

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

кафедра металургійного обладнання
(повна назва кафедри)

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

На тему Удосконалення конструкцій натискних механізмів прокатних станів

Виконав: студент групи 6.1331

Куніцин В.О.

(ПІБ)

(підпис)

Спеціалізація - 133Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма

Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Керівник Таратуга К.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Н.контроль Васильченко Т.О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя – 2024 року

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Інженерний навчально науковий інститут ім Ю.М.Потебні

Кафедра металургійного обладнання

Рівень вищої освіти бакалавр

(перший (бакалавирський)рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

Спеціалізація -

Освітньо-професійна програма Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

А.О.Власов

Завдання

до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

Куніцин Валерій Олександрович

(прізвище,ім'я,по батькові)

1.Тема кваліфікаційної роботи: Удосконалення конструкцій натискних механізмів прокатних станів

керівник кваліфікаційної роботи доц., к.т.н. Таратута К.В.

затверджені наказом вищого навчального закладу від 26 грудня 2023 року №2215-с.

2.Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 10 червня 2023 року.

3.Вихідні дані кваліфікаційної роботи техніко-економічні показники роботи прокатного цеха

Консультанти розділів роботи

Розділ		Підпис, дата
		Завдання прийняв
1	Таратуга К.В., к.т.н, доцент	
2	Таратуга К.В., к.т.н, доцент	
3	Таратуга К.В., к.т.н, доцент	
4	Таратуга К.В., к.т.н, доцент	

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Отримання завдання	01.01.2024- 20.01.2024	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдання	20.01.2024 01.02.2024	
3	Виконання теоретичної частини роботи	01.02.2024- 01.04.2024	
4	Виконання графічної частини	01.04.2024- 01.05.2024	
5	Оформлення роботи	01.05.2024- 20.05.2024	
6	Перевірка роботи консультантами	20.02.2024- 30.05.2024	
7	Попередній захист	30.05.2024	
8	Переплітання роботи	05.06.2024	
9	Захист проекту у ЕК	Згідно з графіком	

Студент _____
(підпис)

Куніцин В.О.
(прізвище та ім'я)

Керівник роботи _____
(підпис)

Таратуга К.В.
(прізвище та ім'я)

АНОТАЦІЯ

Куніцин В.О. Удосконалення конструкцій натискних механізмів прокатних станів

Випускна кваліфікаційна робота для здобуття ступеня вищої освіти бакалавр за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування, науковий керівник К.В. Таратута. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра металургійного обладнання, 2024р.

В роботі проведено огляд прокатного стану та аналіз її обладнання для підвищення експлуатаційних властивостей. Детально описано принцип роботи стану та її конструкцію. Проведено розрахунок механізму зрівноваженого валка.

Ключові слова: ПРОКАТНИЙ СТАН, НАТИСКНИЙ МЕХАНІЗМ.

ABSTRACT

Kunitsyn V.O. Improvement of the design of pressure mechanisms of rolling mills.

Graduation qualification work for obtaining a bachelor's degree in higher education, specialty 133 - Industrial mechanical engineering, supervisor K.V. Taratuta Zaporizhzhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebny, department of metallurgical equipment, 2024.

In the work, an overview of the rolling stock and analysis of its equipment to improve operational properties was carried out. The working principle of the mill and its construction are described in detail. The calculation of the balanced roll mechanism was carried out.

Keywords: ROLLING STAND, PRESSURE MECHANISM.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	6
1.1.Коротка Характеристика ПАТ МК «Запоріжсталь» і види випускаємої продукції Запоріжсталь	6
1.2.Характеристика механічного устаткування обтискного цеху	6
1.3.Обладнання стана слябінг «1150»	11
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	18
2.1.Аналіз конструкцій натискних механізмів прокатних станів	18
2.2.Опис технологічного процесу прокатки заготовок на обтискних прокатних станах та застосування у ньому натискних пристроїв	20
2.3.Опис проекту модернізації	27
2.4.Розрахунки механізму зрівноважування валка	28
2.5.Розрахунки натискного механізму	31
2.6.Розрахунки гвинтової передачі	35
2.7.Розрахунки найбільш навантажених вузлів і деталей	37
2.8.Розрахунки на міцність гідроциліндра	39
3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА	43
3.1. Розробка мережного графіка капітального ремонту прокатного стана	43
3.2 Обґрунтування штатної чисельності працівників механослужби цеху (дільниці)	56
3.3.Розрахунок штату чергових робітників	57
3.4 Розрахунок штату ремонтних робітників	59
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	62
4.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів	62
4.2 Пожежна та техногенна безпека	63
ВИСНОВКИ	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	69
СПИСОК ВИКОНАНИХ КРЕСЛЕНЬ	70
ДОДАТКИ	71

ВСТУП

Актуальність роботи. У сучасному металургійному виробництві підвищення надійності та ефективності прокатних станів є одним із пріоритетних завдань. Удосконалення конструкцій натискних механізмів відіграє важливу роль у цьому процесі. З метою забезпечення стабільності та оптимального функціонування пристроїв потрібні нові технології та рішення, які дозволять компенсувати динамічні навантаження на натискний гвинт прокатної кліти.

Метою цієї роботи є удосконалення конструкції опори натискного гвинта прокатної кліти з метою підвищення надійності роботи пристрою шляхом компенсації динамічного нагинання, що згинає натискний гвинт.

У рамках дослідження була розроблена нова конструкція опори натискного гвинта прокатної кліти, яка забезпечує компенсацію згинального навантаження на гвинт за рахунок використання сферичних поверхонь.

ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Коротка характеристика ПАТ МК «Запоріжсталь» і види випускаємої продукції

Комбінат входить до десятки найбільших приватних підприємств України (2020), виробляє майже 11 % чавуну і сталі, а також 29,4 % листового прокату в Україні, постачає продукцію на зовнішній ринок.

«Запоріжсталь» володіє повним виробничим циклом випуску металургійної продукції. У чотирьох доменних печах комбінат щорічно виплавляє 2,6 млн тонн чавуну високої якості для виробництва сталі, великогабаритного чавунного литва і товарного чавуну в чушках.

Характерною особливістю чавуну виробництва ПАТ «Запоріжсталь» є низький вміст у ньому сірки і фосфору, завдяки чому він має широкий попит на світовому ринку, а також на ринку України.

Основною експортною продукцією цього підприємства на початку ХХІ ст. є холоднокатаний сталевий лист у рулонах. Частка експорту в загальному обсязі реалізації становить близько 76 %. Комбінат поставляє продукцію більш ніж в 50 країн світу. Серед країн-імпортерів — Китай, Туреччина, Філіппіни, Ізраїль, Малайзія, Італія, США, Польща, Йорданія.

1.2. Характеристика механічного устаткування обтискного цеху

Колодцеві кліщові металургійні крани призначені для роботи у відділеннях нагрівальних печей для посадки злитків на піддоні нагрівальних печей, а також для транспортування злитків, нагрітих до прокатної температури, до злитковозу або прийомного рольгангу прокатного стану.



Рисунок 1.1 Мостові кліщові колодцеві крани

Враховуючи специфіку експлуатації, колодязевий металургійний кран розрахований на робочу температуру до $+ 80^{\circ}\text{C}$ і здатний витримувати короточасні впливи високих температур, джерелом яких є піч і заготовки. Для цього металоконструкції рами візка, шахти та колони виготовлені з відповідних марок сталей. Крім того, елементи крана захищені від теплового впливу спеціальними екранами, а в зоні можливого високотемпературного впливу петлі шлейфу гнучкого кабелю захищені термоізоляційним матеріалом. До особливостей колодязевих кранів відносять кранову візок, що складається з рами з шахтою та колоною, яка здатна переміщатися по шахті за допомогою механізму підйому.

При цьому передбачено можливість повного виведення колони з шахти для проведення ремонтних робіт. На колоні крану розташовані механізми управління кліщами та їх повороту, для чого використовують двигуни з незалежним повітряним охолодженням від вбудованих електроventиляторів.

Вантажозахоплюючим органом металургійного кліщового крану є спеціальні кліщі, які можуть обертатися навколо своєї осі. При роботі механізму, кліщі разом з колоною, переміщуються по направляючих, які встановлені в шахті. При захопленні зливка, кран підводить візок і опускає колону з піднятими кліщами до тих пір, поки кліщі не розташуються навпроти зливка. Потім кліщі

опускаються до упору кернів в стінки злитка, після чого включається механізм підйому. Для відкриття кліщів (звільнення від злитка) використовується механізм управління кліщами. Системою управління передбачена синхронна робота механізму управління кліщами і лебідок підйому, що забезпечує неможливість розкриття кліщів при включенні лебідок підйому, а також блокування випадкового включення механізму управління кліщами при наявності на них вантажу.

Крім роботи зі злитками, колодцеві крани виконують різні допоміжні підйомно-транспортні операції, для чого кліщі обладнані гаками для роботи з вантажами, а також використовуються при очищенні подини плавильної печі. Для цього на кліщовий голівці встановлюється спеціальна лопата, за допомогою якої розпечений шлак переміщається по поду колодязя в спеціальний технологічний отвір. При компонуванні вузлів крану, ми беремо до уваги технологічну специфіку виробництва замовника, а також індивідуальні вимоги, відображені в технічному завданні на кран. При виробництві мостового спеціального грейферного крану, ми використовуємо комплектуючі провідних виробників і перевірених постачальників. Оскільки мостові металургійні колодцеві крани не мають типових характеристик, то всі необхідні параметри задаються індивідуально для кожного крану.

Проліт нагрівальних колодязів

Довжина прольоту - 236,5м. Ширина - 29м. У прольоті прокладено три залізничні колії. Перший і другий залізничні колії з боку нагрівальних колодязів служать для подачі гарячих плавок і холодних із складів зливків, подачі і прибирання цеглини при ремонтах колодязів і прибиранні зварювального шлаку. Третій шлях - зливковозний, обладнаний в безвиході прольоту ямою для ремонту зливковоза.

Для обслуговування колодязів по посадці, видачі зливків, по ремонтах встановлено чотири електромостові кліщові крани $Q=20/15$ т. В прольоті

встановлено 11 груп колодязів із загальною довжиною майданчика 190 метрів. Тип нагрівальних колодязів - багатомісні газові, регенеративні (рисунок 1.3) з підігріванням газу і повітря. Паливо - суміш природного і доменного газів калорійністю - 1100 ккал/мм³. Практично місткість колодязів - 160 - 1700 зливків 2200 т.

Кожна група колодязів складається з 4-х осередків, що працюють попарно.

Місткість однієї камери :

6 зливків по 9,1 - 11,1 т.

4 зливки по 12,5 - 19,9 т.

Кожен осередок має 4 регенератори, з яких 2 повітря і 2 газових. Розташовані регенератори з лівого і з правого боку осередку. Верхня частина насадок - динасовая, а нижня частина - шамотна. Температура підігрівання газу в рекуператорі до 10000С, а повітря до 600 — 8000С.

Кожен осередок має індивідуальний газопровід і повітропровід діаметром 400мм, і для інтенсифікації процесу нагріву від загального цехового колектора до кожного осередку підводиться трубою Ш573,5 природний газ з постійною витратою 85,7м³/години. Перекидні пристрої на кожному осередку індивідуальні: на газовому тракті осередку встановлений клапан золотникового типу з водяним затвором, на повітрі - клапан метеликового типу. Вступ повітря в регенератор робиться через перекидний клапан від відцентрового вентилятора.

Вступ газу в регенератор робиться через перекидний клапан від загального цехового газопроводу Ш1500 мм, через колектор. Пропорціонування газу і повітря здійснюється струминним регулятором співвідношення, що впливає на дроселі в повітропроводі за допомогою кривошипного сервомотора. Регулювання витрати газу робиться автоматично по температурі в осередку. Витрата повітря регулюється автоматично по витраті газу.

Постійність тиску в камері досягається автоматичною зміною положення шиберу, розташованого у димовій свині кожного осередку. При відкриванні

кришок, більш ніж на один метр, відбувається миттєве одночасне відсічення газу і повітря, а при закриванні - відсічення автоматично знімається. Чотири осередки об'єднано в одну групу із загальним димарем (футерованою усередині шамотом) заввишки 50 метрів і загальним вентилятором "Сирокка".

Тривалість нагріву злиwkів холодного всада - 6-10 годин, а гарячого - 1,5-4,0 години і залежить від часу кінця розливання до посадки. Продуктивність однієї групи колодязів 55 — 60 т/години

Для подачі нагрітих злиwkів на приймальний рольганг стану в горизонтальному положенні служить двовісна візок-перекидач (злиwковоз). Живлення двигуна пересування здійснюється від тролів. Перекидання люльки із злиwком робиться напівавтомат. Швидкість пересування злиwковоза до 6 м/с. У разі подачі злиwkів від

першої і другої груп колодязів, злиwки встановлюються безпосередньо краном в стаціонарний перекидач, який укладає злиwок на рольганг

Становий проліт

Стан із двома послідовно розташованими клітями, чорнова реверсивна двовалкова і чистова реверсивна чотиривалкова універсальна. 10 Становий проліт обладнаний трьома мостовими кранами вантажопідйомністю 100/20 тонн. Горизонтальні валки чорнової і чистової кліті у вертикальній площині налаштовують при роздільному включенні гвинтів. Валки чорнових клітей змінюють приблизно 3 рази на місяць. Робочі валки чистової кліті – через 2 – 3 зміни й опорні 2 рази на місяць. Поверхня робочих валків чорнової кліті наплавляється порошковим дротом. Перед кліттю кварто встановлено камеру гідрозбивання окалини з двома колекторами і швидкозйомними кожухами. Тиск води 100 атм. Швидкість захоплення металу в чорновій кліті 10...15 об/хв, в чистовій 20 об/хв. В залежності від товщини і призначення листи прокатують у подовжньому і поперечному напрямках.

Характеристика основного устаткування представлена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика основного устаткування станової ділянки

Агрегат	Число, од.	Робоча швидкість, м/с	Робоче зусилля, МН	Потужність приводу, кВт
Завантажувальний стіл	2	52	–	185
Зіштовхувач	4	0,40	30	20
Завантажувальний рольганг	13	1,72	–	45
Штовхач	8	0,78	120	100
Приймальний рольганг	8	2,0	–	45

1.3 Обладнання стана слябінг «1150»

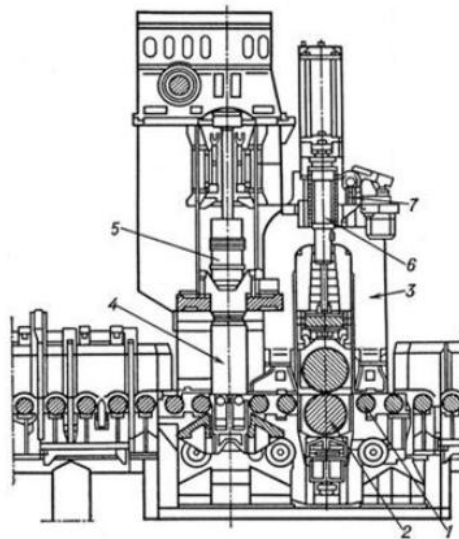
Порівняльний аналіз умов роботи механічних приводів різного прокатного обладнання показав, що найбільше важкі умови спостерігаються у заготівельних станах, до яких належить "Слябінг 1150". Для цього обладнання характерні високі навантаження зі значної динамічної складової, широкий спектр робочих температур, значний рівень низько- та високочастотних вібрацій, невідповідність класу кінематичних пар вимогам статичної визначення системи.

Пояснюється це як особливостями конструктивного рішення слябінгу, так і технологічними режимами його роботи, головними з яких є: наявність двох прокатних клітей, між якими існує силове замикання через гуркіт у вигляді підпору або натяг; реверсивний режим роботи табору, що призводить до нерівномірності руху великих мас.

При русі гуркоту по клітях табору в одному напрямі штовхаючої може бути вертикальна кліть, де відбувається зняття розширення та формування бічних граней слябу, в іншому напрямі штовхає є горизонтальна кліть, де відбувається обжим слябу. В обох випадках, в силу особливостей компанування стану, можлива як одиночна прокатка в одній кліті, так і спільна прокатка у двох клітях.

У момент реверсу, коли напрямок обертання горизонтальних та вертикальних валків змінюється на протилежне, відбувається розмикання та нове замикання у всіх кінематичних парах. Це викликає ударні динамічні навантаження, руйнуючі контактуючі поверхні, а, отже, що збільшують зазори у сполученнях. Саме різниця швидкостей елементів у кінематичній парі в момент контакту є причиною додаткового динамічного навантаження. Тому вимога до забезпечення надійної роботи «Слябінга 1150» є необхідним умовою для ефективної роботи в тандемі з безперервним тонколистовим станом гарячої прокатки 1680 у цеху ЦГП ТЛ, який за умови прямої транзитної прокатки сляба забезпечує суттєву економію енергоресурсів на ПАТ "Запоріжсталь".

Одним з найбільш проблематичних вузлів механічного приводу є зубчасті передачі, які в залежно від умов роботи можуть випробовувати різні види зношування: механічне, молекулярно-механічне, корозійно-механічне. Характер домінуючого виду руйнування залежить від конкретних умов роботи, які у більшості випадків недетерміновані, а, отже, їх вплив на аналізовані процеси можна оцінювати тільки у імовірнісній постановці.



1 - станинні ролики; 2 - горизонтальні валки; 3 - станина; 4 - вертикальні валки; 5 - шпинделі; 6 - врівноважуючий пристрій; 7 - натискний механізм.
Рисунок 1.2.Робоча кліть універсального слябінгу

Тому в таких випадках найбільш об'єктивний результат впливу кожного параметра на досліджувану величину може бути отримано тільки експериментальним шляхом за умови правильного планування експерименту. Складання такого плану випробувань, що відповідає критеріям максимальної інформативності за умови мінімального обсягу експериментальної роботи, є в кожному конкретному випадку актуальною та відповідальним завданням.

Рольганги

Рольганг конвеєр, роликами якого, закріпленими на невеликій відстані один від одного, переміщуються вантажі (поштучні або у тарі).

Роликові конвеєри поділяють на: неприводні (гравітаційні) та приводні.

На приводних рольгангах рух вантажу передається силою тертя, яка виникає між роликами, яким надається обертовий рух від групового або індивідуального привода, і вантажем, який на них лежить. На неприводних рольгангах вантаж переміщується під впливом прикладеної до нього рушійної сили. Ролики обертаються від взаємодії з рухомим вантажем, зменшуючи опір його рухові. Неприводні рольганги часто встановлюються з невеликим нахилом, що забезпечує рух вантажу самокатом під дією сили ваги.

Залежно від геометрії робочої траси, роликові конвеєри бувають:

- прямими;
- змієподібними;
- поворотними.

Конвеєри складаються з роликів, змонтованих на жорсткій рамі. Система роликів формує робочу поверхню. Ролики — це деталі циліндричної або конічної форми, виготовлені з алюмінієвого сплаву, пластика підвищеної міцності, неіржавної або конструкційної сталі, що встановлюються на підшипниках кочення або ковзання. У прокатних станах, де ролики зазнають ударів металу, застосовують ковані ролики. Для безперебійної роботи дистанція

між осями роликів не повинна перевищувати половини довжини найменшої одиниці вантажу. Гравітаційні (неприводні) моделі рольгангів часто мають модульну структуру. З окремих секцій невеликої довжини, які можуть мати лінійну чи кутову форму, можна скласти конструкції з трасою будь-якої довжини та конфігурації. Залежно від особливостей транспортованих вантажів, області та мети застосування роликового транспортера, він може комплектуватись додатковими пристосуваннями: відбійниками, напрямними, знімними бортами, електронними пристроями стеження тощо.

Роликові конвеєри застосовують для переміщення поштучних вантажів (труби, колоди, піддони, контейнери, ящики, прокат, виливки, плити, окремі деталі) в горизонтальному або похилому (під невеликим кутом) напрямі в різних виробництвах, на складах тощо. Такі конвеєри часто використовують у виробничих цехах для забезпечення відповідних технологічних процесів

У прокатному виробництві роликові конвеєри — це основний тип конвеєрів для транспортування гарячого прокату. Застосовуються у прохідних печах, як частина транспортних, сільськогосподарських та інших машин. Неприводні рольганги застосовуються на пакувальних, сортувальних, бракувальних столах, перевантажувальних ділянках з одного конвеєра на інший, для транспортування стосів або тюків тощо.

Маніпулятор

Залежно від виду систем керування розрізняють маніпулятори з ручним і автоматичним керування. У маніпуляторах з ручним керуванням оператор, діючи на ланки механізму керування, приводить у рух ланки виконавчого механізму. У найпростіших випадках передавання руху здійснюється за посередництвом механічних ланок: зубчастих коліс, тросів, важелів тощо. У цьому випадку граничні сили та переміщення виконавчого органа обмежені можливостями оператора. У разі потреби більших потужностей окремі ланки виконавчого механізму приводяться у рух приводами за сигналами, що

виробляються оператором через пристрій керування. У маніпуляторах з автоматичним керуванням ланки виконавчого механізму приводяться у рух сервоприводами, що працюють за попередньо складеною програмою.

Маніпулятори з автоматичним керуванням, що застосовуються при автоматизації виробничих процесів називають промисловими роботами.

Виконавчий механізм будь-якого маніпулятора — це багатоланковий просторовий механізм, який може мати у загальному випадку поступальні, обертальні, циліндричні, сферичні та сферичні з пальцем кінематичні пари. Залежно від поставленої задачі маніпулятор повинен забезпечувати різне число ступенів вільності захоплювача. Наприклад, для відтворення просторового руху захоплювача у загальному випадку маніпулятор повинен мати шість ступенів вільності, які можна реалізувати за допомогою семиланкового кінематичного ланцюга з виключно обертовими парами. Якщо ж потрібно відтворювати просторову траєкторію лише однієї точки захвату, то необхідне число ступенів вільності зменшується до трьох, тобто з'являються надлишкові ступені вільності. Надлишкові ступені вільності дають змогу оптимізувати кінематичні, динамічні, енергетичні та інші критерії якості процесу маніпулювання.

Надлишкові (зайві) ступені вільності називають також маневреністю маніпулятора, яка є важливою характеристикою маніпулятора. Збільшення числа ступенів маневреності маніпулятора розширює його можливості при виконанні складних рухів: збільшує робочий простір, зменшує мертві зони, розширює варіантність вибору траєкторій рухів у стиснених умовах.

Робочий простір маніпулятора — простір, в якому може перебувати виконавчий пристрій під час функціонування маніпулятора (автооператора, промислового робота)[1]. Конфігурація робочого простору та його величина безпосередньо залежать від числа ступенів вільності маніпулятора, розташування і типу кінематичних пар та розмірів ланок. Переміщення руки

маніпулятора може здійснюватись у прямокутній, циліндричній або сферичній системах координат.

Рух руки у прямокутній системі координат можна забезпечити лише поступальними парами, маніпулятор лише з обертовими рухами ланок дає змогу переміщати об'єкт маніпулювання в об'ємно-сферичній робочій зоні. Широкі можливості мають маніпулятори на основі структурної схеми з двома поступальними і одним обертальним рухом ланок, що дають змогу маніпулювати об'єктом в об'ємно-циліндричній робочій зоні. Поширеними є також маніпулятори на основі структури із двома обертовими і одним поступальним рухом ланок, що дає можливість маніпулювати у значно більшій об'ємно-сферичній зоні.

При цьому не всі частини робочого простору однаково зручні для виконання заданих рухів захвату. У зв'язку з цим рух захвату поділяють на чотири класи:

- рухи захоплювача з вільним об'єктом маніпулювання у вільному робочому просторі;

- рухи захоплювача з вільним об'єктом у невольному робочому просторі (є перешкоди у вигляді нерухомих об'єктів);

- рухи захоплювача у вільному робочому просторі з об'єктом маніпулювання, на який накладено в'язі;

- рух захоплювача у невольному робочому просторі з невольним об'єктом маніпулювання.

Конвеєр для збирання обрізі

Основні елементи конвеєра: тяговий, вантажний або тягово-вантажний органи; опорні і напрямні елементи; конвеєрний постав, урухомник. За конструктивними ознаками розрізняють конвеєри з гнучким тяговим органом і без тягового органу. У перших конвеєрах вантаж рухається разом з тяговим органом на його робочій гілці (стрічкові, стрічково-канатні, стрічково-

ланцюгові, скребкові, пластинчасті конвеєри, елеватори). В інших конвеєрах поступальний рух вантажу здійснюється при коливному або обертовому рухові робочих елементів (інерційні, вібраційні, шнекові, роликові конвеєри). Для живлення конвеєрів застосовується електрична, рідше гідравлічна і пневматична енергія. За кутом підйому розрізняють горизонтальні і слабкопохилі (6-30), похилі (до 18-20° і до 160), крутопохилі конвеєри (понад 18-20° і понад 160).

Траса конвеєра може бути як прямолінійною, так і криволінійною, став конвеєр постійної або змінної довжини. Конвеєри бувають стаціонарні, напівстаціонарні і пересувні, за призначенням — для підземних, відкритих гірничих робіт, загального призначення, спеціальні (наприклад, живильники, перевантажувачі тощо). Особливим різновидом конвеєра є конвеєрний поїзд. Секція конвеєра — частина конструкції конвеєра. Для стрічкового конвеєра складається з опор із закріпленими на них роликооперами вантажної та холостої гілки. Головний елемент секції скребкового конвеєра — риштак. Інші елементи конструкції конвеєрів: ножовий скидач, скребок, конвеєрна стрічка. Переваги конвеєрів: безперервність переміщення вантажів, завантаження і розвантаження без зупинок, висока продуктивність, велика довжина транспортування, високий ступінь автоматизації, забезпечення умов безпеки праці, високі техніко-економічні показники.

Проліт складу слябів

Довжина прольоту - 204м. Ширина двох прольотів складу 80м. Склад слябів фактично вміщує 26000-28000т слябів і обладнаний шістьма електромостовими кранами (у кожному прольоті по 3 крани) вантажопідйомністю 20/5 т. Вирізані на ножицях сляби можуть поступати в печі ТЛЦ по похилому транспортеру і пічному рольгангу або складуватися на стелажах складу слябів.

2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз конструкцій натискних механізмів прокатних станів

Виконавчі механізми натискних пристроїв прокатних станів діляться на наступні групи.

1. З натискними гвинтами та гайками.

У цій конструкції завдяки нерухомості гайки при обертанні натискного гвинта він отримує поступальний рух. Несамовідгвинчування під навантаженням забезпечується відповідним вибором кута підйому гвинтової лінії різьблення.

2. З клиновим механізмом.

У цій конструкції клин може пересуватися гвинтовою парою або гідроциліндром.

3. З гідроциліндрами [1-2].

У чистових клітках для отримання заданої геометрії металу коригування обтискання здійснюється на ходу, тому натискний механізм має бути розрахований на подолання повного зусилля, що діє на валки в процесі прокатки.

У чорнових та проміжних групах безперервних прокатних станів положення валків при прокатці не змінюється; необхідну відстань між валками, встановлюють заздалегідь, при налаштуванні стану.

Найбільш складну конструкцію мають швидкохідні натискні механізми. Швидкохідний механізм складається з натискних гвинтів 1 і гайок 2. Хвостовики гвинтів мають можливість переміщатися в ступицях зубчастих коліс 3, які за допомогою паразитних коліс 4 зчеплені з шестернями 5, встановленими на кінцях валів фланцевих електродвигунів 6. Механічна синхронізація руху правих і шестерен 7, посадженої на шток гідроциліндра 8. При включенні

електродвигунів 6 їх вали обертають шестерні 5, які надають руху паразитні колеса 4, які не змінюють передатне відношення, але змінюють напрям обертання (рис. 1).

Застосування циліндричних редукторів обумовлено тим, що для швидкохідних натискних пристроїв не потрібна велика передатна кількість редуктора. До того ж, к.к.д. циліндричних редукторів вище, ніж у черв'ячних і для свого виготовлення вони не вимагають бронзи. Вертикальне розташування вісі зубчастих коліс у циліндричних редукторів призводить до необхідності застосовувати електродвигуни з фланцевим з'єднанням.

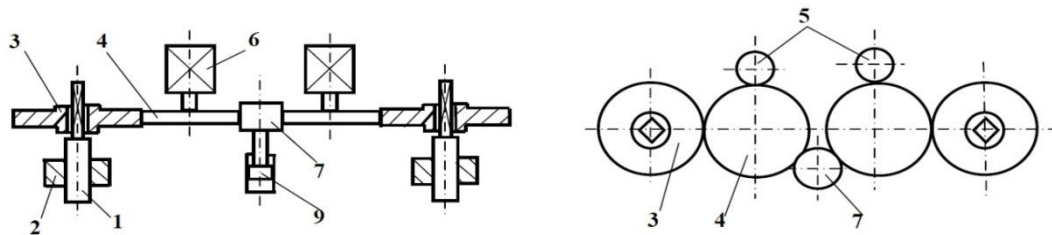


Рисунок 2.1 Швидкохідний натискний механізм

Аналіз гвинтових натискних механізмів показав, що найбільші навантаження сприймає саме гвинт та гайка цього механізму. На відміну від кріпильних різьб, в яких важлива підвищена надійність проти самовідгвинчування, в передавальних гвинтах важливе мале тертя. Тому для цих гвинтів застосовують різьблення з малими кутами профілю – трапецеїдальні тощо.

Подальше збільшення терміну служби гвинтових пар досягається декількома шляхами:

- за рахунок забезпечення передач засобами захисту і очищення різьб від абразивних частинок і продуктів зносу,

- за рахунок вирівнювання контактних навантажень по висоті гайки і усунення впливу перекосів гвинта;

-за рахунок застосування матеріалів з новими триботехнічними властивостями;

-за рахунок установки додаткової гайки, що сприймає навантаження при прокатці;

-за рахунок застосування нових режимів змащення і охолодження;

-за рахунок оптимізації конструктивних параметрів окремих елементів.

2.2 Опис технологічного процесу прокатки заготовок на обтискних прокатних станах та застосування у ньому натискних пристроїв

Реверсивний стан гарячої прокатки створений для підготовчого обтиску гарячого злитку . Найважливішими серед усіх реверсивних станів є обтискні стани. Через це візьмемо їх за основу розглядаючи прокатку реверсивних станів.

Існує два типи прокатні стани

- блюмінг;
- слябінг;

Блюм – стан, при якому заготовка на виході після прокатування має квадратний вигляд або наближений до нього. Таку форму металу використовують далі як заготовку для рейко балочних крупносортових станів.

Блюмінг ділиться за критерієм діаметр валків:

- великий (1300÷1150 мм);
- середній(1100÷1000 мм);
- малий (1000мм<).

Слябінг – заготовка обжимається до вигляду плоского перетину. Таку форму металу використовують далі для виготовлення тонких листів металу. Блюмінг та слябінг розрізняються тільки тим що в слябінга є додаткова кліть де виконується вертикальний обтиск.

Існує два способи привода робочих валків:

- груповий;
- індивідуальний;

Реверсивний стан окрім робочих клітей включає в себе наступні механізми:

- нагрівальні колодязі;
- злитковози;
- рольганги;
- поворотні столи;
- кантувач; 14
- ножиці;

Всі ці механізми об'єднані загальною технологічною лінією

Спочатку відбувається доставка гарячих злитків до нагрівних колодязів 1, у які їх завантажує кліщовий кран. В даних колодязях злитки нагріваються до $1200\div 1250^{\circ}\text{C}$, той же кран який поміщав злитки тепер витягує їх та переміщає на кільцевий злитковіз 2. Навантажений злитковіз переміщує злитки до стелажу 4 приймального рольгангу 5. За допомогою пристрою 3 зіштовхувача злитки потрапляють на приймальний рольганг 5. Після відбувається зважування злитку вагами 6, невдовзі злиток переміщається до подовженого рольгангу 7. Далі злиток потрапляє до переднього рольгангу 8. Кантувач 10 встановлений на передній лінійці маніпулятора 9, який відповідає за кантування після пропусків на 90° , після кантувач подає заготовку у робочу кліть 12, за допомогою роликів 11.

Перед тим як злиток потрапляє до кліті оператор змінює розхил валків натискного механізму. Для першого пропуску верхній валок піднімається до максимального верхнього рівня. Наступними вмикаються прокатні двигуни які розганяються до швидкості захвату. Коли до валків потрапляє злиток прокатні двигуни розганяються до максимально швидкості але в момент викиду злитка з валків швидкість двигуні зменшується щоб злиток не відлетів задалеко. Одразу

після викиду відбувається переміщення валку для отримання необхідного розхилу. Подальша прокатка відбувається тільки після закінчення переміщення валку та задній рольганг 14 переверне злиток до кліті.

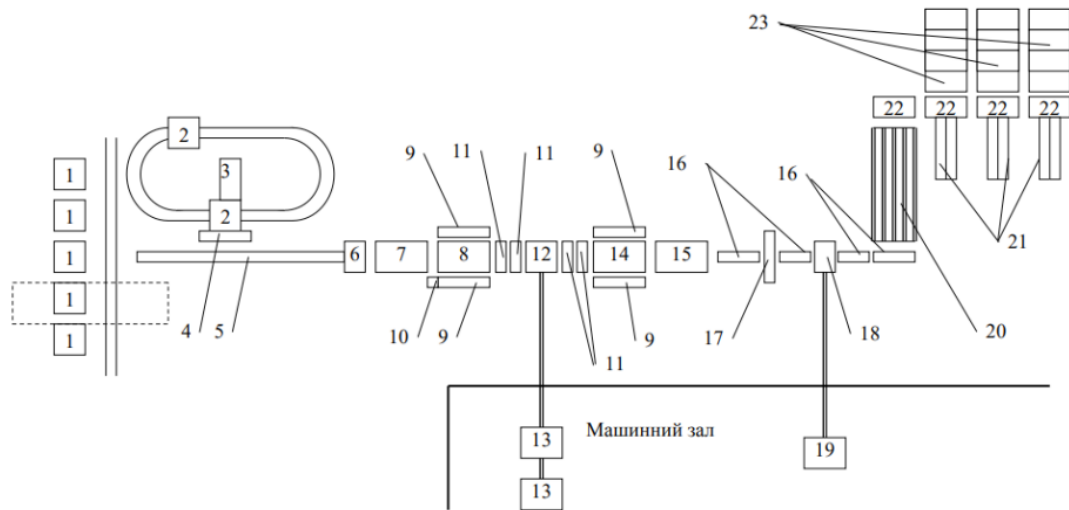


Рисунок 2.2 – План розташування технологічного обладнання блюмінга

При даній деформації злиток подовжується, що впливає на час циклу загальної прокатки, тому необхідно збільшити швидкість прокатки. Загальна кількість пропусків залежить від бажаного перетину металу і лежить у межах $9 \div 19$.

Злиток після прокатки за допомогою рольгангів 14,15,16 потрапляє до вогневої зачистки 17. Ця машина прибирає дефекти на поверхні металу. Далі потрібно нарізати метал на потрібну довжину це відбувається за допомогою ножиць 18. Після закінчення всіх операцій над заготівкою, вона направляє за допомогою ланцюгового транспортеру 20, до рольгангів які прибирають 21, звідки їх прибирають зіштовхувачі 22, на столи що штабелюють 23. Та в кінці вони направляються до складу

Типові технічні рішення натискних пристроїв

Виконавчий пристрій, що здійснює вертикальне переміщення валків в кліті, називається натискним пристроєм . Точніше його назва - пристрій позиціонування валків.

Можуть застосовуватися пристрої з натискним гвинтом

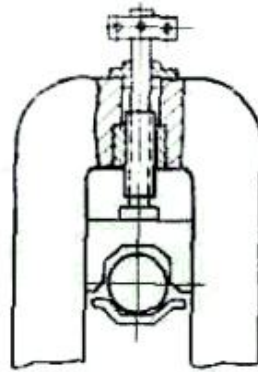


Рисунок 2.3 – Гвинтовий пристрій позиціонування

В даному випадку величина зміни L може бути досить високою (до 500 мм). Такі пристрої застосовуються при оперативному управлінні товщиною. Для цього вони забезпечені джерелом енергії - електродвигуном, системою редукторів і механічним синхронізатором обертання. Синхронізатор дозволяє змінювати параметр L на однакову величину на обох сторонах кліті. Такі пристрої позиціонування називаються електромеханічними, в яких крім зазначених елементів застосовуються понижуючі редуктори, як правило, черв'ячні.

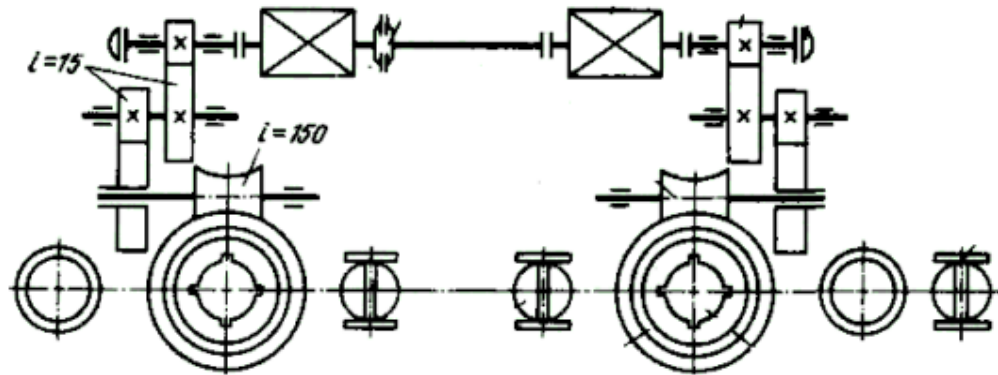


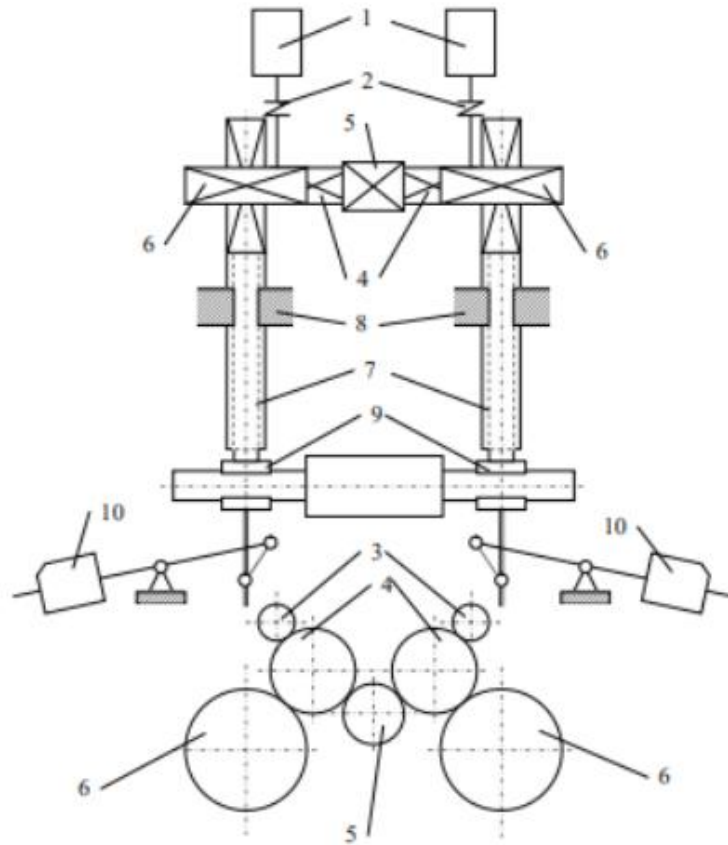
Рисунок 2.4—Електромеханічний пристрій позиціонування валка

Точність установки валка з гвинтовим пристроєм позиціонування залежить від діаметра гвинта і кроку різьблення. Чим менше крок різьби і більше діаметр гвинта, тим точніше позиціонування валка. Що стосується швидкодії, то воно багато в чому визначається моментами інерції численних обертових деталей і силами тертя на контактних поверхнях механічних пристроїв.

Натискний пристрій це механізм який регулює значення розхилу валків (рис. 2.10). Всього розрізняють три види цих механізмів :

- з ручним приводом (стара конструкція у якій калібр валків не змінюється)

- тихохідні механізми з електроприводом у якого мала висота підйому верхнього валку (блюм, сляб, універсальні стани, товсто- й середньо листові стани); швидкість валка у таких механізмах $0,2 \div 1,0$ мм/с.



- 1 – двигун; 2 – муфта; 3 – шестерня двигуна; 4 – проміжна шестерня;
 5 – роз’єднувальна шестерня; 6 – редуктор; 7 – натискний гвинт;
 8 – гайка натискного гвинта; 9 – подушка валків; 10 – рівновага

Рисунок 2.5 – Кінематична схема натискного пристрою з навантажувальною рівновагою

– швидкохідні механізми з ЕП підходить для станів де висота підйому більше 1500мм(блюмінги, слябінги, універсальні стани, товсто- й середньо листові стани) швидкість верхнього валку регулюється у широких діапазонах.

В загальному випадку усі електропривода механізмів по способу побудови силової частини можна групувати в такий спосіб:

– електропривід постійного струму із живленням від мереж або від групового перетворювача постійного струму;

- електропривід постійного струму з живленням від індивідуального перетворювача;
- електропривід змінного струму із живленням від цехових мереж;
- електропривід змінного струму з живленням від ПЧ.

Кожна з цих структур має різний спосіб реалізації системи керування, відповідно різні властивості процесів регулювання

- система аналогового керування із способами корекції: паралельної, послідовної – системи цифрового керування координат ЕП, реалізована за принципом аналогового регулювання або ж з цифровим методом регулювання

Усі перераховані методи реалізації силової частини і системи керування знаходять своє застосування в ЕП натискного механізму.

Формулювання вимог до електроприводу і системи автоматичного керування

Електропривод натискного механізму може бути здійснений від одного або декількох двигунів. Найбільш поширений привід натискного і врівноважуючого пристроїв за допомогою двох двигунів, що забезпечує зменшення моменту інерції приводу. Зазвичай передбачається можливість спільної і роздільної роботи електродвигунів, для чого механізм обладнується електромагнітними муфтами або іншими необхідними пристроями.

Для збільшення інтенсивності роботи натискного пристрою живлення двигунів повинно здійснюватися від комплектних тиристорних приводів із сучасною системою управління.

При цьому система повинна забезпечувати:

- підтримання заданого прискорення;
- ефективне гальмування;
- підтиск кінців розкату при заданих розчинах;
- ефективне безконтактне обмеження ходу.
- точність позиціонування

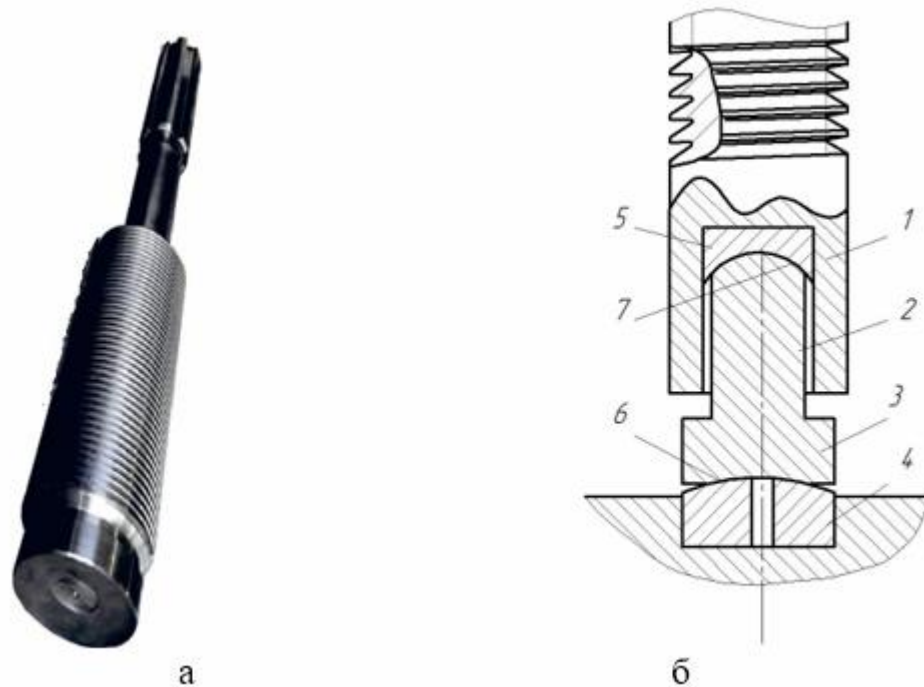
- запобігання перекошування валку (система вирівнювання)
- мінімізація втрат (привід є другим за потужністю)
- швидкодія

2.3 Опис проекту модернізації

У рамках поточної роботи була запропонована нова конструкція опори натискного гвинта прокатної кліті, яка забезпечує компенсацію радіальних навантажень на гвинт за рахунок використання сферичних поверхонь.

Обтискні прокатні стани найчастіше мають опори натискних гвинтів прокатної кліті, що включають під'ятник валкового вузла і натискний гвинт з глухим осьовим розточуванням, в якому розташована під'ятник. Однак відома опора не компенсує згинальні навантаження на гвинт, оскільки в конструкції відсутні необхідні ступені свободи. Запропонована опора дозволяє компенсувати згинальні динамічні навантаження на гвинт і тим самим підвищити надійність роботи. Для цього торцеві поверхні стрижневої опори , а також поверхні під'ятника та розточки гвинта виконані сферичними. На рис. 2.6 показано опору вертикального валка в розрізі.

Опора містить натискний гвинт 1, у торці якого виконана глуха осьова розточка 2. У розточці 2 розміщена п'ята стрижневої опори 3, яка своїми торцями взаємодіє з одного боку з під'ятником 4 валкового вузла, і з іншого боку з торцем розточування, де встановлений додатковий під'ятник 5. Взаємодіючі торцеві поверхні 6 і 7 опори та під'ятників виконані сферичними. Внаслідок наявності двох ступенів свободи в опорі під час роботи гвинта відбувається самоцентрування опори, що дозволяє компенсувати згинальне навантаження на гвинт і тим самим підвищити надійність роботи вузла.



а – поточна конструкція

б – запропонована конструкція

Рисунок 2.6 -. Гвинт та опора натискного механізму прокатного валка

Запропонована конструкція опори натискного гвинта прокатної кліті, яка включає в себе два сферичні підп'ятника, дозволяє ефективно компенсувати динамічне навантаження, що згинають натискний гвинт. Впровадження запропонованої конструкції дозволить підвищити довговічність натискного механізму.

2.4 Розрахунки механізму зрівноважування валка

Для визначення діаметра порівнюємо формул;

$$\frac{P_y}{P_p \eta_y} = \frac{\pi D^2}{4} \quad . \quad (2.1)$$

тоді діаметр циліндра буде відповідно до ДСТУ 6540-94 остаточно ухвалюємо $D=400\text{мм}$.

Необхідну подачу насоса визначаємо за значеннями плунжерної порожнини циліндра, яка буде:

$$S_n = 0,785 \cdot D^2. \quad (2.2)$$

$$S_n = 0,785 \cdot 0,4^2 = 125,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

По формулі визначаємо витрата робочої рідини, який забезпечить необхідну швидкість переміщення робочого органа.

Вибір параметрів трубопроводу

Внутрішній діаметр трубопроводу нагнітального:

$$d_y = 1,3 \cdot \sqrt{\frac{Q_H}{v_n}}. \quad (2.3)$$

де $v_n=2,6\text{м/с}$ – швидкість рідини в нагнітальному трубопроводі,

$$d_y = 1,3 \cdot \sqrt{\frac{200}{2,6}} = 11,4 \text{ мм}.$$

ухвалюємо $d_y=25 \text{ мм}$;

Параметри зливального й усмоктувального трубопроводу:

$$d_y = 1,3 \cdot \sqrt{\frac{Q_H}{v_B}}. \quad (2.4)$$

$$d_y = 1,3 \cdot \sqrt{\frac{200}{2,6}} = 11,4 \text{ мм}.$$

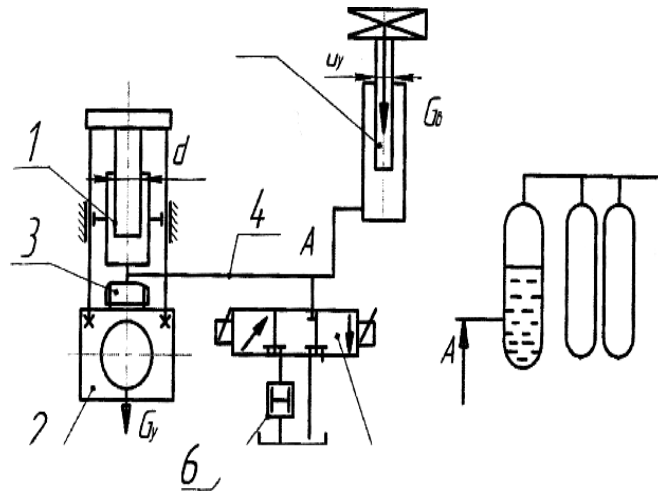
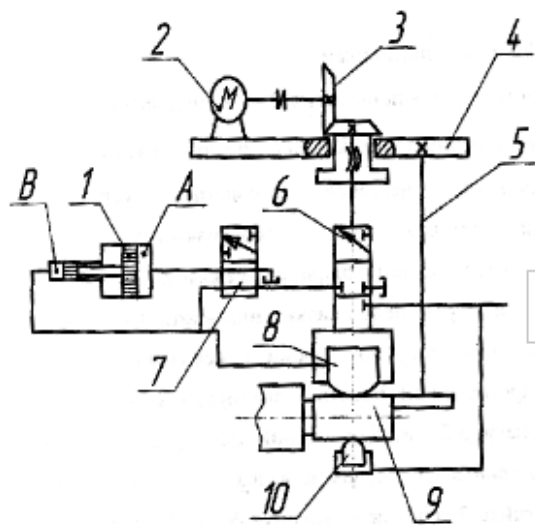


Рисунок 2.7 – Схема гідравлічного зрівноважування



1- мультиплікатор; 2 – двигун керування; 3 – конично-гвинтові редуктори;
 4 – траверсу; 5 – тяга; 6 – золотників, що стежать; 7 – перемикаючих золотників;
 8 – натискних циліндрів; 9 – подушка валка; 10 – поворотний циліндр

Рисунок 2.8 – Схема гідравлічного настановного пристрою

2.5 Розрахунки натискного механізму

Визначення крутного моменту й потужності двигуна електропривода натискного механізму

Для приведення в обертання натискного гвинта, коли на нього (по поверхні п'яти) діє тиск, до верхнього кінця натискного гвинта необхідно прикласти певний крутний момент, який можна підрахувати по формулі:

$$M_B = P_B \left[\mu_n \frac{d_n}{3} + \frac{d_{CP}}{2} \operatorname{tg}(\psi + \phi) \right] \quad (2.5)$$

де P_B — зусилля, що діє на натискний гвинт;

d_n — діаметр п'яти натискного гвинта; $d_n = 0,365$ м;

μ_n — коефіцієнт тертя в п'яті; $\mu_n = 0,10$;

d_{CP} — середній діаметр різьблення натискного гвинта; $d_{CP} = 0,438$ м;

ψ — кут підйому гвинтової лінії; $\psi = 4^\circ$;

ϕ — кут тертя в різьбленні, $\phi = 5^\circ$

$$P_B = 0,25 \frac{G}{2}. \quad (2.6)$$

де G — маса урівнешуючих деталей і вузлів (валки, подушки і т.д.),

$G = 622$ кН;

$$P_B = 0,25 \frac{622}{2} = 77,75 \text{ кН.}$$

$$M_B = 77,75 \left(0,10 \frac{0,365}{3} + \frac{0,438}{2} \operatorname{tg}(4^\circ + 5^\circ) \right) = 3,63 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Визначивши крутний момент, що вимагається для обертання натискного гвинта, можна потім визначити й потужність двигуна, необхідну для привода всього настановного механізму. Внаслідок того, що швидкість переміщення натискного гвинта задана, крутний момент двигуна для привода гвинта можна визначити по формулі:

$$M_{\text{ДВ}} = \frac{M_{\text{В}}}{i \cdot \eta} \quad (2.7)$$

де i — передаточне число привода від двигуна до гвинта, $i=4,87$;
 η — КПД передачі від двигуна до гвинта, $\eta=0,70$.

$$M_{\text{ДВ}} = \frac{3,63}{4,87 \cdot 0,7} = 1,06 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Потужність двигуна буде рівна:

$$N_{\text{ДВ}} = M_{\text{ДВ}} \cdot \omega_{\text{ДВ}} \quad (2.8)$$

де $\omega_{\text{ДВ}}$ — кутова швидкість 1/3;
 $n_{\text{ДВ}}$ - число обертів двигуна, $n_{\text{ДВ}}=1000$ про/хв.

$$\omega_{\text{ДВ}} = \frac{\pi}{30} n_{\text{ДВ}} \quad (2.9)$$

$$\omega_{\text{ДВ}} = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 104,6 \text{ с}^{-1}.$$

$$N_{\text{ДВ}} = 1,06 \cdot 104,6 = 111,4 \text{ кВт.}$$

Для привода натискних гвинтів установлено два електродвигуни типу ДП-82 загальною потужністю 2×270 кВт; $n_{\text{ДВ}}=1000$ про/хв; $m=1850$ кг; $M_{\text{МАХ}}=1912$ Н·м.

Визначення крутного моменту й потужності двигуна електропривода натискного механізму за умови виходу з ладу одного із двигунів

Вихідні дані для розрахунків:

$$P_B = 77,75 \text{ кН}; d_{\Pi} = 0,365 \text{ м}; \mu_{\Pi} = 0,10; d_{cp} = 0,438 \text{ м}; \psi = 4^{\circ}; \varphi = 50.$$

Згідно з вираженнями(2.6) одержимо:

$$P_B = 77,75 \cdot 2 = 155,5 \text{ кН};$$

$$M_B = 155,5 \left(0,10 \frac{0,365}{3} + \frac{0,438}{2} \operatorname{tg}(4^{\circ} + 50^{\circ}) \right) = 7,26 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (2.10)$$

Визначивши крутний момент, що вимагається для обертання натискного гвинта, можна потім визначити й потужність двигуна, необхідну для привода всього настановного механізму. Внаслідок того, що швидкість переміщення натискного гвинта задана, крутний момент двигуна для привода гвинта можна визначити по формулі:

$$M_{ДВ} = \frac{7,26}{4,87 \cdot 0,70} = 2,13 \text{ кН} \cdot \text{м}. \quad (2.11)$$

$$N_{ДВ} = 2,13 \cdot 104,6 = 227 \text{ кВт}. \quad (2.12)$$

З розрахунку видно, що робота натискного механізму при одному робочому двигуні можлива.

Визначення основних геометричних розмірів гайки

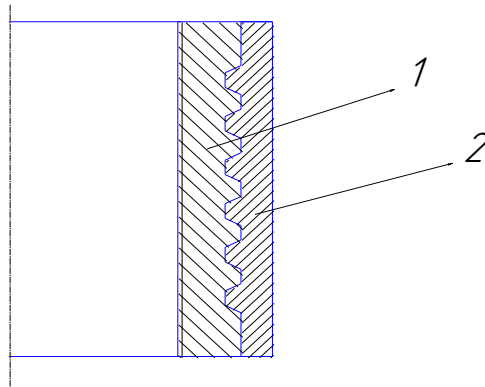
Етап модернізації містить у собі зміна конструкції суцільної бронзової гайки на складову: у сталевий східчастий бандаж заливається бронза. Зміна конструкції в такий спосіб дозволяє значно зменшити витрати бронзи, що здешевить виробництво гайок.

У таблиці 2.1 наведене співвідношення витрати мас матеріалів натискної гайки до її послуг модернізації.

Таблиця 2.1 – Порівняльна характеристика витрати матеріалів

Матеріал	Співвідношення мас використовуваних матеріалів			
	базовий		проектний	
	кг	%	кг	%
Бронза	724	100	380	53
Сталь	0	0	350	47

З таблиці 2.1 видно, що використання конструкції складеної гайки дає економію бронзи вдвічі, але при цьому з'являється витрата сталі й ускладнюється технологія виготовлення гайки.



1 – бронзове заливання, 2 – сталевий східчастий бандаж

Рисунок 2.10 – Конструкція складової гайки

Сталевий східчастий бандаж: якісна конструкційна сталь-25 за ДСТ 1050-74; $\sigma_B=600$ МПа; $\sigma_T=350$ МПа.

Перевірка міцності щаблів гайки на зріз:

$$\tau_{CP} = \frac{P_B}{\pi \cdot D_C \cdot H_C} \leq [\tau_{CP}] \quad (2.13)$$

де P_B – осьове зусилля на гвинті, $P_B=155,5$ кН;

D_C – мінімальний діаметр щаблів бронзової частини гайки, $D_C=0,540$ м;

H_C – висота щаблів працюючих на зріз, $H_C=0,260$ м;

$[\tau_{CP}]$ – допустиме напруження зрізу, $[\tau_{CP}]=55$ МПа.

$$\tau_{CP} = \frac{155,5}{3,14 \cdot 0,540 \cdot 0,260} = 13,8 \text{ МПа} < 55 \text{ МПа}$$

Умова виконана.

2.6 Розрахунки гвинтової передачі

Основним критерієм працездатності гвинтової передачі є зносостійкість, яка оцінюється по величині середнього тиску ρ_{CP} між витками гвинта й гайки:

$$\rho_{CP} = \frac{P_B \cdot t}{\pi \cdot d_2 \cdot h \cdot H} = 20 = [\rho_{CP}]. \quad (2.14)$$

де P_B – осьове зусилля на гвинті, $P_B=155,5$ кН;

t – крок різьблення, $t=0,048$ м;

d_2 – середній діаметр різьблення, $d_2=0,438$ м;

h – робоча висота профілю різьблення, $h=0,005$ м;

H – висота гайки, $H=0,460$ м;

$[\rho_{CP}]$ – припустимий середній тиск, $[\rho_{CP}]=20$ МПа.

Підставивши числові значення в (2.24), одержимо:

$$\rho_{CP} = \frac{155,5 \cdot 0,048}{3,14 \cdot 0,438 \cdot 0,005 \cdot 0,46} = 19,8 \text{ МПа} \leq [\rho_{CP}] = 20 \text{ МПа.}$$

Умова зносостійкості виконана.

Перевірка міцності витків на зріз:

$$\tau_{\text{СР}} = \frac{P_{\text{В}}}{\pi \cdot d \cdot k \cdot H \cdot k_{\text{м}}} \leq [\tau_{\text{СР}}]. \quad (2.15)$$

де d – зовнішній діаметр різьблення гвинта, $D=0,450$ м;

k – коефіцієнт повноти різьблення, $k=0,65$;

$k_{\text{м}}$ – коефіцієнт нерівномірності навантаження, $k_{\text{м}}=1$;

$[\tau_{\text{СР}}]$ – міцність, що допускається, на зріз, $[\tau_{\text{СР}}]=55$ МПа.

$$\tau_{\text{СР}} = \frac{155,5}{3,14 \cdot 0,450 \cdot 0,65 \cdot 0,46 \cdot 1} = 15,2 \text{ МПа} \leq [\tau_{\text{СР}}] = 55 \text{ МПа.}$$

Умова міцності витків на зріз виконане.

Перевіряємо умову міцності гвинта, навантаженої осьовий силою $P_{\text{В}}$ і обертаючим моментом:

$$\sigma_{\text{Е}} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau_{\text{КР}}^2} \leq [\sigma_{\text{СЖ}}]. \quad (2.16)$$

де σ^2 – напруга стиску;

$\tau_{\text{КР}}$ – дотичне напруження;

$[\sigma_{\text{СЖ}}]$ – допустиме напруження стиску, $[\sigma_{\text{СЖ}}]=300$ МПа для сталі 40Х.

$$\sigma = \frac{P_{\text{В}}}{A}, \quad (2.17)$$

де A – площа поперечного переріза гвинта, $A=0,1378$ м².

$$\sigma = \frac{155,5}{0,1378} = 112 \text{ МПа.}$$

$$\tau_{\text{кр}} = \frac{M_{\text{в}}}{W_{\text{кр}}}. \quad (2.18)$$

де $M_{\text{в}}$ – обертаючий момент на гвинті, $M_{\text{в}}=7,26$ кН·м;

$W_{\text{кр}}$ – момент опору поперечного переріза гвинта.

$$W_{\text{кр}} = 0,1 \cdot d_1^3. \quad (2.19)$$

де d_1 – діаметр западин гвинта, $d_1=0,419$ м.

$$W_{\text{кр}} = 0,1 \cdot 0,419^3 = 0,007356 \text{ м}^3.$$

$$\tau_{\text{кр}} = \frac{7,26}{0,007356} = 98 \text{ МПа}.$$

Отримані значення підставляю в (2.16)

$$\sigma_{\text{Е}} = \sqrt{112^2 + 3 \cdot 98^2} = 203 \text{ МПа} \leq [\sigma_{\text{СЖ}}] = 300 \text{ МПа}.$$

Умова міцності гвинта виконане.

2.7 Розрахунки найбільш навантажених вузлів і деталей

Визначення діаметра плунжера циліндра гідрозрівноважування верхнього валка.

Згідно з рекомендаціями, викладеними в літературі зусилля, що розривається плунжером, повинне на 20 ... 40% перевищувати вага деталей, що врівноважуються: валка з подушками, натискних гвинтів і сполучних елементів, позначуваний надалі розрахунках Q.

З технічної характеристики стану:

а) вага деталей, що врівноважуються, $Q=622$ кН.

б) робочий тиск у циліндрі $p=8$ МПа.

Визначимо потрібну площу поперечного переріза плунжера $F_{пл}$.

$$\rho = \frac{Q_{пл}}{F_{пл}}. \quad (2.20)$$

Звідки:

$$F_{пл} = \frac{Q_{пл}}{\rho} \quad (2.21)$$

Згідно з рекомендаціями, викладеними вище, силу Q збільшуємо на 40% і вона складе:

$$Q_{пл} = \frac{Q \cdot 140\%}{100\%} = \frac{622}{100\%} = 870 \text{ кН}. \quad (2.22)$$

$$F_{пл} = \frac{870}{8} = 1088 \text{ см}^2.$$

Звідси діаметр плунжера:

$$d_{пл} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{пл}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1088}{3,14}} = 37,3 \text{ см}. \quad (2.23)$$

З конструктивних міркувань ухвалюємо діаметр плунжера $d_{пл} = 400 \text{ мм}$.

Визначення витрати акумулятора системи гідро зрівноважування

З технічної характеристики стану:

а) швидкість переміщення плунжера

б) хід плунжера $H=870 \text{ мм}$;

$$V_{пл} = 200 \frac{\text{мм}}{\text{с}}. \quad (2.24)$$

Обсяг циліндра, заповнюваний маслом при підйомі плунжера:

$$V = F_{\text{пл}} \cdot H = 1088 \cdot 87 = 94656 \text{ см}^3. \quad (2.25)$$

Хід 200 мм плунжер робить за 1 секунду, а повний хід $H=870$ мм він робить за час.

$$t = \frac{870_{\text{мм}} \cdot 1_{\text{с}}}{200_{\text{мм}}} = 4,35 \text{ с}. \quad (2.26)$$

Тобто обсяг $V=94656\text{см}^3$ повинен бути заповнено протягом 4,35с. Виходить, витрата масла повинен становити:

$$Q_{\text{аккум}} = \frac{V}{t} = \frac{0,094656\text{м}^3}{4,35\text{с}} = 0,022 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 1,32 \frac{\text{м}^3}{\text{хв}}. \quad (2.27)$$

2.8 Розрахунки на міцність гідроциліндра

Гідравлічні силові циліндри в процесі роботи випробовують дію внутрішнього тиску робочої рідини.

При циліндр ставиться до товстостінних:

$$\frac{D_o}{D} = \frac{535}{400} = 1,33 \geq 1,2. \quad (2.28)$$

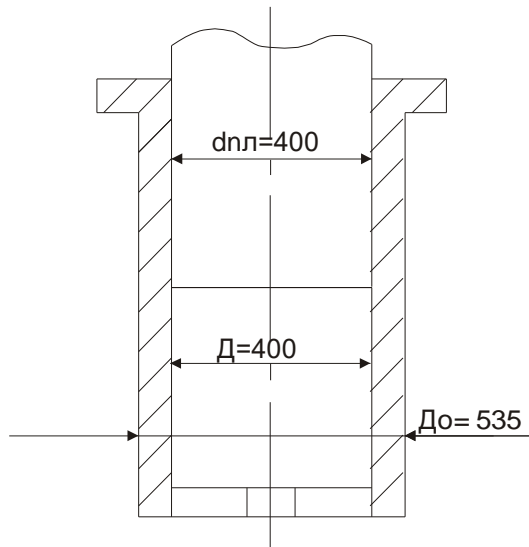


Рисунок 2.11 – Розрахункова схема гідроциліндра

Товщина стінки для сталеві гільзи:

$$\delta \geq 0,5D \left(\sqrt{\frac{100\sigma_{\text{доп}}}{100\sigma_{\text{доп}} - 1,73\rho}} - 1 \right) + C. \quad (2.29)$$

де $\sigma_{\text{доп}}$ - напруга, що допускається;

$$\sigma_{\text{доп}} = \frac{\sigma_{\text{в}}}{n} \cdot \eta. \quad (2.30)$$

де $\sigma_{\text{в}}$ - межа міцності

$$\sigma_{\text{в}} = 230 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} = 230 \text{ МПа}. \quad (2.31)$$

n - запас міцності; $n=3$

η - коефіцієнт міцності звареного шва, $\eta=0,7$.

Тоді:

$$\sigma_{\text{доп}} = \frac{23}{3} \cdot 0,7 = 5,36 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2} = 53,6 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} = 53,6 \text{ МПа.}$$

C – збільшення до мінімальної товщини стінки з урахуванням допусків на обробку, $C = 1 \text{ мм}$

$$\delta = 0,5 \cdot 400 \cdot \left(\sqrt{\frac{100 \cdot 5,36}{100 \cdot 5,36 - 1,73 \cdot 80}} - 1 \right) + 1 = 33,2 \text{ мм.}$$

Товщина стінки гільзи проектної:

$$\delta_{\text{пр}} = \frac{535 - 400}{2} = 67,5 \text{ мм.} \quad (2.32)$$

Тому що $\delta_{\text{пр}} > \delta$, та умова міцності виконана.

величина, що допускається, робочий тиску:

$$\rho_{\text{max}} \leq \frac{230 \cdot (\delta_{\text{пр}} - C) \cdot \sigma_{\text{доп}}^t}{D + (\delta_{\text{пр}} - C)} = \frac{230 \cdot (67,5 - 1) \cdot 2,5}{400 + (67,5 - 1)} = 82 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} = 8,2 \text{ МПа.} \quad (2.33)$$

де $\sigma_{\text{доп}}^t$ - що допускається напруга в стінці

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{доп}}^t &\geq \frac{\rho [D + (\delta_{\text{пр}} - C)]}{230(\delta_{\text{пр}} - C)} = \frac{80[400 + (67,5 - 1)]}{230(67,5 - 1)} = \\ &= 2,5 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2} = 25 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} = 25 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (2.34)$$

$$\rho_{\text{max}} > \rho \quad (2.35)$$

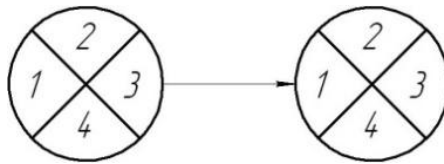
$$\sigma_{\text{доп}}^t < \sigma_{\text{доп}}. \quad (2.36)$$

Тому тиск і розміри гільзи задовольняють умові міцності.

3. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка мережного графіка капітального ремонту прокатного стана

На підставі переліку робіт, зазначеного в таблиці 3.1 будемо мережевий графік капітального ремонту головної лінії стана Слябінг 1150, за яким визначаємо його параметри.



де 1 – ранній початок робіт, що виходять (або раннє закінчення вхідних робіт);

2 – № події;

3 – пізній початок робіт, що виходять (або пізнє закінчення вхідних робіт);

4 – резерв часу події.

Рисунок 3.1 – Позначення на графіку

Таблиця 3.1 - Перелік робіт на капітальний ремонт головної лінії табору 1150

Номер роботи	Зміст роботи	Номер попередніх подій	Продовж. робіт, доба	Код роботи	Чисельність ремонтного персоналу
1	Ремонт обладнання газового тракту та видалення шлаку з	0	11	0–17	4

Номер роботи	Зміст роботи	Номер попередніх подій	Продовж. робіт, доба	Код роботи	Чисельність ремонтного персоналу
	нагрівальних колодязів.				
2	Ремонт злитковозу та візка злитковозу	0	3	0-4	10
3	Демонтаж, монтаж рейкової колії злитковозу	4	1,5	4-7	6
4	Демонтаж, ремонт, монтаж упору злитковозу	7	2	7-9	3
5	Ремонт стаціонарного перекидача	0	2	0-1	4
6	Ремонт поворотного столу	1	3	1-8	5
7	Демонтаж, монтаж приймального рольгангу	8	4	8-14	4
8	Демонтаж шпиндельного пристрою горизонтальної кліті	0	2	0-2	10
9	Демонтаж шпиндельного пристрою вертикальної кліті	1	2	1-5	4
10	Демонтаж ролика станинного	2	0,5	2-3	12
11	Демонтаж, заміна,	3	6	3-12	6

Номер роботи	Зміст роботи	Номер попередніх подій	Продовж. робіт, доба	Код роботи	Чисельність ремонтного персоналу
	ремонт, монтаж кліті робочої горизонтальної (станини, натискний пристрій, опори валків, механізм врівноважування верхнього валка та перевалки валків, покажчик розчину валків, система охолодження, вузлів гідравлічної системи).				
12	Демонтаж, заміна, ремонт, монтаж кліті робочої вертикальної	5	4	5–11	9
13	Монтаж ролика станинного	12	0,5	12–13	12
14	Монтаж шпindelного пристрою горизонтальної кліті	13	2	13–16	10
15	Монтаж шпindelного пристрою вертикальної кліті	11	2	11–15	4
16	Ремонт маніпулятора	0	4	0–6	8

Номер роботи	Зміст роботи	Номер попередніх подій	Продовж. робіт, доба	Код роботи	Чисельність ремонтного персоналу
	перед та за робочою клітиною				
17	Ремонт ножиць 20000 кН	6	3	6–10	12
18	Фіктивна робота	9	0	9–17	0
		10	0	10–17	0
		14	0	14–17	0
		15	0	15–17	0
		16	0	16–17	0

Розрахунок мережного графіка

Розрахунок мережного графіка починаємо з визначення ранніх термінів початку та закінчення робіт.

Ранній термін виконання вихідної події t_0^p приймаємо рівною 0. $t_0^p = 0$

На графіці, у лівому секторі кола, що зображує подію 0, записуємо 0.

Ранній термін виконання події 1 визначається за такою формулою:

$$t_1^p = t_0^p + t_{0-1} = 0 + 2 = 2 \text{ діб.} \quad (3.1)$$

Це означає, що подія 1 може відбутися лише через дві доби після початку робіт.

Далі визначаємо ранні терміни здійснення всіх інших подій. Дані розрахунків зведено до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Ранні терміни здійснення подій

№ події	t_i^p , діб
0–1	2
0–2	2

№ події	t_i^p , діб
0–4	3
0–6	4
0–17	11
1–5	4
1–8	5
2–3	2,5
3–12	8,5
4–7	4,5
5–11	8
6–10	7
7–9	6,5
8–14	9
9–17	6,5
10–17	7
11–15	10
12–13	9
13–16	11
14–17	9
15–17	10
16–17	11

Визначення пізніх термінів здійснення подій

Визначення пізніх термінів здійснення подій починається з заключної події, тобто з кінця графіка і ведеться у зворотному порядку, наближаючись до початкової події.

Пізній термін здійснення остаточної події приймається рівним його ранньому терміну:

$$t_i^n = t_j^p. \quad (3.2)$$

Пізній термін здійснення попередньої події t_i^n визначається як різниця між пізнім терміном здійснення заключної події t_j^n та тривалості t_{i-j} . Якщо з якоїсь події i виходять дві або кілька робіт, то пізній термін здійснення цієї події визначається мінімальною різницею між пізнім терміном здійснення кінцевої події роботи $i-j$ та тривалістю роботи; тобто t_{i-j} :

$$t_i^n = \min(t_j - t_{i-j}) \quad (3.3)$$

Пізній термін здійснення події є найбільш пізнім допустимим терміном закінчення (так званим пізнім закінченням) $t_{i-j}^{n.o.}$ всіх робіт, які входять до нього, тобто.

$$t_{i-j}^{n.o.} = t_j^n. \quad (3.4)$$

Найбільш пізній початок будь-якої роботи:

$$t_{i-j}^{n.o.} = t_{i-j}^{n.o.} - t_{i-j} = t_j^n - t_{i-j}. \quad (3.5)$$

Визначаємо пізні терміни здійснення події мережевої моделі рис. 3.2.

$$t_{17}^n = t_{17}^p = 11 \text{ діб}. \quad (3.6)$$

У праву частину сектора події 17 записується цифра 11:

$$t_{13}^n = t_{13}^n - t_{13-16} = 11 - 2 = 9 \text{ діб}. \quad (3.7)$$

Далі визначаємо пізні терміни здійснення всіх інших подій. Дані розрахунків зведено до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Поздние сроки осуществления событий

№ події	t_i^n , діб
0-1	1
0-2	0
0-4	4,5

№ події	t_i^n , діб
0–6	4
0–17	0
1–5	1
1–8	3
2–3	2
3–12	2,5
4–7	7,5
5–11	5
6–10	8
7–9	9
8–14	7
9–17	11
10–17	11
11–15	9
12–13	8,5
13–16	9
14–17	11
15–17	11
16–17	11

Якщо графік розрахований правильно, то пізній термін здійснення вихідної події може дорівнювати його ранньому терміну, тобто:

$$t_0^n = t_0^p = 0. \quad (3.8)$$

Визначення критичного шляху

Безперервна послідовність взаємозалежних робіт у мережевому графіку утворює шлях.

Оскільки виконання окремих робіт необхідні витрати часу, то шляхи в мережевому графіку мають певну тривалість, рівну сумі тривалості робіт, які утворюють цей шлях.

Послідовність взаємозалежних робіт від початкової до кінцевої події називається повним шляхом. Повний шлях найбільшої тривалості називається критичним $L_{кр}$ (позначається на графіку жирною лінією). Критичний шлях визначає загальну тривалість виконання робіт на мережевому графіку. Критичний шлях характеризується роботами, у яких ранній та пізній терміни початку (або закінчення) збігаються.

Шляхи тривалості, які мало відрізняються від критичного, називаються підкритичними $L_{п.кр}$.

Усі шляхи, крім критичного, мають певні резерви часу. Оскільки критичним є повний шлях максимальної тривалості, його позначають після розрахунку ранніх та пізніх термінів здійснення подій.

Визначаємо критичний шлях мережевої моделі, що представлена на рис.3.2. Він проходить через події 0, 2, 3, 12, 13, 16, 17 і дорівнює $L_{кр} = 11$ діб.

Визначення резервів часу робіт

Резерви часу визначаються лише роботах, які лежать на критичному шляху.

Роботи, що лежать на критичному шляху, не мають жодних резервів часу. Повний (загальний) резерв часу роботи R_{i-j} – це весь резерв, який має робота за умови можливо раннього її початку та допустимого пізнього її закінчення.

Повний резерв часу роботи визначається за такою формулою:

$$R_{i-j} = t_j^n - t_i^p - t_{i-j}. \quad (3.9)$$

Нижче наведений розрахунок повного резерву часу всіх робіт мережевої моделі зображений на рис. 3.2.

$$R_{0-1} = t_1^n - t_0^p - t_{0-1} = 3 - 0 - 2 = 1 \text{ сутки}. \quad (3.10)$$

Далі визначаємо резерв часу роботи всіх інших подій. Дані розрахунків зведено до таблиці 4.

Таблиця 3.4 - Резерв часу роботи

№ події	R_{i-j}
0-1	1
0-2	0
0-4	4,5
0-6	4
0-17	0
1-5	1
1-8	2
2-3	0
3-12	0
4-7	4,5
5-11	1
6-10	4
7-9	4,5
8-14	2
9-17	4,5
10-17	4
11-15	1
12-13	0
13-16	0
14-17	2
15-17	1
16-17	0

Приватний резерв часу роботи – це резерв часу лише даної роботи, що дозволяє збільшити тривалість роботи, на величину вільного резерву, не викликаючи змін ранніх термінів здійснення початкового та кінцевого подій інших робіт.

Приватний резерв часу визначається за такою формулою:

$$r_{i-j} = [t_j^p - t_i^p - t_{i-j}]. \quad (3.11)$$

При негативному значенні наведеної різниці вільний резерв часу приймається рівним нулю.

Для мережевої моделі представлений на рис. 3.2 приватні резерви робіт мають значення:

$$r_{0-1} = [t_1^p - t_0^p - t_{0-1}] = 2 - 0 - 2 = 0 \text{ суток}. \quad (3.12)$$

Далі - приватні резерви часу роботи всіх інших подій. Дані розрахунків зведено до таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 - Приватний резерв часу роботи

№ подій	Резерв r_{i-j} , діб
0-1	0
0-2	0
0-4	0
0-6	0
0-17	0
1-5	1
1-8	0
2-3	0
3-12	0
4-7	0
5-11	0

№ подій	Резерв r_{i-j} , діб
6–10	0
7–9	0
8–14	0
9–17	4,5
10–17	4
11–15	0
12–13	0
13–16	0
14–17	2
15–17	1
16–17	0

Аналогічні розрахунки у табличний спосіб здійснюється в наступному порядку (див. табл. 3.6).

1.Графи 1, 2, 3 заповнюються виходячи з графіка, наведеного на рис. 5.2.

2.Графи 4 і 5 заповнюються одночасно, значення для графи 5:

Раннє початок роботи (графа 4) визначається як максимальна величина раннього закінчення попередніх робіт.

3.Графи 6 і 7 заповнюються одночасно, тільки у зворотному порядку, значення для графи 6:

$$t_{i-j}^{pn} = t_{i-j}^{po} - t_{i-j} \quad (3.13)$$

4.Повний резерв часу кожної роботи визначається як різниця між раннім і пізнім її початком (чи закінченням).

5.Приватний резерв:

$$r_{i-k} = t_{j-k}^{pn} - t_{i-j}^{po} \quad (3.14)$$

Таблиця 3.6 - Розрахунок параметрів мережного графіка

Кількість попередній робіт	Шифр роботи	Продовж роботи t_{i-j}	t_{i-j}^{pn}	t_{i-j}^{po}	$t_{i-j}^{пн}$	t_{i-j}^{no}	Резерв	
							R_{i-j}	r_{i-j}
0	0-1	2	0	2	1	3	1	0
0	0-2	2	0	2	0	2	0	0
0	0-4	3	0	3	4,5	7,5	4,5	0
0	0-6	4	0	4	4	8	4	0
0	0-17	11	0	11	0	11	0	0
1	1-5	2	2	4	3	5	1	1
1	1-8	3	2	5	4	7	2	0
2	2-3	0,5	2	2,5	2	2,5	0	0
2	3-12	6	2,5	8,5	2,5	8,5	0	0
3	4-7	1,5	3	4,5	7,5	9	4,5	0
4	5-11	4	4	8	5	9	1	0
5	6-10	3	4	7	8	11	4	0
6	7-9	2	4,5	6,5	9	11	4,5	0
7	8-14	4	5	9	7	11	2	0
8	9-17	0	6,5	6,5	11	11	4,5	4,5
10	10-17	0	7	7	11	11	4	4
11	11-15	2	8	10	9	11	1	0
12	12-13	0,5	8,5	9	8,5	9	0	0
13	13-16	2	9	11	9	11	0	0
14	14-17	0	9	9	11	11	2	2
15	15-17	0	10	10	11	11	1	1
16	16-17	0	11	11	11	11	0	0

Календаризація мережного графіка

На рис. 3.2 задана мережева модель. За результатами розрахункових параметрів мережі проведено прив'язку мережевого графіка до календарних дат, причому події зафіксовані за ранніми термінами їх здійснення (рис. 3.3).

Розподіл трудових ресурсів мережевого графіка

За даними мережевої моделі (рис. 3.2) та результатами розрахункових параметрів мережі, проведено оптимізацію мережного графіка за трудовими ресурсами, представленого на рис. 3.4.

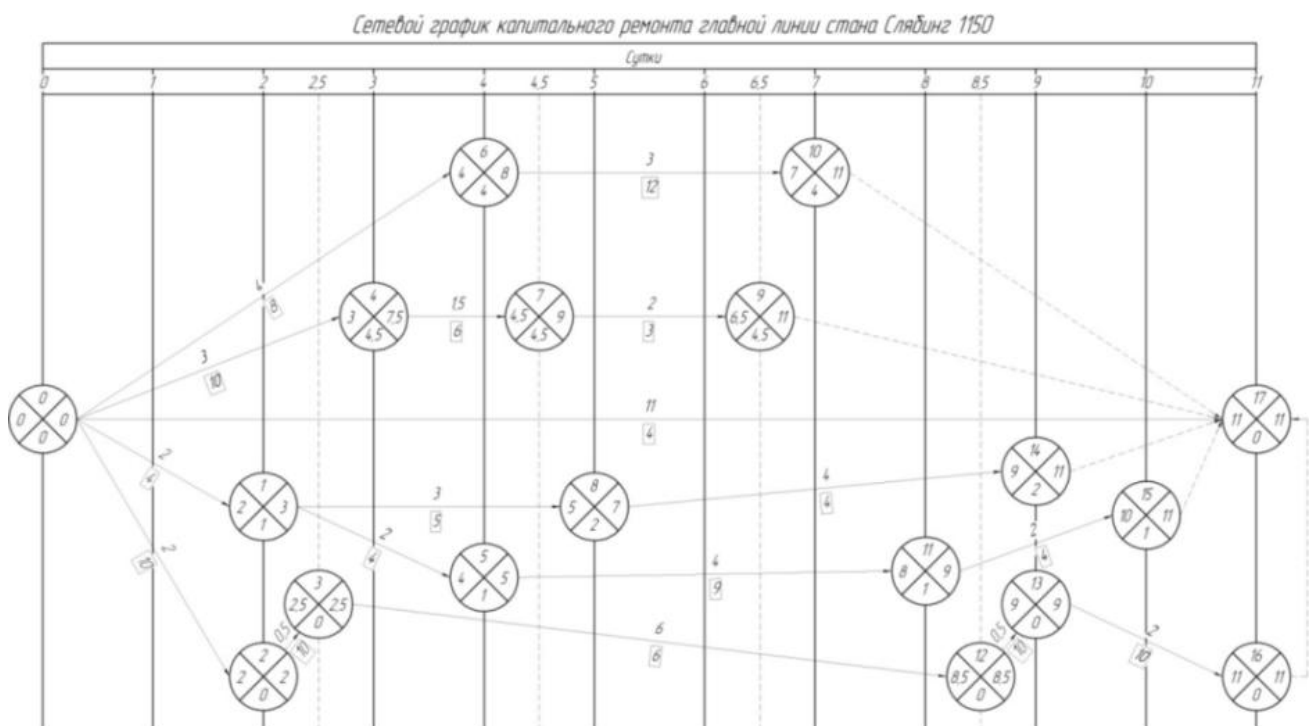


Рисунок 3.3 – Календаризація мережного графіка.

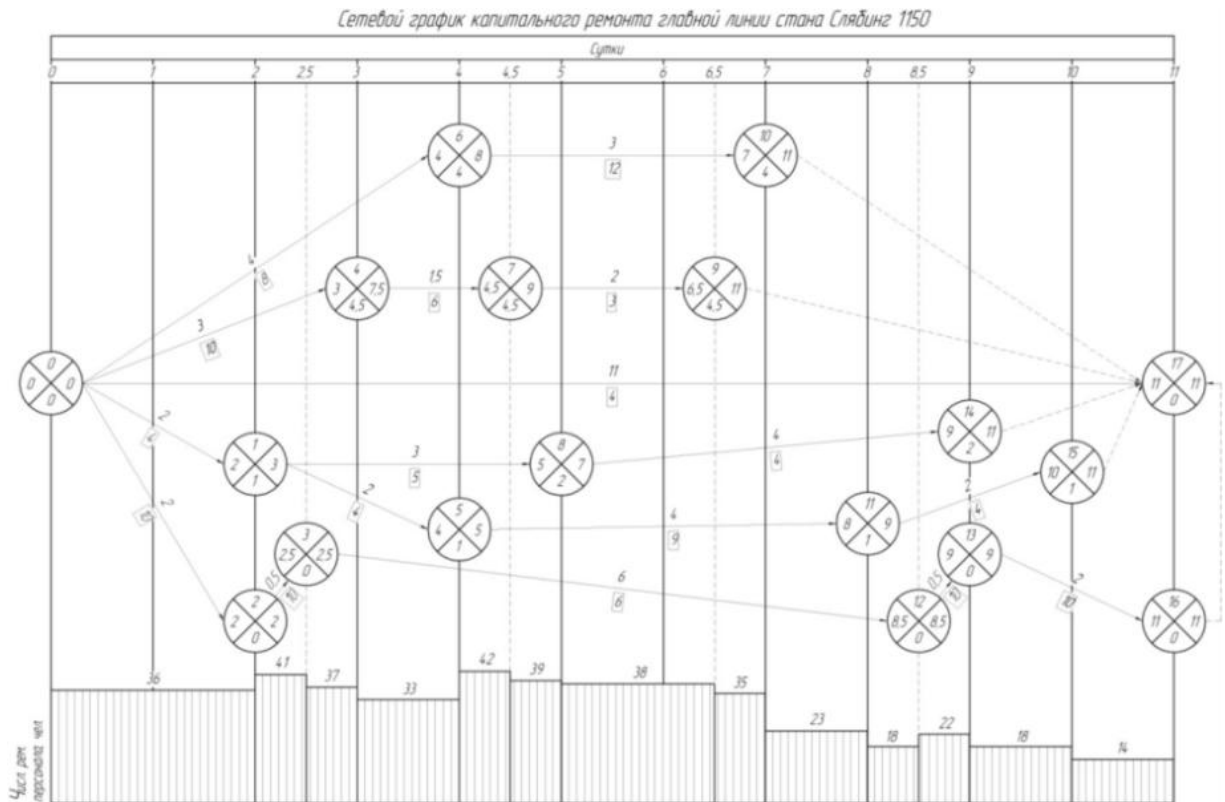


Рисунок 3.4 – Оптимізація мережного графіка за трудовими ресурсами.

3.2 Обґрунтування штатної чисельності працівників механослужби цеху (дільниці)

Розрахунок ведемо за даними трудомісткості ремонту. Річна трудомісткість поточних ремонтів, згідно з графіком ПВР, становить 6800 чол.-ч.

Штатна кількість ремонтного персоналу механослужби цеху визначається за такою формулою:

$$Ч_{р.п.} = \frac{T_0 \cdot (1 - \kappa_{ц})}{B_3 \cdot \kappa_B}, \quad (3.15)$$

де T_0 – загальна трудомісткість;

$Ч_{р.п.}$ – штатна кількість ремонтного персоналу;

$k_{ц}$ – коефіцієнт централізації поточних ремонтів (0,3-0,45);

$B_{э}$ – фактичний час роботи ремонтного персоналу (табл. 1);

$k_{в}$ – коефіцієнт, що враховує виконання норм виробництва(1-1,3)

$$Ч_{р.п.} = \frac{6800 \cdot (1 - 0,45)}{225 \cdot 1,3} = 12,2 \approx 12 \text{ чел.}$$

Штатна кількість ремонтного персоналу механослужби цеху визначається за такою формулою:

$$Ч_{д.п.} = \frac{T_{д.п.} \cdot (1 - k_{у})}{B_{э}}, \quad (3.16)$$

де $T_{м.о.}$ – трудомісткість чергового персоналу, чол.-ч. ;

$k_{у}$ – коефіцієнт, що враховує участь експлуатаційного персоналу у міжремонтному обслуговуванні(0,2-0,4);

$B_{э}$ – фактичний час роботи чергового персоналу (табл. 1);

$$Ч_{д.п.} = \frac{6800 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,4)}{243,75} = 6,4 \approx 6 \text{ чол.}$$

3.3 Розрахунок штату чергових робітників

1. Штат змінний:

$$Ш_{сут.} = 6 \text{ (чол.)} \quad (3.17)$$

2. Штат добовий:

$$Ш_{сут.} = Ш_{см} \cdot с, \quad (3.18)$$

де $с$ – кількість змін $с = 3$.

$$\text{Ш}_{\text{сут.}} = 6 \cdot 3 = 18 \text{ (чел.)}$$

3. Штат підмінний:

$$\text{Ш}_{\text{под}} = \text{Ш}_{\text{см.}} = 6$$

4. Штат розстановний::

$$\text{Ш}_{\text{расст}} = \text{Ш}_{\text{см}} + \text{Ш}_{\text{под}} = 18 + 6 = 24 \text{ (чол)} \quad (3.19)$$

5. Штат резервний:

$$\text{Ш}_{\text{рез}} = \frac{\text{Ш}_{\text{расст}} \cdot \%_{\text{рез}}}{100}, \text{ де} \quad (3.20)$$

$\%_{\text{рез}}$ – відсоток резерву визначається з таблиці балансу робочого часу одного робочого.

$$\text{Ш}_{\text{рез}} = \frac{24 \cdot 12}{100} = 2,9 \approx 3 \text{ (чол.)}$$

6. Штат обліковий:

$$\text{Ш}_{\text{спис}} = \text{Ш}_{\text{расст}} + \text{Ш}_{\text{рез}} = 24 + 3 = 27 \text{ (чол.)} \quad (3.31)$$

Таблиця 3.7 – Баланс робочого часу одного робітника на рік

Найменування показників	Для перлинних робітників		Для ремонтних робітників	
	Дні	Примітка	Дні	Примітка
Календарний час	365	(365*1)/4	365	
Вихідні	91,25		104	52+52
Святкові дні			10	
Номінальний час	273,75	365-91,25	251	365-(104+10)
Невикористаний час, у тому числі:				

Найменування показників	Для перлинних робітників	Для ремонтних робітників	Для ремонтних робітників	
	Дні	Примітка	Дні	Примітка
відпустка	24		20	
хвороби	4		3	
хвороби	1		1	
відпустка з навчання	1		1	
Разом:	30		26	
Фактичний час роботи	243,75	273,75-30	225	251-26
Коефіцієнт списочності	1,12	273,75/243,75	1,12	251/225
% резерву	12	(1,12*100)- 100	12	(1,12*100)-100

3.4 Розрахунок штату ремонтних робітників

Бригади працюють за перервним однозмінним графіком.

1. Штат змінний:

$$Ш_{см} = 12 \text{ (чол.)} \quad (3.32)$$

2. Штат розстановний:

$$Ш_{расст} = Ш_{см} \cdot 12 \text{ (чол)} \quad (3.33)$$

3. Штат резервний:

$$\text{Ш}_{\text{рез}} = \frac{\text{Ш}_{\text{расс}} \cdot \%_{\text{рез}}}{100}, \quad (3.34)$$

де $\%_{\text{рез}}$ – відсоток резерву визначається з таблиці балансу робочого часу одного робочого:

$$\text{Ш}_{\text{рез}} = \frac{12 \cdot 12}{100} = 1,44 \approx 1(\text{чол.})$$

4. Штат обліковий:

$$\text{Ш}_{\text{спис}} = \text{Ш}_{\text{расст}} + \text{Ш}_{\text{рез}} = 12 + 1 = 13(\text{чол.}) \quad (3.35)$$

На підставі отриманих даних складаємо штатний розпис механослужби цеху(табл. 3.8).

Таблиця 3.8 - Штатний розпис робітників механослужби цеху

Найменування професії	Розряд	Довж. доповн. відп.	Система оплати праці	% премії	Тривалість зміни	Графік роботи	Штат змінний	Штат розстановчий	% резерву	Штат резервний	Штат обліковий	Годинна тарифна ставка	Бал шкідливості	Примітки
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Черговий персонал														
слюсар-ремонтник	4	7	п/п	30	8	5-Х	4-Х	3	12	12	1	13	815,22	35,8-32,2
слюсар-	5	7	п/п	30	8	и	змінний	2	8	12	1	9	915,	35,8-

Найменування професії	Розряд	Довж. доповн. відп.	Система оплати праці	% премії	Тривалість зміни	Графік роботи	Штат змінний	Штат розстановчий	% резерву	Штат резервний	Штат обліковий	Годинна тарифна ставка	Бал шкідливості	Примітки
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ремонтник			п									45	32,3	
слюсар-ремонтник	6	7	п/ п	30	8		1	4	12	1	5	115, 87	35,8- 32,4	
Разом:							6	24		3	27			
Ремонтний персонал														
слюсар-ремонтник	4	7	п/ п	50	8	Перервний, однозмінний	4	4	12		4	8,2 2	35,8- 32,2	
слюсар-ремонтник	5	7	п/ п	50	8		4	4	12		4	9,4 5	35,8- 32,3	
слюсар-ремонтник	6	7	п/ п	50	8		2	2	12		2	10, 87	35,8- 32,4	
електрогазозварювальник	6	7	п/ п	50	8		2	2	12	1	3	10, 87	36- 35	
Разом:							12	12			1	13		

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Нагрівання металу в обтискному цеху здійснюється в регенеративних нагрівальних колодязях з різним напрямком полум'я.

Використання як палива доменно-коксового й природного газів у нагрівальних пристроях прокатних цехів, пов'язане з небезпекою утворення вибухонебезпечних сумішей і їх запалення. Джерелами запалення вибухової суміші в прокатному цеху є відкрите полум'я, електрична іскра, нагрітий метал і т.ін. Вибухова суміш газів з повітрям звичайно утворюється при порівняно низькій температурі .

При експлуатації прокатних станів можливі наступні небезпеки: захват валками або обертовими шпинделями й поєднаними муфтами частин одягу й кінцівок вальцювальника й механічні ушкодження осколками, що відлітають від металу, що прокатується і окалини

Прокатка на слябінгу, товстолистових станах супроводжується викидами часток окалини з великою швидкістю, осколків металу й бризів шлаків. Частки, що відлітають, руйнують скло постів керування й можуть травмувати операторів-вальцювальників .

У цеху є наступні види шумів: механічний, аеродинамічний, імпульсний, термічний. При тривалому впливі на працюючих, шум різної інтенсивності приводить до розвитку професійної глухоти, перенапружує центральну нервову систему й веде до розладу функцій органів людини. В обтискному цеху спостерігається високий рівень запиленості й загазованості повітря (табл. 4.1).

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони у вигляді газів, пар і пили не повинний перевищувати встановлені норми ДЕРЖСТАНДАРТ 12.1.005-81 ПДК.

4.2 Пожежна та техногенна безпека

Усі виробництва згідно з будівельними нормами та правилами ДБН В.2.2-28-2010 залежно від ступеня пожежної небезпеки підрозділяються на категорії А, Б, В, Г, Д. Обтискне виробництво належить до категорії пожежної небезпеки Г, пов'язане з обробкою неспалених речовин і матеріалів у гарячому, розпеченому або розплавленому стані, що й супроводжуються виділеннями променистого тепла, постійним виділенням іскор і полум'я, а також виробництва, пов'язаного із систематичним спалюванням твердого, газоподібного і рідкого палива.

У приміщеннях категорії Г пожежна безпека в будинку й спорудженні забезпечується звичайно планувальними розв'язками, добором і компонованням вогнестійких будівельних конструкцій. Повинні дотримуватися відповідні протипожежні розриви між будинками, залежно від їхньої вогнестійкості, дотримуватися вказівки ДБН В.2.5-64-2012 про прокладку комунікаційних трубопроводів горючих газів і легко займистих рідин.

Усі вибухо- і пожежонебезпечні виробництва мають системи автоматичного пожежогасіння. Застосовуються так само сигналізаційні комплексні пожежні установки, що мають блок інформації, пов'язані з пожежною частиною.

Для гасіння пожеж застосовують воду, водні емульсії вуглеводнів, хімічну й повітряно-механічну піну, вуглекислоту, інертні гази, порошки й різні комбінації цих составів.

При пожежі в електроустановках, що перебувають під напругою застосовують порошки типу СЧ. Для гасіння пожеж в прокатному цеху споруджена мережа зовнішнього й внутрішнього протипожежного водопроводу, що полягає із запасних резервуарів, насосної станції, водозабірних споруджень, трас трубопроводу, на яких через кожні 100м розміщують пожежний гідрант. Внутрішні пожежні крани для подачі води встановлені у шафках на майданчиках сходових кліток, у коридорах, обладнані пожежним рукавом довжиною 10 – 20 м, пожежним стовбуром зі сприском. До апаратів газового пожежогасіння відносять пересувний вуглекислотний вогнегасник типу УП-2М, призначений для гасіння палаючих матеріалів. Так само використовують ручні повітряно-пінні вогнегасники ВВП-5, ВВП-10 і ВХП-10.

У цеху є протипожежний реманент у вигляді ящиків із сухим піском (не менше

5м³), щити з вогнегасниками, пожежними ведрами, лопатами, баграми, ломами, шланги для кранів.

Можливі причини виникнення аварій на об'єкті. Причини аварій, пов'язані з відмовою (неполадками) устаткування.

До основних причинам, пов'язаним з відмовою устаткування відносяться:

- корозія устаткування і трубопроводів;
- фізичне зношування, механічне ушкодження, руйнування або температурна деформація устаткування і трубопроводів;
- відмови або збої в роботі автоматичних систем (збої в енергопостачанні).

Корозія устаткування і трубопроводів може стати причиною часткового руйнування технологічного устаткування. Аналіз аварій на аналогічних об'єктах дозволяє зробити висновки про те, що корозійне руйнування при достатній міцності конструкцій устаткування або трубопроводів, найчастіше має локальний характер. Однак, при несвоєчасній локалізації, воно може послужити

джерелом ланцюгового розвитку аварійної ситуації (витоку газу, утвору газоповітряної токсичної хмари, пожежі або вибуху газоповітряної суміші)

Фізичне зношування, механічне ушкодження, руйнування або температурна деформація устаткування й трубопроводів може привести як до часткового, так і до повного руйнування технологічного устаткування і трубопроводів.

Причини аварій, пов'язані з помилками персоналу.

Рівень автоматизації технологічного процесу вимагає від обслуговуючого персоналу високої кваліфікації і підвищеного уваги. Особливу небезпеку представляють помилки при пуску і зупинці устаткування, ведення ремонтних, профілактичних і інших робіт, пов'язаних з нестійкими перехідними режимами, зі спорожнюванням і заповненням устаткування небезпечними речовинами. У випадку неправильних дій персоналу існує небезпека руйнування технологічних систем і виникнення аварій

Аналіз матеріалів розслідування аварій показує, що 66,5% вибухів, пожеж і загорянь відбувається в результаті помилок при експлуатації устаткування, з них 20% аварій - через недотримання норм технологічного регламенту.

Причини, пов'язані із зовнішніми впливами природного й техногенного характеру

До зовнішніх впливів природного й техногенного характеру можна віднести:

стихійні лиха:

- сніжні замети, сильна ожеледь, сильна заметіль;
- дуже сильний мороз (- 30°C и нижче);
- дуже сильна жара (+ 40°C и більш);
- зсувні явища, осідання (провал) земної поверхні;
- сильний вітер, включаючи шквали й смерчі;
- великий гради, дуже сильний дощ, дуже сильний снігопад;

- сильне налипання (відкладання) снігу;
- грозові розряди й розряди статичної електрики;
- влучення устаткування в зону дії вражаючих факторів аварій, що виникли на сусідніх об'єктах;
- аварії на комунально-енергетичних мережах;
- навмисні дії (диверсія).

За ОНТП 24 – 86 приміщення обтискного цеху належить до категорії «Г».
Згідно з ПУЕ пожежно-небезпечна зона має клас "П-Ш" .

ВИСНОВКИ

У першому розділі було проведено загальний аналіз ПАТ МК «Запоріжсталь», включаючи коротку характеристику підприємства та видів випускаємої продукції. Також розглянуто механічне устаткування обтискного цеху та обладнання стана слябінг «1150», що дозволило визначити їх основні технічні параметри та можливості модернізації.

У другому розділі проведено детальний аналіз конструкцій натисних механізмів прокатних станів та описано технологічний процес прокатки заготовок з використанням натисних пристроїв. Було представлено проект модернізації обтискного цеху, включаючи розрахунки механізму зрівноважування валка, натискного механізму, гвинтової передачі та найбільш навантажених вузлів і деталей. Проведено розрахунки на міцність гідроциліндра, що дозволило оптимізувати технічні характеристики устаткування.

Розроблена нова конструкція опори натискного гвинта прокатної кліті, яка включає сферичні поверхні торців стрижневої опори та взаємодіючих з ними поверхонь під'ятника та розточування гвинта, показала свою високу ефективність у компенсації динамічних навантажень, що згинають натискний гвинт. Це дозволило значно підвищити надійність і довговічність натискних механізмів.

Запропонована конструкція опори натискного гвинта, завдяки сферичним поверхням торців стрижневої опори та взаємодіючих з ними поверхонь під'ятника і розточування гвинта, забезпечує автоматичне центрування опори під час роботи гвинта. Це дозволяє ефективно компенсувати згинальне навантаження, що значно підвищує надійність роботи вузла та зменшує ймовірність виходу з ладу.

Таким чином, удосконалення конструкцій натискних механізмів прокатних станів є важливим напрямом розвитку металургійного обладнання. Запропонована конструкція опори може стати основою для подальших досліджень і розробок у цій галузі, спрямованих на підвищення ефективності та надійності металургійного виробництва.

У третьому розділі розроблено мережний графік капітального ремонту прокатного стана, обґрунтовано штатну чисельність працівників механослужби цеху, а також виконано розрахунок штату чергових та ремонтних робітників. Це дозволить ефективніше планувати ремонтні роботи та забезпечувати безперервну експлуатацію устаткування.

У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці та техногенної безпеки. Описано потенційно небезпечні та шкідливі виробничі фактори, а також запропоновано заходи з пожежної та техногенної безпеки, спрямовані на забезпечення безпечних умов праці на підприємстві.

Таким чином, впровадження розроблених рекомендацій і проведення модернізації дозволить покращити технологічний процес, підвищити ефективність роботи прокатного цеху та забезпечити високий рівень безпеки на ПАТ МК «Запоріжсталь».

ЛІТЕРАТУРА

1. Гребеник К.М., Іванченко Ф.К., Ширяєв В.І. Розрахунок металургійних машин і механізмів. Навчальний посібник для вищів. Київ.: Вища школа, 1988. 410с.
2. Жидецький В.Ц., Джигерей В.С. Основи охорони праці. Львів, Афіша, 2000. 351с.
3. Левін М.З., Сєдуш В.Я. Механічне обладнання сталеплавильних цехів. Київ: Вища школа, 1985. 165 с.
4. Жук А.Я., Желябіна Н.К., Механічне устаткування цехів по виробництву металів та сплавів. Навчальний посібник./Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 1998. 210с.
5. Жук А.Я., Желябіна Н.К. Основи розрахунків приводів машин: Навчальний посібник./ Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 1996. 145с.
6. Владиміров А.М. Охорона навколишнього середовища Л.: Гидрометіо видавництво, 1991. 120с.
7. Жидецький В.Ц., Джигерей В.С. Основи охорони праці. Львів, Афіша, 2000. 351с.
8. Одарченко М. С., Степанов В.І., Черненко Я.М. Основи охорони праці. Харків, 2017. 334с.
9. Мархель І.І. Деталі машин. Навчальний посібник./ Київ.: Алерта, 2005. 368с.
10. Писаренко Г. С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів. Київ: Вища школа, 2004. 655с.
11. Шваб'юк В.І. Опір матеріалів. Київ: 2016. 407с.
12. Арендаренко В.М., Дудніков І.А. Теорія механізмів і машин. Навчальний посібник./ Полтава. 2020. 176с.

ДОДАТКИ

СПИСОК ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ

№ п/п	Найменування	Кількість листів	Формат
1	Гідроврівноваження верхнього валка	1	A4
2	Робоча кліть	1	A4
3	Гвинт натискний	1	A4
4	Гайка натискна	1	A4
5	Натискний пристрій вертикальних валків	1	A4
6	Специфікації	3	A4