50 ° С.

Електродвигун привода рольганга МТК–31 – 8, 7,5 кВт, 682 $хв^{-1}$.

Електродвигун привода насосів (2 шт.) типи АТ–42 – 6, 1,7 кВт, 930 $хв^{-1}$.

З торців камери встановлено по 4 форсунки, з яких по 2 працюють, інші резервні.

При роботі насосів масло з резервуара через зворотний і запобіжний клапани надходить у чотирьохходовий золотник, а потім до форсунок, де й розпорошується.

Форсунки встановлюються під кутом 30–35 °. Довжина факела регулюється вентилями. Запобіжний клапан настроюється на тиск 50 $кг/см^2$. Тиск масла в системі показує манометр. Схемою передбачене тільки ручне керування насосами. Нагрівання масла до температури 40 – 50 ºС здійснюється електродвигуном, що встановлений у видатковому резервуарі.

Для поповнення масла у видатковому резервуарі встановлений перекачний насос, що перекачує масло з резервуара, установленого в маслопідвалі.

Укладальники листів немагнітних сталей з вакуумприсосками, піднімальним столом і лінійками, що центрують призначені для забезпечення рівного бічного укладання листів немагнітних сталей у пакет.

По конструкції й принципу роботи аналогічні раскладальнику листів, раніше описаному.

Електромагнітний укладальник листів з ланцюговим транспортером, піднімальним столом і лінійками, що центрують Призначений для укладання листів магнітних сталей у пачки.

Укладальник являє собою рольганг із 11–ю порожніми звареними роликами. Ролики приводяться в рух від електродвигуна через циліндричний редуктор і дві шестеренні кліті.

Рольганги слугують для транспортування металу в технологічному процесі на значні відстані. У лінії стана 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.

Дані рольганги є рольгангами із груповим приводом, як привод використовувалася ланцюгова передача, при обриві якої (через влучення в ланцюг окалини, провисання ланцюга тобто недостатньої дії її натягувача) відбувалася аварійна зупинка стана 2800. Після проведеної реконструкції ланцюгова передача рольганга №4 була замінена на шестерний редуктор, що дозволило уникнути його подальших аварійних зупинок.

Технічна характеристика рольганга № 4:

Число обертів ролика рольганга – $n= 43$ хв$^{-1}$

Двигун МТ–311–8:

Потужність – $P=7,5$ кВт

Число обертів – $n=695$ хв$^{-1}$.

Редуктор ЦД–400:

Загальне передаточне число – 21,845

Міжосьова відстань, мм – 400

Редуктор шестеренний:

Загальне передаточне число – 1

Відстань між роликами – 500 мм

До обладнання, що використовується при фінішній обробці листа відноситься агрегат повздовжньо-поперечного різання. Агрегат призначений для обрізки поздовжніх і поперечних крайок холоднокатаних аркушів, сортування аркушів на поверхні й зачищення дефектів. Сортамент - листи з нержавіючих, легованих і вуглецевиxx 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 аркуша не повинен перевищувати 310 кг.

До складу агрегату подовжньо - поперечного різання входять:

1) вакуумний листораскладчик з піднімальним столом і рольганом №1;

2) рольганг №2 з пересувним лінійками;

3) дискові ножиці із кромкокрошителем і збиральним пристроєм;

4) рольганг №3 з пересувними лінійками;

5) ножиці з нижнім резом і збиральним пристроєм;

6) вимірювальний рольганг №4 з пересувним упором;

7) кантователь аркушів з рольгангами №5 і №6;

8) вакуумний листоукладчик з рольгангом №7 і піднімальним столом;

9) машина, що промаслює;

10) вакуумний листоукладчик придатних аркушів з піднімальним столом і рольгангами №8 і №9;

11) рольганг №10 з вагами для пачок;

Вакуумний листоукладальник призначений для переносу листів на рольганг №4 з пачки, покладеної на піднімальний стіл. Вакуумний листоукладальник обладнаний електродвигуном переміщення візка потужністю 16 кВт, 720 $хв^{-1}$, пневмоциліндром і вакуумною установкою. Робочий хід візка - 4000 мм, час одного циклу 18-20 с.

Піднімальний стіл вакуумного листоукладальника призначений для прийому пачки листів і підйому її при роботі рорзкладача. Максимальна вага пачки, що підіймається – 10000 кг. Максимальний хід стола – 800 мм, швидкість підйому стола – 25 мм/сек; привод підйому стола від електродвигуна потужністю 30 кВт, 725 $хв^{-1}$.

Рольганг №1 (рисунок 1.3) транспортує скинутий 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. Окружна швидкість роликів - 0,5 м/с.

Рольганг №2 транспортує лист у дискові ножиці. Рольганг має 12 роликів і лінійки, призначені для центрування листа по лінії різання перед завданням його в дискові ножиці. Характеристика рольганга відповідає рольгангу №1. Лінійки мають два приводи: електропривод грубого настроювання лінійок і пневмо лінійок точного центрування. Розчин лінійок – 1200 – 2900 мм, хід

лінійок від пневмопривода 2х150 м. Електропривод установки лінійок потужністю 7,5 кВт, 905 $хв^{-1}$.

Дискові ножиці призначені для обрізки бічних крайок листів. Діаметр дискових ножів 400 ÷ 450 мм, швидкість різання - 0,5 м/с., привод дискових ножів від електродвигуна постійного струму потужністю 32 кВт, 730 $хв^{-1}$. Передбачено можливість реверса двигуна дискових ножів і регулювання швидкості різання при зміні діаметра ножів.

Крайка з кожної сторони дискових ножиців направляється у свій кромкокрошитель. Після різки кромкокрошителем обрізки по ринвах попадає в короб для обрізків. Діаметр барабанів – 500 мм, число ножів на барабані – 4, ширина що обрізає кромки, 30 – 50 мм, привод кромкокрошителя від електродвигуна потужністю 15 кВт, 900 $хв^{-1}$.

Настроювання по ширині листа здійснюється переміщенням станин з ножами дискових ножиців і барабанів кромкокрошителя. Крім того, переміщення барабанів кромкокрошителя може вироблятися 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 кромкокрошителя від такого ж електродвигуна.

Збиральні пристрої для обрізків від дискових і гільйотиних ножиців являють собою короба, заставлені на пересувних візках. Хід візка гільйотиних ножиців – 4,8 метри, хід візка дискових ножиців - 5,5 метра, вантажопідйомність візка 1000 кг, швидкість переміщення візка – 0,35 м/с. Привод кожної з візків здійснюється від електродвигуна 3,5 кВт, 875 $хв^{-1}$.

Рольганг №3 транспортує лист у ножиці з нижнім різом для обрізки кінців листа. Число роликів рольганга - 12. Характеристика рольганга відповідає рольгангу №1. У рольгангу №3 вмонтовані лінійки, призначені для центрування листа по лінії різання перед завданням його в ножиці з нижнім різом. Конструкція лінійок аналогічна лінійкам рольганга №2.

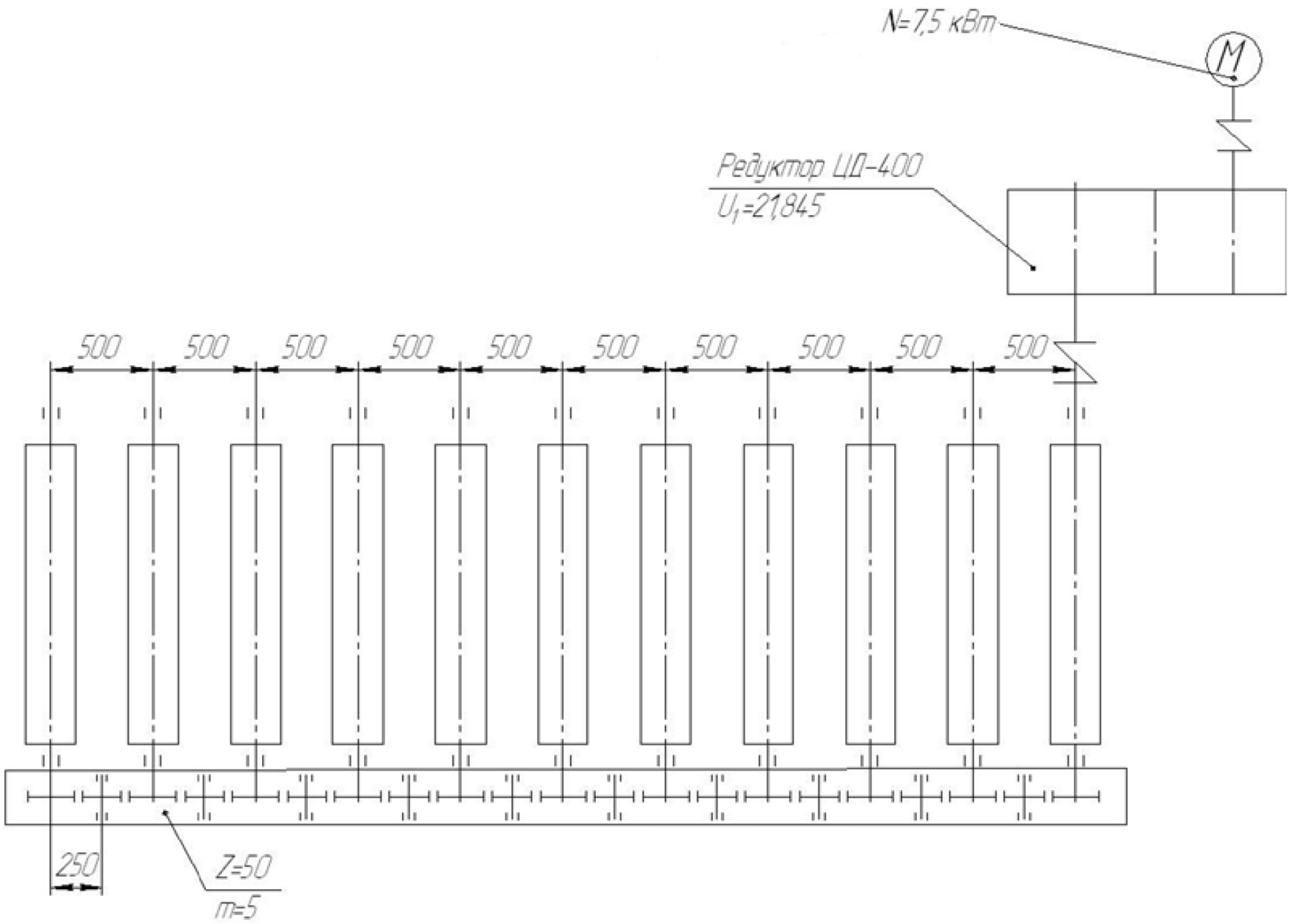


Рисунок 1.3 – Кінематична схема рольганга

Ножиці з нижнім різом призначені для обрізки переднього й заднього кінців листа. Ножиці мають пневмопривід скидача заднього обрізаного кінця листа.

Зусилля різання 400 кН, довжина ножів – 2800 мм, мінімальний розчин між ножами – 75 мм, відстань між віссю різа й віссю притиску 130 мм, кількість різів у хвилину – 10. Привод ножиців від електродвигуна потужністю 125 кВт.

Мірний різ листа на ножицях з нижнім різом забезпечується за допомогою пересувного упору. Упор установлюється на потрібній відстані від ножиців за допомогою механізму переміщення, що приводить електродвигуном потужністю 3,5 кВт, 875 $хв^{-1}$. Підйом і опускання упору здійснюється пневмоциліндром через систему важелів. Після установки положення упору фіксується двома стопорними механізмами. Фіксація виробляється пружиною через клин і важелі захватів. Розклинення захватів виробляється пневмоциліндрами.

Рольганг №4 установлений за ножицями з нижнім різом. Рольганг має 12 роликів. Характеристика роликів така ж як і в рольганга №1. Привод рольганга від електродвигуна 7,5 кВт, 695 $хв^{-1}$.

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

Два вакуумних листоукладальника призначені для укладання придатних і забракованих листів з рольгангів №7 і №8 у пачки. Пристрій вакуумних укладальників аналогічно пристрою вакуумного розкладача. Рольганги №7 і №8 мають по 813 роликів. Характеристики рольгангів відповідають рольгангу №1.

Як видно з наведеного аналізу всі вантажопотоки дільниці пов’язані з транспортними рольгангами і від їньої роботоздатності залежить ритмічність технологічного процесу загалом та окремо взятих агрегатів. Тому важливим завданням є розгляд підвищення надійності рольгангів та їхнього конструктивного удосконалення.

1.3 Огляд технічних рішень спрямованих на удосконалення рольгангів та обґрунтування обраного напрямку досліджень

Для транспортування металу, що подається до прокатного стану, прийому його з валків і пересування до допоміжних машин, наприклад койлбоксу, служать рольганги. Сучасні прокатні стани характеризуються потоковим технологічним процесом обробки металу, тому загальна довжина рольгангів досить значна, а їх маса іноді досягає 20-30% маси механічного обладнання всього прокатного стану [6, 7].

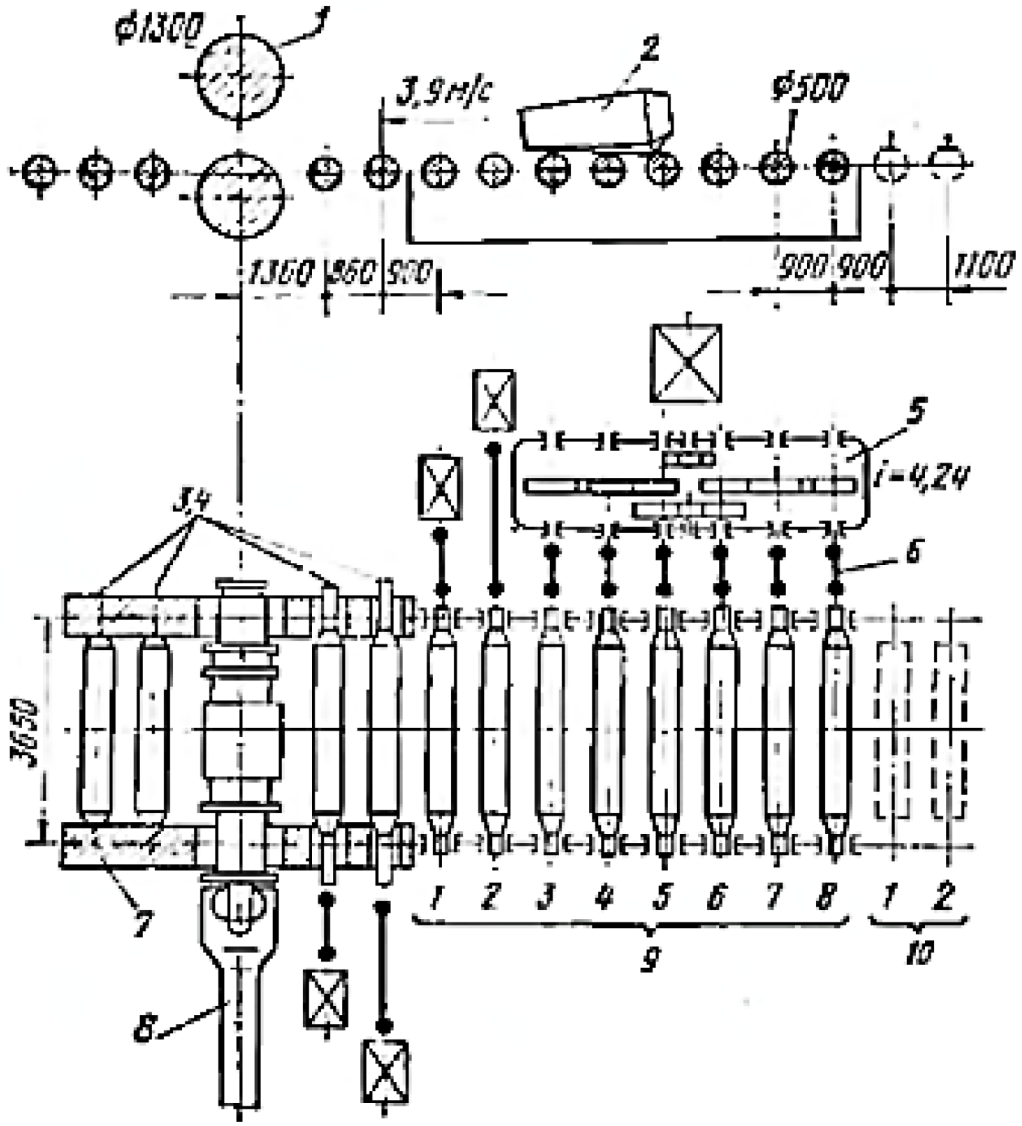
За своїм призначенням рольганги поділяють на робочі і транспортуючі. Робочими називають рольганги, розташовані безпосередньо в робочих клітях стану і служать для подачі металу у валки і прийому його валками. Транспортними називають всі інші рольганги, встановлені перед робочою кліттю і за нею, що зв'язують між собою окремі допоміжні машини і пристрої стану [4, 5].

На нових блюмінгах і слябінгах застосовують два види робочих рольгангів:

1) всі ролики (8–10 шт) рольгангу мають індивідуальний привод від окремих розташованих збоку тихохідних електродвигунів. Обертання передається через зубчасті муфти з подовженим валом. Такий рольганг вимагає встановлення великого числа двигунів завищеної потужності (для надійного приводу кожного ролика) і, крім того, вони потребують великих площ для розміщення цих двигунів перед робочою кліттю і за нею;

2) перші два–три ролика розташованих поруч зі станини роликами, мають індивідуальний привод, а решта 6–8 роликів – груповий привод від окремого редуктора з циліндричними шестернями і зубчасті муфти подовженого типу. Привод рольгангу другого типу займає менше площі сумарна потужність електродвигунів менше і, крім того, при прокаті щодо коротких злитків в перших проходах можна включати тільки перші ролики з індивідуальними приводами,

груповий привод включається тільки при наступних проходах, коли довжина металу, що прокочується стає більше 5м [4].



1 - валки; 2 - зливок; 3,4 - станинні ролики; 5 - редуктор; 6 - зубчасті шпинделі (муфти); 7 - станини робочої кліті; 8 - універсальні шпинделі від головних електродвигунів; 9 - робочий рольганг; 10 - розкочувальний рольганг

Рисунок 1.4 – Робочий рольганг блюмінгу

Робочий рольганг складається з восьми роликів. Перші два ролика мають індивідуальний привод від електродвигунів постійного струму потужністю 135/42 кВт (470/150 об/хв, (ПВ = 100%)) через зубчасті муфти подовженого типу; максимальна окружна швидкість роликів 3,9 м/с. Решта 6 роликів мають

груповий привод від електродвигуна типу МПС 5400–1000 потужністю 200 кВт (500 об / хв, ПВ = (100%) через редуктор (і = 82/38 * 49/25 = 4.24) і паразитні проміжні шестерні (Z = 37); окружна швидкість роликів 3,1 м / с. Всі ролики цільноковані, діаметр 500 мм, довжина бочки 2800 мм, встановлені на дворядних сферичних роликопідшипниках, добре сприймають динамічні навантаження на ролики і їх прогин. Мастило редуктора рідке, проточне; зубчастих муфт – рідке, заливне; підшипників роликів рольгангу – густе.

Транспортні рольганги обтискних станів забезпечені груповим приводом аналогічного виду, але відрізняється полегшеною конструкцією, так як вони транспортують довгу штабу (блюм, сляб) і навантаження, що припадає на один ролик, менше. На всіх транспортних рольгангах зроблені бічні напрямлені сталеві лінійки, призначені для направлення рухомої штаби.

Рольганги з індивідуальним приводом роликів застосовують для транспортування прокату великої довжини (штаб, товстих листів, заготовок, профілів і т.д.), коли навантаження від маси металу, що припадає на кожен ролик, невелика. На відміну від рольгангов з груповим приводом рольганги з індивідуальним приводом мають дуже просту конструкцію. Кожен ролик встановлено на окремій рамі і може бути легко замінений; з типових роликів–блоків можна скласти рольганг будь–якої довжини з будь–яким кроком роликів.

Для приводу роликів застосовують асинхронні рольгангові двигуни в двох виконаннях: звичайні з лапами і фланцеві. Якщо необхідно регулювати швидкість рольгангів, для живлення цих двигунів застосовують перетворювачі частоти (10–60 Гц) [7-9].

На сортових станах застосовують також рольганги з приводом роликів від електродвигунів через звичайний карданний автомобільний вал. Лапи двигуна розташовані на плиті нижче рівня ролика, тому над електродвигунами рольгангу може бути розташований транспортер (шлеппер) для переміщення прокату [10].

Найбільш навантаженими вузлами рольгів є їхні виконавчі органи – ролики, тому всі зусилля конструкторів-механіків мають бути направленими на усунення саме їхньої конструктивної недосконалості [11].

Зазвичай ролики виготовляють з труб або цільнолитої циліндричної заготовки, до яких приварюють кінцеві маточини, що насаджуються на вал; іноді кінці труб обтискають для цапф. Опори роликів встановлюють на конічні роликопідшипники або (з не приводного боку) на підшипники з витими роликами [6]. Рами для роликів відливають з чавуну марки СЧ 15–32 або для важких рольгангів зі сталі 30Л. У разі приводу ролика через проміжну шестеренних пару останню монтують в самому корпусі опори ролика [12].

Необхідно відзначити, що конструкція багатьох роликів зроблена у вигляді циліндричної бочки. Причому однаково часто застосовуються варіанти з несучою бочкою і варіанти з несучою віссю. Дуже перспективні ролики з несучими бочками застосовують фірми Sack (ФРН) і DavyMcKee (Великобританія) [13,14]. Дані ролики зі сталевими несучими бочками мають антифрикційні покриття. Слід зазначити, що фірми Schlomann – Siemag (ФРН) і NipponSteel (Японія) застосовують ролики з несучою віссю. Необхідно відзначити, що в фірмі DavyMcKee використовуваному ролику аналогічний ролик з несучої бочкою був використаний в рольгангах вітчизняного виробництва. Бочка даного рольгангу виготовляється зі сталі з зносостійким покриттям на основі нікелю і хрому. Дане покриття наноситься на поверхню бочки ролика методом плазмового напилення. Однак у зв'язку зі складністю забезпечення необхідної міцності зчеплення покриття з підкладкою, у вітчизняних варіантах в якості матеріалу бочки застосували чавун СЧ 28–32. В подальшому цей чавун був замінений на жароміцний чавун ЖЧХН. Всі ролики на заводі–виробнику піддаються динамічному балансуванню. Допустимий дисбаланс – не більше 15÷20Нм.

Аналіз винаходів за останні п'ятдесят років показує, що найважливішим і складним завданням є підвищення надійності роботи його відвідного рольгангу. Для підвищення терміну експлуатації роликів запропоновані різні конструкції роликів [15-22]. Наприклад, ролики з профільованою бочкою, виконаної у вигляді чергуючихся циліндрів більшого і меншого діаметру зі складовими бочками і т.д. Слід зазначити, що з кільцевих елементів складаються ролики із

складовими бочками. Дані кільцеві елементи безпосередньо контактують з транспортуються гарячим металом. Кільцеві елементи зроблені з керамічних матеріалів.

Для збільшення надійності роботи роликів, зменшення їх вартості і трудомісткості ремонтних робіт, запропоновані конструкції збірних роликів. Дані ролики складаються з валу і робочої поверхні. Робоча поверхня – сталева легкозамінна штаба. В Японії і ФРН розроблені різні матеріали для нанесення покриття на бочки роликів. Дані покриття дозволяють захистити ролик відвідного рольгангу від зносу і утворення тріщин. Для захисту від утворення тріщин використовують спеціально створені профілі у вигляді канавок певної форми на поверхні ролика, також застосовують зміцнення лазерним променем. При цьому від теплового напруження з'являються тріщини, що поширюються в напрямках, які не впливають на вихід роликів з ладу. Підвищенню надійності рольгангів сприяють технічні рішення, запропоновані в роботах [23,24]. Необхідна надійність досягається шляхом вдосконалення конструкції приводу. Однак, при цьому істотно ускладнюється конструкція відвідного рольгангу. Зазначається, що вихід з ладу елементів приводу підвідних рольгангів в більшості випадків пов'язаний з недостатнім рівнем технічного обслуговування, особливо незабезпечення задовільною кількістю мастила у підшипникових вузлах. Все це призводить до швидкого виходу із ладу підшипників та еластичних оболонок муфти.

Слід зазначити, що техніко-економічний ефект від використання перерахованих вище патентів і авторських свідоцтв частково усунули недоліки транспортування штаб на підвідному рольгангу, зменшили витрати на закупівлю запасних частин і на проведення ремонту. Однак деякі проблеми не усунуті. В даний час усунення перерахованих вище недоліків є актуальним питанням. З проведеного аналізу випливає, що оптимальною конструкцією ролика рольганга є – трубчаста з індивідуальним приводом. Тому першим кроком буде дослідження термо-напруженого стану кільцевого ролика рольганга. Наступний етап модернізації – перехід від групових приводів до індивідуальних.

2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок пприводу рольганга

Виходячи з конструкції роликів рольганга і розмірів листа можна зробити висновок, що лист максимальної довжини спирається на сім роликів рольганга.

Максимальні розміри листа – 8х1500х3000 мм;

Навантаження на кожний ролик від листа максимального [25]:

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

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

n – кількість роликів на які опирається лист, n−7 шт.;

$$Q_1 = \frac{2,8}{7} = 0,4\text{кН}$$

Максимальний статичний момент рівний моменту при буксуванні роликів по листу, практично неминучий для всіх рольгангів із-за раптової затримки листа з різних причин [26]:

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

де G_1 – вага ролика, G_1=6,8 кН;

d – діаметр цапфи ролика, d=0,1 м;

μ – коефіцієнт тертя в підшипниках, μ=0,008;

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

D – діаметр бочки ролика, D=0,3 м;

Тоді:

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

Максимальний пусковий момент, який враховує динамічний момент при запусках, обмежується можливим прискоренням а листа, виходячи з наступної умови сил тертя між листом і роликом [27]:

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

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

g – прискорення вільного падіння;

Тоді максимальний пусковий момент рівний сумі моменту буксування і динамічного моменту, потрібного для розгону самого ролика з максимальним прискоренням [28]:

$$M_{max} = M_{\text{бук}} + \frac{G_1 D^2}{4g} \cdot \frac{2a}{D} = M_{\text{бук}} + \frac{G_1 D^2 \cdot \left(\mu_1 - f \cdot \frac{2}{D} \right)}{2D} \qquad (2.4)$$

де G_1D^2 – маховий момент ролика;

Тоді:

$$M_{max} = 0,012 + \frac{6,8 \cdot 0,3^2 \cdot \left(0,15 - 0,001 \cdot \frac{2}{0,3} \right)}{2 \cdot 0,3} = 0,16\text{кН} \cdot \text{м}$$

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

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

З урахуванням передатного відношення шестеренного редуктора U_2=1, момент на тихохідному валу редуктора буде [29]:

$$M_Т = \frac{M_р}{U_2 \cdot \eta_2} \quad (2.6)$$

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

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

U_2 – передаточне число шестеренного редуктора, U_2=1;

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

З урахуванням передатного числа U_1 редуктора ЦД-400 і ККД η_1 момент на швидкохідному валу редуктора, а, виходить, і потрібний момент на валу електродвигуна складе:

$$M_б = M_{дв.} = \frac{M_Т}{U_1 \cdot \eta_1} \quad (2.7)$$

де η_1 – К.П.Д. редуктора ЦД-400, η_1=0,94;

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

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

$$M_б = M_{дв.} = \frac{1,98}{21,845 \cdot 0,94} = 0,096кН \cdot м$$

Вибираємо електродвигун МТ 311-8, потужністю $N_{дв}$=7,5 кВт, із числом обертів $n_{дв}$=695 хв$^{-1}$.

Момент на валу електродвигуна складе:

$$M'_{дв} = 9550 \cdot \frac{N_{дв}}{n_{дв}} \quad (2.8)$$

$$M'_{дв} = 9550 \cdot \frac{7,5}{695} = 103Н \cdot м = 0,103кН \cdot м$$

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

Число обертів тихохідного вала редуктора складе:

$$n_т = \frac{n_б}{U_1} = \frac{695}{21,845} = 31,82хв^{-1} \quad (2.9)$$

Число обертів кожного ролика рольганга складе:

$$n_р = \frac{n_т}{U_2} = \frac{31,82}{1} = 31,82хв^{-1} \quad (2.10)$$

IIри діаметрі ролика D=0,3 м лінійна швидкість утворюючої бочки ролика, а, виходить, і швидкість переміщення листа по рольгангові складе:

$$V_р = \omega \cdot \frac{D}{2} \quad (2.11)$$

де ω – кутова швидкість;

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_p}{30} = \frac{3{,}14 \cdot 31{,}82}{30} = 3{,}33 с^{-1} \quad (2.12)$$

Тоді:

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

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

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 перевищує $N_{дв}$=7,5 кВт, що при подвійній допустимій перевантажувальній спроможності для металургійних двигунів цілком можливе.

Таким чином, обрані електродвигун, редуктор і шестеренний редуктор в груповому приводі здатні по силових і швидкісних параметрах забезпечити роботу роликів рольганга по транспортуванню листів АППР.

2.2 Розрахунок ролика рольганга

Для передачі крутного моменту від циліндричного редуктора до ролика рольганга, обрана зубчаста муфта МЗ-4 ДСТ 5006-83 з передавальним моментом $М_м$=5,6 кН·м.

Окружна сила на муфті:

$$P_{ок} = \frac{2 \cdot M_{max}}{D_м} \quad (2.13)$$

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.

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

Знаходимо геометричну суму сил в зачепленні (рисунок 2.1):

$$P = \sqrt{P_w^2 + P_r^2} \qquad (2.14)$$

де P_w – окружна сила:

$$P_w = \frac{2 \cdot M_{max}}{d_д} \qquad (2.15)$$

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

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

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

P_r – радіальна сила:

$$P_r = P_w \cdot tg\alpha \qquad (2.16)$$

P_w – окружна сила, P_w=1,28 кН;

α – кут зачеплення, α=20°;

$$P_r = 1{,}28 \cdot \mathrm{tg}20° = 1{,}28 \cdot 0{,}364 = 0{,}47\text{кН}$$

Тоді, підставивши отримані значення в (2.14), отримаємо:

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

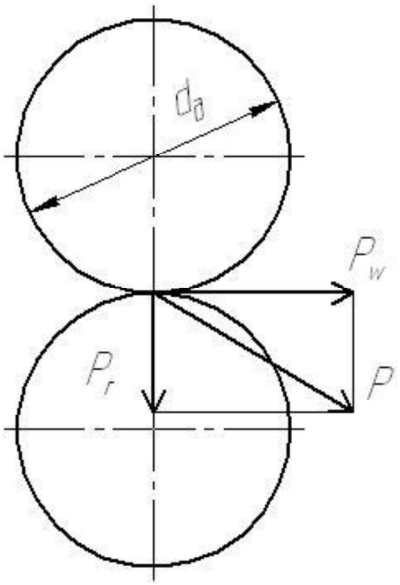


Рисунок 2.1 – Схема сил в зачепленні шестерні

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:

$$(Q_1 + G_1) = 0{,}4 + 6{,}8 = 7{,}2\text{кН} \qquad (2.17)$$

Представимо її у вигляді розподіленого навантаження на довжині $l_2=2800$ мм (рисунок 2.2) [30,31].

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

Окружні сили $P_{ок1}$ і $P_{ок2}$ перенесемо на вісь і додамо $M_{кр}$.

Визначимо опорні реакції:

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

$$q \cdot l_2 \cdot \left(\frac{l_2}{2} + l_1\right) - R_B \cdot (l_3 + l_2 + l_1) + P_{OK} \cdot (l_4 + l_3 + l_2 + l_1) - P \cdot l_5 = 0 \quad (2.18)$$

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

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

$$\Sigma(F) = 0$$

$$R_A = q \cdot l_2 - R_B + P_{OK} + P \quad (2.19)$$

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

Визначимо згинальні моменти :

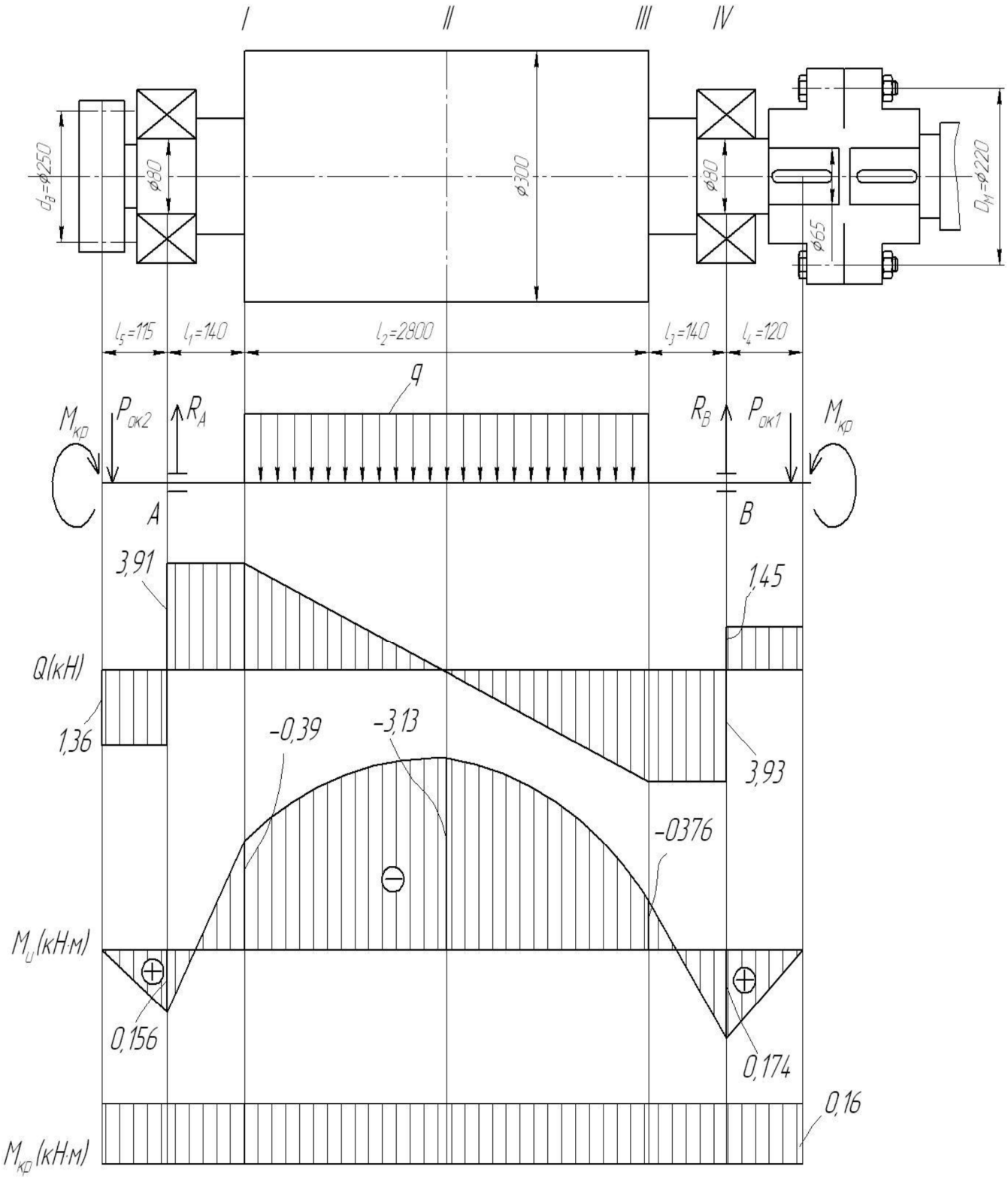


Рисунок 2.2 – Епюри поперечних сил і згинальних моментів

Перетин I:

$$M_I = P \cdot (l_5 + l_1) - R_A \cdot l_1 \qquad (2.20)$$

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

Перетин II:

$$M_{II} = P \cdot \left(l_5 + l_1 + \frac{l_2}{2} \right) - R_A \cdot \left(l_1 + \frac{l_2}{2} \right) + q \cdot \frac{l_2}{2} \cdot \frac{l_2}{4} \qquad (2.21)$$

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

Перетин III:

$$M_{III} = P_{OK} \cdot (l_4 + l_3) - R_B \cdot l_3 \qquad (2.22)$$

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

Перетин IV:

$$M_{IV} = P_{OK} \cdot l_4 \qquad (2.23)$$

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

Перевіримо на міцність перетин II.

По теорії найбільших дотичних напружень:

$$M_{\Sigma} = \sqrt{M_{зг}^2 + M_{кр}^2} \quad (2.24)$$

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;

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

Перетин являє собою трубу із зовнішнім діаметром $d_н$=300 мм і внутрішнім діаметром $d_в$=230 мм. Матеріал ролика - сталь 45 ДСТ 1050-74.

Момент опору вигину:

$$W_и = 0{,}1 \cdot 30^3 \cdot (1 - \frac{23^4}{30^4}) = 1767 см^3 = 0{,}001767 м^3 \quad (2.25)$$

Напруження в перетині II:

$$\sigma_{II} = \frac{M_{\Sigma}}{W} = \frac{3{,}134}{0{,}001767} = 1774 \frac{кН}{м^2} \le [\sigma]_и = 110000 \frac{кН}{м^2} = 110 МПа \quad (2.26)$$

Перевіримо на міцність перетин IV.

Напруження вигину:

$$\sigma_и = \frac{Q}{F} + \frac{M_{зг}}{W} \quad (2.27)$$

де Q – поперечна 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:

$$F = \frac{\pi \cdot d}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}08}{4} = 0{,}0628 м^2 \quad (2.28)$$

Момент опору вигину:

$$W_и = 0{,}1 \cdot d^3 = 0{,}1 \cdot 0{,}08^3 = 0{,}000512 м^3 \quad (2.29)$$

Тоді:

$$\sigma_и = \frac{5{,}38}{0{,}0628} + \frac{0{,}174}{0{,}000512} = 0{,}4255 МПа \quad (2.30)$$

Напружсння кручсння:

$$\tau_к = \frac{M_{кр}}{2 \cdot W_{кр}} \quad (2.31)$$

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

W – момент опору крученню;

$$W_{кр} = 0{,}2 \cdot d^3 = 0{,}2 \cdot 0{,}08^3 = 0{,}001024 м^3 \quad (2.32)$$

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

Тоді напруження в перетині IV:

$$\sigma_{IV} = \sqrt{\sigma_и^2 + 4 \cdot \tau_к^2} \qquad (2.33)$$

$\sigma_и$ – напруження вигину, $\sigma_и$=425,5 кН/м^2;

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

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

Розрахунок показав, що небезпечним перерізом є перетин IV. Загалом геометричні розміри ролика і його матеріал обрані правильно й умова міцності виконана.

2.3 Розрахунок підшипникових опор роликів рольганга

На валу встановлені радіальні дворядні шарикопідшипники 1516 [32].

Номінальна довговічність підшипника в мільйонах обртів:

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^{\rho} \qquad (2.34)$$

де L – довговічність у мільйонах обертів;

C – динамічна вантажопідйомність, C=38,3 кН;

P – еквівалентне динамічне навантаження;

ρ – статечною показник (для кулькових підшипників ρ=3);

З урахуванням коефіцієнта безпеки $К_\sigma$ і температурного коефіцієнта $К_т$ (при температурі підшипника понад 100°C) для кулькових підшипників:

$$P=(X \cdot V \cdot F_г + Y \cdot F_a) \cdot К_\sigma \cdot К_т \qquad (2.35)$$

В зв’язку з тим, що осьова складова навантаження Fa=0, тоді:

$$P=X\cdot V\cdot F_r\cdot K_\sigma\cdot K_т \quad (2.36)$$

де X – коефіцієнт радіального навантаження, X=1 [33];

V – коефіцієнт обертання, V=1 [33];

Y – коефіцієнт осьового навантаження, Y=0 [33];

K_σ – коефіцієнт безпеки, K_σ=1,2 [33];

$K_т$ – температурний коефіцієнт, $K_т$=1,05 [33];

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

Тоді:

$$P=1\cdot 1\cdot 5{,}38\cdot 1{,}2\cdot 1{,}05=6{,}79 \text{ кН}$$

А отже:

$$L=\left(\frac{38{,}3}{6{,}79}\right)^3=179\cdot 10^6 \text{ об.}$$

Номінальний термін служби підшипника в годинах:

$$L_h=\frac{10^6\cdot L}{60\cdot n} \quad (2.37)$$

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

$$L_h=\frac{179\cdot 10^6\cdot 10^6}{60\cdot 31{,}82}=9{,}4\cdot 10^{10} \text{ годин}$$

Таким чином обрані підшипники задовольняють діючим навантаженням, швидкості обертання й довговічності, та відповідають загальним рекомендаціям [33, 34] при роботі та обслуговуванні металургійного обладнання.

3 ДОСЛІДНО–ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Визначення оптимальної конструкції ролика рольганга

В розділі 1.3 було висуноте гіпотезу, що зменшення матеріалоємності та енерговитрат рольгангу можливе забезпечити застосуванням роликів із трубчастим поперечним перерізом.

Причому трубчастий ролик повинен мати не меншу міцність та жорсткість, ніж ролик суцільного перерізу.

Результати попередніх розрахунків є вихідними даними для обгрунтування геометричних параметрів ролику кільцевого перерізу.

Необхідний мінімальний момент опору W= 2392 см^3

Зовнішній діаметр перерізу балки

$$D=\sqrt[3]{\frac{(32\cdot W)}{\pi(1-\alpha^4)}}, \qquad (3.1)$$

де $\alpha=\frac{d}{D}$ - співвідношення внутрішнього діаметру до зовнішнього.

Тоді внутрішній діаметр

$$d=\alpha\, D,$$

а площа перерізу балки:

$$A=\frac{\pi\cdot(D^2-d^2)}{4}, \qquad (3.2)$$

Результати дослідження з визначення впливу співвідношення внутрішнього діаметру до зовнішнього на площу поперечного перерізу ролика представлено в табл 3.1 та на рисунку 3.1.

Таблиця 3.1 – Визначення впливу співвідношення внутрішнього діаметру до зовнішнього на площу поперечного перерізу ролика

Параметри	Значення									
α	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
D, см	29	29	29	29,1	29,2	29,6	30,3	31,8	34,6	41,4
d, см	0	2,9	5,8	8,73	11,7	14,8	18,2	22,3	27,7	253
A, см^2	660	654	634	605	562	516	465	403	337	253

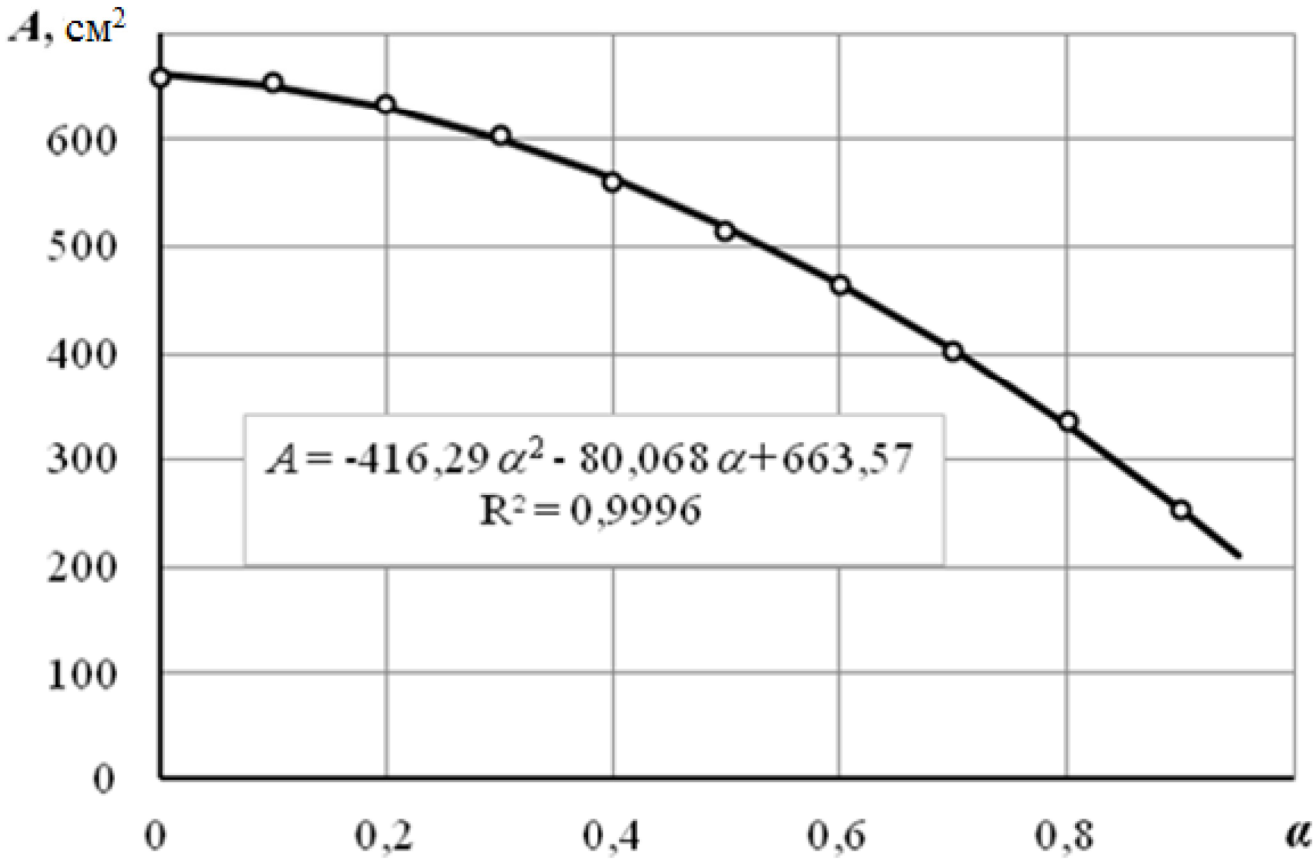


Рисунок 3.1 – Математична модель визначення залежності площі поперечного перерізу ролику від співвідношення внутрішнього діаметру ролика до зовнішнього

З рисунку 3.1 видно, що площа поперечного перерізу ролику пов'язана із співвідношенням внутрішнього діаметру ролику до зовнішнього оберненою параболічною залежністю.

Згідно досліджень американського вченого Брендона Вайлі для термонапруженого стану полої деталі, якою є ролик, товщина його стінки повинна бути не менша 30 мм.

Тому для подальших досліджень приймаємо співвідношення внутрішнього діаметру до зовнішнього на рівні 0,8, що забезпечує товщину стінки ролику на рівні 35 мм.

При цьому значенні площа поперечного перерізу, а значить і маса ролика зменшується практично у два рази.

Наступним етапом теоретичних досліджень є вибір матеріалу для ролику кільцевого перерізу.

В наших попередніх дослідженнях з обгрунтування геометричних параметрів роликів кільцового перерізу для сталі Ст3 момент опору складав $W = 2392$ см^3. Для цієї сталі границя міцності дорівнює 400 МПа. Ця сталь доволі дешева, але не відрізняється високими механічними властивостями.

З метою матеріалоємності та ваги ролика розглянемо трохи дорожчий матеріал із більш високими механічними властивостями, а саме сталь 45 у якої границя міцності складає 600 МПа.

Тоді при застосуванні сталі 45 момент опору ролику може бути зменшено пропорційно границі міцності, тобто у 1,5 рази.

Параметри роликів кільцового перерізу із різних матеріалів представлено в таблиці 3.2.

Як видно з таблиці 3.2 площа перерізу ролика зменшилась на 24 %, що при одинакових лінійних розмірах призведе відповідно і на зменшення ваги ролика відповідно трубчатого поперечного перетину до суцільного на 24 %. При.цьому варто враховувати, що вартість суцільної заготовки зі сталі 3 та сталі 45 майцже однакова [36], а з огляду на технологічні нюанси виготовлення труба зі сталі 45 буде дорожче по відношенню до сталі 3 приблизно на 20%.

Таблиця 3.2 – Параметри роликів кільцевого перерізу із різних матеріалів

Параметр	Матеріал	
	Сталь Ст3	Сталь 45
W, см^3	2392	1595
D, см	34,6	30,2
d, см	27,7	24,2
A, см^2	337	256

3.2 Аналіз напружено–деформованого стану запропонованої конструкції ролика рольгангу з використанням програмного продукту Ansys Workbench

Сучасне сталепрокатне виробництво являє собою складний складний технологічний процес, кожна ланка якого висуває свої специфічні вимоги до електромеханічного обладнання [4, 8]. При цьому, перспективним напрямком модернізації прокатного обладнання є досягнення високої якості продукції та зниження енерговитрат [37-39]. Одним з напрямком підвищення якості листопрокатної продукції і зниження енерговитрат є удосконалення конструкції роликів відвідного рольгангу. Відвідний рольганг є обладнанням, що входить в комплектну установку прокатного стану, він працює в досить важких умовах.

Необхідно відзначити, що ролики відвідного рольгангу, є одним з потужних елементів, що піддається інтенсивному зносу і частих поломок, що призводить до значних відмов рольгангу.

Інтенсифікація швидкостей транспортування, забезпечення високої якості поверхні штаб вимагають від ролика підвищених експлуатаційних показників, основними з яких с :

– мінімальний осьовий момент інерції;

– мінімізація дисбалансу внаслідок температурних деформацій при односторонньому нагріванні;

– здатність добре чинити опір зносу при терті.

Переважна більшість роликів, крім відносних переваг, має значні недолікі, такі як: підвищена металоємність, низький опір зносу, наявність великої кількості елементів, що сполучаються, складність конструктивних схем, ускладнюють монтажно–демонтажні роботи, малий термін служби. Зазначені недоліки в умовах металургійних підприємств, що характеризуються, як правило, масовим або ж крупносерійним типом виробництва металу, призводять до значних простоїв обладнання, і рольгангів, зокрема.

Відомо, що на якість листового матеріалу істотно впливає стан поверхонь роликів відвідного рольгангу, їх рельєф. Пошкодження нижньої поверхні гарячекатаних штаб обумовлено головним чином їх тертям. При цьому ймовірність утворення ріноманітхних механічних пошкоджень зростає у випадках сильного зносу поверхні роликів, неправильної їх установки і заклинювання.

На сучасних прокатних станах для попередження пошкодження гарячекатаних штаб та роликів підвідних рольгангів, підвищення швидкості транспортування передніх кінців штаб від останньої кліті до моталок передбачають такі заходи: зменшують відстань між осями сусідніх роликів; підвищують точність установки роликів в горизонтальній площині; застосовують індивідуальний привод кожного ролика; забезпечують плавне наростання швидкості обертання роликів по довжині відвідного рольганга; підвищують зносостійкість роликів;

Отже, забезпечення зниження зносу роликів і оптимізація їх роботи з метою заощадження коштів шляхом застосування нової конструкції роликів відвідного рольгангу є актуальним завданням.

Ролики – найвідповідальніші деталі відвідного рольганга. Тиск, що виникає при транспортуванні листів на підвідному рольгангу, сприймається

роликами. Тому при конструюванні і виготовленні роликів особлива увага приділяється їх міцності і жорсткості.

Вихідними даними для розрахунку є твердотільна геометрична форма конструкції секції відвідного рольганга, умови закріплення і сили, прикладені до транспортованого листу і роликам відвідного рольганга.

При розрахунку виконується побудова геометричної і кінцево елементної моделі розраховується секції, умов закріплення, додаток сил на транспортований лист і розрахунок напружено–деформованого стану роликів і оцінка міцності роликів відвідного рольгангу [40].

Методика розрахунку реалізована з використанням програми кінцево елементного аналізу Ansys Workbench. Система комп'ютерного моделювання Ansys Workbench дозволяє досліджувати кинематику, динаміку механізмів з можливістю розрахунку напружено–деформованого, як окремих елементів, так і конструкції в цілому [41,42].

Першим етапом є побудова моделі ролика рольганага в програмі Ansys Workbench (рис.3.2).

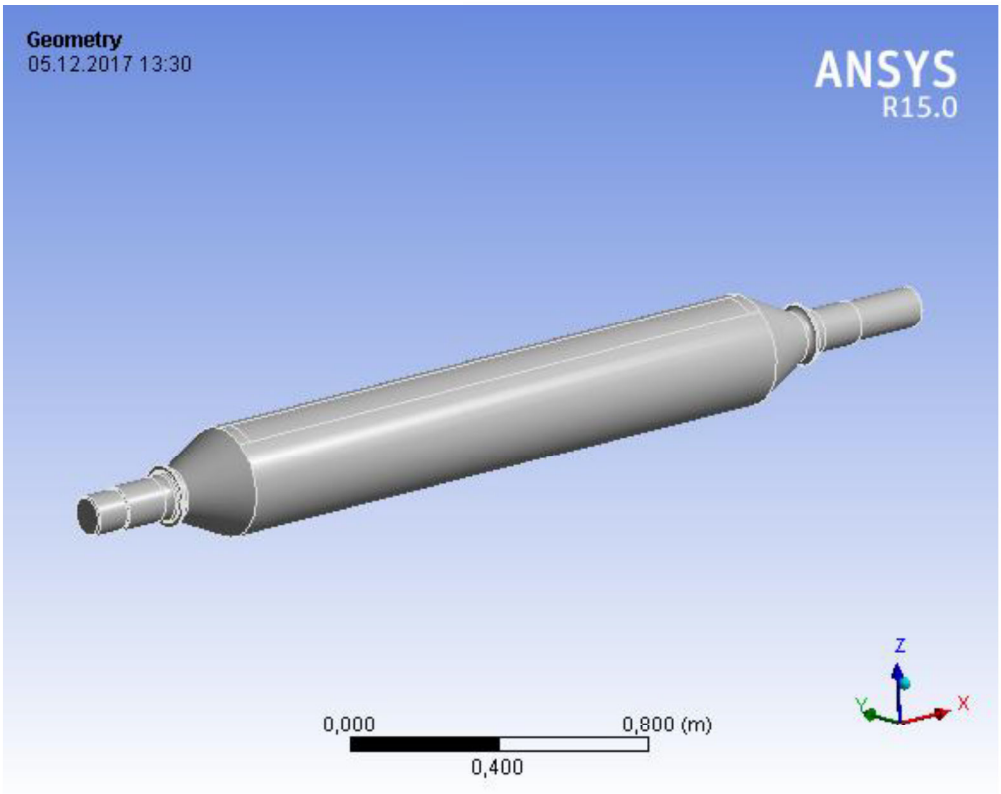


Рисунок 3.2 – Модель ролика рольгангу

Для можливості автоматичної корекції геометрії моделі відвідного рольгангу, був використаний метод параметризації геометричних розмірів конструкції. Даний метод дозволяє за результатами розрахунку на міцність, вносити відповідні зміни в конструкцію відвідного рольгангу.

Таким чином, в ході попереднього аналізу роботи відвідного рольгангу, було прийнято до розрахунку найбільш навантажений силовий елемент – ролик.

Наступним кроком було градуювання ролика сіткою.

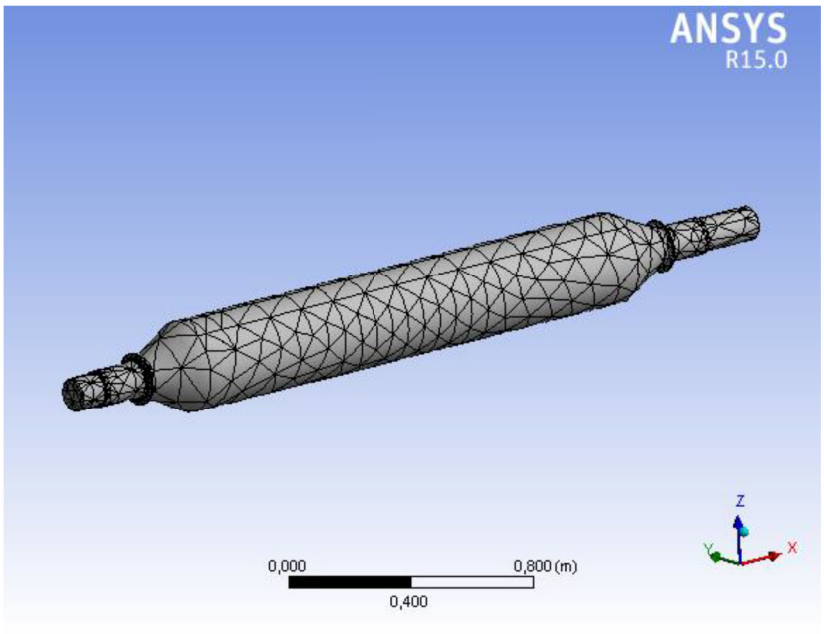


Рисунок 3.3 – Ролик з градуаційною сіткою

Далі, ролик було зафіксовано з обох сторін

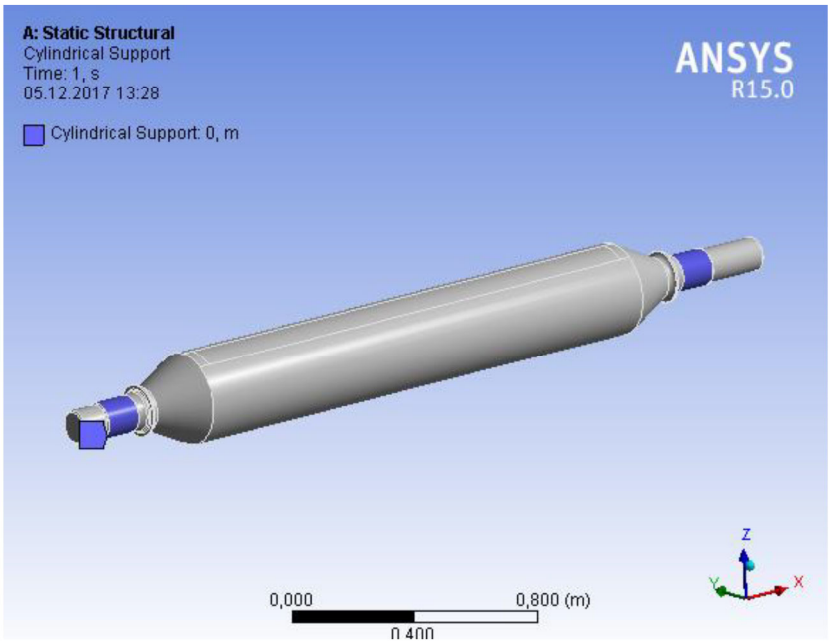


Рисунок 3.4 – Ролик зафіксований з обох сторін

Було задане навантаження на поверхню ролика

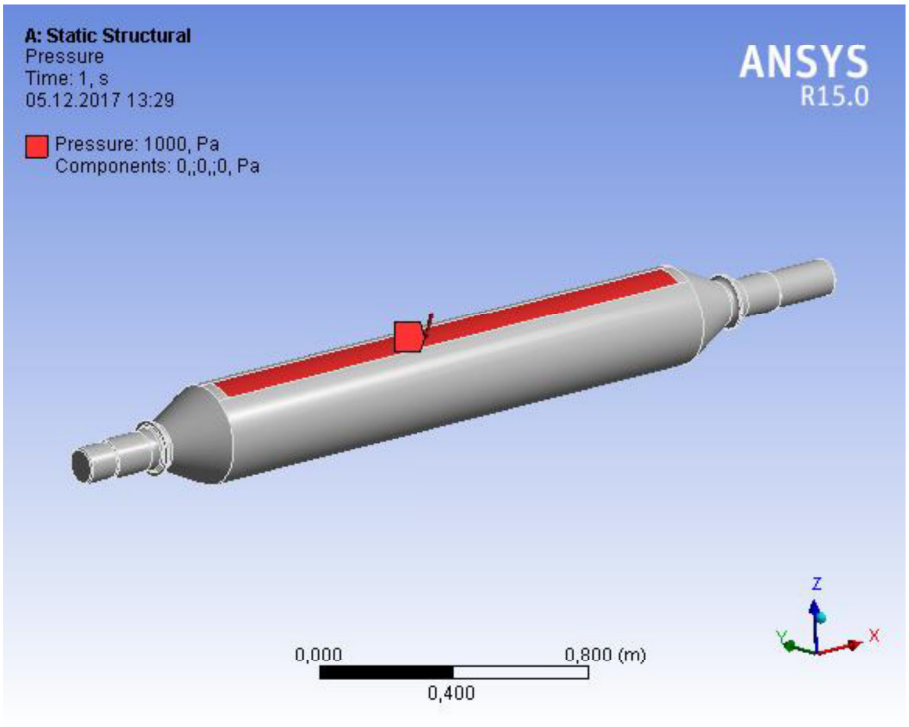


Рисунок 3.5 – Навантаження на поверхню ролика

У результаті проведеного моделювання, були отримані графічні відображення виникаючих деформацій та напружень

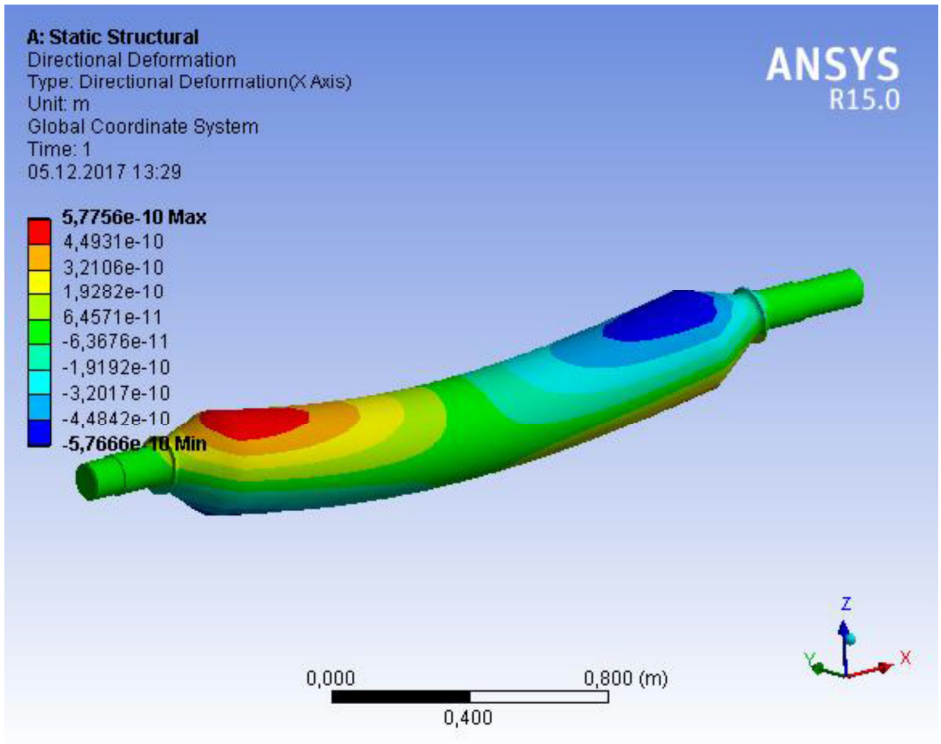


Рисунок 3.6 – Графічне відображення виникаючих деформацій та напружень у ролику

Направлена деформація

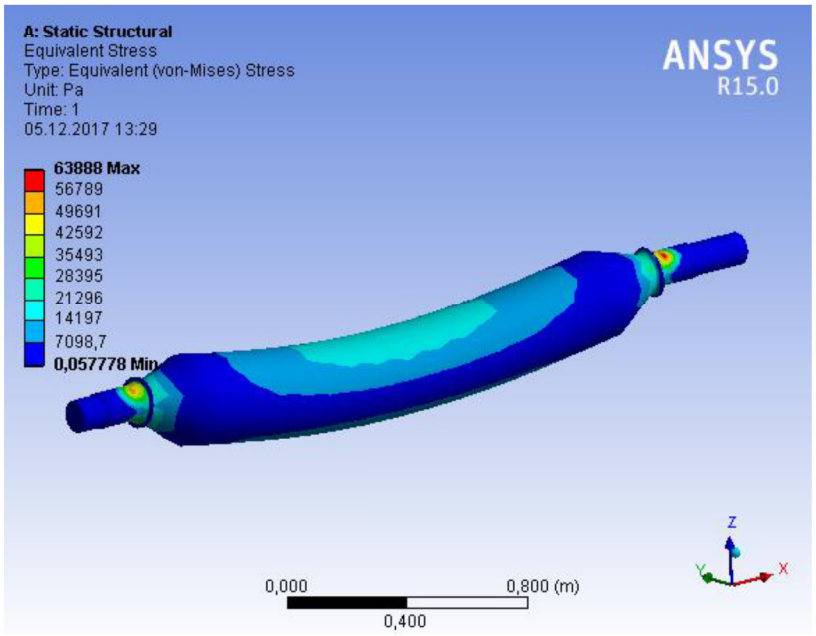


Рисунок – 3.7 Відображення деформації ролику

ІІа останньому рисунку ми можемо побачити загальну картину деформації ролика.

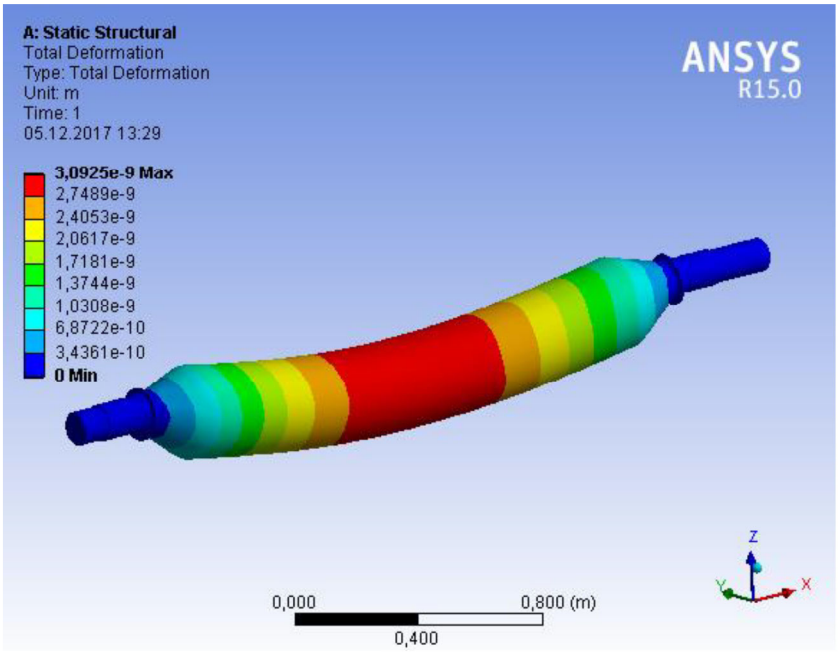


Рисунок – 3.8 Загальна деформація

З попереднього аналізу можна зробити висновок, що найбільш вразливі місця з точки зору виникнення деформаційних напружень знаходяться в районі підшипникових опор, термічних напружень – центр ролика.

3.3 Імітаційне моделювання роботи ролику трубчастого перерізу з використанням програмного продукту Ansys Workbench

На основі проведених розрахунків за допомогою програмного продукту Ansys Workbench 15.0 було проведено імітаційне моделювання виробничого процесу з метою підтвердження перспективності нової конструкції ролика рольгангу. Спершу, на основі попередньо виконаних розрахунків, виконали порівняльний аналіз роликів трубчатого перерізу з різним різним співвідношенням внутрішнього та зовнішнього діаметрів (рис.3ю9)

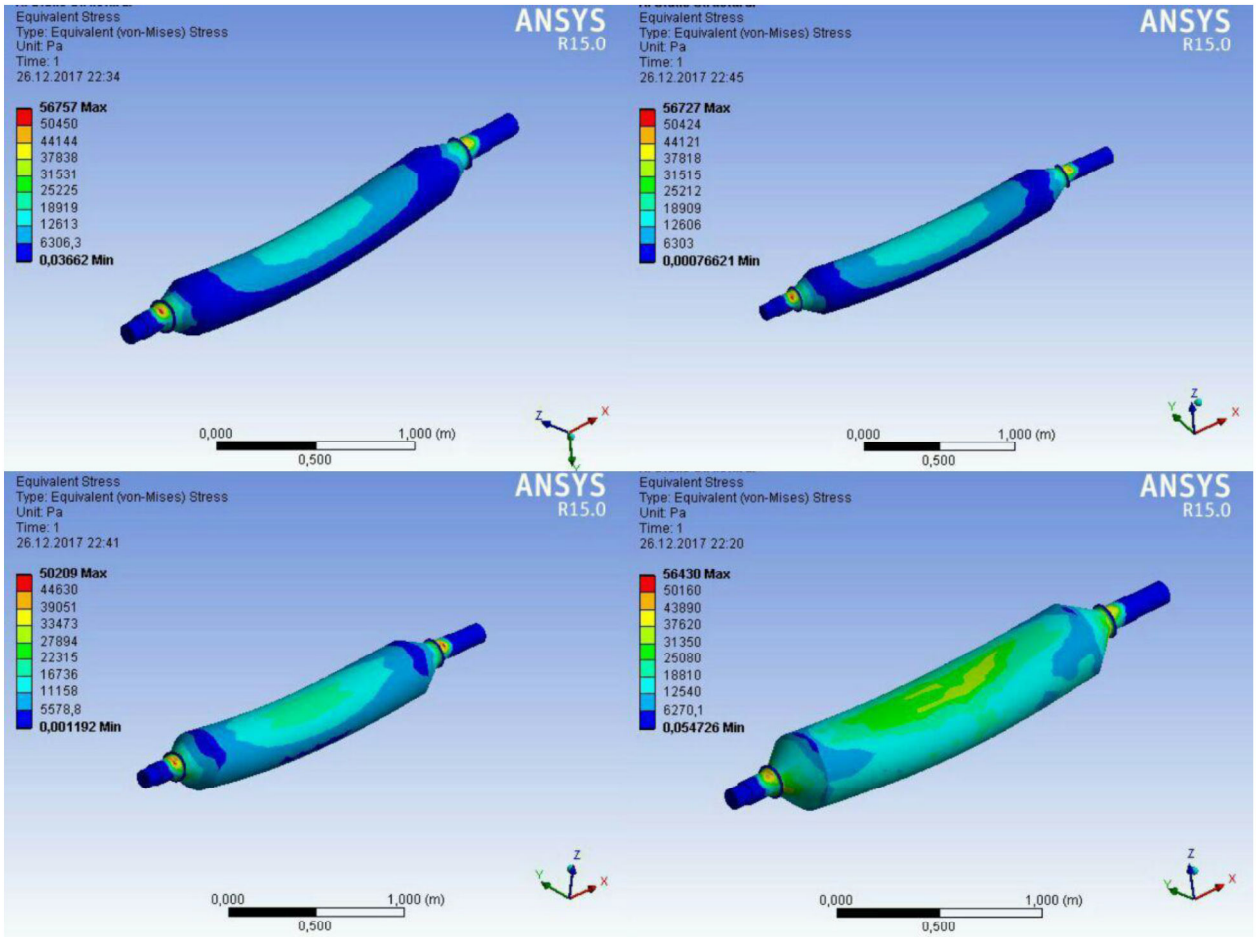


Рисунок 3.9 – Порівння роликів трубчатого перерізу з різними співвідношеннями діаметрів

Наступним етапом була побудована моделі, з відображенням деформацій та небезпечних перерізів.

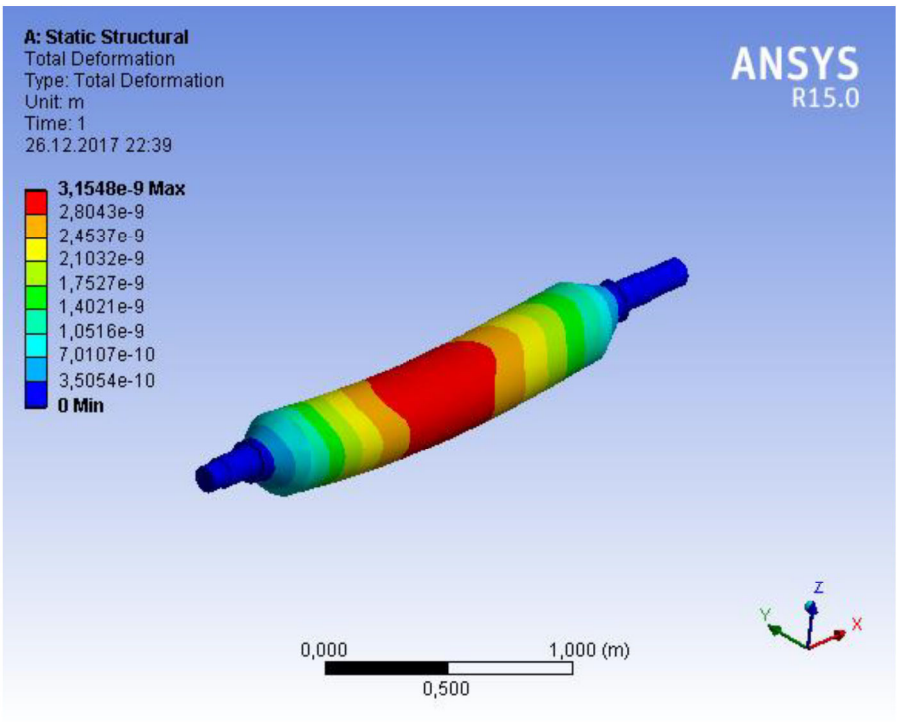


Рисунок 3.10 – Загальна деформація

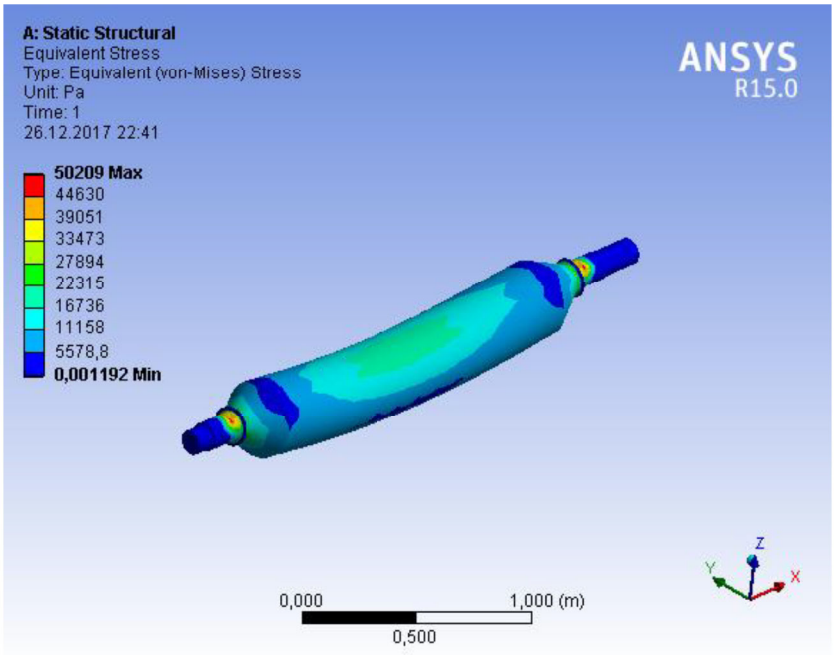


Рисунок 3.11 – Відображення деформації ролику

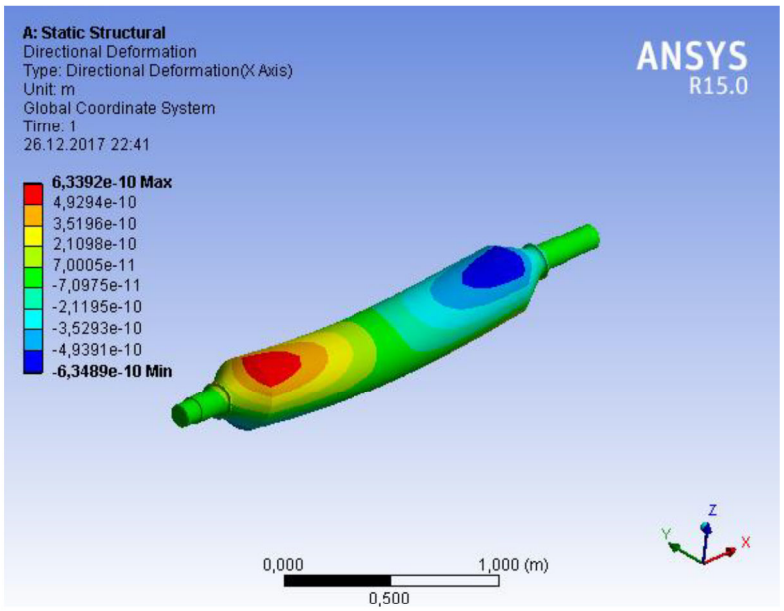


Рисунок 3.12 – Графічне відображення виникаючих деформацій та напружень у ролику

За допомогою Ansys було отримано відображення еквівалентних навантажень, що виникають на поверхні ролика.

Вага нового ролику відвідного рольгангу АПР, згідно з розрахунків у Ansys 15 дорівнює 606,44 кг.

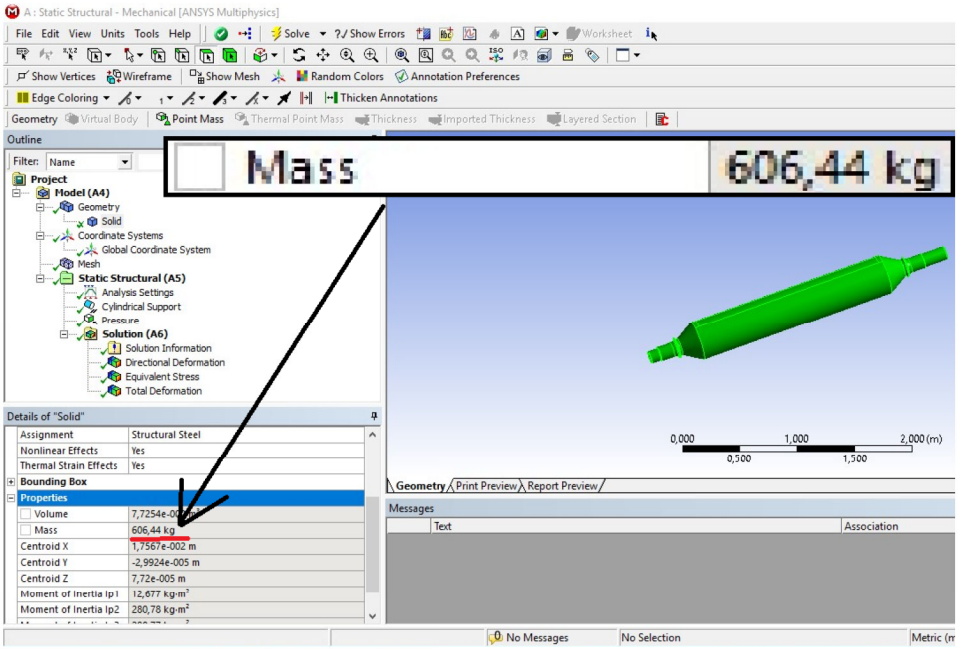


Рисунок 3.12 – Вага ролика трубчатого перерізу

Було з’ясовано, що найбільш небезпечний переріз знаходиться біля підшипника. У той самий час сама модернізована конструкція залишається такою ж надійною, та її міцність не погіршена, тому можна вважати, що основне завдання роботи досягнуте.

3.4 Порівняльний аналіз енергоефективності приводу роликів суцільного та трубчатого перерізу

Розрахунок моменту тертя роликів

- суцільного

$$M_{тр\ суц}=\left(Q+n\cdot G_{суц}\right)\cdot\mu_n\cdot\frac{d_n}{2}=(13091+8\cdot 11185)\cdot 0{,}01\cdot\frac{0{,}2}{2}=102{,}6\ Н\cdot м$$

- трубчастого зі сталі Ст3

$$M_{тр\ труб\ 3}=\left(Q+n\cdot G_{труб\ 3}\right)\cdot\mu_n\cdot\frac{d_n}{2}=(13091+8\cdot 5717)\cdot 0{,}01\cdot\frac{0{,}2}{2}=58{,}8\ Н\cdot м$$

- трубчастого зі сталі 45

$$M_{(тр\ труб\ 45)}=(Q+n\cdot G_{(труб\ 45)})\cdot\mu\cdot d/2=$$
$$=(13091+8\cdot 4341)\cdot 0{,}01\cdot 0{,}2/2=47{,}8\ Н\cdot м$$

Момент буксування

- суцільного

$$M_{бук\ суц}=Q\cdot\mu_в\cdot\frac{d_{суц}}{2}=13091\cdot 0{,}03\cdot\frac{0{,}29}{2}=56{,}9\ Н\cdot м$$

- трубчастого зі сталі Ст3

$$M_{\text{бук труб 3}}=Q\cdot\mu_{в}\cdot\frac{d_{\text{труб 3}}}{2}=13091\cdot0,03\cdot\frac{0,346}{2}=67,9\ \text{Н}\cdot\text{м}$$

- трубчастого зі сталі 45

$$M_{\text{бук труб 45}}=Q\cdot\mu_{в}\cdot\frac{d_{\text{труб 45}}}{2}=13091\cdot0,03\cdot\frac{0,302}{2}=59,3\ \text{Н}\cdot\text{м}$$

Статичні моменти

$$M_{\text{ст суц}}=M_{\text{тр суц}}+M_{\text{бук суц}}=102,6+56,9=159,5\ \text{Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{\text{ст труб 3}}=M_{\text{тр труб 3}}+M_{\text{бук труб 3}}=58,8+67,9=126,8\ \text{Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{\text{ст труб 45}}=M_{\text{тр труб 45}}+M_{\text{бук труб 45}}=47,8+59,3=107,1\ \text{Н}\cdot\text{м}$$

Кутові швидкості

$$\omega_{\text{суц}}=2\cdot\frac{\upsilon}{d_{\text{суц}}}=2\cdot\frac{5}{0,29}=34,5\frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

$$\omega_{\text{труб 3}}=2\cdot\frac{\upsilon}{d_{\text{труб 3}}}=2\cdot\frac{5}{0,346}=28,9\ \text{рад/с}$$

$$\omega_{\text{труб 45}}=2\cdot\frac{\upsilon}{d_{\text{труб 45}}}=2\cdot\frac{5}{0,302}=33,1\ \text{рад/с}$$

Отож, із отриманих результатів отримуємо потужність двигуна:

$$N_{дв\ суц}=M_{ст\ суц}\cdot\omega_{суц}=159,5\cdot34,5=5501\ Вт$$

$$N_{дв\ труб\ 3}=M_{ст\ труб\ 3}\cdot\omega_{труб\ 3}=126,8\cdot28,9=3664\ Вт$$

$$N_{двтруб\ 45}=M_{ст\ труб\ 45}\cdot\omega_{труб\ 45}=107,1\cdot33,1=3547\ Вт$$

За отриманими результатами будуємо порівняльну діаграму (рисунок 3.13)

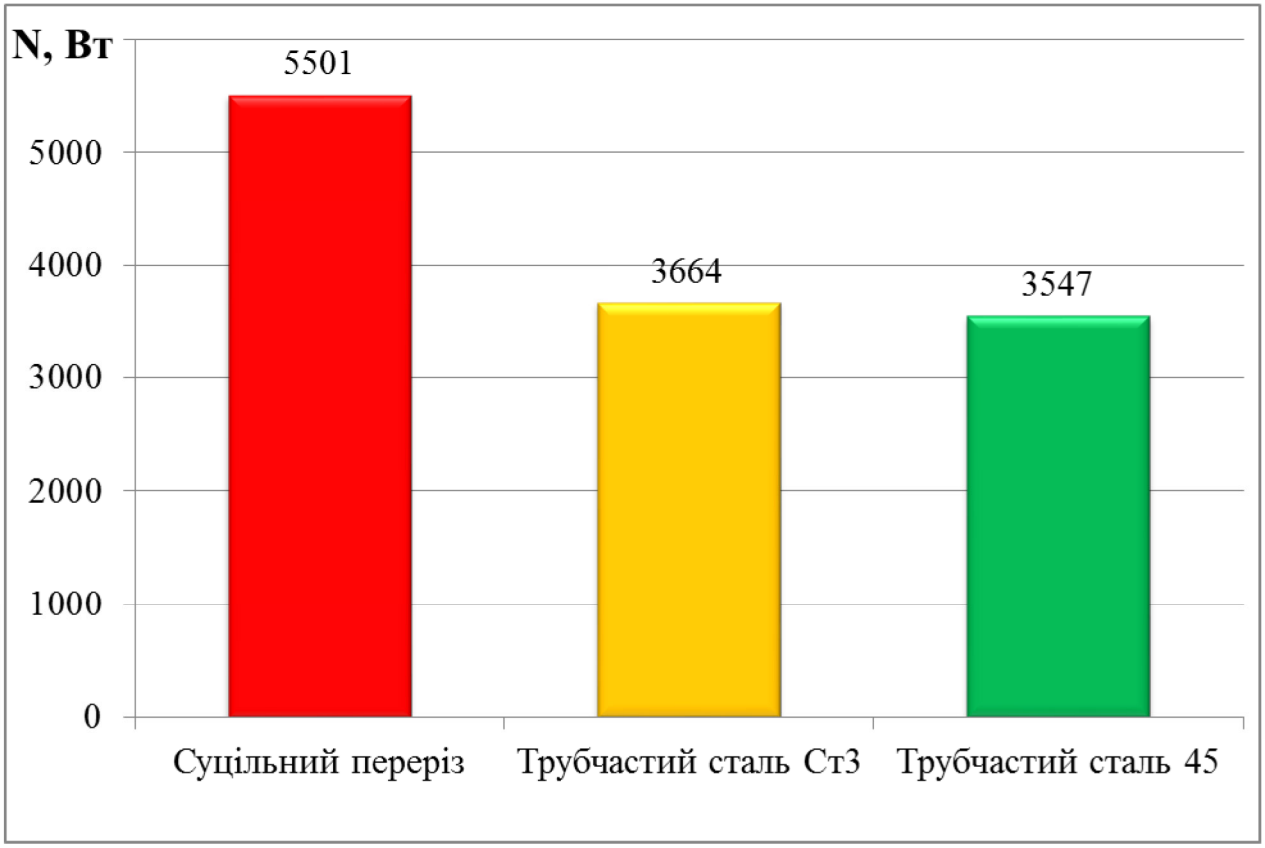


Рисунок 3.13 – Порівняння потужності двигунів необхідних для роботи рольгангу із роликами суцільного та трубчатого перерізу

Аналіз порівняльної діаграми (рис. 3.13) вказує на те, що ролик із трубчатим перерізом, що виготовлено зі сталі 45 має потребу в двигуні, що на 1954 Вт споживає меншу потужність, ніж двигун ролика із суцільним перерізом.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА В ГАЛУЗІ

4.1 Виявлення та оцінка шкідливих факторів виробничого середовища

Розглянемо карту умов праці слюсаря ремонтника, (табл. 4.1)

Таблиця 4.1 – Технологічна карта умов праці для чергового й ремонтного слюсаря

Фактори	Норм-тивне значе-ння, ПДК, ПДУ	Факти-чне значе ння	III клас шкідливих і небезпечних умов і характер праці			Час дії фактора % у зміну
			1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	
1.Шкідливі хімічні речовини, мг/м³						
1 клас небезпеки						
Ангідрид хромовий	0,01	0,0144	1,44			83,1
2 клас небезпеки						
Моноетаноламін	0,5	1,64		3,28		83,1
Діметиламін Кислота сірчана Этилмеркаптан	1,0 1,0 1,0	2,27 3,1 1.42	2,27 1,42	 3,1 		
3-4 клас небезпеки						
Масла мінеральні	5,0	26,5		5,3		83,1
Азоту діоксид	2,0	7,9	2			83,1
Ангідрид сірчистий	10,0	12,3	1,25			83,1
Аміак Азоту оксид Этиленгликоль Хрому оксиду Кислота оцтова	20,0 5,0 5,0 1,0 5,0	25,7 39,2 7,8 1,5 17,5	1,56 1,56 1,56 1,56 3,5			 85
2. Пил переважно фиброгенного дії, мг/м³						
Зміст кремнію діоксида-2,5%	4,0	11,3		2,8		83,1
4. Шум, дБА	80	97			17	100
12. величина статичного навантаження за зміну при втриманні вантажу						
- За участю м'язів тулуба й ніг	До 43000	60660	60660			82

Шкідливості й небезпеці цеху холодного прокату металургійного комбінату «Запоріжсталь» відноситься до фізичної групи [43,44]. До цієї групи відносяться: пил, шум, зміна температури усередині цеху. Наведені вище шкідливості спричиняють появі окремих ознак профзахворювань, а також спричиняють ріст патологій з короткочасною втратою працездатності.

Відповідно до гігієнічної класифікації праці робоче місце слюсаря - ремонтника відноситься до III класу, у якому шкідливі умови праці перевищують гігієнічні нормативи шкідливих факторів, і мають у наявності: 1 фактор 3 ступені, 3 фактора 2 ступені, 7 факторів 1 ступеня.

По показниках робоче місце відноситься до шкідливих і тяжких умов праці, що відповідає списку №1 пункт 1.

Відповідно до списку №1: пенсійний вік по пільгових умовах для чоловіків становить 50 років, для жінок 45 років, дається додаткова відпустка 7 днів, дається молоко, збільшення до зарплати 24%.

4.2 Заходи щодо усунення небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища.

У таблиці 4.2 наведені заходи щодо усунення небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища, які мають на ділянці реверсного стана «2800» і АППР.

Прокатний цех є гарячим цехом, тому робочих забезпечують підсоленою газованою водою (0,5% солі) з розрахунку 4 –5 $дм^3$ на одну людину в зміну.

Так як шкідливості й небезпеці відносяться до фізичної групи ДСТУ 12.4.103-83, то всі працівники цеху безкоштовно забезпечені спецодягом, спецвзуттям і засобами індивідуального захисту. До складу спецодягу входять: костюм х/б тканини, черевики, у зимовий час видається утеплена куртка й ватяні штани [45].

Таблиця 4.2 – Технічні міри захисту робітників від впливу шкідливих факторів виробничого середовища.

№ п/п	Небезпечні або шкідливі фактори виробничого середовища	Захисний пристрій	Тип пристрою	Параметри пристрою	Місце установки
1	Запиленість	Витяжна вентиляція	-	Витрата 80000 м/ч^3	Над кліттю стана
2	Запиленість	Респіратор	«Пелюсток»	ДНАОП	Індивід.
3	Температура (холодний період року)	Утеплена куртка, ватяні штани	ДНАОП 0.00-4.12-99	Тип Т	Індивід.
4	Шкідливі хімічні речовини	Ті ж що й при запиленості +костюм х/б рукавиці	ДНАОП 0.00-1.04-07	Тип Т, Тип II	Індивід.
5	Шум	Навушники противо-шумові	-	Придатний до 110 дб	Індивід.

4.3 Технічні рішення по виробничій санітарії

4.3.1 Мікроклімат

Під вентиляцією розуміють систему заходів і пристроїв, призначених для забезпечення на робочих місцях, у робітниках і обслуговує зонах приміщень метеорологічних умов і чистоти повітряного середовища. Залежно від способу переміщення повітря розрізняють природну й механічну вентиляцію. Для усунення осідання пилу в приміщенні, зменшуючи її кількість у повітрі, все устаткування закрите парасолями(витяжна вентиляція), з'єднаними за допомогою воздуховодів із пристроями для очищення повітря, що видаляє.

Також у прольоті ділянки АППР і обтиску використовують природну вентиляцію повітря. Норми мікроклімату за [46] наведено в таблиці 4.3

Таблиця 4.3 – Оптимальні норми температури, відносній вологості й швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень [46]

Характеристика виробництв. Приміщень по надлишковому теплоутворенню (більш ніж 23 Вт/м³)	Категорія роботи по трудоємкості	Холодний і перехідний періоди року (темп. нар. повітря нижче +10 °С)				Теплий період року (температура зовнішнього повітря +10 °С і вище)			
		На постійних робітниках місцях			Температура повітря Поза постійними робочими місцями	На постійних робітниках місцях			Температура повітря поза постійними робочими місцями
		Темпер. пов., °С	Відносна вологість повітря ,%	Швидк. Переміщення пов. м/с		Темп повітря °С	Відносна вологість повітря, %	Швидк. руху повітря. м/с	
Приміщення із значними надлишками явного тепла	Середня	16-18	40-60	не більше 0,3	12-20	17-20	40-60	не більше 0,3	не більш ніж на 5 °С вище середн темп. зовніш повітря

У такому виді вентиляції повітря надходить і віддаляється через вікна, двері, ворота, ліхтарі.

Опалення побутових приміщень здійснюється за допомогою панелей (батарей) у які як теплоносіїв використовують пару. Температура пари перебуває в межах 120 – 140 °С. Опалення побутових приміщень здійснюється від цеху тепло водопостачання.

У приміщенні повинна підтримуватися температура згідно [46].

4.3.2 Природне й штучне освітлення

Для створення сприятливих умов праці важливе значення має раціональне освітлення. Незадовільне освітлення затрудняє проведення робіт, веде до зниження продуктивності праці .

Характеристика освітлення ділянки АППР [47].

- характер робіт	середня точність
- розмір об'єкта розпізнання	від 0,2 до 1мм
- розряд зорової зони	IV
- підрозряд роботи	В
- контрастність об'єкта розпізнавання	середня
- фон	середній
- $E_н$ - штучна (загальна)	200 лк
- коефіцієнт природної освітленості	2,24%

Для ремонту устаткування передбачене штучне освітлення. На промислових підприємствах штучне освітлення підрозділяється на робоче (для проведення робіт у темний час доби або в місцях без достатнього природного освітлення), аварійне (для проведення роботи при аварійному відключенні робочого освітлення), евакуаційне (аварійне освітлення для евакуації людей із приміщення при аварійному відключенні робочого освітлення) і охороннє. При необхідності частина світильників того або іншого виду освітлення може використовуватися для чергового освітлення.

Штучне освітлення проектується двох систем: загальне (рівномірне або локалізоване з урахуванням розташування робочих місць) і комбіноване, коли до загального освітлення додається місцеве. Застосування одного місцевого освітлення не допускається, тому що різкий контраст між яскраво освітленими і неосвітленими місцями стомлює очі. Сповільнює швидкість реакції й нерідко є причиною нещасних випадків.

Для штучного освітлення використовується, стельові лампи типу LED 100 W або LED -150 W, світильники типу «Астра» і «Альфа».

Для місцевого освітлення використовують лампи типу LED потужністю 50 Вт і світильники НСП-0,7 - 1,4.

4.4 Заходи щодо техніки безпеки

При роботі на устаткуванні реверсного стана й АППР необхідно, щоб дотримувалися умови техніки безпеки перед початком і в процесі й по закінченні роботи.

Перед початком роботи необхідно:

- переконається в справності роботи окремих вузлів машин;
- приступаючи до роботи перевірити електроізоляцію;

У процесі роботи:

- при проведенні робіт необхідно стежити за справністю всіх елементів привода машин;

-під час експлуатації й технічному обслуговуванні привода окремих механізмів машин необхідно дотримувати правил безпеки відповідно до ДНАОП, ДСТУ, НПАОП і ін., а також керуватися «Загальними правилами безпеки для підприємств і організацій металургійної промисловості» затвердженими Держгірпромнагляд України [48-50].

-до керування й обслуговування машин допускаються особи, що пройшли спеціальне навчання, що засвоїли правила охорони праці на робочому місці, а також ознайомилися з дійсним технічним описом і інструкцією для експлуатації.

Електроустаткування ділянки ставиться до установок до 1000В. Умови безпечної експлуатації залежать значною мірою від захисних пристроїв [51].

Всі струмоведучі частини ізольовані. Як захисна ізоляція застосовують теплостійкі лаки, що електроізолюют плівки, емалеві й олійні фарби.

Покриття повинні швидко сохнути, добре зв'язуватися з покриваємою площею, та утворювати на ній токонепровідну вологонепроникну, механічно міцну плівку.

Для захисту від короткого замикання використвують швидкодіючий релейний захист і вимикачі, установлені автомати й плавкі запобіжники.

На всіх обертових частинах устаткування повинні бути встановлені захисні щити, кожухи.

На вантажопідйомному устаткуванні крім перерахованих вище вимог повинні бути встановлені обмежники вантажопідйомності, а також повинно бути відсутнім мимовільне опускання вантажу. Робота вантажопідйомних машин і пристроїв, для транспортування вантажів, у момент пусків повинне супроводжуватися звуковими сигналами.

Дотримання всіх норм і правил техніки безпеки приводить до значного зниження нещасних випадків на виробництві.

4.5 Заходи пожежної та техногенної безпеки

Ділянка реверсного стана й АППР і моталок має категорію пожежонебезпеки В (горючі й важко горючі речовини й матеріали: масла, гума кабельної проводки, речовини при взаємодії з водою або киснем і один з одним запалюються). Будівля ділянки відноситься до III ступеня вогнестійкості (будівлі з несучими й конструкціями, що обгороджують, з неспаленних матеріалів. (табл. 4.4) [52-54].

До первинних засобів пожежогасіння на комбінаті відносять: вогнегасники, пожежний інвентар (покривало з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, бочки з водою, пожежні цебра, совкові лопати); пожежний інвентар (багри, ломи, сокири й ін.).

ЦХІІ №3 має внутрішній протипожежний водопровід з пожежними кранами й рукавами,, а також і має у своєму розпорядженні пожежні щити, які

встановлені на ділянках цеху, у комплект яких входять: вогнегасники ОП - 6- 8 шт., ОУ - 6 – 10 шт.,ящик з піском 1 шт., ломи 2 шт., багри 3 шт., лопати 2 шт.

Таблиця 4.4 – Межі вогнестійкості будівельних конструкцій і максимальні межі поширення вогню по ним [52]

Ступінь вогнетривалості будівлі	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій, год (над рискою)								
	стіни				Колони	Сходові площадки, сходи,балки та марши сходинкових клітей	Плити ,настили, (зпідігрівом) ,та ін.несучі конструкції	Елементи покриття	
	Несучі й сходові кліті	Самнесучі	Наружні, не несучі (з навісних панелей	Внутрішня несуча (перегородка)				Плити, настили з утеплювачем	Балки, ферми, арки й рами
III	2,0/0	1,0/0	0,25/0	0,25/0	2,0/0	1/0	1/0	0,25/0	0,25/0

У складських приміщеннях стоять бочки з водою місткістю 0,2 м³ з укомплектованими цебрами місткістю 0,008 м³.

На території комбінату забороняється:

- курить у неналежних місцях
- закривати й захаращувати фраги, проїзди, під'їзди й підходи до будинків, водопроводам і пожежним гідрантам;
- виключати окремі ділянки від водогінної мережі, внутрішні пожежні крани, знижувати встановлений тиск у мережах;

- допускати до вогневих робіт осіб не минулий інструктаж пожежного тех. мінімуму;
- користуватися водою з пожежних водойм і засобами пожежогасіння не по прямому призначенню;
- застосовувати відкритий вогонь при огляді устаткування й комунікацій.

Створення оптимальних метеорологічних і екологічних умов у виробничому приміщенні є складним завданням, рішення якого йде в наступних напрямах:

- раціональне розміщення джерел теплоти, при охолодженні гарячих виробів, у спеціальних приміщеннях, які мають потужну вентиляційну систему;
- механізація й автоматизація виробничих процесів шляхом впровадження механічного розвантаження, впровадженні транспортних трубопроводів.
- впровадженні більше раціональних технологій і устаткування.

4.6 Розрахунок необхідної звукоізоляції кабіни пульта керування

Розрахунок необхідної звукоізоляції кабіни пульта керування $R_{ТР}$ (розраховується для кожної октавної смуги) [55]:

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

де $L_{СУМ}$ – сумарний октавний рівень звукового тиску від всіх джерел шуму в місцях розташованих у двох метрах від розглянутої конструкції, що обгороджує, дБ;

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

$B_{И}$ – постійна кабіни в даній октавній смузі;

S_i – площа розглянутого огородження або його елемента, м^2

n – загальна кількість прийнятих у розрахунок елементів огороджень.

$B_И$ – постійна приміщення, що характеризує звукознижуючі властивості приміщення й залежить від його обсягу, визначають по формулі:

$$B_И = B_{1000} * \mu$$

де μ - частотний множник (табл.)

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

Таблиця 4.5 – Величина коефіцієнта μ залежно від частоти.

Октавна смуга частот, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
μ	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5

Розрахунок необхідної звукоізоляції кабіни (ширина 1,5 м, довжина 2 м, висота 2 м) розраховується для кожної октавної смуги частот окремо.

V=6 M^3 ; Si=12.3; B_{1000}=4; 10lgn=6.99;

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

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

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

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

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

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

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

Розрахунки проведено по формулі (4.1), які показують необхідне значення звукоізоляції кабіни згідно 2 класу ДЕРЖСТАНДАРТу 12.2.098-84 [57,58].

Таблиця 4.6 – Рівні звукового тиску на робочому місці й нормативи [57].

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 4.7 – Потрібна ізоляція кабіни по 2 класу [57].

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

Звукоізоляція кабіни забезпечується наступними матеріалами:

- сталь 4 мм,
- скло 3 мм,
- волокнисті плити.

Таким чином, дотримуючись наданих рекомендацій, можна забезпечити необхідну звукоізоляцію в конструкції звукоізоляційної кабіни поста спостереження.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Ознайомлення з обладнанням прокатного стану 2800 виявило, що в зв'язку зі збільшенням обсягів виробництва листа та інтенсифікацією виробничих процесів збільшилися навантаження на підйомне-тарнспортне обладнання дільниці, в тому числі і на рольганги.
2. На підставі наведеного огляду технічної й патентної літератури встановлено, що в зв'язку зі загальносвітовою тенденцією до зниження матеріаломісткості металургійного обладнання, актуальною є трубчата конструкція ролика відвідного рольганга.
3. В результаті запропонованої модернізації рольгангу лінії АПР прокатного стану 2800 можливе досягнення таких цілей як – збільшення терміну служби, зменшення матеріалоємності обладнання та, як наслідок, покращення його енергоефективності.
4. В ході теоретичних досліджень встановлено, що площа поперечного перерізу ролику пов'язана із співвідношенням внутрішнього діаметру ролика до зовнішнього оберненою параболічною залежністю. Оптимальним є співвідношення внутрішнього діаметру ролику до зовнішнього на рівні 0,8, при якому площа поперечного перерізу, а значить і маса ролика зменшується практично у два рази.
5. Аналіз результатів імітаційного моделювання роботи рольгангу, яке було проведено в обчислювальному комплексі Ansys Workbench підтвердили правильність обраних рішень та вказують, що небезпечний переріз ролика рольганга знаходиться біля підшипникової опори.
6. Встановлено, що потужність, яка необхідна на транспортування сталевої штаби складає 5501 Вт для суцільного ролика та 3547 Вт для трубчастого, який виготовлено зі сталі 45. Тобто покращення енергоефективності транспортуючого облажднання складає 36 %.
7. Результати роботи можуть бути використані на підприємствах чорної й кольорової металургії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ЗАПОРІЖСТАЛЬ: ВЕЛИКА ІСТОРІЯ. *Медіапортал Групи Метінвест*. URL: https://metinvest.media/ua/page/zaporozhstal-bolshaya-istoriya (дата звернення: 18.11.2023).
2. Timofeyev D. I. Experience on commissioning the 2800 plate mill. *Metallurgist*. 1957. Vol. 1, no. 1. P. 39–42. URL: https://doi.org/10.1007/bf01137517
3. United Engineering and Foundry Company. Rolling Mill Machinery. Franklin Classics Trade Press, 2018. 214 p.
4. Іванченко Ф. К., Гребеник В. М., Ширяєв В. І. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів. К: Вища шк., 1994. 455 с.
5. Козуб Ю. Г., Маслійов С. В. Підйомно-транспортні машини : підручник. Старобільськ : ЛНУ ім. Тараса Шевченка, 2018. 277 с.
6. Lees P. Scroll roller bi-directional conveyor.
7. Вантажно-транспортуючі машини і засоби в поліграфії : навч. посіб. / Т. І. Веретільник та ін. Черкаси : ЧДТУ, 2018. 91 с.
8. Самохвал В. М. Конструкції технологічних агрегатів в процесах ОМТ. Частина 4. Обладнання прокатних та волочильних цехів. : конспект лекцій. Кам'янське : ДДТУ, 2017. 91 с.
9. Равлюк В. Г. Вагоноремонтні машини та обладнання : конспект лекцій. Харків : УкрДАЗТ, 2006. 38 с.
10. Modern technological constructions for the production of rolled copper and its alloys based on the concept of metallurgical micro-mills / O. M. Smirnov et al. Metal and Casting of Ukraine. 2020. Vol. 28, no. 4. P. 42–46. URL: https://doi.org/10.15407/steelcast2020.04.042
11. Федьков Г. О., Хімін В. М., Кобрін Ю. Г. Проблеми та напрямки подальшого розвитку металургійного обладнання : навч.-метод. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2011. 80 с.
12. Vorobei S. A., Prykhodko I. Y., Raznosilin V. V. Features of technological schemes and equipment for the production of thin strips on hot strip mill.

Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy. 2020. No. 34. P. 159–169. URL: https://doi.org/10.52150/2522-9117-2020-34-159-169

13. Заявка Великобританії №1491574. Відвідний рольганг. Бюлетень винаходів. 1977. №14
14. Заявка ФРН №3427707. Ролик з внутрішнім охолодженням. Є. Планкер. Бюлетень винаходів. 1987. №1
15. Заявка Японія №1-37312. Ролик рольгангу. НісісанаАніхіно. Бюлетень винаходів. - 1987. - №2.
16. Заявка Японія №57-167063. Ролик для транспортування гарячого прокату. Куряки Хірюхеї, Методу Цугіо, Міцуі Тосіхіса. Бюлетень винаходів. 1984. №4
17. Заявка ФРН №270759. Ролик для транспортування гарячого прокату. Бюлетень винаходів. 1979. № 9
18. Заявка Японія №59-127957. Ролик для транспортування гарячого металу. Арії Кудзуєсі, ХіраїсіХісасі. Бюлетень винаходів. 1995. № 10
19. Заявка Японія №61-189853 Ролик рольгангу. ЯбукоТакахіро. Бюлетень винаходів. 1987. № 12.
20. Заявка Японія №58-119449. Ролик для гарячої обробки. КуркиТаконорі. Бюлетень винаходів. 1984. №9.
21. Заявка Японія №60-174209. Збірний ролик для транспортування гарячого прокату. Кітадзава Набору та ін. Бюлетень винаходів. 1986. № 12
22. Заявка ФРН №3427707. Ролик із внутрішнім охолодженням. Е.Планкер. Бюлетень винаходів. 1987. №1
23. Заявка Японія №60-174210. Пристрій керування швидкістю рольгангу прокатного стану. Міва Наріхара. Бюлетень винаходів. 1986. №12
24. Заявка Японія №62-197212. Спосіб та пристрій для контролю швидкості роликів рольгангу в процесі гарячої прокатки. Бюлетень винаходів. 1988. №8
25. Колосов Д.Л., Кіба В.Я. Опір матеріалів у прикладах та завданнях: навч. посібник. Дніпро: Національний технічний університет «Дніпровська

Політехніка», 2021. 106 с.

26. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин: Навчальний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 1996. 145 с.
27. Півняк Г.Г., Бешта О.С., Фількін М.П. Автоматизований електропривод у прокатному виробництві. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2008. 352с.
28. Беленко В. Д. Динаміка і міцність металургійних машин : метод. вказівки. Запоріжжя : ЗДІА, 2005. 49 с.
29. Мархель І. І. Деталі машин : навч. посіб. К. : Алерта, 2005. 368 с.
30. Стрелец В. В. Деталі машин і основи конструювання. Суми : Сум. держ. ун-т, 2022. 150 с.
31. 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.
32. ДСТУ 520: 2014 Підшипники кочення. Загальні технічні умови.
33. Монтаж металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Кондор, 2017. 374 с.
34. Ремонт металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Кондор, 2017. 236 с.
35. Технічне обслуговування металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Кондор, 2017. 288 с.
36. Круг сталевий: ціна за метр, тонну. Купити круглу сталь оптом та в роздріб в Метінвест-СМЦ. Metinvest. URL: https://metinvest-smc.com/ua/products/krug/ (дата звернення: 23.05.2024).
37. Ніколаєв В.О. Обтискне та сортове виробництво прокату: навч. посібник. Запоріжжя: ЗДІА. 2015. 128 с.
38. Данченко В. М., Грінкевич В. О., Головко О.М. Теорія процесів обробки металів тиском: підручник для вищ. навч. заклад. Дніпропетровськ: Пороги, 2008. 370 с.
39. Ніколаєв В.О. Теорія і технологія точної прокатки штаб: навчальний посібник для студентів ЗДІА металургійних спеціальностей денної та

заочної форм навчання. Запоріжжя: ЗДІА, 2017. 100 с.

40. Беленко В. Д. Комп'ютерні дослідження машин: : метод. вказівки. Запоріжжя : ЗДІА, 2006. 66 с.
41. https://www.ansys.com/products/ansys-workbench (дата звернення: 24.05.2024).
42. САПРобасні (SAPRobasni). Огляд CAD можливостей Ansys Workbench. 01 Знайомство з DesignModeler, 2022. YouTube. URL: https://www.youtube.com/watch?v=ZEtqg-8GkOE (дата звернення: 24.05.2024).
43. Охорона праці на гірничо-металургійному підприємстві: навч. посібник. Ч.І: Металургійний комплекс. / В.О.Шеремет та ін. Дніпропетровськ: Січ, 2002. 375 с.
44. Ткачук К. Н. Охорона праці та промислова безпека. Навч.посіб. / К. Н. Ткачук. та ін. К: Основа, 2009. 360 с.
45. НПАОП 0.00-4.01-08 Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту [Електронний ресурс] // Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. 2008. Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=28566.
46. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
47. ДБН В.2.5-28-2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення [Електронний ресурс] // Мінбуд України. – 2006. – Режим доступу до ресурсу: http://www.gorsvet.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/08/ДБН-В.2.5-28-2006.pdf.
48. ДСП 3.3.1.038–99. Підприємства чорної металургії. Чинний від 1999–12–01. Вид. офіц.
49. Геврик Е. О. Охорона праці. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. / Е. О. Геврик. – К: Ельга, Ніка–центр, 2003. – 280 с.

50. ДБН В.2.2–28:2010. Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення. Чинний від 2011–10–01. Вид. офіц.

51. Правила улаштування електроустановок. URL: https://mev.gov.ua/storinka/pravyla–ulashtuvannya–elektroustanovok (дата звернення: 03.10.2024).

52. ДБН В.1.1–7:2016.Пожежна безпека об'єктів будівництва Загальні вимоги [Електронний ресурс] // Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово–комунального господарства України. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/32.1.%20ДБН%20В.1.1–7~2016.%20Пожежна%20безпека%20об’єктів%20будівни.pdf.

53. СОУ 40.1–21677681–60:2012. Протипожежний захист машзалів електростанцій. Правила проектування та експлуатації протипожежного устаткування. На заміну НАПБ 05.030–2001 (ГКД 343.001.003.001–2001) ; чинний від 2012–03–29. Вид. офіц.

54. НАПБ А.01.001–2014. Правила пожежної безпеки в Україні. На заміну НАПБ А.01.001–2004 Правила пожежної безпеки в Україні ; чинний від 2023–04–07. Вид. офіц. 2014.

55. ДСТУ–Н Б В.1.1–35:2013. Настанова з розрахунку шуму в приміщеннях і на територіях. Чинний від 2014–01–01. Вид. офіц.

56. ДСН 3.3.6.037–99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Чинний від 1999–12–01. Вид. офіц.

57. НПАОП 27.0-1.01-08 Правила охорони праці в металургійній промисловості.

58. Румянцев В. Р. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та техногенна безпека» у дипломних роботах (проектах) для студентів ЗДІА спеціальностей МЧМ, МБ та інші / В. Р. Румянцев, І. О. Ткаліч. – Запоріжжя: ЗДІА, 2012. – 16 с.

СПИСОК ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ

№ п/п	Найменування	Кільк. листів	Формат
1	Рольганг агрегату повздовжньо-поперечного різання	1	А1
2	Ролик рольгангу	1	А3х2
3	Корпус підшипникової опори	1	А2
4	Дослідження впливу співвідношення внутрішнього та зовнішнього діаметрів на площу поперечного перерізу ролика рольганга	1	А1
5	Імітаційне моделювання роботи ролику трубчастого перерізу з використанням кінцево-елементного пакету Ansys Workbench	1	А1
6	Аналіз енергоефективності запропонованої конструкції ролика рольганга	1	А1
7	Звукоізоляційна кабіна	1	А1

ДОДАТКИ