

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 механізмів ланцюгових волочильних станів

Виконав: бакалавр групи 6.1330

Остапенко М.М.

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

спеціалізація

-

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма

Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Керівник Таратута К.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Н.контроль Гречаний О.М.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя – 2024 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

“ _____ ” _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

Остапенко Максим Максимович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення механізмів ланцюгових волочильних станів керівник роботи доцент, канд. техн. наук Таратута К.В.
затверджені наказом вищого навчального закладу від “26.12. 2023 року № 2215 – с.
2. Термін подання студентом роботи 30.05.2024 року.
3. Вихідні дані роботи: техніко-економічні показники роботи волочильного 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 – 1 шт ; 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	01.01.2024 – 20.01.2024	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдання	20.01.2024 – 01.02.2024	
3	Виконання теоретичної частини роботи	01.02.2024 – 01.04.2024	
4	Виконання графічної частини	01.04.2024 – 01.05.2024	
5	Оформлення роботи	01.05.2024 – 20.05.2024	
6	Перевірка роботи консультантами	20.02.2024 – 30.05.2024	
7	Попередній захист роботи	30.05.2024	
8	Переплітання роботи	05.06.2024	
9	Захист проекту у ЕК	Згідно з графіком	

Студент _____
(підпис)

М.М. Остапенко
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

К.В. Таратута
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Остапенко М.М. Удосконалення механізмів ланцюгових волочильних станів.

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

В роботі проведено огляд ланцюгових волочильних станів та аналіз обладнання для підвищення їх експлуатаційних властивостей. Детально описані вузли волочильних станів. Проведено розрахунки навантажень на вузли ланцюгового волочильного стана. Запропонована удосконалена конструкція ланцюга на волочильному стані для підвищення експлуатаційних властивостей.

Ключові слова: ВОЛОЧІННЯ, ЛАНЦЮГ, УДОСКОНАЛЕННЯ

ABSTRACT

Ostapenko M.M. Improvement of mechanisms of chain drawing machines.

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

The work includes an overview of chain drawing machines and an analysis of equipment to improve their operational properties. The nodes of the drawing machines are described in detail. Calculations of loads on nodes of the chain drawing mill were carried out. The design of the lancet on the drawing mill has been improved to improve the operating authorities.

Key words: DRAWING, CHAIN, IMPROVEMENT

ЗМІСТ

Вступ	5
1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	6
1.1 Технологічні схеми волочіння	6
1.2 Конструкції прямолінійних волочильних станів	8
1.3 Схеми станів прямолінійного волочіння	11
2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	20
2.1 Конструкція триниткового ланцюгового волочильного стану періодичної дії	20
2.2 Удосконалення ланцюгових волочильних станів	24
2.3 Розрахунок тягових ланцюгів волочильних станів	26
2.4 Розрахунок вузлів волочильного стану	33
3. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА	39
3.1 Рекомендації по монтажу волочильного стану	39
3.2 Розрахунок фундаменту під стан волочильний	40
3.3 Розрахунок анкерних болтів та пакету підкладок	45
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	49
4.1 Характеристика ступеня безпеки процесів волочіння та калібрування	49
4.2 Аналіз потенційних і шкідливих факторів виробничого середовища	50
4.3 Огляд технічних рішень по виробничій санітарії	52
4.4 Заходи щодо техніки безпеки	54
Висновки	58
Література	59
Додатки	61

ВСТУП

На ланцюгових волочильних станах наявні значні витрати пов'язані зі зносом тягнучого ланцюга, що спонукає шукати технічні рішення, які дозволяють підвищити експлуатаційні властивості волочильного обладнання та знизити його знос.

Необхідність удосконалення пристроїв і обладнання для волочіння очевидна, це пов'язано з виробництвом нових тугоплавких і жароміцних матеріалів, підведення до осередку деформації більшої енергії, для збільшення ступеня обтиснення за один прохід і зниження роботи. Зазначені вимоги ланцюгові волочильні стани не здатні забезпечити, через значні навантаження на елементи привода.

Одним зі способів збільшення ресурсу та несучої здатності тягового ланцюга є зміна його конструктивних параметрів. В поточній роботі запропонована нова конструкція роликів тягового ланцюга та проведено детальні розрахунки привода волочильного стану.

Зазначене удосконалення дозволить збільшити площу контакту ланцюга та зірочки. Наслідком цього є суттєве зменшення питомого тиску між роликами і зубами зірочки і, відповідно, зростання навантажувальної здатності ланцюгової передачі. Також запропоноване удосконалення зникає можливість поперечних коливань ланцюга щодо зірочок.

У відповідності до завдання в роботі проведено:

- огляд основних елементів волочильних станів;
- розрахунок навантажень, на елементи волочильних станів;
- обґрунтування запропонованого удосконалення.

Структура та обсяг роботи. Випускна робота бакалавра складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Повний обсяг роботи становить 70 сторінки, 11 таблиць, 18 рисунків, списку використаних джерел, додатків.

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Технологічні схеми волочіння

Волочінням називають спосіб обробки металу тиском, при якому довгомірна заготовля постійного перерізу протягується через канал волочильного інструменту (волоки), приймаючи форму та розміри найменшого перерізу каналу.

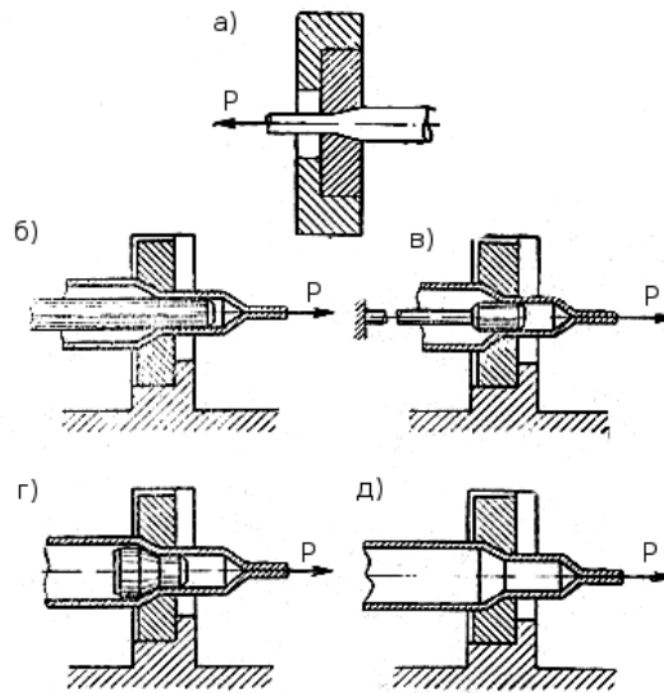
Волочильними станами називають системи машин, що служать для обробки металу волочінням. В основному у всі стани для волочіння входять: робочий стіл, станини, волокотримувачі, привід і накопичувальний пристрій. Перший етап процесу волочіння: заготовку загострюють, вводять у філь'єру (волоку) та захоплюють кліщами. Волочіння здійснюють за рахунок руху візка (на ланцюгових станах) або тягнучого барабану (на станах магазинного типу), який з'єднаний з ланцюгом, тросом або приводом гідравлічного типу, або за рахунок обертального руху барабана із захопленням дротом.

Поряд з однонитковим волочінням існують стани, на яких одночасно можна протягувати до трьох прутків. В якості привода використовують двигуни постійного струму [1].

Волочильні стани для волочіння дроту та прутків можна класифікувати за такими групами:

- 1) стани однократного волочіння;
- 2) стани багатократного волочіння:
 - стани багатократного волочіння без ковзання;
 - стани багатократного волочіння зі ковзанням;
 - волочильні стани для калібрування прутків;
- 3) ланцюгові волочильні стани.

Волочіння порожнистих профілів (труб) із зменшенням товщини стінки здійснюється через волочильний канал, утворений волокою та оправкою, яка може мати різну конструкцію та схему закріплення.



а - волочіння прутків, б - волочіння труб на рухомій оправці, в – волочіння труб на короткій нерухомій оправці, г – волочіння на короткій рухомій (плаваючій) оправці, д - волочіння без оправки

Рисунок 1.1 - Схеми волочіння

Волочіння заготовок ведуть як у нагрітому, так і холодному стані. Велике поширення набув спосіб холодного волочіння. Холодне волочіння прутків та труб з використанням якісного твердосплавного інструменту та високих сортів технологічних мастил дозволяє отримувати готові вироби з точними розмірами поперечного перерізу та гладкою поверхнею. Волочінням отримують калібровані прутки діаметром 5 - 150 мм і труби від капілярних діаметром 0,2 мм і товщиною стінки 0,015 мм і до 242 мм у діаметрі з товщиною стінки 24 мм. На станах спеціального призначення протягують труби із кольорових сплавів діаметром до 765 мм.

Технологічні схеми основних способів волочіння прутків показані на рис. 1.1. Ці способи волочіння в даний час поширені майже на всіх підприємствах.

1.2 Конструкції прямолінійних волочильних станів

Волочіння прутків та труб з довгомірних заготовок здійснюють на станах прямолінійного волочіння. За характером та циклом роботи стани прямолінійного волочіння можна розділити на періодичні, напівбезперервні і безперервні. Найбільшого поширення набули стани прямолінійного волочіння періодичної дії. Конструкції цих станів залежать від способів волочіння, схеми застосування тягового зусилля і типу приводу; широко використовують стани періодичної дії для калібрування прутків, волочіння труб без оправки та на закріпленій оправці.

Існують ланцюговий, гідравлічний і канатний типи приводів станів прямолінійного волочіння.

Більшість моделей станів періодичної дії будують на одночасну протяжку декількох виробів (багатониткових) з одно- і дволанцюговим приводом. Одноланцюгові волочильні стани виготовляються із зусиллям волочіння від 2 кН до 5000 кН. На зміну одноланцюговим прийшли дволанцюгові трубоволочильні стани, що мають ряд переваг перед одноланцюговими. Дволанцюгові стани надійніше одноланцюгових, тому що в їх конструкції відсутні такі слабкі ланки, як механізми скидання готових виробів та повернення волочильного візка.

Ланцюгові стани виготовляють у двох виконаннях: зі стаціонарним приводом та приводом, встановленим на волочильному візку (з самохідними візками).

У станах зі стаціонарним приводом рейка закріплена на візку. Такі стани працюють реверсивно і найчастіше двостороннього впливу, тобто. волочіння ведеться під час руху візка в обох напрямках. Ці стани призначені для волочіння профілів великих перерізів і одночасного волочіння кількох виробів [2].



Рисунок 1.2 - Ланцюговий волочильний стан періодичної дії

У станах із самохідними волочильними візками привід у вигляді мотор-редуктора змонтований на візку, а рейки закріплені на рамі робочого столу. Стани з самохідними візками односторонньої дії мають меншу продуктивність, ніж рейкові стани зі стаціонарним приводом. Проте їх конструкція має низку переваг перед одноланцюговими станами. Цими станами можна вести волочіння довших прутків чи труб (до 50 м), тобто. майже в 5 разів більше, ніж на ланцюгових станах старих моделей. За такої корисної довжини з'являється можливість застосовувати великі швидкості волочіння. При розташуванні рейок по бічних стінках рами робочого столу залишається вільний простір під виробами, що протягуються, куди вони провалюються по закінченні волочіння і потрапляють у збірні кишені. Повернення візка не лімітується прибиранням готових виробів. Зусилля волочіння таких станів не перевищує 50-60 кН, так як установка електроприводів великої потужності на

рухомому візку пов'язана з низкою труднощів [3]. Рейкові стани поширені менше, ніж дволанцюгові.

Волочильні стани з гідравлічним приводом поки що не набули масового поширення. Більшість запатентованих конструкцій ще розроблено, деякі перебувають у стадії проектування.

Існують волочильні механізовані стани з канатним приводом (одно- та двоканатні) від лебідки. Візок переміщається по монорейці або з бокових напрямних. Вибір схем докладання тягового зусилля і приводу стану пов'язані з динамікою процесу волочіння й у результаті з якістю одержуваних стани виробів. Тому там, де потрібна особливо висока точність геометрії профілю, що протягується, і чистота поверхні, застосовуються стани з приводами, що дозволяють вести процес волочіння з малими прискореннями і рівномірним, стабільним додатком навантаження. Це стани з гідравлічними та канатними приводами. На рис. 1.2 показаний механізований ланцюговий волочильний стан періодичної дії. Основними агрегатами стану є робоча лінія з волочильним візком і головний привід. Розбирання пакета заготовок і розкладку їх по нитках виконують за допомогою приймально-розбірною пристрою. Підготовка захваток здійснюється безпосередньо на стані спеціальним механізмом, розташованим у позиції завантаження.

Стан працює в такий спосіб. Заготовки укладають краном у бункер приймально-розбірною пристрою, що складається з декількох секцій з натягнутими всередині ланцюговими контурами. Ланцюги отримують рух від приводу через зірочки. Місткість бункера змінна. Це досягається зміною положення верхніх гілок ланцюгових контурів при повороті важелів.

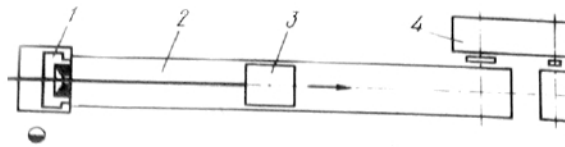
Диски, що сидять на одному валу із зірочками, виступами орієнтують заготовки по довжині і викочують останні на проміжний стіл. При обертанні валу приводу рухомі лінійки здійснюють зворотно-поступальний рух. Це забезпечує сприятливі умови для трясіння заготовок, що викочуються з бункера, та рівномірної подачі їх до упору. Заготівки подаються на робочий стіл, де за допомогою автоматичного візка та приводу здійснюється процес

волочіння. Готові вироби складають до кишень.

1.3 Схеми станів прямолінійного волочіння

Немеханізований стан з ручним завантаженням та видачею готових виробів (рис. 1.3) складається тільки з робочої лінії, що включає стійку волок, робочий стіл, волочильний візок і головний привід.

Робочі лінії сучасних прутковолочильних станів однакових енергосилових параметрів майже не відрізняються між собою. Робоча лінія прутковолочильного стану з урахуванням уніфікації конструктивних рішень окремих вузлів є базовою моделлю сучасного волочильного стану.



1 – стійка волок, 2 – робочий стіл, 3 – візок, 4 – головний привід

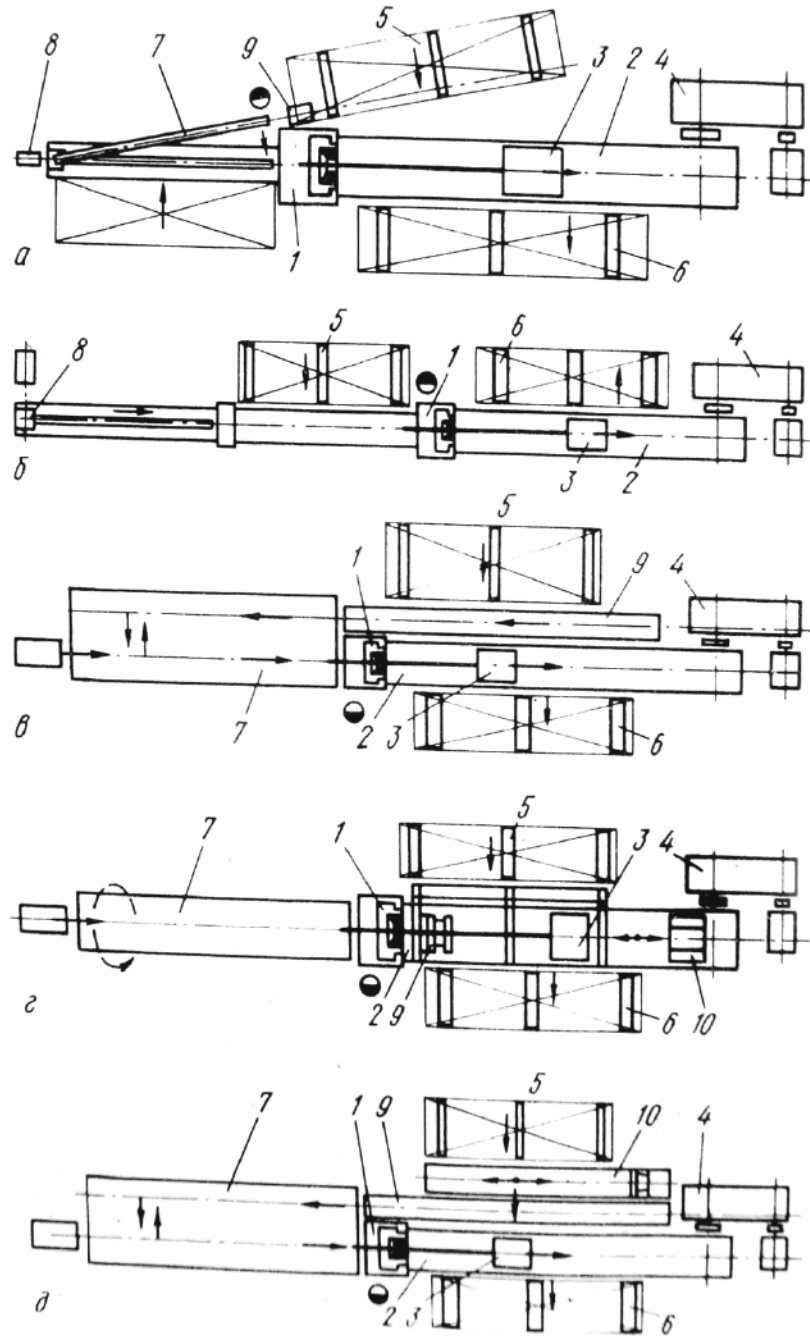
Рисунок 1.3 Схема станів періодичної дії для волочіння прутків

Залежно від напрямку волочіння щодо оператора та місця розташування приймально-розбірного пристрою волочильні стани можуть компоуватися у правому та лівому виконанні. Якщо в процесі волочіння заготовка рухається праворуч щодо оператора, а приймально-розбірний пристрій розташований ліворуч, то таке виконання вважають правим, а якщо заготовка рухається ліворуч, а приймально-розбірний пристрій праворуч, то лівим.

Кишені для готових виробів можуть розташовуватися з правого боку робочого столу (по ходу волочіння) або з лівої. Більш зручним на волочильних станах, особливо маломеханізованих, слід вважати праве розташування кишень. При цьому готові вироби знаходяться у оператора праворуч, що зручно під час вимірювання та огляду продукції.

На рис. 1.4 дано схеми компоновок обладнання станів періодичної дії для волочіння труб на закріпленій та плаваючій оправках. За наявності

оправок зі стрижнями на короткооправочних станах на вхідній стороні стану, крім приймально-розбірних пристроїв, необхідні додаткові механізми для введення оправок у труби та завдання їх з трубами у волокни.



1 – стійка волок, 2 – робочий стіл, 3 – візок, 4 – головний привід, 5 – приймальний пристрій, 6 – кишені готової продукції, 7 – механізм передачі труб, 8 – штовхач, 9 – механізм заправки оправок, 10 – механізм підготовки

Рисунок 1.4 - Схеми станів для волочіння труб

У компонованні обладнання сучасних механізованих короткооправочних станів розрізняють дві позиції: волочіння, в якій виконується процес деформації труб у волоках, та завантаження, в якій виконуються операції з підготовки труб до волочіння, зокрема введення оправок у труби. Введення оправок у труби є характерною допоміжною операцією. При цьому оправлення вводиться в трубу або надівається труба на оправлення. В залежності від цього визначається місце розташування обладнання, яке у свою чергу суттєво впливає на схему компоновання обладнання та на конструкцію механізмів, що забезпечують операцію введення оправок у труби. Коли оправка введена у трубу остання поміщається в позицію завантаження перед стійкою волок. Вісі оправок поєднані з вісями труб та віссю волочіння (рис. 1.4, б). При цьому стан забезпечується одним комплектом оправок зі стрижнями, число яких дорівнює кількості ниток волочіння. Така схема забезпечує компактність стану по ширині та висоті, але при цьому збільшується загальна його довжина, яка умовно складається з трьох складових (стрижень з оправкою, заготовка та готова труба). Крім того, ця схема не дозволяє поєднувати за часом операції волочіння та введення оправок у труби.

Коли труби надягають на оправки, позиція завантаження розташовується паралельно позиції волочіння в площині волочіння або над нею (рис. 1.4, г). Є стани, у яких позиція завантаження знаходиться під кутом до вісі волочіння (рис. 1.4, а). Для таких схем потрібно мати подвійний комплект оправок. Ці схеми дозволяють поєднувати операції волочіння та надягання труб на оправки.

Більшість сучасних високомеханізованих станів компонуються за схемами, показаними на рис. 1.4, в - д. У станах з подвійним комплектом оправок з'являється досить складний механізм для передачі труб з оправками з позиції завантаження в позицію волочіння і назад. Однак загальна довжина стана зменшується і на відміну від схеми на рис. 1.4, б складатиметься з двох складових (стрижень з оправкою і готова труба).

Розташування позиції завантаження над площиною волочіння (рис. 1.4, г) зменшує розміри стану по ширині. Крім того, оператор має доступ до приймально-розбірного пристрою та механізму надягання труб на оправки. Механізм підготовки захваток на станах часто встановлюється в позиції завантаження. Аналіз працюючих станів показує раціональність такого розміщення.

При компонованні обладнання за схемою на рис. 1.4, д позиція завантаження так само, як і за схемою на рис. 1.4, в, знаходиться в площині волочіння. Механізм підготовки захваток (проштовхувачів) винесений в окрему позицію та розташований паралельно вісі волочіння. Таке компоновання ще більше збільшує розміри стану по ширині. Разом з тим створюється можливість поєднання операцій з підготовки захваток на трубах з процесом волочіння, з операціями надягання труб на оправлення та передачі їх у позицію волочіння. Проштовхувач за цією схемою можна використовувати і як окреме обладнання.

За схемою на рис. 1.4 г, компонують багатониткові стани з зусиллям волочіння не більше 300 кН, за схемами на рис. 1.4, в, д - стани із зусиллям волочіння 500 і 750 кН.

Стани важкого типу із зусиллям волочіння 750 кН і більше зазвичай виконують однопнитковими та компонують за схемами на рис. 1.3.

Робоча лінія однопниткового стану періодичної дії (рис. 1.5) складається з робочого столу 1 зі стійкою волок, тягового ланцюга 2, головного приводу, волочильного візка 3, механізму повернення візка, механізму скидання труб (прутків) 4.

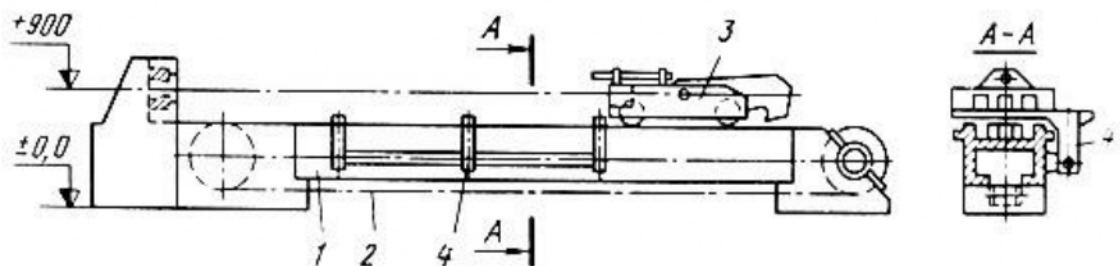
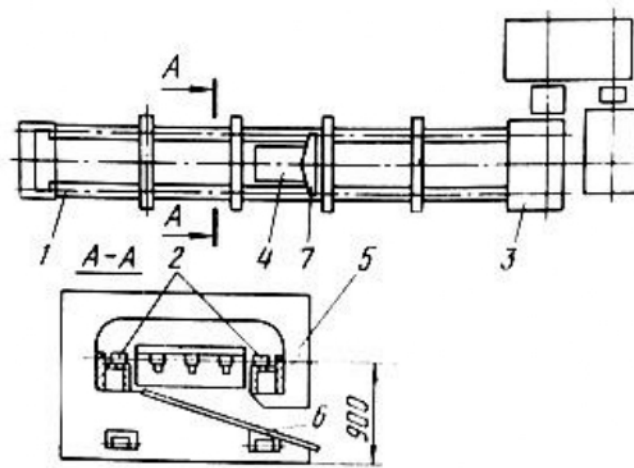


Рисунок 1.5 – Схема лінії однопниткового волочильного стану



1 – робочий стіл, 2 – тягові ланцюги, 3 – головний привод, 4 – волочильний візок, 5 – стійка, 6 – склиз, 7 - врівноважувач

Рисунок 1.6 – Схема лінії дволанцюгового волочильного стана

У складі обладнання робочої лінії дволанцюгового стана відсутні механізми повернення візка та скидання. Протягнуті прутки падають у вільний простір між бічними ланцюгами і по склизях скочуються в кишені. Робоча лінія дволанцюгового стана відрізняється від одноланцюгового рядом конструктивних особливостей основних вузлів.

На робочому столі розміщені основні тягові органи: ланцюг та волочильний візок. Стіл приймає зусилля, що виникають між волоками та приводом у процесі волочіння. Робочий стіл одноланцюгового стана (рис. 1.7) зазвичай монтується з кількох секцій. Число їх залежить від найбільшої довжини протягнутих виробів. При волочінні коротких прутків і труб (до 5 м) стіл може бути виконаний несекційним (з суцільних балок). Балки однієї з секцій столу примикають до стійки волок, яка є продовженням столу і його першою секцією. У стійці встановлені волокотримачі з волоками та холоста зірочка тягового ланцюга. У станах, обладнаних пристроями для запресування заготовок у волокни, стійку волок замінює проштовхувач, в корпусі якого розміщується також холоста зірочка ланцюга. Секції столу виготовляються звареними з листів та сортового прокату або литими. Зірочка 2 тягового

ланцюга змонтована у стійці волок 3, натягує ланцюг за допомогою вилки та натяжного гвинта 4. Секції встановлені на тумбах 5, в яких змонтовано ролики 6, підтримують нижню гілку ланцюга. Верхня гілка переміщається всередині напрямних 7. Знизу прокладена гумова прокладка, що пом'якшує удар від падіння ланцюга на стіл у момент закінчення волочіння. Деталі столу, що піддаються зносу виконують змінними.

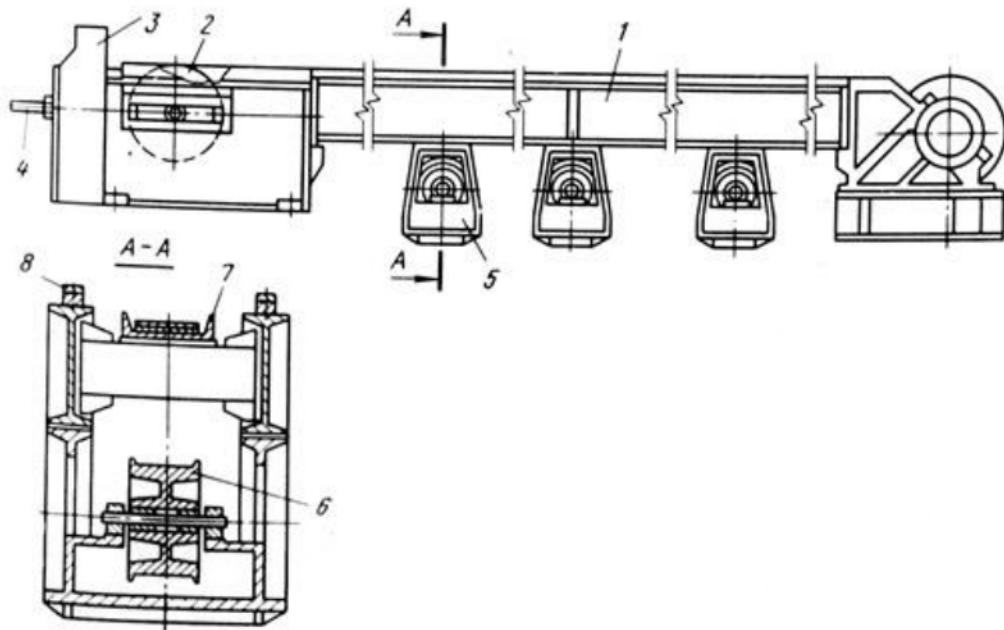


Рисунок 1.7 – Робочий стіл волочильного стану

Наявність як тягового органу двох нескінченних ланцюгів внесло в конструкцію робочого столу дволанцюгового стану ряд принципових особливостей. Ланцюги 2 пов'язані з візком 4 постійно і становлять із ним єдиний тяговий контур. Для компенсації можливої нерівномірної передачі зусиль ланцюги з'єднані з візком врівноважувачем.

Доріжки 8 для візка та напрямні для ланцюгів 2 змонтовані на Г-подібних стійках 5. Форма профілю стійок зумовлена необхідністю створення вільного бокового виходу виробам при скочуванні їх у кишені по похилих склизах 6. Стійки зазвичай виготовляють із листів зварного коробчастого перерізу. Доріжки 8 виконують у вигляді балок литими або зварними і кріплять до столу. Торцевими поверхнями балки з одного боку примикають до

стійки волок, з іншого - до стійки зірочок головного приводу.

Тяговий ланцюг на одноланцюговому стані зібраний у вигляді замкнутого, нескінченного контуру. Тягова гілка ланцюга знаходиться в жолобі столу і рухається у бік приводу. Холоста гілка підтримується роликками. Є конструкції робочих ліній, де холоста гілка ланцюга так само, як і ведуча, рухається по жолобу, заглибленому в фундамент.

Ланцюги, що застосовуються на одноланцюгових станах, конструюють двох типів: із захопленням гака за валик (рис. 1.8, а) (ланки зібрані з декількох штампованих пластин і фіксуються на валиках фасонними шайбами або іншими способами) або за пластину (рис. 1.8, б, в). Гак візка в цьому випадку чіпляють за внутрішні потовщені пластини. Внутрішні пластини входять також у зачеплення із зірочками. Їх слід виконувати з точною геометрією за контуром. Ланцюги із захопленням гака за пластину виконують нероз'ємними. Складання ведеться на валиках з розвальцюванням торців. Для кращої фіксації зовнішніх крайніх пластин на валиках останні часто виготовляються з овальними отворами. Для станів важкого типу (зусилля волочіння понад 500 кН) ланцюги виготовляються багаторядними (по шість рядів).

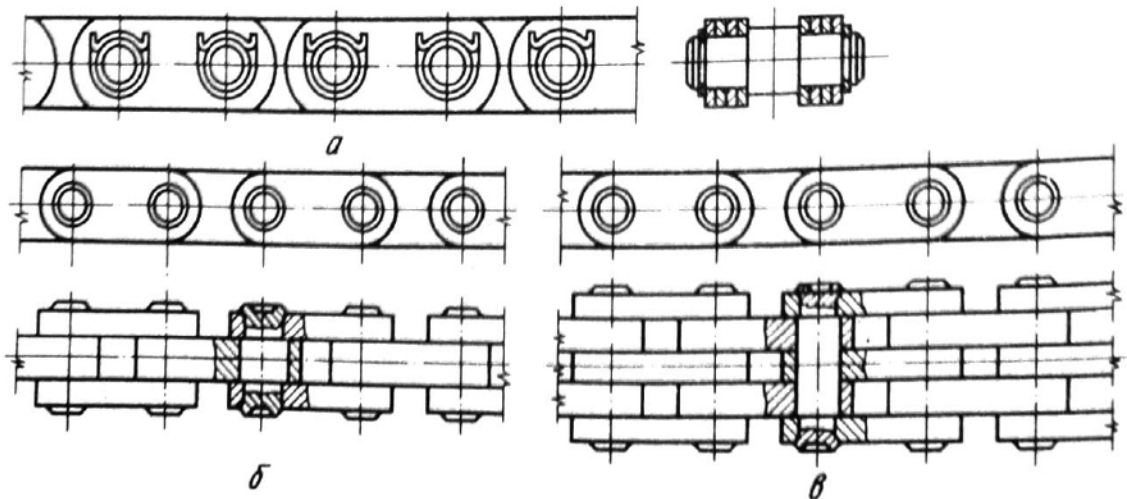


Рисунок 1.8 – Тягові ланцюги волочильних станів

Зважаючи на те, що контур дволанцюгового стану - реверсивний і обидві гілки ланцюгів є приводними, необхідно забезпечити постійне

попереднє натягування контуру.

Для цього у гілках ланцюгів зазвичай вбудовуються натяжні станції. Натяжна станція складається з трубчастої стяжки, в торці якої загвинчені тяги, що мають праве і ліве різьблення. Тяги з'єднані із гілками ланцюгів. Після натягу стяжка фіксується від самовідгвинчування стопорним гвинтом. Відомі інші способи попереднього натягу ланцюгів. На дволанцюгових станах, що випускаються провідними іноземними фірмами, натяг ланцюгів забезпечується зірочками у місцях кріплення ланцюгів до візка.

Зірочки до тягових ланцюгів одноланцюгових станів проектують в залежності від геометрії ланцюгів (рис. 1.9).

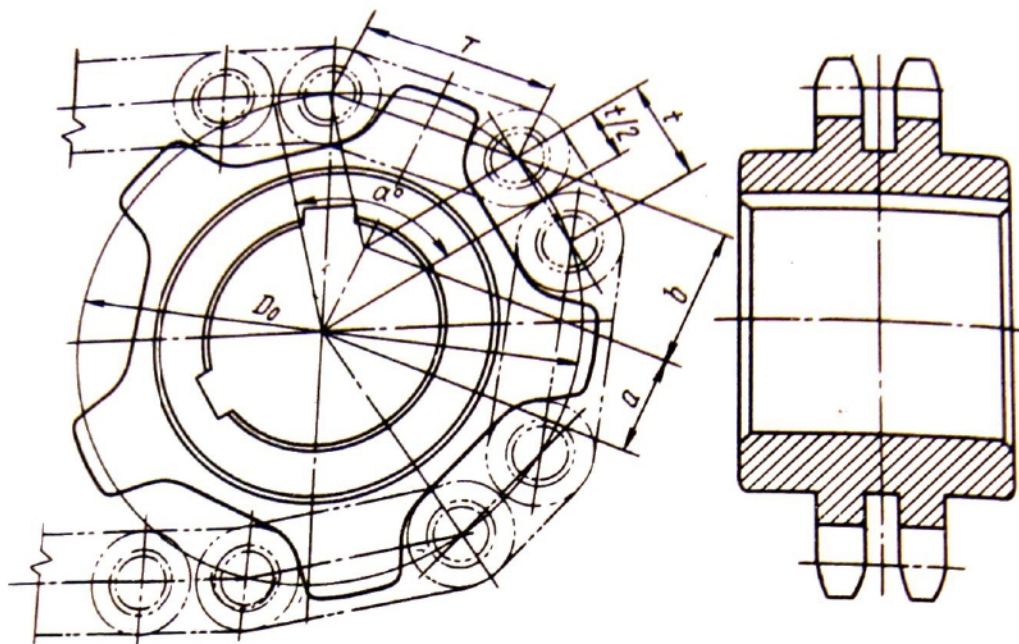


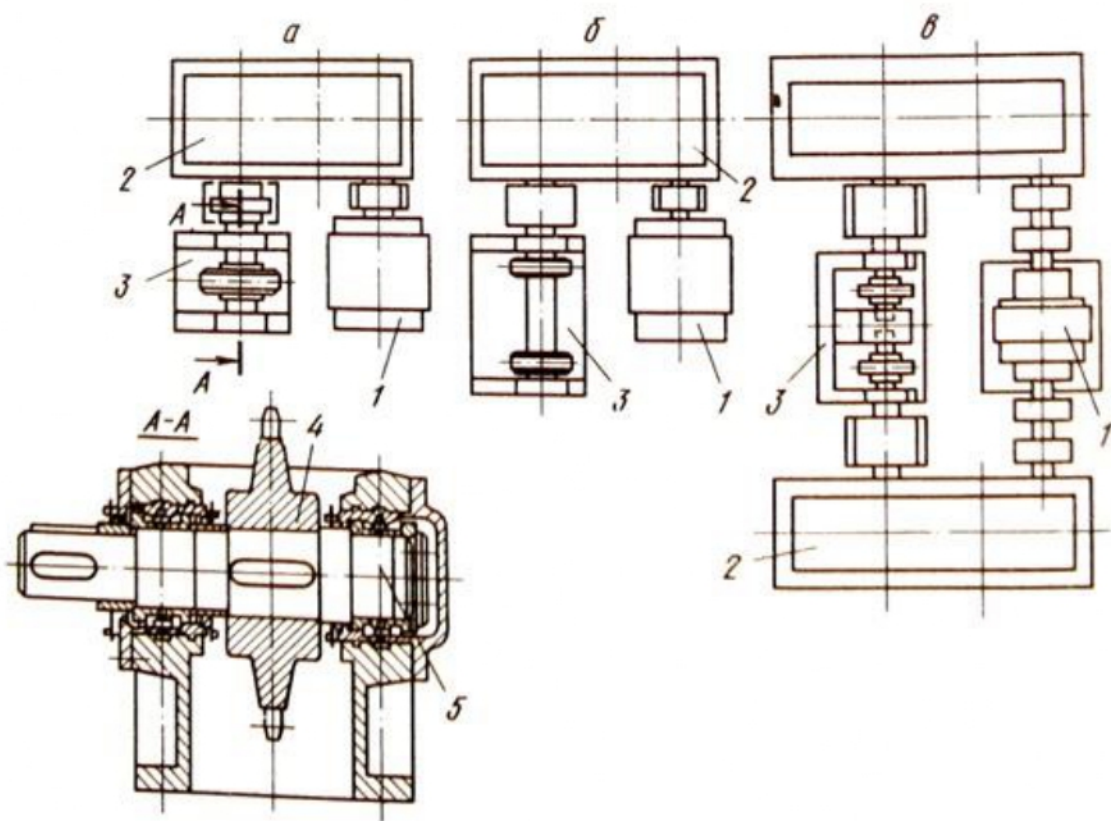
Рисунок 1.9 - Зірочки ланцюгового волочильного стану

Головні приводи сучасних ланцюгових станів (рис. 1.10) складаються з електродвигуна 1, редуктора 2 та приводних зірочок 3. Ведуча зірочка 4 посажена на приводний вал 5, змонтований у спеціальному корпусі до підшипника кочення. Посадка зірочок на вал зазвичай здійснюється на двох призматичних чи тангенційних шпонках.

Для з'єднання швидкохідного валу редуктора з валом електродвигуна та тихохідного валу з валом зірочок найчастіше застосовують стандартні зубчасті

муфти. На станах важкого типу головні приводи часто проектують за роздвоєною схемою із двома редукторами (рис. 1.10, в). Це дозволяє зменшити розміри редукторів та покращити їх швидкісну характеристику. Щоб уникнути перевантаження одного з редукторів, кожна приводна зірочка посаджена на окремий вал [5].

На дволанцюгових станах приводні зірочки не завжди монтують в окремих корпусах. Для головних приводів високошвидкісних волочильних станів проектують спеціальні редуктори з вбудованими в корпус приводними зірочками та муфтами швидкохідного валу.



а - одноланцюговий, б – дволанцюговий, в - роздвоєний

Рисунок 1.10 - Головний привод ланцюгового волочильного стана

Для встановлення волок у сучасних станах застосовують волочильні дошки, що виготовляються у вигляді масивної сталевий плити.

2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Конструкція триниткового ланцюгового волочильного стану періодичної дії

Робочі лінії ланцюгових волочильних та калібрувальних станів призначені для волочіння прутків круглого, квадратного й шестигранного профілю із чорних і кольорових металів і сплавів.



Рисунок 2.1 Ланцюговий волочильний стан

Стани дозволяють одночасно протягувати один, два або три прутки. Конструктивно стани виконують по дволанцюговій схемі з Г-образними стійками робочого стола й бічною видачею калібрувальних прутків у кишені. Технічна характеристика станів наведена в таблиці 2.1.

Робота стана розрахована на напівавтоматичне керування й ручне. При напівавтоматичному режимі керування операціями забезпечується електроблокування. Ручне керування здійснюється оператором з пульта керування.

Таблиця 2.1 Технічна характеристика ланцюгового волочильного стана 2КМ30-9

Характеристика стана	Значення
1. Найбільша сила волочіння(розрахункова), кН	300
2. Найбільша сила прошовування, кН	450
3. Швидкість волочіння при розрахунковій силі, м/хв	50
4. Найбільша швидкість волочіння, м/хв	90
5. Швидкість повернення візка, м/хв	90
6. Зміна швидкості волочіння	плавне починаючи з нуля
7. Кількість одночасно волочимих прутків	1...2...3
8. Діаметр прутків до волочіння, мм	21...52...52
9. Діаметр прутків після волочіння, мм	20...50...50
10. Найбільша довжина прутків після волочіння, м	9
11. Довжина заготовки, м	2,5 - 8
12. Габарити стана: довжина, м	15,47
ширина, м	4,9
висота, м	1,5
13. Габарити стана із ПРУ: довжина, м	24,9
ширина, м	4,9
висота, м	2,0

Для забезпечення нормальної роботи вузлів стана повинні виконуватися наступні умови: кривизна заготовки не більше 5 мм на 1 м.п.

На стані передбачається виконання наступних операцій:

- підготовка захватки для волочіння прутків;

- волочіння прутків;
- самоскидання прутків у кишені.

Стан забезпечує волочіння прутків у наступних діапазонах діаметрів (табл.2.2).

Таблиця 2.2 Діапазон діаметрів заготовок волочильного стану 2КМ30-9

Кількість волочимих прутків	Діапазон діаметрів, мм
У три нитки (прукта)	20...30...30
У дві нитки (прукта)	30...40...40
В одну нитку (прукта)	40...50...50

Прутки подані рольгангом ПРУ(або вручну) у волокни прошовхуються через них гідропрошовхувачем, забезпечуючи вихід кінців за межі дошки волок на 90 мм.

Головний привод плавно без ударів підводить візок, захоплює плашками кінці заготовок.

Потім головний привод реверсується починається волочіння. Калібровані прутки подають на зовнішні сковзала й скидаються в кишені. Стан волочильний 2КМ30-9 складається з наступних основних вузлів: гідропрошовхувач; стіл; привод головний; візок плашковий; ланцюг тяговий; кишені змінної місткості; гідрокерування; технологічне змащення; пневмоуправління.

При роботі стану в одну або дві нитки у вільні плашки закладають відрізки прутків діаметром 50 - 60 мм. Також поступають у випадку, коли треба дошовхнути один із прутків при тринитковому волочінні.

При волочінні технологічне змащення рясно подається на прутки з отворів маслопідводящих кілець, і надлишки стікають у корпус гідропрошовхувача, внутрішній обсяг якого є резервуаром. З резервуара через патрубков стікає в бак технологічного змащення.

Привод головний

Призначений для створення зусилля волочиння й передачу його через ланцюги на плашковий візок.

Характеристика головного привода наведена в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 Характеристика головного привода ланцюгового стану

Характеристика	Електродвигун	Редуктор
Тип	П2П-500-145-8В4	ЦДН-710-14
Потужність, кВт	315	332
Передаточне число	-	19,922
Число обертів, об/хв	600 – 1000	$n_6=996$ $n_T=494$
К.К.Д.	-	0,97
Міжцентрова відстань, мм	1460	

Привод головний складається з електродвигуна 1, редуктора 2, установки ведучих зірочок 3 (рис.2.3).

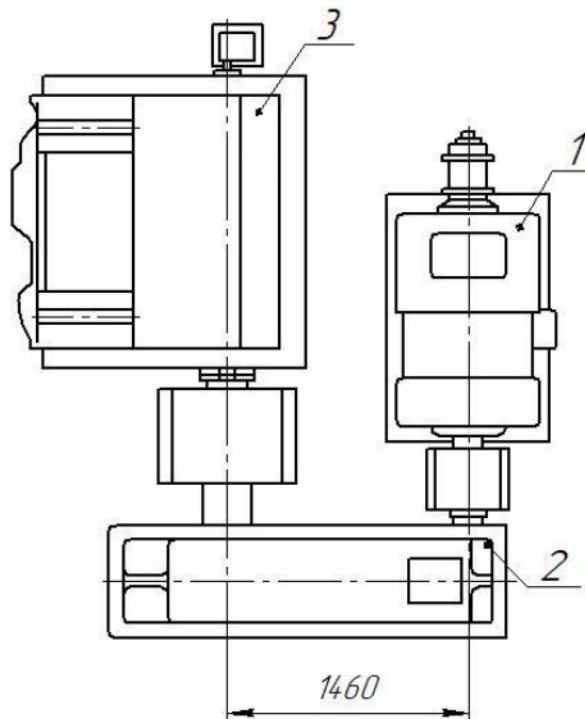


Рисунок 2.3 - Схема головного привода ланцюгового волочинного стану

2.2 Удосконалення ланцюгових волочильних станів

На сьогодні, на прямоточних волочильних станах застосовується тяговий ланцюг для переміщення візка. Візок у свою чергу обладнано захватним механізмом для утримання прутків які протягуються через волокни. На дволанцюгових станах волочильний візок (рис. 2.4) постійно з'єднаний з двома ланцюгами 1, що складаються у замкнутий тяговий контур ланцюг - візок. Ланцюги кріплять до траверси візка за допомогою вуха 2.

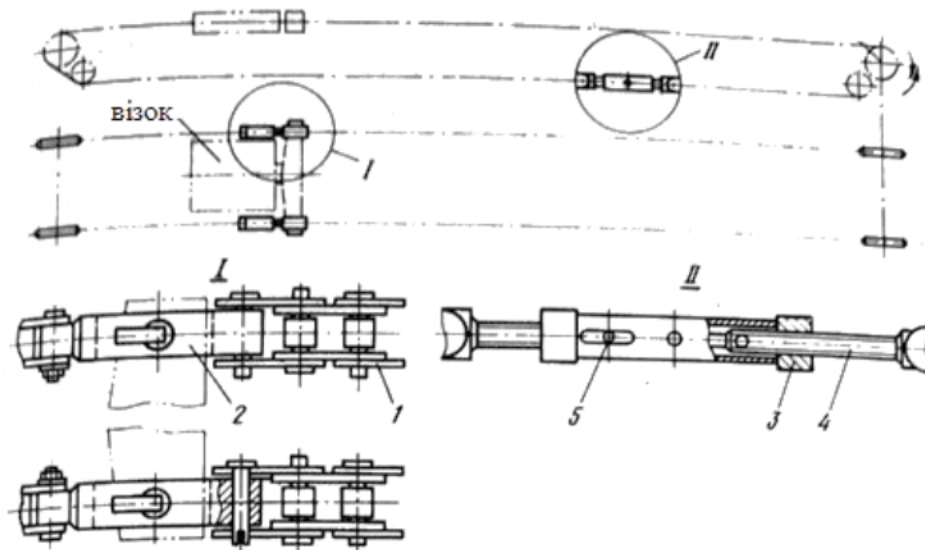


Рисунок 2.4 – Тягові ланцюги дволанцюгового волочильного стану

Зазвичай в якості тягових ланцюгів використовують роликові ланцюги, що складаються із зовнішніх та внутрішніх ланок, з'єднаних між собою шарніром (рис. 2.5). Пластини 2 внутрішньої ланки напресовані на втулки 3, пластини 1 зовнішньої ланки напресовані на валики 4, які розвальцьовують на торцях. Кожен валик 4 входить у втулку 3 і утворює шарнір. Ролик 5 вільно обертається під час входження у зачеплення із зубцями зірочки.

Недоліком описаної конструкції роликового ланцюга є недостатня навантажувальну здатність, а також періодичні поперечні коливання ланцюга

щодо зірочок, що призводить до підвищення шуму і додаткового зносу роликів ланцюга і зубів зірочок [5].

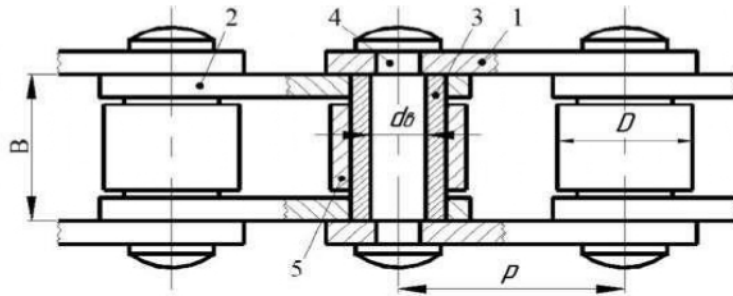


Рисунок 2.5 – Традиційна конструкція приводного роликового ланцюга

Пропонується провести удосконалення конструкції ланцюга, шляхом заміни циліндричних роликів на опуклі ролики. Ролики зміненої форми контактують із увігнутими зубами зірочок під час її обертання (рис. 2.6).

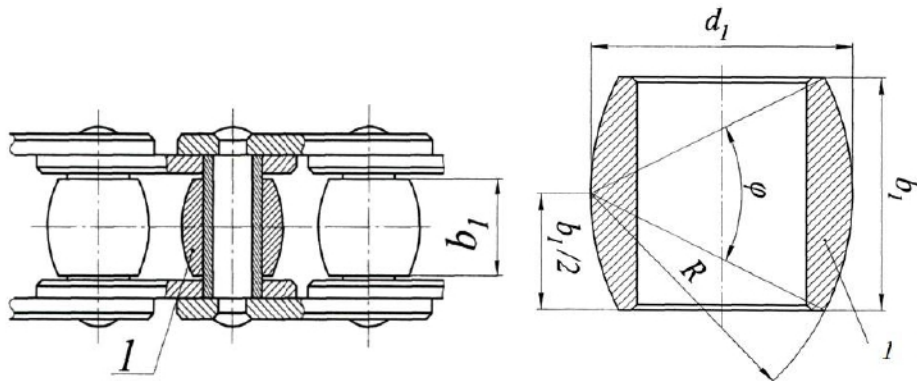


Рисунок 2.6 - Схема удосконаленої конструкції ланцюга з опуклими роликами

Зазначене удосконалення дозволить збільшити площу контакту ланцюга та зірочки. Наслідком цього є суттєве зменшення питомого тиску між роликами і зубами зірочки і, відповідно, зростання навантажувальної здатності ланцюгової передачі. Також запропоноване удосконалення знижує можливість поперечних коливань ланцюга щодо зірочок.

2.3. Розрахунок тягових ланцюгів волочильних станів

Ланцюгова передача – передача зачепленням із проміжним гнучким зв'язком, заснована на зачепленні шарнірів або зубців ланцюга із зубцями зірочок. Ланцюгові передачі застосовуються при значних міжосьових відстанях, а також для передачі руху від одного ведучого вала декільком відомим, коли застосування зубчастих передач неможливо або недоцільно, а пасові передачі недостатньо надійні.

Прийнято класифікувати ланцюгові передачі за такими ознаками.

За типом ланцюга: на передачі з роликowymi, втулковими та зубчастими ланцюгами.

За способом регулювання натягу ланцюга: нерегульовані (з постійною міжосьовою відстанню), з періодичним і автоматичним регулюванням натягу.

За кількістю ведених зірочок, охоплених одним ланцюгом: однозірочкові і багатозірочкові.

За конструктивним виконанням: відкриті і закриті передачі, що працюють в закритому корпусі в умовах неперервного змащування.

Приводні роликові ланцюги можуть бути однорядними (позначення ПР) або багаторядними: дво- (2ПР), три- (3ПР) та чотирирядними (4ПР). Багаторядні ланцюги дозволяють збільшити навантаження майже пропорційно кількості рядів.

Умовне позначення стандартних приводних роликових ланцюгів: літери ПР, цифри перед літерами позначають кількість рядів (однорядні не позначають), числа після літер позначають крок ланцюга p в мм і руйнівне навантаження $F_{руйн}$.

У процесі обкатування волочильного стана і його початкової експлуатації необхідно стежити за натягом і рясним змащенням ланцюгів, тому що в цей період відбувається найбільш інтенсивна витяжка й зношування ланцюгів.

Необхідно постійно контролювати стан шплінтів на валках ланцюга.

Профіль та розміри зубців зірочок залежать від конструкції і розмірів ланцюга. Ділильне коло зірочки проходить через центри шарнірів ланцюга (рис. 2.4), його діаметр дорівнює:

$$d = \frac{p}{\sin(180^\circ/z)} \quad (2.1)$$

Всі інші розміри профілю зубців зірочки визначаються відповідно до встановлених стандартів.

Зірочки виготовляють із середньовуглецевих або легованих із поверхневим або об'ємним гартуванням до твердості 45...55HRC або цементованих сталей 15, 20X, 12ХН3А з термообробкою до твердості 55...60HRC. Для виготовлення зірочок тихохідних передач зі швидкість менше 3 м / с використовують чавуни.

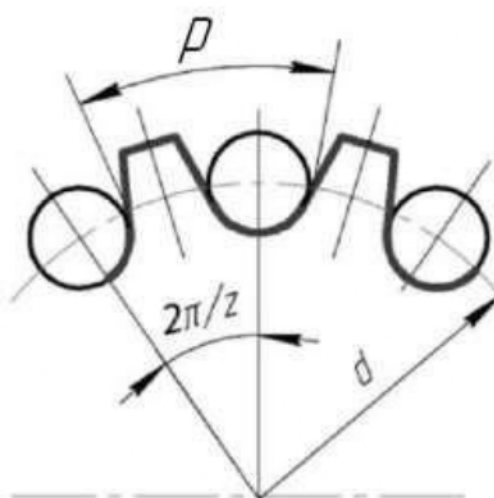


Рисунок 2.7 –Зірочка тягового ланцюга

Для ланцюгових передач характерна не постійна, а середня швидкість руху ланцюга. Це пояснюється тим, що ланцюг складається з окремих ланок і розташовується на зірочці не по колу, а по багатокутнику з кількістю вершин, що дорівнює кількості зубців зірочки. Тому швидкість ланцюга змінна в межах повороту зірочки на один зубець, але середня швидкість за один оборот постійна. Періодична зміна швидкості є причиною додаткових динамічних навантажень, які є основною причиною руйнування шарнірів ланцюга і зубців зірочок, а також підвищеного шуму передачі.

Середня швидкість для ланцюга визначається за формулою:

$$V = \frac{p \cdot z \cdot n}{60000} , \quad (2.2)$$

де p – крок ланцюга;

z – число зубців зірочок;

n – частота обертання зірочок.

Натяг ведучої вітки ланцюга розраховуємо за формулою:

$$F_1 = F_t + F_V + F_f , \quad (2.3)$$

де F_t – колова сила (корисне навантаження);

F_V – натяг від відцентрової сили;

F_f – натяг від власної ваги ланцюга/

$$F_f = K_f \cdot q \cdot a \cdot g, \quad (2.4)$$

де q – маса 1 п.м. ланцюга;

K_f – коефіцієнт провисання ланцюга (вибирається із рекомендацій);

a – міжосьова відстань;

g – прискорення вільного падіння.

Натяг веденої вітки ланцюга визначається за формулою:

$$F_2 = F_V + F_f . \quad (2.5)$$

За швидкостей ланцюга до 10 м/с сила натягу веденої вітки незначна і під час розрахунків нею нехтують.

Сила, що діє на вали ланцюгової передачі становить:

$$F_B \cong (1,05 \dots 1,15)F_t = (1,05 \dots 1,15) \frac{2000 \cdot T}{d} = (1,05 \dots 1,15) \frac{1000 \cdot P}{V}.$$

Для волочильного стана 2КМ30-9 сила, що діє на два ланцюга:

$$F_B \cong (1,05 \dots 1,15) \frac{2000 \cdot 60}{0,5} = 276 \text{ kH}. \quad (2.7)$$

Найчастіше причинами виходу із ладу ланцюгових передач є: зношування шарнірів, що спричинює порушення зачеплення ланцюга із зірочками через збільшення кроку; втомне руйнування пластин та роликів ланцюга; руйнування ланцюга у разі дії значних короткочасних перевантажень; зношування зубців зірочок.

На основі вказаних причин визначають критерії роботоздатності:

Стійкість проти спрацювання шарнірів ланцюга та зубців зірочок (зносостійкість).

Стійкість проти втомного руйнування пластин та роликів.

Стійкість проти руйнування ланцюга при короткочасній дії максимальних навантажень.

Найбільш вивченим та прогнозованим є зношування шарнірів ланцюга, тому розрахунок на забезпечення їх стійкості є основним.

Інтенсивність зношування залежить в першу чергу від середнього тиску p в шарнірі:

Розрахункова схема представлена на рис. 2.8.

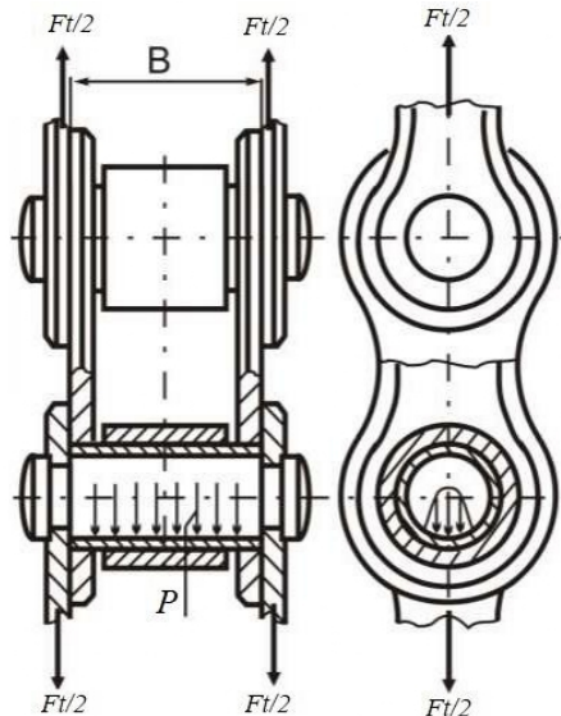


Рисунок 2.8 – Розрахункова схема ланцюга волочильного стану

Розрахункова умова:

$$p \leq [p]_{\text{зн}} ,$$

$$p = \frac{F_{te} \cdot K_A}{A_{on} \cdot K_m} \leq [p]_{\text{зн}} ,$$

де p – розрахунковий тиск у шарнірі ланцюга;

K_A – коефіцієнт, який враховує динамічність зовнішнього навантаження;

K_m – коефіцієнт, який враховує кількість;

$A_{оп}$ – площа опорної поверхні шарніра ланцюга;

$[p]_{зн}$ – допустимий тиск у шарнірі ланцюга;

F_{te} – еквівалентна колова сила.

$$F_{te} = F_t \cdot K_H ,$$

де K_H – коефіцієнт, який враховує перемінність навантаження (розраховується з урахуванням режиму навантаження).

$$K_H = \sum_{i=1}^k \left[\frac{T_i}{T_{max}} \cdot \frac{h_i}{h_{\Sigma}} \sqrt[3]{\left(\frac{n_i}{n_{max}}\right)^2} \right] , \quad (2.8)$$

де T_i – обертовий момент в i – тому режимі;

T_{max} – максимальний обертовий момент серед усіх режимів;

h_i – термін роботи в i – тому режимі;

h_{Σ} – сумарний термін роботи;

n_i – частота обертання ведучої зірочки в i – тому режимі;

n_{max} – максимальна частота обертання ведучої зірочки серед усіх режимів.

Розрахуємо втомну міцності пластин ланцюга.

Розрахункова умова:

$$p \leq [p]_{уст} ,$$

$$p = \frac{F_{te} \cdot K_A}{A_{оп} \cdot K_m} \leq [p]_{уст} , \quad (2.9)$$

де $[p]_{уст}$ – допустимий тиск у шарнірі, який гарантує втомну міцність пластин протягом заданого строку експлуатації.

Перевірка статичної міцності ланцюга

Розрахункова умова:

$$S = \frac{F_{руйн}}{F_t \cdot K_{пер}} \leq [S] , \quad (2.10)$$

де S – фактичне значення коефіцієнта безпеки;

$[S]$ – допустимий коефіцієнт безпеки. Із рекомендацій $[S] = 6 \dots 8$;

$F_{руйн}$ – стандартне значення статичного руйнівного навантаження;

$K_{\text{пер}}$ – коефіцієнт перевантаження.

Крок ланцюга визначимо за формулою:

$$P' = 4,5\sqrt[3]{T_2} = 4,5 \times \sqrt[3]{208} = 22,25 \text{ мм}.$$

Знайдемо рекомендовану кількість зубів z_1 залежно від передавального числа:

$$z_1 = 29 - 2u = 29 - 2 \times 2 = 25;$$

приймаємо $z_1 = 25$.

Визначимо міжосьову відстань за формулою :

$$a = 40P = 40 \cdot 25,4 = 1016 \text{ мм}.$$

Знайдемо значення коефіцієнта, що враховує умови експлуатації ланцюга K_E за формулою:

$$K_E = K_D \cdot K_A \cdot K_H \cdot K_{\text{рег}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot K_{\text{реж}} = 1,25 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1,25 = 2,44 ;$$

де $K_D = 1$ - коефіцієнт динамічності навантаження при навантаженні з поштовхами і ударами;

$K_A = 1,25$ - коефіцієнт міжосьової відстані при $a = (30 \dots 50)P$;

$K_H = 1$ - коефіцієнт нахилу лінії центрів при $\psi = 0 \dots 60^\circ$;

$K_{\text{рег}} = 1,25$ - коефіцієнт регулювання натягу ланцюга при передачі з нерегульованим натягом;

$K_{\text{зм}} = 1$ - коефіцієнт змащування при безперервному змащуванні ланцюга за допомогою крапельниці;

$K_{\text{реж}} = 1,25$ – коефіцієнт режиму під час роботи приводу у дві зміни.

Колова сила, що передається ланцюгом визначається за формулою:

$$F_t = \frac{2\pi \times 10^3 \times T_2}{Z_1 \times P} = \frac{2 \times 3,14 \times 10^3 \times 30}{25 \times 25,4} = 136 \text{ кН}.$$

Тиск у шарнірі дворядного ланцюга ($m_p = 2$):

$$\sigma = \frac{K_3 \times F_t}{A \times m_p} = \frac{2,44 \times 136}{10016 \times 2} = 16,56 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} < 1,05[\sigma] = 31,5 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}.$$

Отже, для подальших розрахунків приймаємо дворядний роликівий ланцюг з параметрами: $P = 19,05$ - крок ланцюга; $B_{BH} = 12,7$ - відстань між внутрішніми площинами пластин ланцюга; $A = 25,51$ - відстань між осями симетрії багаторядних кіл, $d_1 = 11,91$ - діаметр ролика ланцюга, $h = 18,2$ - ширина пластини ланцюга.

Число зубів веденої зірочки визначимо за формулою:

$$z_2 = U_{п.п.} \cdot z_1 = 1 \cdot 25 = 25.$$

Частота обертання веденої зірочки :

$$n_3 = \frac{n_2}{u} = \frac{48}{2} = 24 \text{ мин}^{-1}.$$

Ділильний діаметр провідної зірочки:

$$d_{g1} = \frac{P}{\sin\left(\frac{180^\circ}{z_1}\right)} = \frac{19,05}{\sin\left(\frac{180^\circ}{25}\right)} = \frac{19,05}{0,13} = 746,54 \text{ мм}.$$

Діаметр кола виступів провідної зірочки:

$$d_{a1} = P \left(0,5 + \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{z_1} \right) = 19,05(0,5 + 37,92) = 760,40 \text{ мм}.$$

Ділильний діаметр веденої зірочки:

$$d_{g2} = \frac{P}{\sin\left(\frac{180^\circ}{z_2}\right)} = \frac{19,05}{\sin\left(\frac{180^\circ}{60}\right)} = \frac{19,05}{0,063} = 302,38 \text{ мм}.$$

Діаметр кола виступів веденої зірочки:

$$d_{a2} = P \left(0,5 + \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{z_2} \right) = 19,05 \left(0,5 + \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{50} \right) = 19,05(0,5 + 15,89) = 312,23 \text{ мм}.$$

Діаметр обода провідної зірочки (найбільший):

$$d_{c1} = P \times \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{z_1} - 1,3h = 19,05 \times \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{25} - 1,3 \times 18,2 = 750,876 - 23,66 = 727,22 \text{ мм}$$

Приймаємо $d_{c1} = 725 \text{ мм}$

Діаметр обода веденої зірочки (найбільший):

$$d_{c_2} = P \times \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{z_2} - 1,3h = 19,05 \times \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{50} - 1,3 \times 18,2 = 302,7045 - 23,66 = 279,04 \text{ мм.}$$

Приймаємо $d_{c_2} = 275 \text{ мм}$

Ширина зуба зірочки визначається за формулою:

$$b_1 = 0,90 \times B_{\text{ен}} - 0,15 = 0,9 \times 12,7 - 0,15 = 11,28 \text{ мм.}$$

Ширина зубчастого вінця зірочки визначається за формулою:

$$B = A + b_1 = 25,51 + 11,28 = 36,79 \text{ мм.}$$

Потрібне число ланок ланцюга визначимо за формулою:

$$W' = \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{2a'}{P} + \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2 \frac{P}{a'} = \frac{25 + 50}{2} + \frac{2 \times 762}{19,05} + \left(\frac{50 - 25}{2 \times 3,14} \right)^2 \frac{19,05}{762} = 1107,9$$

Приймаємо $W' = 1108$.

Уточнена міжосьова відстань становить:

$$a' = \frac{P}{4} \left[W - \frac{z_1 + z_2}{2} + \sqrt{\left(W - \frac{z_1 + z_2}{2} \right)^2 - 8 \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2} \right] = \frac{19,05}{4} \left[1108 - \frac{25 + 50}{2} + \sqrt{\left(1108 - \frac{25 + 50}{2} \right)^2 - 8 \times \left(\frac{50 - 25}{2 \times 3,14} \right)^2} \right] = 10096 \text{ мм.}$$

Отримане значення a' зменшуємо на наступне значення:

$$\Delta = (0,002 \dots 0,004) a' = (0,002 \dots 0,004) 10096 = 20,2 \dots 40,4 \text{ мм.}$$

Остаточне значення міжосьової відстані становить: $a = a' - \Delta = 10076 \text{ мм.}$

2.4 Розрахунок вузлів волочильного стану

Вибір електродвигуна та редуктора головного привода волочильного стану.

З технологічної інструкції роботи стану й технічної характеристики

необхідний максимальний момент на головному валу складе:

-при мінімальній частоті $n_{B1}=30$ об/хв $M_{B1}=92$ кН·м,

-при максимальній частоті $n_{B2}=50$ об/хв $M_{B2}=53$ кН·м.

Необхідна потужність при цих характеристиках буде дорівнює:

$$N_{b1} = \frac{M_{b1} \cdot n_{b1}}{9,75} = \frac{92 \cdot 30}{9,75} = 283 \text{ кВт}, \quad (2.11)$$

$$N_{b1} = \frac{M_{b2} \cdot n_{b2}}{9,75} = \frac{53 \cdot 50}{9,75} = 272 \text{ кВт}. \quad (2.12)$$

За даними результатами розрахунку вибираємо циліндричний двоступінчастий редуктор ЦДН-710-14 з міжцентровою відстанню $A=1460$ мм, передаточним числом $U=19,922$ і К.П.Д. $\eta=0,97$.

Число обертів швидкохідного вала:

$$n_{\delta 1} = n_{B1} \cdot u = 30 \cdot 19,922 = 494 \text{ об/хв};$$

$$n_{\delta 2} = n_{B2} \cdot u = 50 \cdot 19,922 = 996 \text{ об/хв}.$$

Момент що допускається на швидкохідному валу (з обліком к.к.д. $\eta=0,97$) складе:

$$M_{\delta, \text{ред.1}} = \frac{M_{B1}}{u \cdot \eta} = \frac{92}{19,922 \cdot 0,97} = 4,7 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (2.13)$$

$$M_{\delta, \text{ред.2}} = \frac{M_{B2}}{u \cdot \eta} = \frac{53}{19,922 \cdot 0,97} = 2,7 \text{ кН} \cdot \text{м}. \quad (2.14)$$

Потужність, передана редуктором становить $N=332$ кВт.

Тоді редуктор здатний при необхідних швидкостях обертання передати необхідну потужність.

Виходячи із цього вибираємо електродвигун постійного струму добілити П2П-500-145-8В4 з потужністю $N_{\text{дв}}=315$ кВт; $n_{\text{дв.мін}}=600$ об/хв; $n_{\text{дв.макс}}=1000$ об/хв. Момент інерції ротора $I_p=11,87$ кг·м². Кратність максимального моменту $\varphi_{\text{макс}}=1,9$.

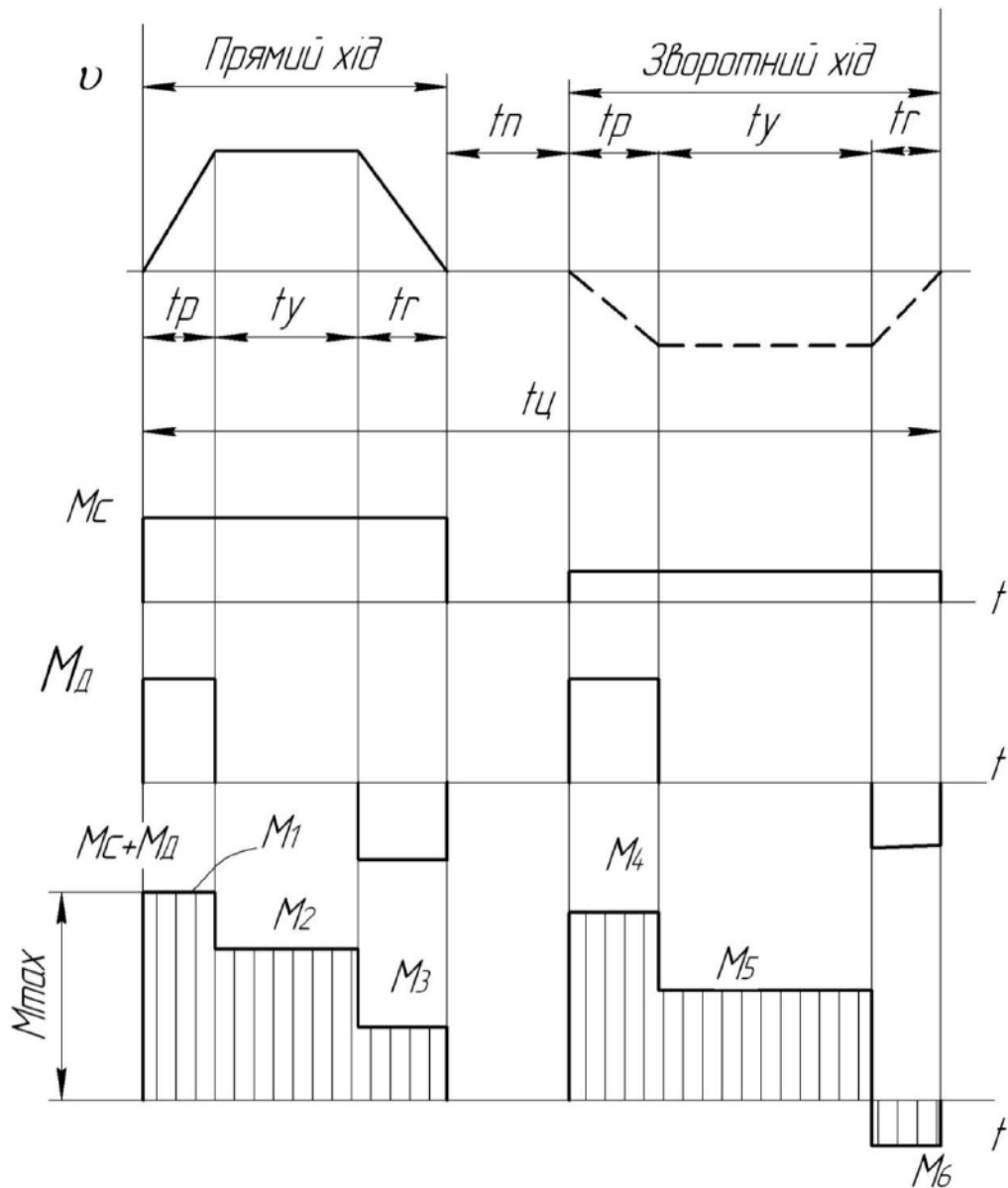


Рис. 2.9 - Графік роботи механізмів робочої лінії волочильного стана та навантажувальна діаграма

Перевірка двигуна на перевантаження:

$$\lambda = \frac{M_{max}}{M_{ном}} = \frac{2870}{3008,25} = 0,95 < [\lambda] = 1,9 .$$

де $T_{ном}$ – номінальний момент двигуна

$$M_{ном} = 9550 \cdot P_{дв} / n_{дв} = 9550 \cdot 315 / 1000 = 3008,25 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Максимальний момент на валу двигуна складе:

$$M_{max} = 2870 \text{ Н}\cdot\text{м} .$$

де M_{max} – максимальний момент з навантажувальної діаграми (рис.2.9).

Таким чином, двигун задовольняє умовам по перевантажувальній здатності й необхідній потужності на валу привода.

Технічна характеристика електродвигуна ланцюгового волочильного стану наведена в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 Технічна характеристика електродвигуна волочильного стану

№ п/п	Найменування параметра	Значення
1	Тип двигуна	П2П-500-145-8В4
2	Потужність двигуна, кВт	315
3	Частота обертання, хв^{-1}	1000
4	Момент інерції ротора, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$	11,87
5	Кратність максимального моменту	1,9
6	Число пар полюсів	8
7	Номінальна напруга, В	220

Кінематична схема головного привода наведена на рис.2.10.

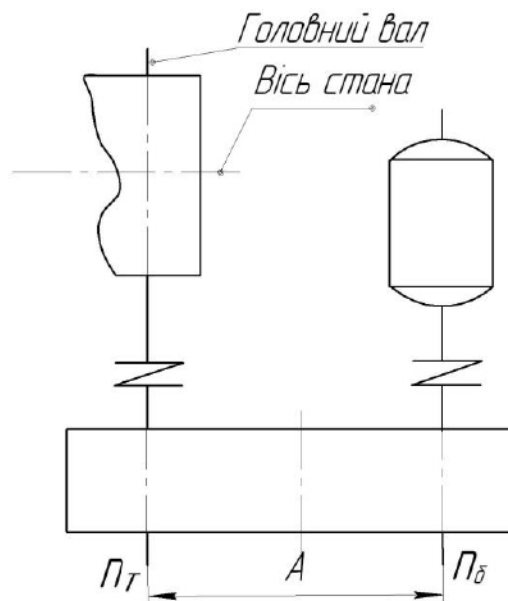


Рисунок 2.10 - Кінематична схема головного привода стану

Із всіх розрахунків можемо зробити висновок, що електродвигун і редуктор головного привода задовольняють необхідним умовам і здатні забезпечувати технологічне зусилля волочіння.

Вибір муфт головного привода волочильного стану

Муфти служать для поздовжнього з'єднання двох деталей машин, зв'язаних загальним обертовим рухом. Крім того муфти охороняють машини від перевантажень.

Швидкохідний вал редуктора й вал електродвигуна

Вихідними даними для розрахунку є момент на валу електродвигуна $T_H=3,0$ кН ; $n_d=600$ об/хв.

Розрахунковий момент

$$T_M = K_1 K_2 T ; \quad (2.15)$$

де: K_1 - коефіцієнт, що враховує ступінь відповідальності й механізму,

K_2 - коефіцієнт, що враховує режим роботи.

Приймаємо $K_1=1,2$, $K_2 =1,1$.

Підставимо числові значення, одержимо:

$$T_M = 1,2 \cdot 1,1 \cdot 3008,25 = 3970,89 \text{ Нм.}$$

По довіднику приймемо муфту зубчасту МЗ №4 ГОСТ 5006 - 55, крутний момент $T= 5,6$ кН·м, частота обертання $n=3350$ хв⁻¹, $D=250$ мм, орієнтовна маса муфти $m=38$ кг.

Тихохідний вал редуктора й вал ведучих зірочок

Визначимо номінальний момент що передає муфта:

$$T = T_H U_p \eta_p , \quad (2.16)$$

де T_H – номінальний момент на валу електродвигуна ;

U_p – передаточне число редуктора, $U_p =19,922$;

η_p - ККД редуктора, $\eta=0,97$.

Підставимо числові значення у формулу (2.6) і одержимо:

$$T = 3008,25 \cdot 19,922 \cdot 0,97 = 58132,45 \text{ Н} \cdot \text{м} .$$

Розрахунковий момент:

$$T_M = K_1 K_2 T ; \quad (2.17)$$

де: K_1 - коефіцієнт, що враховує ступінь відповідальності й механізму,

K_2 - коефіцієнт, що враховує режим роботи;

Приймаємо $K_1=1,2$, $K_2=1,1$.

Підставимо числові значення у вираження (2.7) і одержимо:

$$T_M = 1,2 \cdot 1,1 \cdot 58132,45 = 76734,8 \text{ Нм}.$$

Прийmemo муфту зубчасту МЗ №5 ГОСТ 5006 – 55, момент що передається $T=8,0$ кН·м, частота обертання $n=2800$ хв⁻¹, $D=290$ мм, орієнтовна маса $m=57$ кг.

Розрахунок шпонкового з'єднання

На швидкохідному валу крутний момент $M_B=4,7$ кН·м, передається від вала двигуна на швидкохідний вал редуктора за допомогою призматичної шпонки 24x14 за ГОСТ 8789-68.

Робочі грані перевіряємо на зминання.

Умова міцності на зминання:

$$M_{кр} = 0,5d \cdot k \cdot l[\sigma]_{см} \quad (2.18)$$

де $[\sigma]_{см}$ – допустимі напруження на зминання матеріалу шпонки

$$[\sigma]_{см} = 15 \text{ кН/см}^2.$$

Тоді необхідна довжина шпонки:

$$l = \frac{M_{кр}}{0,5d \cdot k[\sigma]_{см}} = \frac{470}{0,5 \cdot 10 \cdot 0,5 \cdot 15} = 12,53 \text{ см} \quad (2.19)$$

Приймаємо довжину шпонки $l=130$ мм.

Умова міцності на зріз:

$$M_T = 0,5(d + k)b \cdot l[\tau]_{кр}, \quad (2.20)$$

де $[\tau]_{кр}$ - допустимі напруження на зріз, для матеріалу шпонки.

$$[\tau]_{кр} = 3,2 \text{ кН/см}^2,$$

$$b = \frac{M_{кр}}{0,5(d + k)l[\tau]_{кр}} = \frac{470}{0,5(10 + 0,5) \cdot 13 \cdot 3,2} = 2,1 \text{ см} < b = 2,4 \text{ см}. \quad (2.21)$$

Отже можна зробити висновок, що прийняті розміри шпонки задовольняють умові міцності.

3. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Рекомендації по монтажу волочильного стану

Роботи по монтажу стану розділяються на: підготовчі роботи; монтаж вузлів; випробування машини.

Підготовчі роботи включають:

- приймання устаткування в монтаж з перевіркою комплектності по вузлах і відомості комплектації;
- трюсування осьової лінії стану;
- перевірку фундаменту за будівельним завданням;
- підготовку монтажних підкладок.

Трюсування вісі рекомендується почати з вісі установки приводних зірочок і головного приводу. Плашку (репер) рекомендується встановити на осі, що проходить через вісь провідних зірочок.

Порядок монтажу: привод головний; стіл робочий; гідропроштовхувач; ланцюг тяговий; візок плашковий; кишені змінної місткості; приймальний пристрій; система змащення; пневмоуправління; гідруправління.

При монтажі головного приводу особливу увагу звернути на монтаж муфтових з'єднань:

- перекис вісі валів повинен бути не більше 30° , за відсутності радіальних зсувів;
- монтажний зазор між валами повинен складати для даного діаметра валів.

Допустимі відхилення при монтажі робочого столу:

- направляючих доріжок балок робочого столу від осі стану складає $1/2$ допуску на сторону;
- коливання по висоті доріжок під ланцюг не більше 2 мм на довжині робочого столу;
- відхилення від горизонтальності доріжок під ланцюг не більше 0,5 мм.

Після закінчення монтажу складається акт здачі устаткування під підливку. Після підливки, підтяжки фундаментних болтів проводиться наладка устаткування.

Підготовка і пуск стану

Перед пуском в експлуатацію стану необхідно провести загальний огляд з метою виявлення всіх дефектів збірки і попередньої наладки.

При огляді необхідно перевірити затягування гайок, гвинтів і т.п.

Після очищення стану від забруднень необхідно провести заповнення мастилом всіх місць, де це передбачено, а також резервуарів систем централізованого мастила. Мастило стану повинне відповідати вимогам карт мастила.

Перевірити дію всіх ручних механізмів і регулюючих пристроїв, ступінь натягнення тягових ланцюгів.

Послідовність настройки механізмів:

1. В дошку волок встановити потрібні волокни, маслопідвідні кільця, воронки.
2. Покласти пруток на рольганг ПРУ, вручну задати до волок.
3. Підняти на необхідну висоту рольганг ПРУ, направляючі ролики гідропроттовхувача з такою умовою, щоб при русі з рольганга до волок пруток не зустрічав перешкод.
4. Встановити в каретку гідропроттовхувача і в плашкову візок плашки на оброблюваний діаметр заготовки.

Для забезпечення стійкої роботи стану незалежно від стану машини слід проводити системи ППР.

3.2 Розрахунок фундаменту під стан волочильний

Розрахунок фундаменту під станину

Фундамент повинен бути спроектований так, щоб дотримувалася умова:

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

де G_M - вага устаткування, встановленого на фундаменті (G_M – вага стану), кН;

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

a'' , b'' - розмір підшви фундаменту, см;

$[\rho]$ - тиск, що допускається, на ґрунт $[\rho]=0,02$ кН/см².

Вага стану складає:

$$G_M = 50812 \text{ кг.}$$

Об'єм фундаменту приймається з розрахунку, що на 1 тону встановленої маси устаткування витрачають 3-5 м³ бетону:

$$V_\Phi = 3,5 \cdot 50,812 = 177,842 \text{ м}^3.$$

Вага фундаменту визначається по формулі:

$$G_\Phi = V_\Phi \cdot \rho_\Phi = 177,842 \cdot 2,1 \cdot 10^3 = 373468,2 \text{ кг}, \quad (3.2)$$

де ρ_Φ - густина бетону, $\rho_\Phi = 2,1 \cdot 10^3$ кг/м³.

Технологічне навантаження відсутнє, тому $P_{тех} = 0$.

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

$$M_{хоз} = 2 \cdot M_{тих.ред.} = 2 \cdot 93 = 186 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

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

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

При габаритних розмірах стану (по опорах несучих навантаження):

$$a = 15,47 \text{ м.} \quad b = 4,9 \text{ м.}$$

Розміри фундаменту приймають:

- власне фундаменту:

$$a' = a + 2\delta = 15,47 + 2 \cdot 0,1 = 15,67 \text{ м;}$$

$$b' = b + 2\delta = 4,9 + 2 \cdot 0,1 = 5,1 \text{ м;}$$

- підшви фундаменту:

$$a'' = a' + 2\delta = 15,87 \text{ м};$$

$$b'' = b' + 2\delta = 5,3 \text{ м}.$$

В нашому випадку допустимий тиск на ґрунт $[\rho] = 0,02 \text{ кН/см}^2$.

Розрахуємо полярний момент інерції фундаменту:

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

Визначаємо діючий тиск на ґрунт:

$$\rho = \frac{50,812 + 373,4682 + 0}{1587 \cdot 530} + \frac{18,6}{222,473} = 0,0005 \text{ кН/см}^2 < [\rho] = 0,02 \text{ кН/см}^2.$$

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

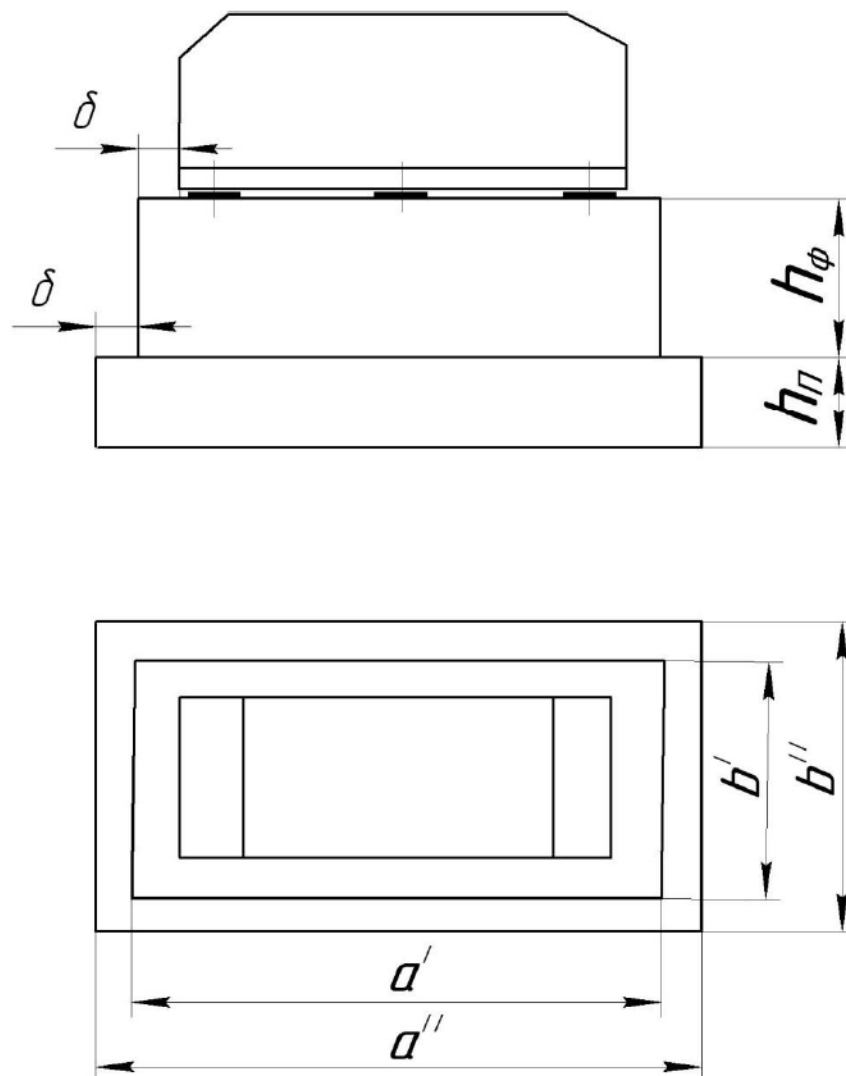


Рисунок 3.1 – Схема до розрахунку розмірів фундаменту

Визначимо загальну висоту фундаменту і його частин:

$$h_{\Phi} = h_{\Pi} + h_c \quad (3.4)$$

$$h_{\Pi} = (0,25 \div 0,2) \cdot h_{\Phi} \quad (3.5)$$

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

$$h_{\Pi} = 0,2 \cdot 2,22 = 0,445 \text{ м};$$

$$h_{c\Phi} = h_{\Phi} - h_{\Pi} = 2,22 - 0,445 = 1,775 \text{ м.}$$

Отже, розміри фундаменту під стан складуть:

- власне фундамент 15,67x5,1x1,775 м, $V_{c\Phi} = 141,85 \text{ м}^3$;
- підшва фундаменту 15,87x5,3x0,445 м, $V_{\Pi} = 37,43 \text{ м}^3$.

Для виготовлення фундаменту необхідно замовити бетон:

- для підшви бетон марки Б-50 об'ємом 37,43 м^3 ;
- для фундаменту бетон марки Б-200 об'ємом 141,85 м^3 .

Розрахунок фундаменту під привод стану

Вага вузла головного приводу складає:

$$G_M = 12400 \text{ кг} = 1,24 \text{ кН.}$$

Габарити устаткування:

$$a_1 = 1,5 \text{ м}; \quad b_1 = 1,2 \text{ м};$$

$$a_2 = 3,0 \text{ м}; \quad b_2 = 1,2 \text{ м};$$

$$a_3 = 1,2 \text{ м}; \quad b_3 = 0,8 \text{ м.}$$

Об'єм фундаменту по розрахунку на вагу устаткування:

$$V_{\Phi} = 3 \cdot 12,24 = 36,72 \text{ м}^3.$$

Вага фундаменту складе:

$$G_{\Phi} = 36,72 \cdot 2,1 = 77 \text{ т.}$$

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

- фундаменту:

$$a'_1 = 1,7 \text{ м}; \quad a'_2 = 3,2 \text{ м}; \quad a'_3 = 1,4 \text{ м};$$

$$b'_1 = 1,4 \text{ м}; \quad b'_2 = 1,4 \text{ м}; \quad b'_3 = 1,0 \text{ м};$$

- підошви:

$$a''_1 = 1,9 \text{ м}; \quad a''_2 = 3,4 \text{ м}; \quad a''_3 = 1,6 \text{ м};$$

$$b''_1 = 1,6 \text{ м}; \quad b''_2 = 1,6 \text{ м}; \quad b''_3 = 1,2 \text{ м}.$$

Площа фундаменту:

$$A_{\Sigma}' = A_1' + A_2' + A_3' = 2,38 + 4,48 + 1,4 = 8,26 \text{ м}^2. \quad (3.7)$$

Площа підошви:

$$A_{\Sigma}'' = A_1'' + A_2'' + A_3'' = 3,04 + 5,44 + 1,92 = 10,4 \text{ м}^2. \quad (3.8)$$

Момент інерції фундаменту сумарний:

$$W_{\Sigma} = W_1 + W_2 + W_3 = 0,96 + 3,08 + 0,512 = 4,554 \text{ м}^3; \quad (3.9)$$

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

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

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

При розрахунку тиску на ґрунт враховується також перекидаючий момент $M_{\text{хоз}} = 186 \text{ кН}\cdot\text{м}$.

Тиск на ґрунт від фундаменту приводу:

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

де $\rho = 0,0042 \text{ кН/см}^2 < [\rho] = 0,02 \text{ кН/см}^2$, тобто умова виконується.

Висота фундаменту і його складових частин:

- загальна висота:

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

- висота підошви:

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

прийmemo $h_{\Pi} = 1,0 \text{ м}$;

- висота власне фундаменту:

$$h_{\text{сф}} = h_{\Phi} - h_{\Pi} = 4,44 - 1,0 = 3,44 \text{ м}.$$

Об'єм самого фундаменту і його підошви:

$$V_{\text{сф}} = h_{\text{сф}} \cdot A_{\Sigma}' = 3,44 \cdot 8,26 = 28,4 \text{ м}^3 . \quad (3.13)$$

$$V_{\text{п}} = h_{\text{сф}} \cdot A_{\Sigma}'' = 1,0 \cdot 10,4 = 10,4 \text{ м}^3 . \quad (3.14)$$

Для виготовлення фундаменту необхідно замовити бетон:

- для підшви бетон марки Б-50 об'ємом 10,4 м³;
- для фундаменту бетон марки Б-200 об'ємом 28,4 м³.

3.3 Розрахунок анкерних болтів та пакету підкладок

Розрахунок анкерних болтів для станини

Анкерні болти служать для кріплення устаткування до фундаменту. Анкерні болти розділяють на глухі і заводні. Глухі встановлюють до бетонування, приварюючи їх до арматури фундаменту. Заводні болти встановлюються в анкерні колодязі, виконані у фундаменті

Зусилля попереднього затягування анкерних болтів повинне забезпечувати умову стійкості:

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

Поновлюючий момент:

$$M_{\text{вост}} = Q_{\text{б}} \cdot a_{\text{б}} \cdot n_p + G_M \cdot \frac{a_{\text{б}}}{2} . \quad (3.16)$$

Звідси зусилля попереднього затягування:

$$Q_{\text{б}} = \frac{1,4 \cdot M_{\text{опр}} - G_M \cdot \frac{a_{\text{б}}}{2}}{a_{\text{б}} \cdot n_p} , \quad (3.17)$$

де $M_{\text{опр}}$ – перекидаючий момент, $M_{\text{опр}}=198 \text{ кН}\cdot\text{м}$;

G_M – вага машини(стану), $G_M=50812 \text{ кг}$;

$a_{\text{б}}$ – відстань між болтами, м;

n_p – число болтів в ряді.

Тоді отримаємо:

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

Розрахований діаметр болта:

$$d_6 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_6}{1,3 \cdot [\sigma] \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 22,84}{1,3 \cdot 125 \cdot 3,14}} = 42 \text{ мм} . \quad (3.18)$$

З конструктивних міркувань приймаємо анкерний болт М42, Сталь 35 ГОСТ 1050 – 88 $[\sigma]=125 \text{ кН/мм}^2$.

Розрахуємо допустиме зусилля затягування болта

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

Розрахунок анкерних болтів для приводу

Зусилля попереднього затягування анкерних болтів редуктора повинне забезпечувати умову стійкості:

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

Зусилля попереднього затягування:

$$Q_6 = \frac{1,4 \cdot M_{\text{опр}} - G_M \cdot \frac{a_6}{2}}{a_6 \cdot n_p} ,$$

де $G_M=0,78 \text{ кН}$ - вага редуктора;

$M_{\text{опр}}=198 \text{ кН}\cdot\text{м}$ - перекидаючий момент;

a_6 - відстань між болтами, $a_6=0,9 \text{ м}$;

n_p – кількість болтів в ряді, $n_p=4$.

Тоді отримаємо:

$$Q_6 = \frac{1,4 \cdot 198 - 0,78 \cdot \frac{0,9}{2}}{0,9 \cdot 4} = 76,9 \text{ кН}.$$

Діаметр болта розрахунковий:

$$d_6 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_6}{1,3 \cdot [\sigma] \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 76,9}{1,3 \cdot 125 \cdot 3,14}} = 70 \text{ мм} ,$$

прийемо болт М72, матеріал болта Сталь 35 ГОСТ 1050 – 88 $[\sigma]=125 \text{ кН/мм}^2$.

Розрахунок площі пакету підкладок для станини

На фундамент передаються зусилля попереднього затягування болта Q_0 , вага вузла G_M . З боку фундаменту на підкладку діє реакція R (рис 3.2.).

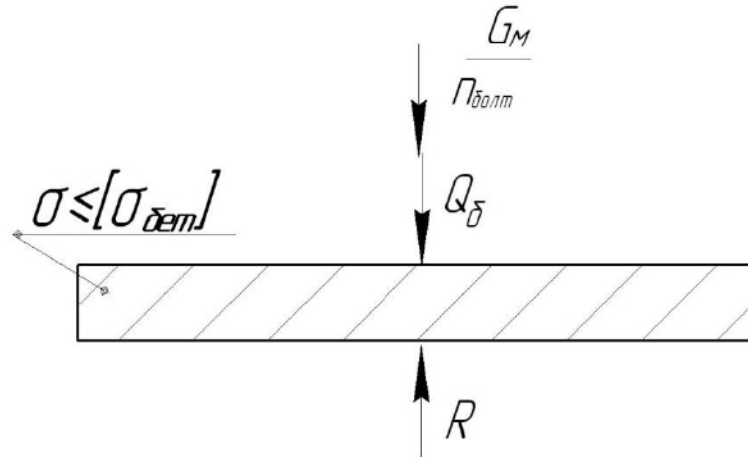


Рисунок 3.2 - Схема сил до розрахунку підкладок під редуктор

Підкладка повинна забезпечувати умову:

$$\sigma \leq [\sigma_{бет}].$$

З умови рівноваги підкладки:

$$R = Q_0 + \frac{G_M}{n_{болт}} + \frac{2 \cdot M}{a \cdot n_{ряда}}, \quad (3.20)$$

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

$n_{ряда}$ - кількість рядів.

Реакція фундаменту складе:

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

Тоді площа підкладки повинна складати:

$$F_n = \frac{R}{\psi_\phi \times [\sigma]_\phi} = \frac{178,35}{0,5 \times 2} = 178,35 \text{ см}^2.$$

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

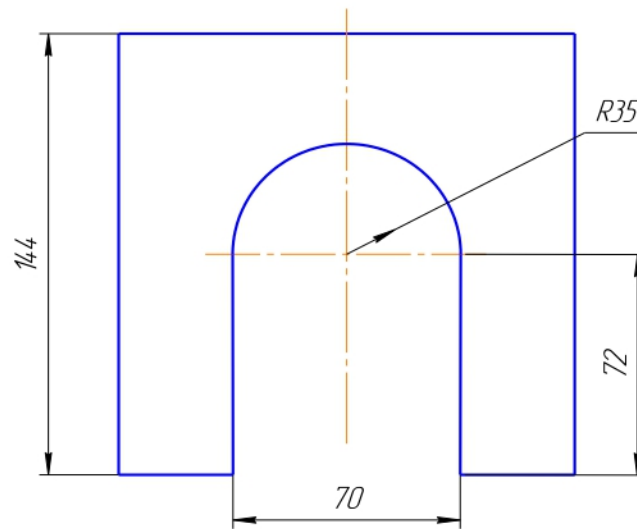


Рисунок 3.3 - Геометричні розміри підкладки з пазом під болт

При виконанні підкладки з пазом під болт необхідно розрахувати зміну площі для виконання умови $F_n = 178,35 \text{ см}^2$.

Площа прорізу під анкерний болт :

$$F = F_1 + F_2 ,$$

де F_1 -площа прямокутної частини прорізу

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

де F_2 -площа напівкруглої частини прорізу

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

де R -радіус прорізи під болт, $R = 35 \text{ мм} = 3.5 \text{ см}$.

Площа по прорізу складе:

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

Додаємо площу F_3 до розрахованої площі F_n .

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

$$A = \frac{F_3}{10} = \frac{34,815}{14,4} = 2,41 \text{ см} .$$

Отримаємо $B = 144 + 2 \cdot A = 144 + 2 \cdot 2,41 = 192,2 \text{ мм}$, приймаємо $B = 194 \text{ мм}$.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика ступеня безпеки процесів волочіння та калібрування

У волочильних цехах є різноманітне устаткування: волочильні стани, мостові крани, пилки, ножиці, нагрівальні печі. При їхній експлуатації виникають шкідливі й небезпечні фактори : шум, вібрація, пил, надлишкове тепловиділення, що рухаються й обертаються механізми. Крім того можливо вплив електричного струму й пожеже небезпека.

Волочильне виробництво характеризується складністю й різноманітністю механічного устаткування, у зв'язку із чим у виробничому процесі в основному мають місце небезпечні фізичні фактори; фізико-хімічні фактори є основними тільки при волочінні металу.

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

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

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

де B- рівень механізації праці, %;

M- сума людино-годин механізованої праці;

R- сума людино-годин ручної праці.

Розраховуємо рівень механізації праці для слюсаря

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

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

Таблиця 4.1 Результати розрахунків рівня механізації праці професій

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

З дані таблиці можна дати висновок, що електрогазоварник робить 25% механізованого й 75% ручної праці; слюсар ремонтник 6-го розряду - 50% механізованого й 50% ручної праці, слюсар ремонтник 5-го розряду - 50% механізованого й 50% ручної праці.

4.2 Аналіз потенційних і шкідливих факторів виробничого середовища

Розглянемо карту умов праці оператора поста керування волочильного стану 2КМ30-19 (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2 - Технологічна карта умов праці оператора поста керування волочильного стану

Фактори виробничого середовища й трудового процесу	Нормативне значення, ГДК, ГДР	Фактичне значення	III клас шкідливих і небезпечних умов і характер праці			Час дії фактора % у зміну
			1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	
II. Пил переважно фиброгенного дії, мг/м ³						
пил силскатосдержая	4,0	6,4	1,8			94,5
IV. Шум еквівалентний, ДБа	80	94			14	85
VIII. Мікроклімат у помещенні						

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

Гігієнічна оцінка умов праці

Умови й характер праці ставляться до III класу 3 ступені по показниках шкідливості: стереотипні рухи кистей рук і пальців, інфрачервоне випромінювання.

Атестація робочого місця

Робочі місця мають у наявності: 3 фактора 1 ступеня, 2 фактора 2 ступені, 2 фактора 3 ступені. По показниках робоче місце варто вважати з особливо шкідливими й особливо важкими умовами праці, що відповідає показникам Списку №1 пункт 1.

Відповідно до Списку №1: пенсійний вік по пільгових умовах для чоловіків становить 50 років, для жінок - 45 років, дається додаткова відпустка

14 днів, дається молоко й доплати згідно колективного договору.

У таблиці 4.3 наведені фактори виробничого середовища, які мають місце на ділянці стана і засоби захисту.

Таблиця 4.3 - Технічні міри захисту від шкідливих факторів виробничого середовища

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

4.3 Огляд технічних рішень по виробничій санітарії

Об'ємно-планувальні рішення будинків і споруд цеху

Розглянутий калібрований цех перебуває в центрі промислової зони. Тому при зміні вітрів цех може перебувати на шляху проходження шкідливих викидів (газів або пилю) різних виробництв, та й сам може бути джерелом забруднення повітря для цих виробництв. У виді підвищеного поширення житлових районів у місті цех не може взагалі не забруднювати житлові території. Тому можна тільки застосовувати заходи щодо зменшення шкідливих викидів виробництва. Клас виробництва II, розмір санітарно-гігієнічної зони 500 м.

Природне й штучне освітлення

Прийнята система природного освітлення - бічна.

Слюсар має VI розряд зорової роботи. При загальній системі освітлення становить $E=150$ Лк.

Значення КЕО обумовлені з урахуванням зорової роботи: $e=e(\text{III})=0,5$ при бічному висвітленні, без стійкого снігового покриву.

Коефіцієнт світлового клімату $m=0,8$.

Коефіцієнт сонячного клімату $C=0,7$.

Коефіцієнт природної освітленості:

$$l_n = e \cdot m \cdot c = 0.5 \cdot 0.8 \cdot 0.7 = 0.28$$

Аварійне освітлення для продовження роботи:

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

У цеху є як лампи накаливання типу 5Г так і люмінесцентні лампи типу ДРЛ, ДРИ; серед ламп накаливання є два типи світильників: «універсал», «глибокоизлучитель».

Дані по висвітленню зведені в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 Прийняті значення освітлення.

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

4.4 Заходи щодо техніки безпеки

Вимоги безпеки перед початком роботи.

Устаткування, засоби ремонту, і робоче місце довколо нього, повинні бути очищені від промислових відходів, бруду, масел, сторонніх предметів. Робоче місце повинне бути освітлене відповідно до вимог нормативних актів по охороні праці. При необхідності, встановлюються додаткові переносні джерела світла. При виконанні робіт поблизу працюючого устаткування, необхідно вжити заходів від поразки працюючих частками, що відлітають, при обробці (окалина, шлаки, іскри, пил і т.п.). Місце роботи огорожується захисними щитами, екранами або застосовувати засобу індивідуального захисту (щитки, окуляри, маски, спецодяг).

Перед початком роботи слюсар зобов'язаний:

- підготувати необхідний інструмент, пристосування, засоби індивідуального захисту, засобу пожежогашіння, стропа, обтиральні матеріали й змащення, переконатися в справності інструмента;

- одержати цільовий інструктаж на провадження робіт підвищеної небезпеки з розписом інструктаж, що одержав, в убрання-допуску;

- при наявності на машинах (механізмах) гідравлічних або пневматичних приводів перед початком ремонту перекриваються вентиля (засувки) подачі енергоносіїв, засувки (вентилі) закриваються на замок, вивіщується плакат: «Не включати! Працюють люди»;

- перед початком роботи особисто переконатися (шляхом включення механізмів від пристроїв пускових (УП), натисканням пускових механізмів (розподільників) у тім, що електросхеми розібрано, пневматичні й гідравлічні приводи відключені, засувки закриті на ланцюг, вивішені плакати «Не включати! Працюють люди!», отримані бирки або оформлена вбрання-допуск на провадження робіт.

Установити необхідні огороження, перекриття, вивісити плакати. Надійно укласти запасні частини, інструменти, кріплення необхідні для

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

Роботу на декількох ярусах варто виконувати при наявності надійно виконаних перекриттів над кожним ярусом. У випадку, коли неможливий пристрій суцільного перекриття, провадження робіт повинне бути погоджене між виконавцями. При виробництві вогневих робіт слюсар зобов'язаний застосовувати окуляри зі світлофільтрами для захисті око. При роботі зі стропами, сталевими канатами, матеріалами з гострими гранями необхідно застосовувати рукавиці. Перед укладанням матеріалів, деталей устаткування на стелажі необхідно переконатися в справності стелажів. На стелажих, на видному місці, повинна бути зазначена припустиме навантаження. Перевантажувати стелажі забороняється.

Ручка молотка, кувалди повинна бути прямої, овального перетину, з незначним стовщенням до її вільного кінця. Поверхня ручки повинна бути гладкої, без тріщин, задирок і відколів. Перед початком роботи кувалдою або молотком необхідно переконатися, що при русі кувалди (молоток) не зачепляться й не змінить напрямку удару.

Підвішені на гак вантажозахватних пристроїв сталеві болванки «Барси», застосовувані замість кувалд, повинні мати надійно закріплені вушка для підвіски й гладкі прямі бойки. Підвішувати «барси» можна тільки на гак вантажопідійомних механізмів.

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

При всіх неясностях у роботі або незнанні технології виконання майбутньої роботи або можливості виникнення небезпеки при провадженні робіт, роботу не виконувати, а викликати майстра або бригадира.

Вимоги безпеки під час роботи.

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

Слюсареві забороняється:

- працювати несправним інструментом;
 - перебувати в зоні руху кувалди (молотка, лома й ін. інструмента, деталей);
 - застосовувати прокладки при наявності зазору між площинами губок ключа й головкою болта (гайки);
 - подовжувати гайковий ключ другим гайковим ключем і іншими сторонніми предметами;
 - перевіряти пальцями сполучення отворів у двох деталях, які можуть взаємно зміститися;
 - перевіряти глибину отвору пальцями рук;
 - закладати руки, ноги в зазори між деталями устаткування або зубами зубчастого зачеплення;
 - підкладати руки, ноги під установлюване устаткування, вантажі;
- ставати на деталі або вузли устаткування, які можуть повернутися або зміститися (ролики рольгангів, шестірні, кришки люків); - видаляти металеву стружку, продукти зношування деталей незахищеними руками, для цього застосовувати металеві й дерев'яні шкребки, гачки.

Вимоги безпеки по закінченні роботи.

Після закінчення роботи необхідно

- повідомити майстра (бригадирові, старшому робітникові) про закінчення роботи або про роботу переданої по зміні;
- очистити місце проведення робіт від демонтованих деталей, тимчасових огорожень, перекриттів, залишків матеріалів і змащення;
- перевірити наявність інструмента й пристосувань - залишений інструмент може привести до руйнування механізму;
- переконатися, що всі стопорні й обмежувальні пристосування зняті й робота механізмів можлива;

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

Вимоги до інструментів.

Механізований інструмент повинен бути в повній справності й застосовуватися в строгій відповідності з вимогами інструкції заводу-виготовлювача.

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

Ремонт інструмента повинен виконуватися кваліфікованими, спеціально призначеними фахівцями.

Напруга, що подається на інструмент, повинне бути не вище 220В в приміщеннях без підвищеної небезпеки й не вище 36В в приміщеннях з підвищеною небезпекою й поза приміщеннями.

При роботі з механізованим інструментом не допускаються зовнішні механічні навантаження електропроводів або повітряних шлангів.

Засоби пожежної безпеки

Категорія приміщення цеху по вибухопожежній небезпеки:

Г- будинок з опанувати речовинами, матеріалами в нагрітому й розпиленому стані.

Ступінь вогнестійкості приміщення цеху:

II- будинок з несучими конструкціями із природних або штучних, кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових або опанувати матеріалів.

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

ВИСНОВКИ

Аналіз конструкцій і пристроїв волочильних станів показав, що перевагами ланцюгових волочильних станів є простота конструкції, обслуговування і ремонту, основний недолік станів цього типу - велика габаритна довжина, що перевищує довжину оброблюваних виробів. На всіх волочильних станах наявні значний зносом тягового ланцюга, що спонукає шукати технічні рішення, які дозволяють підвищити експлуатаційні властивості волочильного обладнання та знизити знос.

У випускній роботі описано технологію волочіння та конструктивні особливості ланцюгових волочильних станів. Проведено розрахунки на міцність і на витривалість найбільш навантажених деталей і вузлів ланцюгового волочильного стана.

Недоліком існуючих конструкцій волочильних станів є недостатня надійність тягових ланцюгів. Конструкції роликів ланцюгів мають недостатню навантажувальну здатність, а також періодичні поперечні коливання ланцюга щодо зірочок, що призводить до підвищення шуму і додаткового зносу роликів ланцюга і зубів зірочок

Пропонується провести удосконалення конструкції ланцюга, шляхом заміни циліндричних роликів на опуклі ролики. Зазначене удосконалення дозволить збільшити площу контакту ланцюга та зірочки. Наслідком цього є суттєве зменшення питомого тиску між роликами і зубами зірочки і, відповідно, зростання навантажувальної здатності ланцюгової передачі. Також запропоноване удосконалення знижує можливість поперечних коливань ланцюга щодо зірочок.

Результати роботи можуть бути застосовані на ланцюгових волочильних станах та на іншому металургійному обладнанні що використовує у приводі тягові ланцюги.

ЛІТЕРАТУРА

1. Радіонова Л.В. Сучасний стан та перспективи розвитку волочильного виробництва сталевих 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 роликів 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. Тимофєєва, В.П. Нерубацький та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – 238 с.
15. Тарасенко О. Ю. Стратегічний розвиток металургійної галузі України на основі підвищення інноваційного потенціалу. Менеджер. 2014. №2(68). С. 114–118.
16. Кушакова Н. О. Металургійний комплекс України : загальна характеристика та сучасний стан розвитку. Науковий вісник Ужгородського національного університету. 2019. Вип. 23. Частина 1. С. 162–166.
17. Геврик Є. О. Охорона праці: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ: Ельга, Ніка-Центр, 2003. 280 с.
18. Манідіна Є. А., Белоконь К. В. Безпека технологічних процесів та обладнання : навч.-метод. посіб. для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 263 «Цивільна безпека» освітньо-професійної програми «Охорона праці». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2022. 133 с.
19. Левченко О. Г. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях: рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації : навч. посіб. для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 30 с.

ДОДАТКИ

СПИСОК ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ

№ п/п	Найменування	Кільк. листів	Формат
1	Креслення загального виду	1	A1
2	Складальні креслення	2	A1
3	Креслення експлуатаційної частини	1	A1
4	Специфікації	3	A4