

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 барабана ролико-барабанної моталки гарячекатанної
штаби в умовах прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь»

Виконав: студент групи 6.1330

Киркича Д. П.

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма

133 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 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру А.О. Власов

“ _____ ” _____ 20__ року

Завдання

до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

Киркичи Дмитра Павловича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Модернізація барабана ролико-барабанної моталки гарячекатанної штаби в умовах прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь»
керівник кваліфікаційної роботи професор, д-р техн. наук Огінський Й.К.
затвердені 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 – 1А1; 3. Барабан (модернізація) – 1А1; 4. Сектор барабана – 1А1; 5. Мережевий графік організації ремонту моталки гарячекатаної штаби – 1А1; 6. Схема аерації цеху – 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	Згідно з графіком	

Студент _____
 (підпис) (прізвище та ініціали)

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

АНОТАЦІЯ

Киркича Д. П. Модернізація барабана ролико-барабанної моталки гарячекатанної штаби 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.

Виконано аналіз технологічного процесу виробництва гарячекатаної штаби та механічного обладнання, що приймає в ньому участь. Запропоновано варіант усунення конструктивних недоліків барабана моталки. Виконано необхідні розрахунки, що обґрунтовують впровадження модернізації. Приділено увагу питанням техногенної безпеки та екології при виробництві гарячекатанної штаби.

Ключові слова: пластична деформація, профіль, клиновий вал, вальниця, сегменти барабана, привод

ABSTRACT

Kyrkycha D. P. Modernization of the Drum of the Rolling-Mandrel Spinner of the Hot-Rolled Staff in the Conditions of the Rolling Shop of Zaporizhstai 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.

An analysis of the technological process of hot-rolled steel production and the mechanical equipment involved in it was performed. An option to eliminate structural defects of the winder drum is proposed. The necessary calculations justifying the implementation of modernization have been performed. Attention is paid to issues of man-made safety and ecology in the production of hot-rolled steel.

Keywords: plastic deformation, profile, wedge shaft, shaft, drum segments, drive

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	8
1.1 Вантажопотоки цеху гарячої прокатки	8
1.2 Короткий опис технологічного процесу основної виробничої лінії та механічного обладнання, що приймає в ньому участь	9
1.3 «Вузькі» місця ділянки тонколостового прокатного стану	14
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	15
2.1 Огляд та аналіз конструкція моталки для гарячекатаної штаби	15
2.2 Опис запропонованої модернізації барабана моталки	18
2.3 Розрахунок діаметру і маси рулону	18
2.4 Розрахунок механізмів стиснення й розтиснення барабана	21
2.5 Розрахунок гідроциліндра барабана	26
2.6 Розрахунок гідравлічного циліндра зіштовхувача рулонів моталки	28
2.7 Розрахунок потужності двигуна привода барабана моталки	33
3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА	35
3.1 Вимоги до електроприводу моталок	35
3.2 Перевірка обраного електродвигуна на перевантаження	36
3.3 Опис схеми електропривода моталки	46
3.4 Розрахунок річної трудомісткості поточних ремонтів устаткування	48
3.5 Розрахунок чисельності робітників механослужби дільниці прокатного стану 1680	50
3.6 Розробка мережевого графіку ремонту моталки гарячекатаної штаби	52
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	56
4.1 Виявлення та оцінка шкідливих факторів виробничого середовища	56
4.1.1 Характеристика ступеня безпеки технологічного процесу, рівня механізації й автоматизації	56
4.1.2 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища	57

	1
4.2 Заходи щодо захисту від виявлених шкідливих та небезпечних чинників виробничого середовища	59
4.3 Технічні рішення по гігієні праці та виробничій санітарії	61
4.3.1 Вентиляція та аерація виробничих приміщень	61
4.3.2 Природне й штучне освітлення	64
4.4 Техногенна безпека	66
4.4.1 Міри пожежної безпеки	66
4.4.2 Ймовірність аварій та їх ліквідація	66
Висновки	68
Список використаної літератури	69
ДОДАТКИ	72

ВСТУП

Прокатка є основним видом обробки металів тиском. Біля 75 % сталі, що плавиться на металургійних заводах, проходить обробку на прокатних станах та випускається у вигляді готового прокату: штаб, листів, сортових профілів та труб.

На відміну від інших видів обробки металів тиском (кування, штампування, пресування) обтиснення металу при прокатці здійснюється безупинно обертовими робочими інструментами – валками, тому процес прокатки є найбільш високопродуктивним (продуктивність сучасного дрогового або сортового стана досягає 1 млн. тонн у рік, а листового – 3–4 млн. тонн у рік). Сучасні прокатні стани – це складні потокові безперервні й автоматизовані агрегати, що працюють при великих швидкостях (20 – 40 м/сек).

Механічне устаткування прокатних цехів є досить різноманітним по призначенню й складним по конструкції. До складу устаткування прокатного цеху, окрім робочих клітей, у яких здійснюється безпосередня прокатка металу, входить устаткування для термічної обробки, поліпшення якості поверхні, нанесення захисного покриття, обробки прокату, сортування й упакування.

До одного з найбільш важливих агрегатів, що приймає участь в кінцевій обробці штабової продукції відносяться моталки, від роботоздатності яких залежить не тільки ритмічність роботи технологічної лінії, а й якість відвантаженого споживачеві продукта.

Пояснювальна записка до дипломного проекту містить 84 сторінки, 11 рисунків, 11 таблиць, 12 додатків. Бібліографічний список має 32 найменування літературних джерел.

Об'єкт проектування – вузли та деталі ролик-барабанної моталки гарячекатанної штаби, прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь».

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

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

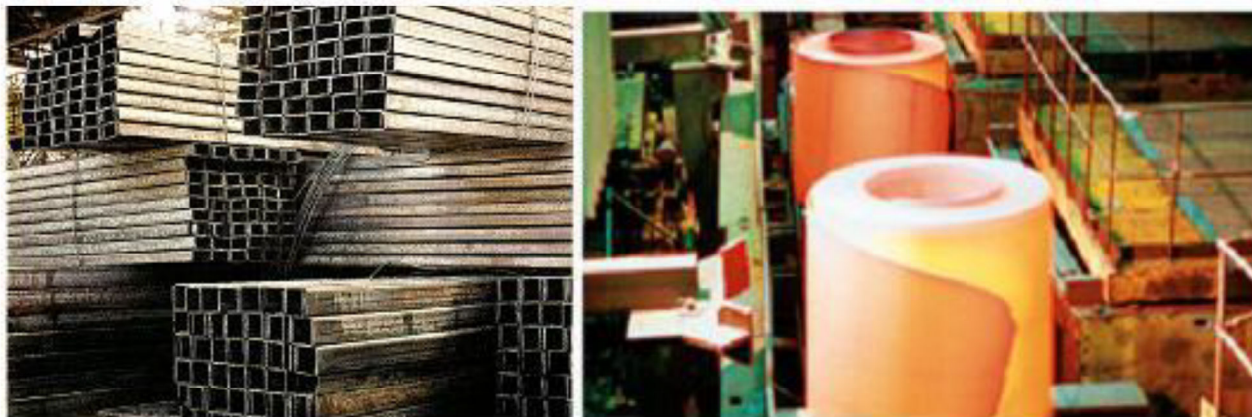
1.1 Вантажопотоки цеху гарячої прокатки

Широкоштабовий безперервний тонколистовий стан гарячої прокатки “1680” виробничою потужністю 3,0 млн. тонн у рік робить штаби товщиною 1,6–7,0 мм, шириною 1000–1500 мм, масою рулону до 16,0 тонн (рис 1.1) [1].



Рисунок 1.1 – Ілістративна фотграфія основної продукції цеху

На трьох агрегатах методом згинання виробляються більше 500 сортів (куточки, швелери й ін.) і спеціальних фасонних профілів з вуглецевої, низьколегованої й нержавіючої сталі з товщиною стінки від 1,0 до 7,0 мм та з шириною розгорнення профілю до 1450 мм.(рис. 1.2). Геометричні параметри виробляемого прокату приведено в таблиці 1.1.



Фотографія 1.2 – Гнуті профілі

Цех гарячої прокатки тонкого листа оснащений агрегатами для забезпечення поставки прокату в листах довжиною до 5850 мм і в рулонах – шириною від 1000 до 1500 мм із внутрішнім діаметром 750 мм. Товщина гарячекатаного листа визначається споживачем у межах від 2,0 до 6,0 мм.

Таблиця 1.1 – Технологічні розміри основної продукції цеху

Гарячекатаний прокат, мм	
лист	рулон
2,00...2...2,50×1000...1260×1800...4000	1,80...2...2,50×1000...1250
2,60...3...3,00×1000...1400×1800...5000	2,60...3...3,00×1000...1400
3,10...3...3,90×1000...1500×1800...5850	3,10...3...3,90×1000...1500
4,00...8...8,00×1000...1500×1800...5850	4,00...8...8,00×1000...1500
Холоднокатаний прокат	
лист	рулон
0,50...0...0,65×1000×1400...2000	0,50...0...0,65×1000
0,65...0...0,80×1000...1250×1400...2500	0,65...0...0,80×1000...1250
0,80...1...1,20×1000...1400×1400...3500	0,80–1,20×1000–1400
1,20...2...2,00×1000...1500×1400...3800	1,20...2...2,00×1000...1500

1.2 Короткий опис технологічного процесу основної виробничої лінії та механічного обладнання, що приймає в ньому участь

Стан “1680” конструкції НКМЗ призначений для гарячої прокатки сталевих штаби шириною 1000–1500 мм і товщиною 2, 0–6,0 мм із слябів, отриманих із зливків плющенням на стані Слябінг 1150. Технологічний процес можливо розділити на наступні основні етапи:

1. Сляби зі складу завантажуються в печі, які нагрівають їх до 1250 °С за допомогою чотирьох методичних печей із крокуючими балками (опалюються природним газом).

2. Після нагрівання сляби укладають на ролики рольганга, по якому вони направляються до вертикального окалиноломача.
3. Потім сляб направляється на чорнову групу стана, що складається з:
 - однієї двухвалкової кліті;
 - чотирьох чотирьохвалкових (№1,2,3,4);
 - трьох вертикальних клітей (№1,2,3).
4. Після чорнкової обробки потрібна обрізка переднього й заднього кінців товстої штаби підкату на летучих двухбарабанних ножицях.
5. На чистовому окалинолозломлювачі роликового типу виконується руйнування вторинної (повітряної) окалини та видалення її гідробивом.
6. Потім чистова група стана, що складається з:
 - однієї двухвалкової кліті;
 - шести чотирьохвалкових клітей (№5,6,7,8,9,10).
7. По виходу з останньої чистової кліті (при 850–900 °С) штаба охолоджується й змотується в рулон на роликобарабанних моталках.
8. По всій довжині рольганга, що відводить, який складається з порожніх водоохолоджуваних роликів, установлені пристрої для охолодження штаби до 600–650 °С.
9. Рулони обв'язуються по діаметру вузькою стрічкою (обручкою) на в'язальній машині, маркіруються термостійкою фарбою на спеціальній машині – маркірувальнику, зважуються на автоматичних вагах і направляються в цех холодної прокатки або у відділення дресирування й різання на листи [2].

З аналізу технологічного процесу видно, що до складу головної лінії прокатного стану відноситься дві групи клітей:

- чорнова;
- чистова.

До складу чорнкової групи входять:

- одна двовалкова кліть;
- чотири чотирьохвалкові (№1,2,3,4);
- три вертикальні кліті (№1,2,3).

До складу чистової групи входять:

- одна двовалкова кліть (чистовий окалиноломач);
- шість чотирьохвалкових клітей (№5,6,7,8,9,10).

Летючі ножиці 25×1700 мм для обрізання переднього кінця штаби встановлені перед чистовою групою.

Характеристика ножиць:

Тип ножиць	Важільні
Перетин розрізаємої штаби, мм	(18–25)х(600-1550)
Температура розрізаємої штаби, °С не менш	900
Питомий опір розрізаємого матеріалу, МПа	0,8
Довжина ножів, мм	1700
Перекриття ножів, мм	2,70
Окружна швидкість ножів, м/с	Від 0,46 до 1,38
Ухил верхнього ножа	1:62
Число обертів барабана, хв ⁻¹ .	Від 17,2 до 51,6
Потужність двигуна, кВт.	300
Число обертів двигуна, хв ⁻¹ .	750
Кількість пружин – притисків, шт.	5
Робоче навантаження на пружину, Н	37300

Характеристика подаючих роликів ножиць:

Діаметр бочки роликів, мм.	350
Довжина бочки роликів, мм.	1700
Максимальний підйом верхнього ролика, мм.	55
Швидкість руху штаби, м/с.	Від 0,4 до 1,2
Потужність двигуна, кВт.	33,5
Число обертів двигуна, хв ⁻¹ .	158.

Летючі ножиці лівого й правого рольгангів складаються з наступних основних механізмів і допоміжних агрегатів:

а) диференційного редуктора – для регулювання швидкості обертання супортів;

б) колінчасто–важільного механізму – для установки ножів на одинарний або подвійний різ;

в) привода кривошипа – для зміни кутової швидкості в момент порізу штаби, руху супорта ножиців;

г) механізм запору кривошипа;

д) головного привода й мотора до нього;

е) подаючі роликів – для подачі штаби до летучих ножиців з рівномірною швидкістю;

ж) рольганга перед правильною машиною – для транспортування до них штаби;

з) рольганга перед правильною машиною – для транспортування до неї відрізаних листів;

и) правильної машини – для виправлення відрізаних листів;

к) пульта керування з апаратурою.

Диференційний редуктор летучих ножиців складається з набору зубчастих коліс і важелів, при перемиканні яких змінюється довжина листа, що відрізається. При перестановці важелів на один розподіл довжина відрізаємого листа, змінюється:

– для важеля, розташованого в нижній частині коробки диференціального редуктора – на 300 мм;

– для правого важеля – на 25 мм;

– для лівого важеля – на 5 мм;

Примітка: При переході на різання через оберт барабана, довжина відповідно збільшується у два рази.

Швидкість різання штаби найбільша – 111 хв⁻¹. Листи довжиною від 1500 до 3000 мм відрізаються за кожний оберт барабана.

Розміри штаби для різання на летючих ножицях у лінії стана: товщина штаби, мм – від 2 до 6; ширина штаби, мм – від 850 до 1500.

Підготовка й настроювання летучих ножиців на порізку листів необхідної довжини виконується відповідно до продуктивно – технічної інструкції.

Змащення летучих ножиців виробляється під тиском за допомогою насоса, керованого з поста керування ножицями. Окремі точки маються пластичним мастилом, частина централізовано, частина – вручну.

Роликова листопрямильна машина:

Довжина роликів, мм	1680
Діаметр роликів, мм	140
число обертів роликів, хв ⁻¹ .	від 138 до 276.

Матеріал роликів кована сталь, швидкість виправлення м/с від 1,016 до 2,023. Товщина листа для виправлення 6,25 мм.

Складальна кишень збирає в пачки листи довжиною від 1500 до 6000 мм, шириною від 710 до 1580 мм. Не допускається укладання в пачку листів зі штаб різних плавко. Вага пачки листів з однієї плавки повина бути не більше 12 тонн.

Моталка № 1,2,3:

Тип	Роликові
Матеріал роликів	9ХВГ
Кількість роликів, шт	6
Максимальна ширина змотуваної штаби, мм	1524
Діаметр роликів, мм	355
Довжина роликів, мм:	
– 3 ролики, мм	2280
– 3 ролики, мм	1830
Діаметр у рулонах	від 752 до 1194

Швидкість змотування штаби дорівнює швидкості штаби, що виходить із 10-ї кліті.

Привод роликів – індивідуальний, від двигуна СВ – 405.

Приймаюча частина моталок складається із двох роликів, що подають, діаметром 355 мм і довжиною 1830 мм.

Зіштовхувач рулонів – пневматичний. Діаметр циліндра зіштовхувача – 305 мм, тиск повітря в пневмосистемі – 0,4 МПа.

1.3 «Вузькі» місця ділянки тонколостового прокатного стану

За умови роботи цеху на повну проектну потужність, подальший ріст його продуктивності обмежується:

1. Недостатньою потужністю нагрівальних засобів, що викликає, крім обмеження обсягу виробництва, затримки зливків перед посадкою в колодязі, а також перевитрату палива.
2. Недостатньою продуктивністю засобів для подачі зливків від нагрівальних колодязів до стана.
3. Двигуни головного привода стана не дозволяють інтенсифікувати режим обтиснень у горизонтальних клітках стана.
4. Високим ступенем зношеності й недостатньою потужністю ножиць для різання розкату високоміцних сталей.
5. Низькою продуктивністю засобів для збирання обрізі від ножиць у скраповий проліт.
6. Недостатніми площами для складування металу.
7. Незадовільна робота моталок в зимовий період, в зв'язку з утворенням конденсату в пневматичній системі.
8. Істотні недоліки барабана моталки, тобто барабан виконаний із чотирма сегментами, що опираються на чотири клини. Ця конструкція вимагає дуже високої точності регулювання й настроювання барабана, що значно здорожчує його конструкцію

Вирішенню проблеми підвищення роботоздатності барабана роликової моталки і присвячену спеціальну частину кваліфікаційної роботи.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Огляд та аналіз конструкція моталки для гарячекатаної штаби

Моталки застосовують для змотування прокатоного металу в рулони (штаба) і бухти (катанка, дрібносортові профілі). По призначенню моталки можна розділити на три групи:

- для гарячекатаної штаби;
- для холоднокатаної штаби;
- для змотування гарячих дрібносортових профілів (круг, квадрат, кільце), дроту й катанки.

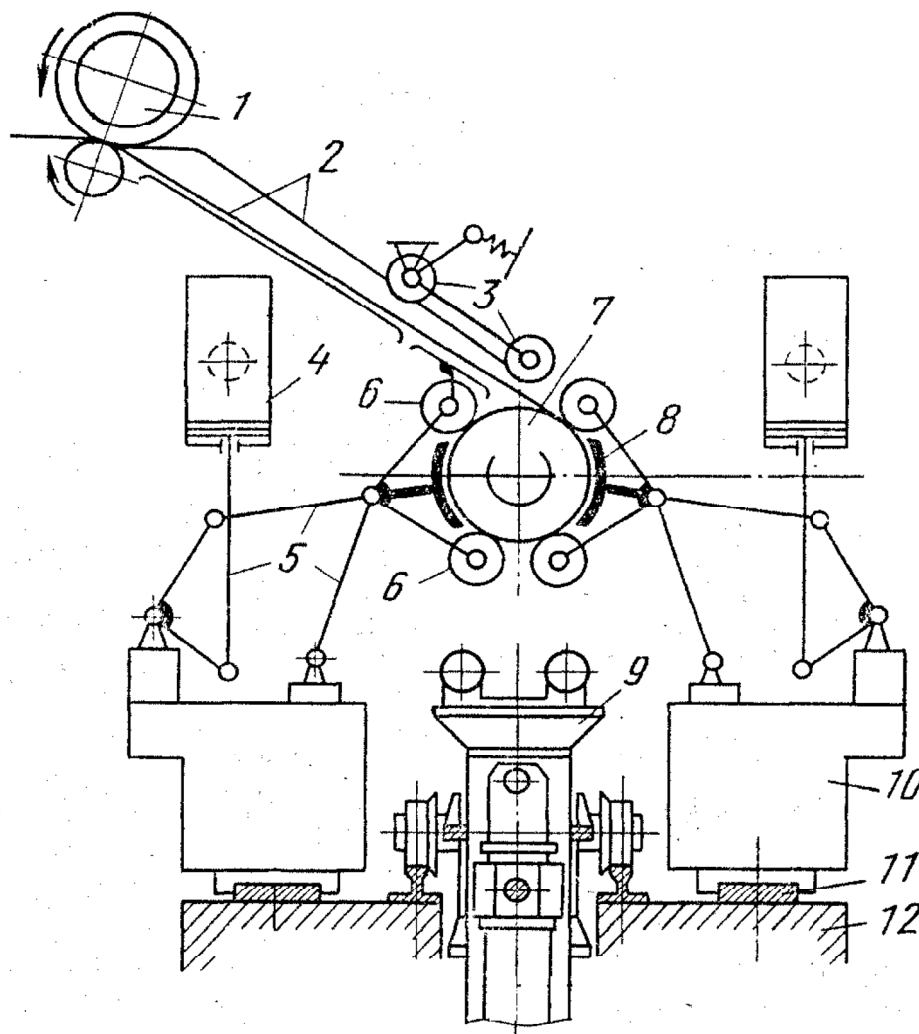
Роликова барабанна моталка для гарячекатаної штаби представляє собою ролики, що подають, діаметром 900 і 400 мм та мають індивідуальний привод від електродвигунів і встановлені похило відносно рольганга (рис. 2.1). Вісім формуючих роликів мають індивідуальний привод від електродвигунів постійного струму потужністю по 29 кВт і попарно переміщаються 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, що мають шарнірні важільні 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 1 великої твердості й складається з 4-х сегментів 2 з Т-образним наскрізним пазом і 4-х порожніх квадратів 3 із двосторонніми клиноподібними поверхнями (рис. 2.2) Зовнішні сектори барабана в розчепленому положенні втримуються від дії відцентрових сил 2-хстороннім замком 4 по всій довжині барабана. Через порожній вал проходить штанга 5 на кінці, якої закріплений диск 6.

Порожні квадрати кріпляться до диска за допомогою регульованого з'єднання 7, 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-подібних виступів на валу барабана.

При стиску барабана (перед зняттям рулону) штанга тягне квадрати й пружини 8, закріплені на валу барабана, плавно переміщують сектори в радіальному напрямку. Кінцеві оправлення 9 і 10 з'єднані жорстко з валом, служать торцевими опорами сегментів, що рухаються.



1 – тягнучо-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 2.1 – Схема моталки для змотування гарячої штаби

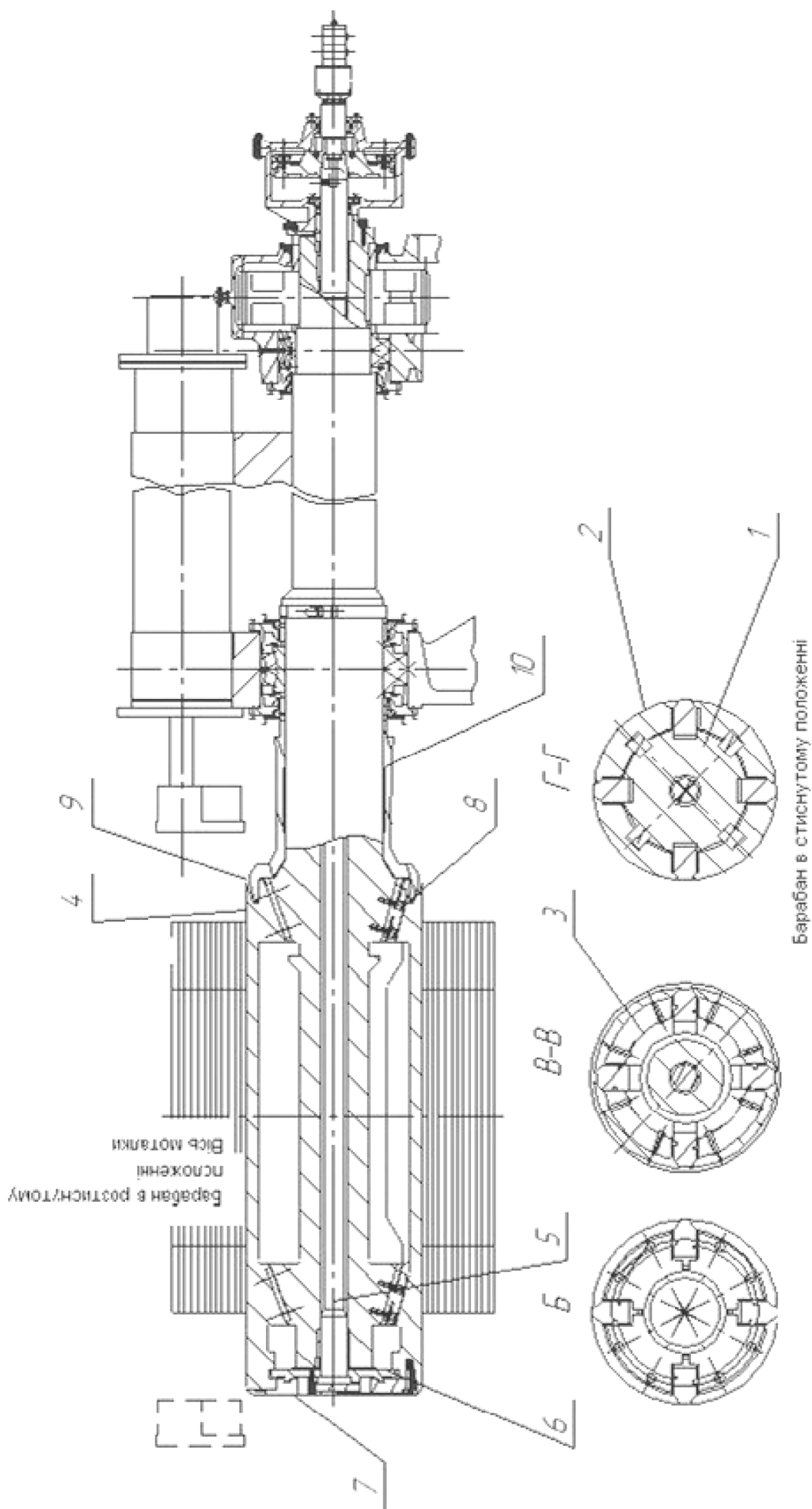


Рисунок 2.2 – Конструкція барабана моталки (позиції приведено в тексті)

2.2 Опис запропонованої модернізації барабана моталки

З огляду на істотні недоліки барабана моталки, тобто барабан виконаний із чотирма сегментами, що опираються на чотири клини. Ця конструкція вимагає дуже високої точності регулювання й настроювання барабана, що значно здорожує його конструкцію.

Пропонується барабан такої ж конструкції, але зі зменшеним числом клинів. Центральний клин, найбільшою площею який і сприйме основне навантаження рулону на сегмент, і два з боків допоміжних клина. Така конструкція барабана значно полегшує доступ змащення до третьових поверхонь барабана, а також значно зменшує складність обробки, пригону й збирання барабана.

Також при ремонтах барабана піддають наплавленню з наступною проточкою й шліфуванням.

Всі чотири сегменти вивіряються й проточуються заціло, далі шліфуються, тим самим, забезпечуючи високу собівартість. Таким же способом обробляються клини барабана, потім клини підганяють під сегменти, і природно ускладнюється робота, чим більше точок прилягання до однієї площини.

Барабан запропонованої конструкції істотно зменшує обсяг робіт, пов'язаних з механічною обробкою клинів і сегментів, а також забезпечується своєчасна подача змащення на третьові поверхні, що запобігає здиранням, а також заклинюванню при стисненні й розтисненні барабана. Змащення на внутрішніх поверхнях сегментів і клинів не вигорають, незважаючи на те, що температура поверхні барабана досягає 150 °С.

2.3 Розрахунок діаметру і маси рулону

Внутрішній діаметр рулону приймають рівним діаметру барабана моталки. Вихідні дані до розрахунку інших параметрів рулону гарячекатаної штаби наведено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Дані для розрахунку механізму формування

Параметр	Розмірність	Значення
Маса рулону (max), G_p	т	8
Товщина штаби (max), h :		
– вуглецевих сталей	мм	1,7...8
– низьколегованих сталей	мм	2...4
Ширина штаби, b :		
– вуглецевих сталей	мм	720...1650
– низьколегованих сталей	мм	720...1650
Границя текучості змотуємої штаби, σ_T :		
– вуглецевих сталей ($t^\circ=800$ °С)	МПа	16
– низьколегованих сталей ($t^\circ=850$ °С)	МПа	45
Швидкість змотування штаби, V	м/с	10
Діаметр барабана, D_b	мм	750
Діаметр формуючого ролика, $D_{рол}$	мм	320
Маса барабана, G_b	т	10,2
Робочий тиск гідроциліндра барабана, P	МПа	10
Діаметр рулону найбільший, $D_{рул}$	мм	800

Зовнішній діаметр рулону, змотаного зі сталеві штаби при відомому внутрішньому діаметрі, ширині змотуємої штаби, і його масі визначають по формулі:

$$D_T = \sqrt{\frac{G_p}{0,785 \cdot B \cdot \rho} + d_B^2} = \sqrt{\frac{8000}{0,785 \cdot 1,65 \cdot 7900} + 0,75^2} = 1,159 \text{ м}, \quad (2.1)$$

де G_p – маса рулону (max), кг;

B – ширина змотуємої штаби, (max), м;

ρ – щільність сталі, $\rho=7900$ кг/м³;

d – внутрішній діаметр рулону, м.

З урахуванням коефіцієнта нещільності рулону формула буде мати вигляд:

$$D_{\phi} = \frac{D_T}{K_H} = \frac{1,159}{0,98} = 1,183\text{м}, \quad (2.2)$$

де D_{ϕ} – фактичний діаметр рулону, м;

K_H – коефіцієнт нещільності. При визначенні розчину формуючих роликів і для характеристики моталки приймають фактичний зовнішній діаметр рулону з урахуванням коефіцієнта нещільності – 0,98.

Орієнтовно зовнішній діаметр рулону може бути підрахований при заданому внутрішньому діаметрі й по розмірах сляба – його товщині й довжині:

$$D_T = \sqrt{\frac{H \cdot L + 0,78d_B^2}{0,785}} = \sqrt{\frac{0,175 \cdot 3,5 + 0,78 \cdot 0,75^2}{0,785}} = 1,157\text{м}, \quad (2.3)$$

де H – товщина сляба, м;

L – довжина сляба, м.

У цьому випадку не враховують відходи – обрізь кінців штаби на барабанних ножицях й окалина.

Маса рулону приблизно на 2–3% менше маси сляба, тому отримане значення діаметра буде більшим.

Масу рулону, змотаного зі сталеві штаби, визначають по формулі:

$$\begin{aligned} G_p &= 0,785 \cdot \rho \cdot V(D_T^2 - d_B^2) = \\ &= 0,785 \cdot 7900 \cdot 1,65 \cdot (1,159^2 - 0,75^2) = 7989\text{кг}, \end{aligned} \quad (2.4)$$

Останнім часом широке поширення одержало поняття одиничної маси рулону. Це маса рулону, віднесена до 1мм ширини штаби:

$$q_c = \frac{G_p}{B} = \frac{7989}{1650} = 4,84 \text{ кг/мм}, \quad (2.5)$$

Одинична маса рулону більш повно характеризує продукцію стана, чим маса рулону. Знаючи одиничну масу рулону, можна визначити масу рулону залежно від ширини прокочуємої штаби, а також його фактичний зовнішній діаметр при заданому внутрішньому діаметрі:

$$D_\phi = \frac{1}{K_H} \cdot \sqrt{\frac{4q_c}{\pi \cdot \rho} + d_B^2} = \frac{1}{0,98} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 4,84}{3,14 \cdot 7,9} + 750^2} = 765,3 \text{ мм}, \quad (2.6)$$

де ρ – щільність сталі, кг/мм³.

2.4 Розрахунок механізмів стиснення й розтиснення барабана

Надійна робота барабана залежить від його механізму стиску й розтиснення. Неприпустимий стиск барабана під час змотування штаби, інакше це спричиняє різання рулону зовні.

Механізм стиску – розтиснення являє собою гідромеханічний привод. На стиск барабан працює від гідроциліндра, а розтиснення – від пружин. Стиск – розтиснення здійснюється за допомогою клинів, які по радіусах барабана розводять або зводять його, клини посаджені на вал барабана.

На стиск переміщає вал гідроциліндр, а на розтиснення й утримання сегментів у цьому положенні працюють пружини.

Зусилля, необхідні для втримання барабана в розчепленому стані дорівнюють (рисунок 2.3):

$$F \geq -P_1, \quad (2.7)$$

де P_1 – горизонтальна складова сили P , Н;

$$P_2 = P \cdot \cos \alpha, \quad (2.8)$$

де P_2 – вертикальна складова сили P , Н;

P – сила, прикладена під прямим кутом до поверхні клина, Н;

α – кут нахилу клина до горизонталі, град

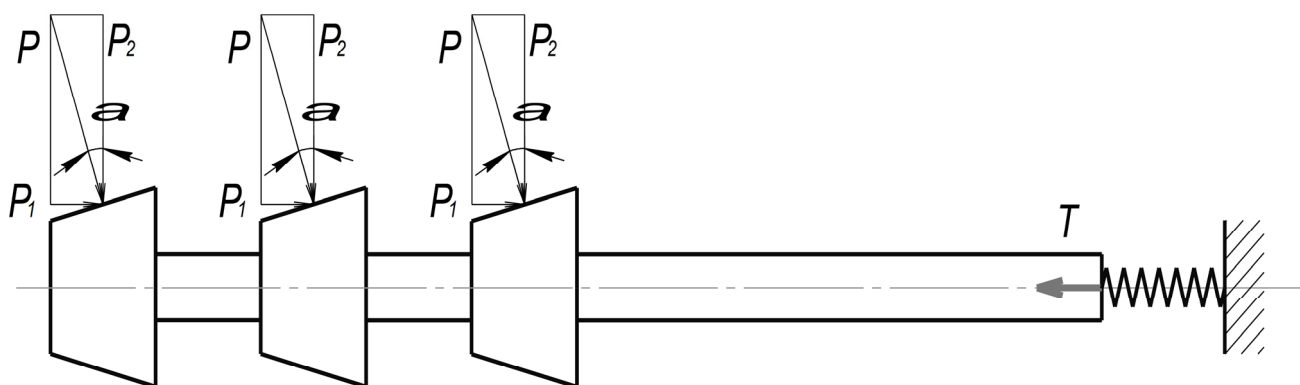


Рисунок 2.3 – Схема зусиль, що діють на механізм розтиснення барабана

Зусилля, необхідне для однієї пружини:

$$F_{\text{п}} = \frac{F}{8} = \frac{\text{tg}\alpha \cdot P_2}{8}, \quad (2.9)$$

де

$$F = P_1 = \frac{\cos \alpha \cdot P_2}{\sin \alpha} = \text{tg}\alpha \cdot P_2, \quad (2.10)$$

$$P_2 = G_6 + G_p + T = 100 + 80 + 495 = 675 \text{кН};$$

де G_6 – власна вага барабана, кН;

G_p – вага рулону (максимальна), кН;

T – сила тиску на сектори при змотуванні, сила натягу штаби барабаном, кН.

$$F_{\Pi} = \frac{\operatorname{tg}20^{\circ} \cdot 675}{8} = 30,71 \text{кН}, \quad (2.11)$$

Знаючи силу стиснення пружини, знайдемо навантаження наприкінці процесу:

$$P_K = \frac{P_{\text{ст}}}{2} + P_H = \frac{10,46}{2} + 30,71 = 35,94 \text{кН}, \quad (2.12)$$

де $P_{\text{ст}}$ – сила стиснення пружини, кН;

$P_H = F_{\Pi}$ – попереднє навантаження, при якому пружина залишається в незатиснутому стані, кН.

Необхідний діаметр дроту:

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{(c + 1,5) \cdot P_K}{[\tau]}} = 1,6 \sqrt{\frac{(4,5 + 1,5) \cdot 35,94}{90}} = 2,477 \text{см} = 24,77 \text{мм}, \quad (2.13)$$

Приймаємо $d = 25$ мм.

Середній діаметр пружини:

$$D = cd = 4,5 \cdot 25 = 112,5 \text{мм}, \quad (2.14)$$

де c – індекс пружини по [5] $c = 4,5$;

$[\tau]$ – припустиме дотичне напруження при розтяганні – стиску пружини, по [5, стор. 710, табл. 9] $[\tau] = 90$ МПа.

Довжина пружини, стислої до зіткнення витків:

$$H_d = (i_o - 0,5) \cdot d = (10,5 - 0,5) \cdot 25 = 250 \text{ мм}, \quad (2.15)$$

де i_o – повне число витків;

Кількість робочих витків пружини:

$$i = i_o - (1,5 \div 2) = 10,5 - 1,5 = 9, \quad (2.16)$$

Довжина навантаженої пружини:

$$H_o = H_d + (h - d) \cdot i = 250 + (40 - 25) \cdot 9 = 385 \text{ мм}, \quad (2.17)$$

де h – крок пружини, що дорівнює:

$$h = \frac{D}{3} \dots \frac{D}{2} = \frac{112,5}{3} \dots \frac{112,5}{2} = 37,5 \dots 56,3, \quad (2.18)$$

Приймаємо $h = 40$ мм.

По [5] приймаємо кут підйому гвинтової лінії $\alpha = 8^\circ$.

Довжина дроту, необхідного для виготовлення пружини:

$$l = \frac{\pi \cdot D \cdot i_o}{\cos \alpha} = \frac{3,14 \cdot 112,5 \cdot 10,5}{\cos 8^\circ} = 3745,5 \text{ мм}, \quad (2.19)$$

Стійкість пружини [6]:

$$\frac{H_o}{D} = \frac{385}{112,5} = 3,4 > 2,5, \quad (2.20)$$

При стиску пружина може втратити стійкість, тому в цьому випадку пружини необхідно монтувати в оправленнях [7].

Для побудови характеристики пружини стиску знайдемо відносне осьове переміщення торців пружини до кінця процесу навантаження:

$$\lambda_{\text{кон}} = H_0 - H_{\text{кон}} = 385 - 300 = 85 \text{ мм}, \quad (2.21)$$

Будуємо характеристику пружини (рисунок 2.4).

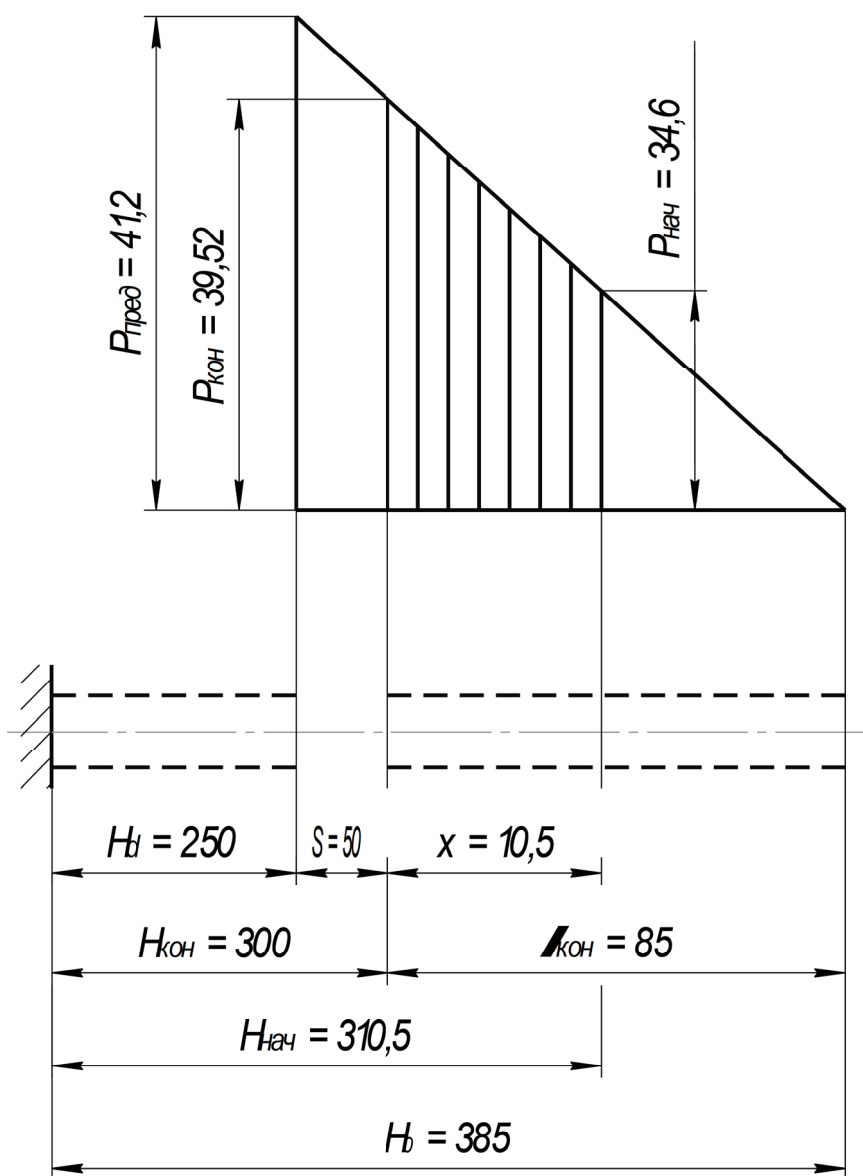


Рисунок 2.4 – Характеристика пружини стиску

2.5 Розрахунок гідроциліндра барабана

Гідроциліндри бувають [8]:

- тонкостінні;
- товстостінні.

У товстостінних циліндрів:

$$\frac{D_0}{D} > 1,2, \quad (2.22)$$

у тонкостінних:

$$\frac{D_0}{D} = 1,2, \quad (2.23)$$

В зв'язку з тим, що $\frac{D_0}{D} = \frac{1400}{585} = 2,3 > 1,2$, розраховуємо товстостінний гідроциліндр, схема пружинно-гідравлічного пристрою наведено на рисунку 2.5.

Тиск, необхідний для стиску пружин:

$$P_p = \frac{P_k}{S \cdot \eta_1 \cdot \eta_2} = \frac{35940}{0,52 \cdot 0,97 \cdot 0,98} = 7,3 \text{ МПа}, \quad (2.24)$$

де S – робоча площа поршня, м^2 :

$$S = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} - \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,58^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,52^2}{4} = 0,052 \text{ м}^2, \quad (2.25)$$

η_1, η_2 – ККД циліндра й механізму відповідно.

Швидкість пересування робочого органа гідроциліндра залежить від витрати рідини й корисної площі циліндра:

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{0,046}{0,052} = 0,88 \text{ м/с}, \quad (2.26)$$

де Q – витрата масла, $\text{м}^3/\text{с}$.

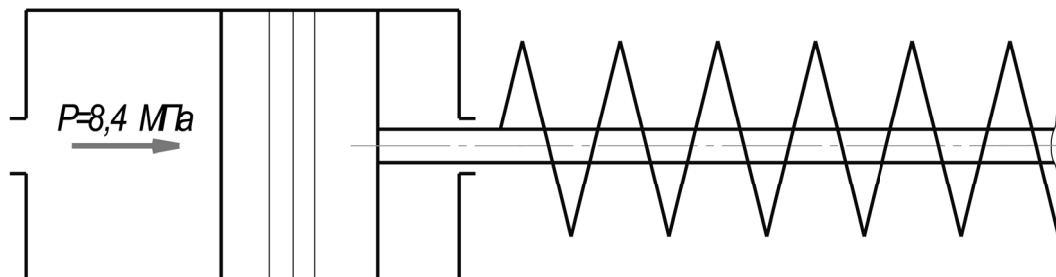


Рисунок 2.5 – Схема пружинно – гідравлічного пристрою

Розрахуємо гідроциліндр на міцність, тобто виконаємо розрахунок стінки труби гідроциліндра:

$$\delta = \frac{P \cdot D}{2,3[\tau] - P} = \frac{9,1 \cdot 0,585}{2,3 \cdot 90 - 9,1} = 26,9 \text{ мм}, \quad (2.27)$$

де P – тиск рідини в циліндрі:

$$P = P_p \cdot 1,25 = 7,3 \cdot 1,25 = 9,1 \text{ МПа}, \quad (2.28)$$

$[\tau]$ – допускаємо напруження, що виникає в матеріалі труби.

Для сталі 35 $[\tau] = 90$ МПа.

Приймаємо $\delta = 28$ мм

2.6 Розрахунок гідравлічного циліндра зіштовхувача рулонів моталки

Гідроциліндри під дією тиску рідини й зовнішнього навантаження працюють як стиснутовигнуті стрижні змінного перетину [9]. Найбільше часто зустрічаються випадки навантаження поздовжньою стискаючою силою [10], спрямованої по осі кріплення циліндра – даний випадок указує на наші умови роботи гідроциліндра зіштовхувача 4-х роликової моталки гарячої штаби.

Розрахунок гідроциліндра починають із визначення внутрішнього діаметра гільзи циліндра [8]:

$$D = 1130 \sqrt{\frac{F}{P \cdot \eta_M}}, \quad (2.29)$$

де $F = 180$ кН – зусилля на штоку циліндра;

$P = 10 \cdot 10^3$ кПа – робочий тиск;

$\eta_M = 0,97$ – механічний ККД.

Підставивши числові значення у формулу, одержимо:

$$D = 1130 \sqrt{\frac{180}{10 \cdot 10^3 \cdot 0,97}} = 154 \text{ мм}, \quad (2.30)$$

Відповідно до [9] вибираємо $D = 160$ мм.

Визначаємо діаметр штока:

$$d = kD, \quad (2.31)$$

де $k = (0,25 \dots 0,8)$ – коефіцієнт відношення діаметра штока до внутрішнього діаметра гільзи [10].

Підставивши значення у формулу, одержимо:

$$d = 0,6 \cdot 160 = 96 \text{ мм}, \quad (2.32)$$

Відповідно до [9] вибираємо $d = 100$ мм.

Визначаємо фактичну дію максимального зусилля на штоку при робочому ході поршня для безштокової порожнини:

$$F_{\phi} = 0,785 \cdot 10^{-6} \cdot D^2 \cdot P \cdot \eta_M = 0,785 \cdot 10^{-6} \cdot 160^2 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 0,97 = 195 \text{ кН}, \quad (2.33)$$

для штокової порожнини:

$$\begin{aligned} F_{\phi} &= 0,785 \cdot 10^{-6} \cdot (D^2 - d^2) \cdot P \cdot \eta_M = \\ &= 0,785 \cdot 10^{-6} \cdot (160^2 - 100^2) \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 0,97 = 119 \text{ кН} \end{aligned}, \quad (2.33)$$

Визначаємо витрату масла по формулі для безштокової порожнини:

$$Q = 0,047 \cdot \frac{D^2 \cdot V}{\eta_{об}}, \quad (2.34)$$

де $\eta_{об} = 1$ – об'ємний ККД, [3];

$V = 0,3$ м/с – швидкість переміщення штока.

Тоді,

$$Q = 0,047 \cdot \frac{160^2 \cdot 0,3}{1} = 361 \frac{\text{л}}{\text{хв}}, \quad (2.35)$$

для штокової порожнини:

$$Q = 0,047 \cdot \frac{(D^2 - d^2) \cdot V}{\eta_{\text{об}}} = 0,047 \cdot \frac{(160^2 - 100^2) \cdot 0,3}{1} = 220 \frac{\text{л}}{\text{хв}}, \quad (2.36)$$

Визначаємо діаметр отвору циліндра, що підводить, по формулі:

$$d_0 = 4,6 \sqrt{\frac{Q}{V_0}}, \quad (2.37)$$

де $Q = 361$ л/хв – максимальна витрата масла для безштокової порожнини;

$V_0 = 8$ м/с – швидкість руху масла, [9].

Підставивши значення у формулу, одержимо:

$$d_0 = 4,6 \sqrt{\frac{361}{8}} = 29,5 \text{ мм}, \quad (2.38)$$

Відповідно до [9] вибираємо $d_0 = 30$ мм

Перевіримо шток на міцність і поздовжній вигин по формулі:

$$F_{\text{кр}} = 103 \frac{d^4}{L^2 \cdot B} > 1,25 F_{\text{ф}}, \quad (2.39)$$

де $d = 100$ мм – діаметр штока;

$L = 1680$ мм – довжина штока від торця поршня до центра місця кріплення його корпусом;

$B = 0,4$ – коефіцієнт збільшення $F_{\text{кр}}$ при поздовжньому вигині.

$$L/D = \frac{1680}{100} = 17, \quad (2.40)$$

$F'_\phi = \frac{F_{\phi.шт} + F_{\phi.Б.шт}}{2} = \frac{195 + 119}{2} = 157 \text{кН}$ – середнє, фактично дїюче зусилля на штоку при робочому ходї поршня.

Підставивши значення у формулу, одержимо:

$$F_{кр} = 103 \frac{100^4}{1680^2 \cdot 0,4} = 8988,6 \text{кН}, \quad (2.41)$$

Зіставимо отримані дані для порівняння:

$$F_{кр} > 1,25F'_\phi$$

$$8988,6 > 1,25 \cdot 157 = 200$$

$8988,6 \text{кН} > 200 \text{кН}$ – умова виконується.

Перевіримо шток гідроциліндра на розрив по формулі [11]:

$$\sigma = \frac{1,25 \cdot F'_\phi}{10^3 \cdot S} \leq [\sigma], \quad (2.42)$$

де $S = 2,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ – площа небезпечного перерізу.

Небезпечним перерізом штока гідроциліндра є найменший діаметр по довжині – це 58 мм. Місце приєднання штока за допомогою ригельних планок, що заводяться у прорізі вищесказаного до головки зіштовхувача, і є. Розраховується по формулі:

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (2.43)$$

де $d = 0,058$ м – діаметр у небезпечному перерізі штока.

Підставимо числові значення:

$$S = \frac{3,14 \cdot 0,058^2}{4} 2,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Тоді,

$$\sigma = \frac{1,25 \cdot 157}{10^3 \cdot 2,6 \cdot 10^{-3}} = 75,5 \text{ МПа}.$$

$[\sigma] = 110 \dots 120$ МПа – допустиме напруження на розрив для вуглецевих сталей [12]. Зіставимо отримані дані для порівняння:

$$\sigma \leq [\sigma] - 75,5 \leq 110 \dots 120 \text{ МПа} - \text{ умова виконується.}$$

Розрахунок штоку гідроциліндра зіштовхувача на поздовжній вигин і розрив у небезпечному місці, підтвердив правильність попередньо виконаних розрахунків по габаритних розмірах. Основні розміри й показники занесені в таблицю 2.2.

Вид ущільнення поршня й штока вибираємо залежно від робочого тиску й робочої температури ($-30^\circ \dots +50^\circ \text{ C}$).

Приймаємо манжети шевронного типу. Матеріал для виготовлення – доместик, добре працює при різниці температур і підходить до нашого тиску [13].

Таблиця 2.2 – Результати розрахунків гідроциліндра зіштовхувача рулонів моталки гарячекатаної штаби

№ п/п	Показники	Одиниця виміру	Значення
1	Внутрішній діаметр гідроциліндра, D	мм	160
2	Діаметр штока гідроциліндра, d	мм	100
3	Фактичне максимальне зусилля на штоку, F_{ϕ}^{\max}	кН	195
4	Витрата масла:		
	– Q (безштокової порожнини)	л/хв	361
	– Q (штокової порожнини)	л/хв	220
5	Діаметр отвору, що підводить,	мм	30
6	Хід штока	мм	2750
7.	Робочий тиск, P	кПа	$10 \cdot 10^3$

2.7 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; і максимальна границя плинності для гарячекатаної штаби приймаємо $\sigma_T=16$ МПа.

При змотуванні штаби в рулон матеріал по всій товщині штаби витримує напругу, близьку до границі текучості, тобто одержує пластичний вигин, моменти якого (Н·мм) виражається формулою:

$$M_{\text{виг}} = \sigma_T \cdot \frac{b \cdot h^2}{2}, \quad (2.44)$$

де σ_T – границя плинності сталі в гарячому стані [13];

b – ширина штаби, b=1250 мм;

h – товщина штаби, мм, h=4 мм.

$$M_{\text{виг}} = 16 \cdot \frac{1250 \cdot 4^2}{2} = 160000 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 160 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

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 [14].

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

$$M_{\text{нат}} = \sigma_{\text{н}} \cdot b \cdot h \cdot R, \quad (2.49)$$

де $\sigma_{\text{н}}$ – питомий натяг штаби, $\sigma_{\text{н}} = 0,1 \sigma_{\text{т}} = 0,1 \cdot 16 = 1,6$ МПа – для штаби товщиною більше 1,5 мм;

R – радіус барабана моталки, мм; $R = 375$ мм (табл.2.1).

$$M_{\text{нат}} = 1,6 \cdot 1250 \cdot 4 \cdot 375 = 3000000 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 3000 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Потужність електродвигуна привода барабана

$$N_{\text{дв}} = (M_{\text{изг}} + M_{\text{нат}}) \frac{2v}{d} \cdot \frac{1}{\eta}, \quad (2.50)$$

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

d – діаметр барабана моталки, м; $d = 0,75$;

η – ККД привода моталки; $\eta = 0,85$

$$N_{\text{дв}} = (160 + 3000) \frac{2 \cdot 10}{0,75} \cdot \frac{1}{0,85} = 99137,3 \text{ Вт}$$

Приймаємо електродвигун МП–82, $P_{\text{н}} = 100$ кВт, $n = 475$ хв⁻¹ [15].

3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Вимоги до електроприводу моталок

Електропривод моталок служить для створення й підтримки постійного натягу, а також для намотування штаби після виконання технологічного процесу прокатки. Прокатка металу без створення натягу неможлива, оскільки в цьому випадку знижується якість металу, можливий порив штаби й т.п.

Для сталості натягу необхідно, щоб лінійна швидкість намотування штаби залишалася рівною швидкості виходу металу з валків, а кутова швидкість приводного двигуна повинна змінюватися відповідно до діаметра рулону. При зникненні натягу необхідна автоматична зупинка моталки й усього прокатного стану. Зміна швидкості прокатки, а також зміна діаметра рулону не повинні впливати на точність підтримки натягу штаби. Для виконання різних технологічних операцій повинна бути передбачена можливість поштовхного режиму роботи моталки, а також можливість стабільної роботи моталки на малих швидкостях.

З урахуванням цих технологічних особливостей до електропривода моталок пред'являються особливі вимоги, основними з яких є наступні:

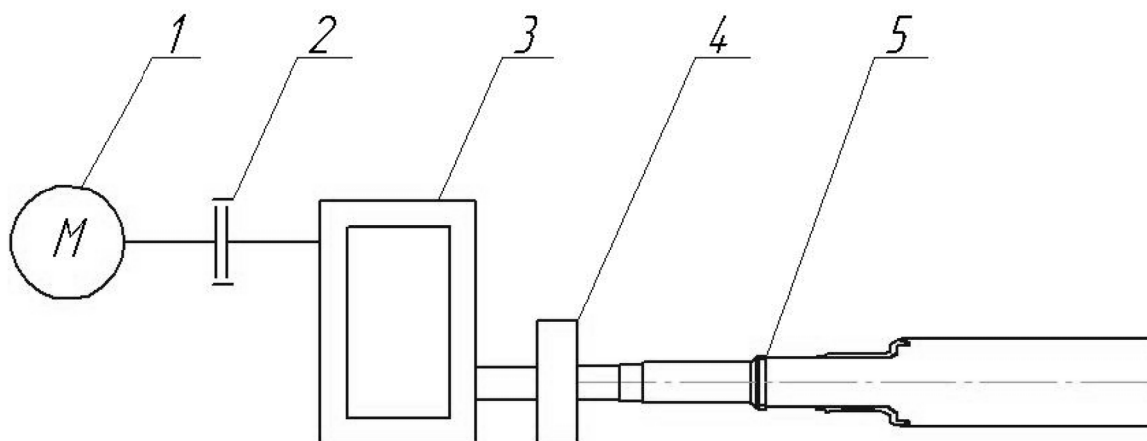
- 1) швидкість двигуна намотувального пристрою повинна змінюватися залежно від натягу штаби;
- 2) повинна бути забезпечена підтримка сталості натягу на всіх ділянках прокатного стану, як у перехідних, так і в сталих режимах, а також при зупинці;
- 3) діапазон регулювання швидкості – від 10:1 до 30:1;
- 4) плавне, у заданому темпі, прискорення й при швидкому протіканні перехідних процесів;
- 5) роздільне й спільне (із приводом клітей) керування;
- 6) можливість електричного гальмування.

3.2 Перевірка обраного електродвигуна на перевантаження

На моталці використовується привод постійного струму з живленням двигунів за блоковою схемою – від індивідуальних тиристорних перетворювачів.

Натяг штаби досягає 70% плинності металу, що прокочується. Відповідно потужність привода намотувальних пристроїв становить 70 – 80% потужності головного привода кліті.

Для виконання основної вимоги до електропривода моталок – стабілізації натягу штаби при намотуванні в рулон, в системах регулювання приводу моталки використовується прямий і непрямий методи контролю натягу штаби. У першому випадку використовуються датчики натягу, у другому – датчики струму, ЕРС і напруги. Кінематична схема привода моталки наведено на рисунку 3.1.



1 – електродвигун; 2 – муфта; 3 – редуктор; 4 – опори; 5 – барабан моталки.

Рисунок 3.1 – Кінематична схема привода барабану моталки

Як відомо, потужність, що витрачається на створення натягу штаби

$$P=F \cdot V,$$

де F – натяг стрічки,

V – лінійна швидкість намотування, м/с.

При постійних значеннях F і V потужність також постійна. У той же час електромагнітна потужність двигуна $P=EI_{\text{я}}$. Отже, сталість потужності, а отже, і натягу штаби можна забезпечити підтримуючи сталість добутку $EI_{\text{я}} = \text{const}$.

Для обґрунтованого вибору двигуна моталки по номінальній потужності необхідно, насамперед, з'ясувати характер зміни навантаження на валу двигуна й пов'язаний із цим нагрівання його струмоведучих частин.

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

При змотуванні штаби в рулон матеріал по всій товщині штаби витримує напругу, близьку до границі плинності, тобто одержує пластичний вигин, моменти якого (Н·мм) виражається формулою:

$$M_{\text{виг}} = \sigma_T \cdot \frac{b \cdot h^2}{4}, \quad (3.1)$$

де σ_T – границя плинності сталі в гарячому стані, приймаємо $\sigma_T=160$ МПа [16];

b – ширина штаби, $b=1250$ мм;

h – товщина штаби, мм, $h=4$ мм.

$$M_{\text{виг}} = 160 \cdot \frac{1250 \cdot 4^2}{4} = 800000 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 800 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

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.

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

$$M_{\text{нат}} = \sigma_{\text{н}} \cdot b \cdot h \cdot R, \quad (3.2)$$

де $\sigma_{\text{н}}$ – питомий натяг штаби, $\sigma_{\text{н}} = 0,1 \sigma_{\text{т}} = 0,1 \cdot 160 = 16$ МПа – для штаби товщиною більше 1,5 мм;

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

$$M_{\text{нат}} = 16 \cdot 1250 \cdot 4 \cdot 380 = 30400000 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 30400 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Максимальний момент який виникає при намотуванні рулону буде дорівнювати:

$$M_{\text{мах}} = M_{\text{изг}} + M_{\text{нат}}, \quad (3.3)$$

$$M_{\text{мах}} = 304000 + 800 = 31200 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Потужність електродвигуна приводу барабана

$$N_{\text{дв}} = \frac{M_{\text{мах}} \cdot \omega}{\eta \cdot i}, \quad (3.4)$$

де $M_{\text{мах}} = 31200 \text{ Н} \cdot \text{м}$ – максимальний момент який виникає при намотуванні рулону;

$i=4$ – передаточне число редуктора (рис.4.1);

η – ККД привода моталки; $\eta = 0,85$

ω – кутова швидкість обертання барабану моталки, знаходимо по формулі:

$$\omega = \frac{V}{R}, \quad (3.5)$$

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

R – радіус барабана моталки з рулоном мм; $R=1260$ мм=1,26 м :

$$\omega = \frac{10}{1,26} = 7,94 \text{ с}^{-1}$$

Тоді потужність електродвигуна приводу барабана дорівнює

$$N_{\text{дв}} = \frac{31200 \cdot 7,94}{0,85 \cdot 4} = 72861 \text{ Вт} = 72,9 \text{ кВт}$$

Попередньо приймаємо електродвигун МП–82, $P_H = 100$ кВт, $n=475$ хв⁻¹, $U=220$ В, $I_H=500$ А.

Весь цикл намотування рулону штаби займає $t_p=70$ секунд роботи двигуна та $t_{\text{п}}=50$ секунд технологічних пауз. Для спрощення розрахунків розділимо весь цикл намотування штаби на чотири умовні частини:

- $t_{1-1}=5$ с – час розгону приводу (діє динамічний момент) $R_{1-1}=0,35$ м (радіус барабану моталки);
- $t_1=20$ с – перша умовна частина роботи моталки $R_1=0,444$ м (радіус барабану моталки з намотаним за цей час на неї рулоном);

- $t_2=40$ с – друга умовна частина роботи моталки $R_2=0,538$ м (радіус барабану моталки з намотаним за цей час на неї рулоном);
- $t_3=60$ с – третя умовна частина роботи моталки $R_3=0,63$ м (радіус барабану моталки з намотаним за цей час на неї рулоном);
- $t_4=10$ с – час гальмування приводу (діє динамічний момент) $R_4=0,63$ м (радіус барабану моталки)

Знайдемо кутові швидкості обертання на умовних частинах за час t_1 – t_4 за формулою (3.5) :

- $\omega_{1-1}=28,57$ рад/с – час розгону приводу (діє динамічний момент) $R_{1-1}=0,35$ м (радіус барабану моталки), $V=10$ м/с – швидкість намотування штаби, м/с;
- $\omega_1=22,52$ рад/с – перша умовна частина роботи моталки $R_1=0,444$ м (радіус барабану моталки з намотаним за цей час на неї рулоном)), $V=10$ м/с – швидкість намотування штаби, м/с;
- $\omega_2=18,59$ рад/с – друга умовна частина роботи моталки $R_2=0,538$ м (радіус барабану моталки з намотаним за цей час на неї рулоном)), $V=10$ м/с – швидкість намотування штаби, м/с;
- $\omega_3=15,87$ рад/с – третя умовна частина роботи моталки $R_3=0,63$ м (радіус барабану моталки з намотаним за цей час на неї рулоном)), $V=10$ м/с – швидкість намотування штаби, м/с;
- $\omega_4=15,87$ рад/с – час гальмування приводу (діє динамічний момент) $R_4=0,63$ м (радіус барабану моталки)), $V=10$ м/с – швидкість намотування штаби, м/с.

Знайдемо натяг стрічки за формулою:

$$F = \frac{M_{\max}}{R_{\max}}, \text{Н} \quad (3.6)$$

де $M_{\max}=31200$ – максимальний момент який виникає при намотуванні рулону, Н·м;

$R_{\max} = 0,63$ – радіус барабану моталки з намотаним рулоном, м.

$$F = \frac{31200}{0,63} = 49524 \text{ Н}$$

Знайдемо статичні моменти в період t_1 – t_3 приведені до валу двигуна за формулою:

$$M_n = \frac{F \cdot R_n}{i_p^2}, \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (4/7)$$

де $n=1 \dots 3$ – номер часового проміжку;

R_n – радіус барабану моталки з намотаним рулоном, м.

$i=4$ – передаточне число редуктора

$$M_1 = \frac{49524 \cdot 0,444}{4^2} = 1374 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_2 = \frac{49524 \cdot 0,538}{4^2} = 1665 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_3 = \frac{49524 \cdot 0,63}{4^2} = 1950 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

В період t_{1-1} та t_4 діють тільки динамічні моменти які знаходимо за формулою:

$$M_{д(р)} = M_{д(т)} = \frac{J \cdot \omega_n}{t_{p(r)}}, \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (3.8)$$

де $t_{p(r)}$ – час розгону(гальмування), згідно навантажувальної діаграми рис.3.2

$$t_p = 5 \text{ с } t_r = 10 \text{ с};$$

ω_n – кутова швидкість двигуна, за попередніми підрахунками $\omega_{1-1}=28,57$ рад/с, $\omega_4=15,87$ рад/с

J – приведений до валу двигуна момент інерції, який знаходимо по формулі:

$$J=J_{дв}+ J_{м}+ J_{р}+ J_{б} \quad (3.9)$$

де $J_{дв}=6,08$ кг·м² – момент інерції двигуна:

$J_{р}$ – момент інерції редуктора приведений до валу двигуна:

$$J_{р}=0,3 J_{дв}=0,3 \cdot 6,08=1,8 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$J_{м}$ – момент інерції муфти приведений до валу двигуна

$$J_{м}=0,1 J_{дв}=0,1 \cdot 6,08=0,6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$J_{б}$ – момент інерції барабану моталки приведений до валу двигуна:

$$J_{б} = \frac{G_{б} D_{б}^2}{4 \cdot g \cdot i_{ред}^2}, \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (3.10)$$

де $G_{б}$ – вага барабану моталки, $G_{бр}=1700$ кг, $G_{бг}=3000$ кг;

$D_{б}^2$ – діаметр барабану моталки, $D_{бр}^2=0,7$ м, $D_{бг}^2=1,26$ м;

$i_{р}=3$ – передаточне число редуктора :

Тоді:

– момент інерції барабана під час розгону:

$$J_{бр} = \frac{1700 \cdot 0,7^2}{4 \cdot 9,81 \cdot 4^2} = 1,32 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

– момент інерції барабана під час гальмування:

$$J_{\text{бр}} = \frac{3000 \cdot 1,26^2}{4 \cdot 9,81 \cdot 4^2} = 7,6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Підставивши розраховані значення моментів інерції в формулу (3.9) отримаємо:

$$J_p = 6,08 + 0,6 + 1,8 + 1,32 = 9,8 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$J_r = 6,08 + 0,6 + 1,8 + 7,6 = 16,08 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Підставивши величини розраховані за формулами (3.9) - (3.10) в формулу (3.8) отримаємо динамічний момент:

$$M_{\text{д(р)}} = \frac{9,8 \cdot 28,57}{5} = 56 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{д(г)}} = \frac{16,08 \cdot 15,87}{10} = 25,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Згідно отриманих даних будуюмо діаграми залежності кутової швидкості від часу намотування $\omega=f(t)$ (рис. 3.2, а), швидкості $V=f(t)$ (рис. 3.2, б), динамічного та статичного моментів (рис. 3.2, в,г) відповідно, та навантажувальну діаграму (рис. 3.2, д).

Як видно з навантажувальної діаграми (рис. 3.2, д), режим роботи електропривода моталки повторно–короткочасний.

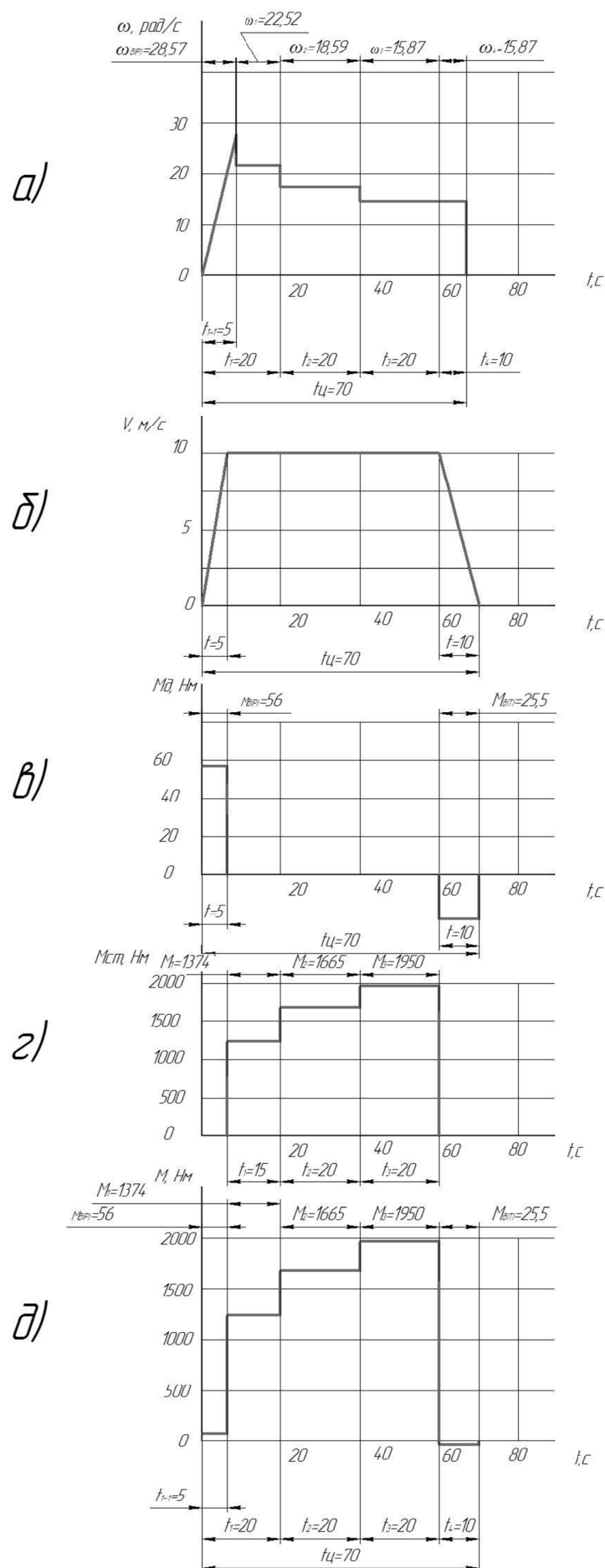


Рисунок 3.2 – Навантажувальна діаграма

Визначаємо еквівалентний момент відповідно до формули, з огляду на те, що в перший період відбувається прискорення привода, а в четвертий – його зупинка:

$$M_E = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n M_i^2 \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}} = \sqrt{\frac{M_{1-1}^2 t_{1-1} + M_1^2 t_1 + M_2^2 t_2 + M_3^2 t_3 + M_4^2 t_4}{t_{1-1} + t_1 + t_2 + t_3 + t_4}}, \quad (3.11)$$

де M_i – розрахункові моменти які виникають при намотуванні рулону (рис.4.2, д);

$$M_E = \sqrt{\frac{56^2 \cdot 5 + 1374^2 \cdot 15 + 1665^2 \cdot 20 + 1950^2 \cdot 20 + 25,5^2 \cdot 10}{5 + 15 + 20 + 20 + 10}} = 151 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Виконаємо перевірку на перегрівання з умови:

$$M_H = \frac{P_{\text{дв.н}}}{\omega_{\text{дв.н}}} > M_E \quad (3.12)$$

де $P_{\text{дв}} = 100 \cdot 10^3$ – номінальна потужність двигуна, Вт

$\omega_{\text{дв.н}}$ – кутова швидкість двигуна, с^{-1} :

$$\omega_{\text{дв.н}} = \frac{n_{\text{дв}}}{9,55}, \quad (3.13)$$

$$\omega_{\text{дв.н}} = \frac{475}{9,55} = 49,7 \text{ с}^{-1}$$

$$M_H = \frac{100 \cdot 10^3}{49,7} = 2012 \text{ Н} \cdot \text{м} > M_E = 151 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Умова на перегрів виконується, тому остаточно вибираємо по каталогу електродвигун типу МП-82, $P_H = 100$ кВт, $n = 475$ хв⁻¹, $M_H = 2012$ Н·м, $J_{я} = 6,08$ кг·м², $U_{НОМ} = 220$ В, $I_{НОМ} = 500$ А.

3.3 Опис схеми електропривода моталки

У приводі моталки застосовується двоконтурна автоматична система керування, де сталість потоку якоря підтримується зміною напруги якоря, а сталість ЕРС – зміною потоку двигуна. У цьому випадку в міру збільшення радіусу ролону потік збудження двигуна збільшується до номінального значення й далі залишається незмінним. Кутова швидкість при цьому зменшується. Схема електродвигуна моталки представлена на рисунку 3.3.

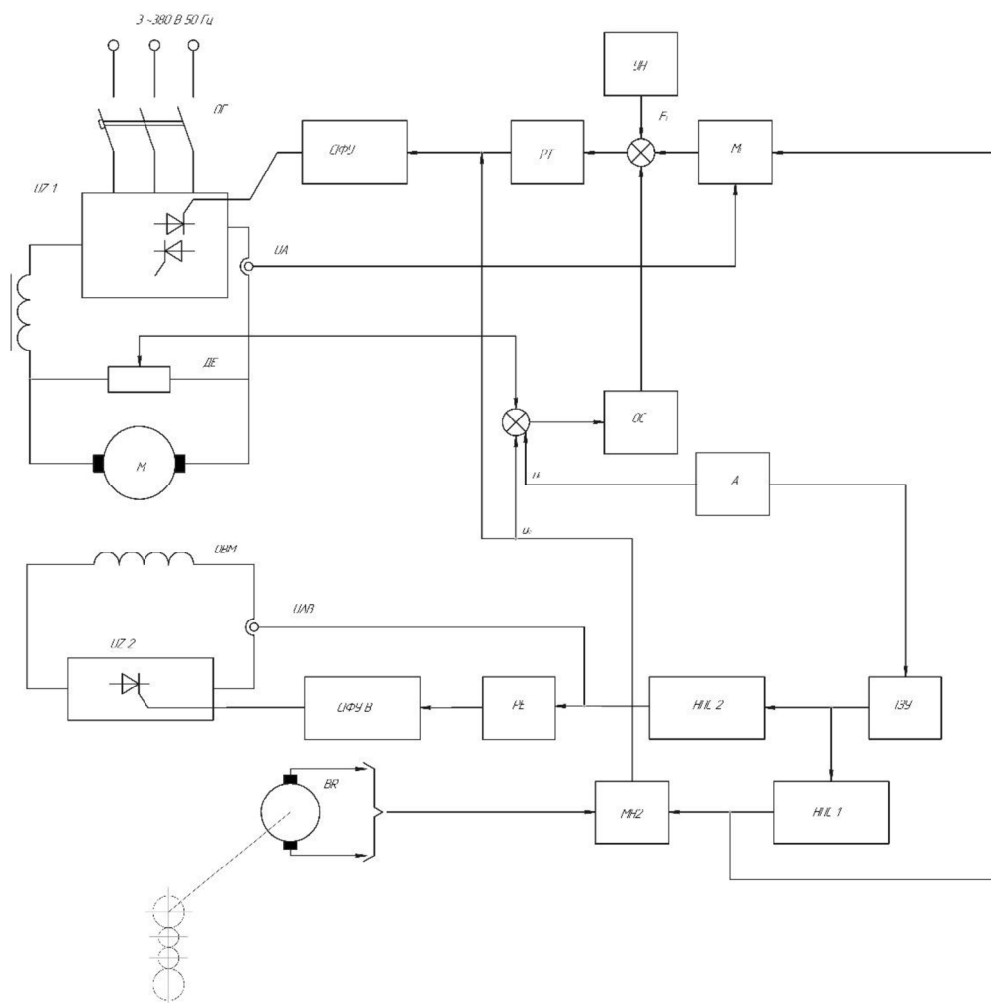


Рисунок 3.3 – Схема електроприводу барабана моталки

Обмотка якоря двигуна М одержує живлення від реверсивного тиристорного перетворювача UZ1, а обмотка збудження ОВМ – від перетворювача UZ2. У приводі використовується система керування із двухзонним регулюванням швидкості. Регулювання швидкості зміною напруги якоря двигуна здійснюється у функції струму (регулятор РТ) з корекцією по швидкості робочого валка (тахогенератор ВР). Регулювання швидкості потоком порушення здійснюється у функції ЕРС двигуна й струму збудження.

На вхід регулятора струму РТ надходять сигнали установки натягу УН (F_3), сигнал зворотного зв'язка по струму якоря від датчика UА, скоректований множником М1, і сигнал вузла обмеження швидкості двигуна моталки ОС.

Вихідний сигнал РТ разом із сигналом токогенератора кліті (після множника МН2) подається на СІФУ тиристорного перетворювача якірного ланцюга UZ1.

Контур регулювання ЕРС двигуна моталки включає датчик ЕРС ДЕ, регулятор РЕ, датчик струму порушення UАВ, інтегрозапомнюючий пристрій ІЗУ, нелінійний перетворювач сигналів НПС2. Сигнал з виходу РЕ надходить на СІФУ. У перетворювачі порушення UZ2. При порожньому барабані моталки, коли йде прокатка з постійною швидкістю, напруга на виході ІЗУ дорівнює нулю й на виході нелінійного елемента НПС2 сигнал мінімальний, що відповідає мінімальній величині струму порушення й максимальній швидкості двигуна барабана моталки.

При намотуванні рулону лінійна швидкість штаби збільшується, отже збільшується натяг і навантаження двигуна моталки. Визначення зсуву кутової швидкості двигуна приведе при цьому до зниження сигналу ЕРС Е. Сигнал неузгодженості $U_p = E - U_{BR}$ через підсилювач А, ІЗУ й РПС2 надходить на вихід РЕ. При цьому струм порушення двигуна збільшується, а кутова швидкість його знижується. Отже, величина струму I_a й електромагнітна потужність $P_3 = EI_a$ залишаться незмінними, що спричиняє сталість натягу штаби. ІЗУ забезпечує на виході сигнал, пропорційний діаметру рулону у всіх режимах прокатки й у випадку зупинки стана ІЗУ «запам'ятовує» свій вихідний сигнал.

Регулятор ЕРС РЕ працює доти, поки магнітний потік двигуна не досягне номінального значення, що відповідає радіусу рулону R_0 . Подальше збільшення радіуса рулону не приведе до зміни потоку, тому що НПС2 перейде в режим насичення. Намотування рулону радіусом більше R_0 збільшують натяг і відповідно струм при незмінній швидкості. Регулятор ЕРС при цьому відключається й у роботу вступає регулятор струму. У процесі подальшого намотування величина струму збільшується, ЕРС двигуна знижується, а електромагнітна потужність і натяг залишаються незмінними. При обриві штаби вихідний сигнал ОС надходить на вхід РТ, знижуючи натяг перетворювача й швидкість двигуна.

3.4 Розрахунок річної трудомісткості поточних ремонтів устаткування

На металургійних підприємствах річну трудомісткість поточних ремонтів визначають по укрупнених нормативах річної трудомісткості поточних ремонтів одиниці кожного типу обладнання [17]. На основі річної трудомісткості поточних ремонтів одиниці кожного устаткування розраховуємо загальну річну трудомісткість поточних ремонтів [18]:

$$T_o = T_p \cdot k_n, \quad (3.14)$$

де k_n – коефіцієнт, що враховує обсяг підготовчих робіт і трудомісткість ремонту окремих механізмів і пристроїв загальноцехового призначення, не врахованих в T_p ;

$k_n = 1,5$ (для сталепрокатних цехів).

T_p – річна трудомісткість поточних ремонтів усього устаткування (табл. 3.1).

Тоді загальна річна трудомісткість складе:

$$T_o = 22385 \cdot 1,5 = 33577,5 \text{люд} - \text{год}$$

В таблиці 3.1 наведено річну трудомісткості поточних ремонтів устаткування прокатного стану 1680.

Таблиця 3.1 – Розрахунки річної трудомісткості поточних ремонтів устаткування дільниці прокатного стану 1680

№ п/п	Найменування устаткування	Кількість одиниць обладнання	Річна трудомісткість поточних ремонтів, люд.-год.	
			Одиниць устаткування	Усього устаткування
1.	Кліть двохвалкова	1	692	692
2.	Кліть чотирьохвалкова	4	1076	4304
3.	Вертикальна кліть	3	888	2664
4.	Окалинозломувач	1	824	824
5.	Кліть чотирьох валкова	6	809	4854
6.	Ножиці важільні	1	788	788
7.	Рольганг	1	260	260
8.	Шлеппер	1	244	244
9.	Ножиці з нижнім різом	1	515	515
10.	Ножиці з нижнім різом	1	272	272
11.	Моталка	6	696	4176
12.	Кантувач-рулонів	3	384	1152
13.	Конвеєр	1	432	432
14.	Підйомно-поворотний стіл	1	432	432
15.	Поворотний рольганг	1	328	328
16.	Ваги	1	160	160
17.	Приймальний рольганг	1	288	288
	Усього:	34	9088	22385

3.5 Розрахунок чисельності робітників механослужби ділянки прокатного стану 1680

Для визначення чисельності робітників механослужби використовують загальну річну трудомісткість поточних ремонтів устаткування ділянки.

Нормативну чисельність визначають як добуток загальної річної трудомісткості поточних ремонтів на величину відповідного галузевого нормативу чисельності ремонтного ($H_{р,ч}$) і чергового ($H_{ч,ч}$) персоналу [19].

Нормативна чисельність ремонтного персоналу становить:

$$Ч_{н.р} = \frac{T_o \cdot H_{ч,р}}{1000} = \frac{33577,5 \cdot 0,95}{1000} \approx 32 \text{люд.} \quad (3.15)$$

Планований рівень централізації ремонтних робіт прокатного цеху $\kappa_{ц}=0,3$, тоді нормована чисельність ремонтного персоналу в штаті прокатного цеху

$$Ч_{н.р.ц} = Ч_{н.р} \cdot (1 - \kappa_{ц}) = 32 \cdot (1 - 0,3) = 22 \text{люд.} \quad (3.16)$$

Нормативна чисельність чергового персоналу становить

$$Ч_{н.ч} = \frac{T_o \cdot H_{ч,ч}}{1000}, \quad (3.17)$$

де $H_{ч,ч} = 0,35$ – нормативна чисельність чергового персоналу,

$$Ч_{н.ч} = \frac{33577,5 \cdot 0,35}{1000} \approx 12 \text{люд.}$$

Як розрахунковий показник визначаємо загальну нормативну чисельність ремонтного й чергового персоналу.

$$\mathcal{C}_{\text{н.ч}} = \mathcal{C}_{\text{н.р.ц}} + \mathcal{C}_{\text{н.ч}} = 22 + 12 = 34 \text{люд.}$$

Штатну чисельність ремонтного персоналу механослужби цеху ($\mathcal{C}_{\text{рш}}$) розраховуємо

$$\mathcal{C}_{\text{р.ш}} = \frac{T_o \cdot (1 - \kappa_{\text{ц}})}{B_{\text{ф}} \cdot \kappa_{\text{ф}}}, \quad (3.18)$$

де T_o – загальна трудомісткість поточних ремонтів і техоглядів устаткування цеху, люд-год;

$\kappa_{\text{ц}}$ – коефіцієнт централізації поточних ремонтів;

$B_{\text{ф}}$ – ефективний фонд робочого часу одного середньо–облікового робітника–ремонтника в році;

$\kappa_{\text{в}}$ – коефіцієнт виконання норми виробітку;

$$\mathcal{C}_{\text{р.ш}} = \frac{33577,5 \cdot (1 - 0,3)}{1760 \cdot 0,98} = 13,6 \text{люд.}$$

З огляду на планові відпуски протягом року приймаємо кількість ремонтного персоналу рівною 15 люд.

Чисельність чергового персоналу механослужби цеху, люд.:

$$\mathcal{C}_{\text{д.п}} = \frac{T_{\text{м.о}} \cdot (1 - \kappa_y)}{B_{\text{ф}}}, \quad (3.19)$$

де $T_{\text{м.о}}$ – трудомісткість міжремонтного обслуговування при безперервній трьохзмінній роботі.

κ_y – коефіцієнт, що відображає участь експлуатаційного персоналу в міжремонтному обслуговуванні устаткування ділянки.

$$C_{д.п} = \frac{33577,5 \cdot (1 - 0,4)}{1906} = 10,5 \text{ люд.}$$

При графіку роботи в три зміни й 4 бригади необхідне число робітників чергового персоналу має бути 12 люд.

3.6 Розробка мережевого графіку ремонту моталки гарячекатаної штаби

Мережеве планування й керування засноване на графічній побудові послідовності виконання комплексу взаємозалежних робіт [19]. Для побудови мережевої моделі наміченої програми робіт необхідно скласти перелік виконуваних робіт відповідно до технології (табл. 3.2).

Зміст і обсяг кожного виду робіт визначається ремонтною відомістю й відомістю дефектів.

Найбільш ранній термін здійснення події:

$$T_j^p = (T_i^p + t_{i-j}), \quad (3.20)$$

де T_j^p – найбільш ранній термін здійснення j -ї події;

T_i^p – найбільш ранній термін здійснення i -ї події

t_{i-j} – тривалість роботи між i -ю та j -ю подіями

Найбільш пізній термін здійснення i -ї події:

$$T_i^n = (T_j^n - t_{i-j})_{\min}, \quad (3.21)$$

де T_i^n – найпізніший термін здійснення i -ї події;

T_j^n – найпізніший термін здійснення j -ї події

Повний резерв часу роботи:

$$R_{i-j} = T_j^n - T_i^p - t_{i-j}, \quad (3.22)$$

Вільний резерв часу роботи:

$$r_{i-j} = T_j^p - T_i^p - t_{i-j}, \quad (3.23)$$

Таблиця 3.2 – Перелік робіт, необхідних для виконання ремонту моталки

Код под.	Ремонтна операція	Шифр робіт		Тривалість робіт, ч.	ремонтний персонал, люд.
		i	j		
1	2	3	4	5	6
1	Зупинка моталки, відключення від електромережі	0	1	1	1
2	Демонтаж редуктора	1	2	2	2
3	Демонтаж захисних кожухів	1	3	1	1
4	Демонтаж муфт	3	4	2	2
5	Демонтаж картера редуктора	4	5	2	2
6	Демонтаж електродвигуна	3	6	1	2
7	Демонтаж вузла станини	6	7	1	1
8	Демонтаж повітряного циліндра	5	8	2	2
9	Демонтаж системи змащування вузлів моталки	2	9	4	3
10	Ремонт повітряного циліндра	2	10	2	2
11	Ремонт редуктора	9	11	3	2
12	Ремонт системи змащування вузлів моталки	8	12	2	3
13	Монтаж редуктора	12	13	2	1
14	Монтаж системи змащування вузлів моталки	12	14	4	2
15	Монтаж електродвигуна	8	15	2	3
16	Монтаж картера редуктора	15	16	1	1
17	Монтаж муфт	13	17	4	2
18	Монтаж захисних кожухів	17	18	2	1
19	Підключення агрегату до електромережі	18	19	1	1
20	Перевірка роботи агрегату вхолосту	19	20	3	3

Мережевий графік ремонту представлений на рис. 3.4 та таблиці 3.3.

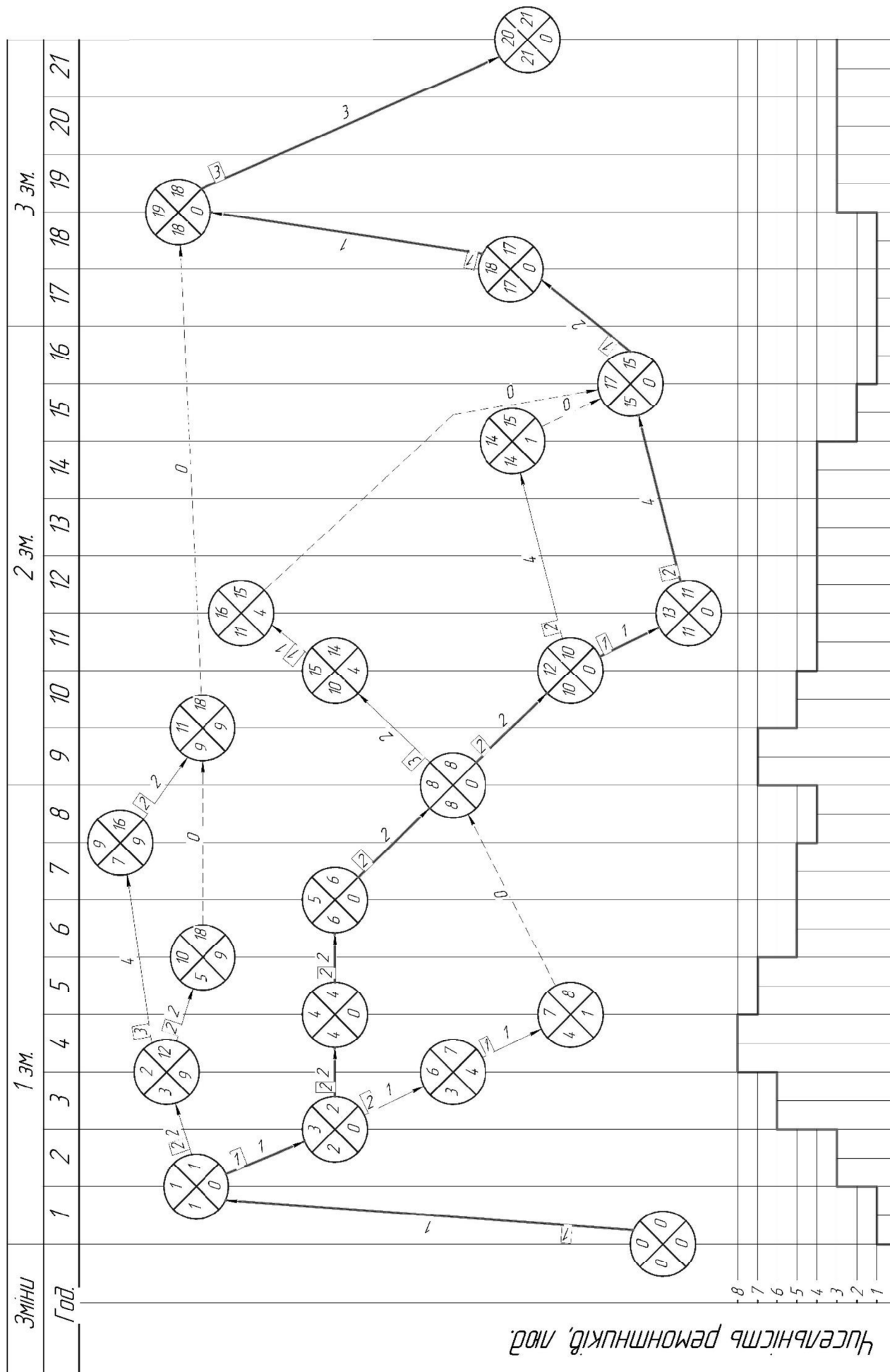


Рисунок 3.4 – Мережевий графік організації ремонту моталки гарячекагані шлаби ПАТ «Запоріжсталь»

Таблиця 3.3 – Табличний мережевий графік ремонту моталки ПАТ «Запоріжсталь»

Шифр роботи		Тривалість робіт, год.	Раніший початок роботи	Раніше закінчення роботи	Пізніший початок роботи	Пізніше закінчення роботи	Повний резерв часу	Приватний резерв часу
i	j	T_{i-j}	T_{i-j}^{PH}	T_{i-j}^{PO}	T_{i-j}^{PH}	T_{i-j}^{PO}	R_{i-j}	r_{i-j}
0	1	1	0	1	0	1	0	0
1	2	2	1	3	1	12	9	0
1	3	1	1	2	1	2	0	0
3	4	2	2	4	2	4	0	0
4	5	2	4	6	4	6	0	0
3	6	1	2	3	2	7	4	0
6	7	1	3	4	7	8	1	1
5	8	2	6	8	6	8	0	0
2	9	4	3	7	12	16	9	0
2	10	2	3	5	12	18	9	9
9	11	3	7	9	16	18	9	9
8	12	2	8	10	8	10	0	0
12	13	2	10	11	10	11	0	0
12	14	4	10	14	10	15	1	0
8	15	2	8	10	8	14	4	0
15	16	1	10	11	14	15	4	4
13	17	4	11	15	11	15	0	0
17	18	2	15	17	15	17	0	0
18	19	1	17	18	17	18	0	0
19	20	3	18	21	18	21	0	0

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Виявлення та оцінка шкідливих факторів виробничого середовища

4.1.1 Характеристика ступеня безпеки технологічного процесу, рівня механізації й автоматизації

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 [20].

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

– для слюсаря ремонтника:

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

де В – рівень механізації праці, %;

М – сума людино–годин механізованої праці;

Р – сума людино–годин ручної праці.

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	6·1=6	2·1=2	8	25
2	Слюсарі ремонтники	4	4·4=16	4·4=16	32	50
3	Машиніст крану	4	4·1=4	4·7=28	32	87,5
4	Оператор стану	4	4·0,5=2	4·7,5=30	32	93,75

З даних таблиці можна дати 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

4.1.2 Аналіз потенційних небезпечних 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 [21].

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.

Багато операцій у цехові супроводжуються створенням шумів низької й високої частоти. Рівень шуму на 50% перевищує стандартні припустимі норми 80 дБА [22].

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 злитків 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. При різанні металу на ножицях небезпечними є локальні зони що рухаються й обертаються частин механізму. Значно підвищує фактор небезпеки 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.

В таблиці 4.2 приведена карта умов праці робітників механослужби цеху.

Відповідно до карти умов праці дана професія має три ступені по факторах шкідливості й небезпеки праці – пил, шум, температура повітря. Взагалі 6 факторів із них чотири фактори – 3 ступеня та два фактори 2 ступеня.

Наведені вище шкідливості спричиняють появі окремих ознак профзахворювань (силікоз, глухота), а також спричиняють ріст патологій з короткочасною втратою працездатності (теплові удари).

Відповідно до гігієнічної класифікації праці робоче місце слюсаря відноситься до III класу 3 ступеня

Згідно оцінки технічного та організаційного рівнів – робоче місце відповідає технологічній документації та проекту організації робіт.

По показниках робоче місце відноситься до шкідливих і тяжких умов праці. Слюсар-ремонтник має право на пенсію по пільговому списку №1, додаткова відпустка – 10 днів, надбавка до зарплати до 24%, 0,5 л молока в зміну.

Таблиця 4.2 – Карта умов праці механослужби

№ п/п	Фактори виробничого середовища й трудового процесу	Норм. зн. (ГДК, ГДР), мг/м ³	Факт. знач., мг/м ³	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 ³ : Оксид марганцю;	0,05	0,290			5,8	89,0
	II клас безпеки: Акропеїн;	0,20	0,680		3,4		89,0
2.	Пил переважно фіброгенної дії, мг/м ³	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	18-27	37,0			10	89,0
	– відносна вологість повітря, %	75,0	75,0				89,0
	– інфрачервоне випромінювання, Вт/м ² .	140	1890,0		1750		27,9
5.	Категорія важкості праці: важка, III						

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

При проектуванні прокатного стану передбачений теплозахист і герметизація, щоб забезпечити зниження температури зовнішніх поверхонь тепловиділяючого устаткування до 45°C [23]. Над печами й робочими клітками 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 (НПАОП 40.1-1.21-98) прокатний цех відноситься до приміщень підвищеної небезпеки [24-25]. У цехе застосовується трифазна електромережа з ізолюваною проводкою. Захист від дотику до струмопровідним частинам 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.

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	Тополь	–	Індивідуально
2	Шум	Навушники противошумові	–	Придатний до 110дБ	Індивідуально
3	Температура: -холодний період -теплий період	Утеплена куртка, ватяні брюки Суконний одяг	$T_n 20-$	$t \geq -20^\circ\text{C}$	Індивідуально
4	Шкідливі хімічні речовини	Теж що й при запилованості + костюм х/б, рукавиці	Пм	–	Індивідуально

4.3 Технічні рішення по гігієні праці та виробничій санітарії

4.3.1 Вентиляція та аерація виробничих приміщень

Склад газів на ділянці нагрівальних печей характеризується наступними компонентами: зміст вуглекислого газу CO_2 до 12%, оксиду вуглецю CO – до 9%.

В основному в цеху використовують штучну вентиляцію. Також у прольоті металургійної ділянки використовують природну вентиляцію повітря. У такому виді вентиляції повітря надходить і видаляється через щілини вікна, двері, ворота, ліхтарі [26].

Розрахунок аерації [27], тобто визначення площі аераційних отворів, для ділянки, у теплий період часу здійснюється для наступних даних:

- кількість повітря, що повинне надходити в приміщення $G_{\text{пост}}$ знаходиться за формулою

$$G_{\text{пост}} = V \cdot \rho \cdot n, \text{ кг/год} \quad (4.2)$$

де $V=54\ 850$ – об'єм приміщення, м^3 ;

$\rho=1,16$ – щільність повітря, кг/ м^3 ;

$n=5-6$ – кратність повітряобміну приймаємо $n=5,5$.

$$G_{\text{пост}} = 54\ 850 \cdot 1,16 \cdot 5,5 = 349943 \text{ кг/год}$$

Приймаємо $G_{\text{пост}} = 350000$ кг/год

- кількість повітря, що повинне видалятися із приміщення $G_{\text{уд}} = 350\ 000$ кг/год ;
- відстань між осями отворів $h=10$ м ;
- температура зовнішнього повітря $t_{\text{внеш}} = 30$ $^{\circ}\text{C}$;
- температура внутрішнього повітря $t_{\text{внутр}} = 37$ $^{\circ}\text{C}$;

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:

$$t_{\text{уд}} = t_{\text{внеш}} + \frac{t_{\text{внутр}} - t_{\text{прз}}}{m}, \quad (4.3)$$

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

часу $t_{\text{прз}} = t_{\text{внеш}} = 30^\circ\text{C}$;

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

$$t_{\text{уд}} = 30 + \frac{37 - 30}{0,41} = 47,1^\circ\text{C}$$

Питома вага повітря визначається по формулі:

$$\gamma = \frac{353}{t + 273}, \quad (4.4)$$

$$\gamma_{\text{внеш}} = \frac{353}{30 + 273} = 1,165 \text{ кг/м}^3$$

$$\gamma_{\text{уд}} = \frac{353}{47,1 + 273} = 1,103 \text{ кг/м}^3$$

Розподілений тиск визначаємо з вираження:

$$\Delta p_{1,2} = h(\gamma_{\text{внеш}} - \gamma_{\text{уд}}), \quad (4.5)$$

$$\Delta p_{1,2} = 10(1,165 - 1,103) = 0,62 \text{ кг/м}^2$$

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

$$\Delta p_1 = \beta \cdot \Delta p_{1,2}, \quad (4.6)$$

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

$$\Delta p_1 = 0,25 \cdot 0,62 = 0,155 \text{ кг/м}^2 = 0,0155 \text{ МПа}$$

Втрати тиску на проходження повітря через ліхтар визначаються по формулі:

$$\Delta p_2 = \Delta p_{1,2} - \Delta p_1, \quad (4.7)$$

$$\Delta p_2 = 0,62 - 0,155 = 0,465 \text{ кг/м}^2 = 0,0465 \text{ МПа}$$

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

$$F_{\text{прит}} = \frac{G_{\text{пост}}}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \gamma_{\text{внеш}}}{\xi_1} \Delta p_1}}, \quad (4.8)$$

$$F_{\text{фон}} = \frac{G_{\text{уд}}}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \gamma_{\text{уд}}}{\xi_2} \Delta p_2}}, \quad (4.9)$$

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

ξ_1, ξ_2 – коефіцієнти місцевого опору приточних отворів і ліхтаря відповідно ($\xi_1=3,7, \xi_2=4,1$).

Підставивши значення у формули (4.7) і (4.8) одержимо:

$$F_{\text{прит}} = \frac{350000}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 1,165}{3,7}}} 0,155 = 99,4 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{фон}} = \frac{350000}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 1,103}{4,1}}} 0,465 = 62,1 \text{ м}^2$$

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

Ефективним засобом забезпечення необхідних гігієнічних якостей повітря, що сприяють нормальній роботі, і відповідаючим вимогам [28] 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 важкості

Період року	Параметри мікроклімату		
	$t, ^\circ\text{C}$	$W_{\text{пов}}, \text{ м/с}$	$\varphi, \%$
Холодний	17 – 19	0,3	60 – 40
Теплий	20 – 22	0,4	60 – 40

4.3.2 Природне й штучне освітлення

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 [29].

Таблиця 4.5 – Характеристика приміщення прокатної ділянки

– 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 комбіноване з газорозрядними лампами серії ВЛВ, ВЛК, ЛОУ. Освітленість ділянки не менше 750 лк.

Згідно [29] 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:

$$\text{КПО}_{\text{in}}^4 = \text{КПО}_{\text{in}}^3 \cdot m \cdot e = 1,8 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 1,38\%, \quad (4.10)$$

де КПО_{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.

4.4 Техногенна безпека

4.4.1 Міри пожежної безпеки

Ділянка має категорію пожежонебезпеці Г (негорючі речовини, розпечені або розплавлені, і горючі речовини які спалюються або утилізуються як паливо). Відділення моталок відноситься до III ступеня вогнебезпечності (будівля з несучими конструкціями, що захищена природними або штучними кам'яними матеріалами та залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів) [30,31].

До первинних засобів пожежогасіння на комбінаті відносяться: 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.

4.4.2 Ймовірність аварій та їх ліквідація

Будь-яку машину, механізм можна розглядати як систему, що складається з окремих елементів – деталей. Аварія – результат відмови одного чи декількох елементів. Аварії залежно від їхніх масштабів можуть бути трьох рівнів –А, Б, В.

На рівні А – аварія характеризується розвитком аварії в межах одного виробництва, цеху, відділення, виробничої дільниці, яке є структурним підрозділом підприємства.

На рівні Б – аварія характеризується переходом за межі структурного підрозділу і розвитком її в межах підприємства.

На рівні В – аварія характеризується розвитком і переходом за межі території підприємства, можливістю впливу чинників аварії на населення

розташованих поблизу населених районів та інші підприємства (об'єкти), а також на довкілля [32].

До можливих причин виникнення аварії можна віднести:

- недотримання правил техніки безпеки;
- недотримання правил пожежної безпеки;
- недотримання правил електробезпеки;
- відсутність огорож і світло-звукової сигналізації під час проведення ремонтів.

Імовірність аварії розраховується за формулою:

$$Q = 1 - \prod_{n=1}^n (1 - Q_i), \quad (4.11)$$

де Q_i – імовірність відмови кожного елемента:

$$Q_i = \lambda_i \cdot \tau, \quad (4.12)$$

де λ_i – інтенсивність відмови i -го елемента;

τ – загальний час роботи даного елемента за аналізований період часу.

Розрахуємо імовірність аварії на ділянці стану 1680 моталки гарячої 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

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

Імовірність не висока, застосування захисних засобів не потрібне.

Висновки

1. Ознайомлення з технологією й устаткуванням цеху гарячої прокатки тонкого листа ПАТ «Запоріжсталь» показало, що одним з основних «вузьких» місць цеху – незадовільна робота моталок гарячекатаної штаби.
2. На підставі наведеного огляду й аналізу технічної літератури встановлено, що для змотування прокатоного штабового металу в рулони у світовій практиці використовуються різні конструкції машин, серед яких перевага належить роликовим барабанним моталкам, які мають ті ж самі недоліки, що й моталка виробничого цеху підприємства.
3. В результаті модернізації моталки можливо досягнення наступних цілей – збільшення продуктивності, терміну служби, а також збільшення міжремонтних періодів.
4. Проведено розрахунки на міцність найбільш навантажених деталей і вузлів моталки, які вказують на високу працездатність і надійність машини.
5. Для забезпечення необхідних організаційних показників роботи машини слід враховувати рекомендації, які наведені в розділі 3, а для створення безпечних умов роботи обладнання цеху в цілому необхідно застосувати заходи, які наведено в розділі 4.
6. Згідно розрахованій необхідній потужності та вимогам до електроприводу для даного технологічного процесу підбрано електродвигун постійного струму типу МП-82 потужністю $P_H = 100$ кВт.
7. Результати роботи можуть бути використані не тільки на ПАТ «Запоріжсталь», але й на інших підприємствах чорної та кольорової металургії.

Список використаної літератури

1. Данько А.В. Сучасний розвиток листопрокатного виробництва: навчальний посібник. Алчевськ: ДонДТУ, 2010. 174 с.
2. ТІ 226-П.ГЛ-01-2005 Технологічна інструкція "Нагрів слябів та прокатка штаби на безперервному тонколистовому стані гарячої прокатки «1680». Запоріжжя : ПАТ "Запоріжсталь". 49 с.
3. Ніколаєв В.О., Мазур В.Л. Технологія виробництва сортового та листового прокату. Частина 1. Запоріжжя: ЗДІА, 2000. 258 с.
4. 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.
5. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин: підручник. 2-ге вид. Львів: Афіша, 2003. 560 с.
6. Мархель І. І. Деталі машин : навч. посіб. К. : Алерта, 2005. 368 с.
7. Стрілець В.М., Шинкаренко І.Т., Похильчук І.О. Практикум з курсу Деталі машин: навч. посіб. Рівне: НУВГП, 2007. 136 с.
8. Гідравліка, гідро- та пневмопривод. Навчально-методичний посібник для студентів інженерних спеціальностей ЗДІА/ Укл. В.К. Тарасов, О.В. Новокщонава. Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2010. 132 с.
9. Мандрус В. І., Лещий Н. П., Звягін В. М. Машинобудівна гідравліка. Задачі та приклади розрахунків. Львів: Світ, 1995. 264 с
10. Онищенко О.Г., Дураченко Г.Ф. Гідро- та пневмоприводи: навчальний посібник. Полтава: Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (ПолтНТУ), 2009. 202 с.
11. Корнілов О.А. Опір матеріалів: Підручник для студентів технічних ВНЗ, К.:Логос, 2002. 562 с.
12. Писаренко Г. С. Опір матеріалів : Підруч. для ст. машинобуд. спец. вищ. навч. закл. К., 1993. 655 с.

13. Гайдамака А.В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків: навчальний посібник. Харків: Харківський політехнічний інститут, 2020.
14. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин: Навчальний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 1996. 145 с.
15. Півняк Г.Г., Бешта О.С., Фількін М.П. Автоматизований електропривод у прокатному виробництві. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2008. 352с.
16. Афтандіянц Є. Г., Зазимко О. В., Лопатько К. Г. Матеріалознавство : підручник. К. : Вища освіта, 2012. 548 с.
17. Ремонт металургійною обладнання : навч. посіб. / Жук А.Я. та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2017. 236 с.
18. Таратута К.В. Організація та планування виробництва: метод. вказівки. Запоріжжя: ЗДІА, 2006. 33 с.
19. Таратута К. В., Желябіна Н. К. Організація та планування виробництва: метод. вказівки. Запоріжжя: ЗДІА, 2013. 55 с.
20. Довідковий посібник керівника та спеціаліста гірничо-металургійного підприємства з охорони праці: навч. посіб. / В.О. Шеремет та ін. Дніпропетровськ: ПП „Ліра ЛТД”, 2005. 850 с.
21. Шаповалов В.А. Охорона праці на металургійних підприємствах: конспект лекцій. Кривий Ріг: ДВНЗ «КНУ», 2018. 155 с.
22. ДСН 3.3.6.037–99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Чинний від 1999–12–01. Вид. офіц.
23. ДСТУ 2894–94. Пристрої екранувальні для захисту від інфрачервоного випромінювання. Параметри та загальні технічні вимоги. Чинний від 1996–01–01. Вид. офіц. 1994.
24. Правила улаштування електроустановок. URL: <https://mev.gov.ua/storinka/pravyyla-ulashtuvannya-elektrostanovok> (дата звернення: 27.02.2024).

25. СОУ МПП 77.180-164:2007. Устаткування металургійне. Загальні технічні вимоги. Чинний від 2007-08-01. Вид. офіц. 2007.
26. ДСТУ EN 12097:2022. Вентиляція будівель. Повітроводи. Вимоги до складових повітроводів для полегшення обслуговування систем повітроводів. На заміну EN 12097:2006, IDT ; чинний від 2024-09-01. Вид. офіц. 2024.
27. Охорона праці на гірничо-металургійному підприємстві: навч. посібник. Ч.І: Металургійний комплекс. / В.О.Шеремет та ін. Дніпропетровськ: Січ, 2002. 375 с.
28. ДСН 3.3.6.042–99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
29. 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).
30. ДСТУ 2272:2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. На заміну ДСТУ 2272-93 ; чинний від 2007-07-01. Вид. офіц.
31. НАПБ А.01.001–2014. Правила пожежної безпеки в Україні. На заміну НАПБ А.01.001–2004 Правила пожежної безпеки в Україні ; чинний від 2023–04–07. Вид. офіц. 2014.
32. 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.

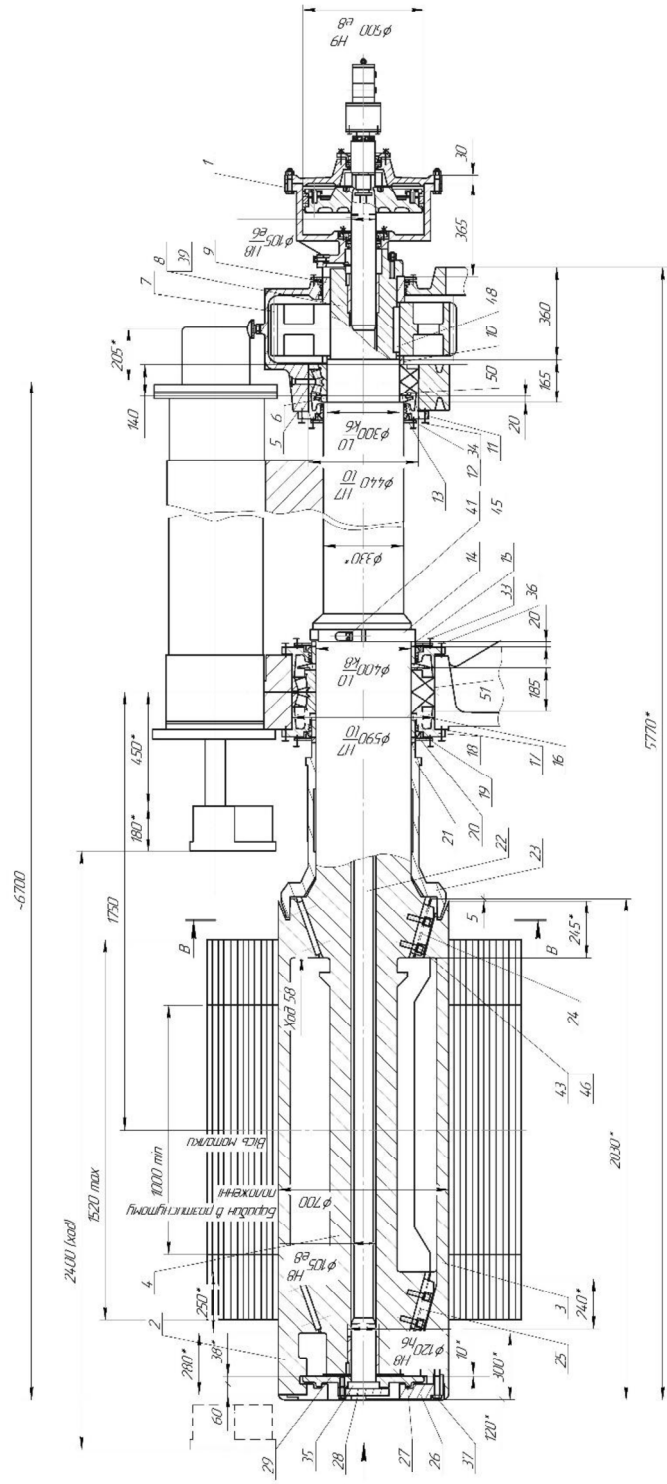
ДОДАТКИ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документація</i>						
A1			ДП.022059.100 ВЗ	Креслення загального виду	1	
<i>Складальні одиниці</i>						
		1		Станина	1	
		2		Роликотримач	1	
		3		Привод механізму переміщення барабана	1	
		4		Вузол приводу	1	
		5		Привод тянучих роликів	1	
		6		Тягнучі ролики	1	
		7		Роликотримач	2	
ДП.022059.100						
Моталка						
Лит.	Лист	Листов				
		1				
МОН України ІННІ ім. Ю.М. Петейні ЗНУ, каф. МО, гр. 6.1330						

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	
							Справ. №	
				<u>Документація</u>				
			<i>ДП.022059.200 СК</i>	<i>Складальне креслення</i>				
				<u>Збірні одиниці</u>				
		1		<i>Пневмоциліндр</i>	1			
		2		<i>Клин в зборі</i>	4			
		3	<i>ДП.022059.210</i>	<i>Сегмент барабана</i>	4			
				<u>Деталі</u>				
		4		<i>Вал барабана</i>	1			
		5		<i>прокладка</i>	1			
		6		<i>Шайба мастильновідбиваюча</i>	1			
		7		<i>Колесо зубчасте</i>	1			
		8		<i>Втулка</i>	2			
		9		<i>Втулка дистанційна</i>	1			
		10		<i>Втулка дистанційна</i>	1			
		11		<i>Кришка</i>	1			
		12		<i>Уцілювання НР-330</i>	1			
		13		<i>Кільце</i>	1			
		14		<i>Кільце з 2-х половинок</i>	1			
		15		<i>Кільце</i>	1			
		16		<i>Шайба мастильновідбиваюча</i>	2			
		17		<i>Прокладка</i>	2			
		18		<i>Прокладка</i>	2			
					<i>ДП.022059.200</i>			
			<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	
<i>Инд. № подл.</i>	<i>Разрад.</i>	<i>Киркича Д.П.</i>						
	<i>Пров.</i>	<i>Озінський Й.К.</i>						
	<i>Н.контр.</i>	<i>Васильченко Т.О.</i>						
	<i>Чтв.</i>	<i>Власов А.О.</i>						
						<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
								1
						<i>МОН України</i>		
						<i>ІННІ ім. Ю.М. Полієні ЗНУ,</i>		
						<i>каф. МО, гр. 6.1330</i>		
						<i>Формат А4</i>		

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №	Перв. примен.			<u>Документація</u>			
				ДП.022059.200.1 СК	Складальне креслення		
					<u>Збірні одиниці</u>		
			1		Пневмоциліндр	1	
			2		Клин в зборі	4	
			3		Сегмент барабана	4	
					<u>Деталі</u>		
			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		Уцільнення 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			
ДП.022059.200.1							
Изм. Лист		№ докум.		Підп.		Дата	
Разрад.		Киркича Д.П.					
Проб.		Озінський Й.К.					
Н.контр.		Васильченко Т.О.					
Чтв.		Власов А.О.					
Барабан (модернізація)				Лит.	Лист	Листов	
						1	
МОН України ІННІ ім. Ю.М. Петейні ЗНУ, каф. МО, гр. 6.1330							

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		19		Кришка	2	
		20		Манжета	4	
		21		Кільце	2	
		22		Прокладка	1	
				Гума ЗМБ-А-М ДСТ 7338-65		
		23		Прокладка	2	
				Картон 1 ДСТ 9347-60		
				<u>Стандартні вироби</u>		
				Гвинти ДСТ 7798-70		
		24		M10X25.58	12	
		25		M10X130.58	6	
		26		M12X30.58	2	
		27		M16X90.58	12	
				Гайки ДСТ 5915-70		
		28		M10.5	8	
		29		M16.5	12	
		30		M20.5	12	
				Шайби пруж. ДСТ 6402-70		
		31		10 65z	8	
		32		12 65z	2	
		33		16 65z	12	
				Шпильки ДСТ 11765-66		
		34		A M10x130	2	
		35		A M 20x70	6	
		36		Вальниця № 210		
				ГОСТ 8338-75	2	
И№ № подл.	Подп. и дата	Взам. и№ №	И№ № одділ.	Подп. и дата	Лист	
					ДП.022059.200.1	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



-6700

2400 (коэф) 520 max 1730

Борозды в ступичном положении

Борозды в ступичном положении

Борозды в ступичном положении

Борозды в ступичном положении

Борозды в ступичном положении

Борозды в ступичном положении

Борозды в ступичном положении

Борозды в ступичном положении

Борозды в ступичном положении

Борозды в ступичном положении

Борозды в ступичном положении

Борозды в ступичном положении

Борозды в ступичном положении

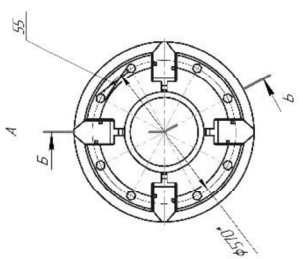
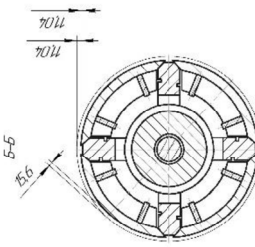
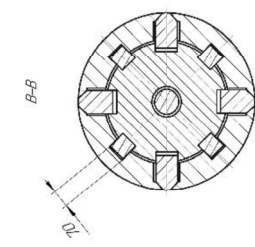
Борозды в ступичном положении

Борозды в ступичном положении

Борозды в ступичном положении

Борозды в ступичном положении

Борозды в ступичном положении

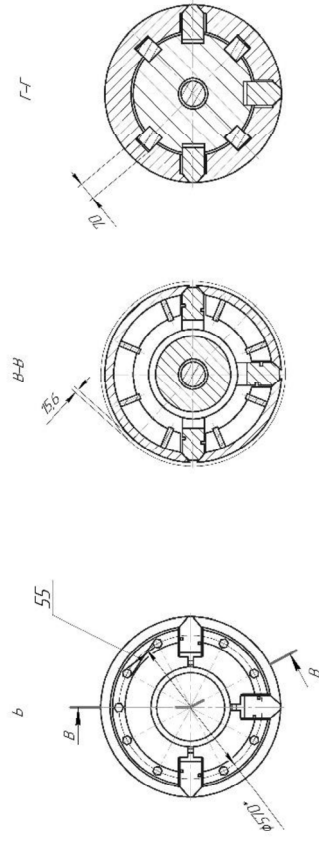
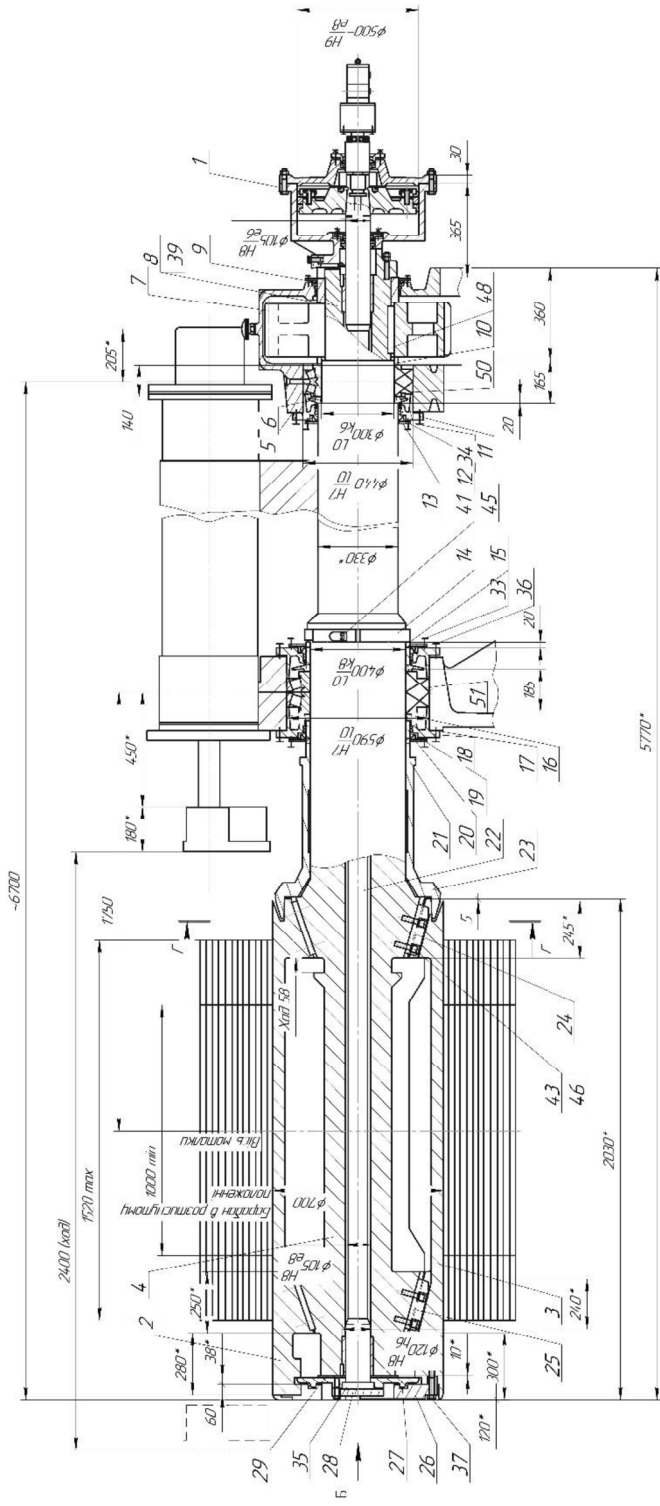


1. Регулятор газа
2. Шпатель
3. Газовый вентиль
4. Держатель запальника
5. Насадки

ДПО22059,200 СК

Борозды

№ п/п	Наименование	Материал	Длина	Диаметр	Средняя масса	Объем	Объемная масса
1	Регулятор газа	Сталь	1730	52	170	0,3	0,03
2	Шпатель	Сталь	365	10	15	0,05	0,005
3	Газовый вентиль	Сталь	140	20	30	0,1	0,01
4	Держатель запальника	Сталь	1730	52	170	0,3	0,03
5	Насадки	Сталь	365	10	15	0,05	0,005



- 1 * Притягнути і тим підбити.
- 2 Шпindelку φ 700 виконати при з'єднанні і врівняти з радіальною поверхнею ступи.
- 3 Підбити кільце і тим поз 15,29 підняти при з'єднанні.
- 4 Додати отвори і тим поз 8 підняти при з'єднанні.
- 5 Невелику припритягнути до поз 8 і тим поз 4.

Лист № 003		Лист № 002	
Вибір	Відмін	Відмін	Відмін
№	№	№	№
52%	110	52%	110
Лист № 003			
Лист № 004			
Лист № 005			
Лист № 006			
Лист № 007			
Лист № 008			
Лист № 009			
Лист № 010			
Лист № 011			
Лист № 012			
Лист № 013			
Лист № 014			
Лист № 015			
Лист № 016			
Лист № 017			
Лист № 018			
Лист № 019			
Лист № 020			

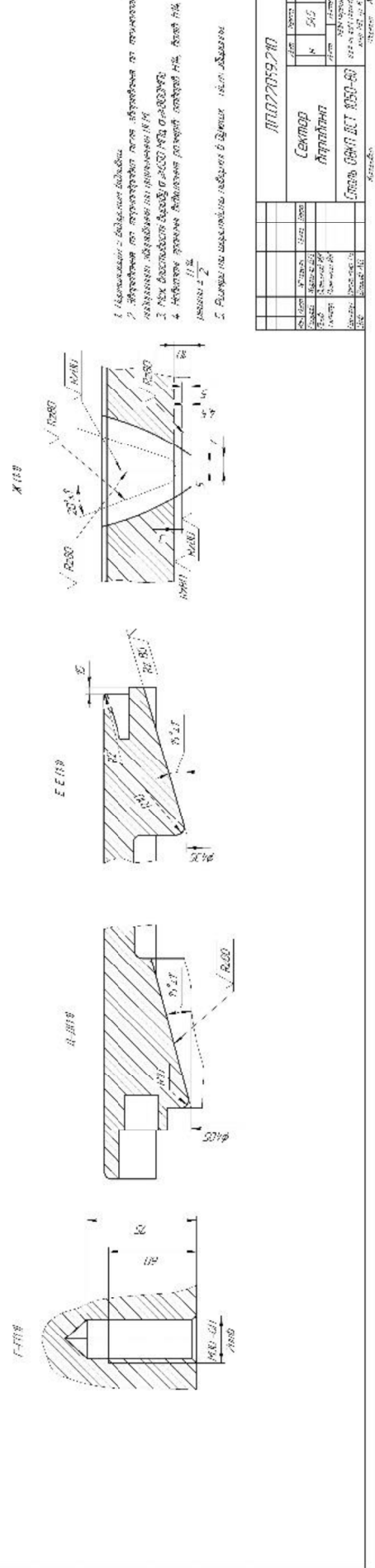
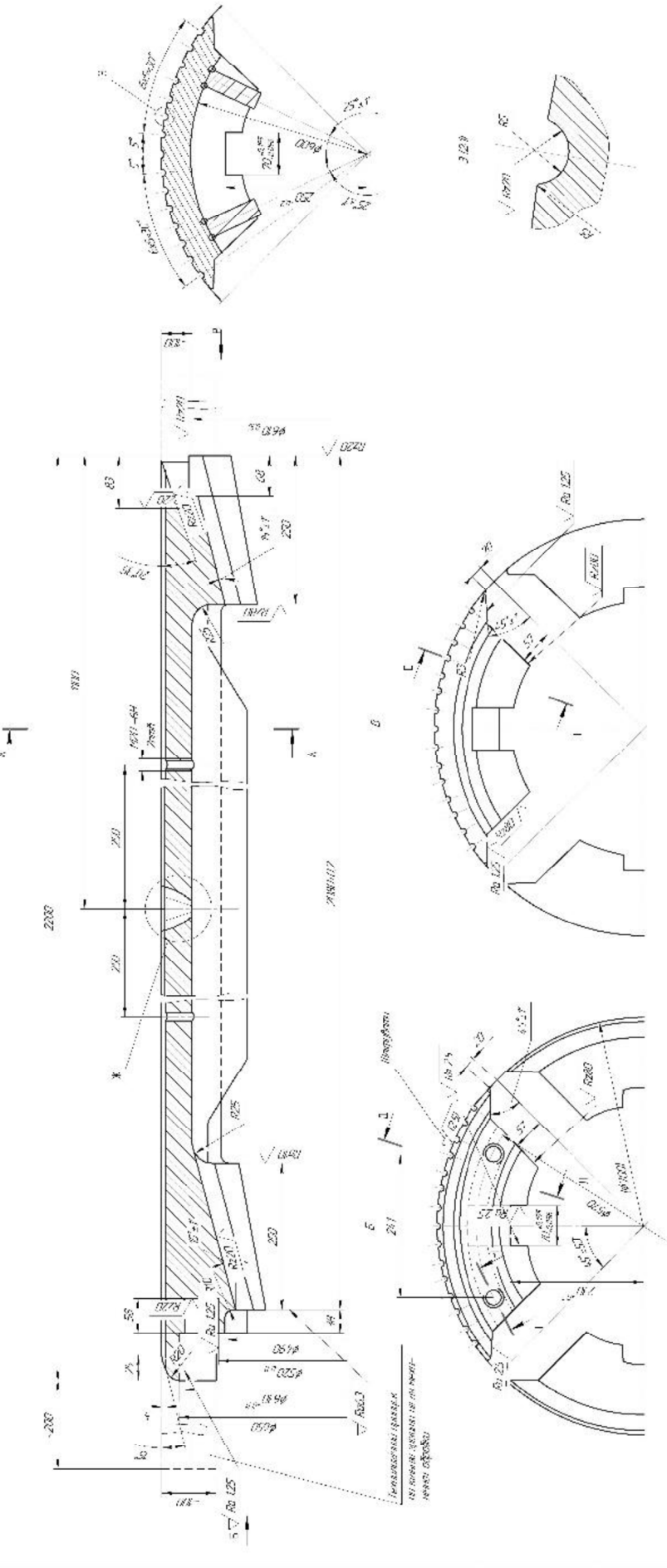
Лист № 001		Лист № 002		Лист № 003		Лист № 004		Лист № 005	
Лист № 006		Лист № 007		Лист № 008		Лист № 009		Лист № 010	
Лист № 011		Лист № 012		Лист № 013		Лист № 014		Лист № 015	
Лист № 016		Лист № 017		Лист № 018		Лист № 019		Лист № 020	
Лист № 021		Лист № 022		Лист № 023		Лист № 024		Лист № 025	
Лист № 026		Лист № 027		Лист № 028		Лист № 029		Лист № 030	
Лист № 031		Лист № 032		Лист № 033		Лист № 034		Лист № 035	
Лист № 036		Лист № 037		Лист № 038		Лист № 039		Лист № 040	
Лист № 041		Лист № 042		Лист № 043		Лист № 044		Лист № 045	
Лист № 046		Лист № 047		Лист № 048		Лист № 049		Лист № 050	
Лист № 051		Лист № 052		Лист № 053		Лист № 054		Лист № 055	
Лист № 056		Лист № 057		Лист № 058		Лист № 059		Лист № 060	

Л11022059.200.1 СК

Лист № 001	Лист № 002	Лист № 003	Лист № 004	Лист № 005	Лист № 006	Лист № 007	Лист № 008	Лист № 009	Лист № 010	Лист № 011	Лист № 012	Лист № 013	Лист № 014	Лист № 015	Лист № 016	Лист № 017	Лист № 018	Лист № 019	Лист № 020
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

√ Ra10 (N1)

№ПД22039210



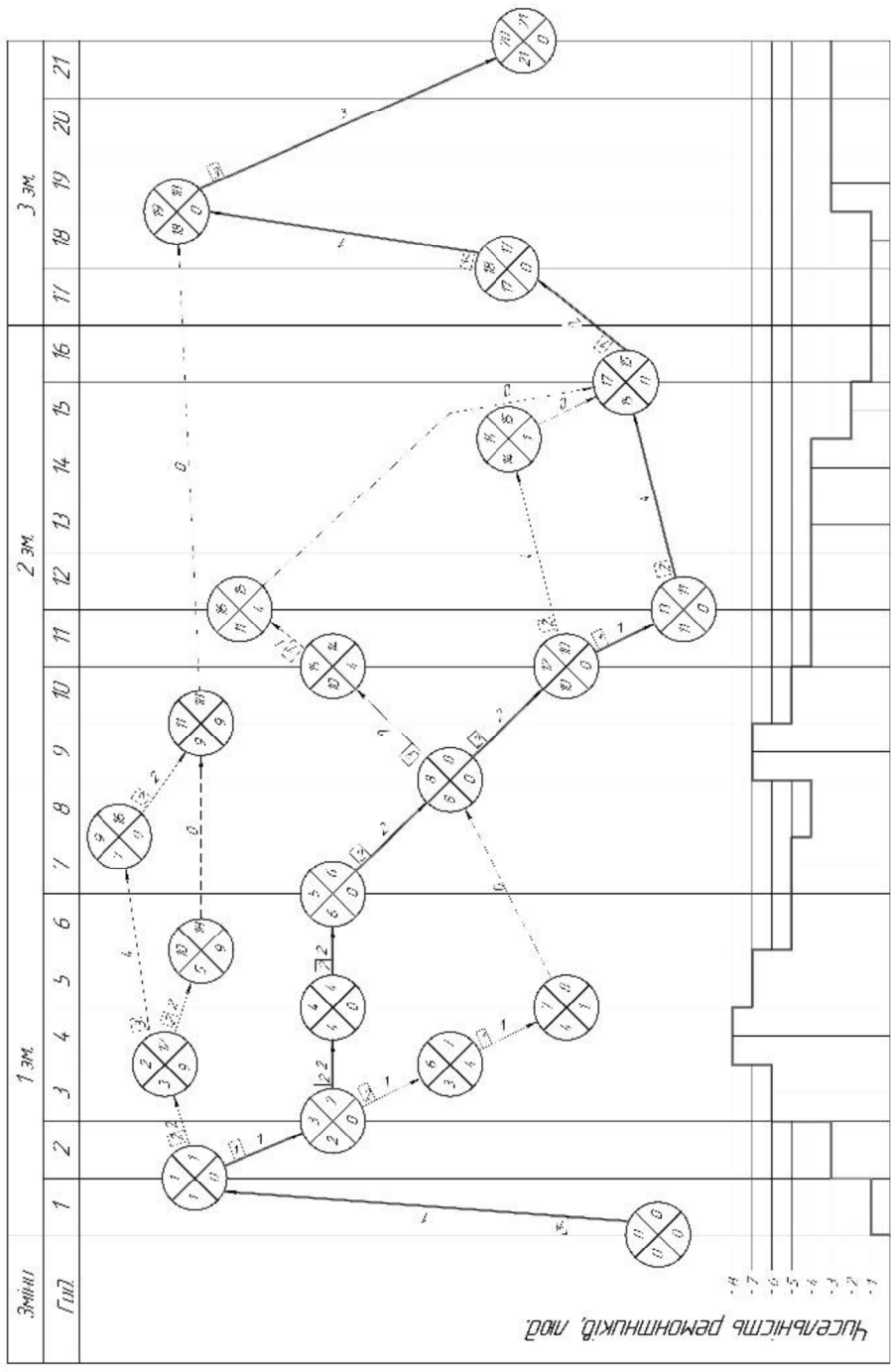
№ПД22039210	№ПД22039210	№ПД22039210	№ПД22039210	№ПД22039210	№ПД22039210
№ПД22039210	№ПД22039210	№ПД22039210	№ПД22039210	№ПД22039210	№ПД22039210

№ПД22039210		Лист №		Кол-во	
		№	К	№	К
Лист № 51		Лист № 51		Кол-во 125	
		№	К	№	К
№ПД22039210		№ПД22039210		№ПД22039210	
№ПД22039210		№ПД22039210		№ПД22039210	
№ПД22039210		№ПД22039210		№ПД22039210	
№ПД22039210		№ПД22039210		№ПД22039210	
№ПД22039210		№ПД22039210		№ПД22039210	
№ПД22039210		№ПД22039210		№ПД22039210	

1. ПОВЕРХНОСТЬ ПОДГОТОВИТЬ ПОДЪЕМАМИ; 2. ЗАГОТОВИТЬ ПОДГОТОВКУ ПОСЛЕ ЗАГОТОВКИ ПОД ПОВЕРХНОСТЬ НА ПОДГОТОВКУ ПОД ПОВЕРХНОСТЬ; 3. НА ПОДГОТОВКУ ПОДГОТОВКУ ПОДГОТОВКУ ПОД ПОВЕРХНОСТЬ; 4. ЗАГОТОВКУ ПОДГОТОВКУ ПОДГОТОВКУ ПОД ПОВЕРХНОСТЬ; 5. ЗАГОТОВКУ ПОДГОТОВКУ ПОДГОТОВКУ ПОД ПОВЕРХНОСТЬ

ДП.02.2059.300 МР

Мережевий графік ремонту моталки гарячої штаби



Код под.	Ремонтна операція	Шифр робіт			Трив. робіт, год.	Чисел. роб., лив.
		i	j	k		
1	2	3	4	5	6	0
1	Зупинка агрегату, відключення від електромережі	0	1	1	1	1
2	Демонтаж редуктора	1	2	2	2	2
3	Демонтаж захисних кожухів	1	3	1	1	1
4	Демонтаж муфти	3	4	2	2	2
5	Демонтаж корпусу редуктора	4	5	2	2	2
6	Демонтаж електролини	3	6	1	1	2
7	Демонтаж вузла станини	6	7	1	1	1
8	Демонтаж повітряного піллару	5	8	2	2	2
9	Демонтаж системи змащування вузлів моталки	2	9	4	3	3
10	Ремонт повітряного піллару	2	10	2	2	2
11	Ремонт редуктора	9	11	3	2	2
12	Ремонт системи змащування вузлів моталки	8	12	2	3	3
13	Монтаж редуктора	12	13	2	1	1
14	Монтаж системи змащування вузлів моталки	12	14	4	2	2
15	Монтаж електролини	8	15	2	3	3
16	Монтаж корпусу редуктора	15	16	1	1	1
17	Монтаж муфти	13	17	4	2	2
18	Монтаж захисних кожухів	17	18	2	1	1
19	Підключення агрегату до електромережі	18	19	1	1	1
20	Перевірка роботи агрегату вхолосту	19	20	3	3	3

ДП.02.2059.300 МР		Зам. №	Лист №	Масштаб
Монтажні роботи	0	0	0	0
Ремонтні роботи	0	0	0	0
Підприємство	ДП.02.2059.300 МР			
Місце	00000000000000000000			
Дата	00000000000000000000			

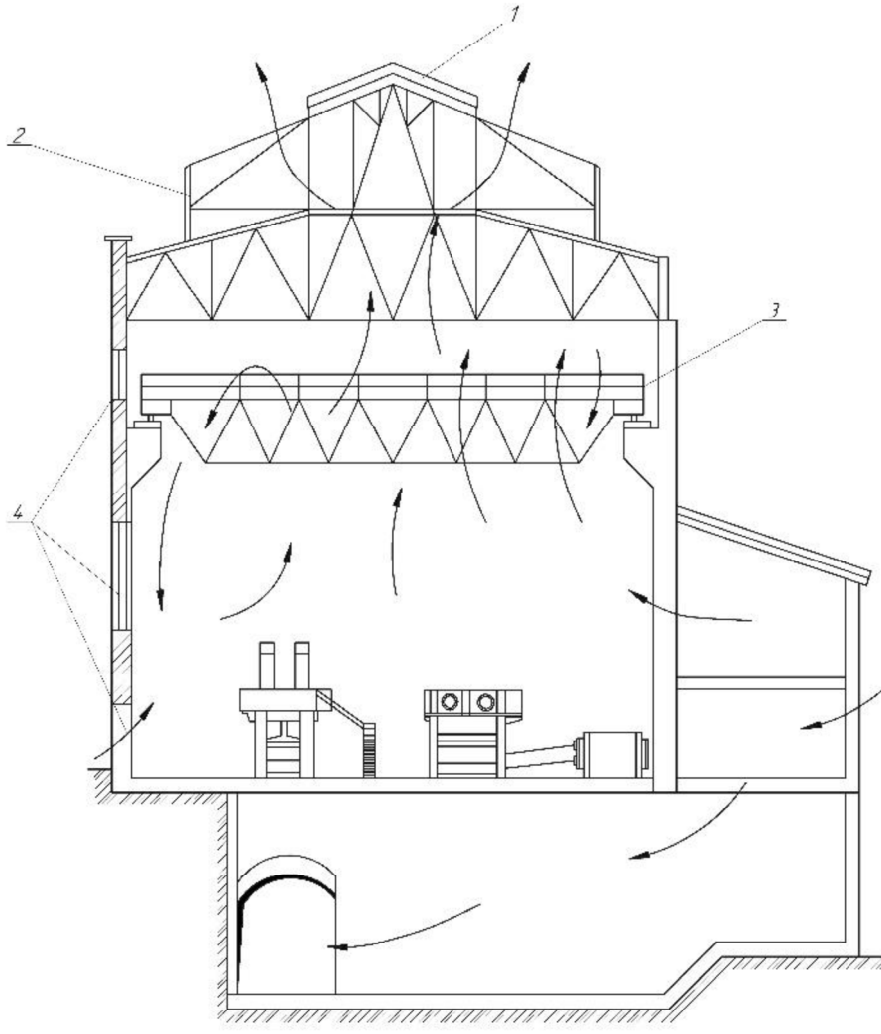
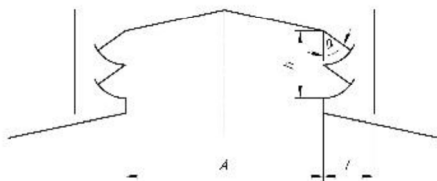


Схема аерації будівлі ЦПТТЛ

Поз.	Назва/опис	Кол.	Примітка
1	Аураційна решітка	6	
2	Вітражні панелі	2	
3	Решітчасті ліхтарі	1	
4	Приміщення	2%	

Схема незадуваних аераційних П-подібних ліхтарів з вітражними панелями



ДП.022059400.01			
№	Назва	Масштаб	Дата
1	Схема аерації цеху	1:100	1980
2	М	-	1980
3	Л	1	1980
4	Л	1	1980
5	Л	1	1980
6	Л	1	1980
7	Л	1	1980
8	Л	1	1980
9	Л	1	1980
10	Л	1	1980
11	Л	1	1980
12	Л	1	1980
13	Л	1	1980
14	Л	1	1980
15	Л	1	1980
16	Л	1	1980
17	Л	1	1980
18	Л	1	1980
19	Л	1	1980
20	Л	1	1980
21	Л	1	1980
22	Л	1	1980
23	Л	1	1980
24	Л	1	1980
25	Л	1	1980
26	Л	1	1980
27	Л	1	1980
28	Л	1	1980
29	Л	1	1980
30	Л	1	1980
31	Л	1	1980
32	Л	1	1980
33	Л	1	1980
34	Л	1	1980
35	Л	1	1980
36	Л	1	1980
37	Л	1	1980
38	Л	1	1980
39	Л	1	1980
40	Л	1	1980
41	Л	1	1980
42	Л	1	1980
43	Л	1	1980
44	Л	1	1980
45	Л	1	1980
46	Л	1	1980
47	Л	1	1980
48	Л	1	1980
49	Л	1	1980
50	Л	1	1980
51	Л	1	1980
52	Л	1	1980
53	Л	1	1980
54	Л	1	1980
55	Л	1	1980
56	Л	1	1980
57	Л	1	1980
58	Л	1	1980
59	Л	1	1980
60	Л	1	1980
61	Л	1	1980
62	Л	1	1980
63	Л	1	1980
64	Л	1	1980
65	Л	1	1980
66	Л	1	1980
67	Л	1	1980
68	Л	1	1980
69	Л	1	1980
70	Л	1	1980
71	Л	1	1980
72	Л	1	1980
73	Л	1	1980
74	Л	1	1980
75	Л	1	1980
76	Л	1	1980
77	Л	1	1980
78	Л	1	1980
79	Л	1	1980
80	Л	1	1980
81	Л	1	1980
82	Л	1	1980
83	Л	1	1980
84	Л	1	1980
85	Л	1	1980
86	Л	1	1980
87	Л	1	1980
88	Л	1	1980
89	Л	1	1980
90	Л	1	1980
91	Л	1	1980
92	Л	1	1980
93	Л	1	1980
94	Л	1	1980
95	Л	1	1980
96	Л	1	1980
97	Л	1	1980
98	Л	1	1980
99	Л	1	1980
100	Л	1	1980