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 виконавчих механізмів стана для волочіння дроту

Виконав: бакалавр групи 6.1331-з
Тюрін О.Р.
(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

Тюрін Олексій Романович

(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення виконавчих механізмів стана для волочіння дроту

   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 _____ О.Р. Тюрін
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

АНОТАЦІЯ

Тюрін О.Р. Удосконалення виконавчих механізмів стана для волочіння дроту.

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 обладнання для волочіння кольорових металів та аналіз заходів для підвищення експлуатаційних властивостей обладнання. Детально описані вузли волочильного обладнання для колочіння дроту з кольорових металів. Проведено розрахунки навантажень на вузли волочильної машини. Запропонована удосконалена конструкція вузлів волочильної машини для підвищення експлуатаційних властивостей.

Ключові слова: ВОЛОЧІННЯ, ДРІТ, ЗУБЧАСТЕ ЗАЧЕПЛЕННЯ

ABSTRACT

Tyurin O.R. Improvement of the executive mechanisms of the wire drawing mill.

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 reviews equipment for drawing non-ferrous metals and analyzes measures to improve the operational properties of the equipment. The units of drawing equipment for drawing wire from non-ferrous metals are described in detail. Calculations of loads on the units of the drawing machine are carried out. An improved design of the units of the drawing machine is proposed to improve operational properties.

Keywords: DRAWING, WIRE, GEAR MECHANISM

ЗМІСТ

Вступ 6
1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА 7
1.1 Коротка характеристика підприємства 7
1.2 Опис обладнання цеху 10
1.3 Опис матеріалів та технологічного процесу виробництва 17
1.4 Недоліки роботи обладнання цеху та напрямки їх усунення 20
2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА 21
2.1 Призначення та класифікація волочильних станів 21
2.2 Волочильна машина для виробництва мідного дроту 27
2.3 Опис проекту модернізації волочильної машини 28
2.4 Розрахунок приводу та елементів конструкції волочильної машини 31
3. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА 45
3.1 Рекомендації по організації служби технічного обслуговування та ремонтів 45
3.2 Планування ремонтів устаткування цеху виробництва дротів 49
3.3 Обґрунтування чисельності механічної служби цеху виробництва дротів 50
3.4 Розробка мережевого графіка капітального ремонту та модернізації волочильної машини 53
3.5. Розрахунку економічної ефективності проекту модернізації 56
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 64
Висновки 75
Література 76
Додатки 78

ВСТУП

Волочильне обладнання на підприємствах призначено для виробництва дроту. На підприємствах для виробництва кабельної продукції волочильне обладнання має свою специфіку та відрізняється від обладнання заводів по виробництву дроту з вуглецевої сталі. Обладнання кабельних заводів поділяється на: волочильне обладнання, ізолювальні машини, - електричні конвеєрні печі для відпалу, емальагрегати, крутильні машини та інші допоміжні машини. Одним з головних елементів є саме волочильні машини. Вони поділяються на машини грубого волочіння, машини середнього волочіння та машини тонкого і надтонкого волочіння. За конструктивними ознаками волочильні машини поділяються на однократні та багатократні. У свою чергу багатократні волочильні машини поділяються на машини працюючі з ковзанням та без ковзання (магазинного типу).

Найчастіше для волочіння кольорових металів застосовують волочильні машини з ковзанням. Одним з недоліків машин зазначеного типу є значний знос тягових шайб та зубчастих зачеплень приводу.

Задача полягає у удосконаленні конструкції приводу волочильної машини для забезпечення безаварійної роботи й збільшення міжремонтного періоду.

Для вирішення поставленої задачі у конструкції привода машини необхідно внести зміни пов'язані з зміною профілю зубчастих коліс.

У відповідності до поставленого завдання в роботі проведено:

- огляд основних елементів волочильної машини;
- розрахунок навантажень, на елементи привода;
- 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 84 сторінок, 12 таблиць, 14 рисунків, списку використаних джерел, додатків.

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Коротка характеристика підприємства

ПАТ «Запорізький кабельний завод» – найбільше національне підприємство зі спеціалізацією у виробництві кабельно-провідникової продукції. Завдяки безперервному вдосконалюванню, сучасному технологічному устаткуванню й впровадженню передових технологій, компанія є виробником унікальної кабельної продукції, якість якої підтверджена міжнародними сертифікатами. ПАТ «Запорізький кабельний завод» займає передову позицію в цій галузі.

Сьогодні ПАТ «Запорізький кабельний завод» є провідним постачальником кабельно-провідникової продукції для споживачів ринку електротехнічної промисловості. Продукція підприємства затребувана й широко використовується не тільки на території України, але за її межами, у країнах Європи, ближнього зарубіжжя.

Виконуючи вимоги стандартів по постійному поліпшенню системи менеджменту якості, впроваджуючи принципи ощадливого виробництва, маючи сучасну технологічну базу, ПАТ «Запорізький кабельний завод» не тільки забезпечує надійність електропостачання, але й сповідає принципи екологічности й відкритого взаємовигідного соціально відповідального співробітництва для партерів і суспільства.

ПАТ «Запорізький кабельний завод» робить кілька видів кабельно-провідникової продукції: кабелі неізольовані; кабелі обмотувальні; кабелі зі скловолокнистою ізоляцією; кабелі з емалевою ізоляцією й дріт.

Номенклатура продукції унікальна й нараховує більше 7000 розмірів.

ПАТ «Запорізький кабельний завод» робить кабельно-провідникову продукцію високої якості, удосконалюючи технологічні процеси й поліпшуючи експлуатаційні характеристики виробів.

Закупівля якісної імпортної сировини надає всьому номенклатурному ряду технічні характеристики підвищеної міцності й відповідність нормам токсичності. Екологічность продукції підтверджена сертифікацією по ISO і участю в програмі альтернативної енергетики України.

Кабелі неізольовані призначені для передача електричної енергії в повітряних електричних мережах і контактних мережах електричного транспорту. Такі кабелі витримують великі механічні навантаження, через погодні умови, тому їх виробляють з надміцних і корозійностійких матеріалів - сталі, алюмінію, міді й сплавів. Ці кабелі функціонують в атмосферах I і II типів з низьким змістом сірчастого газу. Вони працюють у дельті температурного режиму від -50 до +250 градусів, мають широкий діапазон тиску й поширені завдяки своїй доступній ціні. Поряд з ізольованими проводами вони використовуються при спорудженні повітряних ЛЕП.

Марка А - кабелі, скручений з алюмінієвих дротів. Марка АКП - кабелі марки А, але міжпровідний простір усього кабелю, за винятком зовнішньої поверхні, заповнено нейтральним змащенням підвищеної термостійкості. Номінальний перетин: від 16,0 до 750,0 мм^2.

Марка АС– кабелі скручені зі сталевого сердечника й алюмінієвих дротів. Номінальний перетин: від 16/2,7 до 900/70 мм^2.

Марка АСК– кабелі марки АС, але сталевий сердечник ізольований двома стрічками поліетилентерефталатної плівки. Номінальний перетин: від 16/2,7 до 900/75 мм^2.

Обмотувальні кабелі, Е - класом термостійкі, залежно від зони застосування виробляються одножильними й багатожильними. Вони застосовуються в сфері будівництва електромашин і апаратів, у тому числі для виготовлення обмоток високовольтних масляних трансформаторів і реакторів. Для їхнього виробництва використовуються спеціальні ізоляційні матеріали - високоякісний папір, а також папір типу з споксидним покриттям [2].

Марка АПБУ - кабель алюмінієвий прямокутний, з ізольованими стрічками трансформаторного високовольтного ущільненого паперу. Марка Птб

- те ж, але зі склейкою емальованих дротів.

Кабелі зі скловолокнистою ізоляцією (ТУ В 31.05755625-012-2003). Кабелі зі скловолокнистою ізоляцією застосовуються для виготовлення обмоток електричних машин із класом термостійкості "F" і «Н». Це кабелі для заглибних водозаповнюваних електродвигунів, для телефонізації й радіофікації, електродвигунів і трансформаторів.

Марка АПСДК - кабелі алюмінієві круглого або прямокутного перетину з ізоляцією зі скляних ниток, накладених двома шарами, з підклеюванням і просоченням кремнійорганічним лаком. Діаметр жили круглого кабелі: від 1,80 до 3,00 мм.

Марка АПСДКТ - кабелі марки АПСДК, але з потоншеною ізоляцією.

Марка ПСДК-Л - кабелі мідні круглого або прямокутного перетину з ізоляцією зі скляних ниток, накладених двома шарами, з підклеюванням і просоченням кремнійорганічним лаком, з поверхневим лаковим шаром.

Діаметр жили круглого кабелі: від 1,40 до 5,20 мм.

Марка ПСДКТ - кабелі мідні круглого або прямокутного перетину з потоншеною ізоляцією зі скляних ниток, накладених двома шарами, з підклеюванням і просоченням кремнійорганічним лаком. Діаметр жили круглого кабелі: від 1,40 до 5,20 мм.

Кабелі з емалевою ізоляцією (ГОСТ 21428-75). Кабелі з емалевою ізоляцією використовуються для електричних машин і апаратів, для механізованого намотування, у вугільному, гірничодобувної й іншому рентабельному видах промисловості [2].

Марка ПЕТ-155, ПЕТВ, ПЕТВ-2 - кабель мідний круглий, емальований теплостійкий, покритим шаром високоміцної емалі. Номінальний діаметр дроту: від 1,32 до 2,5 мм.

Для виготовлення всіх перелічених кабелів дріт на попередньому етапі проходить процес волочіння на спеціалізованому обладнанні.

1.2 Опис обладнання цеху

До складу обладнання кабельного цеху входить:

- волочильні стани;
- ізолювальні машини;
- електричні конвеєрні печі для відпалу;
- емальагрегати;
- крутильні машини.

Машина середнього волочіння з безперервним відпалом 13DST



Рисунок 1.1 - Машина середнього волочіння з безперервним відпалом 13DST

Таблиця 1.1 - Основні технічні характеристики машина середнього волочіння з безперервним відпалом 13DST

Найменування	Характеристика
1	2
Модель машини	13DST
Вхідний діаметр, мм	2,5-3,5
Діаметр на виході, мм	0, 8-2,8
Швидкість лінії, м/хв	1200
Основний двигун, кВт	55

Продовження табл. 1.1

1	2
Потужність відпалу, кВт	150
Потужність мотора намотування, кВт	11
Тип вівдпалу	трьох секційний
Максимальні діаметри котушок, мм	630/800 (макс.)
Система контролю	ПІД
Максимальна маса котушки на прийомі, кг	800
Живлення, В	380
Гальма	пневматичні гальма
Габаритні розміри машини, мм	3600x1300x2450
Вага машини, кг.	2500

Машина грубого волочіння 450/13

Машина грубого волочіння використовується для виробництва виробів круглого або фасонного профілю з металів під впливом тиску. Металеві вироби протягуються через отвір, що має менший перетин, чим у заготовки. У результаті цього відбувається зменшення поперечних розмірів перетину й одночасно із цим - збільшення його довжини.



Рисунок 1.2 - Машина грубого волочіння 450/13

Машина грубого волочіння, основними складовими частинами якої є волоки й тяговий пристрій, застосовується для виробництва пруткового металу, дроту, труб і деяких інших виробів. Представлене устаткування забезпечує процес холодної обробки металу й призначено для волочіння з діаметра 8 - 10мм.

Таблиця 1.2 Основні технічні характеристики машина грубого волочіння 450/13

Наймснування	Характеристика	
Модель машини	450/13	
	Алюмінієвий сплав	Алюміній
Вхідний діаметр, мм	9,5	12
Діаметр на виході, мм	1, 9-4,0	1, 8-4,8
Швидкість лінії, м/хв	20	25
Максимальна кількість філ'єр, шт	11	13
Діаметр бандажних роликів, мм	450	
Коефіцієнт швидкості між барабанами	1,238	
Розміри філ'єри, мм	ø53x35	
Основний двигун (постійний струм)	315 кВт, n=1000 об/хв	
Двигун чистового барабана (постійний струм)	75 кВт, n=1500 об/хв	
Макс. довжина запасу кабелі, м	7	
Швидкість прийомного пристрою, м/с	25	
Двигун прийомного пристрою (постійний струм)	30x2кВт	
Діаметр котушки, мм	PND500_630	
Габаритні розміри, мм	23000x7500x4900	
Вага машини, кг	40 000	

Емальагрегати застосовуються для створення емальованого кабелю. Основними функціями даного устаткування є: відпал мідного дроту, нанесення

лакового покриття на його поверхню, його сушіння й полімеризації, а також намотування емальованого кабелю на котушки. Емальагрегати відрізняються між собою по кількості дротів, що проходять одночасно через емальпіч, а також діапазону діаметрів емальованого дроту.



Рисунок 1.3 - Двошвидкісний емальагрегат, модель TH-QBJA-4500

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики емальагрегату TH-QBJA-4500

Найменування	Характеристика
Модель	TH-QBJA-4500
Діапазон продукції, мм	0, 2-0,6
Кількість ходів	9 8+1
Кількість проходів	8
Макс швидкість, м/хв	120
Довжина печі, мм	4500
Прийомні котушки	PT-10-PT60
Потужність, кВт	135

Стрічкообмотчики. Обмотувальні машини призначені для ізолювання жили круглого або прямокутного перетину шляхом обмотки її ізоляційними

матеріалами. Залежно від конструкції кабелю, використовуються різні ізоляційні матеріали [3].



Рисунок 1.4 - Обмотувальна машина одношарової обмотки

Таблиця 1.4 - Технічні характеристики одношарової обмотувальної машини

Найменування	Характеристика	
1	2	3
Модель	HD-O630мм	HD -Ø800мм
Застосування	Використовується для обмотки мідної жили або кабелю стрічкою з вогнетривких матеріалів, алюмінієвої фольги, паперу й т.п.	
Крок обмотки	Регульований мотор (регулюється під більші й малі діаметри)	
Вхідний діаметр, мм	Ø0,6-15мм (м'яка структура), (тверда структура до 10мм^2)	
Діаметр дисків, мм	Зовнішній діаметр Ø 250-300мм., внутрішній отвір Ø50мм	
Натяг	регульоване	
Діаметр приймаючої котушки, мм	Зовнішній діаметр Ø630мм × зовнішня ширина 475мм × внутрішня ширина 400мм × вхідний отвір Ø56мм	Зовнішній діаметр Ø800мм × зовнішня ширина 600мм × внутрішня ширина500мм × вхідний отвір Ø80мм
Потужність двигуна	Трифазний двигун 380 В 1,5 кВт, перетворення частоти й регулювання швидкості	

Продовження табл. 1.4

1	2	3
Мотор тягового ролика, кВт	0,75кВт мотор-редуктор (Тайвань, Chengbang)	
Швидкість обмотки, об/хв	2500 об/хв	
Котушка, мм	Ø 400-630мм (за бажанням замовника)	Ø800мм
Прийомна котушка, мм		
Прийомний пристрій, Нм	моментний електродвигун 10Нм	моментний електродвигун 20Нм

Обмотувальна машина вертикального типу з однією обмотувальною голівкою. Використовується для обмотки сердечника слюдяною, паперовою стрічкою, а також алюмінієвою фольгою й може застосовуватися для силового, оптичного, контрольного кабелю, використовуваного на електростанціях, аеропортах, у метро, підземних комунікаціях і ін. Дана машина знаходить широке застосування при виробництві вогнестійкого кабелю [3].



Рисунок 1.5 - Обмотувальна машина тришарової обмотки

Таблиця 1.5 - Технічні характеристики тришарової обмотувальної машина

Найменування	Характеристика	
Модель	HD- Ø630мм	HD - Ø800мм
Застосування	Використовується для обмотки кабелю з мідної/алюмінієвою стрічкою з вогнетривких матеріалів, алюмінієвою фольгою, папером	
Крок обмотки	Регульований мотор (регулюється під жилу більших і малих діаметрів)	
Вхідний діаметр, мм	Ø0.6-6- 15мм (м'яка структура) (тверда структура нижче 10мм^2)	
Діаметр дисків, мм	Зовнішній діаметр Ø 250-300мм, внутрішній отвір Ø50мм	
Натяг	регульоване	
Діаметр приймаючої котушки (Take-up bobbin diameter), мм	Зовнішній діаметр Ø630мм × зовнішня ширина 475мм × внутрішня ширина 400мм × отвір для вала Ø56мм	Зовнішній діаметр Ø800мм × зовнішня ширина 600мм × внутрішня ширина 500мм × отвір для вала Ø80мм
Потужність двигуна	Трифазний двигун 380У 1.5кВт, перетворення частоти регулювання швидкості	
Мотор тягового ролика, кВт	0,75кВт мотор-редуктор (Тайвань, Chengbang)	
Швидкість обмотки, об/хв	2500	
Котушка, мм Приймна котушка, мм	Ø 400-630мм (Розмір за замовленням клієнта)	Ø800
Прийомний пристрій, Нм	моментний електродвигун 10Нм	моментний електродвигун 20Нм

1.3 Опис матеріалів та технологічного процесу виробництва

Характеристики кабелів визначаються їхнім призначенням; кабелі для надвисокої напруги, що передають електроенергію з напругою понад 100 кіловольт, суттєво відрізняються від інших типів кабелів. До того ж, є спеціалізовані кабелі, як-от кабелі з мінеральною ізоляцією (використовуються там, де їхній власний захист від загоряння критичний, наприклад, на підприємствах, у готелях або на борту судна), емальовані кабелі (застосовуються в електрообмотках двигунів), кабелі з металевої фольги (застосовуються в телефонії), силові кабелі для електроплит (у яких раніше використовувалась азбестова ізоляція, замінена зараз іншими матеріалами) [3].

Матеріали та технологічні процеси

Найпоширенішим матеріалом, який використовується як провідник у кабелях, завдяки його високій електропровідності, завжди була мідь. Перш ніж використовуватись як провідник, мідь має бути рафінованою до високого ступеня чистоти.

На сучасних заводах мідні катоди плавляться в шахтних печах, відливаються методом безперервного розливання та прокочуються в мідні катанки. Така катанка витягується до необхідного розміру перетину на дротяно-волочильному стані, протягуючи мідь через низку прецизійних філь'єр. Зазвичай, волочіння дроту здійснювалось при одному централізованому положенні заготовки з використанням численних пристроїв, які зменшували перетин дроту. На сучасних волочильних машинах процес пластичної деформації має вищу продуктивність.

Алюмінієві провідники застосовуються в підвісних силових кабелях, де полегшена вага компенсує меншу провідність, порівнюючи з міддю. Алюмінієві провідники виготовляються шляхом протягування нагрітої алюмінієвої заготовки через волоку екструзійного преса.

У деяких випадках у металевих провідниках використовуються спеціальні сплави. Сплав кадмію з міддю застосовується в підвісних контактних проводах

(підвісні кабелі використовуються на залізницях) і в ізоляції з металевої фольги, використовуваній в телефонії. Кадмій збільшує міцність на розтягнення, порівнюючи з чистою міддю, і тому контактні кабелі не провисають між опорами. У деяких випадках застосовується також сплав з берилієм з міддю.

Ізоляція

У кабелях різних видів застосовуються різні ізоляційні матеріали. Найбільш уживані - пластики, серед яких ПВХ, поліетилен, політетрафторетилен (ПТФЕ) та поліаміди. У кожному конкретному випадку пластик добирається з урахуванням технічних вимог. Інколи до пластикового складу додають речовини для виробництва кабелю спеціального призначення [12].

Гнучкі кабелі, особливо ті, що використовуються в підземних шахтах, мають гумову ізоляцію. Для відповідності різним технічним умовам потрібні сотні різних складів гуми та відповідне обладнання для її виготовлення. Гума може бути вулканізована шляхом пропущення через ванну з гарячим нітратом або через рідину під тиском.

Останніми роками спостерігається зростаюча зацікавленість до займистості кабелів у контексті пожеж. Це зумовлено двома ключовими факторами. По-перше, переважна більшість гум і пластиків, що традиційно використовуються як ізоляційні матеріали, при горінні виділяють значний обсяг диму та небезпечних токсичних газів. По-друге, прогорання кабелю може призвести до короткого замикання внаслідок контакту провідників, що викликає втрати електроенергії. Саме тому було ініційовано розробку бездимних та стійких до займання складів, як для пластиків, так і для гуми, позначених як МД або LSF [12].

У спеціальних кабелях використовуються різні додаткові матеріали. Кабелі для надвисоких напруг наповнені маслами – як для ізоляції, так і для охолодження. В інших кабелях використовується вуглеводневе змащення, відоме як MIND, петролатум або свинцева оболонка. Емальовані кабелі, зазвичай, виготовляються з покриттям з поліуретанової емалі, розчиненої в крезолі.

Виготовлення кабелів

У кабелях окремі ізольовані провідники скручені разом, утворюючи певну конфігурацію. Котушки з окремими провідниками обертаються навколо центральної осі, коли кабель протягується через спеціалізовану установку. Ця операція називається звиванням та скруткою. Кабелі необхідно захищати від механічних пошкоджень. Це робиться за допомогою плетіння, коли матеріал переплетений навколо зовнішньої ізоляції гнучкого кабелю, так що всі стрічки перехрещуються між собою, утворюючи спіраль.

Кабелі великих перетинів постачаються намотаними на барабан розміром до кількох метрів у діаметрі.

Операція зі з'єднання двох кінців кабелів називається зрощуванням. З'єднання має не лише забезпечувати гарний електричний контакт, але й витримувати несприятливі погодні та механічні фактори. Кабельні з'єднувачі, зазвичай, виготовляються з латунної пруткової заготовки на автоматичних токарних верстатах. Механізми охолоджуються та змащуються за допомогою водомасляної емульсії. Кабельні затискачі виготовляються з пластику на установках лиття під тиском [3].

Технологія волочіння мідного дроту на станах зі ковзанням є методом виробництва дроту, при якому заготовка протягується через волочильні філь'єри з незначним прослизанням на тягнучому барабані.

Волочіння мідного дроту містить такі етапи: підготовка заготовки. Мідна заготовка (зазвичай у вигляді дроту або кабелю) готується до волочіння, наприклад, попередньою термічною обробкою для підвищення пластичності. Далі відбувається процес волочіння. Заготовка протягується через фільєру, що має отвір меншого діаметра, ніж вихідна заготовка. Швидкість руху дроту менша за швидкість окружної швидкості волочильної шайби, що й викликає прослизання. Далі проводиться контроль якості. Після кожної стадії волочіння дріт перевіряється на відповідність вимогам по діаметру, формі, поверхні та міцності. Далі проводиться термічна обробка. Для підвищення пластичності та

зняття внутрішніх напружень дріт може піддаватись термообробці (наприклад, відпалу) між стадіями волочіння.

Після декількох стадій волочіння дріт може піддаватись фінішній обробці для досягнення бажаної якості поверхні та властивостей [3].

1.4 Недоліки роботи обладнання цеху та напрямки їх усунення

Виробництво кабелів є високотехнологічним процесом, тому основні недоліки пов'язані з порушенням умов роботи обладнання.

Наявність в цеху невеликої кількості застарілого устаткування, такого як: емальагрегатна машина типу ВРЖПА-36, обмотувальна машина ОГ-8, ОГ-16, волочильна машина СМВ 1-9М, якість роботи яких на теперішній час не завжди відповідає необхідним параметрам якості виробів, що виготовляють. Вирішити цю проблемо можливо за рахунок встановлення більш сучасного обладнання, або за рахунок модернізації діючого устаткування.

Аналіз заходів з технічного обслуговування та ремонтів волочильної машини показав наявність систематичного виходу з ладу шестерень приводних барабанів та значний знос самих тягнучих барабанів.

Вирішенню проблеми підвищення надійності роботи волочильної машини СМВ 1-9М та підвищенню якості готового дроту, буде присвячений наступний розділ роботи.

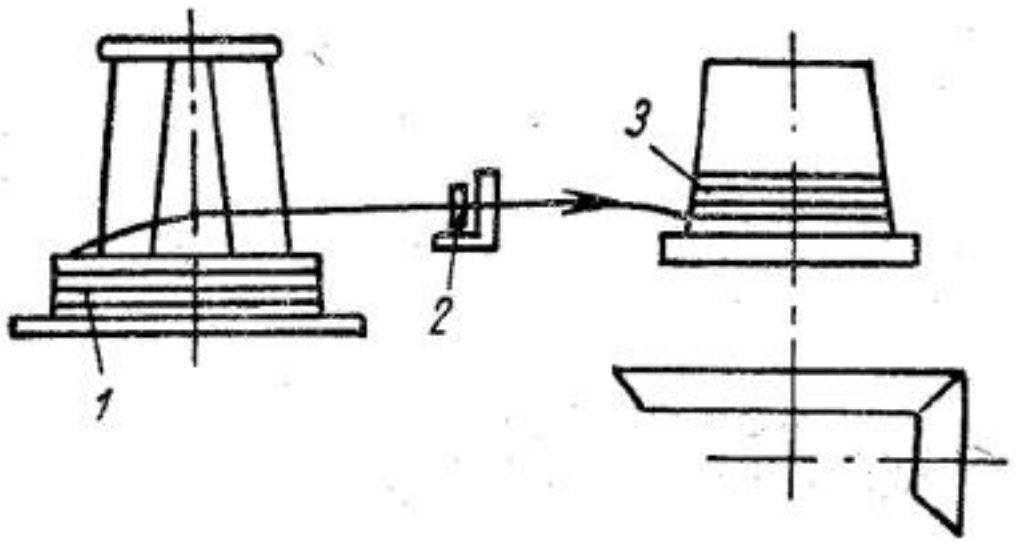
2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1. Призначення та класифікація волочильних станів

У промисловості найширше застосовують два способи волочіння дроту – однократний та багаторазовий.

Однократним називається волочіння, якщо дріт у кожен поточний момент часу протягується виключно через одну волоку, тобто за одну операцію, за одне заправлення переріз дроту змінюється тільки один раз. Схематично однократне волочіння показано на малюнку 2.1. [12]

У сучасних дротяних цехах однократне волочіння використовують відносно рідко через низьку продуктивність цього способу та неефективне використання виробничих площ. Воно застосовується переважно при протягуванні товстого дроту, складних профілів, дроту зі складнодеформованого металу та з дуже низькою межею міцності.



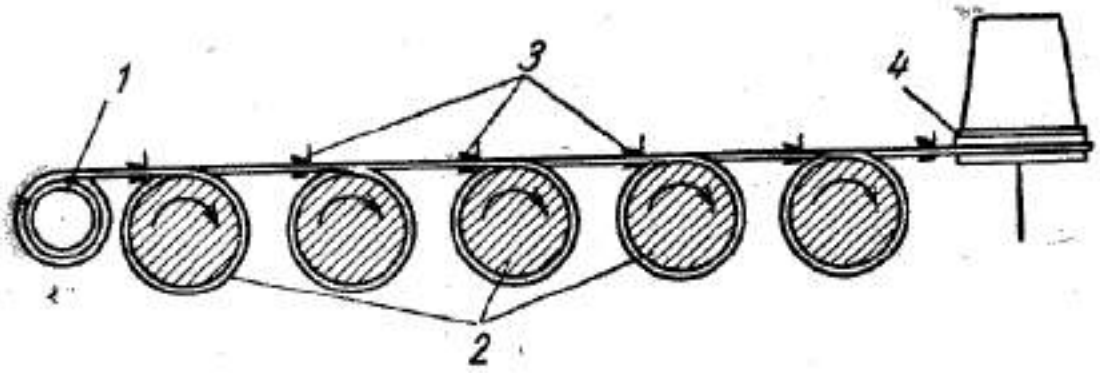
1 - фігурка із дротом; 2-2- волоки; 3-приймальням барабан із протягненим дротом

Рисунок 2.1 - Схема однократного волочіння дроту

Багатопрохідним називається процес волочіння, під час якого дріт протягується послідовно через серію волочильних отворів, відчуваючи значне

зменшення поперечного перерізу (до 22 разів) за один технологічний цикл. Отже, в певний момент часу дріт обробляється одночасно у декількох волоках.

Схему багатопрохідного волочіння зображено на рисунку 2.2. Цей метод, завдяки високій продуктивності, є ключовим у процесі виробництва дроту.



1— фігурка із дротом; 2 — проміжні тягові шайби; 3 - волоки; 4 — прийомний барабан із протягненим дротом

Рисунок 2.2 - Схема багатократного волочіння

Відомі також інші методи виробництва дроту.

Безфільєрний. До цього способу належить виробництво дроту шляхом зменшення діаметра суцільного профілю розтягуванням, коли дріт перемотується з однієї катушки на іншу, котра обертається швидше. Цей метод не набув широкого використання через труднощі досягнення точного профілю.До безфіл'єрного способу відноситься метод одержання дроту послідовним підбуренням. Цей метод застосовують для одержання найтонших розмірів дроту (менш 9 мікрон) з деяких металів і сплавів.

Машини багатократного волочіння

По призначенню багатократні волочильні машини діляться на наступні категорії:

I - товстого волочіння - для дроту діаметром 6,0-1,6 мм, II-середнього волочіння - для дроту діаметра 1,6-0,4 мм, III - тонке волочіння - для дроту діаметром 0,4-0,1 мм, IV - найтонше волочіння - для дроту діаметром 0,1-0,025 мм, V - щонайтонше волочіння - для дроту діаметром менше 0,025 мм.

Такий розподіл машин на категорії по сортаменту дроту склався при виробництві, дроту з кольорових металів і сплавів і є досить умовним через умовність меж, що визначають поняття товстих, середніх, тонких і інших діаметрів дротів.

За принципом роботи багатократні машини поділяються на два типи: з ковзанням і без ковзання.

Багатократні волочильні машини з ковзанням.

Ці машини широко використовуються для волочіння дроту з кольорових металів і їхніх сплавів. Схема волочіння на машинах з ковзанням наведена на рис. 2.2.

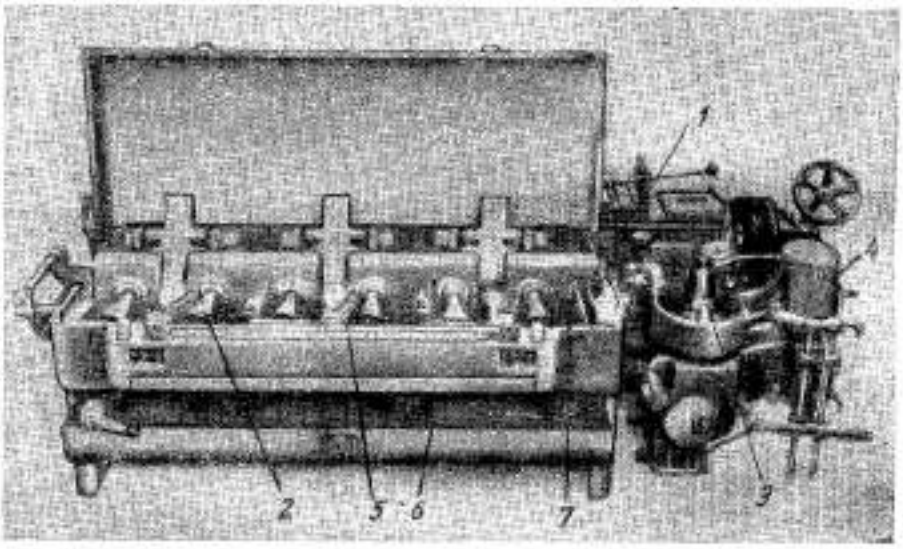
Дріт протягується крізь волоку силою, що розвивається тяговими шайбами завдяки силам тертя, які виникають між поверхнею шайби й дротом, що обгинає її. Для нормального ходу процесу волочіння необхідно, щоб окружна швидкість проміжної тягової шайби була на 2-5% більше швидкості виходу металу, що протягується з волоки. При цьому дріт сковзає по шайбі. Така робота верстата забезпечується за умови дотримання певного ряду переходів волочіння.

У процесі роботи внаслідок зношування волок ковзання дроту по тяговій шайбі змінюється. Зниження його до нуля приводить до обриву, а надмірно високе ковзання - до підвищеного зношування поверхні тягової шайби. Тому рекомендується встановлювати допуск на зношування волок і вчасно замінять їх при виході з допуску, що забезпечити найбільш правильну експлуатацію волочильного стана.

Варто мати на увазі, що при волочінні дроту, що має підвищену твердість (бронзи, нікелеві, медно-нікелеві й інші сплави), допускають тільки незначне ковзання, у противному випадку сильно зношується поверхня тягової шайби, дріт перегрівається й найчастіше поверхня здобуває шорсткість.

Волочильні машини з ковзанням виготовляють із горизонтальним або вертикальним розташуванням тягових шайб. На сьогодні поширені машини з вертикальним розташуванням тягових шайб, як найбільш зручні в експлуатації.

На рис. 2.3 показана 22-кратна машина з ковзанням середнього волочіння.



1 - станина; 2 -тягові східчасті ролики; 3 - прийомний барабан; 4 - прийомна котушка; 5 - волокотримач; 6 - нижня емульсійна ванна; 7 - верхня емульсійна ванна

Рисунок 2.3 - Загальний вид багатократної волочильної машини з ковзанням

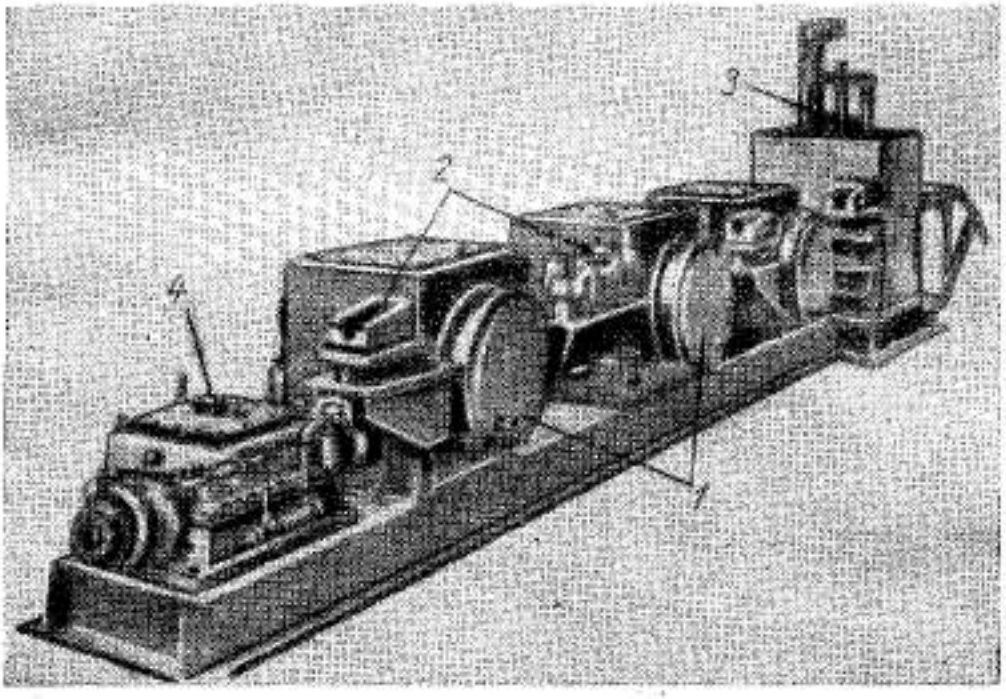
Вона складається зі станини 1, на якій установлена система передач обертання тягових ступенчатих роликів 2, прийомного барабана 3 або котушки 4. Волокотримачі 5 з індивідуальним підведенням емульсії до кожної волоки мають зворотно-поступальний рух, що створює відповідне переміщення дроту по поверхні тягової шайби. Це підвищує її довговічність. Емульсія перебуває в нижній ванні 6 і перекачується у верхню - робочу ванну 7 після заправлення машини.

Таким чином, у процесі роботи протягуємий метал, волоки й тягові ролики перебувають в емульсії, що забезпечує гарне змащення й охолодження. Прийом протягненого дроту здійснюється на барабан або котушку.

Верстат має аварійні кнопки «стоп» при обриві, заплутуванні заготівлі, а також при заповненні котушки.

Типи машин, подібно описаним вище, застосовуються при волочінні товстих, середніх, тонких і найтонших розмірів дроту. Ці машини найбільш компактні й мають від 9 до 25 переходів.

Для важкого волочіння застосовують машини із циліндричними тяговими шайбами (рис. 2.4). Розташування тягових шайб на цих машинах послідовне, тому вони звичайно витягнуті й мають від 3 до 9 переходів. Прийом дроту здійснюється на барабан або шпулю. На зазначених машинах можливе волочіння дроту складного фасонного профілю.



1 - тягові шайби; 2 - волокотримач; 3 - приймний барабан; 4 - редуктор

Рисунок 2.4 - Багатократна волочильна машина з ковзанням з послідовним розташуванням тягових шайб (чотирьохволочильна)

Порядок заправлення багатократної машини з ковзанням наступний.

Моток, призначений для волочіння, укладають на розмотувач, кінець дроту пропускають через петлеутримувач, загострюють на гострильному верстаті й затягують у волоки на спеціальному затяжному верстаті або безпосередньо на машині, що має для цього спеціальне пристосування на тяговій шайбі. При товстому й важкому волочінні дріт обертається навколо тягової шайби 3—4 рази, при середньому — 2—3 рази, при тонкому — 1—2 рази, на машинах найтоншого волочіння звичайно 1 і рідко 2 рази. Після завдання дроту в останню волоку кінець її обертають навколо прийомного барабана або котушки 3—4 рази,

закріплюють на ній, включають подачу емульсії в робочу ванну й після заповнення її починають процес волочіння. Заправлення волочильної машини варто робити на досить малій, так званій заправній швидкості, що у кілька разів менше робочої швидкості волочіння. На машинах з ковзанням можлива робота на високих швидкостях волочіння (до 40 м/сек) завдяки рясному змащенню й гарному охолодженню волок, тягових шайб і дроту циркулюючою емульсією.

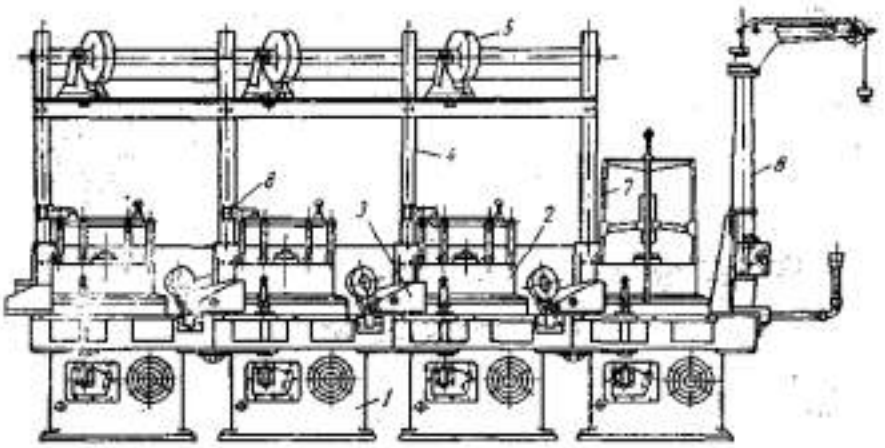
Багатократні волочильні машини без ковзання.

Ці машини являють собою ряд послідовно встановлених барабанів одного діаметра (рис. 2.5) зі швидкостями, що збільшуються в певній послідовності.

Волочіння на машинах без ковзання ведеться з нагромадженням дроту на проміжних барабанах, тому просковзування на них не відбувається. Число встановлених барабанів, як правило, не перевищує 10, максимальні швидкості волочіння - 10-15 м/сек. По своїй конструкції вони витягнуті, внаслідок чого менш компактні в порівнянні з машинами з ковзанням. Пристосовані для волочіння із пластичними й сухими змащеннями. Допускають досить широкий діапазон приватних обтиснень.

Машини без ковзання широко використовуються при волочінні сталевого дроту. У виробництві дроту з кольорових металів і сплавів їхнє застосування обмежене волочінням товстих, іноді середніх розмірів дроту з нікелевих і мідно-нікелевих сплавів, бронз, алюмінію, деяких марок латуней і інших сплавів.

По своїй конструкції й принципу роботи машини без ковзання підрозділяються на два типи: магазинного (зі зміною запасу дроту на барабанах) і з автоматичним регулюванням швидкостей (постійною кількістю дроту на барабанах).



1 - станина блоку; 2 - барабан; 3 — волокотримач з мильницею; 4 - стійка; 5 - напрямний ролик; 6 - знімач; 7 - грейфер; 8 - повідковий ролик

Рисунок 2.5 - Загальний вгляд волочнльної машини без ковзання магазинного типу 4/560

2.2 Волочильна машина для виробництва мідного дроту

Волочильна машина типу СМВ-1-9М слугує для виготовлення мідного дроту з катанки, використовуючи багатократне волочіння з ковзанням. Цей процес дозволяє отримувати дріт як круглого, так і фасонного перетину, який потім намотується на спеціальний апарат.

Основними складовими волочильної машини СМВ 1-9М є: козли для розмотування; поворотний кран; станок для затягування; намотувальний пристрій; тяговий конус; сама волочильна машина; а також привід, який приводить в рух волочильну машину.

Таблиця 2.1 Технічна характеристика волочильної машини СМВ 1-9М [5]

Найменування	Характеристика
1	2
Кількість встановлених волок, шт	9
Кількість тягових роликів на машині , шт	9
Кількість щаблів на роликах, шт	1
Діаметр тягових роликівмашини, мм	350
Діаметр тягового вихідного ролика, мм	450

Продовження табл. 2.1

1	2
Система охолодження тягових роликів	емульсія й технологічне змащення
Швидкість волочіння на тяговій шайбі для міді й алюмінію (стандартний двигун), м/с	3,255; 4,843; 8,01
Швидкість волочіння на тяговій шайбі для алюмінію із крановим двигуном	2,14; 3,18; 5,27
Потужність стандартного електродвигуна машини, кВт	110
Потужність кранового електродвигуна машини, кВт	80
Габаритні розміри машини, мм	13100x3535x3475
Діаметр вихідної заготовки, мм	7,2-12
Діаметр готового виробу, мм	4, 1-5

2.3. Опис проекту модернізації волочильної машини

На підставі дослідження енерго-силових параметрів волочіння, пропонується замінити евольвентні косозубі зубчасті колеса на ортогональні конічні зубчасті колеса з круговими зубцями зі збереженням колишньої міжосьової відстані та основних кінематичних параметрів. Це дозволить значно збільшити навантажувальну здатність, забезпечить більш плавний рух роботи механізму, зменшить навантаження на підшипникові вузли, що в цілому сприятливо позначиться на роботі всього механізму, забезпечить безаварійність роботи й збільшить міжремонтний період.

Характеристика конічних зубчастих передач.

Конічні зубчасті колеса знаходять застосування в передачах, де осі валів перетинаються під певним кутом (рис. 2.6). Найбільш поширені передачі з кутом 90 градусів.

Конічні передачі вимагають більшої складності при виготовленні та встановленні, ніж циліндричні. Для нарізання конічних коліс потрібне спеціальне обладнання та відповідний інструмент. Окрім вимог до розмірів зубів, необхідно забезпечувати допуски на кути, а при монтажі - точне співпадання вершин конусів. Досягти тієї ж точності конічного зачеплення, що й циліндричного, значно важче. Перетин осей валів ускладнює розташування опор. Одне з конічних коліс, зазвичай, розміщують консольно, що призводить до збільшення нерівномірності розподілу навантаження по довжині зуба. У конічному зачепленні виникають осьові сили, присутність яких ускладнює конструкцію опор. Усі ці фактори зумовлюють те, що навантажувальна здатність конічної передачі складає близько 0,85 від можливостей циліндричної [6].

Незважаючи на вищезгадані недоліки, конічні передачі широко використовуються, оскільки з компонувальних міркувань механізмів іноді виникає потреба у розташуванні валів під кутом. Вони також використовуються в приводах волочильних машин.

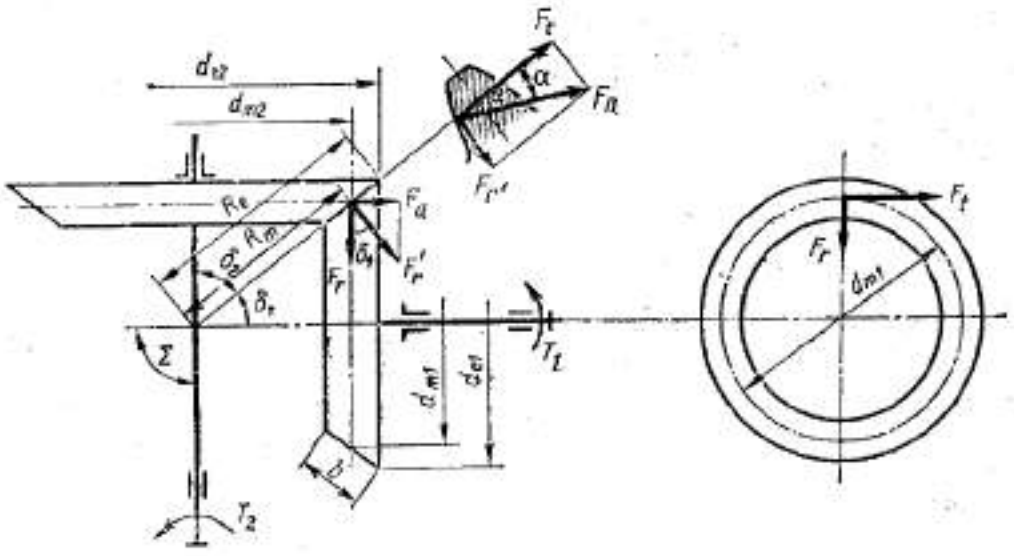


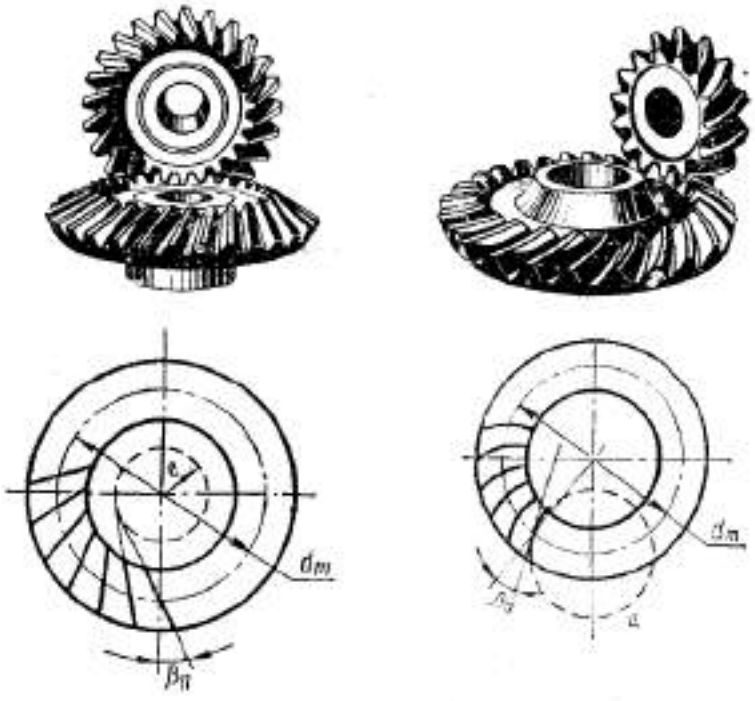
Рисунок 2.6 - Геометричні параметри конічної передачі

З-поміж різних типів конічних коліс з непрямими зубами, на практиці набули

розповсюдження колеса з косими або тангенціальними зубами (рис. 2.7, а), а також колеса з круговими зубами (рис. 2.7, б).

Тангенціальний зуб спрямований по дотичній до умовної окружності, радіус якої дорівнює e, і утворює з твірною конуса кут βn. Круговий зуб розміщується по дузі кола a, по якій переміщується інструмент під час нарізання зубів. Кут нахилу кругового зуба варіюється. За розрахунковий кут приймається кут по колу середнього діаметра колеса. Значення кутів βn сягають до 25...30° для коліс з тангенціальними зубами та βn=35° для коліс з круговими зубами [16].

Колеса з круговими зубами виявляють меншу чутливість до неточностей у взаємному розташуванні коліс, їх виробництво простіше та здійснюється на спеціалізованих верстатах, призначених для нарізання та шліфування цих коліс як в умовах масового, так і дрібносерійного виготовлення.



а б

а -косозубое тангенціальне зачеплення; б - ортогональне конічне зубчасте зачеплення із круговим зубом

Рисунок 2.7 - Загальний вигляд косозубих конічних зачеплень

Застосування зубчастих коліс із круговими зубами дозволить збільшити ресурс та міжремонтний період привода волочильної машини.

2.4 Розрахунок приводу та елементів конструкції волочильної машини

2.4.1 Розрахунок енергосилових параметрів волочильної машини

Повна потужність привода волочильної машини розраховується за формулою:

$$P_o = \frac{P_{вл} + P_{тр} + P_{зг}}{\eta} + P_{хх}, \qquad (2.1)$$

де $P_{ВЛ}$ – потужність пластичної деформації волочіння, $P_{ВЛ}$ =70,7 кВт;

$P_{ТР}$ – потужність на подолання сил тертя в тягових шайбах, $P_{ТР}$=2,53 кВт;

$P_{ЗГ}$ – потужність вигину дроту, $P_{ЗГ}$ =3,4 кВт;

$P_{ХХ}$ – потужність холостого ходу, $P_{ХХ}$ =1,6 кВт;

η - ККД механізму (волочильної машини), η =0,7.

$$P_o = \frac{70,66 + 2,43 + 3,3}{0,7} + 1,527 = 110\ кВт$$

За каталогом обираємо електродвигун типу АК92-4 ДСТУ 19523 – 81 з технічною характеристикою Р=110 кВт, n=1460 хв $^{-1}$, коефіцієнт перевантаження λ=2,8.

Таблиця 2.2 - Технічна характеристика електродвигуна

Потужність двигуна, Р, кВт	Напруга, V, В	Сила струму, I, А	Частота обертання вала, n, об/хв	Момент інерції якоря, кг м^2	Маса, кг	ПВ%
110	380	170	1460	4,53	620	60

За технічними характеристиками обраний електродвигун задовольняє умовам роботи агрегату.

Розрахунок проведено на підставі [7].

Динамічні моменти, що виникають під час розгону й гальмування визначаються за формулою:

$$M_{д(р)} = M_{д(Т)} = \frac{GD^2_{пр} \cdot n}{375 \cdot t_р}, \qquad (2.2)$$

де $t_р$ – час розгону, гальмування, с ($t_р$=50 с; $t_г$=25 с);

n - число обертів вала двигуна, n =1460 $хв^{-1}$;

$GD^2_{ін}$ – наведений до вала двигуна маховий момент:

$$GD^2_{пр} = GD^2_{пр\,об} + GD^2_{пр\,пост} + GD^2_{я}, \qquad (2.3)$$

де $GD^2_{пр\,об}$ - наведений до вала двигуна момент обертових частин;

$GD^2_{пр\,пост}$ - наведений до вала двигуна момент поступально, рухомих частин;

$GD^2_{я}$ - маховий момент якоря електродвигуна,

$GD^2_{я} = I_{я} \cdot 4 \cdot g = 4{,}53 \cdot 4 \cdot 9{,}81 = 177\ Нм^2$

$$GD^2_{пр\,об} = I_{\Sigma} \cdot 4 \cdot g, \qquad (2.4)$$

де I_{Σ} – момент інерції обертових частин приводу наведених до вала двигуна (за даними технічної документації волочильної машини), I_{Σ} =97,2 кг $м^2$;

$$GD^2_{пр\,об} = 97{,}2 \cdot 4 \cdot 9{,}81 = 3814\ Нм^2.$$

Наведений до вала двигуна момент поступально, рухомих частин дорівнює:

$$GD^2_{пр\,пост} = \frac{365 \cdot Q \cdot V^2}{n^2_{дв}}, \qquad (2.5)$$

де Q – вага поступально, рухомих частин, але в нашому випадку це – сумарне загальне зусилля, яке виникає під час протягування дроту в тягових шайбах, яке

дорівнює, Q=14993Н (див. табл.2.1); V - швидкість перемішування, V=3,255 м/с; n - частота обертання двигуна, n=1460 хв$^{-1}$.

$$GD^2_{пр\,пос} = \frac{365 \cdot 14993 \cdot 3{,}255^{\,2}}{1460^2} = 27\,Нм^2.$$

$$GD^2_{пр} = 3814 + 27 + 177 = 4018\,Нм^2.$$

Динамічний момент при розгоні:

$$M_{д(р)} = \frac{4018 \cdot 1460}{375 \cdot 50} = 312\,Нм,$$

Динамічний момент при гальмуванні:

$$M_{д(г)} = \frac{4018 \cdot 1460}{375 \cdot 25} = 624\,Нм,$$

Сумарні моменти при розгоні та гальмуванні:

$$M_{MAX} = M_{СТ} + M_{Д} = 720 + 312 = 1032\,Нм;$$

$$M_{MIN} = M_{СТ} + M_{Д} = 720 - 624 = 96\,Нм.$$

Як видно з діаграми (рисунок 2.8) навантаження, режим роботи привода волочильної машини тривалий. Визначаємо еквівалентний момент відповідно до формули, враховуючи, що в перший період відбувається прискорення привода, у другий усталений рух, а в третій механічне гальмування:

$$M_E = \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_2 + M_2^2 \cdot t_2 + M_3^2 \cdot t_3}{t_1 + t_2 + t_3 + k_y \cdot t_4}}, \qquad (2.6)$$

де $к_у$- коефіцієнт, що враховує погіршення умов охолодження двигуна при зупинці, $к_у$=0,75.

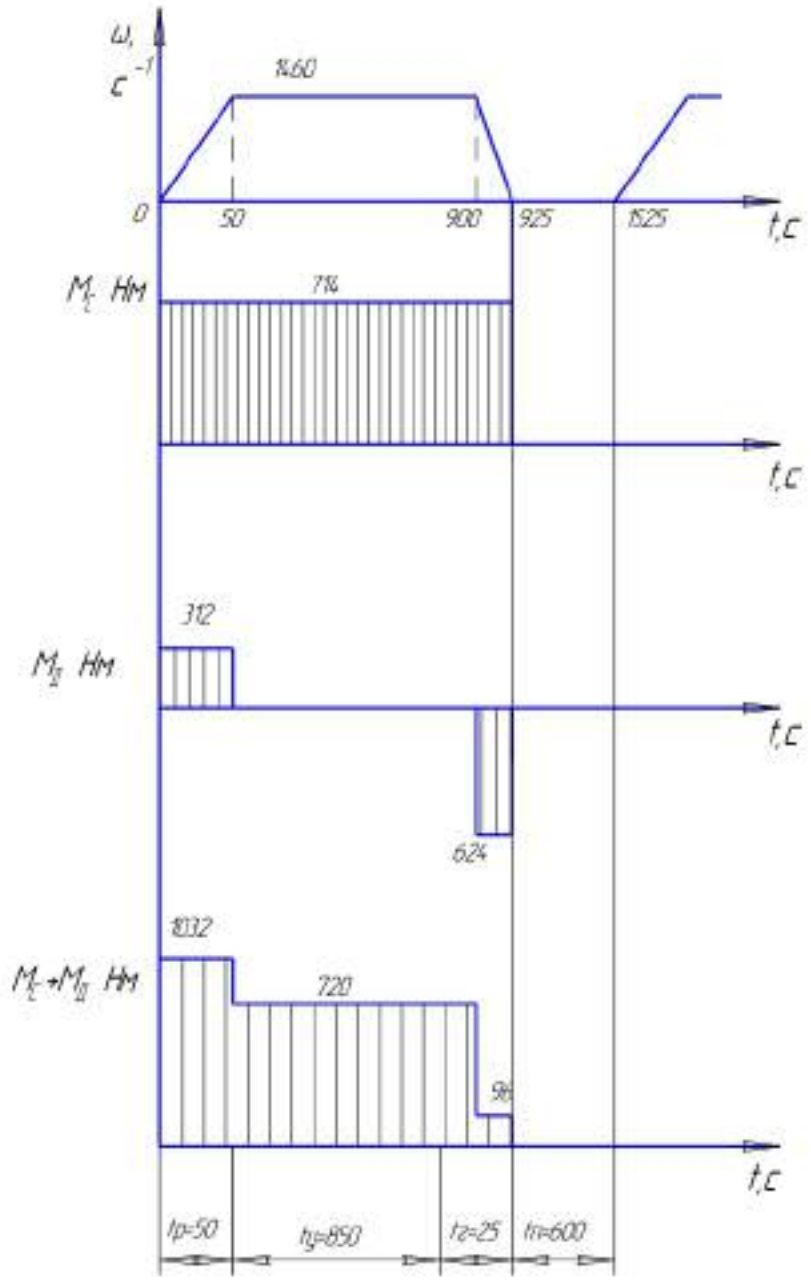


Рисунок 2.8 - Розрахунковий графік швидкості й моментів

Підставивши усе раніше розраховані значення у формулу (2.6) одержимо:

$$M_{\varepsilon} = \sqrt{\frac{1032^2 \cdot 50 + 720^2 \cdot 850 + 96^2 \cdot 25}{50 + 850 + 25 + 0{,}75 \cdot 600}} = 600 Нм .$$

Фактична тривалість включення:

$$ПВ_{ф} = \frac{\Sigma t_{р}}{\Sigma t_{р} + t_{п}} \cdot 100\% = \frac{50 + 850 + 25}{50 + 850 + 25 + 600} \cdot 100\% \approx 60\%,$$

Потужність електродвигуна:

$$P_{Ф} = \frac{M_{Е} \cdot \pi \cdot n}{30 \cdot 1000} = \frac{600 \cdot 3{,}14 \cdot 1460}{30 \cdot 1000} = 132 \text{ кВт}.$$

Розрахована потужність електродвигуна при найближчім стандартнім значенні ПВ=60%:

$$P_{р} = P_{ф} \cdot \sqrt{ПВ}, \qquad (2.7)$$

$$P_{р} = 132 \cdot \sqrt{0{,}6} = 110 \text{ кВт}.$$

Перевірка за перевантаженням показала, що обраний двигун для даних умов - підходить

Перевірки електродвигуна на перегрів:

$$M_{н} = \frac{P_{д} \cdot 9550}{n} \geq M_{Е}, \qquad (2.8)$$

Підставивши числові значення в (4.8), одержимо:

$$M_{н} = \frac{110 \cdot 9550}{1460} = 720 Нм > M_{Е} = 600 Нм.$$

Перевантажувальна здатність двигуна:

$$\lambda = \frac{M_{мак}}{M_{ном}} \leq [\lambda], \qquad (2.9)$$

$$\lambda = \frac{1032}{720} = 1{,}43 < [\lambda] = 2{,}8.$$

Умову виконано.

2.4.2 Розрахунок вузла тягової шайби

За основу для обчислень візьмемо загальну величину потужності при волочінні дроту. Вихідною буде заготівля діаметром 8,4 мм, яку зменшимо до діаметра 4,2 мм. (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 - Таблиця сумарних потужностей при волочінні

№ п/п	Потужність волочіння, Вт, Рвл	Потужність вигину, Вт, Рзг	Потужність тертя, Вт, Ртр	Потужність холостого ходу, Вт, Рхх	Сумарна потужність, Вт, P_0
1	3217	316	124	73	5297
2	6695	392	258	147	10640
3	13490	415	519	288	20893
4	6093	428	234	135	9786
5	5987	414	230	133	9606
6	8243	394	317	179	12970
7	9535	371	367	205	14882
8	9989	348	384	214	15531
9	7412	258	0	153	11111
Σ	70661	3336	2433	1529	110715

Згідно табл. 2.3 максимальна потужність при волочінні, наведена до вала електродвигуна, спостерігається на тяговій шайбі №3, P_0=20893 кВт.

Відповідно до кінематичної схеми (рис.2.9) зробимо розрахунок початкових параметрів навантаження передачі (для 3 переходу при максимальному навантажені).

Потужність на валу вала колеса (шайби) P_K, визначається як:

$$P_К = P_{ВЛ} + P_{ЗГ} + P_{ТР}, \qquad (2.10)$$

де $P_{ВЛ}$ – потужність необхідна на саме волочіння, $P_{ВЛ}$=13490 Вт;

$P_{ЗГ}$ – потужність необхідна на вигин дроту, $P_{ЗГ}$=415 Вт;

$P_{ТР}$ – потужність необхідна на подолання сил тертя в тягових шайбах, $P_{ТР}$=519 Вт.

$$P_К = 13490 + 415 + 519 = 14424 Вт \approx 14{,}4 кВт.$$

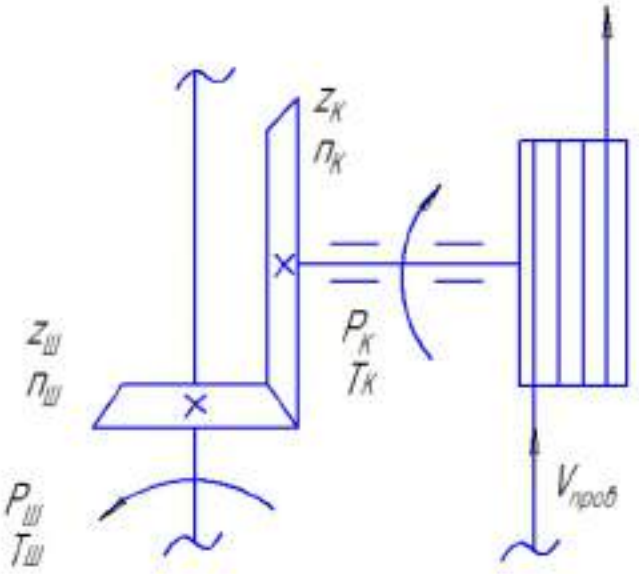


Рисунок 2.9 – Кінематична схема вузла конічної пари й тягової шайби

Число обертів колеса (шайби) виходячи зі швидкості обертання шайби №3:

$$n_К = n_{ШБ} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot V_Ш}{\pi \cdot d_Ш}, \qquad (2.11)$$

где $V_Ш$ - швидкості обертання шайби №3, $V_Ш$=4,485 м/с;

$d_Ш$ – діаметр тягової шайби, $d_Ш$=350 мм.

$$n_к = n_{шв} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 4{,}485}{3{,}14 \cdot 350} = 244{,}8\ хв^{-1}.$$

Крутний момент на валу колеса, $T_К$:

$$T_к = \frac{9550 \cdot P_к}{n_к}, \qquad (2.12)$$

где $P_К$ - потужність на валу вала колеса (шайби), $P_К$=14,4 кВт;

$n_К$ - число обертів колеса (шайби), $n_К$=244,8 $хв^{-1}$.

$$T_к = \frac{9550 \cdot 14{,}4}{244{,}8} = 562\ Нм.$$

Потужність на валу вала шестірні, $P_Ш$:

$$P_ш = \frac{P_к}{\eta} = \frac{P_к}{\eta_п \cdot \eta_{зп}}, \qquad (2.13).$$

где $\eta_п$ - ККД пари підшипників вузла тягової шайби, $\eta_п$ =0,99;

$\eta_{зп}$ - ККД зубчастої конічний передачі вузла тягової шайби, $\eta_{зп}$ =0,99;

$$P_ш = \frac{14{,}4}{0{,}99 \cdot 0{,}99} = 14{,}7\ кВт.$$

Число зубів шестерні $Z_Ш$=24; колеса $Z_К$=51.

Передатне відношення зубчастої пари й число обертів шестерні:

$$U_{зп} = \frac{Z_к}{Z_ш} = \frac{51}{24} = 2{,}125,$$

$$n_{Ш} = n_{К} \cdot U_{ЗП}, \qquad (2.14)$$

$$n_{Ш} = 244,8 \cdot 2,125 = 520,2\ хв^{-1}.$$

Що відповідає паспортним даним на машину.

Крутний момент на валу шестерні, $T_Ш$:

$$T_{Ш} = \frac{9550 \cdot P_{Ш}}{n_{Ш}}, \qquad (2.15)$$

где $P_Ш$ - потужність на валу вала шестерні, $P_Ш$=14,7 КВт;

$n_Ш$ - число обертів шестерні, $n_Ш$=520,2 $хв^{-1}$;

$$T_{Ш} = \frac{9550 \cdot 14,7}{520,2} = 270\ Нм.$$

2.4.3 Розрахунок ортогональної конічної зубчастої передачі

Вихідні дані:

крутний момент на валу шестерні, Н·м	T_2=270,
крутний момент на валу колеса, Н·м	T_3= 562,
частота обертання вала шестерні, $хв^{-1}$	n_2=520,2,
число зубців	
шестерні	z_1=24,
колеса	z_2=51,
передаточне число	u=2,125,
термін служби привода, год	L_h=10000,
кратність пускового моменту електродвигуна	λ =1,6.

Таблиця 2.4 - Вибір матеріалів [5]

	Матеріал Сталь	МПа		Твердість HRC	Термообробка
		G_B	G_T		
Шестірня	40Х	1600	1400	45...50	Об'ємне загартування
Колесо	40Х	1000	800	45...50	Об'ємне загартування

Допустимі контактні напруги:

$$[\sigma_H] = (\sigma_{H0}/S_H)\cdot K_{HL}, \qquad (2.16)$$

где σ_{H0} – тривала межа контактної витривалості;

S_H - коефіцієнт безпеки;

K_{HL} – коефіцієнт довговічності.

для шестерні

σ_{H0} =18HRC+150=18·50+150=1050 МПа [1],

S_H=1,1 [2], K_{HL} =1 [2],

$[\sigma_H]_1$=1050/1,1=955 МПа,

для колеса

σ_{H0} =18HRC+150=18·50+150=1050 МПа [1],

S_H= 1,1 [2], K_{HL} = 1 [2],

$[\sigma_H]_2$ =1050·1/1,1=955 МПа.

Допустимі напруги вигину:

$$[\sigma_F] = (\sigma_{F0}/S_F)\cdot K_{FC}\cdot K_{FL}, \qquad (2.17)$$

де σ_{FO} – тривала межа витривалості при вигині;

S_F – коефіцієнт безпеки;

K_{FC} – коефіцієнт впливу двостороннього додатка навантаження;

K_{FL} – коефіцієнт довговічності:

для шестерні

σ_{F0} =550 МПа [2],

S_F = 1,75 [2], K_{FC} = 1 [1], K_{FL}= 1 [2].

$[\sigma_F]_1 = 550/1,75=314$ МПа.

Колеса

σ_{F0} =550 МПа [2],

$S_F = 1,75$ [2], $K_{FC} = 1$ [1], $K_{FL}= 1$ [2],

$[\sigma_F]_2$ =550/1,75=314 МПа.

Модуль торцевий:

m_{te} =6,62 мм.

Середні діаметри:

$d_{m1}= m_{te} z_1=6,62\cdot24=158,88$ мм;

$d_{m2}= m_{te} z_2=6,62\cdot51=337,62$ мм.

Модуль нормальний:

$$m'_{mn}=d'_{m1}\cos\beta_n/z_1, \qquad (2.18)$$

де d'_{m1} – середній діаметр шестерні, d'_{m1}=158,88 мм;

β_n – кут нахилу зубців, $\beta_n=25^0$;

z_1 – число зубців шестерні, z_1=24;

$m'_{mn}=158,88\cos25^0/24=6$ мм.

Приймаємо m_{mn}=6 мм.

Фактичне передаточне число:

$U_\phi=z_2/z_1=51/24=2,125$.

Кути ділильних конусів:

$\varphi_2=\text{arctg}\, u_\Phi=\text{arctg}\, 2,125=65^0$;

$\varphi_1=90^0-\varphi_1=90^0-65^0=25^0$.

Швидкість у зачепленні:

$$V=\pi\cdot d_{m1}\cdot n_2/(60\cdot10^3), \qquad (2.19)$$

где d_{m1} – середній діаметр шестерні, d_{m1}=158,88 мм;

n_2 - частота обертання вала шестерні, n_2=520,2 $хв^{-1}$;

$V=3,14\cdot158,88\cdot520,2/(60\cdot10^3)=4,32$ м/с.

Сили в зачепленні:

$$F_t = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot T_2}{d_{m1}} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 270}{158{,}88} = 3400 \text{ Í};$$

$$F_r = \frac{F_t \cdot (tg\alpha \cdot \cos\varphi_1 - \sin\beta_n \cdot \sin\phi_1)}{\cos\beta_n} = \frac{3400 \cdot (tg20^0 \cdot \cos 25^0 - \sin 25^0 \cdot \sin 25^0)}{\cos 25^0} = 570 \text{ Í};$$

$$F_a = \frac{F_t \cdot (tg\alpha \cdot \sin\varphi_1 + \sin\beta_n \cdot \cos\phi_1)}{\cos\beta_n} = \frac{3400 \cdot (tg20^0 \cdot \sin 25^0 + \sin 25^0 \cdot \cos 25^0)}{\cos 25^0} = 2010 \text{ Í};$$

де $\alpha = 20°$ – кут зачеплення;

β_n – кут нахилу зубців, $\beta_n = 25^0$.

Коефіцієнт торцевого перекриття:

$\varepsilon_\alpha = [1{,}88\text{-}3{,}2(z_1^{-1} + z_2^{-1})] \cdot \cos\beta = [1{,}88\text{-}3{,}2(24^{-1} + 51^{-1})] \cdot \cos 25^0 = 1{,}53$.

Перевірочний розрахунок зубців на витривалість по контактних напругах

$$\sigma_H = Z_H \cdot Z_M \cdot Z_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{F_t \cdot K_{H\beta} \cdot K_{HV} \cdot K_{H\alpha}}{\nu_H \cdot d_{m1} \cdot b'}} \cdot \sqrt{\frac{U^2_\delta - 1}{U^2_\delta}} \le [\sigma_H], \qquad (2.20)$$

де Z_H- коефіцієнт, що враховує форму сполучення поверхонь зубців у полюсі зачеплення, $Z_H = 1{,}77\cos\beta = 1{,}77 \cdot \cos 25^0 = 1{,}6$;

Z_M- коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалів коліс, для сталевих коліс $Z_M = 275$;

Z_ε- коефіцієнт, що враховує сумарну довжину контактних ліній,

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_\alpha}} = \sqrt{\frac{1}{1{,}53}} = 0{,}8;$$

$K_{H\beta}$ - коефіцієнт нерівномірності навантаження, $K_{H\beta} = 1{,}02$ [2];

ν_H – досвідчений коефіцієнт несучої здатності,

$\nu_H = 1{,}22 + 0{,}22 \cdot u = 1{,}22 + 0{,}22 * 2{,}125 = 1{,}69$ [2];

K_{HV}- коефіцієнт динамічного навантаження в зачепленні, при твердості зубців HB>HRC$_1$ 50 і HB>HRC$_2$ 50 $K_{HV} = 1{,}01$ [2];

$K_{H\alpha}$- коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубами, $K_{H\alpha} = 1{,}13$ [2];

b'- ширина зубчастого вінця, b'=60 мм;

[σ] - допустима контактна напруга

$[\sigma]=0,5([\sigma]_1+[\sigma]_2)=0,5(955+955)=955$ МПа.

$$\sigma_н = 1,6 \cdot 275 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{\frac{3400 \cdot 1,02 \cdot 1,01 \cdot 1,13}{1,69 \cdot 158,88 \cdot 60}} \cdot \sqrt{\frac{2,125^2 - 1}{2,125^2}} = 164\ МПа < [\sigma_н] = 955\ МПа$$

Умова виконана.

2.4.4 Перевірка вала на витривалість для небезпечного перерізу

Вихідні дані [5]:

матеріал вала	сталь 45;
межа міцності, МПа	$\sigma_в$=883 ;
межа плинності, МПа	$\sigma_т$=638 ;
межа витривалості матеріалу при вигині із симетричним циклом зміни напруги, МПа	σ_{-1}=432 ;
межа витривалості матеріалу при крутінні із симетричним циклом зміни напруги, МПа	τ_{-1}=255 .

Під колесом (тяговою шайбою) концентрація напружень викликана наявністю шпонкової канавки шириною b=18 мм, t_1=7 мм; найбільший згинальний момент М=0 Н·мм і крутний момент T_3=562 Нм=562000 Н·мм, діаметр вала d=65 мм.

Полярний момент опору перетину:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} - \frac{b \cdot t_1 (d - t_1)^2}{2d}, \qquad (2.21)$$

$$W_p = \frac{3,14 \cdot 65^3}{16} - \frac{18 \cdot 7(65 - 7)^2}{2 \cdot 65} = 50640\ мм^3.$$

Середнє напруження дорівнюють:

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau_{max}}{2} = 0{,}5\frac{T_3}{W_p}, \qquad (2.22)$$

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau_{max}}{2} = 0{,}5\frac{T_3}{W_p} = 0{,}5\frac{562000}{50640} = 5{,}5 \text{ МПа}.$$

Коефіцієнт безпеки в перетині по крутінню:

$$s_\tau = \frac{\tau_{-1}K_L}{K_\tau/(\beta\cdot\varepsilon_\tau)\cdot\tau_a + \psi_\tau\cdot\tau_m}, \qquad (2.23)$$

де K_τ - ефективний коефіцієнт концентрації напруг при крутінні для вала в місці шпонкового паза, K_τ=2,05 [1];

K_L – коефіцієнт довговічності, K_L=1,05;

β - коефіцієнт, що враховує зміцнення поверхні - накатка сталевим роликом, β =1,6 [1];

ε_τ =0, 78-масштабний фактор при крутінні [1];

ψ_τ =0,06 [1];

$\tau_m = 0$ -при симетричному циклі зміни напруг крутіння.

$$s_\tau = \frac{\tau_{-1}K_L}{K_\tau/(\beta\cdot\varepsilon_\tau)\cdot\tau_a + \psi_\tau\cdot\tau_m} = \frac{255\cdot 1{,}05}{2{,}05/(1{,}6\cdot 0{,}78)\cdot 5{,}5 + 0{,}06\cdot 0} = 29.$$

Загальний коефіцієнт безпеки по втомлюваній міцності для перетину:

$s = s_\tau$ =2,9> [s] =2,5.

Що відповідає рекомендаціям.

3. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Рекомендації по організації служби технічного обслуговування та ремонтів

Структура керування ремонтним господарством визначається масштабом заводу й існуючих методів організації й планування ремонтів.

Ремонтно-механічна служба ПАТ «Запорізького кабельного заводу» є функціональним підрозділом і очолюється головним механіком заводу.

У веденні головного механіка перебувають наступні цехи: ремонтно-механічний, ремонтно-монтажний, ремонту кранового устаткування й ремонтно-кабельний цех. Вони виконують основну частину ремонтно-механічних робіт на заводі.

Головний механік заводу підпорядковується безпосередньо начальникові виробництва і є його заступником з питань ремонтно-механічної служби, експлуатації і ремонту механічного й технологічного устаткування. Відділ головного механіка здійснює технічне керівництво роботою помічників начальників цехів по устаткуванню (механіків цехів).

Основними завданнями механослужби заводу є:

- здійснення технічного керівництва експлуатацією устаткування і забезпечення правильної, економічної, безаварійної роботи устаткування;
- забезпечення ремонтно-експлуатаційних потреб заводу заготовками і деталями; організація робіт з удосконалювання устаткування, підвищенню його надійності і довговічності;
- забезпечення повного і ефективного використання наявних виробничих потужностей;
- забезпечення раціонального і економічного використання матеріальних ресурсів;
- удосконалювання організації і технології ремонту устаткування на основі планово-запобіжного ремонту.

Структура керування механослужби заводу представлено на рисунку 5.1.



Рисунок 3.1 - Схема керування службою головного механіка ПАТ «ЗКЗ»

Для забезпечення оптимального керування підприємством головному механіку підпорядковуються три заступника, чотири начальника функціональних підрозділів та секретар:

- заступник головного механіка по нагляду за експлуатацією устаткування;
- заступник головного механіка з виробництва дротів;

- заступник головного механіка з виробництва кабелівв;
- начальник відділу технагляду і ремонту виробничих будівель і споруд;
- начальник відділу ремонтів;
- начальник ОГМ – заст. головного механіка по виробництву запчастин;
- начальник конструкторського бюро;
- секретар.

Ремонтний персонал виробничих цехів виконує міжремонтне технічне обслуговування й підготовку до ремонтів, поточні ремонти устаткування безпосередньо на ділянках.

Для забезпечення виробництва запасними частинами, здійснення ремонту устаткування на заводі є ремонтно-механічний цех (РМЦ), основними ділянками яких є токарський і фрезерний. У цих цехах виготовляється до 70% необхідних запасних частин.

На заводі є спеціальні ремонтні цехи, що мають у своєму складі весь комплекс ділянок, що забезпечують своєчасне і якісне виконання поточних ремонтів устаткування основних цехів. У цих цехах зосереджені слюсарі ремонтники, монтажники й інші робітники, що виконують централізованим способом ремонт механічного устаткування основних цехів.

Основним завданням ремонтно-механічної служби є забезпечення ефективної роботи устаткування при найменших витратах часу, матеріальних, фінансових і трудових ресурсів.

Однією з найважливіших умов рішення цього завдання є застосування системи планово-попереджувальних ремонтів (ППР) устаткування. На заводі системою ППР передбачено два види ремонтів: поточний і капітальний.

Основним видом ремонту, спрямованим на відновлення працездатності устаткування, є поточний ремонт.

Капітальний ремонт устаткування є відбудовним ремонтом, при якому повинні бути відновлені первісні якісні характеристики устаткування. При капітальному ремонті усуваються всі дефекти устаткування, виявлені як у процесі його експлуатації, так і при проведенні ремонту.

При переліку індивідуальності й складності прокатного устаткування його лінійна схема об'ємна. Цех очолюється начальником цеху, відповідальним за виконання покладених на цех функцій.

Служба механічного обладнання цеху виробництва дротів адміністративно підпорядковано начальнику цеху (рис. 5.2), а в технічному відношенні - головному механіку заводу. На механослужбу цеха покладають завдання забезпечення правильної експлуатації устаткування, належного нагляду й догляду за ним; впровадження передового досвіду підприємств по вдосконалюванню експлуатації устаткування, підвищенню його надійності.

Розглянута структура управління є лінійною. Сутність лінійної (ієрархічної) структури полягає в тому, що управлінські впливи на об'єкт передаються тільки одним керівником, котрий отримує офіційну інформацію від безпосередньо підлеглих та ухвалює рішення з усіх питань, які стосуються підконтрольної йому частини обладнання, звітуючись за його роботу перед вищим керівником [12].

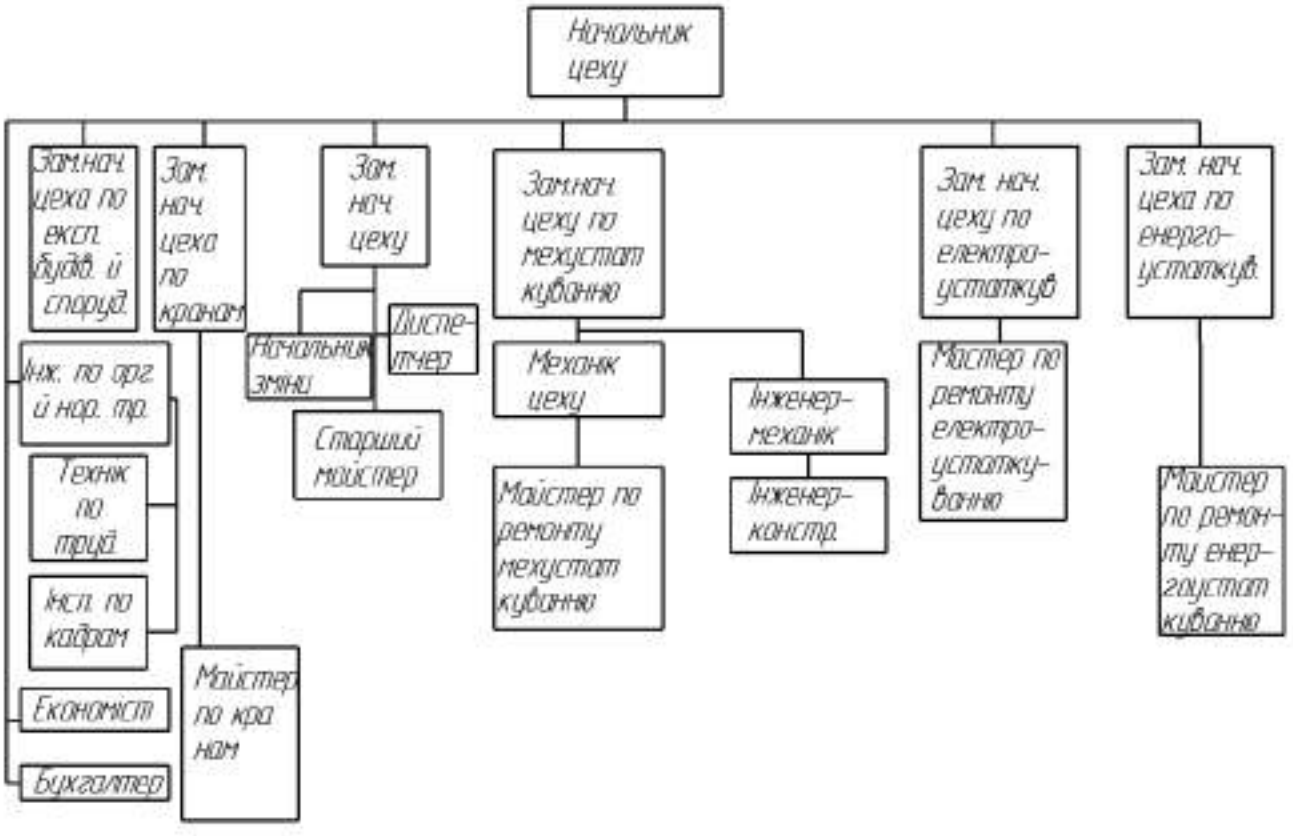


Рисунок 3.2 - Структура механослужби цеху виробництва дротів

Даний тип організаційної структури керування приймається дуже часто. Перевага лінійної структури пояснюється простотою керування. Всі обов'язки й повноваження чітко розподілені й тому створюються умови для оперативного процесу прийняття рішень для підтримки необхідної дисципліни в колективі.

Серед недоліків лінійного організаційного ладу здебільшого називають його негнучкість, нездатність реагувати на зміни, неспроможність забезпечити сучасне зростання та розвиток підприємства. Лінійна структура не може впоратися зі значним обсягом інформації, яка переходить від одного рівня до іншого.

3.2 Планування ремонтів устаткування цеху виробництва дротів

Система ППР включає сукупність запланованих заходів щодо правильної експлуатації й міжремонтного обслуговування встаткування, матеріально-технічній підготовці й організації ремонтів. Сутність цієї методики полягає у наступному: після певного періоду роботи обладнання, проводяться технічні огляди та планові ремонти різного характеру. Частота та тривалість цих заходів визначаються індивідуальними характеристиками й умовами, в яких відбувається експлуатація. Система ППР передбачає широкий спектр профілактичних заходів для утримання обладнання та належного догляду за ним. Це дозволяє уникнути функціонування обладнання в умовах поступового зносу, заздалегідь планувати виготовлення необхідних вузлів та деталей, а також оптимізувати ремонтні роботи, враховуючи потребу в трудових та матеріальних ресурсах. [12].

По встановлених нормативах періодичності ремонтів визначають структуру ремонтного циклу, тобто перелік і послідовність циклічно повторюваних ремонтів устаткування. Після визначення структури ремонтного циклу становлять графік ППР на планований рік.

За даними підприємства річна трудомісткість поточних ремонтів устаткування цеху виробництва дротів складе:

$T_р$ = 32706 люд.-год.

Таблиця 3.1 - Річна трудомісткість поточних ремонтів устаткування

№ п/п	Найменування устаткування	Кількість одиниць	Річна трудомісткість одиниці устаткування $T_р$, люд.-год.	Річна трудомісткість поточних ремонтів усього устаткування, люд.-год.
1	Кран мостовий	4	260	1040
2	Транспортер	2	3220	6440
3	Підйомник	2	783	1566
4	Поворотний стіл	1	1260	2260
5	Волочильна машина	2	1550	3100
6	Робочий рольганг	2	1760	3520
7	Ножиці ліві	1	6400	6400
8	Калібрувальний агрегат	1	1720	1720
9	Ножиці праві	1	6400	6400
10	Пакувальний агрегат	1	1260	1260
	Усього			32706

3.3 Обґрунтування чисельності механічної служби цеху виробництва дротів

Розрахунок проведемо за методикою [12].

На металургійних підприємствах річну трудомісткість поточних ремонтів ($T_р$) визначають по укрупнених нормативах річної трудомісткості поточних ремонтів одиниці кожного типу устаткування. Укрупнені нормативи взяті з нормативних документів.

На підставі річної трудомісткості поточних ремонтів одиниці кожного встаткування розраховуємо загальну річну трудомісткість поточних ремонтів:

$$T_O = T_P \cdot к_П, \qquad (3.1)$$

де $T_р$ – трудомісткість поточних ремонтів устаткування розрахована в річному графіку ППР, люд.-год.;

$к_п$ – коефіцієнт, що враховує обсяг підготовчих робіт і трудомісткість ремонтів окремих механізмів і пристроїв загального призначення, неврахованих у $T_р$, для прокатних та волочильних цехів - $к_п = 1,3$;

$$To = 32706 \cdot 1,3 = 42518 \text{ люд.-год.}$$

Штатна чисельність ремонтного персоналу механослужби цеху:

$$Ч_{р.ш.} = \frac{T_o \cdot (1 - к_ц)}{B_ф \cdot к_в}, \qquad (3.2)$$

де $T_О$ – загальна трудомісткість поточних ремонтів устаткування;

$к_ц$ – коефіцієнт централізації поточних ремонтів, $к_ц = У_{цо.} = 0,34$;

$B_Ф$ – ефективний (фактичний) фонд робочого часу одного робітника ремонтника за рік, на підставі балансу робочого часу – $B_Ф$=1640 год. (табл. 3.2);

$к_В$ – коефіцієнт виконання норми виробітки , $к_В$ =1,2.

$$Ч_{р.ш} = \frac{45518 \cdot (1 - 0,34)}{1640 \cdot 1,2} = 15 \text{ люд.}$$

Штатна чисельність чергового персоналу механослужби:

$$Ч_{дш} = \frac{T_{м.о} \cdot (1 - к_у)}{B_ф}, \qquad (3.3)$$

де $T_{М.О.}$ – трудомісткість міжремонтного обслуговування при безперервній 3-х змінній роботі;

$к_у$ – коефіцієнт, що враховує участь експлуатаційного персоналу в міжремонтному обслуговуванні встаткування даного обсягу, $к_у = 0,22$;

$В_Ф$ – ефективний фонд робочого часу чергового слюсаря за рік $В_Ф$=1806 год. (табл. 3.2);

$$Т_{М.О.} = (0,4…0,5)Т_О, \quad (3.4)$$

$Т_{М.О.} = 0,45 \cdot Т_о = 0,45 \cdot 45518 = 20483$ люд.-год.;

$$Ч_{д.ш.} = \frac{20483 \cdot (1 - 0,22)}{1806} = 9 \text{ люд.}$$

Таблиця 3.2 - Плановий баланс часу роботи одного робітника за рік

Найменування	40 годинний робочий тиждень	
	перервний з 2-ма вихідними	безперервний 3 зміни 4 бригад
1. Календарний час, діб. - вихідні дні - святкові дні	365 104 8	365 91 -
2. Номінальний час, діб.	253	274
3. Тривалість робочої зміни, год.	8	8
4. Номінальний час, год.	1880	2024
5. Тарифна відпустка, діб.	42	42
6. Втрата часу:		
- у зв'язку з виконанням суспільних і державних доручень - у зв'язку із хворобою	1 4	1 4
7. Інші невиходи, дні	1	1
8. Фактичний час роботи, діб.	205	225
9. Фактичний час роботи, год.	1640	1806

3.4 Розробка мережевого графіка капітального ремонту та модернізації волочильної машини

Наявність технічної документації для проведення ремонтів устаткування визначальні умови сучасного ремонту. До неї входить: ремонтна відомість, відомість дефектів, оперативний графік ремонту, план організації робіт, типовий кошторис.

Дані ремонтної відомості й відомості дефектів є підставою для складання оперативних графіків на ремонт основного технологічного устаткування.

Таблиця 3.3 - Перелік робіт з капітального ремонту та модернізації волочильної машини

№ події	Найменування операції	Шифр роботи		Тривалість робіт, год.	Число виконавців, люд.
		i	j		
1	2	3	4	5	6
1	Зупинка, відключення енергопостачання, розбирання електросхеми, відключення гідроапаратури	0	1	6	4
2	Демонтаж наматувального апарату	1	2	8	4
3	Демонтаж привода волочильної машини	2	3	6	6
4	Демонтаж корпуса тягових конусів	3	4	8	6
5	Демонтаж тягових конусів	4	5	6	3
6	Ревізія привода	4	6	8	4

7	Монтаж модернізаваних зубчатих коліс	5	7	8	3

Продовження табл. 3.3

1	2	3	4	5	6
8	Ревізія наматувального апарату	6	8	10	4
9	Монтаж тягових конусів та корпуса тягових конусів	8	9	14	6
10	Монтаж наматувального апарату	9	10	6	4
11	Регулювання наматувального апарату	10	11	6	2
12	Монтаж монтаж привода та його регулювання	9	12	16	6
13	Підключення всіх енергосистем, випробовування та запуск	12	13	2	2

При розробці цього графіка й плану організації робіт необхідно встановити:

- послідовність виконання ремонтних робіт, передбачених відомістю дефектів;

- ремонтні роботи й операції, виконувані паралельно;

- тривалість кожної роботи;

- необхідне число робітників для виконання кожної роботи і їхнє раціональне використання;

- організацію робіт у підготовчо-розбірному й відбудовному періодах.

При виконанні складних і трудомістких ремонтних робіт широко використовують мережеві графікі, які будуються на підставі переліку робіт, необхідних для виконання капітального ремонту.

Розрахунок параметрів мережевої моделі проводився по наступних формулах.

Раннє закінчення роботи:

$$t_{i-j}^{po} = t_{i-j}^{pi} + t_{i-j}, \qquad (3.4)$$

де t_{i-j}^{po} - раннє закінчення роботи i-j;

t_{i-j}^{pi} - ранній початок роботи i-j;

t_{i-j} - тривалість роботи i-j.

Таблиця 3.4 – Параметри мережевого графіку на капітальний ремонт і модернізацію волочильної машини

Шифр роботи		Тривалість робіт, год.	Ранній початок роботи	Раннє закінчення роботи	Пізній початок роботи	Пізнє закінчення роботи	Повний резерв часу
i	j	T_{i-j}	T_{i-j}^{PH}	T_{i-j}^{PO}	$T_{i-j}^{ПН}$	$T_{i-j}^{ПО}$	R_{i-j}
0	1	6	0	6	0	6	0
1	2	8	6	14	6	14	0
2	3	6	14	20	14	20	0
3	4	8	20	28	20	28	0
4	5	6	28	34	28	38	4
4	6	8	28	36	28	36	0
5	7	8	34	42	38	46	4
6	8	10	36	46	36	46	0
8	9	14	46	60	46	60	0
9	10	6	60	66	60	70	4
10	11	6	66	72	70	76	4
9	12	16	60	76	60	76	0
12	13	2	76	78	76	78	0

Пізній початок роботи:

$$t_{i-j}^{n} = t_{i-j}^{n} - t_{i-j}, \qquad (3.5)$$

де t_{i-j}^{po} - пізнє закінчення роботи i-j.

Пізній час здійснення попередньої події:

$$t_i^n = (t_j^n - t_{i-j})\min, \qquad (3.6)$$

де t_j^n - пізній час здійснення наступної події.

Повний резерв часу:

$$R_{i-j} = t_{j-j}^{\text{п}} - t_{i-j}^{\text{р}}, \qquad (3.7)$$

де $t_{i-j}^{\text{п}}$ - пізній початок роботи.

Резерв часу:

$$r_{i-j} = t_{j-k}^{\text{рі}} - t_{i-j}^{\text{ро}}, \qquad (3.8)$$

де $t_{j-k}^{\text{рі}}$ - ранній початок наступної роботи.

Результати розрахунків зводимо в таблицю 3.4

3.5 Розрахунку економічної ефективності проекту модернізації

Через високі навантаження, які виникають під час роботи волочильної машини, в конічних парах зубчатих коліс приводу тягових конусів виникають необратимі руйнування: злам зубців, викрашування, поява тріщин, стирання. Все це приводить до виходу устаткування з роботи та його простою, а отже до збитків.

На підставі розрахунків виконаних в загальній частині роботи пропонується наступний захід: замінити евольвентні косозубі зубчасті колеса на ортогональні конічні зубчастої передачі із круговими зубцями, зі збереженням міжосьової відстані та основних кінематичних параметрів. Це дозволить значно збільшити навантажувальну здатність, забезпечить більш плавний рух роботи механізму, зменшить навантаження на підшипникові вузли, що в цілому сприятливо позначиться на роботі всього механізму, забезпечить безаварійність роботи й збільшить міжремонтний період.

Розрахунок проведено на підставі методики [20, 21]/

Таблиця 3.5 Вихідні дані до розрахунку по капітальних вкладень

№ п/п	Параметр	До модернізації	Після модернізації
1	Тривалість поточних ремонтів, діб.	12	11
2	Тривалість одного поточного ремонта, год.	24	20
3	Тривалість капітальних ремонтів, діб.	5	5
4	Поточні простої	3,650%	3,645%
5	Періодичність ремонтів, діб.	60	90
6	Середня годинна продуктивність машини, т/год.	3,5	3,5
7	Ефективний фонд робочого часу, год	5943	5966
8	Число ремонтників, що здійснюють ремонт механізму, люд.	8	8
9	Вартість сталі 40Х, грн./кг	-	20,21
10	Маса деталей, що потребують виготовлення, кг	-	300

Розрахунок додаткових капітальних вкладень

Розрахунок додаткових капітальних вкладень виконаємо за спрощеною методикою - на основі укрупнених показників.

Ціну нових деталей, установлюваних замість зношених визначимо за формулою:

$$Ц_{і.од} = С_{і.од} + f \cdot С_{і.од}, \qquad (3.9)$$

де f – коефіцієнт враховуючий розмір супутніх витрат, приймається рівним 0,10…0,2; приймаємо f=0,15;

$С_{і.од}$ - собівартість виготовлення оригінальних деталей грн. (вал-шестерня), що визначається за формулою:

$$С_{і.од} = \frac{Z_м}{L}, \qquad (3.10)$$

де $Z_м$ - витрати на матеріали при виготовленні, грн;

L - питома вага матеріальних витрат у собівартості (0,35...0,5), приймається 0,5.

Витрати на матеріали визначаємо за формулою:

$$Z_м = \frac{qЦ}{j}, \qquad (3.11)$$

де q - вага оригінальних деталей, т;

Ц - ціна одиниці ваги використаного матеріалу (Ст 40Х), грн/т;

вага виробів зі сталі марки Ст 40Х – 300 кг;

вартість 1т сталі – 20210 грн/т;

j - коефіцієнт, що враховує вихід річного продукту при виготовленні деталей (j=0,4...0,5 в одиничному виробництві) приймаємо 0,5.

$$Z_м = \frac{0{,}300 \cdot 20210}{0{,}5} = 12126 \ грн;$$

$$C_{т.од} = \frac{Z_м}{L} = \frac{12126}{0{,}5} = 24252 \ грн.$$

Підставивши числові значення у вираження (6.1) визначимо витрати на матеріали для виготовлення комплекту деталей зубчатих коліс:

$$Ц_{т.од} = 24252 + 0{,}15 \cdot 24252 = 27890 \ грн.$$

Основна й додаткова заробітна плата:

$$З.П. = d_{СР} \cdot K_{ПР} \cdot Ч \ В_Р, \qquad (3.12)$$

де $d_{СР}$ - середньочасова тарифна ставка одного робітника, $d_{СР}$=13,32 грн/год;

$K_{ПР}$ – коефіцієнт, що враховує премії та інші доплати до тарифної ставки, $K_{ПР}$=1,7;

$K_С$ – коефіцієнт, що враховує відрахування на соц. заходи, $K_с$=1,368;

Ч - чисельність робочих, що беруть участь у нових деталей, Ч=6;

$В_Р$ - час виготовлення деталей, $В_Р$=96 год.

З.П. =13,32 1,7 6 96 =13043 грн.

Додаткові капітальні вкладення складають:

$$К_{дод}=13043+4800+27890+1427+840=48000 \text{ грн}$$

Розрахунок зміни обсягу випуску продукції

З огляду на особливості металургійної промисловості, для якої характерне застосування апаратних процесів, річний обсяг виробництва продукції в проектованому періоді можна обчислити на основі даних питомої продуктивності стану й ефективного фонду робочого часу.

Розрахунок ведемо за формулою:

$$A=P\cdot B_{EФ}\cdot N, \qquad (3.13)$$

де P - годинна продуктивність стану по готовій продукції;

N - кількість станів у цеху або на ділянці, N =1;

$B_{EФ}$ - ефективний фонд робочого часу.

Його можна визначити за формулою:

$$B_{EФ}=((B_K-(\tau_{KP}+\tau_{TP}))\cdot C\cdot n)\cdot(1-\tau_{TП\%}), \qquad (3.14)$$

де $B_к$ - календарний фонд часу, $B_к$=274 діб;

$\tau_{ÐÐ}$ - час простою в капітальному ремонті, $\tau_{ÐÐ}$=5 діб;

$\tau_{ÒÐ}$ - час простою в поточних ремонтах; у базовому періоді $\tau_{ÒÐ}$=12 діб, у проектованому $\tau_{ÒÐ}$ =11 діб;

C - кількість робочих змін у добу, C=3;

n - тривалість зміни, n = 8 год;

$\tau_{ÒÏ\ \%}$ - час поточних простоїв в % від номінального фонду робочого часу; у базовому періоді $\tau_{ТП\%}$ =3,650%, у проектованому періоді $\tau_{ТП\%}$ =3,645%.

Отже, ефективний фонд часу в базовому періоді:

$В_{ЕФ1}$ = ((274-(5+12)) ·3· 8) (1-0,03650) =5943 год;

у проектованому періоді:

$В_{ЕФ2}$ = ((274-(5+11)) ·3· 8) (1-0,03645) =5966 год.

Річний обсяг виробництва в базовому періоді:

$А_1$ =3,5·5943·1=20800,5 т;

у проектованому періоді:

$А_2$=3,5·5966·1 =20881 т.

Розрахунок зміни собівартості продукції

Зміни амортизаційних відрахувань визначаються за формулою:

$$\Delta C_A = \frac{K_{дод} \cdot H}{100}, \qquad (3.15)$$

де Н - норма амортизаційних відрахувань, Н=6%;

$$\Delta C_A = \frac{48000 \cdot 6}{100} = 2880 \ грн.$$

Зміну вартості замінених елементів визначимо за формулою:

$$\Delta Ц = 365 \cdot \sum_{i=1}^{n} [\frac{1}{\tau_{Ci}} \cdot (Ц_c - Л_c) - \frac{1}{\tau_{Ни}} \cdot (Ц_н - Л_н)], \qquad (3.16)$$

де τ_{Ci}, $\tau_{Ни}$ - термін служби замінних вузлів і деталей, відповідно до й після модернізації, діб.;

i=1, 2, ..., n - кількість вузлів і деталей у новій конструкції, що мають різний термін служби стосовно порівнюваних варіантів;

$Ц_с$, $Ц_н$ - ціна замінних вузлів деталей, відповідно до й після модернізації, грн;

$Л_с$, $Л_н$ - ліквідаційна вартість вузлів і деталей за ціною металобрухту, відповідно до й після, грн.

$$\Delta Ц = 365 \cdot [\frac{1}{60} \cdot (36280 - 512) - \frac{1}{90} \cdot (48000 - 625)] = 25456 \text{ грн.}$$

Зміна витрат на заробітну плату ремонтників визначимо за формулою:

$$\Delta З_р = 365 \cdot \sum_{i=1}^{n} K_{ПР} \cdot K_с \cdot (\frac{1}{\tau_{Ci}} \cdot r_{РСi} \cdot t_{Ci} \cdot d_{СрСi} - \frac{1}{\tau_{Hi}} \cdot r_{РНi} \cdot t_{Hi} \cdot d_{СрНi}), \qquad (3.17)$$

де $r_{РСi}$, $r_{РНi}$ - чисельність ремонтників, що здійснюють, заміну вузлів і деталей відповідно до й після модернізації;

t_{Ci}, t_{Hi} - тривалість одного ремонту, відповідно до й після модернізації;

$d_{СрСi}$, $d_{СрНi}$ — середньочасова тарифна ставка ремонтників (слюсар-механіка 6-го розряду) , відповідно до й після модернізації, грн. / год.;

$К_{ПР}$ - коефіцієнт, що враховує премії та інші доплати до тарифної ставки, грн; $К_{ПР}$=1,3;

$К_с$ - коефіцієнт, що враховує відрахування на соц. заходу $К_с$=1,368.

$$\Delta З_р = 365 \cdot 1{,}3 \cdot 1{,}368(\frac{1}{60} \cdot 8 \cdot 24 \cdot 13{,}32 - \frac{1}{90} \cdot 8 \cdot 20 \cdot 13{,}32) = 12297 \text{ грн.}$$

Зміна витрат на поточний ремонт знайдемо за формулою:

$$\Delta С_{Т.Р.} = \frac{\Delta Ц + \Delta З_р}{\beta} \qquad (3.18)$$

де β - коефіцієнт, що враховує питома вага витрат на запасні частини, матеріали для ремонту й заробітну плату ремонтників у загальній вартості витрат на поточний ремонт, (β =0,7...0,86).

$$\Delta С_{Т.Р.} = \frac{25456 + 12297}{0{,}8} = 47190 \text{ грн.}$$

Тому що експлуатація модернізованої волочильної машини збільшує обсяг реалізованої продукції в цеху, то економічний ефект збільшується на величину прибутку (ΔC_Q, грн) від реалізації:

$$\Delta C_Q = У_{ПР} \cdot (A_2 - A_1), \qquad (3.19)$$

де $У_{ПР}$ - умовно-постійні витрати в собівартості одиниці продукції, розраховані по варіантах, прийнятому за базовий, при порівнянні, грн;

A_2, A_1 - річний випуск продукції, відповідно по новому й базовому варіантах, т.

Собівартість 1 т дроту становить 16550 грн, а $У_{ПР}$ становить 4% від собівартості .

Тоді:

$$\Delta C_Q = \frac{16550 \cdot 4}{100} \cdot (20881 - 20800{,}5) = 53291 \text{ грн.}$$

Зміна собівартості річного випуску продукції в результаті модернізації (ΔC, грн), розрахуємо за формулою:

$$\Delta З = \Delta C_{Т.Р.} + \Delta C_Q - \Delta C_A, \qquad (3.20)$$

$$\Delta C = 47190 + 53291 - 2880 = 97601 \text{ грн.}$$

Розрахунок показників економічної ефективності проекту

Річний економічний ефект визначається як різниця наведених витрат і підвищення продуктивності

$$E_р = \Delta C - E_н \cdot K_{дод}, \qquad (3.21)$$

де $E_н$ - нормативний коефіцієнт порівняльної економічної ефективності, $E_н$=0,15.

$$E_р = 97601 - 0{,}15 \cdot 48000 = 90401 \ грн$$

Економічна ефективність капіталовкладень

$$E = \frac{\Delta C}{K_{дод}} \qquad (3.22)$$

$$E = \frac{97601}{48000} = 2{,}03 \ \frac{грн}{грн}.$$

Строк окупності додаткових капітальних вкладень:

$$T = \frac{K_{дод}}{\Delta C} \qquad (3.23)$$

$$T = \frac{48000}{97601} = 0{,}49 \ років.$$

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Виявлення та оцінка шкідливих та небезпечних чинників виробництва

Виробництво дроту характеризується складністю й різноманітністю механічного устаткування, у зв'язку, з чим у виробничому процесі в основному мають місце небезпечні фізичні фактори та фізико-хімічні фактори.

Інструкція з охорони праці для робітників механослужби є документом, що встановлює вимоги безпеки при виконанні робітниками та службовцями покладених на них обов'язків, а також безпечного поводження на робочих місцях і території цеху.

Досить повне подання про рівень механізації можна одержати шляхом певних витрат механічної й ручної праці.

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

де B - рівень механізації праці, %;

M - сума людино-годин механізованої праці;

R - сума людино-годин ручної праці.

- для слюсаря ремонтника: M=2год, R=6год

$$B = \frac{2}{2 + 6} \cdot 100\% = 25\%$$

Результати розрахунків рівня механізації праці для інших професій представлені в таблиці 7.1.

Таблиця 4.1 - Розрахунок рівня механізації праці

№ п/п	Професія робітників	Штат робіт ників	Кількість відпрацьованих людино-годин у добу			% механізованої праці	% ручної праці
			Вручну	За допомогою машин	Усього		
1	Електрогазо-зварювальник	1	6·1=6	2·1=2	8	25	75
2	Слюсар ремонтник	1	6·1=6	2·1=2	8	25	75
3	Вальцювальник	4	6·4=24	2·4=8	32	25	75
5	Крановий машиніст	3	0,5·3=1,5	7,5·3=22,5	24	93,75	6,25
6	Стропальник	2	4·2=8	4·2=8	16	50	50

З данних таблиці можна дати висновок, що:

електро-газозварювальник - 25% механізованої, 75% ручної праці;

слюсар ремонтник - 25% механізованої, 75% ручної праці;вальцювальник - 25% механізованої, 75% ручної праці; крановий машиніст – 93,75% механізованої, 6,25% ручної праці, стропальник 50% механізованої, 50% ручної праці.

З даних таблиці можна дати висновок про класифікації професії робітників:

професії ручної праці -слюсар-ремонтник, електро-газозварювальник, вальцювальник;

професії механізованої праці - крановий машиніст;

професії змішаної праці - стропальник.

4.2 Аналіз потенційних і шкідливих факторів виробничого середовища

Розглянемо карту умов праці слюсаря-ремонтника дротового стана холодного волочіння (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2 - Технологічна карта умов праці слюсаря-ремонтника дротового стана холодного волочіння

Фактори	Нормативне значення, ПДК, ПДУ	Фактичне значення	III клас шкідливих і небезпечних умов, і характер праці			Час дії фактора % у зміну
			1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	
1	3	4	5	6	7	8
I.Шкідливі хімічні речовини, мг/м^3						
1 клас небезпеки						
Ангідрид хромовий	0,01	0,012	1,2			94,6
2 клас небезпеки						
Марганцю оксиди	0,3	0,39	1,3			94,6
Кислота сірчана	1,0	0,76				94,6
3-4 клас небезпеки						
Масла мінеральні	5,0	9,2	4,2			94,6
II. Пил переважно фиброгенної дії, мг/м^3						
диоксид кремнію – (2 - 10%)	4,0	19,6		4,9		94,6

Продовження табл. 4.2

1	3	4	5	6	7	8
III. Шум, дБА	80	102			22	100
IV. Мікроклімат у приміщенні						
- температура повітря, °С	16-27	36,2			9,2	94,6
- швидкість руху повітря, м/с	0,2-0,5	0,36				94,6
- відносна вологість повітря, %	55	31				94,6
V. Робоча поза						
Змушені нахили корпуса більше 30^0 (раз за зміну)	<100	135	135			
VI. Напруженість праці						
- тривалість зосередження, % до тривалості зміни	72	62,9				
- щільність сигналів у середньому за годину	<100	366	366			
Кількість факторів	-	-	5	1	2	-

Важкість праці – середня II,б.

Атестація робочого місця

Робочі місця мають у наявності: 5 факторів 1 ступеня, 1 фактор 2 ступені, 2 фактора 3 ступені. По показниках робоче місце варто вважати зі шкідливими й тяжкими умовами праці, що відповідає показникам списку №1 пункт 1.

Відповідно до списку №1: пенсійний вік по пільгових умовах, дається додаткова відпустка 14 днів, дається молоко й доплати згідно колективного договору.

4.3 Заходи щодо захисту від виявлених шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища

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

№ п/п	Небезпечний або шкідливий фактор виробничого середовища	Захисний пристрій	Тип пристрою	Параметри пристрою	Місце установки
1	Запиленість	Витяжна вентиляція	КСЗ	-	У місцях утворення пилу
2	Запиленість	Респіратор СИЗОД	ШБ-1М	-	Індивідуально
3	Шум	Навушники противо-шумові, бируши		Придатний до 110дб	Індивідуально
4	Температура Хол період року Тепл період року	Утеплена куртка, ватяні штани, костюм з х/б тканини, черевики костюм з х/б тканини, черевики	Тн Ти	-	Індивідуально
5	Шкідливі хімічні речовини	Теж що й при запиленність + костюм х/б, рукавиці	Пм	-	Індивідуально

Всі працівники цеху безкоштовно забезпечений спецодягом, спец взуттям і засобами індивідуального захисту. До складу спецодягу входять: костюм х/б тканини, черевики, у зимовий час видається утеплена куртка й ватяні штани (ДНАОП 0.00-4.26-99).

4.4 Технічні рішення по виробничій санітарії

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

Таблиця 4.4 - Значення прийнятих параметрів повітряного середовища, що допускають, у робочій зоні приміщень

Період року	Категорія роботи по важкості	Період року			Температура повітря непостійних робочих місць, °С
		на постійних робочих місцях			
		температура повітря, °С	відносна вологість повітря, %	швидкість руху повітря, м/с	
Холодний	Середньої важкості IIб	15/21	75	0,2	15
Холодний	Важка III	13/19	75	0,3	13
Теплий	Середньої важкості IIб	24/27	70	0,4	21
Теплий	Важка III	22/26	75	0,5	19

Освітлення виробничих приміщень. Для створення сприятливих умов праці важливе значення має раціональне висвітлення (СНіП 11-4-79). Незадовільне освітлення утрудняє проведення робіт, веде до зниження продуктивності праці й працездатності очей і може бути причиною нещасних випадків й їхніх захворювань.

Для ремонту устаткування передбачене штучне освітлення.

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

Штучне висвітлення проектується двох систем: загальне і комбіноване, коли до загального висвітлення додається місцеве. Застосування одного місцевого висвітлення не допускається. На ділянці є дугові ртутні лампи типу ДРЛ-400, ДРЛ-100. Серед ламп накалювання є світильники типу: «Універсаль», «Астра».

Прийнята система природного висвітлення - бічна.

Слюсар повинен мати V розряд зорової роботи. При загальній системі висвітлення освітленість становить Е = 200 лк.

Значення КПО, обумовлене з урахуванням зорової роботи становить е = е (III) = 1,5 - при бічному висвітленні, без стійкого сніжного покриву.

Коефіцієнт світлового клімату m = 0,8. Коефіцієнт сонячності клімату С=0,7. Нормований коефіцієнт природної освітленості

$$e_н = e \cdot m \cdot c = 1,5 \cdot 0,8 \cdot 0,7 = 1,38\ \%. \qquad (4.2)$$

Аварійне освітлення для продовження роботи

$$E_{ав.раб.} = 10\% \cdot E = 0,1 \cdot E = 0,1 \cdot 200 = 20\ лк. \qquad (4.3)$$

Аварійне освітлення для евакуації людей

$$E_{ав.зв.} = 5\% \cdot E = 0{,}05 \cdot E = 0{,}05 \cdot 200 = 10 \text{ лк.} \quad (4.4)$$

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

4.5 Техногенна безпека

Ділянка має категорію по пожежонебезпеці В (горючі та трудно горючі сполуки й материали. Споруда металургійної ділянки ставиться до III ступеня вогненебезпечності (будинку з несучими й конструкціями, що обгороджують, із природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів).

До первинних засобів пожежогасіння на комбінаті відносять: вогнегасники пінні серії ОХП-10, ОВП-10 і вогнегасники вуглекислотні серії ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8. Пожежний інвентар (покривало з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, пожежні цебра, совкові лопати, ломи, сокири, пожежні рукави).

Межі вогнестійкості конструкцій:

- несучі й сходові клітки - 1год;
- самонесучі - 0,25 год;
- зовнішні несучі - 0,25 год;
- внутрішні несучі - 2 год;
- колони - 2 год;
- сходові площадки, щаблі, балки, марші сходових кліток - 1 год;
- плити, настили й ін. несучі конструкційні перекриття - 0,75 год.

Цех має внутрішній протипожежний водопровід з пожежними кранами й рукавами.

Електроустаткування ділянки відноситься до установок до 1000В. Умови безпечної експлуатації залежать значною мірою від захищених пристроїв. Всі

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

Покриття повинні швидко сохнути, добре зв'язуватися з поверхнею, утворюючи при цьому струмонепровідну, вологонепроникну, механічно міцну плівку. Для захисту від короткого замикання використають швидкодіючий релейний захист і вимикачі, плавкі запобіжники. На всіх обертових частинах устаткування повинні бути встановлені захисні щити, кожухи.

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

Електромостові крани й вантажозахватні пристрої до пуску в роботу піддають технічному огляду для перевірки їхньої відповідності правилам устрою, безпечній експлуатації й представленій документації. Огляд проводиться адміністрацією підприємства за участю представника Держгірпромнагляд. Надалі технічний огляд кранів проводиться не рідше одного разу в 12 місяців.

Ймовірність аварії в цеху і заходи по її ліквідації

Будь-яку машину чи механізм можна розглядати як систему, що складається з окремих елементів - деталей. Аварія – результат відмови одного чи декількох елементів.

Ймовірність аварії дорівнює:

$$Q = 1 - \prod_{i=1}^{n} \cdot (1 - Q_i), \qquad (4.5)$$

де Q_i- імовірність відмови кожного елемента.

$$Q_i = \lambda_i \cdot \tau, \qquad (4.6)$$

де λ_i - інтенсивність відмови і-го елементу;

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

Розрухуємо імовірність аварії, на волочильній ділянці, привода волочильної машини за один рік. Відомо що $\lambda_i = 8 \cdot 10^{-4}$ ð³ê⁻¹, τ=1 рік.

$$Q_i = \lambda_i \cdot \tau = 8 \cdot 10^{-4} \cdot 1 = 8 \cdot 10^{-4}.$$

$$Q = 1 - (1 - 8 \cdot 10^{-4})^1 = 0{,}002 = 0{,}2\%.$$

Імовірність виникнення аварії не висока, складає 0,2%, застосування захисних додаткових засобів для попередження аварії та її ліквідації не потрібне.

Розробка плану ліквідації аварії

План ліквідації аварії вивчають весь персонал та працівники цеху, а також працівники та персонал рятувальних служб та пожежних частин. Ознайомлення з планами оформляється під розписку. Особи, не знайомі з планом ліквідації аварії в частинах, що стосуються їхнього робочого місця, до роботи не допускаються.

Територіальні управління Держнаглядохоронпраці та територіальні органи МНС контролюють розроблення та впровадження ПЛАС на підприємстві та об'єкті, а сам план затверджується керівництвом підприємства.

Аварії залежно від їхніх масштабів можуть бути трьох рівнів –А, Б, В.

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

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

На рівні (В)-аварія характеризується розвитком і переходом за межі території підприємства, можливістю впливу чинників аварії на населення розташованих поблизу населених районів та інші підприємства (об'єкти), а також на довкілля.

ПЛАС розробляється для аварій всіх рівнів, затверджується в різних інстанціях, для ліквідації їх наслідків призначаються оперативні штаби та відповідальні керівники.

На етапі впровадження ПЛАС в нього не можуть вноситися зміни; навчальні тривоги за ним проходять під керівництвом відповідальних осіб, а у разі незадовільних результатів навчальну тривогу необхідно провести повторно протягом 10 днів.

Детальні вимоги щодо змісту плану ліквідації та локалізації аварії, можливих етапів його розроблення, внесення змін, навчальних тривог та впровадження містяться у "Положенні щодо розробки планів ліквідації та локалізації аварійних ситуацій та аварій", затвердженому наказом Держнаглядохоронпраці № 112 від 17.06.1999 р.

ВИСНОВКИ

У загальній частині бакалаврської роботи представлено опис способів волочіння дроту у волочильних машинах; наведено загальні відомості про волочильні машини; представлен опис основних елементів з яких складається волочильна машина; запропоновано опис проекту модернізації волочильної машини.

Проект модернізації полягає у зміні зубчастих передач привода тягнучих барабанів волочильної машини. Застосування зубчастих коліс із круговими зубами дозволить збільшити ресурс та міжремонтний привод привода волочильної машини. Запропонована модернізація є доцільною та економічно вигідною для впровадження на кабельних підприємствах .

У спеціальній частині роботи представлені розрахунки на міцність і на витривалість найбільш навантажених деталей і вузлів

В експлуатаційні частині випускної роботи розроблені рекомендації по організації системи технічного обслуговування та ремонтів. Розроблено графік технічного обслуговування та ремонтів устаткування ділянки та складено мережевого графіка капітального ремонту волочильної 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.

ВИСНОВКИ

У загальній частині бакалаврської роботи представлено опис способів волочіння дроту у волочильних машинах; наведено загальні відомості про волочильні машини; представлен опис основних елементів з яких складається волочильна машина; запропоновано опис проекту модернізації волочильної машини.

Проект модернізації полягає у зміні зубчастих передач привода тягнучих барабанів волочильної машини. Застосування зубчастих коліс із круговими зубами дозволить збільшити ресурс та міжремонтний привод привода волочильної машини. Запропонована модернізація є доцільною та економічно вигідною для впровадження на кабельних підприємствах .

У спеціальній частині роботи представлені розрахунки на міцність і на витривалість найбільш навантажених деталей і вузлів

В експлуатаційні частині випускної роботи розроблені рекомендації по організації системи технічного обслуговування та ремонтів. Розроблено графік технічного обслуговування та ремонтів устаткування ділянки та складено мережевого графіка капітального ремонту волочильної 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. Ланцюгова передача з приводним роликовим ланцюгом: пат. 147627 Україна: МПК F16H1/16. № u202100017; заявл. 04.01.2021; опубл. 27.05.2021, Бюл. № 21/2021. 4 с.

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

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

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

9. 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.

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

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

12. Гребінник В. М., Іванченко Ф. К., Ширяєв В. І. Розрахунок металургійних машин та механізмів. Київ: Вища школа, 1988. - 383 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. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2015. – 492 с

17. 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.

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

19. 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.

20. Жук А.Я., Желябіна Н.К., Таратута К.В., Коваль М.В. Напрями творчого проектування та його техніко – економічне обгрунтування. Книга 1. Навчальний посібник. Київ: Кондор-Видавництво, 2012р.- 574с.

21. Жук А.Я., Бойко О.В., Таратута К.В., Коваль М.В. Напрями творчого проектування та його техніко – економічне обгрунтування. Книга 2. Навчальний посібник. Київ: Кондор-Видавництво, 2012р.-542с. ISBN 978-966-2781-13-7.