Міністерство освіти та 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 вузлів правильної машини для правки круглих профілів

Виконав: бакалавр групи 6.1331-з
Стьопін С.М.
(ПІБ) (підпис)

спеціальності
133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)
спеціалізація
-

(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма
Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Керівник Таратута К.В.
(прізвище та ініціали) (підпис)
Н.контроль Васильченко Т.О.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя – 2025 рік

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

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

Кафедра металургійного обладнання

Рівень вищої освіти бакалавр

(другий (магістерський) рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Спеціалізація -

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри А.О Власов

_____

“____”_____2025 року

ЗАВДАННЯ
ДО ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

Стьопін Сергій Миколайович

(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення вузлів правильної машини для правки круглих профілів

керівник роботи доцент, канд. техн. наук Таратута К.В.

затверджені наказом вищого навчального закладу від “27.12. 2024 року № 2031 – с.

2. Термін подання студентом роботи 30.05.2025 року.
3. Вихідні дані роботи: техніко-економічні показники роботи правильного обладнання.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1. Загальна частина. 2. Спеціальна частина. 3. Експлуатаційна частина. 4. Охорона праці та техногенна безпека. Висновки та рекомендації.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень): 1. Креслення загального виду – 1шт ; 2. Складальні креслення -2 шт; 3. Креслення експлуатаційної частини– 1 шт.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата Завдання прийняв
1	Таратута К.В., к.т.н., доцент	
2	Таратута К.В., к.т.н., доцент	
3	Таратута К.В., к.т.н., доцент	
4	Таратута К.В., к.т.н., доцент	

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Отримання завдання	01.01.2025 – 20.01.2025	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдання	20.01.2025 – 01.02.2025	
3	Виконання теоретичної частини роботи	01.02.2025 – 01.04.2025	
4	Виконання графічної частини	01.04.2025 – 01.05.2025	
5	Оформлення роботи	01.05.2025 – 20.05.2025	
6	Перевірка роботи консультантами	20.02.2025 – 30.05.2025	
7	Попередній захист роботи	30.05.2025	
8	Переплітання роботи	05.06.2025	
9	Захист проекту у ЕК	Згідно з графіком	

Студент _____ С.М. Стьопін
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ К.В. Таратута
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Стьопін С.М. Удосконалення вузлів правильної машини для правки круглих профілів.

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, 2025р.

В роботі проведено огляд правильного обладнання та аналіз заходів для підвищення експлуатаційних властивостей обладнання. Детально описані вузли правильної машини для правки круглих профілів. Проведено розрахунки навантажень на вузли правильної машини. Запропонована удосконалена конструкція вузлів правильної машини для підвищення експлуатаційних властивостей.

Ключові слова: ПРАВКА, КРУГЛИЙ ПРОФІЛЬ, УДОСКОНАЛЕННЯ

ABSTRACT

Styopin S.M. Improvement of the units of the straightening machine for straightening round profiles.

Graduation qualification work for obtaining the degree of higher education bachelor in specialty 133 - Industrial mechanical engineering, scientific supervisor K.V. Taratuta. Zaporizhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu. M. Potebny, Department of Metallurgical Equipment, 2025.

The work provides an overview of the straightening equipment and an analysis of measures to improve the operational properties of the equipment. The units of the straightening machine for straightening round profiles are described in detail. Load calculations on the units of the straightening machine are performed. An improved design of the units of the straightening machine is proposed to improve operational properties.

Keywords: STRAIGHTENING, ROUND PROFILE, IMPROVEMENT

ЗМІСТ

Вступ 6

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА 8

1.1 Характеристика заводу «Дніпроспецсталь» 8

1.2 Опис обладнання калібрувального цеху 10

1.3 Опис технологічного процесу виробництва каліброваної сталі 13

1.4 Недоліки роботи обладнання калібрувального цеху та напрямки їх усунення 15

2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА 16

2.1 Призначення та класифікація правильного обладнання 16

2.2 Правильні машини для правки круглих профілів 18

2.3 Опис проекту модернізації косовалкової правильної машини 26

2.4 Розрахунок приводу та елементів конструкції косовалкової правильної машини 28

3. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА 38

3.1 Заходи по монтажу правильної машини 38

3.2 Рекомендації по організації технічного обслуговування та ремонтів ділянки правки калібрувального цеху 48

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 67

4.1 Характеристика факторів безпеки процесу правки круглого прокату 67

4.2 Аналіз шкідливих факторів виробництва круглого прокату 68

4.3 Огляд рішень по санітарії виробничих приміщень 70

4.4 Заходи з техніки безпеки 71

Висновки 76

Література 77

Додатки 78

ВСТУП

Правильне обладнання на підприємствах призначено для правки металу тобто виправленню дефектів пов'язаних з кривизною заготовки. З допомогою цього обладнання здійснюється вирівнювання поверхні металу і досягається висока площинність. Основними параметрами при виборі правильной машини є робоча довжина і товщина оброблюваного матеріалу.

Аналіз конструкцій правильного обладнання показав наявність недоліків у їх роботі. Наявний підвищений знос роликів та недостатня якість виправленого металу при виробництві тугоплавких і жароміцних матеріалів. Існуюча конструкція роликів правильної машини має струмки у формі половини дуги кола. Такий профіль погіршує прямолінійність прутка, що виправляється, підвищує знос струмка ролика, ускладнює заправку переднього кінця прутка в струмки наступних роликів правильної машини.

Задача полягає у підвищенні якості сортових профілів круглого перерізу та полегшенні їх заправки у правильну машину.

Для вирішення поставленої задачі у конструкції ролика правильної машини необхідно внести зміни пов'язані з зміною профілювання.

Конструкція зміненого профілювання ролика правильної машини полягає у тому, що бічні стінки струмка виконані з випусками 10-20°, а по дну струмка виконано паза шириною 0,2-0,3 від діаметра прутка. Таким чином, за рахунок розширення струмка до периферійної частини бочки ролика полегшується заправка профілів у правильну машину, а наявність паза у нижній частині виключає торкання його дна з прутком. Цим забезпечується надійне затискання прутка між бічними стінками струмка.

У відповідності до завдання в роботі проведено:

- огляд основних елементів правильного обладнання;
- розрахунок навантажень, на елементи правильного обладнання;
- обгрунтування запропонованого удосконалення.

Структура та обсяг роботи. Випускна робота бакалавра складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Обсяг основної частини роботи становить 85 сторінок, 11 таблиць, 15 рисунків, списку використаних джерел, додатків.

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Коротка характеристика заводу «Дніпроспецсталь»

У складі заводу працює більше 20 основних і допоміжних цехів і майже два десятки відділів і служб.

Сталеплавильне виробництво представлено трьома електросталеплавильними цехами, оснащеними дуговими електропечами ємністю від 10 до 60 т й однією індукційною піччю ємністю 10 т.

Кожен зі сталеплавильних цехів має свою специфіку: кожен орієнтований на виробництво певних марок сталі. Наприклад, в електросталеплавильному цеху №1 зосереджено виплавку швидкорізальних сталей, жароміцних сталей та сплавів, а також найбільш складних конструкційно-легованих та інструментальних сталей. Розливання металу відбувається в зливки різної ваги: 1, 2, 3,6 та 4,5 тонни. У цеху функціонує установка напівбезперервного розливання сталі, звідки виходять електроди перетином 370х370 мм, призначені для електрошлакового переплаву, і круглі електроди діаметром 405 мм для вакуумно-дугового переплаву.

Електрометалургійний цех №2 спеціалізується на виробництві різноманітних марок нержавіючої сталі. Цех оснащений конвертером для аргоно-кисневої продувки сталі, що робить можливим отримання високоякісного продукту. Чотири електродугові печі обладнані сучасними фільтрами рукавного типу для очищення газів. Крім цього, цех виконує розливку зливків для комбінату «Запоріжсталь». Виробництво спеціальних корозійностійких сталей з низьким вмістом вуглецю здійснюється з використанням газокисневого конвертера. За розробку та впровадження цієї передової технології у виробництво, колектив фахівців підприємства був відзначений Державною премією України у 1997 році.

Електрометалургійний цех №3 спеціалізується на виготовленні ресорно-пружинних, підшипникових, легованих, конструкційних, а також вуглецевих інструментальних та конструкційних сталей. В цеху розміщено електродугові печі. Післяпічне доведення сталі виконується в агрегаті «піч-ківш», введеному в експлуатацію в 1996 році. Висока якість сталей, вузькі межі та стабільність їх хімічного складу забезпечуються завдяки обробці напівфабрикату, отриманому в дуговій печі, на установці «піч-ківш». У 1998 році в цеху введено в експлуатацію агрегат для вакуумування рідкої сталі.

Цех електрошлакового і вакуумно-дугового переплаву №5 обладнаний печами різної місткості. В цеху виплавляють сортові зливки вагою 3,5 - 4,5 т, листові зливки до 20 т. та вакуумні зливки 5,5т. та 6,5 т. Вакуумні зливки відправляються до ковальсько-пресового цеху, електрошлакові – у прокатний цех, а листові - прокатують на комбінаті «Азовсталь» для виробництва товстого суднобудівельного листа.

З 1980 року на підприємстві функціонує цех з виробництва швидкорізальної сталі методом порошкової металургії.

Завод "Дніпроспецсталь" також спеціалізується на виробництві прокату та поковок, холоднотягнутої сталі та сталі зі спеціальним обробленням поверхні. Прокатний цех оснащено обтискним станом «1050» та трьома сортовими станами: «550», «325» та «280». Прокатка виливок масою від 2,8т до 4,5 т, що надходять у гарячому чи холодному стані, на заготовки для сортових станів, а також сортовий прокат діаметром 130-250 мм, здійснювалася на стані "1050". У 1998 році було проведено його капітальну реконструкцію із заміною клітей та збільшенням діаметру валків.

На сортопрокатних станах за розробленими схемами та з використанням оптимальних калібровок виготовляється широкий асортимент прокату: круглого та квадратного перерізу діаметром від 8 до 130 мм, а також смугового перерізу, в тому числі з параболічною кромкою.

Ковальсько-пресовий цех обладнаний гідравлічними пресами з номінальним зусиллям 6000 та 3200 тонн. Преси укомплектовані маніпуляторами вантажопідйомністю 10 та 5 тонн. Асортимент продукції: кування круглого та квадратного перерізу розміром від 200 до 500 мм, сляби розміром 120-300х300-800 мм та шайби діаметром від 400мм. до 1100 мм.

Ковальський цех спеціалізується на виготовленні важкодеформованих легованих інструментальних, швидкорізальних та нержавіючих сталей, а також жароміцних сплавів. В цеху встановлено дві радіально-ковальні машини РКМ-1000 та РКМ-340 австрійського виробництва, а також сім пневматичних молотів з масою частин, що падають, від 1 до 5 тонн. Асортимент продукції: сорти круглого та квадратного перерізу розміром 45-180 мм, смуги 25-55х75-100 мм.

Калібрувальний цех призначений для виробництва холоднотягнутої сталі діаметром 10-30 мм та сталі зі спеціальною обробкою поверхні діаметром від 1,5 до 9 мм. Функціонує також цех з виробництва зварювального дроту діаметром від 2 до 5 мм.

Виробництво ріжучих інструментів та інших виробів найвищої якості гарантується системою забезпечення якості випущеної продукції, що відповідає вимогам міжнародного стандарту ISO 9002, що підтверджується сертифікатом Суспільства Технічного Нагляду "TUV CERT" (Берлін-Бранденбург, Німеччина).

1.2 Опис обладнання калібрувального цеху

Завершальним етапом виробництва прутків є калібрування, яке здійснюється у калібрувальному цеху. Для забезпечення спеціалізованих верстатів, верстатів- автоматів, верстатів із числовим програмним керуванням (ЧПУ) якісною заготовкою, потребує найвищої точності розмірів, обчислювальної частками міліметрів. Встановленим допускам на розміри відповідає калібрована сталь, для виробництва якої діє на заводі калібрувальний цех.

Наразі у калібрувальному відділенні функціонують токарно-обдирні станки, що стали ключем до трансформації технології виробництва виробів з нержавіючих сортів сталі, стабілізувавши виконання контрактів на ці товари. Впровадження технології попереднього купорошіння підшипникової сталі, до етапу відпалу, забезпечило отримання металу без шару зневуглецювання. Завдяки цьому вдалось збільшити обсяги випуску підшипникової сталі, уникнувши багатьох трудомістких процедур. А впровадження автоматизованих ліній неруйнівного контролю суттєво покращило якість продукції, що поставляється споживачам, полегшивши роботу контролерів та сортувальників металу.

На заводі розпочато випуск швидкорізальної, антикорозійної та інструментальної сталі. Завдяки цим нововведенням суттєво зросли обсяги виробництва, що, у свою чергу, дало змогу оптимізувати кількість робітників у цеху. Калібрувальний цех спеціалізується на виробництві холоднотягнутої сталі діаметром 10-30 мм, а також сталі зі спеціальною обробкою поверхні діаметром 1,5 - 9,0 мм.

До того ж, цех виготовляє холоднотягнутий зварювальний дріт діаметром від 2мм до 5 мм з легованої та високолегованої сталі відповідно до ГОСТ 2256-70, призначений для зварювання та наплавлення.

Також виробляється сталь у прутках круглого та шестигранного профілю, калібровані бунти круглого профілю та прокат круглого профілю. Калібрування прутків здійснюється на ланцюгових волочильних станах зусиллям 15 - 50 тонн, а також на бунтоволочильних станах. Заготовка для калібрувального цеху постачається з прокатних станів «325» та «280» прокатного цеху.

Волочіння важкодеформованих сталей (швидкорізальних, високохромистих тощо) здійснюється на спеціальних станах, обладнаних високочастотними установками для проміжного підігріву металу.

Термообробка металу виконується в ковпакових газових і електричних печах із застосуванням захисних газів, а також установок високочастотного нагрівання.

Цех оснащений високотехнологічним обладнанням для неруйнівного контролю металу з метою виявлення поверхневих дефектів, зокрема, використовуючи дефектоскоп фірми «Фестер». Металообробка відбувається на потужних верстатах виробництва «Кізерлінг», поряд з вітчизняними автоматизованими лініями.

Таблиця 1.1 - Устаткування калібрувального цеху заводу «Дніпроспецсталь» [2]

№ п/п	Найменування обладнання	Кіл.	Характеристика обладнання
1	Електропіч колпаковаа ОКБ-4026	11	N=130 кВт, t^0=760°С, Р=67 кг/год
2	Двостендова колпакова газова піч	8	N−24 кВт, Р−0,5 т/година
3	Трьохстендова колпакова газова піч	4	N=34 кВт, øМе=11-22 мм, t^0≤800°С
4	Сортоправильна 9-роликова машина 9х300	1	N=39 кВт, $d_{ролика}$=300 мм, G_M=11,2 т
5	Роликова правильна машина 11х320	1	N=101 кВт,V=1,14-2,25 м/с, øМе=8-45 мм
6	Роликова правильна машина (СКМЗ) 7х700 №2	2	N=39 кВт, øМе=25-80 мм, V=0,6-1,6 м/с
7	Вальцеобтискний стан (АЗТМ)	1	$N_{ел.двиг.}$=14 кВт, $d_{валка}$=120, øМе=10-17 мм
8	Вальцеобтискний стан («Красний октябрь»)	1	$N_{ел.двиг}$=20 кВт, $d_{валка}$=230, øМе=17-32 мм
9	Волочильний стан 2КМ15-9 (Техмаш)	1	$F_{волоч.}$=1,5 кН, N=55 кВт, $d_{загот.}$=17-42, V=12-100 м/с
10	Волочильний стан 2КМ30-9 (ИЗТМ)	1	$F_{волоч.}$=3,0 кН, N=315 кВт, $d_{загот.}$=17-42
11	Бухтовий волочильний стан В - 1/750 (АЗТМ)	1	N=110 кВт, øМе=12-20 мм, G_M=14,73 т
12	Автоматична лінія 2КЛ41А	1	N=232 кВт, øМе=5-15 мм, øбунта=530-1200 мм
13	Лінія 2КЛ40	1	N_{Σ}=400 кВт, øМе=5-15 мм, G_M=70 т
14	Лінія П-68	1	N=129 кВт, $d_{загот.}$=6-20 мм, $l_{min.}$=2 м
15	Прес кривошипний одностоєчний механічний КБ-245	2	$F_{резки}$=63 т, N=7,0 кВт, G_M=6,04 т
16	Установка індукційного нагрівання ТВЧ-1 (3-х індукторна)	1	N=2,2 кВт, t^0=680-720°С, $d_{виробу}$=9-22 мм
17	Установка індукційного нагрівання ТВЧ-2 (7-и індукторна)	1	N=2,4 кВт, t^0=680-760°С, $d_{виробу}$=10-25 мм
18	Кран мостовий №240	6	Q=5 т, L=144, В=28, Н=10 м

№ п/п	Найменування обладнання	Кіл.	Характеристика обладнання
19	Кран мостовий №241	4	Q=30 т, L=144, B=28, H=12 м
20	Кран мостовий №243	3	Q=10 т, L=36, B=28, H=12 м
22	Кран мостовий №245	3	Q=5 т, L=108, B=28,5, H=10 м

У калібрувальному цеху заводу «Дніпроспецсталь» наявне різне устаткування – основне та допоміжне, а також вантажопідіймальне й транспортне. В таблиці 1.1 подано перелік устаткування (у стислому вигляді), яке задіяне в технологічному процесі калібрувального цеху, разом із його стислими технічними характеристиками.

Робочі лінії калібрувальних станів розроблені для волочіння прутків круглої, квадратної та шестигранної форми з чорних і кольорових металів та сплавів.

Стани дають можливість одночасно волочити один, два або три прутки. Конструктивно стани спроектовані за дволанцюговою схемою з Г-подібними стійками робочого столу та з боковим видаванням каліброваних прутків у кишені.

Прутки подаються на обробку з використанням кранів та візків. Для більш якісної правки холодних круглих профілів, що мають згин по довжині у різних площинах та незначну еліптичність перетину, застосовують правильні машини з косорозташованими роликами, що мають спеціальний гіперболоїдний профіль.

Машина правильна косовалкова 7х700 призначена для поштучної правки в холодному стані поздовжньої кривизни сталевого круглого прокату, в межах наведених нижче параметрів прокату, що виправляється, і технічної характеристики машини.

1.3 Опис технологічного процесу виробництва каліброваної сталі

Першим кроком технологічного процесу є термічне оброблення прутків. У разі потреби, термічне оброблення проводять в газових печах (ГПП),

застосовуючи суміш захисного і природного газів у співвідношенні 10:1, або в окиснювальній атмосфері.

Випрямлення прутків виконується на роликових косовалкових правильних машинах 11х320, 7х700, 9х300.

Травлення та нанесення підзмащувального покриття здійснюються у спеціальних ваннах, з використанням сірчанокислотного або кислотно-сольового розчину (в залежності від марки сталі). Потім метал промивають у проточній воді та нейтралізують, або ж на поверхню металу після промивання наносять вапняно-сольове покриття. На завершення метал висушують.

Загострення кінців, за потреби, відбувається на вальцеобтискних станах. Загострення кінців на бунтах виконується на загострювальних машинах.

Виготовлення каліброваних прутків відбувається методами волочіння, шліфування або обточування [5].

Волочіння – це спосіб обробки металу тиском, коли довгомірна заготовка з постійним перерізом протягується через канал волочильного інструменту (волоки), набуваючи форми і розмірів, що відповідають найменшому перетину каналу.

Обточування та виправлення-полірування реалізуються на станах фірми «Кізерлінг».

Волочіння заготовок може відбуватися як у нагрітому, так і в холодному стані. Значного поширення набув метод холодного волочіння. Холодне волочіння прутків з використанням якісного твердосплавного інструменту та висококласних технологічних мастил дозволяє отримувати готові вироби з точними розмірами поперечного перерізу та гладкою поверхнею.

Виробництво каліброваних бунтів виконується на бунтових волочильних станах 1/750, 1/800, 1/700, 1/550, а також теплим волочінням на бунтових волочильних станах 1/700 та 1/550 з нагріванням струмами високої частоти на установках моделі ЛЗ-107, ЛЗ-167.

Волочіння в цеху реалізують на станах 2КМ15-9, 2КМ30-9, 2КМ50-9. Шліфування здійснюється на безцентрово-шліфувальних верстатах.

Виготовлення каліброваної сталі з бунта в пруток відбувається на лініях 2КЛ-40, П-68.

Виправлення каліброваних прутків відбувається на роликових косовалкових правильних машинах 11х320, 7х700, 9х300.

Різання загострених та дефектних кінців прутків, а також каліброваної сталі, виконується на механічних пресах КБ-245, ножицях Н-514 та обрізних станах. Рекристалізаційний відпал, якщо потрібно, проводять на установках індукційного нагрівання.

1.4 Недоліки роботи обладнання калібрувального цеху та напрямки їх усунення

Висока продуктивність роботи калібрувального цеху стримується недоліками технологічного процесу та обладнання, що наявні.

Обмежена продуктивність механізмів подачі прокату до обробки (крани, талі, візки).

Низька ефективність роботи та застарілість конструкції правильного обладнання негативно впливає на якість правки, частоту ремонтів, умови роботи персоналу, та рівень забруднення робочих зон.

Недостатня продуктивність роботи обладнання, яке прибирає виробничі відходи, призводить до зменшення вільного простору в цеху.

Одним з проблемних місць калібрувального цеху можна назвати правильне обладнання, яке відповідає за підготовку прутків до подальшого калібрування на волочильних станах. Від якості правки безпосередньо залежить якість кінцевої продукції після калібрування та шліфування.

Вирішення проблем, пов'язаних з конструктивними недоліками обладнання, розглядається в наступному розділі.

2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1. Призначення та класифікація правильного обладнання

Правильне обладнання класифікується згідно з профілем правки, який воно здійснює. Розрізняють листоправильні машини, сортоправильні машини та правильні преси. У свою чергу, листоправильні багатороликові машини поділяються на два типи: з паралельним розташуванням роликів та з похилим (рис. 2.1). Перші використовують для правки товстого металу (понад 12 мм) та іноді для попередньої правки тонкого. Другі застосовуються для виправлення тонких листів і смуг (до 4 мм).

У обладнанні, де ролики розміщені паралельно, лист згинається рівномірно під кожним валком. У машині з нахиленими роликами найбільше прогинання аркуша фіксується між першими роликами; далі, зі зміщенням листа, прогин зменшується, і біля останніх роликів дефекти викривлення (коробчастість, хвилястість) повністю усуваються – це є перевагою правки смуг на таких машинах у порівнянні з машинами, де ролики розташовані паралельно [3].

Ключовими параметрами листоправильних багатороликових машин є: діаметр роликів D, крок роликів t, їх кількість n, довжина робочої частини роликів L та товщина аркушів h, що підлягають виправленню на конкретній машині.

Діаметр та крок роликів впливають на якість виправлення та на зусилля, які діють на вали правильної машини. Занадто великі крок і діаметр роликів не забезпечують потрібної точності правки, а зі зменшенням t і D зростає тиск на ролики та ускладнюється конструкція машини.

Теорія визначення оптимальних значень кроку і діаметра роликів ще не достатньо розвинена, тому їхній вибір здійснюється, спираючись на практичний досвід, залежно від товщини та ширини смуг, які підлягають

правці на конкретному обладнанні. Крок роликів зазвичай обирається як t ≈ 1,1D.

Точність правки також залежить від кількості роликів у машині: чим більше роликів, тим вища якість правки. Зазвичай для правки листів товщиною понад 4 мм застосовують 9–11 роликів, а при правці тонких листів 13–17 роликів (в деяких випадках, для особливо якісного виправлення – 19–23 ролики). Швидкість правки вибирають з огляду на продуктивність машини та товщину листів.

Якість правки залежить також від якості поверхні робочих роликів та ступеня їхнього зносу. Оскільки при холодній правці знос роликів залежить від контактних напружень, то ці напруження не повинні бути надто великими.

Підраховане за наведеною формулою максимальне контактне напруження не повинно перевищувати подвійного значення межі плинності матеріалу смуги (за умови недопущення її розкочування).

Для збільшення жорсткості листоправильної машини та забезпечення необхідної якості й точності правки робочі ролики спираються на опорні ролики. Діаметр опорних роликів береться рівним або більшим за діаметр робочих роликів. Довжина бочки робочих роликів визначається найбільшою шириною листів, що правляться. Довжина бочки опорних роликів визначається конструктивно залежно від їхньої кількості по довжині бочки робочих роликів.

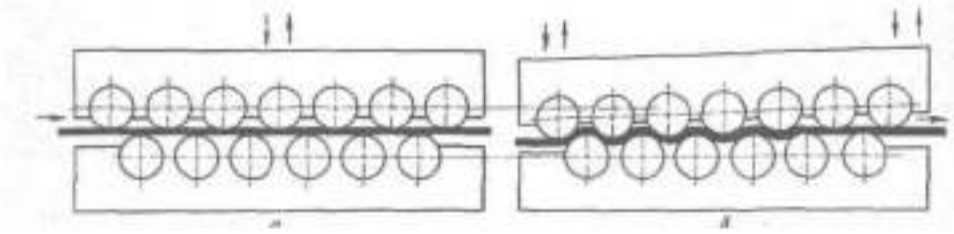


Рис. 2.1 Схеми листоправильних машин з паралельним та похилим розташуванням роликів [3]

Робочі та опорні ролики виготовляють із легованої сталі марок 9Х, ШХ15 та 12ХН2А (остання – для роликів діаметром 90–100 мм), що має

велику міцність, високу твердість та підвищений опір зношуванню поверхні.

Бочки роликів підлягають термічному обробленню струмами промислової або високої частоти, аби досягнути твердості 55–65 HRC. Ролики, котрі призначені для гарячого виправлення, виготовляють зі сталі з середньою часткою вуглецю, з наступним наплавленням твердим сплавом.

При визначенні ключових параметрів листоправильних машин, слід звертатися до відповідних таблиць, розроблених виробниками цих машин.

2.2 Правильні машини для правки круглих профілів

Роликові сортоправильні установки застосовуються для холодного випрямлення сортового металу будь-яких перетинів, відповідно до вимог ДСТУ (рейок, балок, швелерів, кутової сталі, квадратних і круглих профілів та інших різновидів).

Сортоправильні машини з профільованими роликами конструктивно розподіляються на два основних типи: а) з відкритим консольним розташуванням роликів; б) із закритим розташуванням роликів на валах між двома точками опори.

У сортоправильних машинах з однорядними консольними роликами найбільше навантаження відчувають передні опори. Такі машини зручніші в роботі (легкий доступ для огляду та заміни роликів), тому вони застосовуються не тільки для виправлення дрібних і середніх профілів, але й великих (наприклад, рейок).

Сортоправильні машини закритого типу дозволяють монтувати на приводних валах кілька рядів роликів для випрямлення різних профілів, що скорочує час на заміну та налаштування роликів (порівнюючи з машиною, що має консольні ролики) [3].

Головними параметрами сортоправильних машин є: крок роликів t

мм, найбільша висота профілю h мм, що виправляється, момент опору перерізу профілю W см^3, діаметр роликів D мм, швидкість правки V м/с та кількість роликів n. Для редагування рейок і великих сортових профілів застосовують правильні машини з 7 - 9 роликами, а для правки середніх і дрібних профілів з 11 - 13 роликами. Швидкість правки залежно від необхідної продуктивності машини застосовують у межах 0,5 - 3,0 м/с.

При виборі сортоправильної машини для конкретних вимог виробництва слід керуватися таблицями заводів-виробників цих машин.

На рис. 2.2 показано правильну машину конструкції УЗТМ з консольними роликами для правки рейок у вертикальному положенні їх перетину. Максимальний момент опору перерізу рейки 300 см^3, межа плинності матеріалу рейок 500 МПа.

У правильній машині шість роликів з номінальним діаметром 740 мм. Крок роликів 1200 мм, швидкість руху рейок при правці 1 - 1,6 м/с. Привід роликів здійснюється від електродвигуна постійного струму потужністю 150 кВт (500 - 1000 об/хв) через спеціальну шестеренну комбіновану кліть з вбудованою в неї двоступінчастою циліндричною передачею.

Ролики встановлені консольно на приводних валах з опорами на роликових підшипниках (радіальних і осьових), здійснюється вертикальна установка верхніх роликів.

Для направлення профілю в машину та часткової доправки його в горизонтальній площині перед машиною і за нею встановлено в напрямні по два вертикальних холостих ролика. Кожен із цих роликів встановлюють на необхідний розмір профілю за допомогою гвинтів, що обертаються в гайках, змонтованих у повзунах; привод гвинтів здійснюється таким же електродвигуном потужністю 2,2 кВт (883 об/хв) через двоступінчастий циліндричний редуктор.

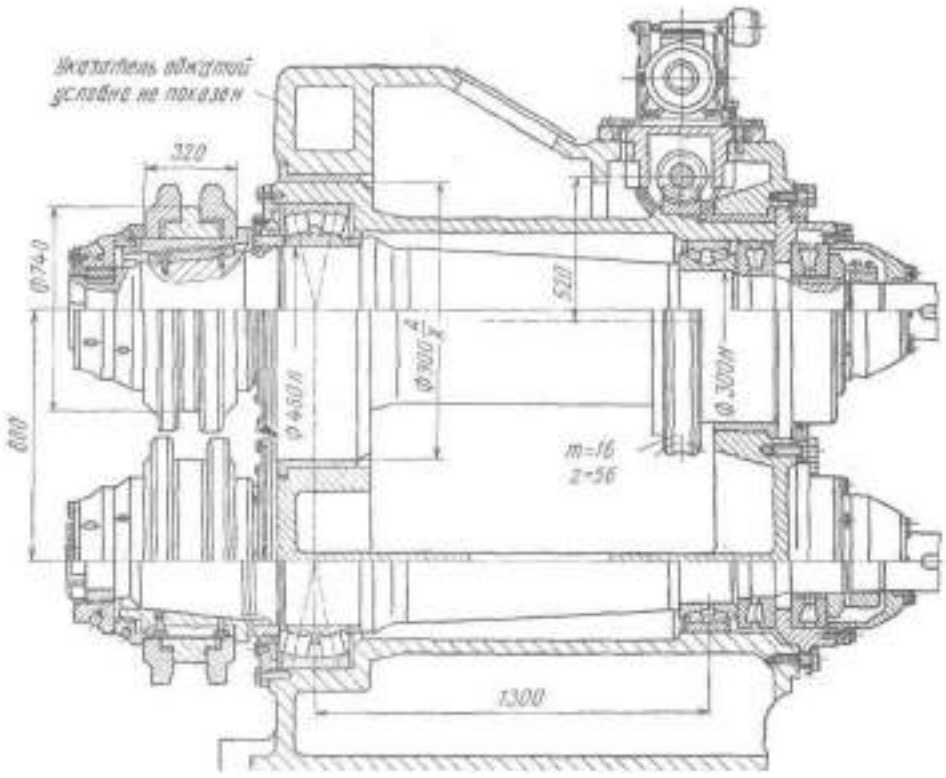


Рисунок 2.2 Правильна машина відкритого типу [3]

Корпус машини та напрямні для вертикальних роликів литі сталеві, а корпус шестеренної кліті – литий з модифікованого чавуну.

На рис. 2.3 показана правильна восьмироликова машина конструкції СКМЗ. Машина призначена для холодної правки профілів різного перерізу (що досягається установкою змінних роликів), момент опору яких не більше 50 см^3, межа міцності 450 МПа і межа плинності не перевищує 260 МПа, а швидкість правки 2 м/с.

Профільовані ролики встановлені між опорами валів. Приводними є шість роликів (два верхні та чотири нижні); привод здійснюється від електродвигуна потужністю 60 кВт (725 об/хв) через редуктор з передавальним числом n = 8,466 та шпинделі з пружинним врівноважуванням. Неприводними є два верхні ролики - другий і четвертий. Діаметр роликів 450 мм, крок 500 мм. Вертикальне регулювання верхніх роликів здійснюється ручним натискним пристроєм; врівноважування верхніх подушок та валів з роликами пружинне.

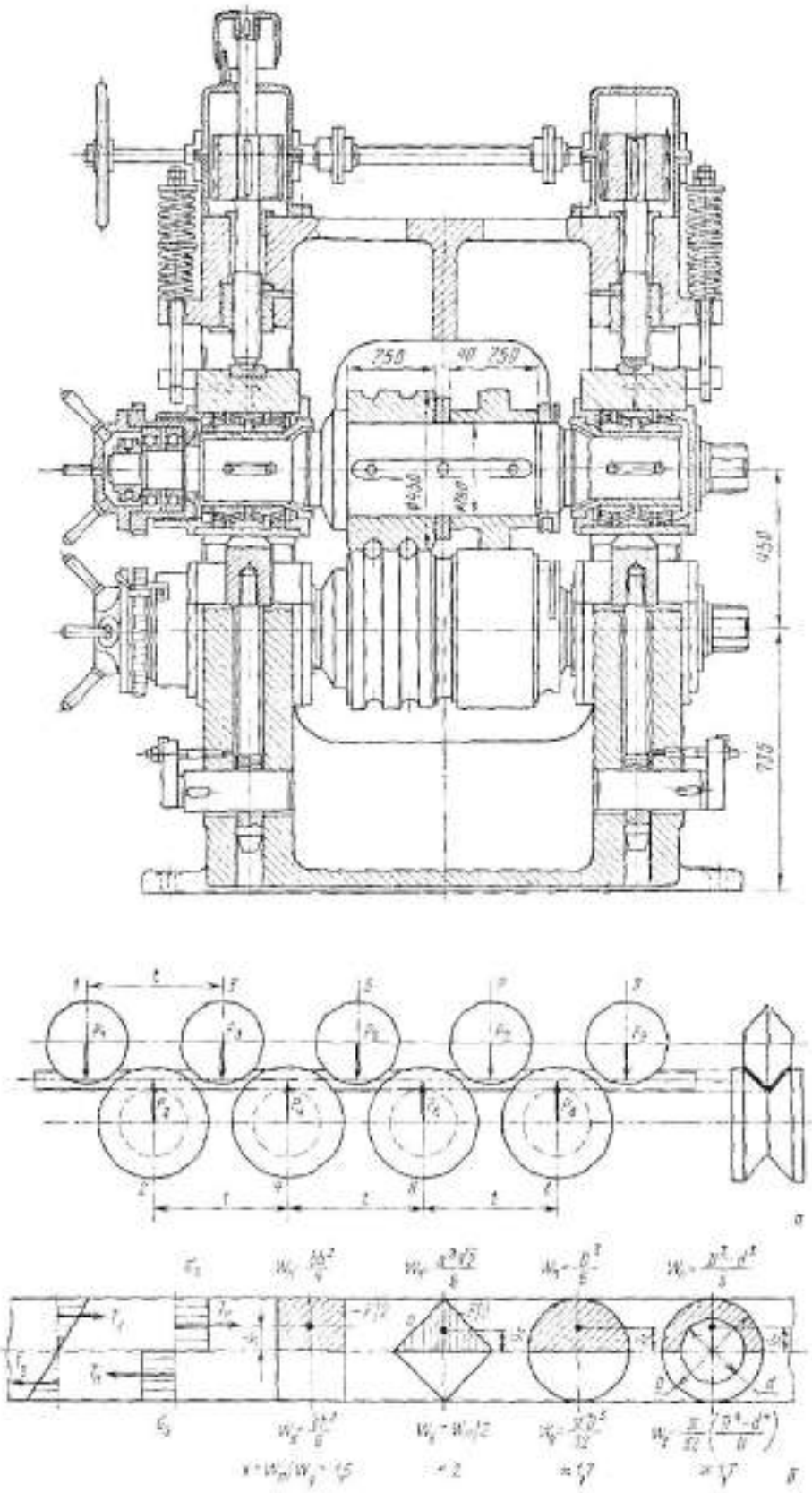


Рисунок 2.3 Сортоправильна машина закритого типу [3]

Правильні машини з косо розташованими роликами.

Для більш якісної правки холодних круглих профілів, що мають згин по довжині у різних площинах та незначну еліптичність перетину, застосовують правильні машини з косорозташованими роликами, що мають спеціальний гіперболоїдний профіль.

Машина правильна косовалкова 7х700 призначена для поштучної правки в холодному стані поздовжньої кривизни сталевого круглого прокату, в межах наведених нижче параметрів прокату, що виправляється, і технічної характеристики машини.

Машина складається з основних вузлів: робоча кліть і привід обертання роликів.

Робоча кліть машини виконана у вигляді верхньої та нижньої станин, з'єднаних чотирма колонами, які забезпечують необхідну жорсткість кліті.

У робочій кліті встановлені три пари правильних роликів, з яких верхній середній і два нижніх крайніх, що є опорними, обладнані демпфуючими пристроями і дозволяє здійснювати демпфування роликів при правці круглого прокату з допустимою овальністю поперечного перерізу.

Всі верхні та середні нижні ролики забезпечені механізмами вертикального налаштування та мають можливість індивідуального переміщення у вертикальній площині від електромеханічних приводів.

Всі верхні і нижні ролики машини оснащені механізмами кутового налаштування і мають можливість індивідуального кутового повороту від електромеханічних приводів для забезпечення найкращого прилягання профілю ролика до круглого виробу, що виправляється.

Вертикальне та кутове положення кожного ролика машини контролюється датчиками. Інформація з датчиків надходить на індикатори пульта керування.

Усі ролики машини приводні. Привід роликів здійснюється від двох електродвигунів змінного струму із частотним регулюванням швидкості обертання. Передача моменту, що крутить, до верхніх і нижніх роликів здійснюється за допомогою відповідних шестеренних клітей і шарнірних шпинделів.

Правка прокату здійснюється «прогином нагору» шляхом зміщення вгору середньої пари роликів щодо крайніх. Розташування роликів під кутом до лінії правки надає круглому прокату, що виправляється, обертально-поступальний рух, в результаті чого прокат піддається всесторонній знакозмінної пружнопластичній деформації.

Таблиця 2.1 Сортамент круглого прокату, що виправляється

Характеристика	Параметр
Діаметр, мм	17 - 32
Довжина, не менше, м	4,5
Матеріал прокату, що виправляється.	конструкційні вуглецеві та леговані сталіГОСТ 1050,ГОСТ 4543
Відносне подовження матеріалу виробів, що виправляються, не менше, %	10
Межа плинності матеріалу прокату, не більше, МПа -:	1450
Кривизна прокату до виправлення, не більше, мм/п.м	15
Овальність прокату	згідно з ГОСТ 2590-2006 (EN 10060:2003)
Температура прокату	відповідає температурі цеху

З машиною поставляється скоба для перевалки роликів. Скоба для перевалки роликів призначена для виконання заміни роликів, що відпрацювали свій термін. Скоба С-подібної форми виконана у вигляді зварної конструкції, що підвішується до цехового крана. Демонтаж та встановлення роликів проводиться по одному. Порядок перевалки наводиться у документації, що постачається з обладнанням. Час, що витрачається на перевалку всіх роликів машини – не більше однієї робочої зміни.

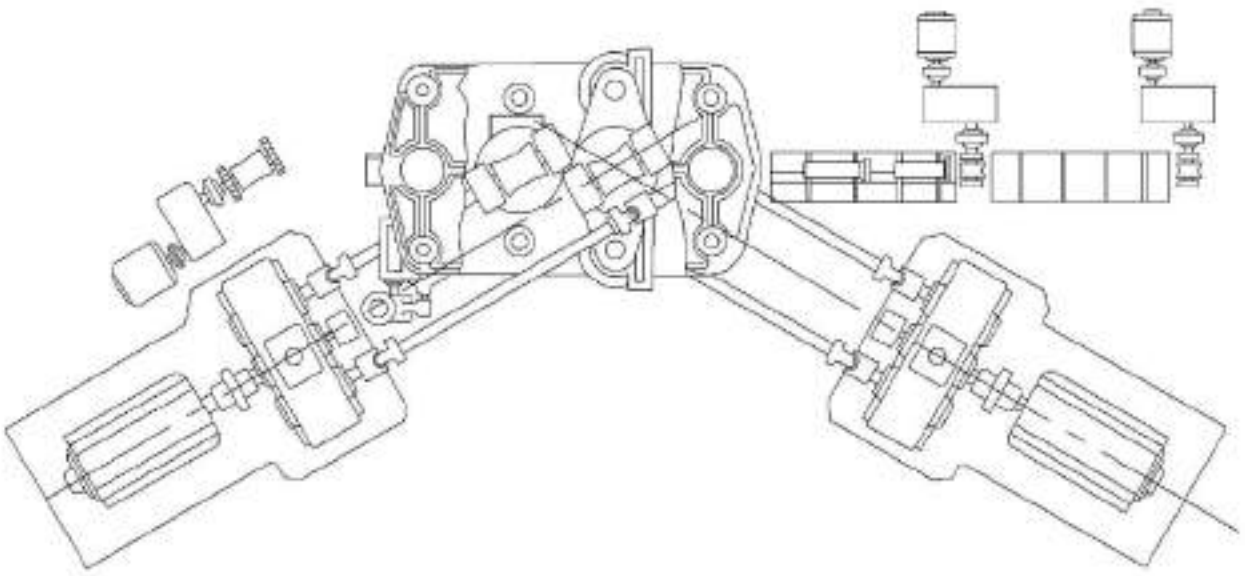
Мастило вузлів правильної машини густе централізоване, що поставляється з машиною і густе закладне. Мастило редукторів рідке циркуляційне від системи, що поставляється з машиною.

Кліть робоча та привід правильної машини встановлюється на фундамент і повинні закріплюватися фундаментними болтами.

Таблиця 2.2 Технічна характеристика машини правильної косовалкової 7х700

Характеристика		Параметр
Тип машини	машина правильна косовалкова з валками однакової довжини, вигин у вертикальній площині	
Діапазон діаметрів, що виправляються, мм		17-32
Навантажувальна характеристика машини, не більше, кгм		11 000
Робочі валки:		
- Кількість, шт.		7
- Привідних, шт.		4
– матеріал бочок роликів		сталь 90ХФ
Крок між валками, мм		600
Кривизна прокату після виправлення, не більше, мм/п.м		2,0
Швидкість виправлення, м/с		0,2 ÷ 0,5
Допустима швидкість правки при максимальному розмірі перерізу прокату, що виправляється, не більше, м/с		0,3
Привід вертикального переміщення верхніх та середнього нижнього роликів		індивідуальний електромеханічний
Привід кутового переміщення всіх роликів		індивідуальний електромеханічний

Характеристика	Параметр
Головний привід - привод обертання роликів	груповий електромеханічний
Електродвигуни головного приводу:	змінного струму з частотним регулюванням
Розрахункова сумарна потужність головного приводу, кВт	460
Орієнтовна сумарна встановлена потужність електродвигунів машини, кВт	560
Рід струму, напруга,	змінний; 380
Маса вузла валка зі скобою для перевалки, не більше, кг	8 100
Найбільша маса деталі (станина верхня), не більше, кг	40 000
Габаритні розміри правильної машини L x B x H (довжина, ширина, висота), мм	17000x 7000 x 7300



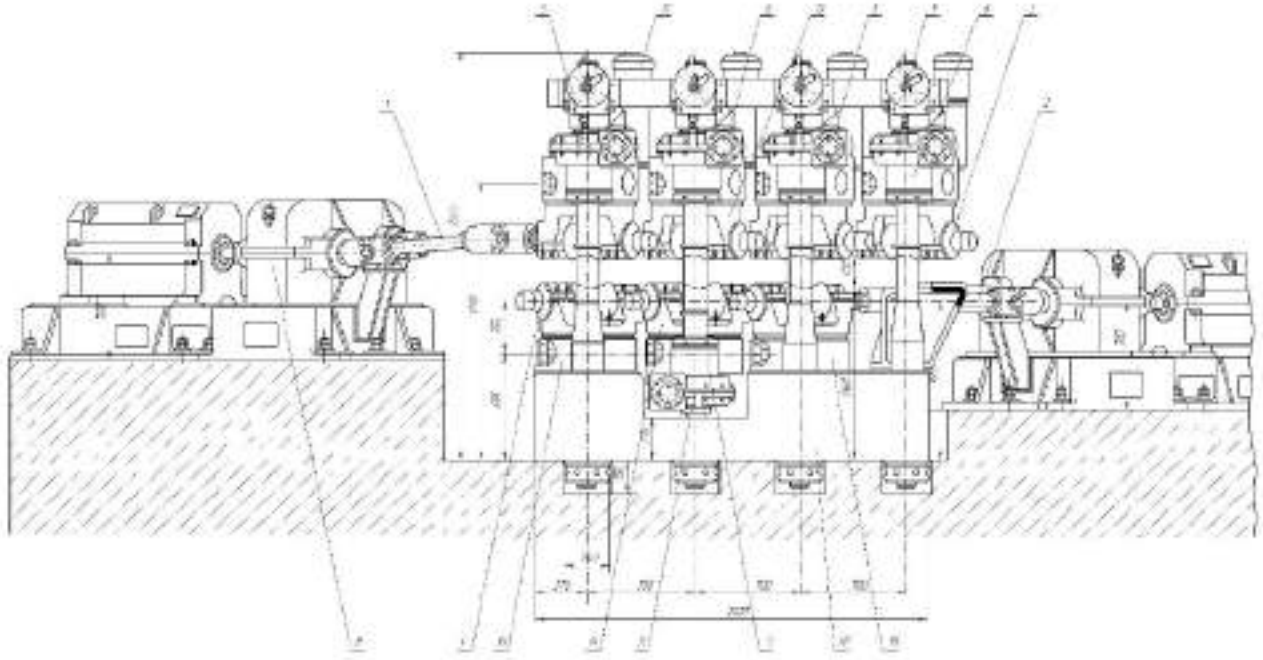


Рисунок 2.4 - Схема головного привода правильної машини 7*700

2.3. Опис проекту модернізації косовалкової правильної машини

Встановлений в калібрувальному цеху пристрій для правки сортового прокату, що містить послідовно встановлені на станині правильні приводні ролики, причому робочі поверхні правильних роликів виконані сферичними.

Недоліком цього пристрою є те, що правильні сферичні ролики не забезпечують якісну правку сортових профілів круглого перерізу.

Відома також інші машини для правки сортового металу, що містять встановлені консольно в два ряди профільовані ролики. На бочках роликів виконані струмки, форма яких відповідає формі поперечного перерізу профілів, що виправляються [6].

Основними недоліками існуючої конструкції ролика правильної машини є такі. У процесі правки струмок не утримує сортовий профіль, що виправляється, круглого перерізу (пруток) від проворотів, а так як правка здійснюється тільки в одній, вертикальній площині, пруток після правки зберігає кривизну. По мірі зношування поверхні струмка кривизна прутків зростає. Крім цього, заправка

вигнутого дроту в правильну машину утруднена, т.к. вимагає, щоб передній кінець дроту переміщався строго вздовж осі струмків всіх роликів машини.

Технічна задача, що вирішується в проекті модернізації, полягає у підвищенні якості сортових профілів круглого перерізу та полегшенні їх заправки у правильну машину.

Для вирішення поставленої технічної задачі у відомій конструкції ролика правильної машини, що містить бочку з струмком у формі кола, згідно з пропозицією бічні стінки струмка мають випуски з кутами 10-20°, пов'язані з дугою кола, і по дну струмка виконаний паз шириною 0,2-0,3 діаметра кола 140-160°.

На кресленні (Додаток) представлений ролик правильної машини запропонованої конструкції.

Сутність запропонованого проекту модернізації у наступному. Правильна машина з роликами, осі струмків яких лежать у вертикальній площині, забезпечує знакозмінний вигин та виправлення кривизни прутків у цій площині. У випадках, коли на бочках роликів виконані струмки у формі половини дуги кола, викривлення прутка, затиснутого між рядами роликів, призводять до його проворотів у струмку. Це погіршує прямолінійність прутка, що виправляється, підвищує знос струмка ролика, ускладнює заправку переднього кінця прутка в струмки наступних роликів правильної машини.

Пропонується виконання ролика з струмком, що має випуски з кутами 10-20°, пов'язаними з дугою кола, рівної 140-160°, і з пазом по дну струмка шириною 0,2-0,3 діаметра кола, що надає струмку форму округленого клина. За рахунок затискання прутка в струмку виключається можливість його проворотів, що покращує якість правки та зменшує знос струмка. При цьому, оскільки ширина струмка в його периферійній частині за рахунок випусків зростає, полегшуються умови заправки вигнутого дроту в правильну машину, усуваються викривлення не тільки у вертикальній, а й у горизонтальній площині.

Наявність паза на дні струмка виключає торкання його дна прутком. Цим забезпечується надійне затискання прутка між бічними стінками струмка, яке зберігається також і по мірі зношування контактних поверхонь струмка.

При використанні ролика запропонованої конструкції досягається підвищення якості сортових профілів круглого перерізу та полегшується їх заправлення у правильну машину.

2.4 Розрахунок приводу та елементів конструкції косовалкової правильної машини

2.4.1 Розрахунок енергосилових параметрів правильної косовалкової машини

Визначення зусилля на ролики та потужність виправлення для випадку холодного виправлення круглої сталі діаметром d = 32 мм на машині конструкції 7х700.

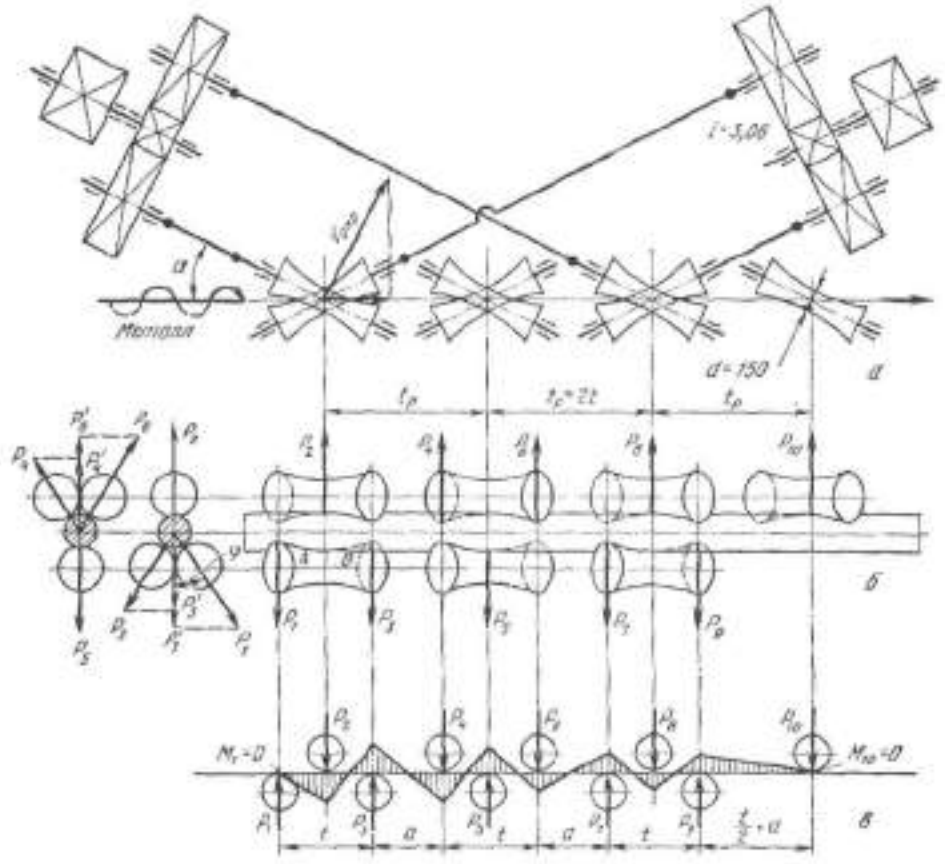


Рисунок 2.5 Розрахункова схема правильної машини

Матеріал круглих профілів - сталь 50Г з межею плинності $\sigma_т$= 400 Н/мм^{2}t = a = 700 мм;$t_р$= 2t = 1400 мм; D = 220 мм.

Сумарне вертикальне зусилля на верхні (або нижні) ролики визначаємо за формулою:

$$P`_в = P`_н = \frac{4}{t}\left[M_2 + M_5 + M_8 + \frac{3}{4}(M_3 + M_4 + M_6 + M_7) + \frac{2}{3}M_9\right].$$

Інтенсивне виправлення прокату здійснюється лише двома першими парами роликів; для цих роликів можна прийняти, що метал між ними деформується (згинається) пластично по всьому перерізу і момент вигину дорівнює добутку межі плинністю та пластичного моменту опору перерізу$W_п$. Оскільки останній дорівнює подвоєному статичному моменту напівперетину кола S щодо осі, що проходить через центр тяжіння кола, то, використовуючи рівняння кола $x^2 + y^2 = r^2$ та приймаючи ординату центру тяжіння $y_c = \frac{y}{2}$ для елементарного вертикального майданчика dF = ydx, розташованого в перерізі, отримаємо:

$$W_п = 2S = 2\int_0^r y_c\,dF = 2\int_0^r y^2\,dx = 2\int_{-r}^r (r^2 - x^2)\,dx = \frac{4}{3}r^3 = \frac{d^3}{6};$$

$$S = \frac{1}{2}Fy_c = \frac{d^3}{12};\ y_c = \frac{2d^3}{12F} = \frac{2d^3 4}{12\pi d^3} = \frac{2}{3}\frac{d}{\pi}.$$

Таким чином, для перших двох пар роликів маємо ($M_1 = 0$, тому що під силою P_1 вигину немає)

$$M_2 = M_3 = M_4 = M_5 = \sigma_т W_п = \sigma_т \frac{d^3}{6}.$$

Під рештою роликів (починаючи від перерізу під силою $P`_6$) метал згинається і правиться, відчуваючи лише максимальні пружні деформації (до майданчика плинності на діаграмі, розтягування); приймаючи у разі межа пружності рівним межі плинності ($\sigma_е \approx \sigma_т$) і момент опору кола - пружного вигину:

$$W_y = \frac{\pi d^3}{32} \approx \frac{d^3}{10},$$

Так як пластичний момент опору перерізу кола $\frac{W_п}{W_y} = \frac{d^3/6}{d^3/10} \approx 1{,}7$ рази більше пружного, то пластичний момент вигину кола також у 1,7 рази більший за пружний момент вигину.

Підставляючи значення моментів пластичного та пружного вигину у формулу, отримаємо величини відповідних вертикальних зусиль на верхній (або нижній) ряд роликів (при $t_р = 2t$).

$$P`_в = P`_н = \frac{1}{t}\left(14M_п + \frac{38}{3M_y}\right) \approx 7{,}2\sigma_т \frac{d^3}{t_р},$$

Таким чином, зусилля на ролики пропорційно кубу діаметра кола, що виправляється, і зворотньо кроку між роликами. Звідси випливає, що зменшення зусилля на ролики (і, відповідно, габаритів і маси правильної машини) бажано збільшувати крок між роликами. Однак збільшення кроку між роликами погіршує якість правки, що вимагатиме збільшення числа пар роликів. Тому при конструюванні правильних машин цей параметр приймають на підставі практичних даних з експлуатації машин різного типу, що дають найкращу якість правки. Зокрема, добрі показники має семироликова машина конструкції 7/700, що розглядається, для зазначеного вище сортаменту круглих профілів і труб. Для правки профілів і труб діаметром 100 - 200 мм приймають п'ятироликові машини з діаметром роликів 250-350 мм та кроком $t_р = 1000 - 1200$мм.σ, d и $t_р$ отримаємо:

$$P`_в = P`_н = 7{,}2 \cdot 400 \frac{32^3}{1400} = 67{,}4 \text{ кН}$$

Це вертикальне зусилля діє на станину (несучі колонни) машини.

2.4.2 Розрахунок зусилля на ролики та міцність роликів

Підставляючи значення$M_р$ и $M_р$ у формули, та t, що дорівнює t = 700 мм, отримаємо зусилля на ролики (в кН):

$$P`_1 = \sigma_т \frac{d^3}{3t} = 400\frac{32768}{2100} = 6{,}24\ кН$$

$$P_2 = P_3 = P_4 = \sigma_т \frac{d^3}{t} = 400\frac{32768}{700} = 18{,}76\ кН$$

$$P_5 = \frac{6}{5}\sigma_т \frac{d^3}{t} = \frac{6}{5}400\frac{32768}{700} = 22{,}5\ кН$$

$$P`_6 = \frac{11}{15}\sigma_т \frac{d^3}{t} = \frac{11}{15}400\frac{32768}{700} = 13{,}76\ кН$$

$$P`_7 = \frac{6}{10}\sigma_т \frac{d^3}{t} = \frac{6}{10}400\frac{32768}{700} = 11{,}26\ кН$$

$$P_8 = \frac{8}{10}\sigma_т \frac{d^3}{t} = \frac{8}{10}400\frac{32768}{700} = 15\ кН$$

$$P`_9 = \frac{7}{15}\sigma_т \frac{d^3}{t} = \frac{7}{15}400\frac{32768}{700} = 8{,}75\ кН$$

$$P_{10} = \frac{1}{15}\sigma_т \frac{d^3}{t} = \frac{1}{15}400\frac{32768}{700} = 1{,}25\ кН$$

Сума цих зусиль дорівнює $P`_в + P`_н$:

$$P`_в + P`_н = 14\sigma_т \frac{d^3}{t_р} = 14 \cdot 400\frac{32768}{1400} = 134{,}8\ кН$$

$$P`_в = P`_н = 67{,}4\ кН$$

Вертикальне зусилля на верхній ролик середньої пари буде максимальним:

$$P`_4 + P`_6 = \left(1 + \frac{11}{15}\right)\sigma_т \frac{d^3}{6} = 18{,}76 + 13{,}76 = 32{,}52\ кН$$

Крім вертикальних, на ролики діятимуть горизонтальні зусилля в точках А і В. Кут між площиною вигину металу і радіальною площиною докладання контактних сил Р визначаємо графічно, він дорівнює 25 °. Тоді

$$X_4 = P`_4 tg\varphi = 18{,}76 \cdot 0{,}466 = 8{,}7\ кН$$

$$X_6 = P`_6 tg\varphi = 13{,}76 \cdot 0{,}466 = 6{,}4\ кН$$

При відстані між опорами в підшипниках ролика l = 300 мм та відстані точок А та В від опор, що дорівнює 50 мм, знайдемо: опорні реакції у вертикальній площині

$$R_{A1} = \frac{(P`_4 250 + P`_6 50)}{300} = \frac{18{,}76 \cdot 250 + 13{,}76 \cdot 50}{300} = 18\ кН$$

$$R_{B1} = \frac{(P`_4 50 + P`_6 250)}{300} = \frac{18{,}76 \cdot 50 + 13{,}76 \cdot 250}{300} = 15\ кН$$

опорні реакції в горизонтальній площині (з огляду на різний напрямок сил X_4 и X_6):

$$R_{A2} = \frac{(P`_4 250 - P`_6 50)}{300} = \frac{18{,}76 \cdot 250 - 13{,}76 \cdot 50}{300} = 6{,}18\ кН$$

$$R_{B1} = \frac{(P`_4 50 - P`_6 250)}{300} = \frac{18{,}76 \cdot 50 - 13{,}76 \cdot 250}{300} = -3{,}89\ кН$$

Результуючі опорні реакції:

$$R_A = \sqrt{R_{A1}^2 + R_{A2}^2} = \sqrt{18^2 + 6{,}18^2} = 19\ кН$$

$$R_B = \sqrt{R_{B1}^2 + R_{B2}^2} = \sqrt{15^2 + (-3{,}89)^2} = 15{,}5\ кН$$

Напруження вигину в перерізі галтелі шийки на відстані 35 мм від опори при діаметрі шийки валу d = 60 мм:

$$\sigma = R_A \frac{35}{0{,}1d^3} = 19 \frac{35}{0{,}1 \cdot 216000} = 30\ мПа$$

Для валу, виготовленого із сталі марки 40Х, напруження допустиме. Визначимо також напруження в середині верхнього ролика першої пари:

$$\sigma_{из} = \frac{P_2 l}{4W} = \frac{18{,}76 \cdot 10^3 \cdot 300}{4 \cdot 0{,}1 \cdot 220^3} = 132\ мПа$$

З урахуванням напруження кручення результуюча напруга буде близько 170 МПа, що вважаємо допустимим для ролика, виготовленого зі сталі марки 9ХС.

2.4.3 Розрахунок потужності правки

Потужність виправлення (пластичної деформації металу при правці) визначаємо за формулою:

$$N_{пр} = \frac{\sigma_т}{2E} vFk_{деф},$$

де: $k_{деф}$- коефіцієнт роботи пластичної деформації; для випадку виправлення круглих профілів та труб, $k_{деф} = 3..5$ –(залежно від інтенсивності правки). Приймаючи $k_{деф} = 5$ та v = l,5 м/с, отримаємо (при $F = \pi d^2 = 800$ мм^2)

$$N_{пр} = \frac{400^2}{2 \cdot 2{,}1 \cdot 10^5} 1500 \cdot 800 \cdot 5 = 2{,}35 \text{ кВт}$$

Вважаємо, що сума результуючих реакцій в опорах роликів, що мають навантаження по краях, дорівнює сумі радіальних зусиль. Тоді сума опорних реакцій всіх семи роликів дорівнюватиме:

$$\sum (R_A + R_B) = (P_2 + P_5 + P_8 + P_{10}) + (P`_1 + P`_3 + P`_4 + P`_6 + P`_7 + P`_9) : \cos\varphi$$

$$\sum (R_A + R_B) = (18{,}76 + 22{,}5 + 15 + 1{,}25) + \frac{6{,}24 + 18{,}76 + 18{,}76 + 13{,}76 + 11{,}26 + 8{,}75}{0{,}906}$$

$$\sum (R_A + R_B) = 143 \text{ кН}$$

Потужність втрат на тертя у підшипниках опор усіх роликів:

$$N_{подш} = M_{тр}\omega = \sum (R_A + R_B)\mu \frac{d_п}{2}\omega$$

Кутова швидкість ролика:

$$\omega = \frac{v}{R} = \frac{2 \cdot 1{,}5}{0{,}15} = 13{,}64 \text{ с}^{-1}$$

Приймаючи для опор на підшипниках кочення μ = 0,005 та середній діаметр тертя у підшипнику $d_п$ = 100 мм = 0,1 м, отримаємо:

$$N_{подш} = 0{,}49 \text{ кВт}$$

Потужність втрат на тертя кочення роликів по круглій заготовці; приймаючи плече тертя m = 0,8 мм = 0,0008 м (з урахуванням можливого прослизання по контакту роликів з металом), отримаємо:

$$N_{кач} = \sum (R_A + R_B) m\omega = 0{,}0008 \cdot 13{,}64 = 1{,}56 \text{ кВт}$$

Сумарна потужність втрат на тертя у правильній машині (без урахування втрат на приводі) :

$$N_{тр} = 0{,}49 + 1{,}56 = 2{,}05 \text{ кВт}$$

Таким чином, потужність втрат на тертя у машині в 2,05/0,49 = 4,2 рази більша за потужність власне виправлення (деформації) металу:

$$N = (N_{пр} + N_{тр})\,1/\eta = (2{,}35 + 2{,}05) \cdot 1/0{,}92 = 4{,}78 \text{ кВт}$$

Встановлені два двигуни потужністю 2х2,8 = 5,6 кВт задовольняють умов роботи машини.

2.4.4 Розрахунок роликів правильної машини на вигин

Вихідні дані для розрахунку. Максимальне зусилля на ролики під час правки P = 2000 кН; максимальний момент, що крутить, на приводному кінці ролика $M_{кр}$= 100 кН м; діаметр бочки ролика (після переточування) 380 мм; матеріал ролика - високоміцний чавун, що має наступні механічні властивості, МПа: межа міцності - при розтягуванні $\sigma_{bp} = 500 - 650; \sigma_{bp} = 2000; \sigma_{bp} = 700$; кручення $\tau_b = 700$; межа втоми - при вигині $\sigma_{-1} = 250$; кручення 200; межа плинності $\sigma_т = 380$ МПа.

Лопать на приводному кінці представляємо у вигляді прямокутника bh та двох сегментів F_a:

$$F \approx bh + \frac{R^2}{2}(2\alpha - \sin 2\alpha)$$

$$= 14 \cdot 12 + \frac{9{,}25^2}{2}\left[2\arcsin\left(\frac{140}{185}\right) - \sin 2\arcsin\left(\frac{140}{185}\right)\right]$$

$$= 168 + 42{,}8(2 \cdot 0{,}858 - 0{,}9868) = 199{,}2 \text{ см}^2;$$

Замінюємо перетин 1 – 1 прямокутником з висотою $H = 2_{y_c} = 14{,}6$ см. Момент інерції перерізу на кручення при $\eta = 0{,}21$ и $\frac{H}{b} \approx 1$

$$W_{кр} = \eta b^3 \approx \eta H^3 \approx 576 \text{ см}^3 = 5{,}76 \cdot 10^5 \text{ мм}^3$$

Напруження кручення у перерізі 1 – 1:

$$\tau_{max} = \frac{M_{кр}k}{W_{кр}} = \frac{100 \cdot 10^6 \cdot 12}{5{,}76 \cdot 10^8} \approx 200 \text{ МПа},$$

де k = 1,2 - коефіцієнт концентрації в місці сполучення площини (лиски) лопаті з валом.

Запас міцності щодо межі міцності при крученні ($\varepsilon_\tau = 0{,}8$ - масштабний фактор, що враховує абсолютні розміри деталі під час кручення):

$$n_\tau = \frac{\tau_b}{\tau_{max}} = \frac{700}{200} 0{,}8 \approx 2{,}8.$$

Визначаємо напруження в перерізі 2 – 2 шийки приводного валка. Напруження вигину, приймаючи, що зусилля Р прикладено при правці калібру 1 і опорна реакція $R_2 = 2000 \frac{100-36}{100} = 1280$ кН

$$\sigma = \frac{1280 \cdot 10^3 \cdot 200 \cdot 1{,}5}{0{,}1 \cdot 270^3} = 200 \text{ МПа},$$

де: $k_\sigma = 1{,}5$ - коефіцієнт концентрації.

Коефіцієнт запасу міцності при згинанні:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{bн}\varepsilon_\sigma}{\sigma} = \frac{700 \cdot 0{,}6}{200} = 2{,}1,$$

де $\varepsilon = 0{,}6$ - масштабний фактор.

Напруження кручення:

$$\tau = \frac{M_{кр} \cdot k_\tau}{0{,}2d^3} = \frac{100 \cdot 10^6 \cdot 1{,}4}{0{,}2 \cdot 180^3} = 36 \text{ МПа}.$$

Коефіцієнт запасу міцності під час кручення:

$$n_\tau = \frac{\tau_b}{\tau}\varepsilon_\tau = \frac{700 \cdot 0{,}6}{120} = 3{,}5.$$

Коефіцієнт запасу міцності при спільній дії вигину та кручення:

$$n = \frac{n_\sigma n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 + n_\tau^2}} = \frac{2{,}1 \cdot 3{,}5}{\sqrt{2{,}1^2 + 3{,}5^2}} \approx 2.$$

Допустимо [n] = 2..3. Таким чином, n≈[n] (на межі). Аналогічно визначаємо запас міцності для перерізу 3 - 3, вважаючи, що зусилля Р прикладено в середині бочки.

Визначимо прогин ролика при правці з зусиллям Р = 2 МН:

а) від дії згинального моменту, при b = 0 і a = l отримаємо:

$$f_1 = \frac{P}{384FJ_1}\left\{8l^3 + 64c^3\left[\left(\frac{D}{d}\right)^4 - 1\right]\right\};$$

$J_1 \approx 0{,}05D^4 = 0{,}05(0{,}38)^4 = 0{,}05(0{,}27)^4 = 0{,}265 \cdot 10^{-3}$ м^4;

$E = 1{,}5 \cdot 10^5$ Мпа

$EJ_1 = 39$ МН · м^2

$$f_1 = \frac{2}{384 \cdot 39}\left\{8 \cdot 1^3 + 64 \cdot 0{,}2^3\left[\left(\frac{270}{180}\right)^4 - 1\right]\right\} = 0{,}13 \text{ мм};$$

б) від дії поперечних сил

$$f_2 = \frac{P}{\pi GD^2}\left\{l + 2c\left[\left(\frac{D}{d}\right)^2 - 1\right]\right\}$$

Для легованого чавунуG = $4{,}5 \cdot 10^4$ МПа;

$\pi GD^2 = \pi \cdot 4{,}5 \cdot 10^4(0{,}27)^2 = 1$ МН

$$f_2 = \frac{2}{1 \cdot 10^4}\left\{1 + 2 \cdot 0{,}2\left[\left(\frac{0{,}27}{0{,}18}\right)^2 - 1\right]\right\} = 0{,}24 \text{ мм}.$$

Сумарний прогин ролика $f = 0{,}13 + 0{,}24 = 0{,}37$ мм

Для косовалкової правильної машини допустимо [f] ≈ 0,5мм.

2.4.5 Розрахунок потужності та моменту електродвигуна індивідуального приводу ролика рольгангу подачі прутків косовалкової правильної машини

Визначити момент та потужність електродвигуна індивідуального приводу ролика подачі прутків косовалкової правильної машини 7х700.

Заготовка має наступні параметри: довжина до 5,5 м, перетин 30х30 мм та вага до 1 кН, швидкість 1,48 м/с. Рольганг має 7 роликів із кроком 700 мм; кожен ролик приводиться від окремого електродвигуна змінного струму; максимальний момент двигуна 250 кН · м; частота обертання 1220 об/хв; двигун з'єднаний з одноступінчастим циліндричним редуктором з передатним числом і = 9.

Приймаємо, що заготка найбільшої ваги та найменшої довжини під час транспортування рольгангом лежить на 7 роликах; d = 270 мм; $d_п$= 170 мм; $\mu_п$= 0,008; вага ролика 2,5 кН. Знаходимо момент на шийці приводного ролика з умови можливого буксування ролика по металу ($\mu_б$ = 0,3):

$$M_{ст} = \left(\frac{1}{7} + 2{,}5\right) \cdot 0{,}008 \cdot \frac{0{,}17}{2} + \frac{1}{7} \cdot 0{,}3 \cdot \frac{0{,}27}{2} = 0{,}076 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Рольганг працює при постійній швидкості, тому динамічний момент прискорення металу дорівнює нулю.

Момент ролика, наведений до валу двигуна:

$$Мпр = \frac{0{,}076}{9 \cdot 0{,}95} = 0{,}088 \text{ кН} \cdot \text{м} = 88 \text{ Нм};$$

Отже, вибраний електродвигун задовольняє тривалому режиму роботи.

3. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Заходи по монтажу правильної машини

Роботи з монтажу правильної машини поділяються на: підготовчі етапи; збирання вузлів; випробування машини.

Підготовчі роботи включають:

- прийом обладнання до монтажу з перевіркою повноти комплектації вузлів та відомостей комплектації;

- тросування осьової лінії машини;

- контроль фундаменту згідно з будівельним завданням;

- підготовку монтажних підкладок.

Тросування осі рекомендовано починати з осі встановлення головного приводу. Плашку (репер) слід розташувати на осі, яка проходить крізь вісь двигуна.

Під час складання головного приводу особливу увагу потрібно зосереджувати на монтажі муфтових з'єднань:

- перекіс осі валів не повинен перевищувати 30°, за умови відсутності радіальних зміщень;

- монтажний зазор між валами повинен відповідати конкретному діаметру валів.

Допустимі відхилення під час монтажу робочого столу:

- направляючих доріжок балок робочого столу від осі становить 1/2 допуску на бік;

- коливання по висоті доріжок під ланцюг не перевищує 2 мм на довжині робочого столу;

- відхилення від горизонтальності доріжок під ланцюг не перевищує 0,5 мм.

Після завершення монтажу складається акт передачі обладнання під підливку. Після підливки, затягування фундаментних болтів супроводжується налагодженням обладнання.

Підготовка та запуск правильної машини

Перед введенням машини в експлуатацію необхідно виконати загальний огляд для виявлення всіх дефектів складання та попереднього налаштування.

Під час огляду потрібно перевірити затягування гайок, гвинтів та інше.

Після очищення стану від забруднень необхідно здійснити заповнення мастилом всіх передбачених місць, а також резервуарів систем централізованого змащення. Мастило має відповідати вимогам карт змащення.

Для підтримки стабільної роботи машини, незалежно від стану машини, слід проводити систему планово-запобіжних ремонтів та технічного обслуговування.

Розрахунок фундаменту під станину проведено за методикою [9].

Фундамент повинен бути спроектований так, щоб дотримувалася умова:

$$\rho = \frac{G_M + G_\Phi + P_{тех}}{a'' \cdot b''} + \sum_{i=1}^{n} \frac{M_i}{W_i} \le [\rho], \qquad (3.1)$$

де $G_м$ - вага устаткування, встановленого на фундаменті (Gм – вага правильної машини), кН;

$P_{тех}$ - вертикальна складова технологічного навантаження, кН;

a", b" - розмір підошви фундаменту, см;

[ρ]- тиск, що допускається, на грунт [ρ]=*0,02* кН/см^2.

Вага стану складає:

$G_м$ = 5081,2 кг.

Об'єм фундаменту приймається з розрахунку, що на 1 тону встановленої маси устаткування витрачають 3-5 м^3 бетону:

$$Vф=3,5 \cdot 5,0812=17,784 \text{ м}^3.$$

Вага фундаменту визначається по формулі:

$$G_ф = V_ф \cdot \rho_ф = 17,784 \cdot 2,1 \cdot 10^3 = 37346,82 \text{ кг}, \qquad (3.2)$$

де $\rho_ф$ - густина бетону, $\rho_ф=2,1\cdot10^3$ кг/м^3.

Технологічне навантаження відсутнє, тому Ртех =0.

Перекидаючий момент $M_{хоz}$ приймемо як два моменти, що розвиваються на тихохідному валу редуктора головного приводу:

$$M_{хоz}=2\cdot M_{ТИХ.РЕД}=2\cdot 83=166 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Фундамент складається з двох частин: безпосередньо фундаменту і підошви (рис3.1.).

Розміри самого фундаменту приймаються з урахуванням довжини і ширини встановлюваного устаткування.

При габаритних розмірах стану (по опорах несучих навантаження):

a = 15,47 м. b = 4, 9 м.

Розміри фундаменту приймають:

- власне фундаменту:

a'=a + 2δ=15,47+2·0,1=15,67 м;

b'=b + 2δ=4,9+2·0,1=5,1 м;

- підошви фундаменту:

a''=a' + 2δ=15,87 м;

b''=b' + 2δ=5,3 м.

В нашому випадку допустимий тиск на грунт [ρ] = 0.02 кН/см^2.

Розрахуємо полярний момент інерції фундаменту:

$$W_{xoy}=\frac{(a'')^2\cdot b''}{6}=\frac{15,87^2\cdot 5,1}{6}=222,473\ м^3\ . \qquad (3.3)$$

Визначаємо діючий тиск на грунт:

$$\rho=\frac{50,812+373,4682+0}{1587\cdot 530}+\frac{18,6}{222,473}=0,0005\,кН/см^2<[\rho]=0.02\,кН/см^2\ .$$

Оскільки умова дотримується, то можемо розрахувати геометричні параметри фундаменту (рис.3.1).

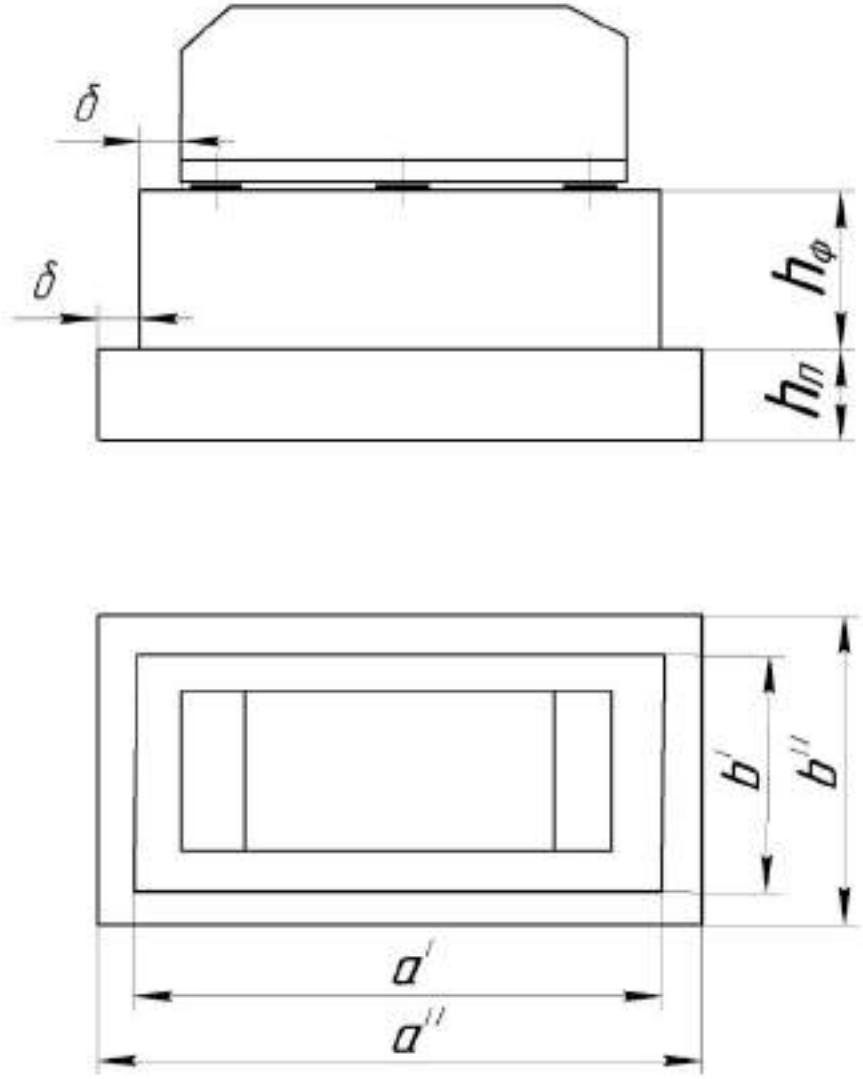


Рисунок 3.1 – Схема до розрахунку розмірів фундаменту

Визначимо загальну висоту фундаменту і його частин:

$$h_ф = h_п + h_c \quad (3.4)$$

$$h_п = (0{,}25 \div 0{,}2) \cdot h_ф \quad (3.5)$$

$$h_ф = \frac{V_{Ф.расч.}}{a' \cdot b'} = \frac{177{,}842}{15{,}67 \cdot 5{,}1} = 2{,}22 \text{ м} \quad (3.6)$$

$h_п = 0{,}2 \cdot 2{,}32 = 0{,}455$ м;

$h_{сф} = h_ф - h_п = 2{,}22 - 0{,}455 = 1{,}765$ м.

Отже, розміри фундаменту під правильну машину складуть:

– власне фундамент 15,67х5,1х1,765 м, Vсф=142,85 м^3;

– підошва фундаменту 15,87х5,3х0,455 м, Vп=38,43 м^3.

Для виготовлення фундаменту необхідно замовити бетон:

- для підошви бетон марки Б-50 об'ємом 38,43 м^3;
- для фундаменту бетон марки Б-200 об'ємом 142,85 м^3.

Розрахунок фундаменту під привод

Вага вузла головного приводу складає:

G_M =11400 кг= 1,14 кН.

Габарити устаткування:

a_1=1,5 м; b_1=1,2 м;

a_2=3,0 м; b_2=1,2 м;

a_3=1,2 м; b_3=0,8 м.

Об'єм фундаменту по розрахунку на вагу устаткування:

$V_Ф$=3·12,24=35,72 м^3.

Вага фундаменту складе:

$G_Ф$=35,72·2,1=75 т.

Розміри фундаменту з урахуванням габаритних розмірів устаткування головного приводу розраховані аналогічно розмірам фундаменту під стан:

- фундаменту:

a'_1 = 1,7 м; a'_2 = 3,2 м; a'_3 = 1,4м;

b'_1 = 1,4 м; b'_2 = 1,4 м; b'_3 = 1,0 м;

- підошви:

a''_1 = 1,9 м; a''_2 = 3,4 м; a''_3 = 1,6 м;

b''_1 = 1,6 м; b''_2 = 1,6 м; b''_3 = 1,2 м .

Площа фундаменту:

$$A_\Sigma' = A_1' + A_2' + A_3' = 2{,}38 + 4{,}48 + 1{,}4 = 8{,}36 \text{ м}^2 . \quad (3.7)$$

Площа підошви:

$$A_\Sigma'' = A_1'' + A_2'' + A_3'' = 3{,}04 + 5{,}44 + 1{,}92 = 10{,}5 \text{ м}^2 . \quad (3.8)$$

Момент інерції фундаменту сумарний:

$$W_\Sigma = W_1 + W_2 + W_3 = 0{,}96 + 3{,}08 + 0{,}512 = 4{,}56 \text{ м}^3 ; \quad (3.9)$$

$$W_1 = \frac{(a_1'')^2 \cdot b_1''}{6} = 0{,}962 \text{ м}^3; \quad (3.10)$$

$$W_2 = \frac{(a_2^{-})^2 \cdot b_2^{-}}{6} = 3{,}08 \text{ м}^3; \quad (3.11)$$

$$W_3 = \frac{(a_3^{-})^2 \cdot b_3^{-}}{6} = 0{,}512 \text{ м}^3. \quad (3.12)$$

При розрахунку тиску на грунт враховується також перекидаючий момент $M_{хоz}$=186 кН·м.

Тиск на грунт від фундаменту приводу:

$$\rho = \frac{12{,}224 + 7{,}7 + 0}{10{,}4} + \frac{186}{4{,}554} \leq [\rho] = 0{,}02 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2},$$

де ρ=0,0042 кН/см^2 < [ρ]=0,02 кН/см^2, тобто умова виконується.

Висота фундаменту і його складових частин:

- загальна висота:

$$h_{\Phi} = \frac{V_{с.ф.}}{A_{\Sigma}^{'}} = \frac{36{,}72}{8{,}26} = 4{,}44 \text{ м};$$

- висота підошви:

$$h_{п} = 0{,}25 \div 0{,}2 \cdot h_{\Phi} = 1{,}11 \div 0{,}88 \text{ м},$$

приймемо $h_п$=1,0 м;

- висота власне фундаменту:

$h_{сф}$=hф - $h_п$ = 4,44- 1,0= 3,45 м.

Об'єм самого фундаменту і його підошви:

$$V_{сф} = h_{сф} \cdot A_{\Sigma}^{'} = 3{,}44 \cdot 8{,}26 = 28{,}6 \text{ м}^3. \quad (3.13)$$

$$V_{п} = h_{сф} \cdot A_{\Sigma}^{''} = 1{,}0 \cdot 10{,}5 = 10{,}5 \text{ м}^3. \quad (3.14)$$

Для виготовлення фундаменту необхідно замовити бетон:

- для підошви бетон марки Б-50 об'ємом 10,5 м^3;
- для фундаменту бетон марки Б-200 об'ємом 28,6 м^3.

Розрахунок анкерних болтів та пакету підкладок

Розрахунок анкерних болтів для станини.

Анкерні болти використовуються для фіксації устаткування на

фундаменті. Анкерні болти поділяють на два основних типи: глухі та закладні. Глухі болти встановлюються перед бетонуванням, приварюючись безпосередньо до арматури фундаменту. Закладні болти розташовуються в анкерних колодязях, що передбачені у фундаменті.

Сила попереднього затягування анкерних болтів має забезпечувати стабільність, що виражається у наступному:

$$K_y = \frac{M_{вост}}{M_{опр}} \geq 1{,}4\,. \qquad (3.15)$$

Поновлюючий момент:

$$M_{вост} = Q_б \cdot a_б \cdot n_p + G_M \cdot \frac{a_б}{2}\,. \qquad (3.16)$$

Звідси зусилля попереднього затягування:

$$Q_б = \frac{1{,}4 \cdot M_{опр} - G_M \cdot \frac{a_б}{2}}{a_б \cdot n_p}\,, \qquad (3.17)$$

де $M_{опр}$ – перекидаючий момент, $M_{опр}$=188 кН·м;

$G_м$ – вага машини(стану), $G_м$=5081,2 *кг;*

$a_б$ – відстань між болтами, м;

n_p – число болтів в ряді.

Тоді отримаємо:

$$Q_б = \frac{1{,}4 \cdot 198 - 5{,}0812 \cdot \frac{1{,}2}{2}}{1{,}2 \cdot 10} = 22{,}84 \text{ кН.}$$

Розрахований діаметр болта:

$$d_б = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_б}{1{,}3 \cdot [\sigma] \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 22{,}84}{1{,}3 \cdot 125 \cdot 3{,}14}} = 42 \text{ мм}\,. \qquad (3.18)$$

З конструктивних міркувань приймаємо анкерний болт М42, Сталь 35 ГОСТ 1050 – 88 [σ]=125 кН/мм^2.

Розрахуємо допустиме зусилля затягування болта

$$Q_0 = \frac{\pi \cdot {d_t}^2}{4}[\sigma] = \frac{3{,}14 \cdot (39{,}8655 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 125 \cdot 10^6 = 156 \text{ кН}\,. \qquad (3.19)$$

Розрахунок анкерних болтів для приводу

Зусилля попереднього затягування анкерних болтів редуктора повинне забезпечувати умову стійкості:

$$K_y = \frac{M_{вост}}{M_{опр}} \geq 1{,}4\,.$$

Зусилля попереднього затягування:

$$Q_б = \frac{1{,}4 \cdot M_{опр} - G_M \cdot \frac{a_б}{2}}{a_б \cdot n_p},$$

де $G_м$=0,78 кН- вага редуктора;

$M_{опр}$=*198* кН·м - перекидаючий момент;

$a_б$ - відстань між болтами, $a_б$=0,9 м;

n_p – кількість болтів в ряді, n_p=4.

Тоді отримаємо:

$$Q_б = \frac{1{,}4 \cdot 198 - 0{,}78 \cdot \frac{0{,}9}{2}}{0{,}9 \cdot 4} = 76{,}9 \text{ кН.}$$

Діаметр болта розрахунковий:

$$d_б = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_б}{1{,}3 \cdot [\sigma] \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 76{,}9}{1{,}3 \cdot 125 \cdot 3{,}14}} = 70 \text{ мм},$$

приймемо болт М72, матеріал болта Сталь 35 ГОСТ 1050 – 88 [σ]=125 кН/мм^2.

Розрахунок площі пакету підкладок для станини

На фундамент передаються зусилля попереднього затягування болта Qo, вага вузла $G_м$. З боку фундаменту на підкладку діє реакція R (рис 3.2.).

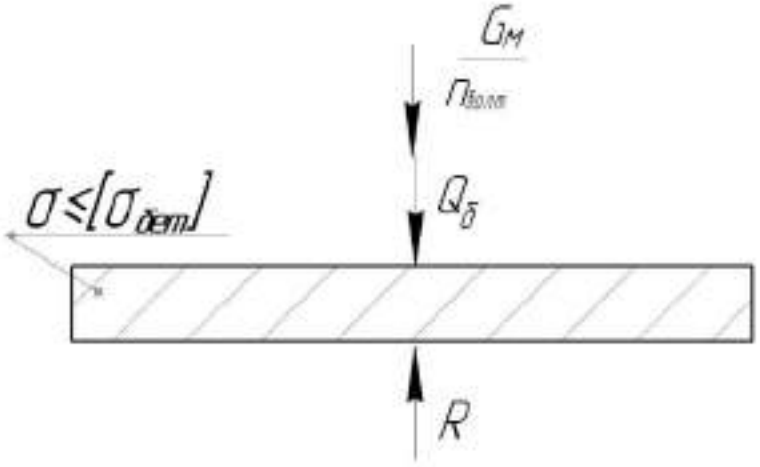


Рисунок 3.2 - Схема сил до розрахунку підкладок під редуктор

Підкладка повинна забезпечувати умову:

$$\sigma \leq [\sigma_{бет}].$$

З умови рівноваги підкладки:

$$R = Q_б + \frac{G_M}{n_{болт}} + \frac{2 \cdot M}{a \cdot n_{ряда}}, \qquad (3.20)$$

де $n_{болт}$- кількість анкерних болтів в ряді;

$n_{ряда}$ – кількість рядів.

Реакція фундаменту складе:

$$R = 22{,}84 + \frac{5{,}0812}{10} + \frac{2 \cdot 186}{1{,}2 \cdot 2} = 178{,}35 \text{ кН}.$$

Тоді площа підкладки повинна складати:

$$F_п = \frac{R}{\psi_ф \times [\sigma]_ф} = \frac{178{,}35}{0{,}5 \times 2} = 178{,}35 \text{ см}^2.$$

З урахуванням конструктивних особливостей корпусу і діаметра болта остаточно приймемо розміри підкладки а=144 мм (рис 3.3.).

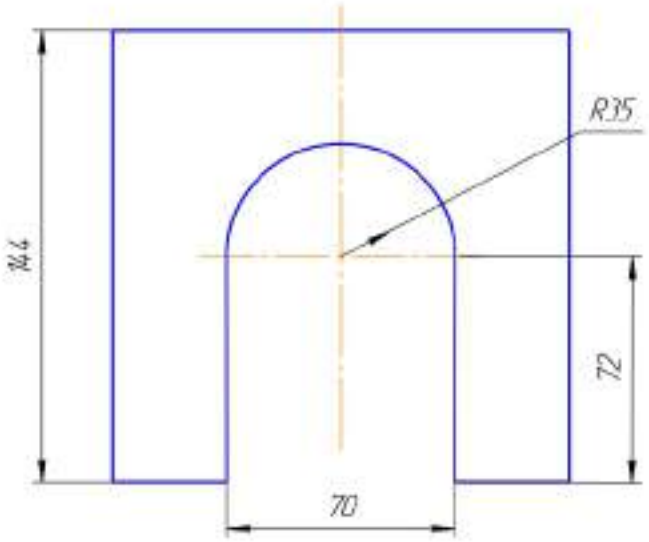


Рисунок 3.3 - Геометричні розміри підкладки з пазом під болт

При виконанні підкладки з пазом під болт необхідно розрахувати зміну площі для виконання умови $F_п$=178,35 см^2.

Площа прорізу під анкерний болт :

$$F=F_1+F_2 ,$$

де F_1-площадь прямокутної частини прорізу

$$F_1=(a/2)\cdot 7.0=(14.4/2)\cdot 7.0=50{,}4 \text{ см}^2;$$

де F_2-площадь напівкруглої частини прорізу

$$F_2=\frac{\pi\cdot R^2}{2}=\frac{3.14\cdot 3.5^2}{2}=19{,}23 \text{ см}^2 ,$$

де R-радіус прорізи під болт, R=35мм=3.5см.

Площа по прорізу складе:

$F=F_1+F_2=50{,}4+19{,}23=69{,}63$ см^2.

Додаємо площу Fз до розрахованої площі Fп.

$$F_3=\frac{F}{2}=\frac{69{,}63}{2}=34{,}815 \text{ см}^2 ,$$

$$A=\frac{F}{10}=\frac{34{,}815}{14{,}4}=2{,}41 \text{ см} .$$

Отримаємо B=144+2·A=144+2·24, 1=192,2 мм, приймаємо B=194 мм.

3.2 Рекомендації по організації технічного обслуговування та ремонтів ділянки правки калібрувального цеху

3.2.1 Обґрунтування форми та структури управління ремонтним господарством цеху

При створенні структури управління ремонтним господарством металургійного підприємства, в першу чергу, слід провести аналіз наявної організації технічного обслуговування та ремонту обладнання на базовому підприємстві з метою виявлення слабких місць. Найбільш поширені недоліки в організації ремонтного господарства та робіт включають: низький рівень централізації та спеціалізації ремонтних робіт, відсутність або недостатній розвиток госпрозрахункових відносин в межах самостійних внутрішньогосподарських ремонтних підрозділів та інші [12].

Під час розробки типової структури управління визначальною є система функцій.

Першим кроком у проєктуванні типової структури управління ремонтним виробництвом є визначення мети функціонування системи.

Мета ремонтного виробництва на підприємстві полягає в забезпеченні ефективної, безперебійної роботи обладнання з мінімальними витратами праці та матеріальних ресурсів.

Завдання ремонтного виробництва: гарантування працездатності основних фондів шляхом правильної організації міжремонтного обслуговування, дотримання правил експлуатації, своєчасне та якісне проведення планово-запобіжних ремонтів, забезпечення безперебійного матеріально-технічного забезпечення; проведення модернізації основних фондів та впровадження досягнень технічного прогресу у технологію ремонтів.

Однією з ключових умов функціонування виробництва є функціональна відповідність керуючої системи керованій. Функції управління повинні забезпечувати виконання завдань, поставлених перед ремонтним виробництвом.

Основними функціями керуючої підсистеми єдиного ремонтного виробництва є:

- планування ремонтів та модернізації основних виробничих фондів, розробка планів фінансування ремонтів за рахунок ремонтного фонду, складання кошторисів витрат на поточні та капітальні ремонти, здійснення контролю за виконанням графіків ППР та якістю робіт;

- планування матеріально-технічного забезпечення виробництва ремонтів основних виробничих фондів;

- контроль за правильною експлуатацією основних виробничих фондів, розслідування аварій, розробка заходів щодо їх усунення;

- розробка нових технологій ремонтів та більш ефективних методів організації ремонтних робіт, впровадження досягнень технічного прогресу в галузі підвищення термінів служби вузлів та деталей;

- складання заявок на придбання нових основних виробничих фондів на заміну зношених.

Вдосконалення існуючих керуючих підсистем ремонтного виробництва грунтується на розвитку централізації та спеціалізації виробництва робіт з ремонту та технічного обслуговування. При впровадженні структури управління ремонтного виробництва, що супроводжується ліквідацією подвійної підпорядкованості та виведенням ремонтного персоналу з виробничих цехів, важливе значення має взаємна відповідальність ремонтного та експлуатаційного персоналу за підтримання обладнання у належному працездатному стані. Досягнення цього можливе шляхом впровадження гарантійної системи ремонту та експлуатації обладнання [12]. Для технічного керівництва роботою помічників начальників цехів з устаткування (механіків цехів)

створюється відділ головного механіка (ВГМ). ВГМ бере участь у розробці технічних проєктів та проведенні реконструкції технологічного обладнання з метою збільшення його продуктивності та впровадження нової техніки, а також, у розгляді проєктів цехів та агрегатів, що споруджуються; бере участь у впровадженні заходів з механізації та автоматизації виробничих процесів, а також заходів з техніки безпеки; сприяє винахідникам та раціоналізаторам.

У відділ головного механіка входять кілька служб, які спеціалізуються на ремонті механічного обладнання відповідно до розподілу його за цехами та видами виробництва. Відділ головного механіка є самостійною складовою апарату управління металургійним заводом та підпорядковується заступнику технічного директора з ремонтів та капітального будівництва.Головний механік заводу має кілька заступників:

-по сталеплавильному виробництву;

-з прокатного виробництва;

-з виробництва запчастин;

-відділу нагляду за експлуатацією обладнання

Основними завданнями ВГМ є:

а) забезпечення постійної технічної справності всього механічного устаткування;

б) нагляд за станом механічного обладнання та агрегатів, контроль за дотриманням правил технічної експлуатації та обслуговування обладнання;

в) планування ремонтів механічного обладнання та контроль за їх проведенням, забезпечення запасними частинами;

г) забезпечення основного виробництва змінним устаткуванням;

д) планування та керівництво виробничою діяльністю всіх цехів ВГМ;

е) технічне вдосконалення металургійного устаткування.

ВГМ поділяється на такі основні підрозділи:

а) бюро планово-попереджувальних ремонтів;

б) бюро капітальних ремонтів;

в) планово-виробниче бюро;

г) планово-економічна група;

д) технологічне бюро.

Ремонтні служби виробничих цехів адміністративно підпорядковуються начальнику цеху й у технічно – головному механіку заводу.

Структура управління ремонтним виробництвом калібрувального цеху (рис. 3.4).

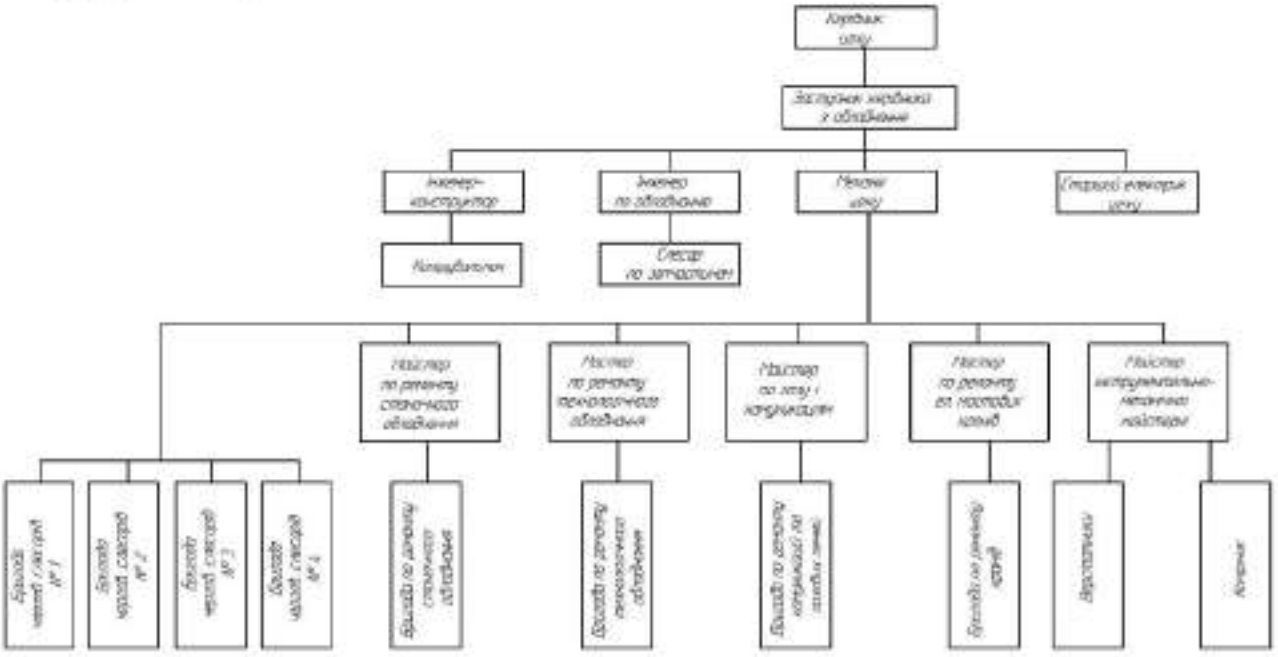


Рисунок 3.4. Блок-схема типової структури управління ремонтним виробництвом

Одним із шляхів збільшення економічної результативності ремонтних робіт на рівні заводу є внутрішньозаводська централізація виробництва запасних частин. З організацією спеціалізованих ремонтних цехів частину металообробних верстатів з механічних майстерень було переміщено до цих цехів для комплектування обладнання верстатного парку. Це сприяло

більш раціональному використанню дефіцитного обладнання (у РМЦ воно працює у дві, три зміни, а в майстернях прокатного табору – в одну зміну), покращилось завантаження обладнання.

Завдяки централізації ремонтних робіт та виробництва запасних частин створюються необхідні умови для впровадження відновлювальної, зміцнюючої технології ремонту, тобто збільшення довговічності деталей та вузлів.

Для забезпечення результативної, безперебійної праці устаткування, зводячи до мінімуму витрати людських та матеріальних ресурсів, необхідне впровадження системи технічного обслуговування та ремонту (ТОіР). Суть цієї системи полягає у чіткому плануванні та регламентації періодів ритмічної роботи обладнання, відповідно до розробленого графіка та профілактичних заходів, задля запобігання його передчасному зносу, з урахуванням планових ремонтів та технічного обслуговування між ними [12].

Відповідно до цієї системи, обладнання в процесі використання підлягає технічному обслуговуванню (профілактичний догляд та нагляд, регулювання, змащення, очищення, періодичні огляди інженерно-технічним персоналом, усунення виявлених дефектів та неполадок, необхідні випробування тощо) до проведення планових ремонтів, метою яких є відновлення його робочої спроможності.

Механічна служба підприємства та інші залучені організації зобов'язані беззаперечно виконувати вимоги системи ТОіР, адже її невиконання неминуче призводить до збільшення незапланованих зупинок обладнання, збільшення витрат на працю та матеріали для його ремонту, а також до погіршення техніко-економічних показників виробництва.

Впровадження системи ТОіР включає:

а) дотримання правил та норм з технічного обслуговування та експлуатації агрегатів, машин та механізмів та організацію контролю за

їх виконанням;

б) організацію обліку роботи та стану обладнання, а також обліку та аналізу витрат на його технічне обслуговування та ремонт, розробку та здійснення заходів щодо вдосконалення агрегатів, машин та механізмів;

в) планування: та проведення періодичних оглядів обладнання силами ІТП, забезпечення міжремонтного технічного обслуговування та ремонту агрегатів, машин та механізмів, контроль та облік своєчасного та якісного їх виконання;

г) встановлення та дотримання норм технічного обслуговування, структур ремонтного циклу, тривалості міжремонтних періодів, складу та утримання ремонтних робіт для всього обладнання з урахуванням умов його експлуатації;

д) організацію виробничої бази для підготовки та виконання ремонтів та міжремонтного технічного обслуговування, оснащення її необхідним обладнанням, інструментами та матеріалами, укомплектування робочою силою, а також впровадження прогресивної технології виготовлення запасних частин, зміцнюючої технології, уніфікації вузлів та деталей, організацію їх обліку та зберігання;

е) організацію матеріально-технічного постачання підприємства необхідними видами прокату, металовиробів, канатів, мастильних та інших матеріалів, необхідних для підтримання обладнання в робочому стані.

3.2.2 Складання графіку технічного обслуговування та ремонтів

Задля забезпечення безперебійної та безпечної роботи обладнання, з метою зменшення навантаження на персонал та раціонального використання ресурсів, необхідно впровадити систему технічного обслуговування та ремонту (ТОіР). Сутність даної системи полягає у чіткому циклічному графіку та регламентованому порядку функціонування обладнання, відповідно до

встановленого режиму, а також у превентивних заходах, спрямованих на уникнення передчасного зношення, що включає як планові ремонти, так і технічне обслуговування між ними.

Відповідно до цієї системи, обладнання у процесі експлуатації підлягає технічному обслуговуванню (налаштування, змащування, очищення, регулярні огляди інженерно-технічним персоналом, ліквідація дефектів та поломок, необхідні випробування тощо) до планових ремонтів, спрямованих на відновлення його роботоздатності, частково втраченої у період експлуатації.

Механічна служба підприємства та залучені підрядники повинні неухильно дотримуватися вимог системи ТОіР, оскільки її ігнорування неминуче призводить до збільшення незапланованих простоїв обладнання, зростання витрат на оплату праці та матеріалів для його ремонту, а також погіршення техніко-економічних показників виробництва.

Впровадження системи ТОіР на практиці передбачає:

а) дотримання правил та норм з технічного обслуговування та експлуатації агрегатів, машин та механізмів, та організацію контролю за їх виконанням;

б) організацію обліку роботи та стану обладнання, а також обліку й аналізу витрат на його технічне обслуговування та ремонт, розробку та впровадження заходів щодо вдосконалення агрегатів, машин та механізмів;

в) планування та проведення періодичних оглядів обладнання силами ІТП, забезпечення міжремонтного технічного обслуговування й ремонту агрегатів, машин та механізмів, контроль та облік своєчасного та якісного їх виконання;

г) встановлення та дотримання норм технічного обслуговування, структури ремонтного циклу, тривалості міжремонтних періодів, складу та змісту ремонтних робіт для всього обладнання, з урахуванням умов його експлуатації;

д) організацію виробничої бази для підготовки та виконання ремонтів і міжремонтного технічного обслуговування, оснащення її необхідним обладнанням, інструментами та матеріалами, укомплектування робочою силою,

а також впровадження передової технології виготовлення запасних частин, уніфікації вузлів та деталей, організацію їх обліку та зберігання;

е) організацію матеріально-технічного забезпечення підприємства необхідними видами прокату, металовиробів, канатів, мастильних та інших матеріалів, необхідних для ремонту обладнання.Розробка річного графіка планово-попереджувальних ремонтів обладнання ділянки прямоточного волочіння.

Приступаючи до розробки графіків ППР, попередньо визначимо структуру ремонтного циклу, виявляємо періодичність та тривалість усіх видів ремонтів. Періодичність зупинок обладнання на поточні та капітальні ремонти визначаються терміном служби деталей, що зношуються, і вузлів, а тривалість зупинок - часом, необхідним для виконання найбільш трудомістких робіт.

Нормативи періодичності та тривалості поточних і капітальних ремонтів зазначаються у спеціальній літературі. Вони розроблені з урахуванням передового досвіду підприємств, встановлених режимів роботи обладнання, дотримання правил технічної експлуатації та технологічних інструкцій, передбачають належну організацію та своєчасне і якісне виконання ремонтів. За встановленими нормативами періодичності ремонтів визначають структуру ремонтного циклу, тобто перелік і послідовність циклічно повторюваних ремонтів обладнання, виконуваних у період між двома капітальними ремонтами.

У графіку передбачаються записи планових строків та тривалості зупинок обладнання на ремонт, а також оцінки по фактично виконаних ремонтах. Цьому відповідають два горизонтальні рядки для кожного виду обладнання.

У графах, кожна з яких відповідає одній декаді місяця, умовною позначкою у вигляді дробу вказується в чисельнику вид ремонту (К - капітальний, Т - поточний), а в знаменнику - тривалість (поточного - у годинах, капітального - у добах).

Графік підписується головним механіком та затверджується керівництвом підприємства. Затверджений графік повинен бути доведений до цехів не пізніше ніж за місяць до початку планованого року.

Таблиця 3.1 Графік технічного обслуговування та ремонтів устаткування ділянки

№ п/п	Найменування устаткування	Місяці року												Простої у ремонті,	З них кап. ремонт, годин
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	2	3												4	5
1	Стан 2КМ30-9	Т 24	Т 24	Т 24	Т 24	Т 24	Т 24	Т 24	Т 24	Т 24	Т 24	Т 24	Т 24	288	
2	Верстат МС3 шліфувальний	Т 8	Т 8		Т 8	Т 8	Т 8			Т 8	Т 8	Т 8	Т 8	72	
3	Молот кувальний МБ412	Т 8	Т 8	Т 8	Т 8	Т 8	Т 8	Т 8	Т 8	Т 8	Т 8	К	Т 8	184	96
4	Піч ОКБ 4263 (для бунтів)		Т 8	Т 8	Т 8		Т 8	Т 8	Т 8	Т 8	Т 8		Т 8	72	
5	Правильна машина 7х700	Т 8	К	Т 16	Т 8	Т 8	Т 16	Т 8	Т 8	Т 16	Т 8	Т 8	Т 16	192	72
6	Візок Q=5 т (передаточний)	Т 8	Т 8	Т 8	К	Т 8	Т 8	Т 8	Т 8	Т 8	Т 8	Т 8	Т 8	160	72
7	Кран ел. мостовий Q=5 т	Т 8	Т 8		К	Т 8		Т 8	Т 8		Т 8	Т 8		104	48
8	Зіштовхувач заготівок	Т 8	Т 8	Т 8	Т 8	Т 8	Т 8	Т 8	Т 8	Т 8	Т 8	Т 8	Т 8	96	
9	Передавальний візок		Т 8		К			Т 8			Т 8			72	48
РАЗОМ														1240	336

Після визначення структури циклу ремонтів, складаємо графік проведення ремонтів.

Підгрунтям для такого складання слугують:

-інформація про терміни експлуатації ключових складових устаткування, зібрана протягом його використання та задокументована в агрегатних журналах, технічних паспортах та іншій супровідній документації;

-офіційні висновки технічного обстеження устаткування, яке планується піддати капітальному ремонту в поточному році;

-показники виробництва останнього періоду експлуатації устаткування;

-нормативи частоти та тривалості поточних і капітальних ремонтів устаткування;

-інформація про функціонування аналогічного устаткування на передових підприємствах;

-дата та тривалість останнього капітального ремонту устаткування.

Згідно з технічною документацією на справжній машині, бачимо, що тривалість міжремонтного циклу дорівнює 6 рокам (2190 діб), інтервал між поточними ремонтами складає 30 діб, тривалість поточних ремонтів – 8 годин, а тривалість капітального ремонту - 72 години.

3.2.3 Розробка мережевого графіка капітального ремонту правильної машини

Мережевий графік складається на підставі ремонтної відомості та призначений для планування, візуалізації та контролю послідовності виконання різних робіт з ремонту, а також для оптимізації ресурсів та термінів. Методика розрахунку представлена у наступній літературі [8].

Параметри графіка розраховуються за наступними формулами.

При визначенні тривалості окремих робіт при відомій їх нормативній трудомісткості розрахунок ведуть за формулою:

$$t_i = \frac{T_{Hi}}{Ч_i \cdot k_{bi}}, \qquad (3.21)$$

де t_i - час виконання i-ї роботи;

T_{Hi} - нормативна трудомісткість виконання i-ї роботи;

$Ч_i$ - кількість виконавців i-ї роботи;

$k_{вi}$ - коефіцієнт можливого перевиконання норм по i-й категорії виконавців.

У разі відсутності даних з нормативної трудомісткості виконання окремих робіт застосовується метод імовірнісних оцінок. Він складається з того, що безпосередній керівник робіт оцінює максимальну $T_{\max i}$ і мінімальну $T_{\min i}$ трудомісткість виконання цієї роботи. На основі цих оцінок розраховується очікувана $T_{оч.i}$ трудомісткість роботи за формулою:

$$T_{оч.i} = \frac{3 \cdot T_{\min i} + 2 \cdot T_{\max i}}{5}.$$

Визначивши тривалість робіт мережевого графіка, розраховують його параметри:

- ранній і пізній терміни здійснення подій;
- резерв часу події;
- критичний шлях мережевого графіка;
- повний і вільний резерви часу робіт.

Розрахунки виконують за такими формулам.

Найбільш ранній термін здійснення події:

$$T_j^p = T_i^p + t_{i-j},$$

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 і j-ю подіями.

Найбільш пізній термін здійснення *i*-ї події:

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

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

T_j^n - найпізніший термін здійснення *j*-ї події.

Резерв часу події

$$R_i = T_i^n - T_i^p,$$

де R_i - резерв часу *i*-ї події.

Тривалість критичного шляху мережевого графіка:

$$L_{кр} = \left[\sum_{k=1}^{n}\left(t_{очі-j}\right)_K\right]\max,$$

де $t_{очі-j}$ - тривалість у відповідних одиницях (див. табл. 3.1);

K - порядковий номер цієї роботи;

n - кількість робіт на аналізованому шляху.

Повний резерв часу роботи:

$$R_{i-j} = T_j^n - T_i^P - t_{i-j}.$$

Вільний резерв часу роботи:

$$r_{i-j} = T_j^p - T_i^P - t_{i-j}.$$

Параметри мережевого графіка рекомендується розраховувати графічним методом, при цьому параметри записуються безпосередньо на графіку.

Перелік робіт на капітальний ремонт правильної машини представлений у таблиці 3.2.

Параметри мережної моделі, розрахованої за даними таблиці 3.2, наведені в таблиці 3.3, де:

-графи 1, 2, заповнюються на основі таблиці 3.2;

-графи 3 і 4 заповнюються одночасно; ранній початок роботи (графа 3)

визначається як максимальна величина раннього закінчення попередніх робіт; значення для графи 4 визначаються по формулі (3.1)

-графи 5 і 6 також заповнюються одночасно, але тільки у зворотному порядку (знизу нагору).

Таблиця 3.2 Роботи з капітального ремонту й модернізації вузлів правильної машини

Найменування робіт	Початок	Кінець	Тривалість, годин	Кількість персоналу
Зупинка на ремонт і відключення комунікацій	0	1	5	4
Ремонт завантажувального рольгангу	1	2	16	4
Ремонт вузла натискного механізму	2	3	5	2
Заміна траверси	3	4	6	4
Демонтаж шпінделя	2	5	3	4
Заміна шпінделя	5	6	5	4
Монтаж вузла перевалки роликів	6	7	6	4
Заміна підшипників роликів	4	10	12	2
Ремонт фундамента	7	8	8	4
Модернізація роликів	8	9	10	6
Ремонт робочого стола з перевіркою зварених швів	9	10	6	4
Ремонт головного привода	10	11	6	2
Випробування й усунення дрібних недоробок	11	12	4	2
Пуск в експлуатацію	12	13	3	2

Визначення ранніх строків початку й закінчення робіт

Ранній строк проведення вихідної роботи приймаємо рівної 0:

$$T_0^p = 0; \tag{3.22}$$

Ранній строк проведення роботи 1 визначимо:

$$T_1^p = T_0^p + T_{0-1} = 0 + 5 = 5 \text{ годин,}$$

де T_1^p - ранній строк проведення роботи 1,

T_0^p - ранній строк попередньої роботи,

T_{0-1} - тривалість роботи,година.

Всі розрахунки ранніх строків робіт наведені в таблиці 3.3. і зазначені на сітковому графіку.

Пізній строк проведення робіт розраховуємо з кінця мережної моделі:

$$T_{13}^n = T_{13}^p = 72 \text{ години.} \tag{3.23}$$

$$T_{12}^n = T_{13}^n - T_{12-13} = 72 - 3 = 69 \text{ годин} \tag{3.24}$$

Всі розрахунки пізніх строків робіт наведені в таблиці 5.3. і зазначені на сітковому графіку.

Визначення резервів часу

Резерв часу визначається тільки в робіт, які не перебувають на критичному шляху.

Повний резерв часу роботи визначимо по формулі:

$$R_{2-3} = T_3^n - T_2^p - T_{2-3} = 41 - 21 - 5 = 15 \text{ годин,} \tag{3.25}$$

де R_{3-4} - резерв часу,

T_4^n, T_3^p - відповідно пізній і ранній строк робіт.

Приватний резерв часу роботи визначимо по формулі:

$$r_{2-3} = T_3^p - T_2^n - T_{2-3} = 26 - 21 - 5 = 0 \text{ годин} \tag{3.26}$$

Всі розрахунки резервів часу зведені в таблиці 5.3 і показані на мережевому графіку.

Таблиця 3.3 Розрахунок параметрів мережевого графіка

Шифр роботи	Тривалість T_{i-j}	T_{i-j}^{PH}	T_{i-j}^{PO}	T_{i-j}^{nH}	T_{i-j}^{nO}	R_{i-j}	r_{i-j}
1	2	3	4	5	6	7	8
0-1	5	0	5	0	5	0	0
1-2	16	5	21	5	21	0	0
2-3	5	21	26	21	41	15	0
3-4	6	26	32	41	47	15	0
4-10	12	32	44	47	59	0	15
2-5	3	21	24	21	24	0	0
5-6	5	24	29	24	29	0	0
6-7	6	29	35	29	35	0	0
7-8	8	35	43	35	43	0	0
8-9	10	43	53	43	53	0	0
9-10	6	53	59	53	59	0	0
10-11	6	59	65	59	65	0	0
11-12	4	65	69	65	69	0	0
12-13	3	69	72	69	72	0	0

Мережевий графік представлено у додатках.

3.2.4 Обґрунтування чисельності робітників механослужби ділянки правки

Розрахунки проведено за методикою описаною у наступній літературі [12].

Визначення річної трудомісткості поточних ремонтів.

Категорія ремонтної складності будь-якого виду механічного устаткування КРС визначається шляхом зіставлення трудоємкостей його капітального ремонту й капітального ремонту еталонного устаткування:

$$КРС = \frac{T_{кр}}{H_{кр(э)}}, \qquad (3.7)$$

де КРС - категорія ремонтної складності розглянутого устаткування;

Ткр - трудомісткість капітального ремонту розглянутого виду устаткування;

Нкр(е) - трудомісткість капітального ремонту еталонного устаткування.

При відомому значенні КРС устаткування трудові витрати на поточні ремонти визначається зі співвідношень:

$$T_{Ti} = H_{Ti} \cdot KPC, \qquad (3.27)$$

де Тті - трудомісткість ремонтів поточних і капітального відповідно;

Нті - нормативи витрат праці на одну одиницю ремонтної складності при виробництві ремонтів відповідно поточних і капітального для даного устаткування, люд.-год.(табл. 3.1. [12]).

Тоді категорія ремонтної складності для правильної машини:

$$KPC = \frac{T_{кр}}{H_{кр(э)}} = \frac{1750}{70} = 25.$$

Трудові витрати:

$$T_{Ti} = H_{Ti} \cdot KPC = 2 \cdot 25 = 50 \text{ люд} - \text{год}$$

де H_{T1}, - нормативи витрат праці на одиницю ремонтної складності, люд.-год.; H_{T1}=2.

Значення трудомісткості іншого устаткування прораховуємо й зводимо в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 - Річна трудомісткість поточних ремонтів устаткування

Устаткування	Кіл.	Тривалість кап.рем-та, година	КРС	Трудомісткість люд.-год.		Кіл. рем-в	Загальна трудо ємкість
				T_{T1}	T_{T2}		
1	2	3	4	5	6	7	8
Стан 2КМ30-9	1	72	70	140	-	12	1750

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8
Верстат МС3 шліфувальний	2	12	16	32	64	8	1168
Молот кувальний МБ412	1	96	18	36	72	6	954
Піч ОКБ 4263 (для бунтів)	1	120-168	24	48	-	6	1704
Правильна машина 7х700	2	72	30	60	180	6	1770
Візок Q=5 т (передаточний)	1	72	8	16	-	8	568
Кран ел. мостовий Q=5 т	2	48	15	23	75	10	490

На підставі річної трудомісткості поточних ремонтів одиниці кожного устаткування розраховуємо загальну річну трудомісткість по формулі:

Те=Тр*кп; (3.9)

де кп=1,3 - коефіцієнт, що враховує обсяг підготовчих робіт і трудомісткість ремонту окремих механізмів і пристроїв загальцехового призначення, не врахованих у Тр.

$T_p = \sum_1^x (T_{T1} \cdot N_{T1} + T_{T2} \cdot N_{T2}) \cdot n = 18864$год, (3.28)

де T_{T1}, T_{T2} – річна трудомісткість поточних ремонтів;

N_{T1}, N_{T2} – кількість ремонтів;

n - кількість одиниць устаткування

Підставивши числове значення Тр у формулу (3.28) одержимо:

Те= 18864*1,3= 24523,2 люд.-год.

Розрахунок штатної чисельності ремонтного персоналу механослужби

Таблиця 3.5 - Штатний розклад робітників механослужби ділянки

Про-фесія	Розряд роботи	Годинна ставка, грн..	Система оплати	Премія	Графік роботи	Тривалість зміни	Чисельність
Слюсар (черговий) Газоелектро-зварник	5 6 6	7.88 9.08 10.04	Погодинна	4.5	Безперервний 3 зміни: 1 - 8-16год 2 - 16-24год 3 - 24-8год	8годин.	2 1 1
Слюсар ремонтник Газоелектро-зварник	5 6 6	7.88 9.08 10.04	Погодинна	4.5	Переривний з 2-мя вихідними	8годин.	4 3 1

Таблиця 3.6 - Плановий баланс часу роботи одного робітника в рік

Найменування	Безперервний 3 зміни	Перериваний с 2-ма вихідними
Календарний час, дні	365	365
- вихідні дні	91	104
- святкові дні	-	8
Номінальний час, годинники	2192	2024
Номінальний час, дні	274	253
Тривалість зміни	8	8
Відпустка, дні	27	24
Втрати часу:		
- у зв'язку з виконанням суспільних і державних доручень, дні		
- у зв'язку із хворобою, дні	1	1
Фактичний час роботи, дні	10	10
Інші невиходи, дні	231	213

У таблицях 3.5 і 3.6 наведені штатний розклад і баланс часу роботи робітника в рік.

Штатна чисельність ремонтного персоналу:

$$Ч_{рп} = \frac{T_о \cdot (1 - к_ц)}{B_э \cdot к_В} = \frac{24523{,}2 \cdot (1 - 0.3)}{1672 \cdot 1.2} = 8{,}4 \qquad (3.29)$$

(приймемо 8 чоловік),

де кц - коефіцієнт централізації поточних ремонтів (кц =0.3-0.4);

Ве=1672 - ефективний фонд робочого часу одного среднесписочного робітника ремонтника механослужби;

кв - коефіцієнт, що враховує виконання норм виробітку (кв=1-1.3);

Те - загальна трудомісткість поточних ремонтів

Штатна чисельність чергового персоналу:

$$Ч_{дп} = \frac{T_{мо} \cdot (1 - к_у)}{B_э} = \frac{0.5 \cdot 24523{,}2 \cdot (1 - 0.4)}{1944} = 4{,}41 \qquad (3.12)$$

(приймемо 4 чоловік),

де Тмо - трудомісткість чергового обслуговування, Тмо=Те·0.5;

ку=0.4 - коефіцієнт, що враховує участь експлуатаційного персоналу в міжремонтному обслуговуванні;

Ве=1944 - ефективний фонд робочого часу чергового слюсаря.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика факторів безпеки процесу правки круглого прокату

У волочильних відділеннях наявне різноманітне устаткування: волочильні стани, рихтувальне обладнання, мостові крани, ножиці, нагрівальні печі. Під час їх експлуатації з'являються шкідливі та небезпечні фактори: шум, вібрація, пил, надмірне тепловиділення, рухомі й обертові механізми. Окрім того, можливий вплив електричного струму та пожежна небезпека.

Процес рихтування вирізняється складністю та різноманітністю механічного устаткування, через що у виробничому процесі переважно присутні небезпечні фізичні фактори; фізико-хімічні фактори є визначальними лише при правці металу.

Інструкція з охорони праці для працівників механослужби визначає вимоги безпеки при виконанні робітниками та службовцями покладених на них обов'язків, а також безпечної поведінки на робочих місцях та території цеху.

Достатньо чітке уявлення про рівень механізації можливо отримати шляхом визначення витрат механічної й ручної праці.

$$B = \frac{M}{M + R} \cdot 100\%$$

де В- рівень механізації праці, %;

М- сума людино-годин механізованої праці;

R- сума людино-годин ручної праці.

Розраховуємо рівень механізації праці для слюсаря

$$B = \frac{4}{4 + 4} \cdot 100\% = 50\%$$

$$\text{B} = \frac{4}{4 + 4} \cdot 100\% = 50\%$$

Результати розрахунків рівня механізації праці для інших професій зведемо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 Результати розрахунків рівня механізації праці професій

№ п/п	Професія робітників	Штат робітників	Кількість відпрацьованих людина-годин у добу			Механізованої праці %	Ручної праці, %
			Вручну	За допомогою машин	Усього		
1	Електрогазо-зварник	1	6*1=6	2*1=2	8	25	75
2	Слюсар ремонтник 6-го розряду	4	4*4=16	4*4=16	32	50	50
3	Слюсар ремонтник 5-го розряду	1	4*1=4	4*1=4	8	50	50

За інформацією з цієї таблиці, електрогазозварник виконує роботу, де 25% припадає на механізовані процеси, а 75% – на ручні. Щодо слюсаря-ремонтника 6-го розряду, то тут спостерігаємо рівний розподіл: 50% – механізована праця та 50% – ручна. Для слюсаря-ремонтника 5-го розряду розподіл аналогічний: 50% механізованої роботи та 50% ручної роботи.

4.2 Аналіз шкідливих факторів виробництва круглого прокату

Розглянемо карту умов праці оператора поста керування правильною машиною (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2 - Технологічна карта умов праці оператора поста керування правильної машини

Фактори виробничого середовища й трудового процесу	Нормативне значення, ГДК, ГДР	Фактичне значення	III клас шкідливих і небезпечних умов і характер праці			Час дії фактора % у зміну
			1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	
II. Пил переважно фіброгенного дії, мг/м^3						

Фактори виробничого середовища й трудового процесу	Нормативне значення, ГДК, ГДР	Фактичне значення	III клас шкідливих і небезпечних умов і характер праці			Час дії фактора % у зміну
			1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	
шил силскатосдержащая	4,0	6,4	1,8			94,5
IV. Шум еквівалентний, ДБа	80	94			14	85
VIII. Мікроклімат у помещенни						
- температура повітря,^{0}С	28-21	30	2,0			94,5
- швидкість руху повітря, м/сек	0,1-0,2	< 0,3				94,5
- відносна вологість повітря, %	55	39				94,5
- інфрачервоне випромінювання, Вт/м^2	140	360		360		94,5
IX. Вага роботи						
Динамічна робота м'язів плечового пояса - дрібні стереотипні руху кистей і пальців рук (кількість за хвилину)	80000	96868			96868	
X.Напруженість праці						
Тривалість зосередженості (% до тривалості зміни)	75	88,5	88,5			
Емоційна й інтелектуальна напруженість				Осіб. ризик		
Кількість факторів			2	2	1	

Гігієнічна оцінка умов праці. Умови та характер праці віднесені до III класу 3 ступеня за показниками шкідливості: повторювані рухи кистей рук та пальців, інфрачервоне випромінювання.

Атестація робочого місця.

Робочі місця характеризуються наявністю: 3 факторів 1 ступеня, 2 факторів 2 ступеня, 2 факторів 3 ступеня. Відповідно до показників, робоче місце слід вважати з особливо шкідливими й особливо важкими умовами праці, що відповідає критеріям Списку №1, пункт 1.

Відповідно до списку №1: пенсійний вік на пільгових умовах для чоловіків складає 50 років, для жінок – 45 років, надається додаткова відпустка тривалістю 14 днів, передбачено забезпечення молоком та виплати надбавок згідно з колективним договором.

У таблиці 4.3 представлені фактори виробничого середовища, які наявні на ділянці стана, та засоби захисту.

Таблиця 4.3 - Технічні заходи захисту від шкідливих факторів виробничого середовища

№ п/п	Небезпечний або шкідливий фактор виробничого середовища	Захисний пристрій	Тип пристрою	Параметри пристрою	Місце установки
2	Запиленість	Витяжна вентиляція	Механіч-на	Витрати 65000 $м^3$/година	Стаціонарна. установка
3	Запиленість	Респіратор СИЗОД	Тополь-2	до 2 г/$м^3$	Індивідуально
4	Шум	Навушники протишумні	-	Придатний до 110 дБ	Індивідуально
5	Температура	Утеплена куртка, ватяні штани	$Т_п$	По розміру працівника	Індивідуально

4.3 Огляд рішень по санітарії виробничих приміщень

Об'ємно-планувальні рішення будівель і конструкцій цеху

Проаналізований калібрувальний цех розташований в серці промислової території. Отже, при зміні напрямку вітру цех може опинитися на траєкторії поширення шкідливих викидів (газів або пилу) від різних виробництв, а також сам здатний бути джерелом забруднення повітря для них. В умовах зростання кількості житлових кварталів в місті цех не може повністю уникнути забруднення житлових районів. Відтак, необхідно вживати заходів для

мінімізації шкідливих викидів виробництва. Класифікація виробництва - II клас, розмір санітарної зони - 500 м.

Природне та штучне освітлення

Обрана система природного освітлення - бокове.

Слюсарна робота відноситься до VI зорового розряду. Загальна освітленість при загальному освітленні має бути Е=150 Лк.

Дані по висвітленню зведені в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 Прийняті значення освітлення

Найменування відділення Участі робочого місця	Розряд зорової роботи	Освітленість ,(Лк) і коефіцієнт запасу						Аварійна освітленість, Лк	
		люмінесцентні			При лампах накалювання				
		Система Комбінованого освітлення	Система загального	Коэф. запасу	Система Комбінованого освітлення	Система загального освітлення	Коэф. запасу	Газорозрядна лампа	Люмінесцентна лампа
Пічний проліт	VI		150	1,8		75	1,5	15	7,5

Значення КЕО обумовлені з урахуванням зорової роботи: е=е(III)=0,5 при бічному висвітленні , без стійкого снігового покрову.

Коефіцієнт світлового клімату m=0,8.

Коефіцієнт сонячного клімату С=0,7.

Коефіцієнт природної освітленості:

$$l_н = e \cdot m \cdot c = 0.5 \cdot 0.8 \cdot 0.7 = 0.28.$$

Аварійне освітлення для продовження роботи:

$$E_{авроб} = 10\% \cdot E = 0,1 \cdot 150 = 15Лк.$$

У цеху застосовують як лампи накалювання типу 5Г так і люмінесцентні лампи типу ДРЛ, ДРІ.

4.4 Заходи з техніки безпеки

Перед початком роботи обладнання, засоби для ремонту, і робоче місце довкола нього потрібно очистити від промислових відходів, бруду, мастила та сторонніх предметів. Робоче місце повинно бути освітлене відповідно до вимог нормативних актів з охорони праці. За потреби, слід встановити додаткові переносні джерела світла. Під час робіт поблизу діючого обладнання необхідно вжити заходів для захисту працівників від часток, що відлітають, у разі обробки (окалини, шлаки, іскри, пил тощо). Робоче місце слід огороджувати захисними щитами, екранами або застосовувати засоби індивідуального захисту (щитки, окуляри, маски, спецодяг).

Перед початком роботи слюсар зобов'язаний виконати наступне.

Підготувати необхідний інструмент, пристосування, засоби індивідуального захисту, засоби пожежогасіння, стропи, обтиральні матеріали та мастило, переконатися в справності інструменту.

Отримати цільовий інструктаж на проведення робіт підвищеної небезпеки з розписом інструктованого в наряді-допуску.

У разі наявності на машинах (механізмах) гідравлічних або пневматичних приводів, перед початком ремонту перекрити вентилі (засувки) подачі енергоносіїв, засувки (вентилі) закрити на замок та вивісити плакат: "Не включати! Працюють люди".

Перед початком роботи особисто переконатися (шляхом включення механізмів від пускових пристроїв (УП), натисканням пускових механізмів (розподільників)) в тому, що електромережу розібрано, пневматичні та гідравлічні приводи відключено, засувки закрито на ланцюг, вивішено плакати "Не включати! Працюють люди!", отримано бирки або оформлено наряд-допуск на проведення робіт.

Встановити необхідні огородження, перекриття, вивісити плакати. Надійно укласти запасні частини, інструменти, кріплення, необхідні для

ремонту. Переконатися, що в процесі виконання робіт його дії не спричинять травмування поруч працюючих.

Роботу на кількох ярусах слід виконувати за наявності надійно виконаних перекриттів над кожним ярусом. У випадку, коли неможливий пристрій суцільного перекриття, проведення робіт повинне бути погоджено між виконавцями. При проведенні вогневих робіт слюсар зобов'язаний використовувати окуляри зі світлофільтрами для захисту очей. При роботі зі стропами, сталевими канатами, матеріалами з гострими гранями необхідно застосовувати рукавиці. Перед укладанням матеріалів, деталей обладнання на стелажі необхідно переконатися в справності стелажів. На стелажах, на видному місці, має бути зазначене припустиме навантаження. Перевантажувати стелажі забороняється.

Ручка молотка, кувалди повинна бути прямою, овального перерізу, з незначним потовщенням до її вільного кінця. Поверхня ручки повинна бути гладкою, без тріщин, задирок і відколів. Перед початком роботи кувалдою або молотком необхідно переконатися, що при русі кувалди (молотку) не зачепиться і не змінить напрямок удару.

Підвішені на гак вантажозахоплювальних пристроїв сталеві болванки "Барси", що використовуються замість кувалд, повинні мати надійно закріплені вушка для підвіски і гладкі прямі бойки. Підвішувати "барси" можна тільки на гак вантажопідйомних механізмів.

Майстер, керівники бригад (робітники вищих розрядів) зобов'язані періодично оглядати весь інструмент та інвентар, що перебуває в експлуатації та виданий на руки робітникам.

У разі будь-яких неясностей у роботі або незнанні технології виконання майбутньої роботи або можливості виникнення небезпеки під час проведення робіт, роботу не виконувати, а викликати майстра або бригадира.

Вимоги безпеки під час роботи.

Слюсар зобов'язаний виконувати тільки ту роботу, що доручена йому майстром (бригадиром, слюсарем вищого розряду).

Слюсарю забороняється виконувати наступне.

Працювати несправним інструментом.

Перебувати в зоні руху кувалди (молотка, лому та іншого інструменту, деталей).

Застосовувати прокладки за наявності зазору між площинами губок ключа і голівкою болта (гайки).

Подовжувати гайковий ключ другим гайковим ключем та іншими сторонніми предметами.

Перевіряти пальцями з'єднання отворів у двох деталях, які можуть взаємно зміститися.

Перевіряти глибину отвору пальцями рук.

Закладати руки, ноги в зазори між деталями обладнання або зубами зубчастого зачеплення.

Підкладати руки, ноги під обладнання, вантажі, що встановлюються.

Ставати на деталі або вузли обладнання, які можуть провернутися або зміститися (ролики рольгангів, шестерні, кришки люків).

Видаляти металеву стружку, продукти зносу деталей незахищеними руками, для цього застосовувати металеві та дерев'яні шкребки, гачки.

Вимоги безпеки після закінчення роботи.

Після закінчення роботи необхідно виконати наступне.

Повідомити майстру (бригадиру, старшому робітникові) про закінчення роботи або про передачу роботи по зміні.

Очистити місце проведення робіт від демонтованих деталей, тимчасових огороджень, перекриттів, залишків матеріалів та мастила.

Перевірити наявність інструменту та пристосувань - залишений інструмент може призвести до руйнування механізму.

Переконатися, що всі стопорні та обмежувальні пристосування знято і робота механізмів можлива.

Робоче місце можна залишати тільки з дозволу керівника робіт (майстра, бригадира).

Вимоги до інструментів.

Механізований інструмент повинен бути в повній справності та застосовуватися у суворій відповідності з вимогами інструкції заводу-виробника.

Перед експлуатацією механізованого інструменту повинні бути перевірені на стенді: його робота, стан ізоляції на корпус, справність його заземлювального проводу. Результати випробувань та оглядів інструменту заносяться в журнал реєстрації випробувань із зазначенням його інвентарного номера. При перервах у роботі та перенесенні на інше місце механізований інструмент необхідно відключати.

Ремонт інструменту повинен виконуватися кваліфікованими, спеціально призначеними фахівцями.

Напруга, що подається на інструмент, повинна бути не вище 220В у приміщеннях без підвищеної небезпеки та не вище 36В у приміщеннях з підвищеною небезпекою та поза приміщеннями.

Під час роботи з механізованим інструментом не допускаються зовнішні механічні навантаження на електропроводи або повітряні шланги.

Засоби пожежної безпеки

Категорія приміщення цеху по вибухопожежонебезпеці: Г - будівля з обробкою речовинами, матеріалами в нагрітому та розпиленому стані.

Ступінь вогнестійкості приміщення цеху: II - будівля з несучими конструкціями із природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону з використанням листових або обробних матеріалів.

Межі вогнестійкості конструкцій: несучі та сходові клітки - 2 години; самонесучі - 1 година; зовнішні ненесучі - 0,25 години; внутрішні несучі - 2 години; сходові площадки, сходи, балки, марші сходових кліток - 1 година; плити, настили та інші ненесучі конструкційні перекриття - 0,75 години.

ВИСНОВКИ

У випускній роботі описано технологію правки та конструктивні особливості правильного обладнання. Проведено розрахунки на міцність і на витривалість найбільш навантажених деталей і вузлів.

Аналіз конструкцій правильних машин показав, що їх перевагами є відносно простота конструкції. До недоліків слід віднести наявний підвищений знос роликів та недостатня якість виправленого металу при виробництві тугоплавких і жароміцних матеріалів. Існуюча конструкція роликів правильної машини має струмки у формі половини дуги кола. Такий профіль погіршує прямолінійність прутка, що виправляється, підвищує знос струмка ролика, ускладнює заправку переднього кінця прутка в струмки наступних роликів правильної машини.

В роботі вирішена задача підвищення якості сортових профілів круглого перерізу та полегшенні їх заправки у правильну машину. Для цього у конструкції ролика правильної машини необхідно внести зміни пов'язані з зміною профілювання.

Переваги зміненого профілювання ролика правильної машини полягають у тому, що бічні стінки струмка виконані з випусками 10-20°, а по дну струмка виконано паза шириною 0,2-0,3 від діаметра прутка. Таким чином, за рахунок розширення струмка до периферійної частини бочки ролика полегшується заправка профілів у правильну машину, а наявність паза у нижній частині виключає торкання прутком дна ролика. Цим забезпечується надійне затискання прутка між бічними стінками струмка.

В експлуатаційні частині випускної роботи розроблені рекомендації по монтажу та ремонту правильної машини. Розроблено графік технічного обслуговування та ремонтів устаткування ділянки та складено мережевого графіка капітального ремонту правильної машини.

У розділі охорона праці та техногенна безпека проведено аналіз потенційних і шкідливих факторів виробничого середовища та запропоновано технічні заходу захисту від шкідливих факторів виробничого середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Радіонова Л.В. Сучасний стан та перспективи розвитку волочильного виробництва сталевого дроту / Л.В. Радіонова, А.А. Радіонів// Машинобудування: мережевий електронний науковий журнал. - 2013. - №1. - С. 3-11.

2. Жук А. Я., Желябіна Н. К., Малишев Г. П. Основи наукових досліджень в сфері практичної механіки. Кн. 1. Теоретичні дослідження : навч. посіб. Київ : Кондор, 2012. 184 с.

3. Жук А. Я., Желябіна Н. К., Малишев Г. П. Основи наукових досліджень в сфері практичної механіки. Кн. 2. Експериментальні дослідження : навч. посіб. Київ: Кондор, 2012. 221 с.

4. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин : навч. посіб. Запоріжжя : видавництво ЗДІА, 1996. 145 с.

5. Гребінник В. М., Іванченко Ф. К., Ширяєв В. І. Розрахунок металургійних машин та механізмів. Київ: Вища школа, 1988. - 383 с.

6. Ремонт металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук, Н. К. Желябіна, Г. П. Малишев та ін. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2017. 236 с.

7. Монтаж металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук, Н. К. Желябіна, Г. П. Малишев та ін. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2018. 330 с.

8. Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій : навч. посіб. / О. І. Сідашенко, О. І. Тіхонов, С. О. Лузан та ін. Харків : ХНТУСГ, 2017. 361 с.

9. Заблонский К.І. Деталі машин: Підручник. – Одеса: Астропринт, 1999. 404с.

10. Кирилюк Ю.Є. Допуски та посадки. Довідник. Київ: Вища школа, 1999. 135с.

11. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Основи планування ремонтів механічних машин» для студентів ЗДІА спеціальності „Металургійне обладнання” денного і заочного відділення. Укладачі К.В. Таратута, Н.К. Желябіна.- Запоріжжя: Вид. ЗДІА, 2013.- 56с.

12. Технічне обслуговування металургійного обладнання : навч. посіб./ А. Я. Жук, Н. К. Желябіна, Г. П. Малишев та ін. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2017. 288 с.

13. Технологія конструкційних матеріалів: навч. посіб. / П. І Літовченко, Л. П. Іванова. – Харків : НА НГУ, 2016. 306 с.

14. Інтегровані технології обробки матеріалів: підручник / Е.С. Геворкян, Л.А. Тимофеєва, В.П. Нерубацький та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – 238 с.

15. Тарасенко О. Ю. Стратегічний розвиток металургійної галузі України на основі підвищення інноваційного потенціалу. Менеджер. 2014. №2(68). С. 114–118.

16. Кушакова Н. О. Металургійний комплекс України: загальна характеристика та сучасний стан розвитку. Науковий вісник Ужгородського національного університету. 2019. Вип. 23. Частина 1. С. 162–166.

17. Геврик Є. О. Охорона праці: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ: Ельга, Ніка-Центр, 2003. 280 с.

18. Манідіна Є. А., Бєлоконь К. В. Безпека технологічних процесів та обладнання : навч.-метод. посіб. для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 263 «Цивільна безпека» освітньо-професійної програми «Охорона праці». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2022. 133 с.

19. Левченко О. Г. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях: рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації : навч. посіб. для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 30 с.

.