

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

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

(назва факультету)

кафедра металургійного обладнання

(повна назва кафедри)

## **ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

На тему Модернізація вузла розтиску барабана ролико-барабанної моталки  
в умовах прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь»

---

Виконав: студент групи 6.1331-с

Петренко А. С.

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

спеціалізація

\_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма

133.00.12 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Керівник Огінський Й.К.

(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. Потєбні

Кафедра металургійного обладнання

Рівень вищої освіти бакалавр

(перший (бакалаврський) рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Спеціалізація \_\_\_\_\_

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма 133.00.12 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедру А.О. Власов

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**Завдання**

до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

Петренка Андрія Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Модернізація вузла розтиску барабана ролик-барабанної моталки в умовах прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь» керівник кваліфікаційної роботи професор, д-р техн. наук Огінський Й.К. затверджені наказом вищого навчального закладу від “26” грудня 2023 року № 2215-с
2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 14 червня 2024 року.
3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи техніко-економічні показники роботи прокатного цеху
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Загальна частина; 2. Спеціальна частина; 3. Експлуатаційна частина; 4. Охорона праці та техногенна безпека. Загальні висновки та рекомендації
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Моталка – 1А1; 2. Барабан – 1А0; 3. Вузол привода – 1А2х3; 4. Пневматичний циліндр – 1А1; 5. Стрповка пневмоциліндра – 1А1; 6. Звуковий захист кабіни керування – 1А1.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Огінський Й.К., д-р техн. наук, професор		
2	Огінський Й.К., д-р техн. наук, професор		
3	Огінський Й.К., д-р техн. наук, професор		
4	Огінський Й.К., д-р техн. наук, професор		

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітки
1	Збір матеріалу на проектування	13.05.2024 – 20.05.2024	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань проектування	21.05.2024 – 27.05.2024	
3	Виконання теоретичної частини проекту	26.05.2024 – 29.05.2024	
4	Виконання графічної частини проекту	30.05.2024 – 05.06.2024	
5	Написання та оформлення пояснювальної записки	06.06.2024 – 10.06.2024	
6	Перевірка проекту консультантами	11.06.2024 – 13.06.2024	
7	Попередній захист проекту	14.06.2024	
8	Переплітання пояснювальної записки	Згідно з графіком	
9	Захист проекту у ДЕК	Згідно з графіком	

Студент \_\_\_\_\_  
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_  
 (підпис) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Петренко А. С. Модернізація вузла розтиску барабана ролико-барабанної моталки в умовах прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь»

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти бакалавр за спеціальність 133 – Галузеве машинобудування, керівник Й.К. Огінський. Запорізький національний університет, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра металургійного обладнання, 2024.

Проаналізовані та виявлені недоліки обладнання, що приймає участь в технологічному процесі гарячої прокатки штаби. Запропонований варіант модернізації механізму розтиску барабана ролико-барабанної моталки. Виконані необхідні для впровадження модернізації розрахунки. Приділено увагу питанням техногенної безпеки та екології в прокатному виробництві.

Ключові слова: штаба, рулон, моталка, барабан, пневмоциліндр

## ABSTRACT

Petrenko A.S. Modernization of the Drum Pressing Unit of the Rolling-Drum Spinner in the Conditions of the Rolling Shop of Zaporizhstal PJSC

Qualifying thesis for obtaining a bachelor's degree in higher education, specialty 133 - Industrial engineering, adviser Yo.K. Oginsky. Zaporizhzhia National University, Engineering Educational and Scientific Institute them. Yu.M. Potebni, Department of Metallurgical Equipment, 2024.

The shortcomings of the equipment involved in the technological process of hot rolling were analyzed and identified. The proposed option of modernization of the drum pressing mechanism of the roller-drum winder. Calculations necessary for the implementation of modernization have been completed. Attention is paid to issues of man-made safety and ecology in rolling production.

Key words: strip, roll, reel, drum, pneumatic cylinder

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	8
1.1 Структура та вантажопотоки дільниці гарячої прокатки тонкого листа	8
1.2 Короткий опис технологічного процесу основної виробничої лінії	11
1.3 «Вузькі» місця ділянки обтискного стану	16
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	18
2.1 Огляд та аналіз існуючих конструкцій моталок для гарячекатаної штаби	18
2.2 Устрій та принцип роботи прийнятої конструкції ролико-барабанної моталки	25
2.3 Опис запропонованої модернізації моталки гарячекатаної штаби	27
2.4 Розрахунок потужності двигуна привода барабана моталки	28
2.5 Розрахунок на міцність вала барабана моталки	29
2.6 Розрахунок силового пневмоциліндра	32
2.7 Розрахунок параметрів пневмоциліндра підйому й опускання тягнучих роликів	36
3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА	40
3.1 Основні вантажопотоки при виконанні капітального ремонту	40
3.2 Проект організації робіт при виконанні капітального ремонту	41
3.3 Такелажні роботи	61
3.3.1 Розрахунок стропів для виконання монтажу модернізованого повітряного циліндру	62
3.3.2 Розрахунок стропів для виконання монтажу барабана моталки	65
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	69
4.1 Виявлення та оцінка шкідливих факторів виробничого середовища	69
4.1.1 Розрахунок рівня механізації й автоматизації ділянки моталок	69
4.1.2 Аналіз потенційних і шкідливих факторів виробничого середовища	70
4.2 Заходи щодо захисту від виявлених шкідливих та небезпечних чинників виробничого середовища	72

4.3 Технічні рішення по гігієні праці та виробничій санітарії	74
4.3.1 Мікrokлімат	74
4.3.2 Освітлення виробничих приміщень	78
4.3.3 Виробничий шум, виробнича вібрація	79
4.4 Міри пожежної безпеки	81
4.5 Ймовірність аварій та їх ліквідація	82
Висновки	83
Список використаної літератури	84
ДОДАТКИ	87

## ВСТУП

Для покращення якості металу, а також технічного обладнання металургійної галузі необхідно активно оновлювати застарілі виробничі фонди, упроваджувати прогресивні технології та обладнання, вдосконалювати структуру виробництва.

Для того щоб застарілі машини і агрегати відповідали вимогам сучасного часу, вони повинні мати високі техніко-економічні показники та бути більш продуктивними в порівнянні з машинами цього призначення в світовій практиці. Підвищення техніко-економічних показників досягається за рахунок модернізації та удосконалення конструкцій експлуатуємого обладнання.

Прокатка є одним з найбільш розповсюджених способів обробки металів тиском та користується великим розповсюдженням, так як вона має великий відсоток продуктивності та безперервність технологічного процесу.

Сучасні прокатні стани представляють собою повністю механізовані й автоматизовані лінії.

В сучасному металургійному машинобудуванні підвищення зносостійкості, довговічності машин і агрегатів являється одним з актуальних напрямків технологічного процесу.

Також одним з головних факторів підвищення ефективності технологічного процесу являється перехід з виробництва важких та громіздких машин на виробництво більш сучасних і легких агрегатів, а також впровадження механізмів з більшим відсотком автоматизації та можливістю роботизації технологічних процесів.

Пояснювальна записка до дипломного проєкту містить 99 сторінок, 14 рисунків, 11 таблиць, 12 додатків. Бібліографічний список має 27 найменувань літературних джерел.

Об'єкт проєктування – вузли барабана ролико-барабанної моталки, прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь».

Ціль роботи – усунення конструктивних недоліків існуючої конструкції й вибір електродвигуна привода барабана моталки.

## 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

### 1.1 Структура та вантажопотоки дільниці гарячої прокатки тонкого листа

Цех гарячої прокатки тонкого листа запущений 1 травня 1938 року. Після війни відновив свою діяльність 30 серпня 1947 року. За час свого існування був істотно модернізований. Виробництво гарячекатаного листа, перше в країні, було переведено на рулонний спосіб; стан був оснащений безконтактним вимірювачем товщини листа та рентгенівським шириноміром; була реконструйована система гідравлічного зняття окалини; були встановлені нові моталки для змотування двадцятитонних рулонів; упроваджена система прямої прокатки слябів без їх підігріву із обтискного цеху.

Модернізація обладнання для гарячої прокатки тонкого листа продовжується і у наш час.

Дільниця гарячої прокатки тонкого листа призначена для отримання товарних і переробних гарячекатаних рулонів та листів.

Дільниця має чотири відділення в яких розміщено основне та допоміжне обладнання:

- Пічне;
- Станове;
- Транспортування та обробки рулонів;
- Складських приміщень.

Вантажопотоки дільниці представлені на рисунку 1.1.

У пічному відділенні знаходиться ділянка методичних рекупераційних печей (підігрів слябів до температури прокатки). Методичних печей – 5. У кожній печі 1 є виштовхувач слябів 2. При прокатці слябів з печей, сляб виштовхується на нижній пічний рольганг 3 у головну лінію прокатного стану «1680».

Безперервний тонколистовий стан «1680» складається з двох груп: чорнової та чистової [1].



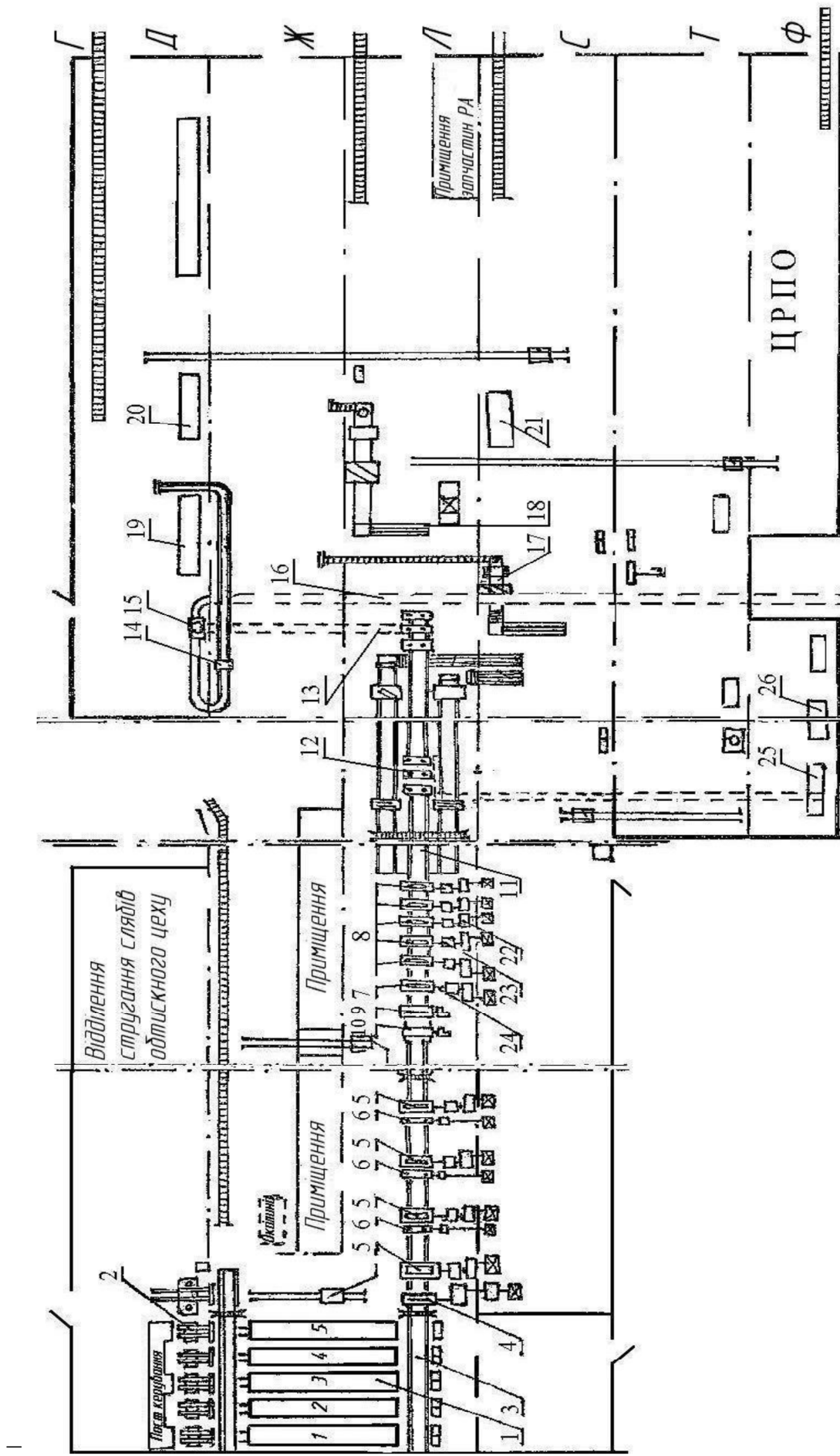


Рисунок 1.1 – Вантажопотоки дільниці гарячої прокатки (позиції наведено в тексті)

До складу чорнової групи входить двохвалкова кліть «дуо» 4 (чорновий окалиновідламувач), чотири чотирьохвалкові кліті «кварто» 5 (№№ 1, 2, 3 та 4), три вертикальних кліті 6 (№ 1, 2, 3) з нижнім приводом. Перед чорновим окалиноруйнувачем встановлений гідрозбив окалини (тиск 90 атмосфер).

До складу чистової групи клітей входять: одна двохвалкова кліть окалиновідламувача 7, шість чотирьохвалкових клітей «кварто» 8 (№№ 5, 6, 7, 8, 9,10), а також летючі важільні (25x1700 мм) та барабанні ножиці (28x1550 мм) 9, для відрізки переднього та заднього кінця штаби (прокату) перед чистовою групою та проміжно-перемотувальний пристрій «коїлбокс» 10, який необхідний для врівноваження температурного режиму прокатки та для покращення якості прокату. Швидкість прокатки гарячої штаби складає: від 0,99 м/с на виході із чорнового окалиновідламувача до 11,25 м/с – на виході із кліті №10. При прокатці використовують валки із кованої сталі марки 50 ХН, 9ХФ, чавуна відбіленого двошарового діаметрами від 610 мм до 1320 мм.

Після останньої кліті стрічка по відвідному рольгангу 11 подається на моталки 12. Гарячі рулони подаються по конвеєру 13 через підйомно-поворотний стіл 14, 15 в наступне відділення – транспортування та обробки рулонів.

До складу відділення транспортування та оброблення рулонів входить конвеєр 16, який транспортує рулони від моталок на оброблення в ЦХП – 1, через підйомно-поворотний стіл 14,15 та рольганг-ваги, далі рулони транспортуються на склад. В цьому відділенні є ділянка листообробки:

- Два агрегати поперечного різання 17, 18 ;
- Два агрегати повздовжнього різання 19,20;
- Піч 21;
- Допоміжне обладнання.

До складу цеха входить машинний зал який приводить у дію робочі кліті за допомогою силового редуктору 22, шестерної кліті 23, шпинделя 24. У приміщенні цеха розташований травильний агрегат 25, миючий агрегат 26. До будівлі прилягає цех ремонту прокатного обладнання.

У відділені складських приміщень знаходиться запасне обладнання для станів. У цеху передбачено ділянку підготовки обладнання до ремонту. Опорні та робочі валки шліфуються на шліфувальних станках. Також тут проводиться збірка, ремонт валків, ремонт підшипників та їх ревізія. Під основними відділеннями цеха знаходяться маслопідвали, в яких встановлено насоси для подачі мастила. На ділянці енергослужби розміщені насоси високого тиску води для системи гідрозмиву окалини.

Технологічне переміщення вантажу відбувається за допомогою 25 електромостових кранів (Q до 40 т). До складу цеху входить велика кількість складських приміщень, різноманітних майстерень та побутових приміщень.

## 1.2 Короткий опис технологічного процесу основної виробничої лінії

В склад комплексу обладнання безперервного тонколистового стану гарячої прокатки «1680» (рис. 1.2), входять: десять робочих клітей «кварто», які розділені на чорнову 1 та чистову групу 2, два окалиноруйнувача 3, 4, три вертикальних кліті 5 та допоміжні механізми.

До допоміжних механізмів відносять: нижній пічний 6 та відвідний 7 рольганги; летючі ножиці 8 з додатковим обладнанням для різання гарячекатаних штаб на листи, ножиці з нижнім різом; перемотувальні пристрої 9 №№1,2 і 3, душирувальна установка 10; моталки №№1-6 з кантувачами рулонів 11, приймальними візками, приймачами рулонів, конвеєром та крокуючою балкою до них; відвідного конвеєра 12; підйомно-поворотних столів 13,14; зважувального рольгангу з електронно-тензометричною системою зважування рулонів та приймального рольганга.

Отримання гарячекатаної штаби зі слябу відбувається наступним чином.

Сляб поступає безпосередньо після прокатки на слябінгу «1150» (через уклінний транспортер) чи зі складу слябів на верхній пічний рольганг, потім в методичні печі. Нагрів ведеться до температури 1250 °С. Після чого сляб поступає на нижній пічний рольганг, далі на стан.

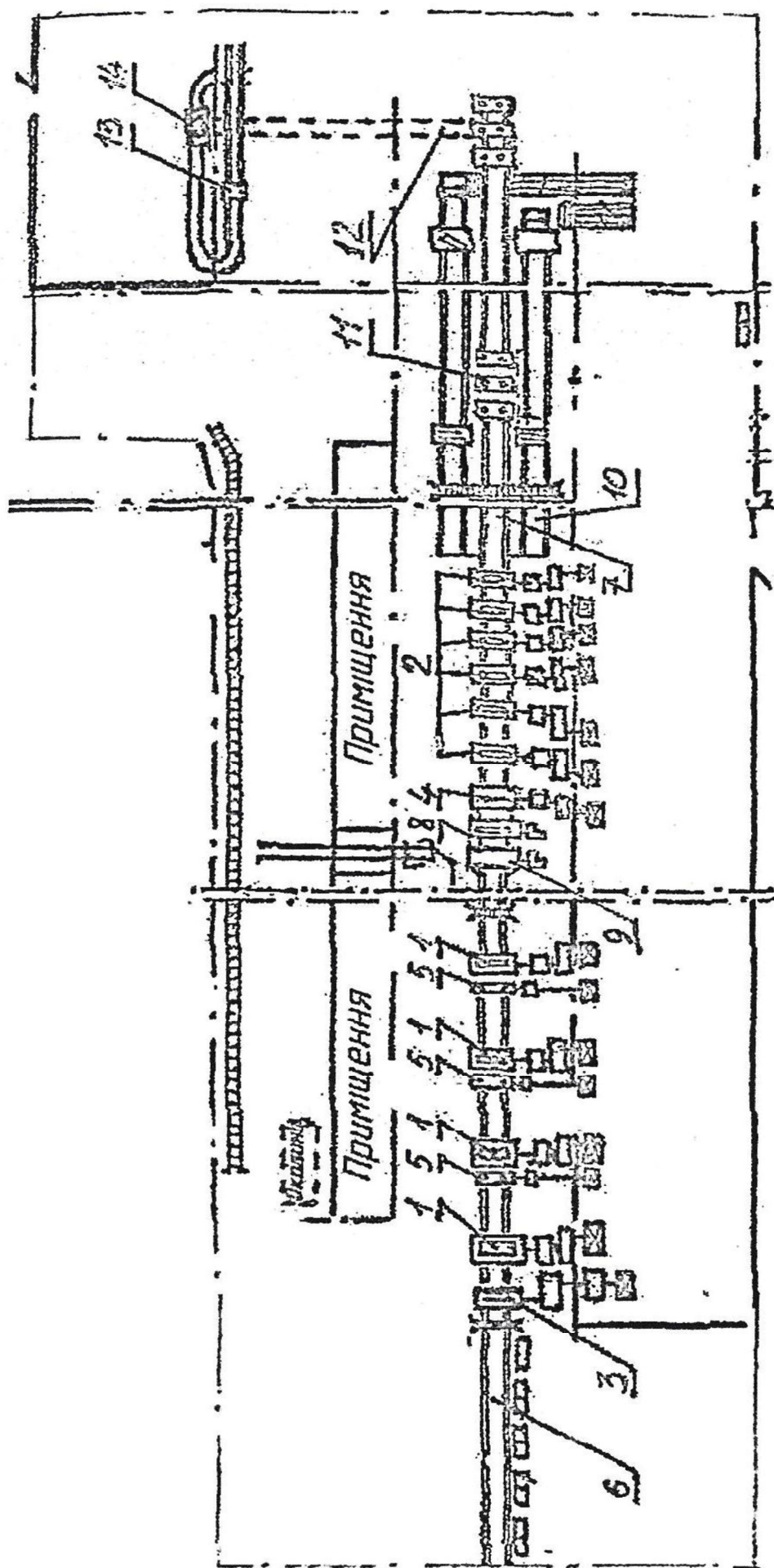


Рисунок 1.2 – Схема розміщення обладнання основної виробничої лінії дільниці гарячої прокатки тонкого листа (позиції наведено в тексті)

Так як на безперервному тонколистовому стані всі десять робочих клітей розташовані одна за одною, то штаба металу рухається по стану суцільним потоком, по одній лінії.

В чорновій групі стана розкат знаходиться одночасно тільки в одній кліті. Чорновий та чистовий окалиноруйнувачі «зламують» окалину, яка потім видаляється водою високого тиску. Крім цього, чорновий окалиноруйнувач, як і робоча кліть, виконує обтискання до 25%. Кліті з вертикальними валками забезпечують зняття розширення, отриманого при деформації розкату горизонтальними валками. При прокатці слябів товщиною від 105 до 168 мм допустимі максимальні обтискання по клітям чорнової групи в залежності від ширини слябу приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Допустимі максимальні обтискання по клітям чорнової групи в залежності від ширини слябу

Кліть	Максимальне обтиснення при прокатці вуглецевих і низьколегованих сталей, %	
	Ширина сляба до 1250 мм	Ширина сляба більше 1250 мм
ДУО	25	20
№1	37	35
№2	40	37
№3	40	37
№4	40	37

При цьому, навантаження на кліті чорнової групи не повинні перевищувати величин, вказаних в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Допустимі навантаження на кліті чорнової групи

№№ клітей	Тип двигуна	Номінальні параметри двигунів			Допустимі навантаження	
		Потуж., кВт	Напруга, В	Сила струму, А	Потуж., кВт	Сила струму, А
ДУО	МП 2000 -450УЗ	2000	750	2820	2600	3666
1	СДПЗ- 6300-428 -УХЛ4	6300	6000	700	7500	-
2	СДПЗ-6300-428 -УХЛ4	4000	6000	445	6800	-
3	МПС 4000-500 -УЗ-С	4000	750	5600	6500	9100
4	МПС 4000-500 -УЗ-С	4000	750	5600	6200	8680

Розкат з чорнової групи поступає до летючих ножиць, для обрізання переднього і заднього кінця штаби. Потім захвачується валками чистової групи, а саме чистовим окалиноруйнувачем і першою кліттю чистової групи. В чистовій групі штаба знаходиться одночасно в усіх клітях. Для забезпечення нормального процесу прокатки забезпечується рівність секундних об'ємів [2].

$$V_5 \cdot h_5 \cdot b_5 = V_6 \cdot h_6 \cdot b_6 = \dots = V_{10} \cdot h_{10} \cdot b_{10};$$

Так як ширина штаби практично не змінюється то рівність секундних об'ємів буде виконуватись і виглядати наступним чином [2]:

$$V_5 \cdot h_5 = V_6 \cdot h_6 = \dots = V_{10} \cdot h_{10};$$

Допустимі максимальні обтискання при прокатці штаб в клітях чистової групи приведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Допустимі обтискання в клітях чистової групи при прокатці штаб різної товщини з вуглецевих і низьколегованих сталей, %.

№№ клітей	Ширина штаби, мм	
	До 1250	Від 1250 до 1500
5,6	50	45
7,8	40	35
9	25	25
10	15	15

При цьому, навантаження на кліті чистової групи не повинні перевищувати величин, вказаних в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Допустимі навантаження на кліті чистової групи

№№ клітей	Тип двигуна	Номінальна потужність, кВт	Номінальний струм, А	Короткочасно допустиме навантаження, кА
5 - 10	AMZ – 1600 FF 12	7000	7050/6000	12

Перед змотуванням штаби в рулони вона охолоджується. Охолодження штаб виконується в душирувальній установці. Душирувальна установка призначена для пришвидшеного охолодження штаби. Тип охолодження – камерне. При цьому вода з ванн верхніх секцій подається на штаби по типу «водяної завіси», а з ванн нижніх секцій – по типу «водяного стовпа» [3].

Температуру змотування штаби оператор моталок регулює шляхом включення/виключення визначеної кількості верхніх і нижніх ванн душирувальної установки. Змотування штаби в рулони забезпечує щільне притискання витків рулону одного до іншого з телескопічністю в межах стандартів, технічних потреб та стандартів підприємства.

Швидкість обертів роликів моталки, при змотуванні не перевищує швидкість прокатки в десятій кліті. Товщина змотаної штаби від 1,8 до 6,0 мм; ширина від 600 до 1510 мм; максимальна вага рулону – 7500 кг; максимальна температура змотаної штаби - 600°C.

Після змотування штаби, рулон виштовхується на рiг кантувача і далі кантується на приймальний візок.

Рулон на приймальному візку транспортується до конвеєра, де за допомогою приймача рулонів встановлюється на конвеєрі. Швидкість руху ланцюгів конвеєра від 4,5 до 9,0 м/хв.; кількість ланцюгів – 2 шт.

Рулон по транспортувальному конвеєру рухається до підйомно – поворотного столу №1: час повороту столу на 90° - 7,5 секунд; вантажопідйомність – 25 тон; хід столу – 550 мм; швидкість задачі рулону на стіл від 4,5 до 9,0 м/хв.

Рулони, призначені для подальшого перероблення, транспортуються по поворотному конвеєру і поступають на транспортувальний конвеєр в відділення складу рулонів.

### 1.3 «Вузькі» місця ділянки обтискного стану

Стани гарячої прокатки характеризуються тим, що у випадку виходу з ладу одного з механізмів потокової лінії, зупиняється весь стан. Тому основним заходом щодо усунення «вузьких» місць є виконання правил технічної експлуатації, технічного обслуговування всіх механізмів і всього устаткування стану в цілому.

На пiчній ділянці «вузьким» місцем є нижній пiчний рольганг із груповим приводом роликів через конічні шестірни від трансмісійного валу. Через нерівномірне температурне нагрівання зубчасті зачеплення конічних шестерень швидко зношуються, тому пiчний рольганг доцільно виконати як рольганг із багатоіндивідуальним приводом від окремих редукторів із циліндричними шестірнями.



За умови роботи цеху на повну проєктну потужність, подальше зростання його продуктивності обмежується:

- недостатньою потужністю нагрівальних засобів, що викликає, крім обмеження обсягу виробництва, затримки злитків перед посадкою в колодязі, а отже перевитрата палива.
- недостатньою продуктивністю засобів для подачі злитків від нагрівальних колодязів до стана.
- двигуни головного привода стана не дозволяють інтенсифікувати режим обтиснень у горизонтальних клітках стана.
- високим ступенем зношеності й недостатньою потужністю ножиців для різання розкату високоміцних сталей.
- низькою продуктивністю засобів для збирання обрізі від ножиць у скраповий проліт.
- недостатніми площами для складування металу.

У хвостовій частині прокатного стану 1680 найбільш проблемною позицією є моталки. Найбільше часто виходить із ладу зіштовхувач рулонів і підшипники тягнучих роликів перед моталками. Своєчасна заміна монтажних ущільнень у циліндрі зіштовхувача, реконструкції станин тягнучих роликів із заміною підшипників на більше довговічні дозволить усунути позапланові ремонти.

Незадовільна робота моталок в зимовий період, в зв'язку з утворенням конденсату в пневматичній системі, що викликає часті простої стана та недопустимі перевитрати пов'язані з невиконанням строків поставки основної продукції дільниці. Вирішення проблеми підвищення роботоздатності моталок гарячекатаної штаби розглянуто у другому розділі даної кваліфікаційної роботи.

## 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 2.1 Огляд та аналіз існуючих конструкцій моталок для гарячекатаної штаби

Моталки застосовують для змотування прокатоного металу в рулони (штаба, стрічка, штрипс) і бунти (катанка, дрібносортні профілі) [4].

По призначенню й конструкції моталки можна розділити на чотири групи:

- 1) ролико-барабанні моталки для гарячої штаби;
- 2) барабанні моталки для холодної штаби;
- 3) моталки, що згортають, машини для гарячої штаби-штрипса;
- 4) моталки для змотування в бунти гарячих дрібносортних профілів (круг, квадрат) і дроту (катанки).

Моталки є досить відповідальними машинами безперервного широкоштабового стану. Від їхньої роботи залежать успішна експлуатація всього стану і якість готової штаби.

На сучасних широкоштабових станах швидкість прокатки штаби досягає 20-25 м/с, маса рулону 30-50 т. [5]

До конструкцій моталок пред'являються наступні вимоги:

1. Щільне, без телескопічності намотування витків, для чого змотування необхідне вести з натягом. При нещільному намотуванні відбувається окиснення поверхні внутрішніх витків і утворення окалини. Крім того через нерівномірність охолодження витків погіршується структура металу. Телескопічність приводить до ушкодження крайок штаби при транспортуванні;
2. При захваті штаби моталкою і її змотуванні на відвідному рольганзі стану не повинні утворюватися петлі або складки на штабі;
3. Твердість і зносостійкість конструкції, що здатна тривалий час безперервно працювати при температурах 500÷700 °С, при наявності окалини, випару й динамічних навантажень;
4. Ремонтопридатність (можливість здійснення ремонтів за мінімальний час);

5. Приймально-передавальні пристрої не повинні ушкоджувати рулони [6].

Враховуючи великі габарити й масу обертових деталей моталки, якість ремонту моталки повинна бути досить високою. Горизонтальні осі й утворюючі циліндричні поверхні верхніх тягнучих роликів, барабана моталки й формуючих притискних роликів повинні бути строго паралельними. Тільки при виконанні цієї умови можна змотати штабу в щільний рулон без телескопічності його витків. Перед початком намотування переднього кінця штаби окружні швидкості тягнучих роликів, барабана моталки й формуючих роликів повинні бути більше швидкості штаби (на 10-20 %). Для забезпечення захвата переднього кінця штаби зазор між верхніми тягнучими роликами необхідно точно регулювати, що сприяє також зменшенню динамічних навантажень.

Змотування гарячекатаної штаби на барабан моталки в щільні рулони можна здійснити двома способами:

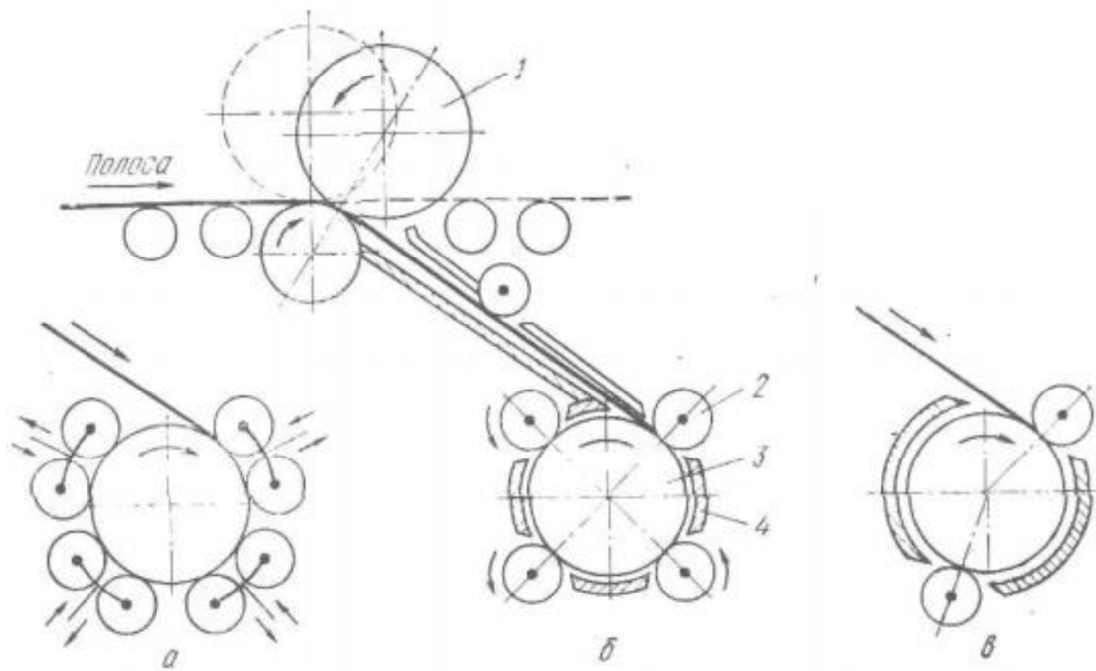
- 1) барабаном моталки, що створює натяг (без притиску до штаби формуючих роликів);
- 2) формуючими роликами, щільно притиснутими до штаби на барабані моталки, але без натягу штаби барабаном моталки.

Практика показує, що при змотуванні штаби рулон має ексцентричність, яка викликає динамічні навантаження на формуючі ролики, тому по першому способу моталки працюють більш спокійно [7].

При змотуванні тонкої гарячої штаби (1-4 мм) після утворення 2-3 перших витків формуючі ролики віддаляються від рулону й подальше змотування здійснюється з натягом штаби барабаном моталки; верхні тягнучі ролики при цьому працюють у генераторному (гальмовому) режимі або ж вони мають зазор між роликами. Формуючих роликів досить двох з концентричними проводками між ними (рис.2.1).

Змотування більш товстої штаби (5-16 мм) можна здійснювати таким же чином, але при цьому буде потрібна більша потужність електродвигуна привода барабана моталки. Тому в більшості випадків змотування товстої штаби виконують іншим способом, причому в моталці встановлюють 2-3 пари

притискних роликів більш твердої конструкції. Після захвачення переднього кінця штаби барабаном моталки притискні ролики залишаються притиснутими до штаби й змотування її в рулон з натягом здійснюється як притискними роликами, так і барабаном моталки; верхні ролики в цьому випадку працюють у режимі тягнучих для штаби на рольгангу й подаючими для штаби, що направляється в моталку.



а – 8-роликова барабанна моталка;

б – 4-роликова барабанна моталка;

в – 2-роликова барабанна моталка.

1 – подаючі ролики, 2 – формуючі ролики, 3 – барабан, 4 – проводки.

Рисунок 2.1 – Схеми моталок для змотування гарячекатаної штаби

Очевидно, що для спрощення конструкції на безперервному широкоштабовому стані доцільно застосовувати моталки двох типів: для змотування штаб товщиною 1,2-4 та 4-16 мм; останні повинні бути встановлено

на відстані від перших на 30-50 м для забезпечення охолодження більш товстої штаби перед змотуванням [7].

По виходу з останньої чистової кліті й при русі по рольгангові, що відводить, до моталки передній кінець штаби згинають догори. Для поліпшення захвата переднього кінця штаби верхній ролик тягнучого пристрою має збільшений діаметр у порівнянні з нижнім роликом. З цією ж метою верхній ролик зміщають на кут  $15-20^\circ$  вперед ( по напрямку руху штаби) стосовно нижнього ролика. При зміні напрямку руху ( з горизонтального перед роликами в похиле за роликами по проводці до барабана моталки) штаба випробовує пластичний вигин у натяжних роликах щодо осі нижнього ролика. Для того щоб не було проковзування роликів по штабі (що приводить до появи рисок на поверхні штаби), необхідно, щоб окружна швидкість верхнього ролика ( з боку розтягнутих волокон металу) була трохи більше (з урахуванням товщини штаби) окружної швидкості нижнього ролика. Ця вимога може бути виконана тільки в тому випадку, якщо верхній і нижній ролики мають індивідуальний привод від окремих електродвигунів з автоматичним регулюванням їх швидкості залежно від швидкості й товщини штаби.

Щоб рулон не мав по торцях телескопічності витків, необхідно, при намотуванні правильно направляти штабу на барабан моталки, тобто зберігати незмінне положення штаби перед і за тягнучими роликами. Для цього на рольгангу перед моталкою встановлюють напрямні лінійки, які мають подвійний привод: електричний і пневматичний.

Відстань між лінійками попередньо, залежно від ширини штаби, встановлюється за допомогою електропривода, що переміщає два повзуна, що має гайки, у яких обертається гвинт; повзуни переміщаються при цьому але круглим напрямними. При наближенні переднього кінця штаби до тягнучих роликів автоматично включаються пневматичні циліндри штоки яких переміщають лінійки й центрують штабу щодо тягнучих роликів протягом періоду змотування штаби в рулон. Консольний барабан має більшу твердість із метою зменшення його прогину від маси рулону й натягу штаби при змотуванні.

Формуючі ролики й барабан моталки мають безредукторні приводи від електродвигунів, що не вимагають зубчастих зачеплень високої точності.

Для змотування листа в рулони масою 30-50 т при гарячій прокатці на листових станах застосовують моталки. Їх установлюють за станом нижче від рівня рольганга в кількості не менше трьох. Інколи встановлюють дві моталки – для намотування тонких (1-4 мм) і товстих (5-16 мм) листів.

Технічна характеристика ролик-барабанної моталки стана 2000 НКМЗ (рис. 2.2): маса рулону – до 36 т, товщина листа – 1,5- 1,6 мм; і ширина листа – 900-1850 мм; максимальний діаметр рулону – 230 мм; діаметр барабана – 850 мм; швидкість – 10...21 м/с; натяг – 25 кН, потужність електродвигуна привода барабана – 1150 кВт; частота обертання — 220/440 хв<sup>-1</sup> ; потужність привода формуючого ролика – 29 кВт, частота обертання – 1040 хв<sup>-1</sup> [4].

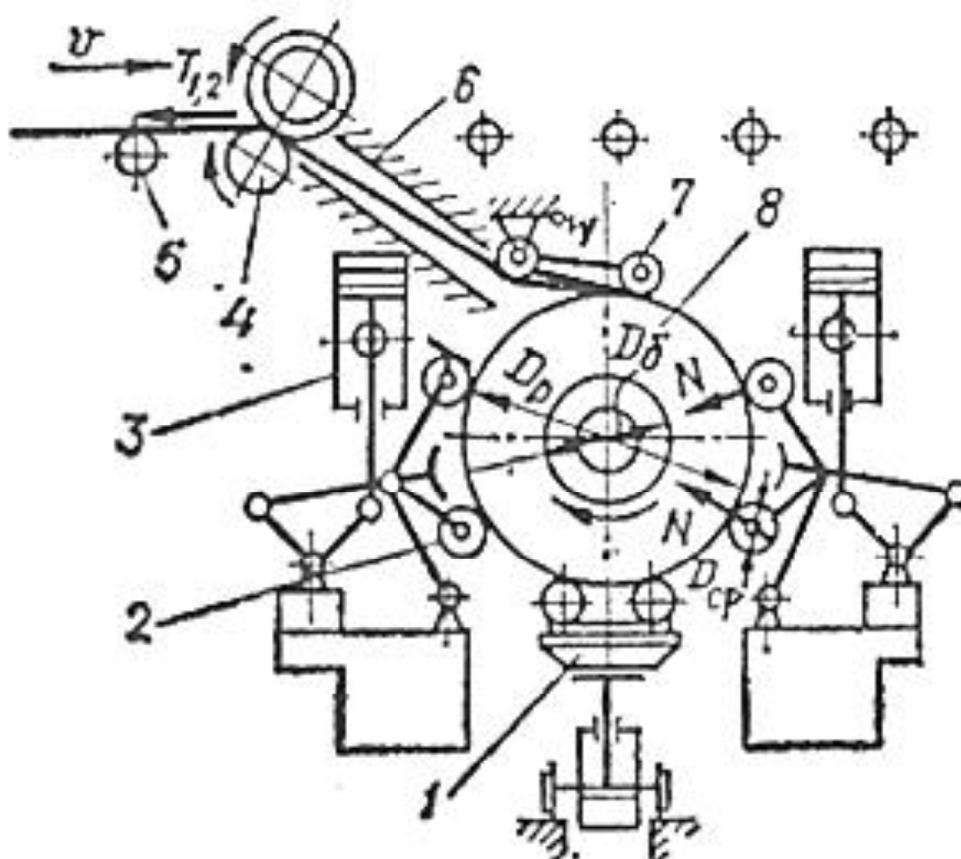


Рисунок 2.2 – Схема ролик-барабанної моталки гарячого листа стана 2000 (позиції наведено в тексті)

Моталка складається з вузла приводних подавальних роликів 4, проводок 6, напрямних роликів 7, формуючих приводних роликів 2, які переміщуються через систему важелів від пневмоциліндра приводного барабана. Лист, рухаючись по рольгангу 5, направляється роликами 4 в барабан, де змотується в рулон 8, щільність якого забезпечують спочатку формуючі ролики, а потім натяг листа. Після закінчення змотування ролики розходяться, діаметр барабана зменшується, рулон піднімається люлькою 1, встановленою на візку з гідроциліндром, а потім переміщається на візку до кантувача [4].

На рисунку 2.3 показана схема моталки гарячої штаби товщиною 1,5-4 (або 4-16) і шириною 900-1850 мм у рулон із внутрішнім діаметром 850 мм і зовнішнім до 2300 мм.

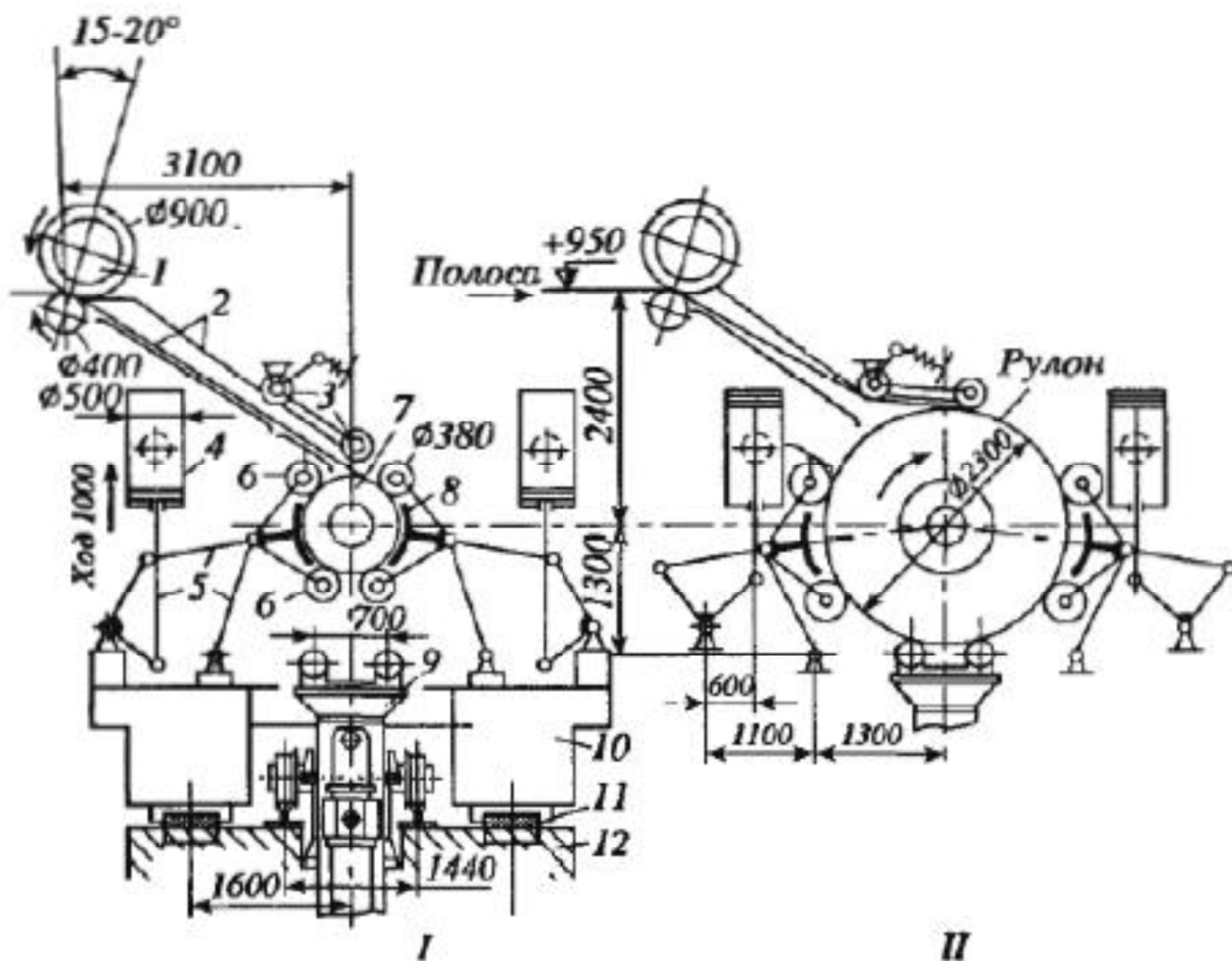


Рисунок 2.3 – Схема моталки гарячої штаби (позиції наведено в тексті)

З останньої кліті чистової групи штаба одержує невеликий вигин нагору. Для кращого захвату переднього кінця штаби, подаючі приводні ролики 1 мають верхній діаметр 900 і нижній 400 мм. Крім того верхній ролик зміщено на кут 15-20°. Переміщуєма по рольгангові 2 штаба направляється до моталки 7 напрямними роликами 3. У положенні 1 формується рулон чотирма формуючими роликами 6 з індивідуальним приводом. Положення формування визначають два барабани 4 через систему важелів 5. Додаткове притиснення забезпечують проводки ковзання 8. Усі механізми роликів і проводок змонтовано на станині 10. Для ремонту моталки використовуються котки, що переміщаються по плиті 12. При заповненні рулону формуючі ролики постійно стискають лист і створюють щільний рулон. По закінченню намотування (положення II) гідроциліндр 9 підходить до моталки, вимикається привод формуючих роликів і вони відходять від рулону. Розпушений рулон дозволяє визволити з нього моталку, після чого візок відвозить рулон.

Устрій самого барабана показано на рисунку 2.4.

Основу барабана складає хрестоподібний вал 1, консольно закріплений на підшипниках кочення в станині. На кожному виступі вала встановлені сектори 2, що затискаються двома стрижневими кріпленнями 8. Між валом і секторами розміщено чотири порожні квадрата 3 із двосторонніми клиноподібними поверхнями. У розчепленому положенні сектору втримуються замком-виступами 4 вала. Усередині паза проходить шток 5, на кінці якого закріплений диск 6. Порожні квадрати кріпляться до диска нарізним сполученням 7, за допомогою якого забезпечується притиск клинів квадрата до секторів (положення I), коли барабан стиснутий. При розтисненні штанги гідроприводом клинові квадрати 3 відходять від сегментів (положення II), які пружинами 8 стискаються, звільняючи рулон. В осьовому напрямку сегменти фіксуються кільцями 9 і 10 [4].



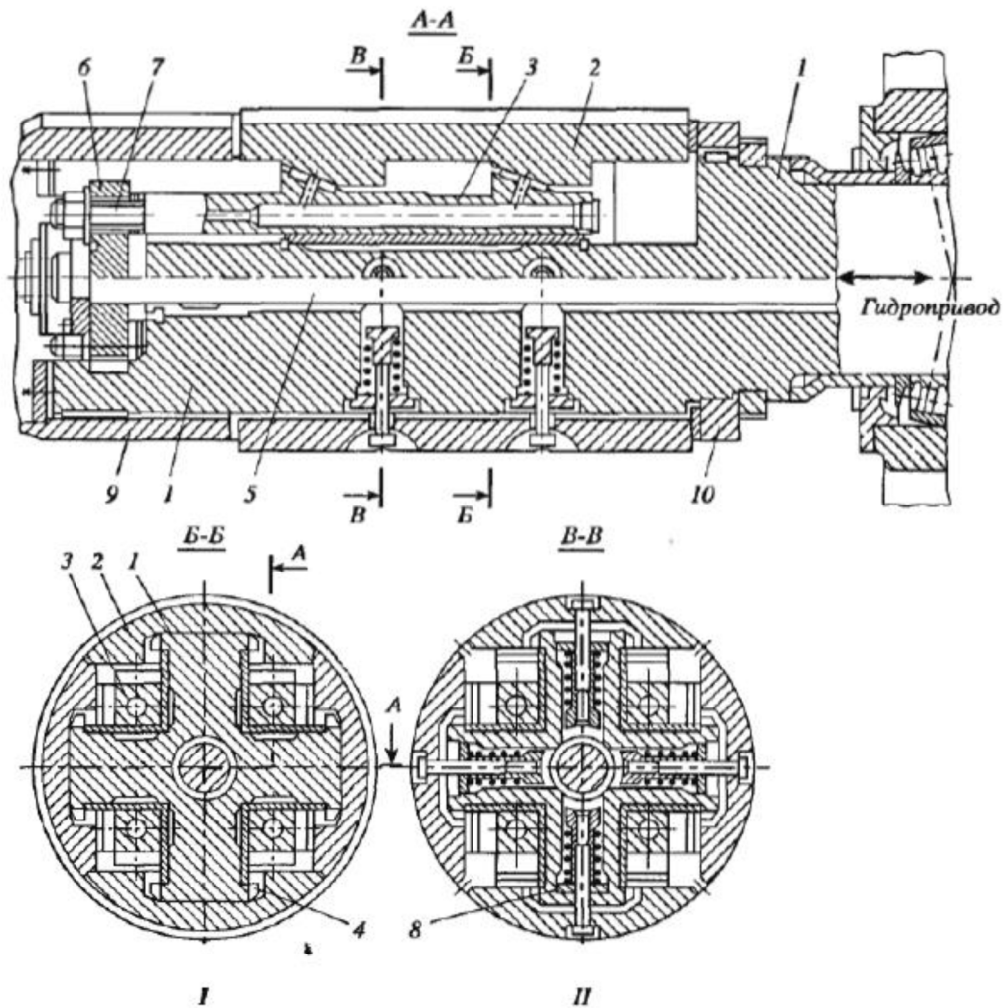


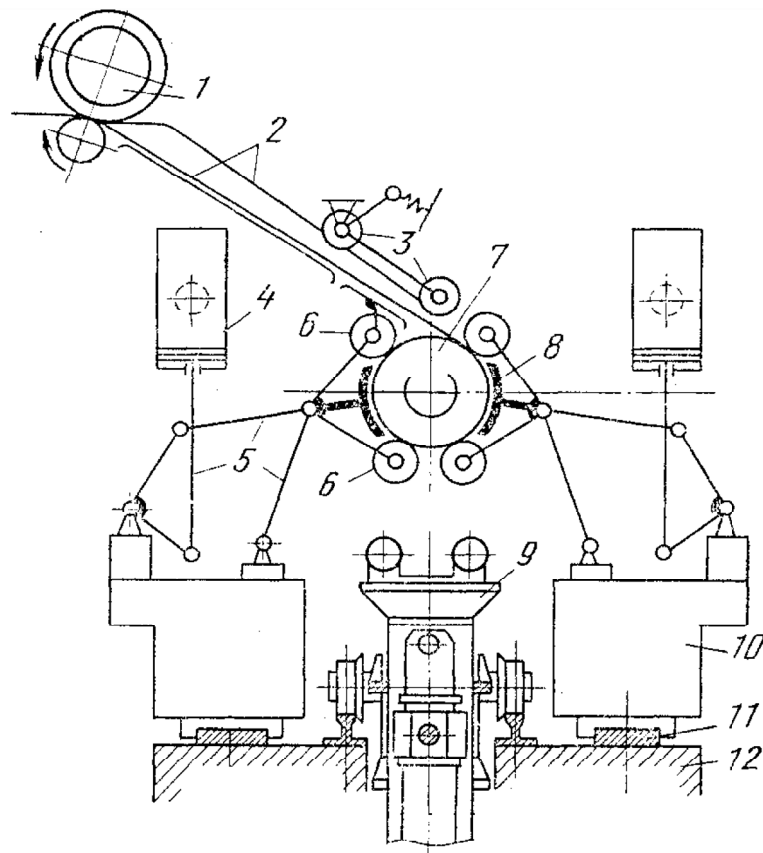
Рисунок 2.4 – Конструкція барабана моталки (позиції наведено в тексті) [4]

## 2.2 Устрій та принцип роботи прийнятої конструкції ролик-барабанної моталки

Роликова барабанна моталка для гарячекатаної штаби представляє собою ролики, що подають, діаметром 900 і 400 мм та мають індивідуальний привод від електродвигунів і встановлені похило стосовно рольганга (рис. 2.5). Вісім формуючих роликів мають індивідуальний привод від електродвигунів постійного струму потужністю по 29 кВт і попарно переміщуються від 2 (або 4 для штаби 4-16 мм) пневматичних циліндрів діаметром 400 мм (тиск повітря 0,4-0,6 МПа), що повертають 2 вали шарнірно-важільної системи. Всі механізми привода й переміщення формуючих роликів змонтовані в станині, що при

ремонті може висуватися убік по нижніх напрямних на плитовинах за допомогою гідравлічного циліндра (хід 4500 мм).

Центральний барабан діаметром 750 мм і довжиною 2000 мм приводиться від електродвигуна потужністю 100 кВт ( $220/440 \text{ хв}^{-1}$ ). Барабан має внутрішній хрестоподібний вал великої твердості й складається з 4-х сегментів з Т-образним наскрізним пазом і 4-х порожніх квадратів із двосторонніми клиноподібними поверхнями. Зовнішні сектори барабана в розчепленому положенні втримуються від дії відцентрових сил 2-х стороннім замком по всій довжині барабана. Через порожній вал проходить штанга на кінці, якої закріплений диск.



1 – тягнуче-подаючі ролики; 2 – проводки; 3 – направляючі ролики з упором; 4 – шарнірні пневматичні циліндри; 5 – важільна шарнірна система; 6 – формуючі приводні ролики; 7 – центральний приводний барабан моталки; 8 – проводки ковзання; 9 – візок з гідропідйомним столом для зняття рулону; 10 – станина; 11 – направляючі планки для висування моталки; 12 – фундаментна плита.

Рисунок 2.5 – Схема моталки для змотування гарячекатаної штаби

Порожні квадрати кріпляться до диска по засобах регульованого з'єднання, що забезпечує щільний контакт клинових поверхонь секторів і квадратів. При розтисненні барабана штанга за допомогою гідроприводу з боку електродвигуна через диск штовхає квадрат, що своїми клиноподібними поверхнями притискають сектори до Т-образних виступів на валу барабана.

При стиску барабана (перед зняттям рулону) штанга тягне квадрати й пружини, закріплені на валу барабана, плавно переміщують сектори в радіальному напрямку. Кінцеві оправлення з'єднані жорстко з валом, служать торцевими опорами сегментів, що рухаються.

### 2.3 Опис запропонованої модернізації моталки гарячекатаної штаби

У зимовий період часу в пневматичній системі барабанної моталки в лінії стана гарячої прокатки 1680 утворюється конденсат, що утрудняє довгий хід поршня пересування клинового вала барабана в осьовому напрямку. В зв'язку з тим, що основну частину часу циліндр працює на розтиснення сегментів, а короткочасно спрацьовує на їхній стиск, то доцільно замінити довгоходовий вал пневмоциліндра короткоходовим. Така модернізація спричиняє заміну клинового барабана й сегментів, тому що необхідно змінити кут клинів для забезпечення необхідного радіального ходу сегментів, при меншому осьовому ході клинового вала.

Основною ідеєю даного проєкту є зниження раптових відмов устаткування в результаті влучення рідини в пневматичну систему.

У такий спосіб у витратну частину проєкту необхідно внести витрати на:

- придбання або виготовлення короткоходового циліндра;
- виготовлення нового клинового вала;
- механічна обробка клинових частин чотирьох сегментів.

## 2.4 Розрахунок потужності двигуна привода барабана моталки

Для визначення потужності моталки приймаємо середні параметри геометричного перетину штаби:  $b$  – ширина штаби,  $b=1250$  мм;  $h$  – товщина штаби, мм,  $h=4$  мм;  $i$  максимальна межа плинності для гарячої штаби приймаємо  $\sigma_T=16$  МПа.

При змотуванні штаби в рулон матеріал по всій товщині штаби витримує напруження, близьке до межі плинності, тобто одержує пластичний вигин, моменти якого виражаються формулою:

$$M_{\text{виг}} = \sigma_T \cdot \frac{b \cdot h^2}{4}, \quad (2.1)$$

де  $\sigma_T$  – межа плинності сталі в гарячому стані, приймаємо  $\sigma_T=16$  МПа [8];

$b$  – ширина штаби,  $b=1250$  мм;

$h$  – товщина штаби, мм,  $h=4$  мм.

$$M_{\text{виг}} = 16 \cdot \frac{1250 \cdot 4^2}{4} = 80000 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 80 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

В зв'язку з тим, що момент вигину штаби діє в площині, перпендикулярній горизонтальній осі барабана моталки, його можна переносити в межах цієї площини й вважати, що цей момент прикладений до вала привода барабана [9].

Змотування відбувається з натягом штаби, тому необхідно врахувати ще момент, що виникає від зусилля натягу:

$$M_{\text{нат}} = \sigma_n \cdot b \cdot h \cdot R, \quad (2.2)$$

де  $\sigma_n$  – питомий натяг штаби,  $\sigma_n = 0,1 \sigma_T = 0,1 \cdot 16 = 1,6$  МПа – для штаби товщиною більше 1,5 мм;

$R$  – радіус барабана моталки, мм;  $R=380$  для рулону.

$$M_{\text{нат}} = 1,6 \cdot 1250 \cdot 4 \cdot 380 = 3040000 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 3040 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Потужність електродвигуна приводу барабана

$$N_{\text{дв}} = (M_{\text{изг}} + M_{\text{нат}}) \frac{2v}{\Delta} \cdot \frac{1}{\eta}, \quad (2.3)$$

де  $v$  – швидкість намотування штаби, м/с;  $v=10$ ;

$\Delta$  – діаметр барабана моталки, м;  $\Delta=0,75$ ;

$\eta$  – ККД приводу моталки;  $\eta = 0,85$

$$N_{\text{дв}} = (80 + 3040) \frac{2 \cdot 10}{0,75} \cdot \frac{1}{0,85} = 9788236 \text{ Вт}$$

Приймаємо електродвигун МП–82,  $P_{\text{н}}=100 \text{ кВт}$ ,  $n=475 \text{ хв}^{-1}$

## 2.5 Розрахунок на міцність вала барабана моталки

Дано: вага рулону 160 кН; вага барабана моталки 57,4 кН; сумарна вага, що діє  $160+57,4=217,4 \text{ кН}$ ; натяг штаби 8 кН спрямовано горизонтально; тоді результуюче навантаження, що діє на барабан моталки:

$$Q = \sqrt{217,4^2 + 8^2} = 217,55 \text{ кН} \quad (2.4)$$

Розподілене навантаження на вал можна визначити з вираження:

$$q = \frac{Q}{l_2} \quad (2.5)$$

де  $Q$  – результуюче навантаження, що діє на барабан  $Q=217,55 \text{ кН}$ ;

$l_2$  – консольна частина вала (рис. 2.6),  $l_2=2,52 \text{ м}$

$$q = \frac{217,55}{2,52} = 86,33 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

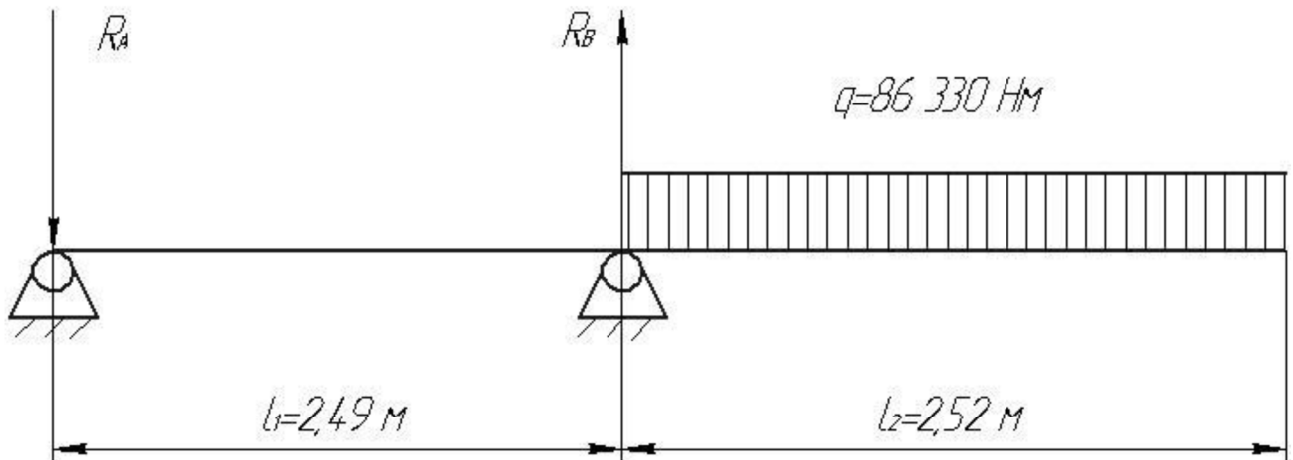


Рисунок 2.6 – До розрахунку вала барабана моталки

Барабан моталки є консольним. Напруження вигину в опорах валу буде визначатися по згинальному моменту від розподіленого навантаження (намотуваного рулону).

Згинальний момент від розподіленого навантаження.

$$M_{зг} = ql_2 \frac{l_2}{2} = \frac{ql_2^2}{2}, \quad (2.6)$$

де  $q$  – розподілене навантаження на ділянку вала,  $q = 86,33 \text{ кН/м}$ ;

$l_2$  – консольна ділянка вала на якому діє розподілене навантаження

$$M_{зг} = \frac{86,33 \cdot 2,52^2}{2} = 274,12 \text{ кНм}$$

Напруження вигину діючі на вал:

$$\sigma = k_{\sigma} \cdot \frac{M_{зг}}{0,1 \cdot d_y^3}, \quad (2.7)$$

де  $M_{зг}$  – діючий згинальний момент на опорі,  $M_{зг}=274,12$  кНм;

$k_{\sigma}$  – коефіцієнт концентрації напружень,  $k_{\sigma}=2$ ;

$d_y$  – умовний діаметр вала барабана,  $d_y=400$  мм

$$\sigma = 2 \cdot \frac{274,12 \cdot 10^6}{0,1 \cdot 400^3} = 42,83 \text{ МПа}$$

Вал виготовлений з кованої сталі марки сталь 45, для якої допустиме напруження  $[\sigma]=200$  МПа [10].

Визначимо радіальний тиск стиску барабана моталки при намотуванні штаби з натягом  $T$  по формулі

$$\sigma_r = \frac{\sigma_M}{2} \left[ 1 - \left( \frac{r_1}{r_3} \right)^2 \right] \ln \cdot \frac{\left( \frac{r_2}{r_3} \right)^2 - \left( \frac{r_1}{r_3} \right)^2}{1 - \left( \frac{r_1}{r_3} \right)^2}, \quad (2.8)$$

де  $r_1$  – радіус вала барабана моталки;  $r_1=200$  мм

$r_2$  – максимальний радіус рулону;  $r_2=650$  мм

$r_3$  – радіус барабана моталки;  $r_3=375$  мм

$\sigma_M$  – натяг штаби моталки:

$$\sigma_M = 0,335 \cdot \sigma_T = 0,335 \cdot 16 = 5,36 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

$\sigma_T$  – межа плинності матеріалу;  $\sigma_T=16$  [7]

$$\sigma_r = \frac{5,36}{2} \left[ 1 - \left( \frac{200}{375} \right)^2 \right] \ln \cdot \frac{\left( \frac{650}{375} \right)^2 - \left( \frac{200}{375} \right)^2}{1 - \left( \frac{200}{375} \right)^2} = 2,56 \text{ МПа}$$

Отримане значення тиску необхідне для розрахунку зусилля на штоку пневмоциліндра розтиснення клинового барабана.

## 2.6 Розрахунок силового пневмоциліндра

Для визначення параметрів пневмосистеми скористаємося методикою викладеної в [11]. Для початку розрахунку необхідно визначити зусилля, що діє на шток.

Знаючи радіальний тиск штаби на барабан, визначимо зусилля  $P$ , що діє на шток (рис. 2.7)^

$$P = \pi \cdot d \cdot b \cdot \sigma_r \quad (2.9)$$

де  $d$  – діаметр барабана,  $d=750$  мм;

$b$  – ширина штаби,  $b=1250$  мм

$\sigma_r$  – радіальний тиск стиску барабана моталки при намотуванні штаби

$$P = 3,14 \cdot 750 \cdot 1250 \cdot 2,56 = 7,536 \text{ МН}$$

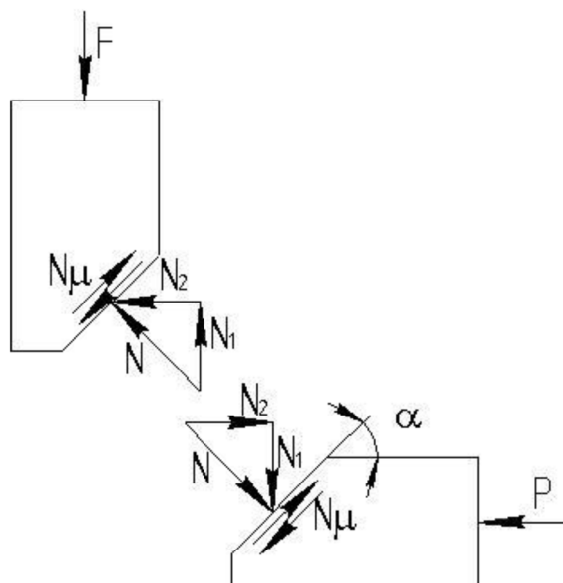


Рисунок 2.7 – Схема до визначення зусиль на штоку пневмоциліндра



Зусилля на штоку пневмоциліндра, що діє на рулон, складається із зусилля  $F_1$  утримання рулону металу на барабані, тобто недопускання його повертання під дією зусилля натягу й зусилля  $F_2$  для подолання сил тертя (рис. 2.8):

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \quad (2.10)$$

$$F_1 = \frac{T \cdot R_p}{R_b \cdot f} \quad (2.11)$$

де  $T$  – зусилля натягу, кН

$R_p, R_b$  – відповідно радіуси рулону й барабана, м

$f$  – коефіцієнт тертя

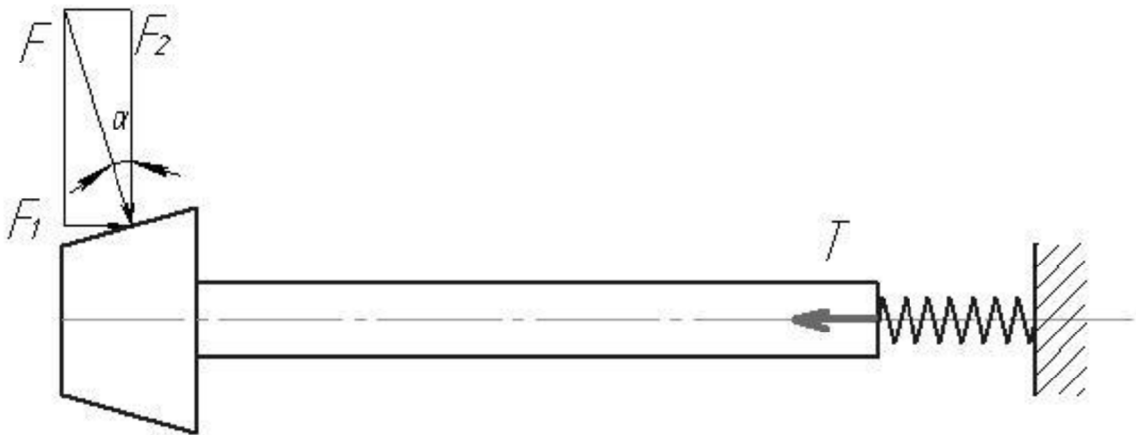


Рисунок 2.8 – Розрахункова схема

$$F_1 = \frac{8 \cdot 0,65}{0,375 \cdot 0,15} = 92,44 \text{ кН}$$

$$F_2 = (G_c \cdot n_c + G_p) \cdot f + (G_p + G_c \cdot n_c + G_k \cdot n_k) \cdot f$$

де  $G_c, G_p, G_k$  – відповідно вага сегментів, рулону, клина

$n_c, n_k$  – відповідно кількість сегментів і клинів.

$$F_2 = (5450 \cdot 4 + 160000) \cdot 0,15 + (160000 + 5450 \cdot 4 + 35200) \cdot 0,15 = 59,82 \text{ кН} \quad (2.12)$$

Підставимо значення формул (2.11) і (2.12) у формулу (2.10)

$$F = \sqrt{92,44^2 + 59,82^2} = 110,1 \text{ кН}$$

Тоді діаметр циліндра

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi \cdot p \cdot \eta}} \quad (2.13)$$

де  $p$  – робочий тиск;

$\eta$  – ККД пневмоциліндра.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 110,1 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 0,8 \cdot 10^6 \cdot 0,96}} = 0,427 \text{ м}$$

Виходячи з ряду пневмоциліндрів вибираємо пневмоциліндр діаметром 500.

Зовнішній діаметр  $d$  штока пневмоциліндра розраховують по вираженню:

$$d = D \cdot k \quad (2.14)$$

де  $k=0,2\dots0,3$  – коефіцієнт пропорційності

$$d = 0,2 \cdot 500 = 100 \text{ мм}$$

Витрата повітря  $Q$ , необхідного для забезпечення заданої швидкості й розміру переміщення штока:

- при безштоковій робочій порожнині:

$$Q = 0,047 \frac{D^2 v}{\eta_{об}} = 0,047 \frac{500^2 \cdot 0,1}{0,98} = 299,7 \text{ л/хв} \quad (2.15)$$

– при штоковій робочій порожнині:

$$Q = \frac{0,047(D^2 - d) \cdot v}{\eta_{об}} = \frac{0,047(500^2 - 100) \cdot v}{0,98} = 299,5 \text{ л/хв} \quad (2.16)$$

де  $v$  – швидкість пересування штока;

$\eta_{об}$  – ККД

Діаметр отвору  $d_0$ , через яке повітря направляється в основну порожнину пневмоциліндра:

$$d_0 = 4,6 \sqrt{\frac{Q}{v_0}}, \quad (2.17)$$

де  $v_0$  – середня швидкість руху повітря через отвір, що підводить;  $v_0 = 5$  м/с

$$d_0 = 4,6 \sqrt{\frac{299,5}{5}} = 7,7 \text{ мм}$$

Розраховані величини зводимо в таблицю 2.1

Таблиця 2.1 – Основні параметри силового пневмоциліндра

Величина	Розрахована	Прийнята
D, мм	427	500
d, мм	100	100
Q, л/хв	299,5	300
$d_0$ , мм	7,7	12,25

## 2.7 Розрахунок параметрів пневмоциліндра підйому й опускання тягнучих роликів

При розрахунку силових пневмоциліндрів визначається діаметр штока (попередньо), фактично діюче максимальне зусилля на штоку, при робочому ході поршня, витрата повітря, діаметр отвору, що підводить, через які повітря направляється в основну порожнину циліндра, а так само міцність штока.

Розрахунки, пов'язані з визначенням зусилля на шток силового пневмоциліндра виконуються по робочому тиску  $P$ . Розрахунки, пов'язані з міцністю окремих вузлів і деталей пневмопривода роблять по умовному тиску  $P_y$ . Умовний тиск  $P_y$  в середньому приймають на 25% більше робочого тиску:

$$P_y = 1.25 \cdot P = 1,25 \cdot 0,8 = 1 \text{ МПа} \quad (2.18)$$

де  $P$  – робочий тиск у порожнині циліндра,  $P = 0,8$  МПа.

Внутрішній діаметр циліндра округляють до найближчого більшого значення нормалізованих циліндрів. Розрахункові значення діаметра штока, отвору й інші – до найближчого більшого значення ряду діаметрів.

Після розрахунку основних параметрів пневмоциліндрів їхню конструкцію підбирають по існуючих нормалях. На рисунку 2.9 наведена схема до розрахунку основних параметрів пневмоциліндра підйому й опускання тягнучих роликів.

Вихідними даними для розрахунку силових пневмоциліндрів є зусилля на штоку або діаметр пневмоциліндра, швидкість переміщення штока, розмір його ходу й прийнятий робочий тиск.

$$D = 400 \text{ мм}; P = 0,8 \text{ МПа}; V_0 = 40 \text{ м/с}.$$

Визначаємо діаметр штока

$$d_{шт} = (0,25...0,7)D = 100...280\text{мм} \quad (2.19)$$

Приймаємо діаметр штока  $d_{шт} = 400\text{мм}$ .

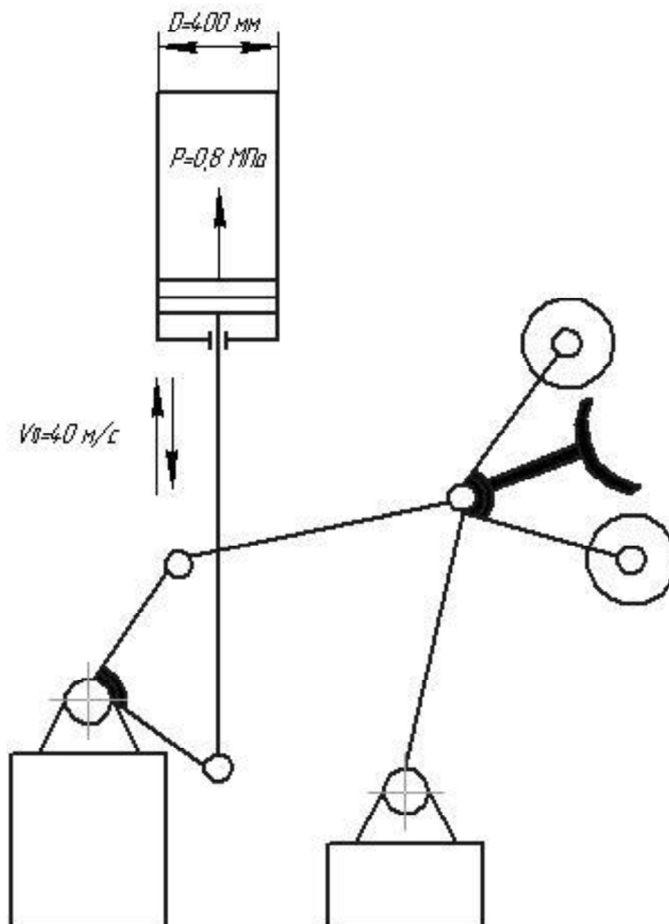


Рисунок 2.9 – Схема до розрахунку основних параметрів пневмоциліндра підйому й опускання тягнучих роликів.

Зусилля на штоку

$$F = P_p \cdot S \cdot \eta = 0,8 \cdot 125600 \cdot 0,9 = 90432, \quad (2.20)$$

де  $P_p$  – тиск у робочій порожнині гідроциліндра;  $P_p = 0,8$  МПа;

$S$  – корисна площа поршня

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 160000}{4} = 125600 \text{ мм}^2. \quad (2.21)$$

Швидкість переміщення робочого органа циліндра залежить від витрати повітря  $Q$  м<sup>3</sup>/с і корисної площі циліндра

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{0,02}{0,126} = 0,13 \text{ м/с}, \quad (2.22)$$

де  $Q$  – витрата повітря;  $Q = 0,02$  м<sup>3</sup>/с.

Діаметр отвору, що підводить,  $d_0$ , через яке повітря направляється в основну порожнину пневмоциліндра, знаходять по вираженню

$$d_0 = 4,6 \sqrt{\frac{Q}{V_0}} = 4,6 \sqrt{\frac{0,02}{40}} = 32 \text{ мм}, \quad (2.23)$$

де  $V_0$  – швидкість витікання повітря через отвір;  $V_0 = 40$  м/с

Міцність штока розраховується на розрив або поздовжній вигин залежно від умов роботи.

Міцність штока на поздовжній вигин

$$F_{кр} = K \frac{\pi D^4 E}{64 l^2 \varphi \cdot 10^6} > 1,25 F_p, \quad (2.24)$$

або після перетворення

$$F_{кр} = 103 \frac{d^4}{l^2 \varphi} > 1,25 F_p = 103 \frac{100^4}{1128^2 \cdot 0,96} = 8432 \text{ кН}$$

$$F_{кр} > 1,25 F_p$$

$$8432 \text{ кН} > 112,5 \text{ кН}$$

де  $E$  – модуль пружності матеріалу штока, для сталі  $E=2,1 \cdot 10^8$  кПа;

$l$  – довжина штока від торця поршні до центра шарніра,  $l=1128$  мм;

$\varphi$  – коефіцієнт збільшення критичної сили  $F_{кр}$  при поздовжньому вигині приймають,  $\varphi=0,96$  [12].

Штоки перевіряють на розрив по небезпечному поперечному перерізу, що розраховується по найменшому діаметру штока на його довжині. Найчастіше цей перетин перебуває в місці кріплення поршня гайкою.

$$\sigma = \frac{1,25F\varphi}{S} \leq [\sigma], \quad (2.25)$$

де  $S$  – площа небезпечного перерізу,  $\text{мм}^2$

$$S = \frac{\pi d_2^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 56^2}{4} = 2461,7 \text{ мм}^2, \quad (2.26)$$

$[\sigma]$  – межа міцності на розрив для вуглецевої сталі, МПа,  $[\sigma]=110$ ;

$$\sigma = \frac{1,25 \cdot 90432}{2461} = 45,9 \text{ МПа}$$

$$45,9 \text{ МПа} < 110 \text{ МПа.}$$

Умова виконується.

### 3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Основні вантажопотоки при виконанні капітального ремонту

Основні роботи з демонтажу й монтажу вузлів і механізмів моталок гарячої штаби №4.5.6 зробити мостовими кранами станового прольоту №81 Q=20/5 т і №99 Q=20/5 т а також краном № 254а Q=30 т

Розбирання й установку вузлів станини моталки, установлені на ремонтному стенді, ведуть за допомогою мостового крана Q=20 т. Ремонт вузлів і деталей, знятих зі станини робочої моталки, роблять на ремонтній площадці або ЦРПО.

Схеми стропування основних вузлів і деталей моталок гарячої штаби № 4–6 розроблені в технологічних картах. Вузли й деталі моталок № 4–6, що підлягають ревізії й до ремонту, установити на дерев'яні прокладки площадки тимчасового складування, біля складального стенда моталок. Вузли й деталі, що підлягають розбиранню й ремонту, мостовим краном станового прольоту занурити на передатний візок Q=50 т і перевести на ремонтну площадку в будівлю ЦРПО. На ремонтній площадці зробити розробку, ремонт або ревізію демонтованого вузла, а також його складання.

Демонтаж і монтаж станини моталки гарячої штаби, масою 50000 кг, зробити мостовим краном №80 Q=50 т відповідно до технологічної карти: 05–012 ТК «Демонтаж і монтаж станини моталки № 4–6 ЦГПТЛ»

Демонтаж кантувача рулону, масою 44000 кг, зробити двома мостовими кранами №79 Q=75 т і № 80 Q=50 т відповідно до технологічної карти: : 05–014 ТК «Ремонту кантувача рулонів у моталок № 4–6 ЦГПТЛ»

Всі кранові роботи виконати відповідно до «Інструкції з охорони праці для підкранових робітників (такелажників, стропальників) №0.12–89» і «Інструкцією для осіб відповідальних за безпечне провадження робіт по переміщенню вантажів кранами» – БТІ 0.28–99. Основні переміщуванні вантажі приведено в таблиці 3.1



Таблиця 3.1 – Основні переміщувані вантажі

№	Найменування	Маса кг	Строп
1	Станина тягнучих роликів	6500	СКП 1–2,8/2000 (4 шт.)
2	Ролик тягнучий верхній	11000	СКП 1–4,0/5000 (2 шт.)
3	Ролик тягнучий нижній	5000	СКП 1–2,0/5000 (2 шт.)
4	Рольганг над моталкою	6000	СКП 1–3,2/3000 (4 шт.)
5	Проводка хитна	1430	СКП 1–1,0/2000 (3 шт.)
6	Роликотримач	3576	СКП 1–2,8/4000 (2 шт.)
7	Лінійка пневмомеханічна	6470	СКП 1–3,2/8000 (2 шт.)
8	Циліндр зводу роликотримачів	1700	СКП 1–2,0/5000 (2 шт.)
9	Станина моталки	50000	СКП 1–10,0/8000 (2 шт.) СКП 1–10,0/9000 (2 шт.)
10	Циліндр штовхача	2848	СКП 1–1,4/6000 (2 шт.)
11	Барабан моталки	6100	СКП 1–2,8/5000 (2 шт.)
12	Кантувач рулонів	44000	СКП 1–11,0/18000 (2 шт.)
13	Противага	6270	СКП 1–2,0/4000 (2 шт.)

### 3.2 Проект організації робіт при виконанні капітального ремонту

#### **Демонтаж і монтаж механізму тягнучих роликів, демонтаж і монтаж повітряного циліндра верхнього тягнучого ролика**

1. На станині тягнучих роликів приварити опорні стільчики, для установки навісної площадки (навісну площадку виготовити по проекту й робочих кресленнях ПКО).
2. Від'єднати шток від корпусу підшипника верхнього тягнучого ролика, витягнувши сполучну вісь. Аналогічно від'єднати другий повітряний циліндр від підшипника верхнього тягнучого ролика.

3. Застропить навісну площадку стропами на гак мостового крана  $Q=20$  т і встановити її на чотири опорних стільчики, приварені до станини тягнучих роликів. Зробити фіксацію навісної площадки до опорних стільчиків за допомогою косинок.
4. З навісної площадки зробити демонтаж чотирьох болтів, що кріплять повітряний циліндр верхнього тягнучого ролика до станини тягнучих роликів.
5. Застропить повітряний циліндр верхнього тягнучого ролика двома стропами СКП–1.0/2000 на гак мостового крана  $Q=20$  т. Мостовим краном зробити демонтаж повітряного циліндра зі станини тягнучих роликів.
6. Установити демонтований повітряний циліндр на спеціальну підставку (підставку виготовити по проекту й робочих кресленнях ПКО).
7. Аналогічно зробити демонтаж другого повітряного циліндра верхнього тягнучого ролика.
8. На ремонтній площадці зробити розбирання ремонт і складання двох повітряних циліндрів верхнього тягнучого ролика.
9. Монтаж повітряних циліндрів верхнього тягнучого ролика зробити у зворотній послідовності їхньому демонтажу.
10. Зробити демонтаж навісної площадки.

#### **Демонтаж і монтаж шпindelів тягнучого ролика**

1. Застропити шпindel тягнучого ролика двома стропами СКП 1–1.0/2000 на гак мостового крана  $Q=20$  т.
2. Від'єднати шпindel від шарнірних головок на верхньому тягнучому ролику й на комбінованому редукторі привода тягнучих роликів.
3. Мостовим краном відвести шпindel верхнього тягнучого ролика на ремонтну площадку й укласти на дерев'яні підкладки.
4. Зробити ремонт шпинделя тягнучих роликів.

5. Аналогічно зробити демонтаж шпинделя нижнього тягнучого ролика.
6. Монтаж шпинделів тягнучих роликів моталки зробити у зворотній послідовності їхньому демонтажу.

#### **Демонтаж і монтаж верхнього тягнучого ролика.**

1. Завести два стропа СКП 1–4.0/5000 між бочкою ролика й корпусом підшипника. Застропить верхній тягнучий ролик на гак мостового крана  $Q=20$  т.
2. Зробити демонтаж верхнього тягнучого ролика зі станини тягнучих роликів мостовим краном  $Q=20$  т відвести верхній тягнучий ролик на ремонтну площадку й укласти на дерев'яні прокладки.
3. Зробити ремонт верхнього тягнучого ролика.
4. Монтаж верхнього тягнучого ролика зробити у зворотній послідовності його демонтажу.

#### **Демонтаж і монтаж проводок тягнучих роликів.**

1. Демонтаж і монтаж верхньої проводки перед тягнучими роликами:
  - у ребрі жорсткості проводки прорізати газовим різакон два отвори діаметром 50 мм;
  - застропить верхню проводку двома стропами СКП 1–1.0/2000, за отвори в ребрі жорсткості на гак мостового крана  $Q=20$  т;
  - зробити демонтаж чотирьох болтів закріплюючих верхню проводку до станини тягнучих роликів;
  - мостовим краном демонтувати проводку, відвести на ремонтну площадку й укласти на дерев'яні прокладки;
  - зробити ремонт верхньої проводки й ремонт його посадкового місця на станині тягнучих роликів;
  - монтаж верхньої проводки перед тягнучими роликами зробити у зворотній послідовності її демонтажу.
2. Демонтаж і монтаж нижньої проводки перед тягнучими роликами:

- зробити демонтаж чотирьох болтів, що кріплять нижню проводку до станини тягнучих роликів;
- застропить проводку двома стропами СКП 1–1.0/2000 через рознімну ланку РП–1.0 зі спеціальним захватом за спеціальні отвори у верхній плиті проводки;
- мостовим краном демонтувати нижню проводку, відвести на ремонтну площадку й укласти на дерев'яні прокладки;
- зробити ремонт нижньої проводки і її посадкового місця на станині тягнучих роликів;
- монтаж нижньої проводки перед тягнучими роликами зробити у зворотній послідовності її демонтажу.

### 3. Демонтаж і монтаж заслінки моталки:

- приварити на заслінці вушко Т1;
- від'єднати заслінку від повітряного циліндра повороту;
- застропить заслінку стропом СКП 1–1.0/2000 через рознімну ланку РП–1.0 за вушко Т1;
- демонтувати осі з'єднуючий затвор зі станиною тягнучих роликів;
- мостовим краном зробити демонтаж затвора моталки, відвести на ремонтну площадку й укласти на дерев'яні прокладки;
- зробити ремонт затвора і його посадкових місць на станині тягнучих роликів;
- монтаж затвора моталки зробити у зворотній послідовності його демонтажу;

### 4. Демонтаж і монтаж нижньої проводки за тягнучими роликами

- приварити на нижній проводці вушко Т1;
- застропить проводку стропом СПП 1–1.0/2000 через рознімну ланку РП1.0 за вушко Т1;
- демонтувати осі з'єднуючу проводку зі станиною тягнучих роликів;

- мостовим краном  $Q=20$  т зробити демонтаж нижньої проводки. Відвезти проводку на ремонтну площадку й укласти на дерев'яні прокладки. Зробити ремонт нижньої проводки і її посадкових місць на станині тягнучих роликів;
- монтаж нижньої проводки за тягнучими роликами зробити у зворотній послідовності її демонтажу.

#### **Демонтаж і монтаж станини тягнучих роликів**

1. Зробити демонтаж болтів тягнучих роликів, що кріплять станину, до станини моталки.
2. Застропить станину тягнучих роликів стропами СКП 1–2.8/2000 (4 шт.) на гак мостового крана  $Q=20$  т.
3. Зробити демонтаж станини тягнучих роликів зі станини моталки. Мостовим краном відвезти станину на ремонтну площадку.
4. Зробити ремонт станини тягнучих роликів, а також ремонт і відновлення її посадкового місця на станині моталки.
5. Монтаж станини тягнучих роликів зробити у зворотній послідовності її демонтажу.

#### **Демонтаж і монтаж комбінованого редуктора привода тягнучих роликів.**

1. Зробити демонтаж болтів муфти, що з'єднує електродвигун з комбінованим редуктором, а також від'єднати тахометр.
2. Зробити демонтаж болтів з'єднуючих корпус редуктора із плитою привода тягнучих роликів.
3. Застропить комбінований редуктор тягнучих роликів двома стропами СКП 1–1.0/3000 на гак мостового крана  $Q=20$  т.
4. Зробити демонтаж редуктора із плити привода тягнучих роликів.
5. Мостовим краном відвезти редуктор на ремонтну площадку.
6. Зробити розбирання, ремонт і складання комбінованого редуктора.
7. Монтаж комбінованого редуктора привода тягнучих роликів зробити у зворотній послідовності його демонтажу.

### **Демонтаж і монтаж плити привода тягнучих роликів.**

1. Пневматичними молотками підрубати бетон фундаменту навколо плити тягнучих роликів.
2. Відгвинтити гайки фундаментних болтів, що кріплять плиту до фундаменту.
3. За допомогою домкратів  $Q=50$  т зірвати плиту привода тягнучих роликів з фундаменту.
4. Застропить плиту привода двома стропами СКП 1–1.0/3000 на гак мостового крана  $Q=20$  т. Відвезти плиту привода на ремонтну площадку.
5. Зробити ремонт плити привода тягнучих роликів або замінити її на нову.
6. Пневматичними молотками підрубати бетон фундаменту привода тягнучих роликів на 50...70 мм нижче проектної оцінки фундаменту.
7. Зробити ревізію анкерних болтів привода тягнучих роликів.
8. Біля кожного анкерного болта встановити пакет металевих пластин такої висоти, щоб при посадці на ці пакети пластин нова плита була в проектній висотній оцінці.
9. Зробити монтаж нової плити на анкерні болти з упором на металеві пакети пластин. Виставити плиту привода щодо осі тягнучих роликів і моталки.
10. Зробити утяжку анкерних болтів.
11. Зробити підливу бетоном плити привода тягнучих роликів.

### **Демонтаж і монтаж рольганга моталки ЦГПТЛ**

#### **Демонтаж рольганга**

1. На напрямних лінійках моталки гарячої штаби приварити по два вушка К4.
2. Напряму лінійку, масою 700 кг застропить на гак мостового крана  $Q=20$  т двома стропами СКП–1.0/3000 .

3. Зробити демонтаж лінійки з рольганга над моталкою. Мостовим краном відвести лінійку на ремонтну площадку. На площадці зробити ревізію й ремонт напрямної лінійки. Аналогічно зробити демонтаж і ремонт другої напрямної лінійки моталки.
4. Зробити демонтаж болтів що кріплять раму рольганга до станини моталки.
5. Застропить рольганг масою 6000 кг на гак мостового крана  $Q=20$  т чотирма стропами СКП–3.2/5000.
6. Мостовим краном  $Q=20$  т зробити демонтаж рольганга зі станини моталки. Відвести рольганг на ремонтну площадку або в ЦРПО, де зробити розбирання ревізію й ремонт роликів і рамі рольганга.
7. Зробити ремонт і відновлення посадкового місця рольганга на станині моталки.

#### Монтаж рольганга

1. Застропить рольганг масою 6000 кг на гак мостового крана  $Q=20$  т чотирма стропами СКП–3.2/5000.
2. Мостовим краном  $Q=20$  т зробити монтаж рольганга на станину моталки. Зробити установку болтів, що кріплять раму рольганга до станини моталки.
3. Напрямну лінійку масою 700 кг застропить на гак мостового крана  $Q=20$  т двома стропами СКП–1.0/3000.
4. Мостовим краном  $Q=20$ т зробити монтаж напрямної лінійки моталки. Аналогічно зробити монтаж другої напрямної лінійки моталки.

#### Демонтаж і монтаж хитної проводки

##### Демонтаж хитної проводки.

1. Застропить хитну проводку стропом СКП 1–1.0/2000 на гак мостового крана  $Q=20$  т. Зробити натяжку стропа для зняття навантаження в шарнірі між хитною проводкою й тягою важеля

хитної проводки. Зробити вибивку сполучного пальця між хитною проводкою й тягою важеля.

2. Опустити хитну проводку на роликотримач №4.
3. Зробити демонтаж регульованої тяги між важелем хитної проводки й важелем першого роликотримача.
4. Застропить важіль хитної проводки масою 350 кг стропом СКП 1–1.0/3000 на гак мостового крана  $Q=20$  т.
5. Зробити вибивку склянок з осі важеля хитної проводки, так щоб склянки звільнили вісь важеля й наполовину залишилися в тілі станини моталки.
6. Зробити демонтаж важеля хитної проводки мостовим краном  $Q=20$  т. Відвезти важіль на ремонтну площадку. На ремонтній площадці зробити ревізію й ремонт важеля хитної проводки.
7. Зробити демонтаж склянок важеля хитної проводки зі станини моталки.
8. Застропить хитну проводку масою 1430 кг, стропом СКП 1–1.0/2000 (3 шт.) на гак мостового крана  $Q=20$  т.
9. Зробити демонтаж двох штирів, масою 25 кг кожний, що фіксують хитну проводку в станині моталки гарячої штаби. Кріплення штирів хитної проводки в тілі станини моталки.
10. Демонтувати хитну проводку мостовим краном  $Q=20$  т. Відвести проводку на ремонтну площадку. Зробити ревізію й ремонт хитної проводки.

#### Монтаж хитної проводки.

1. Застропить хитну проводку масою 1430 кг стропом СКП 1–1.0/2000 (3 шт.) на гак мостового крана  $Q=20$  т.
2. Зробити монтаж хитної проводки в станину моталки гарячої штаби. Закріпити проводку двома штирями. Кріплення штирів хитної проводки в тілі станини моталки.



3. Зробити установку склянок осі важеля хитної проводки, так щоб склянки на половину були в тілі станини моталки.
4. Застропити важіль хитної проводки масою 350 кг стропом СКП 1–1.0/2000 на гак мостового крана  $Q=20$  т.
5. Мостовим краном зробити монтаж важеля хитної проводки в станину моталки гарячої штаби. Зробити забивання фіксуючих склянок важеля.
6. Зробити монтаж регульованої тяги між важелем проводки, що качає, і важелем першого роликотримача.
7. Застропити хитну проводку стропом СКП 1–1.0/2000 на гак мостового крана  $Q=20$  т. Підняти проводку й зробити установку сполучного пальця між хитною проводкою й тягою важеля.

### **Демонтаж і монтаж роликотримачів моталок гарячої штаби.**

#### **Демонтаж верхніх роликотримачів №1 і №4**

1. Застропити роликотримач №1 масою 3576 кг двома стропами СКП 1–2.8/4000 на гак мостового крана  $Q=20$  т. Зробити натяжку стропів.
2. Зробити демонтаж осей і від'єднання двох регульовальних гвинтів від важеля.
3. По напрямних касети, закріпленим на станині моталки, роликотримач №1 опустити на дерев'яний настіл.
4. Застропити роликотримач №1 на гак мостового крана  $Q=20$  т, так, щоб при підйомі він прийняв вертикальне положення.
5. Зробити демонтаж роликотримача №1 через спеціальний проріз у станині моталки. Мостовим краном  $Q=20$  т укласти роликотримач на передатний візок  $Q=50$  т. Передатним візком відвезти роликотримач у ЦРПО на ремонтну площадку, де зробити розбирання, ревізію, ремонт і складання роликотримача.
6. Аналогічно демонтажу роликотримача №1 зробити демонтаж верхнього роликотримача №4 з наступним транспортуванням і ремонтом у ЦРПО.

### Демонтаж нижніх роликотримачів №2 і №3

1. Застропить роликотримач №2 двома стропами СКП 1–2.8/4000 на гак мостового крана Q=20 т так, щоб при демонтажі його з прямої касети роликотримач прийняв вертикальне положення. Зробити натяжку стропів.
2. Зробити демонтаж осей і від'єднання регулювальних гвинтів від важеля.
3. За допомогою мостового крана Q=20 т зробити демонтаж роликотримача №2 через спеціальний проріз у станині моталки. Мостовим краном Q=20 т укласти роликотримач №2 на передатному візку Q=50 т і перевезти його в ЦРПО для ремонту й відновлення. На ремонтній площадці в ЦРПО зробити розбирання, ревізію й ремонт роликотримача №2.
4. Аналогічно демонтажу роликотримача №2 зробити демонтаж і наступний ремонт роликотримача №3.

### Монтаж нижніх роликотримачів

1. Застропить роликотримач №3 двома стропами СКП 1–2.8/4000 на гак мостового крана Q=20 т
2. Завести роликотримач в усередину моталки через спеціальний монтажний проріз. За допомогою мостового крана Q=20 т і двох важільних лебідок Q=3 т завести роликотримач у напрямні для касет, установлені на станині моталок гарячої штаби.
3. Установити регулювальні гвинти між роликотримачем №3 і важелем.
4. Аналогічно зробити монтаж роликотримача №2.

### Монтаж верхніх роликотримачів №1 і №4

1. Застропить роликотримач №1 двома стропами СКП 1–2.8/4000 на гак мостового крана Q=20 т
2. Завести роликотримач в усередину моталки через спеціальний монтажний проріз і встановити на настилі, укладеному усередині

моталки. Зробити перестропування роликотримача так, щоб при підйомі він зміг увійти в напрямні для касет, закріплені на станині моталки.

3. За допомогою мостового крана  $Q=20$  т і важільної лебідки  $Q=5$  т завести роликотримач у напрямні станини.
4. Установити регулювальні гвинти між роликотримачем і важелем.
5. Аналогічно зробити монтаж роликотримача №4.

### **Регулювання роликотримачів**

За допомогою привода переміщення барабана завести барабан усередину моталки. Регулювання роликотримачів моталки зробити щодо барабана в наступній послідовності:

1. Виставити клин загального регулювання роликотримачів у середнє положення.
2. Зробити збирання зазорів у рухливій каретці барабана. Для збирання зазорів у рухливій каретці необхідно між роликотримачем №1 і барабаном моталки встановити дерев'яну прокладку й пневматичний циліндр зробити зведення роликотримачів. Пневматичним циліндром розвести роликотримачі й забрати дерев'яну прокладку.
3. Зробити зведення роликотримачів до барабана моталки. Зробити вимір відстані від формуючих роликів роликотримача №1 до всіх секторів барабана. По меншій відстані між роликотримачем №1 і одним із секторів барабана знайти ближній сектор барабана..
4. За допомогою регулювальних гвинтів виставити роликотримач №1 щодо ближнього сектора барабана із зазором 5 мм.
5. Провернути барабан і встановити ближній сектор барабана навпроти роликотримача №4. Регулювальними гвинтами зробити регулювання зазору 5 мм між формуючими роликами роликотримача №4 і ближнім сектором барабана моталки.
6. Провертаючи барабан зробити регулювання зазору 4 мм між формуючими роликами роликотримача №3 і №4 і ближнім сектором

барабана. ПРИМІТКА: Зазор між формуючими роликами роликотримачів №1, №4 і ближньому сектором барабана на 1 мм більше зазору роликотримачів №2 і №3.

7. Зробити фіксацію регулювальних гвинтів роликотримачів №№ 1, 2, 3, 4.
8. Подальше регулювання роликотримачів зробити за допомогою клина загального регулювання. Загальним регулювальним клином зробити звід роликотримачів до обертового барабана моталки до утворення слабкого металевого стукоту.
9. Зробити фіксацію загального регулювального клина.

#### **Демонтаж і монтаж пневмомеханічної лінійки моталок.**

Демонтаж пневмомеханічної лінійки.

1. На двох напрямних лінійках моталки приварити вушка К4. Напряму лінійку масою 700 кг застропити на гак мостового крана  $Q=20$  т двома стропами СКП 1–1.0/3000 зробити демонтаж напрямної лінійки з моталки. Аналогічно зробити демонтаж другої напрямної лінійки моталки.
2. Від'єднати трубопроводи привода стисненого повітря до повітряних циліндрів пневмомеханічної лінійки.
3. Зробити розбирання зубчастої муфти привода механізму пневмомеханічних лінійок.
4. Застропить пневмомеханічну лінійку масою 6470 кг двома стропами СКП 1–3.2/8000 на гак мостового крана  $Q=20$  т.
5. Зробити демонтаж фіксаторів, що кріплять опорну плиту пневмомеханічної лінійки до станин моталок.
6. Зробити демонтаж пневмомеханічної лінійки з боку моталки мостовим краном  $Q=20$  т відвезти лінійку на ремонтну площадку. На ремонтній площадці зробити розбирання, ревізію, ремонт і складання пневмомеханічної лінійки.

7. Зробити відновлення й ремонт посадкового місця пневмомеханічної лінійки на станинах моталки.

Монтаж пневмомеханічної лінійки.

1. Застропить пневмомеханічну лінійку масою 6470 кг двома стропами СКП 1–3.2/8000 на гак мостового крана  $Q=20$  т.
2. Мостовим краном  $Q=20$  т зробити монтаж пневмомеханічної лінійки на станини моталок. Зробити виставку лінійки по висотних оцінках і лінійних осях. Зробити установку фіксаторів лінійки, що кріплять плиту пневмомеханічної, до станин моталок.
3. Зробити складання зубчастої муфти привода пневмомеханічної лінійки.
4. З'єднати трубопроводи підведення стисненого повітря до повітряних циліндрів пневмомеханічної лінійки.
5. Зробити монтаж напрямної лінійки на моталку. Аналогічно зробити монтаж другої напрямної лінійки моталки.

#### **Демонтаж і монтаж циліндра зведення (розведення) роликотримачів моталок гарячої штаби № 4-6**

Демонтаж повітряного циліндра зведення й розведення роликотримачів.

До початку провадження робіт по демонтажу циліндра необхідно виконати демонтаж напрямних лінійок і рольганг над моталкою відповідно до технологічної карти 05–007 ТК «Демонтаж, монтаж лінійок і рольганга моталок № 4–6 ЦГПТЛ», а також демонтаж пневмомеханічної лінійки відповідно до технологічної карти 05–010 ТК «Демонтаж і монтаж пневмомеханічної лінійки моталок № 4–6 ЦГПТЛ».

Демонтаж циліндра зведення й розведення роликотримачів зробити в наступній послідовності:

1. Зробити від'єднання повітряного циліндра від трубопроводу робочого тиску стисненого повітря.
2. Зробити установку підвісного риштування біля циліндра відповідно до вимог інструкції з ВІД.

3. Виконати подачу стисненого повітря малого тиску в повітряний циліндр, для вибору люфту в шарнірному з'єднанні наконечника штока з вилкою важеля роликотримача.
4. З підвісного риштування вибити вісь, що з'єднує наконечник з вилкою важеля роликотримача й зробити від'єднання наконечника штока повітряного циліндра від важеля роликотримача.
5. Нахилити циліндр і вивести наконечник з вилки важеля роликотримача. Зафіксувати циліндр за допомогою дерев'яних підкладок, установлених під нижньою кришкою повітряного циліндра.
6. Зняти наконечник разом з гайкою зі штока повітряного циліндра.
7. Зробити розбирання підвісного риштування.
8. Застопорити повітряний циліндр зведення й розведення роликотримачів, стропом СКП 1–2.0/4000 на гак мостового крана  $Q=20$  т.
9. Зробити демонтаж болтів, що з'єднують опорну стійку повітряного циліндра з опорною плитою станини моталки.
10. За допомогою важільної лебідки  $Q=1$  т перетягнути опорну стійку повітряного циліндра, масою 275 кг, по плиті станини моталки на відстань близько 500 мм.
11. Мостовим краном  $Q=20$  т зробити демонтаж циліндра зведення й розведення роликотримачів, масою 1700 кг, зі станини моталки. Відтягнення повітряного циліндра виконати важільною лебідкою  $Q=1$  т, закріпивши її за важіль роликотримача. Мостовим краном відвезти повітряний циліндр на ремонтну площадку й установити на спеціальну підставку. Зробити розбирання, ревізію, ремонт і складання повітряного циліндра.
12. Зробити ремонт або заміну втулок на корпусах підшипників повітряного циліндра зведення й розведення роликотримачів.

**Монтаж повітряного циліндра зведення й розведення роликотримачів**

1. Застропити повітряний циліндр зведення й розведення роликотримачів, стропом СКП 1–2.0/4000 на гак мостового крана  $Q=20$  т.
2. Мостовим краном  $Q=20$  т зробити монтаж циліндра зведення й розведення роликотримачів, масою 1700 кг, в опорне гніздо станини моталки. Відтягнення повітряного циліндра виконати важільною лебідкою  $Q=1$  т, закріпивши її за важіль роликотримача. При монтажі повітряного циліндра завести строп за траверсу моталки гарячої штаби.
3. За допомогою важільної лебідки  $Q=1$  т перемістити опорну стійку повітряного циліндра, масою 275 кг, по плиті станини моталки до повітряного циліндра. Зробити установку й закріплення опорної стійки на плиті моталки. Закріпити повітряний циліндр на опорній стійці й станині моталки.
4. Зробити пристрій підвісного риштування.
5. Нахилити повітряний циліндр, так, щоб шток був спрямований на вилку важеля роликотримача. Зафіксувати циліндр за допомогою дерев'яних підкладок, установлених під нижньою кришкою повітряного циліндра.
6. З підвісного риштування зробити установку наконечника на шток повітряного циліндра.
7. Зробити приєднання стисненого повітря малого тиску, для висування штока з наконечником у вилку важеля роликотримача. Стисненим повітрям висунути шток у вилку важеля.
8. З підвісного риштування зробити установку осі, що з'єднує наконечник повітряний циліндр із розніманням важеля. Зробити установку планки, що фіксує вісь наконечника в розніманні важеля.
9. Зробити демонтаж підвісного риштування.
10. Зробити підключення повітряного циліндра до трубопроводу робочого тиску стисненого повітря.

11. Зробити монтаж пневмомеханічної лінійки відповідно до технологічної карти 05–010 ТК «Демонтаж і монтаж пневмомеханічної лінійки моталок № 4–6 ЦГПТЛ».
12. Зробити монтаж напрямних лінійок і рольганга над моталкою відповідно до технологічної карти 05–007 ТК «Демонтаж, монтаж лінійок і рольганга моталок № 4–6 ЦГПТЛ»

### **Демонтаж і монтаж станини моталки гарячекатаної штаби №4,5,6**

Підготовчі роботи.

1. На ремонтному стенді зробити розбирання, ремонт і складання моталки 4–6.
2. Перед демонтажем моталки зробити регулювання гальм вантажопідйомних механізмів мостового крана  $Q=50$  т.
3. За допомогою механізму переміщення вивести барабан зі станини моталки.
4. Зробити відключення електроживлення й енергоживлення від моталки, що підлягає демонтажу.

### **Демонтаж моталки**

1. Мостовим краном  $Q=20$  т зробити демонтаж двох пневматичних циліндрів притиску верхнього тягнучого ролика, а також зробити демонтаж верхнього й нижнього тягнучого ролика моталки.
2. Мостовим краном  $Q=20$  т зробити демонтаж напрямних лінійок і рольганга над моталкою.
3. Зробити демонтаж пневмомеханічних лінійок спереду й за моталкою підлягаючому демонтажу.
4. Мостовим краном  $Q=20$  т зробити демонтаж хитної проводки.
5. Мостовим краном  $Q=20$  т зробити демонтаж роликотримача (першого або четвертого).
6. За допомогою мостового крана  $Q=20$  т і важільної лебідки  $Q=1$  т зробити демонтаж опори пневматичного циліндра зведення й розведення роликотримачів.



7. Зробити демонтаж болтів моталки, що кріплять станину, до опорної плити.
8. Застропить станину моталки стропами СКП 1–10.0/8000 (2 шт.) і СКП 1–10.0/9000 (2 шт.) на гак мостового крана  $Q=50$  т.
9. Зробити демонтаж станини моталки з опорної плити. Мостовим краном  $Q=50$  т відвезти моталку на площадку складування й укласти на дерев'яні підкладки.

### **Монтаж станини моталки**

Складання нової моталки виконується на ремонтному стенді. Опорні балки стенда виставлені в горизонтальне положення й надійно закріплені. На відремонтованій моталці зробити пробивання поперечної й поздовжньої осі. Осі винести й накернить у легкодоступному й проглядуємому місці станини моталки.

1. Зробити очищення й ремонт опорної плити станини моталки. Відновити опорну поверхню в місцях кріплення станини моталки до опорної плити. Зробити виставку станини моталки в горизонтальне положення й по висоті.
2. Застропить відремонтовану станину моталки, установлені на ремонтному стенді, стропами СКП 1–10.0/8000 (2 шт.) і СКП 1–10.0/9000 (2 шт.) на гак мостового крана  $Q=50$  т.
3. Мостовим краном  $Q=50$  т зробити монтаж станини моталки на опорну плиту.
4. Зробити виставку станини моталки по висотних мітках, а також по осі лінії прокату й осі барабана моталки. Виставку моталки зробити в наступній послідовності:
  - провести натяжку осі прокатки. Вісь прокатки встановлюється шляхом розподілу робочої поверхні верхніх тягучих роликів моталок на дві рівні частини;
  - зробити натяжку осі барабана моталки. Для натяжки цієї осі необхідно зробити демонтаж барабана моталки. Демонтаж барабана моталки зробити

відповідно до технологічної карти 05–013 ТК «Демонтаж і монтаж барабана моталки № 4–6 ЦГПТЛ». Пересунути каретку барабана моталки в крайнє переднє положення. Вісь барабана моталки встановлюється шляхом розподілу передній і задній корпуси підшипника на дві рівні частини;

- зробити виставку станини моталки спочатку по осі прокатки, потім по осі барабана. При виставці станини моталки необхідно врахувати натяг барабана смугою метал при змотуванні рулону. Для компенсації цього натягу з боку кантівача, необхідно змістити поперечну вісь станини моталки на 2...3 мм уперед, щодо осі барабана моталки;
- закріпити станину моталки на опорній плиті болтами. Зробити утяжку станини моталки й фіксацію болтів і гайок кріплення.

5. Механізмом переміщення пересунути каретку барабана моталки в крайнє заднє положення. Зробити монтаж барабана моталки.

6. За допомогою мостового крана  $Q=20$  т і важільної лебідки  $Q=1$  т зробити монтаж опори пневматичного циліндра зведення й розведення роликотримачів.

7. Мостовим краном  $Q=20$  т зробити монтаж одного роликотримача.

8. Мостовим краном  $Q=20$  т зробити монтаж хитної проводки.

9. Зробити монтаж пневмомеханічних лінійок спереду й за моталкою.

10. Мостовим краном  $Q=20$  т зробити монтаж рольганга й напрямних лінійок над моталкою.

11. Мостовим краном  $Q=20$  т зробити монтаж верхнього й нижнього тягнучого ролика, а також двох пневматичних циліндрів притиску моталки.

12. Зробити ремонт, виставку опорних балок ремонтного стенда в горизонтальнє положення. Мостовим краном  $Q=80$  т зробити й установити демонтовану моталку з тимчасової площадки на спеціальний стенд. На стенді зробити розбирання, відновлення, ремонт і складання вузлів моталки.

## Демонтаж і монтаж барабана моталки

### Демонтаж циліндра штовхача рулонів.

1. За допомогою механізму пересування вивести барабан зі станини моталки.
2. Відключити барабан моталки від електроживлення й енергоживлення.
3. На передній стійці барабана приварити напрямні для пристрою дерев'яного риштування. З риштування зробити демонтаж чотирьох шпильок, що кріплять фланець циліндра штовхача до торцевої кришки барабана.
4. Зробити від'єднання головки штовхача від штока циліндра штовхача.
5. З риштування зробити демонтаж чотирьох шпильок кришок, що кріплять циліндр до передньої й підмоторної стійок барабана.
6. Мостовим краном  $Q=20$  т зробити демонтаж кришки кріплення циліндра штовхача до передньої стійки барабана. Аналогічно зробити демонтаж кришки кріплення циліндра штовхача до підмоторної стійки.
7. Зробити демонтаж шпильок кріплення фланця циліндра штовхача до стійок барабана моталки.
8. Застропить циліндр штовхача, масою 1254 кг, двома стропами СКП 1–1.4/3000 на гак мостового крана  $Q=20$  т.
9. Мостовим краном  $Q=20$  т зробити демонтаж циліндра штовхача рулонів з опорних стійок барабана моталки. Мостовим краном  $Q=20$  т укласти циліндр на передатний візок  $Q=50$  т. Передатним візком перевести циліндр у ЦРПО на ремонтну площадку. Зробити розбирання, ревізію й ремонт циліндра штовхача рулонів.

### Монтаж циліндра штовхача рулонів

1. Передатним візком  $Q=50$  т перевезти циліндр зі ЦРПО в становий проліт ЦГПТЛ. Застропить циліндр штовхача, масою 1254 кг, двома стропами СКП 1–1.4/3000 на гак мостового крана  $Q=20$  т.

2. Мостовим краном  $Q=20$  т зробити монтаж циліндра штовхача рулонів на опорні стійки барабана моталки.
3. Мостовим краном  $Q=20$  т зробити установку кришок кріплення циліндра штовхача на передньої підмоторній стійці барабана.
4. Зробити установку шпильок кріплення фланця циліндра штовхача до стійок барабана моталки.
5. З риштування зробити монтаж шпильок кришок, що кріплять циліндр до переднього й підмоторній стійці барабана.
6. Зробити з'єднання головки штовхача до штока циліндра штовхача.
7. За допомогою механізму пересування завести барабан у станину моталки.

#### Демонтаж барабана моталки

1. За допомогою механізму пересування вивести барабан зі станини моталки.
2. Відключити барабан моталки від електроживлення й енергоживлення.
3. Зробити від'єднання «вертляка» пневматичного циліндра розсуення секторів барабана від повітряної магістралі.
4. Зробити демонтаж болтів кришок, що кріплять барабан до передньої й підмоторної стійок барабана моталки.
5. Застропить циліндр штовхача рулонів разом з напрямними штангами й кришками барабана моталки, масою 2848 кг, двома стропами СКП 1–1.4/6000 на гак мостового крана  $Q=20$  т.
6. Зробити демонтаж циліндра штовхача рулонів з передньої підмоторної стійки барабана моталки. Мостовим краном укласти вузол на ремонтній площадці. На ремонтній площадці зробити ревізію вузла штовхача рулонів.
7. Зробити демонтаж кришки редуктора барабана моталки.
8. Застропить барабан моталки, масою 6100 кг, двома стропами СКП 1–2.8/5000 на гак мостового крана  $Q=20$  т.

9. Зробити демонтаж барабана моталки з передньої й підмоторної стійок. Мостовим краном стійко укласти вузол барабана моталки на передатний візок  $Q=50$  т. Передатним візком відправити барабан у ЦРПО на ремонтну площадку. На ремонтній площадці зробити розбирання, ремонт і складання барабана моталки.
10. Монтаж барабана моталки зробити у зворотній послідовності його демонтажу.

#### Монтаж барабана моталки

5. Передатним візком відправити барабан зі ЦРПО на ремонтну площадку. Застропить барабан моталки, масою 6100 кг, двома стропами СКП 1–2.8/5000 на гак мостового крана  $Q=20$  т.
5. Зробити монтаж циліндра штовхача рулонів на передню підмоторну стійку барабана моталки.
5. Зробити монтаж кришки редуктора барабана моталки.
5. Застропить циліндр штовхача рулонів разом з напрямними штангами й кришками барабана моталки, масою 2848 кг, двома стропами СКП 1–1.4/6000 на гак мостового крана  $Q=20$  т.
5. Зробити монтаж циліндра штовхача рулонів до передньої й підмоторної стійок барабана моталки.
5. Зробити установку болтів кришок, що кріплять барабан до передньої й підмоторної стійок барабана моталки.
5. Зробити з'єднання «вертляка» пневматичного циліндра розсунення секторів барабана до повітряної магістралі.

Підключити барабан моталки від електроживлення й енергоживлення.

### 3.3 Такелажні роботи

Від правильно виконаних монтажних робіт залежить робоздатність виробничого агрегату в цілому. Розрахуємо стропа, необхідні для виконання монтажу основних виконавчих механізмів моталки.

### 3.3.1 Розрахунок стропів для виконання монтажу модернізованого повітряного циліндру

Розрахунок стропів виконаємо для повітряного циліндра масою  $G_{\text{цил}} = 405 \text{ кг} = 3973 \text{ Н}$  (рис.3.1).

Зусилля в гілці стропа при куті нахилу  $\alpha = 60^\circ$ :

$$S_{\text{стр}} = \frac{G_{\text{цил}}}{n \cdot \sin \alpha} \cdot K_n = \frac{3,973}{2 \cdot \sin 60^\circ} \cdot 1,0 = 2,29 \text{ кН}, \quad (3.1)$$

де  $n$  – число гілок стропа,  $n = 2$

$K_n$  – коефіцієнт нерівномірності навантаження на гілці стропа, при  $n \leq 2$ ,  $K_n = 1$  [14].

Підбір каната стропа здійснюємо по розрахунковому розривному зусиллю:

$$P_{\text{разр}} = S_{\text{стр}} \cdot k = 2,29 \cdot 6 = 13,74 \text{ кН}, \quad (3.2)$$

де  $k$  – коефіцієнт запасу міцності,  $k = 6$

Приймаємо канат типу ЛК–РО конструкції 6х36(1–7–7/7–14)–1 о.с. ДСТ 7688–80,  $d_k = 6,3$ , розрахункова маса 1000 м каната  $M_{1000} = 155,5 \text{ кг}$ , розрахункове розривне зусилля  $P_{\text{разр}} = 23,15 \text{ кН}$ , маркувальна група 1800 МПа [15].

Для даного діаметра каната призначаємо затискачі гвинтові Е, діаметр різьблення на скобі М6, розрахунковий діаметр стрижня [16]:

$$d_1 = (0,8 \div 1) \cdot d_k = 0,8 \cdot 6,3 = 5,04 \text{ мм} \quad (3.3)$$

Кількість затискачів, що рекомендується,  $n = 3$ .

Розраховуємо число затискачів з умови:

$$2F_{\text{тр}} \geq S_{\text{стр}}, \quad (3.4)$$

де  $F_{\text{тр}}$  – сила тертя між канатами;

$S_{\text{стр}}$  – зусилля в гілці стропа.

$$F_{\text{тр}} = n \cdot N_i \cdot f, \quad (3.5)$$

де  $n$  – число затискачів;

$N_i$  – нормальне зусилля, створюване одним затискачем;

$f$  – коефіцієнт тертя між канатами,  $f = 0,15$ .

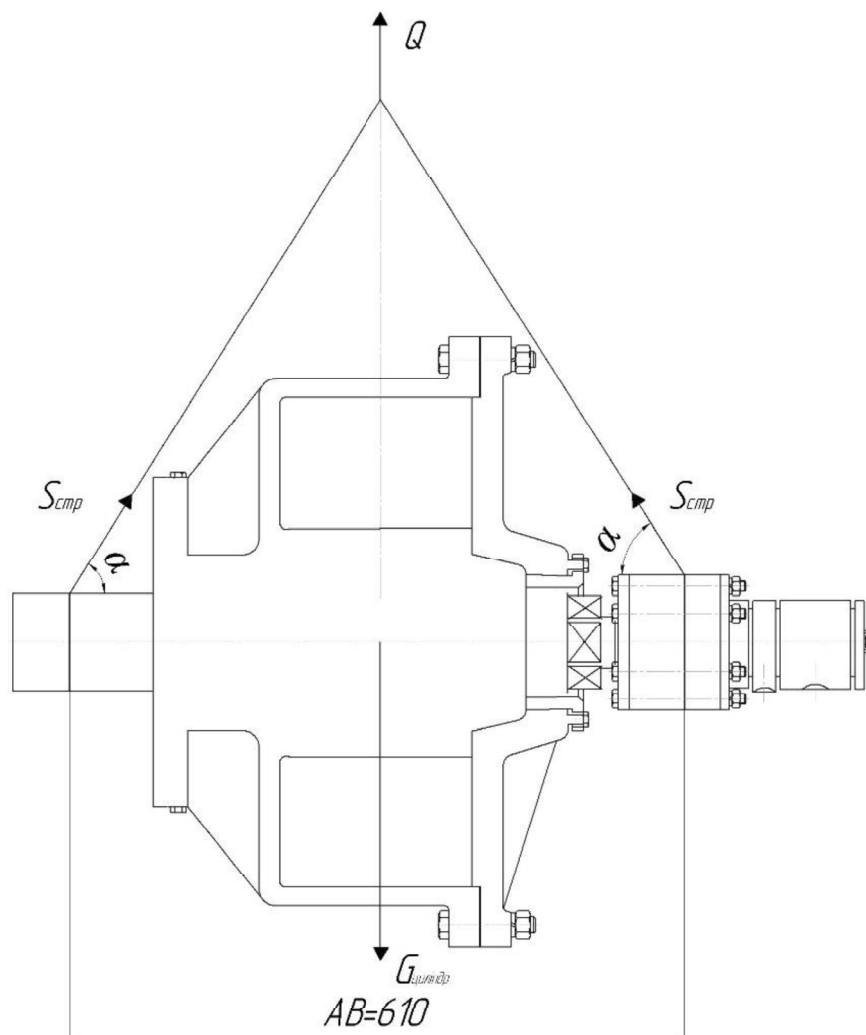


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема стропування циліндра

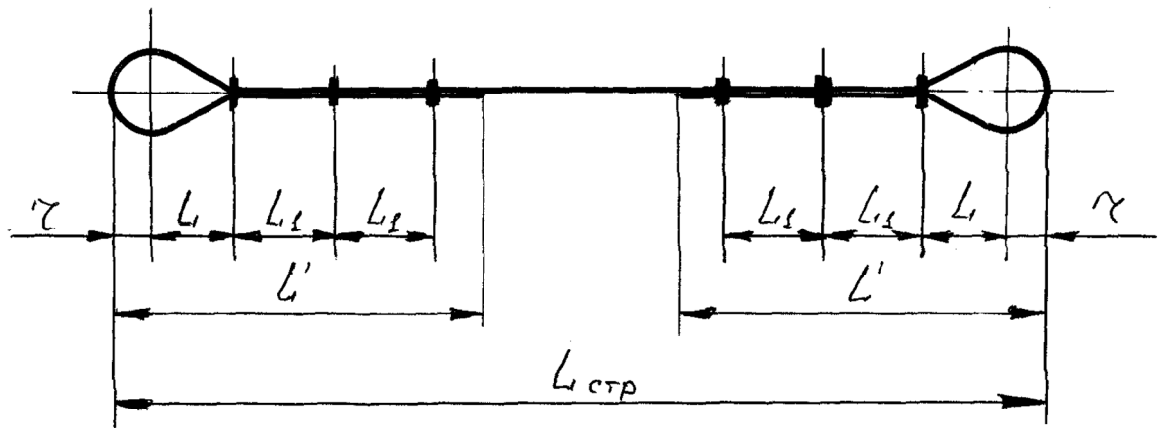


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема до визначення довжини стропа

Нормальний тиск, створюваний одним затискачем:

$$N_i = \frac{\pi d_{\text{ст}}^2 n_{\text{ст}} [\sigma]}{4}, \quad (3.6)$$

де  $d_{\text{ст}}$  – розрахунковий діаметр стрижня;

$n_{\text{ст}} = 2$  – кількість стрижнів у затискачі;

$[\sigma]$  – допускаєме напруження матеріалу на розрив,  $[\sigma] = 120$  МПа.

Тоді число затискачів визначаємо з вираження:

$$n = \frac{2 \cdot S_{\text{стр}}}{\pi \cdot d_{\text{ст}}^2 \cdot n_{\text{ст}} \cdot f \cdot [\sigma]} = \frac{2 \cdot 2,29 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 5,04^2 \cdot 2 \cdot 0,15 \cdot 120} = 1,60, \quad (3.7)$$

Приймаємо число затискачів  $n = 3$ .

Визначаємо довжину стропа приймаючи наступні розміри:

– радіус закруглення  $r \approx 2d_k = 2 \cdot 6,3 = 12,6$  мм

приймаємо  $r = 15$  мм;

– відстань від центра закруглення до першого затискача  $L = 150$  мм;

– відстань між затискачами  $L_1 = 100$  мм.

Тоді довжина ділянки стропа для затискачів і петлі дорівнює:



$$\begin{aligned} L' &= r + L + 2,5 \cdot L_1 = 15 + 150 + 250 = 415 \text{ мм} \\ 2L' &= 2 \cdot 415 = 830 \text{ мм} \end{aligned} \quad (3.8)$$

Приймаємо довжину стропа  $L_{\text{стр}} = 1000$  мм.

Тоді кут нахилу стропа дорівнює:

$$\alpha = \arccos \frac{AB}{2 \cdot L_{\text{стр}}} = \arccos \frac{610}{2 \cdot 1000} = 72^\circ, \quad (3.9)$$

При цьому зусилля галузі стропа складе

$$S_{\text{стр}}'' = \frac{3,973}{2 \cdot \sin 72^\circ} \cdot 1,0 = 2,09 \text{ кН}, \quad (3.10)$$

Умова виконується.

### 3.3.2 Розрахунок стропів для виконання монтажу барабана моталки

Розрахуємо стропа, необхідні для виконання монтажу барабана моталки масою  $G_{\text{бар}} = 1730$  кг = 16971 Н (рис.3.3).

Зусилля в гілці стропа при куті нахилу  $\alpha = 60^\circ$ :

$$S_{\text{стр}} = \frac{G_{\text{шпл}}}{n \cdot \sin \alpha} \cdot K_n = \frac{16,971}{2 \cdot \sin 60^\circ} \cdot 1,0 = 9,8 \text{ кН},$$

де  $n$  – число гілок стропа,  $n = 2$

$K_n$  – коефіцієнт нерівномірності навантаження на гілці стропа, при  $n \leq 2$ ,  $K_n = 1$

Підбор каната стропа здійснюємо по розрахунковому розривному зусиллю:

$$P_{\text{разр}} = S_{\text{стр}} \cdot k = 9,8 \cdot 6 = 58,8 \text{ кН},$$

де  $k$  – коефіцієнт запасу міцності,  $k = 6$

Приймаємо канат типу ЛК–Р конструкції 8х19(1–6–6/6)–1 о.с. ДСТ 7670–80,  $d_k=13,5$ , розрахункова маса 1000 м каната  $M_{1000} = 634$  кг, розрахункове розривне зусилля  $P_{\text{разр}} = 91,8$  кН, маркувальна група 1764 МПа.

Для даного діаметра каната призначаємо затискачі гвинтові Е, діаметр різьблення на скобі М14, розрахунковий діаметр стрижня  $d_1 = (0,8 \div 1) \cdot d_k = 0,8 \cdot 13,5 = 10,8$  мм. Кількість затискачів, що рекомендується,  $n = 3$ .

Розраховуємо число затискачів з умови:

$$2F_{\text{тр}} \geq S_{\text{стр}},$$

де  $F_{\text{тр}}$  – сила тертя між канатами;

$S_{\text{стр}}$  – зусилля в гілці стропа.

$$F_{\text{тр}} = n \cdot N_i \cdot f,$$

де  $n$  – число затискачів;

$N_i$  – нормальне зусилля, створюване одним затискачем;

$f$  – коефіцієнт тертя між канатами,  $f = 0,15$ .

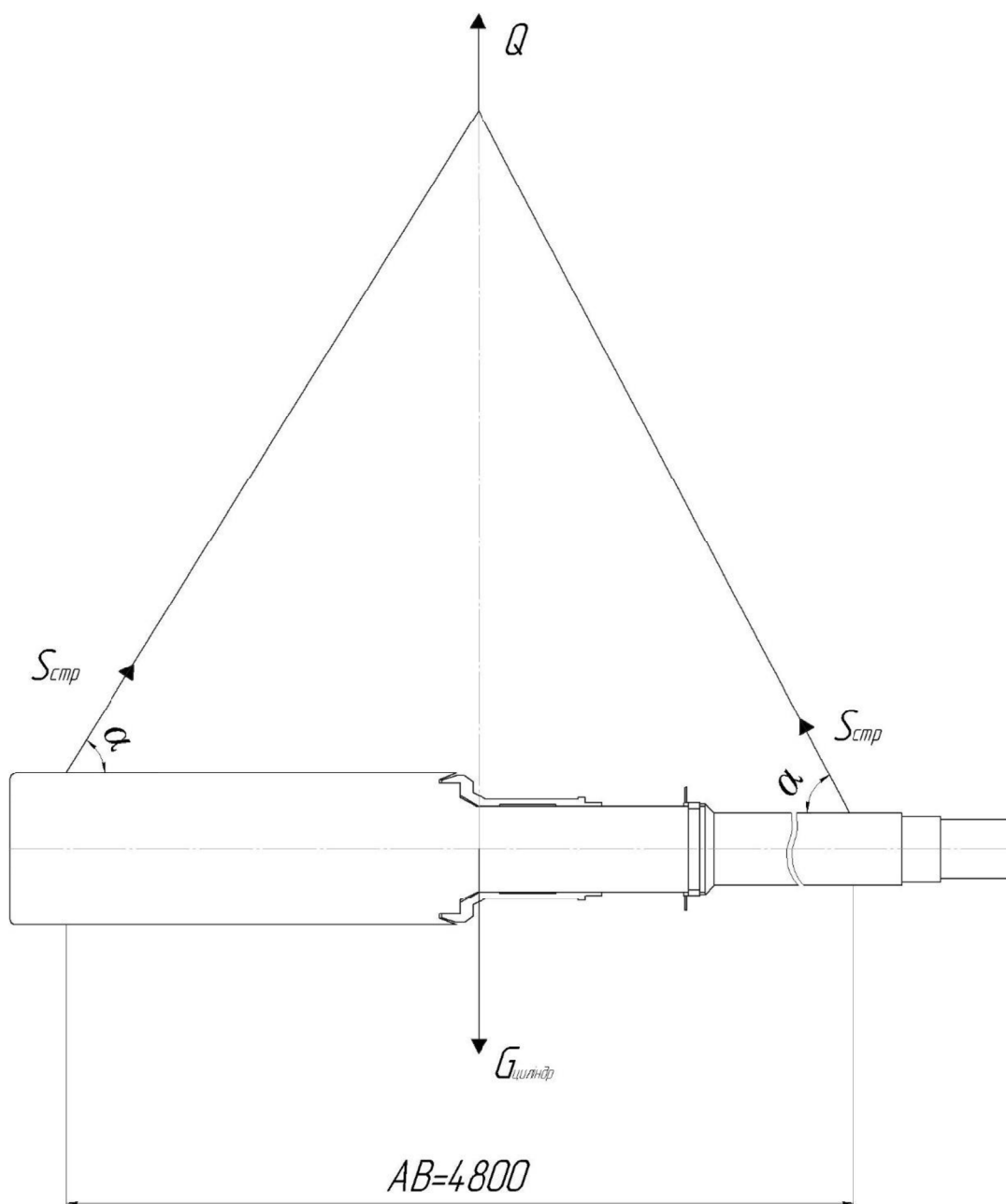


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема стропування барабана моталки

Нормальний тиск, створюваний одним затискачем:

$$N_i = \frac{\pi d_{ст}^2 n_{ст} [\sigma]}{4},$$

де  $d_{ст}$  – розрахунковий діаметр стрижня;

$n_{ст}=2$  – кількість стрижнів у затискачі;

$[\sigma]$  – допускаема напруга матеріалу на розрив,  $[\sigma] = 120$  МПа.

Тоді число затискачів визначаємо з вираження:

$$n = \frac{2 \cdot S_{\text{стр}}}{\pi \cdot d_{\text{сн}}^2 \cdot n_{\text{ст}} \cdot f \cdot [\sigma]} = \frac{2 \cdot 9,8 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 10,8^2 \cdot 2 \cdot 0,15 \cdot 120} = 1,49,$$

Приймаємо число затискачів  $n = 3$ .

Визначаємо довжину стропа приймаючи наступні розміри:

– радіус закруглення  $r \approx 2d_k = 2 \cdot 13,5 = 17$  мм

приймаємо  $r = 18$  мм;

– відстань від центра закруглення до першого затискача  $L = 150$  мм;

– відстань між затискачами  $L_1 = 100$  мм.

Тоді довжина ділянки стропа для затискачів і петлі дорівнює:

$$L' = r + L + 2,5 \cdot L_1 = 18 + 150 + 250 = 418 \text{ мм}$$

$$2L' = 2 \cdot 418 = 836 \text{ мм}$$

Приймаємо довжину стропа  $L_{\text{стр}} = 5000$  мм.

Тоді кут нахилу стропа дорівнює:

$$\alpha = \arccos \frac{AB}{2 \cdot L_{\text{стр}}} = \arccos \frac{4800}{2 \cdot 5000} = 61^\circ,$$

При цьому зусилля галузі стропа складе

$$S_{\text{стр}}'' = \frac{16,971}{2 \cdot \sin 61^\circ} \cdot 1,0 = 9,7 \text{ кН},$$

Умова виконується.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

### 4.1 Виявлення та оцінка шкідливих факторів виробничого середовища

#### 4.1.1 Розрахунок рівня механізації й автоматизації ділянки моталок

Прокатне виробництво характеризується складністю й різноманітністю механічного устаткування, у зв'язку, із чим у виробничому процесі в основному мають місце небезпечні фізичні фактори; фізико-хімічні фактори є основними тільки при нагріванні металу перед прокаткою й вогневому зачищенню поверхні прокату.

Вимоги безпеки при виконанні робітниками та службовцями покладених на них обов'язків, а також безпечного поведіння на робочих місцях і території цеху викладені в «Інструкція з охорони праці для робітників механослужби ЦГПТЛ №05.04–2012».

Досить повне уявлення про рівень механізації можна одержати шляхом певних витрат механічної й ручної праці (табл.4.1) [18].

– для слюсаря ремонтника:

$$B = \frac{M}{M + R} \cdot 100\% = \frac{4}{4 + 4} \cdot 100\% = 50\% , \quad (4.1)$$

де  $B$  – рівень механізації праці, %;

$M$  – сума людино–годин механізованої праці;

$R$  – сума людино–годин ручної праці.

З даних таблиці можна зробити висновок, що у електрогазозварника – 25% механізованої, 75% ручної праці; слюсаря ремонтника – 50% механізованої, 50% ручної праці; оператора – 93,75 % механізованої та 6,25 % ручної праці; кранового машиніста – 87,5 % механізованого, 12,5% ручної праці, таким чином

згідно таблиці 4.1 професія 1 відноситься до ручної праці, професії 3 та 4 до механізованої праці, а професія 2 має змішану форму.

Таблиця 4.1 – Розрахунок рівня механізації праці

№ п/п	Професія робітників	Штат робітників	Кількість відпрацьованих людино-годин у добу			% механізації праці
			вручну	за допомогою машин	усього	
1	Електрогазозварник	1	$6 \cdot 1 = 6$	$2 \cdot 1 = 2$	8	25
2	Слюсарі ремонтники	4	$4 \cdot 4 = 16$	$4 \cdot 4 = 16$	32	50
3	Машиніст крану	4	$4 \cdot 1 = 4$	$4 \cdot 7 = 28$	32	87,5
4	Оператор стану	4	$4 \cdot 0,5 = 2$	$4 \cdot 7,5 = 30$	32	93,75

#### 4.1.2 Аналіз потенційних і шкідливих факторів виробничого середовища

Робітники, що обслуговують цех гарячого прокатки тонкого листа, постійно пов'язані з розпеченим металом. Недбалість при роботі з ним може бути причиною нещасного випадку. Найбільшу небезпеку представляє устаткування для переробки й транспортування штаб і рулонів: робочі кліті, кантувачі, електромостові крани.

Багато операцій у цехові супроводжуються створенням шумів низької й високої частоти. Рівень шуму на 50 % перевищує стандартні припустимі норми [19]. Шумові виділення відбуваються при різанні штаби на ножицях, виправлення її на правильних машинах і т.д. Подача нагрітих зливків від нагрівальних колодязів до прокатного стану є в основному безпечною операцією. Однак при транспортуванні зливків з не застиглою серцевиною зливковозами можливе виплюхування рідкого металу, падіння гарячої окалини, теплові опіки. Ступінь небезпеки виробничого процесу при гарячій прокатці значно вище, ніж при холодній, що пояснюється високою температурою металу, що прокочується. Додатковими небезпечними факторами при гарячій прокатці є температурний режим нагрівання, режим прокатки, швидкість його охолодження при деформації й т.д. В таблиці 4.2 приведена карта умов праці механослужби.

Таблиця 4.2 – Карта умов праці механослужби

№ п/п	Фактори виробничого середовища й трудового процесу	Норм. зн. (ГДК, ГДР), мг/м <sup>3</sup>	Факт. знач., мг/м <sup>3</sup>	III клас – шкідливі й небезпечні умови й характер праці			Час дії фактора, %, за зміну
				1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	
1.	Шкідливі хімічні речовини, мг/м <sup>3</sup> : Оксид марганцю; II клас безпеки:	0,05	0,290			5,8	89,0
	Акропеїн; III клас безпеки:	0,20	0,680		3,4		89,0
	Оксид вуглецю.	20,0	30	1,5			89,0
2.	Пил переважно фіброгенної дії, мг/м <sup>3</sup>	4,0	25,00			6,3	89,0
3.	Шум, дБА	80,0	103,00			23,0	100
4.	Мікроклімат у приміщенні: – температура повітря, °С	21-28	37,0			9	89,0
	– інфрачервоне випромінювання, Вт/м <sup>2</sup> .	140	2890,0			2750,0	27,9
5.	Категорія важкості праці: Статичне навантаження Напруженість	Середня II б	помірна				

При різанні металу на ножицях небезпечними є локальні зони що рухаються й обертаються частин механізму. Значно підвищує фактор безпеки процесу використання в потоці машин вогневого зачищення металу. При вогневому зачищенні можливий вибух газів. Інші технологічні операції (охолодження, таврування, складування металу) особливого впливу на рівень безпеки технологічного процесу не роблять. Подача й транспортування слябів і штаби, а також їх обробка повністю механізована. Для оглядів і обслуговування

прокатного стану застосовуються контрольно-вимірювальні прилади, установлені на постах управління стану й устаткування. Розташування постів керування прокатного стану забезпечує гарну видимість робочих клітей стану, а також допоміжного устаткування.

Відповідно до карти умов праці професія слюсара-ремонтника має три ступені по факторах шкідливості й небезпеки праці – пил, шум, температура повітря.

Гігієнічна оцінка умов праці – умови й характер праці відносяться до III класу 3 ступені.

Атестація робочого місця – робочі місця мають у наявності: 5 факторів 3 ступені, 1 фактор 1 ступеня, 1 фактор 2 ступеня. По показниках робоче місце варто вважати з особливо шкідливими й особливо важкими умовами праці, що відповідає показникам 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, надбавка до заробітної плати до 24 %.

#### 4.2 Заходи щодо захисту від виявлених шкідливих та небезпечних чинників виробничого середовища

При проєктуванні стану передбачений теплозахист і герметизація, щоб забезпечити зниження температури зовнішніх поверхонь тепловиділяючого устаткування до 45°C [20]. Над печами й робочими клітями встановлена вентиляція для видалення надлишкової теплоти газів, що виділяються. Електричні машини (мостові крани, прокатний стан і агрегати оброблення штаб), пульти керування становлять основну частину електроустаткування цеху. Відповідно до правил безпеки експлуатації електроустановок [21] прокатний цех відноситься до приміщень підвищеної небезпеки. У цехові застосовується трифазна електромережа з ізолюваною проводкою. Захист від дотику до струмовихідних частин досягається ізоляцією, дистанційним керуванням,



електродвигуни виконані в захисному виконанні. Проводка закладена в металеві труби, які заземлені з електроустаткуванням на загальний контур заземлення цеху й мають величину опору 4.0 Ом. Усі роботи пов'язані з ремонтом устаткування веде служба електриків.

Всі працівники цеху безкоштовно забезпечені спец одягом, спец взуттям і засобами індивідуального захисту [22].

Для захисту органів дихання робітникам видаються респіратори протипилові типу ШБ – 1М "Пелюсток 5".

Для захисту органів слуху противошумові навушники з межею до 110 дБ. В таблиці 4.3 приведені технічні міри захисту від впливу шкідливих факторів виробничого середовища.

Таблиця 4.3 – Технічні міри захисту від впливу шкідливих факторів виробничого середовища

№ п/п	Небезпечний або шкідливий фактор виробничого середовища	Захисний пристрій	Тип пристрою	Параметри пристрою	Місце установки
1	Запилованість	Респіратор СІЗОД	ШБ–1М	–	Індивідуально
2	Шум	Навушники противошумові	–	Придатний до 110дБ	Індивідуально
3	Температура	Утеплена куртка, ватяні штани.	–	–	Індивідуально
4	Шкідливі хімічні речовини	Теж що й при запилованості + костюм х/б, рукавиці	ШБ–1М	–	Індивідуально

### 4.3 Технічні рішення по гігієні праці та виробничій санітарії

#### 4.3.1 Мікроклімат

Технологічний процес прокатки різноманітний, тому фактично на кожній ділянці свої шкідливі й небезпечні фактори праці. На ділянці нагрівальних печей сильна запилованість окислами заліза (ГДК  $10\text{мг}/\text{м}^3$ ) при фактичній  $18,4\text{ мг}/\text{м}^3$ .

Ділянка чорнових і чистових груп клітей характеризується наявністю тепловипромінювання до  $400\text{ Вт}/\text{м}^2$  (припустимий  $140 - 350\text{ Вт}/\text{м}^2$ ); підвищеної вологості, при припустимій нормі  $40 - 60\%$ , фактична становить  $82\%$ . У процесі розпечений метал випромінює інфрачервоне випромінювання потужністю  $980\text{ кВт}/\text{м}^2$ , при нормі  $140\text{ кВт}/\text{м}^2$ . наявність шкідливих газів в атмосфері цеху обумовлене порушенням режиму, несправністю й недосконалістю устаткування [23].

Склад газів на ділянці нагрівальних печей характеризується наступними компонентами: зміст вуглекислого газу  $\text{CO}_2$  до  $12\%$ , оксиду вуглецю  $\text{CO}$  – до  $9\%$ .

Ефективним засобом забезпечення необхідних гігієнічних якостей повітря, що сприяють нормальній роботі, і відповідаючим вимогам [24] передбачена вентиляція деяких робочих місць. Норми мікроклімату на постійних робочих місцях зазначені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Оптимальні норми температури, відносної вологості й швидкості руху повітря в робочій зоні при роботі середньої ваги [24]

Період року	Параметри мікроклімату		
	t, °C	W <sub>пов</sub> , м/с	φ, %
Холодний	17 – 19	0,3	60 – 40
Теплий	20 – 22	0,4	60 – 40

Опалення побутових приміщень здійснюється за допомогою панелей (батарей) у яких як теплоносії використовують пару. Опалення побутових приміщень здійснюється від цеху тепловодопостачання.

Під вентиляцією розуміють систему заходів і пристроїв, призначених для забезпечення на робочих місцях, в робочих і обслуговуваних 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 видаляється.

Також у прольоті металургійної ділянки використовують природну вентиляцію повітря. У такому виді вентиляції повітря надходить і видаляється через щілини вікна, двері, ворота, ліхтарі.

Розрахунок аерації, тобто визначення площі аераційних отворів, для ділянки, у теплий період часу здійснюється для наступних даних:

- кількість повітря, що повинне надходити в приміщення  $G_{\text{пост}}=420\ 000$  кг/год.;
- кількість повітря, що повинне видалятися із приміщення  $G_{\text{уд}}=420\ 000$  кг/год.;
- відстань між осями отворів  $h=15$  м;
- температура зовнішнього повітря  $t_{\text{внш}}=22$  °С;
- температура внутрішнього повітря  $t_{\text{внтр}}=37$  °С;

Конструкція стулки віконного отвору – одинарна верхньопідвісна з кутом відкривання отвору  $\alpha =45^\circ$ . Ліхтар П–образний із фрамугами на вертикальній осі з вітрозахисними панелями, які перебувають на відносній відстані  $l/h=1,5$ , з кутом відкривання  $\alpha =90^\circ$ .

Температуру повітря, що видаляється з верхньої зони приміщення, визначаємо по формулі:

$$t_{\text{уд}} = t_{\text{зовніш}} + \frac{t_{\text{внутр}} - t_{\text{прз}}}{m}, \quad (4.2)$$

де  $t_{\text{прз}}$  – температура повітря, що надійшла в робочу зону (у теплий період

часу  $t_{\text{прз}} = t_{\text{зовніш}} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

$m = 0,41$  – коефіцієнт для виробничих приміщень за умови подачі повітря в робочу зону й видалення його з верхніх зон.

$$t_{\text{уд}} = 22 + \frac{37 - 22}{0,41} = 58,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

Питома вага повітря визначається по формулі:

$$\gamma = \frac{353}{t + 273}, \quad (4.3)$$

$$\gamma_{\text{зовніш}} = \frac{353}{22 + 273} = 1,197 \text{ кг/м}^3$$

$$\gamma_{\text{уд}} = \frac{353}{58,6 + 273} = 1,064 \text{ кг/м}^3$$

Розподілений тиск визначаємо з вираження:

$$\Delta p_{1,2} = h(\gamma_{\text{зовніш}} - \gamma_{\text{уд}}), \quad (4.4)$$

$$\Delta p_{1,2} = 15(1,197 - 1,064) = 1,995 \text{ кг/м}^2$$

Втрати тиску на проходження повітря через приточні отвори можна визначити по формулі:

$$\Delta p_1 = \beta \cdot \Delta p_{1,2}, \quad (4.5)$$

де  $\beta$  – частина різниці опорів, що затрачається на прохід повітря через приточні отвори ( $\beta=0,1-0,4$ ).

$$\Delta p_1 = 0,25 \cdot 1,995 \approx 0,5 \text{ кг/м}^2 = 0,05 \text{ МПа}$$

Втрати тиску на проходження повітря через ліхтар визначаються по формулі:

$$\Delta p_2 = \Delta p_{1,2} - \Delta p_1, \quad (4.6)$$

$$\Delta p_2 = 1,995 - 0,5 = 1,495 \text{ кг/м}^2 \approx 0,15 \text{ МПа}$$

Визначаємо площу отворів у стіні  $F_{\text{прит}}$  і площу отворів ліхтарів  $F_{\text{фон}}$ :

$$F_{\text{прит}} = \frac{G_{\text{пост}}}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \gamma_{\text{зовніш}}}{\xi_1} \Delta p_1}}, \quad (4.7)$$

$$F_{\text{ліхт}} = \frac{G_{\text{уд}}}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \gamma_{\text{уд}}}{\xi_2} \Delta p_2}}, \quad (4.8)$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння ( $g=9,8 \text{ м/с}^2$ );

$\xi_1, \xi_2$  – коефіцієнти місцевого опору приточних отворів і ліхтаря відповідно ( $\xi_1=3,7, \xi_2=4,1$ ).

Підставивши значення у формули (4.6) і (4.7) одержимо:

$$F_{\text{прит}} = \frac{420000}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 1,197}{3,7} 0,5}} = 65,5 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{ліхт}} = \frac{420000}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 1,064}{4,1}} 1,495} = 42,3 \text{ м}^2$$

Розрахована площа отворів та витяжних ліхтарів забезпечує приточну аерацію ділянки моталок.

#### 4.3.2 Освітлення виробничих приміщень

Для створення сприятливих умов праці важливе значення має раціональне освітлення. Незадовільне освітлення утрудняє проведення робіт, веде до зниження продуктивності праці й працездатності очей і може бути причиною нещасних випадків і їхніх захворювань. В таблиці 4.5 приведена характеристика освітлення приміщення металургійної ділянки.

Таблиця 4.5 – Характеристика приміщення металургійної ділянки [25]

– характер робіт	середня точність
– розмір об'єкта розпізнавання, мм	від 0,5 до 1
– розряд зорової роботи	IV
– підрозряд роботи	B
– контрастність об'єкта розпізнавання	середня
– фон	середній
– $E_H$ – штучна, лк	300

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 охоронне. 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 й неосвітленими місцями стомлює очі сповільнює швидкість роботи й нерідко є причиною нещасних випадків.

Згідно [25] для приміщень, у яких проводяться роботи 6 розряду, тобто спостереження за ходом виробничого процесу, передбачається комбіноване освітлення.

Природне освітлення нормується. Основним показником нормування служить коефіцієнт природної освітленості (КПО).

Місто Запоріжжя перебуває в 4 поясі світлового клімату, тому КПО для нього буде обчислюватися по формулі:

$$\text{КПО}_{\text{in}}^4 = \text{КПО}_{\text{in}}^3 \cdot m \cdot e = 1,8 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 1,38\%, \quad (4.9)$$

де  $\text{КПО}_{\text{in}}^3$  – значення КПО для 3 поясу світлового клімату;

$m$  – коефіцієнт світлового клімату;

$e$  – коефіцієнт сонячності клімату.

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

#### 4.3.3 Виробничий шум, виробнича вібрація

Джерелами шуму на ділянці є: приводи ножиць, рольгангів, робочої кліті, кантувача; також шум виникає при ударах сляба об рольганг, робочі валки.

Виконаємо розрахунок необхідної звукоізоляції кабіни пульта керування

Вихідні дані для розрахунків:

Октавний рівень звукової потужності РЗП на робочому місці  $L_{\text{ш}} = 103$  дБА.

Припустимий РЗП на робочих місцях у кабінах  $L_{\text{доп}} = 75$  дБА.

Площа передньої стінки кабіни  $S_{\text{обш}} = 9 \text{ м}^2$ .

Кількість вікон  $n = 3$  шт.

Площа одного вікна  $S_i = 1 \text{ м}^2$ .

Необхідне зниження шуму визначаємо по формулі:

$$R_{\text{каб тр}} = L_{\text{ш}} - L_{\text{доп}} = 103 - 75 = 28 \text{ дБА}, \quad (4.9)$$

Шумоізоляцію визначаємо по формулі:

$$R_{\text{тр}} = L_{\text{ш}} - 10 \cdot \lg V \cdot \kappa + 10 \cdot \lg \rho_i - L_{\text{доп}} + 10 \cdot \lg n, \quad (4.10)$$

де  $V_{\kappa}$  – постійне приміщення кабіни,  $\text{м}^2$ ;

$\rho_i$  – площа і-того елемента кабіни,  $\text{м}^2$ ;

$n$  – кількість однакових елементів.

$$V_{\kappa} = S_{\text{обш}} \cdot \frac{\alpha}{\alpha - 1} = 9 \cdot \frac{0,1}{1 - 0,1} = 1 \text{ м}^2;$$

де  $\alpha = 0,1$  – коефіцієнт звукопоглинання поверхні, що обгороджує, приміщення.

Підставляючи в (4.10) одержуємо:

$$R_{\text{тр}} = 103 - 10 \cdot \lg 1 + 10 \cdot \lg 1 - 85 + 10 \cdot \lg 3 = 23 \text{ дБА}.$$

Знаходимо необхідну середню звукоізоляцію:

$$R_{\text{ср}} = 10 \cdot \lg \left( \frac{S_{\text{обш}}}{\sum_{i=1}^n S_i \cdot 10^{-0,1 \cdot R_i}} \right) = 10 \cdot \lg \left( \frac{9}{3 \cdot 10^{-0,1 \cdot 16}} \right) = 16 \text{ дБА}, \quad (4.11)$$



Звукоізоляція кожного з елементів:

$$R_{\text{прі}} = R_{\text{сп}} + 10 \cdot \lg\left(\frac{S_i}{S_{\text{об}}}\right) + 10 \cdot \lg n = 16 + 10 \cdot \lg\left(\frac{1}{9}\right) + 10 \cdot \lg 3 = 11,2 \text{ дБА} .$$

Вибираємо потрібне вікно із силікатним склом товщиною 3 мм.

Перевірочний розрахунки очікуваного зниження шуму кабіною  $R_{\text{каб}}$ :

$$R_{\text{каб}} = R_c + 2 \cdot 10 \cdot \lg B_k - 10 \cdot \lg \sum_{i=1}^n I_i = 16 + 3 \cdot 10 \cdot \lg 3 - 10 \cdot \lg 1 = 30,3 \text{ дБА} ,$$

що більше необхідного зниження (28 дБА).

#### 4.4 Міри пожежної безпеки

Ділянка має категорію по пожежонебезпеці Г (негорючі речовини, розпечені або розплавлені, і горючі речовини які спалюються або утилізуються як паливо). Будівля металургійної ділянки відноситься до III ступеня вогненебезпечності (будинку з несучими й конструкціями, що обгороджують, із природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів) [26].

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.). Цех має внутрішній протипожежний водопровід з пожежними кранами й рукавами.

В цеху застосовуються пінні вогнегасники ВП-5 і вуглекислотні вогнегасники ВВ-2, ВВ-5 і ВВ-8 і пересувні двухбалонні й одnobалонні ВП-2 і ВП-1.

#### 4.5 Ймовірність аварій та їх ліквідація

Будь-яку машину, механізм можна розглядати як систему, що складається з окремих елементів – деталей [27]. Аварія – результат відмови одного чи декількох елементів. Ймовірність аварії розраховується за формулою:

$$Q = 1 - \prod_{n=1}^n (1 - Q_i), \quad (4.12)$$

де  $Q_i$  – ймовірність відмови кожного елемента:

$$Q_i = \lambda_i \cdot \tau, \quad (4.13)$$

де  $\lambda_i$  – інтенсивність відмови  $i$ -го елемента;

$\tau$  – загальний час роботи даного елемента за аналізований період часу.

Розрахуємо ймовірність аварії на ділянці стану 1680 моталки гарячекатаної штаби за півтора року. Відомо що  $\lambda_i = 9 \cdot 10^{-5} \text{ рік}^{-1}$   $\tau = 1,5$  року

$$Q_i = 9 \cdot 10^{-5} \cdot 1,5 = 1,35 \cdot 10^{-4}$$

Тоді підставивши отримані значення в формулу (4.11) отримаємо

$$Q = 1 - \prod_{n=1}^n (1 - 1,35 \cdot 10^{-4}) = 1 - 0,999 = 0,001 = 0,1\%$$

Ймовірність не висока, застосування додаткових захисних засобів не потрібне.

## Висновки

1. Ознайомлення з технологією і обладнанням прокатного цеху металургійного комбінату «Запоріжсталь» показало, що одним з основних проблемних місць цеху є незадовільна робота моталок, яка проявляється в зимовий період.
2. На підставі наведеного огляду і аналізу технічної літератури встановлено, що для змотування гарячекатаної штаби в світовій практиці використовуються різні конструкції машин, серед яких перевага належить ролико-барабанним моталкам, які мають ті ж самі недоліки, що і моталки ПАТ «Запоріжсталь».
3. Відомо, що основними недоліками відомих конструкцій є довгоходові пневматичні циліндри, які в зимовий період при замерзанні конденсату в пневмосистемі втрачають роботоспроможність.
4. В результаті модернізації моталки можливе досягнення наступних цілей – збільшення продуктивності, терміну служби, а також збільшення міжремонтних періодів.
5. Проведені розрахунки на міцність найбільш навантажених деталей і вузлів, які вказують на високу працездатність і надійність машини.
6. Для забезпечення необхідних показників роботи моталок слід враховувати вимоги щодо її монтажу та експлуатації, які наведено в розділі 3, а для створення безпечних умов праці персоналу й охорони навколишнього середовища необхідно застосувати заходи, які наведено в розділі 4.
7. Згідно розрахованій необхідній потужності обрано електродвигун МП-82, потужністю 100 кВт, з номінальною частотою обертів  $475 \text{ хв}^{-1}$ .
8. Результати роботи можуть бути використані не тільки на комбінаті «Запоріжсталь», але й на інших підприємствах чорної й кольорової металургії.

## Список використаної літератури

1. Данько А.В. Сучасний розвиток листопрокатного виробництва: навчальний посібник. Алчевськ: ДонДТУ, 2010. 174 с.
2. Ніколаєв В.О., Мазур В.Л. Технологія виробництва сортового та листового прокату. Частина 1. Запоріжжя: ЗДІА, 2000. 258 с.
3. Конспект лекцій по курсу „Механічне обладнання прокатних цехів ” (для студ. спец.6.090400 „Обробка металів тиском” II курсу всіх форм навч.) / Укл.: Данько В.М.- Алчевськ: ДонДТУ. 2007. 167с.
4. Ф.К. Іванченко, В.М. Гребеник, В.І. Ширяєв. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів: навч. посібник. К: Вища шк., 1995. 455 с.
5. Курпе О.Г., Кухар В. В Освоєння виробництва прокату товщиною 1,2 мм на стані 1700 ПрАТ «ММК імені Ілліча». Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2018. .№ 5 (265). С. 171–175.
6. Данченко В. М., Грінкевич В. О., Головка О.М. Теорія процесів обробки металів тиском: підручник для вищ. навч. заклад. Дніпропетровськ: Пороги, 2008. 370 с.
7. Kurpe O., Kukhar V., Shebanits O. Production development of hot-rolled coils of steel grade X52m for further manufacturing of pipes in accordance with api-51 at rolling "1700" pjsc "ilyich iron and steel works". Transactions of kremenchuk mykhailo ostrohradskyi national university. 2018. Vol. 5. P. 65–74. URL: <https://doi.org/10.30929/1995-0519.2018.5.65-74>
8. Васильченко Т.О, Шевченко І.А, Гречаний О.М. Опір матеріалів : навчально-методичний посібник Запоріжжя : ЗНУ, 2020. – 263 с.
9. Бейгул О.О., Лепетова Г.Л. Методи теорії пружності для дослідження та розрахунків металургійного обладнання: навчальний посібник. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2013. – 188 с.
10. Рудь Ю. С. Основи конструювання машин : підручник. 2-ге вид. Кривий Ріг : ФОП Чернявський Д.О., 2015. 492 с.

11. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин: Навчальний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 1996. 145 с.
12. Онищенко О.Г., Дураченко Г.Ф. Гідро- та пневмоприводи: навчальний посібник. Полтава: Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (ПолтНТУ), 2009. 202 с.
13. Погорелов С. В., Ведмідь Ю. П. Підйомно-транспортні машини: лаб. практикум. Запоріжжя : ЗДІА, 2005. 48 с.
14. Монтаж металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Вид-во «Кондор», 2017. 374 с.
15. Седуш В.Я. Надійність, ремонт і монтаж металургійних машин : підручник. – 4-е вид., перероб. і доп. – Донецьк: ТОВ «Юго – Восток, Лтд», 2008. – 379 с.
16. Жук А. Я., Малишев Г. П. Основи технічного діагностування: навч.-метод. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2007. 114 с.
17. Ковтун Р.М. Складання металоконструкцій: підручник. Київ: Вища освіта, 2006. 560 с. ISBN: 966-8081-59-5
18. Охорона праці на гірничо–металургійному підприємстві: навч. посібник. Ч.І: Металургійний комплекс. / В.О.Шеремет та ін. Дніпропетровськ: Січ, 2002. 375 с.
19. ДСН 3.3.6.037–99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Чинний від 1999–12–01. Вид. офіц.
20. ДСТУ 2894–94. Пристрої екранувальні для захисту від інфрачервоного випромінювання. Параметри та загальні технічні вимоги. Чинний від 1996–01–01. Вид. офіц. 1994.
21. Правила улаштування електроустановок. URL: <https://mev.gov.ua/storinka/pravya-ulashtuvannya-elektroustanovok> (дата звернення: 27.04.2024).
22. 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](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=28566).
- 23.Ткачук К. Н. Охорона праці та промислова безпека. Навч.посіб. / К. Н. Ткачук. та ін. – К: Основа, 2009. – 360 с.
- 24.ДСН 3.3.6.042–99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
- 25.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](http://www.gorsvet.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/08/ДБН-В.2.5-28-2006.pdf).
- 26.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](http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/32.1.%20ДБН%20В.1.1-7~2016.%20Пожежна%20безпека%20об'єктів%20будівни.pdf).
- 27.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.

## ДОДАТКИ





Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документація</u>						
			ДП.021184.100 ВЗ	Креслення загального виду		
<u>Складальні одиниці</u>						
		1		Пневмоциліндр	1	
		2		Клин в зборі	4	
<u>Деталі</u>						
		3		Сегмент барабана	4	
		4		Вал барабана	1	
		5		Прокладка	1	
		6		Шайба мастильновідбиваюча	1	
		7		Колесо зубчасте	1	
		8		Втулка	2	
		9		Втулка дистанційна	1	
		10		Втулка дистанційна	1	
		11		Кришка	1	
		12		Ущільнення НР-330	1	
		13		Кільце	1	
		14		Кільце з 2-х половинок	1	
		15		Кільце	1	
		16		Шайба мастильновідбиваюча	2	
		17		Прокладка	2	
		18		Прокладка	2	
<b>ДП.021184.100</b>						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Петренко А.С.			Лит.	Лист
Проб.		Огіньський Й.К.			Н	Листов
Н.контр.		Васильченко Т.О.			1	
Утв.		Власов А.О.			МОН України ЗНУ, ІННІ ім. Ю.М. Петейні, каф. МО, гр. 6.1331-с	
<b>Барабан</b>						

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		19		Кришка	2	
		20		Манжета	4	
		21		Кільце	2	
		22		Прокладка	1	
				Гума ЗМБ-А-М ГОСТ 7338-65		
		23		Прокладка	2	
				Картон 1 ГОСТ 9347-60		
				<i>Стандартні вироби</i>		
				Гвинти ГОСТ 7798-70		
		24		M10X25.58	12	
		25		M10X130.58	6	
		26		M12X30.58	2	
		27		M16X90.58	12	
				Гайки ГОСТ 5915-70		
		28		M10.5	8	
		29		M16.5	12	
		30		M20.5	12	
				Шайби пруж. ГОСТ 6402-70		
		31		10 65z	8	
		32		12 65z	2	
		33		16 65z	12	
				Шпильки ГОСТ 11765-66		
		34		A M10x130	2	
		35		A M 20x70	6	
		36		Підшипник № 210		
				ГОСТ 8338-75	2	

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата
Инд. № докл.	Подп. и дата
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП.021184.100	Лист



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документація</i>						
A1			ДП.021184.200 ВЗ	Креслення загального виду	1	
<i>Складальні одиниці</i>						
		1		Вузол привода барабана	1	
		2		Вузол плитовин	1	
		3		Плита	1	
		4		Редуктор	1	
		5		Передня стійка	2	
		6		Шпindelь	4	
		7		Циліндр зі знімачем	2	
		8		Вузол підмоторної стійки	1	
		9		Установка кінцевих вимикачів	4	
		18		Установка тахогенератора	2	
		22		Змащувальний ніпель	8	
		36		Вузол оправки	1	
		37		Циліндр зі знімачем	1	
<i>Деталі</i>						
		12		Стійка		
		14		Планка		
		15		Прокладка		
		16		Вал		
		20		Втулка зубчата		
ДП.021184.200						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Петренко А.С.			Лит.	Лист
Проб.		Огіньський Й.К.			Н	Листов
Н.контр.		Васильченко Т.О.			1	
Утв.		Власов А.О.			МОН України ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ, каф. МО, гр. 6.1331-с	
<b>Вузол привода</b>						

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<i>Стандартні вироби</i>		
				<i>Болти ГОСТ 7808-70</i>	1	
		33		<i>M27x70</i>	8	
		25		<i>M27x130</i>	1	
		27		<i>M30x150</i>	8	
		23		<i>M30x200</i>	12	
		29		<i>M36x200</i>	14	
		32		<i>M48x240</i>	4	
		34		<i>M48x260</i>	8	
				<i>Гайки ГОСТ 5915-70</i>		
		26		<i>M27</i>	32	
		24		<i>M30</i>	40	
		30		<i>M36</i>	28	
		31		<i>M48</i>	24	
		19		<i>Муфта з'єдчата M338</i>	1	
				<i>Штифти ГОСТ 12207-79</i>		
		28		<i>30Гx140</i>	4	
		35		<i>50Гx140</i>	2	

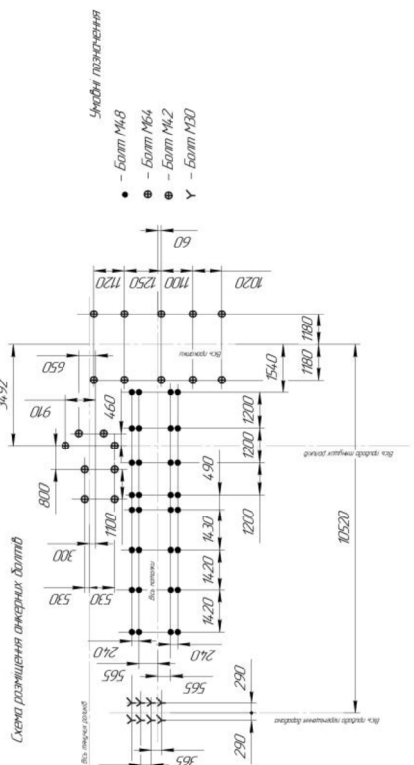
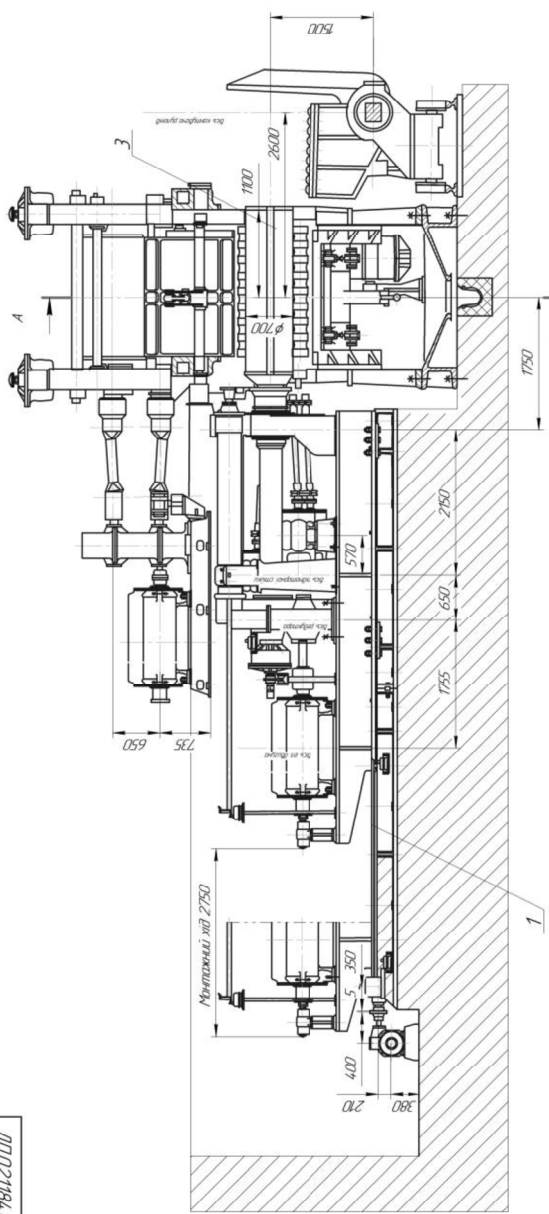
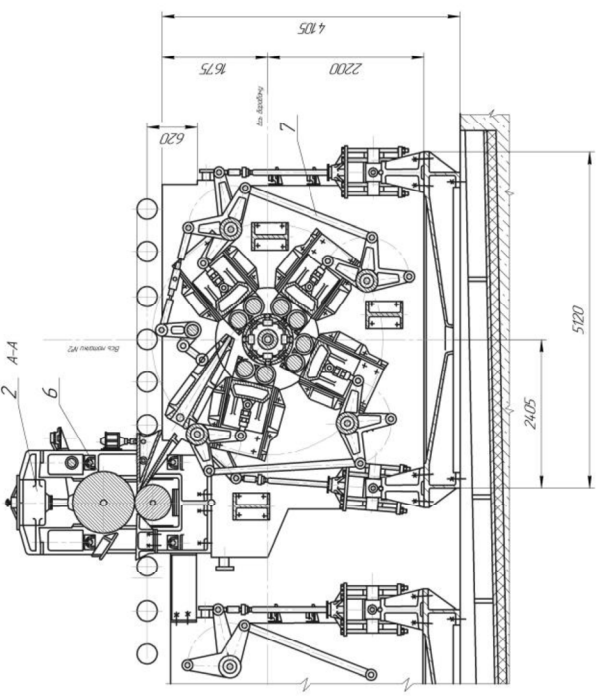
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП.021184.200

Лист

ДПОЗ 1184.000 ВЗ



- Условные обозначения**
- — Болт М4,8
  - — Болт М4
  - — Болт М4,2
  - — Болт М30

Схема размещения отверстий болтов

1 На заводе разработана проработана габаритная компоновка агрегата с полным комплектом на переборки работы всех механизмов для габаритных чертежей, показывающих взаимное расположение деталей агрегата в крайних положениях. Переменения размеров при габаритных чертежах будут габаритными.

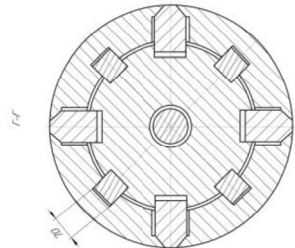
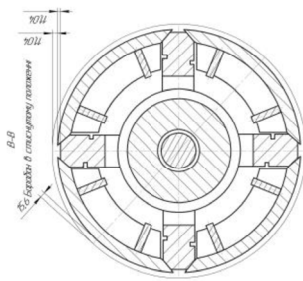
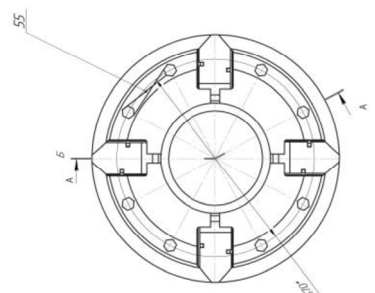
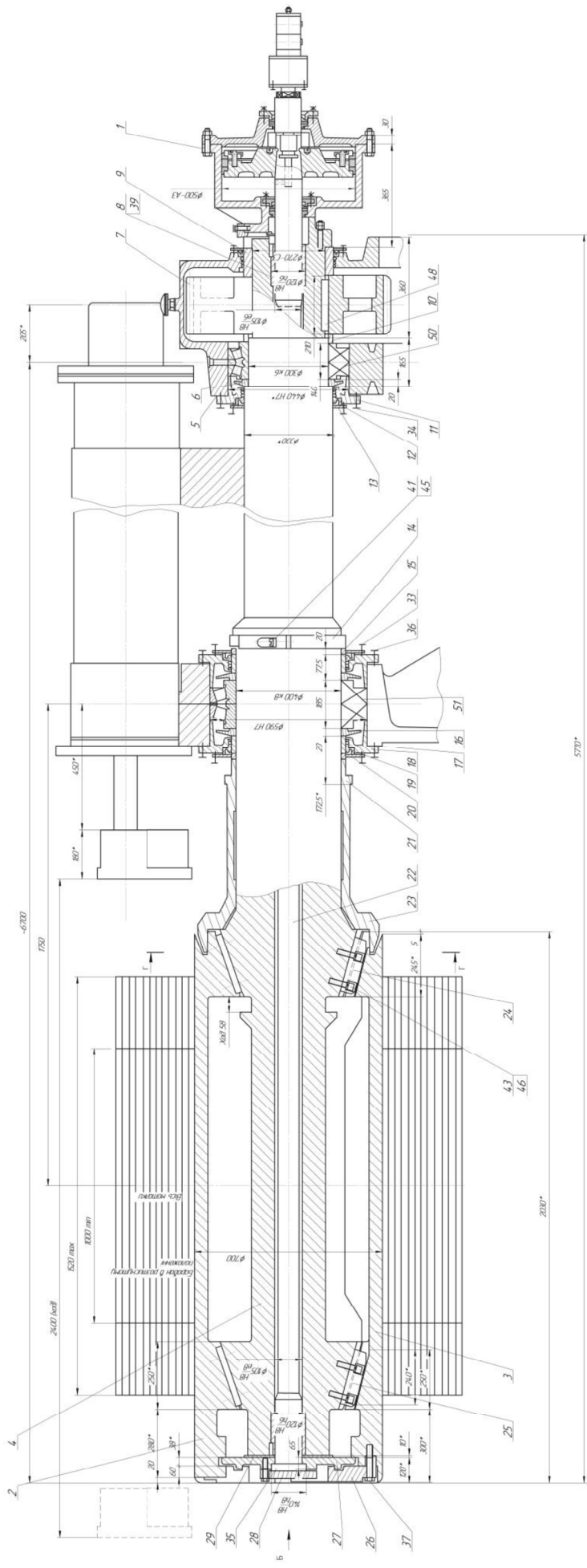
Элементы агрегата		Электрооборудование		Редукторы		Шлифцы					
1	Переборка	Валы	2	Полужесткая	75 кВт	50 кВт	3	Тиск	4,6 кг/см		
2	Таблица шлифов	15-6мч	3	Число оборотов	520 об/д	1	Тип	Валов	двухрядная		
3	Основа шлифов	600-800мм	4	Толщина	М4-12	1	Материал	500мм	1	Диаметр	500мм
4	Т-ра шлифов	4,2-10,5 м/с	5	Шлифовка	М4-12	2	Материал	600мм	2	Ход	75мм
5	Вала шлифов	600 мм	6	Привод пер. роликов	М4-12	3	Привод	4,6 кг/см	3	Тиск	4,6 кг/см
6	Наружный диаметр роликов	5 м	7	Привод пер. роликов	М4-12	4	Материал	350мм	4	Диаметр	350мм
7	Диаметр паза роликов	макс. 1300мм	8	Шлифовка	М4-12	5	Экзифлюция	300мм	5	Ход	300мм
8	Диаметр роликов	700/2200мм	9	Привод пер. роликов	М4-12	6	Материал	170 мм	6	Ход	170 мм
9	Диаметр шлифов	500/300 мм	10	Шлифовка	М4-12	7	Материал	4,6 кг/см	7	Тиск	4,6 кг/см
10	Ход шлифов	300 мм				8	Привод	4,6 кг/см	8	Ход	4,6 кг/см
		350 мм				9	Привод	4,6 кг/см	9	Ход	4,6 кг/см
						10	Привод	4,6 кг/см	10	Ход	4,6 кг/см

ДПОЗ 1184.000 ВЗ	
Исполн.	М.М.М.
Провер.	Л.Л.Л.
Утверд.	И.И.И.
Исполн.	И.И.И.
Провер.	И.И.И.
Утверд.	И.И.И.
Исполн.	И.И.И.
Провер.	И.И.И.
Утверд.	И.И.И.

**Мотопилка**

Контракт

0021164.100.83



- 1 - Поршень без шайбы
- 2 - Шпилька Ø 200
- 3 - Толкатель шайбы Ø 200
- 4 - Диск шайбы Ø 200
- 5 - Вал

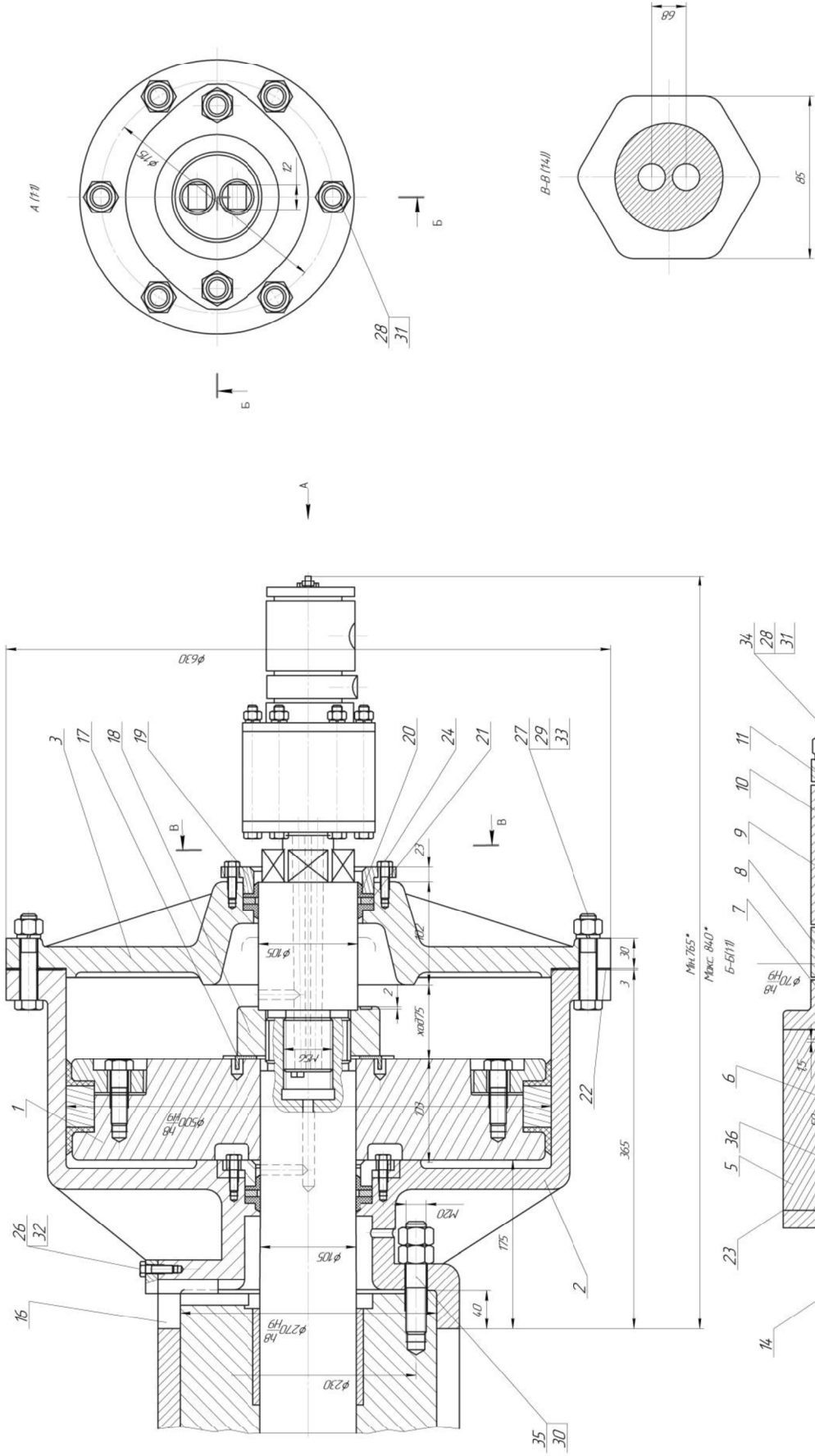
0021164.100.83	
Барабан	
№ п/п	Исполнение
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50
51	51
52	52
53	53
54	54
55	55

0021164.100.83





ДПО2184.250 В3



- 1 Корпус по краям цилиндра обработан эллиптическим тиском 1 МПа
- 2 Вал поршня цилиндра в эллиптическую сторону обработан при эллиптическом тиске
- 3 \*Размеры для сборки
- 4 Разъемный тиск габаритов 0,4 МПа

ДПО2184.250 В3			
Деталь	№ докум.	Лист	Измен.
Гидроцилиндр	405	12	
Деталь	№ докум.	Лист	Измен.
Гидроцилиндр	405	12	
Разработчик	Проверен	Утвержден	Согласован
И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.

