

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

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

(назва факультету)

кафедра металургійного обладнання

(повна назва кафедри)

## **ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

На тему Модернізація вузла натискного механізму дресирувального стану  
1700 в умовах прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь»

---

Виконав: студент групи 6.1330-з

Іваницький А. В.

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

спеціалізація

\_\_\_\_\_ (шифр і назва)

Освітньо-професійна програма

133.00.12 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Керівник Сайкова Т.Ю.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Н.контроль Васильченко Т.О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя – 2024 року

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

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

Кафедра металургійного обладнання

Рівень вищої освіти бакалавр

(перший (бакалаврський) рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Спеціалізація \_\_\_\_\_

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма 133.00.12 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедру А.О. Власов

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**Завдання**

до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

Іваницького Антона Вадимовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема бакалаврської роботи: Модернізація вузла натискного механізму дресирувального стану 1700 в умовах прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь»  
керівник бакалаврської роботи викладач Сайкова Т.Ю.  
затверджені наказом вищого навчального закладу від “26” грудня 2023 року № 2212-с.
2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 14 травня 2024 року.
3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи техніко-економічні показники роботи прокатного цеху
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Загальна частина; 2. Спеціальна частина; 3. Експлуатаційна частина; 4. Охорона праці та техногенна безпека. Загальні висновки та рекомендації
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Натискний пристрій робочої кліти стана 1700 – 2А1; 2. Гайка натискного гвинта – 2А1; 3. Система змащування шестеренної кліти – 1А1; 4. Установка вентиляції ділянки дресирувального стану 1700 – 1А1.

## 6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Сайкова Т.Ю., викладач		
2	Сайкова Т.Ю., викладач		
3	Сайкова Т.Ю., викладач		
4	Сайкова Т.Ю., викладач		

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітки
1	Збір матеріалу на проектування	13.04.2024 – 20.04.2024	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань проектування	21.04.2024 – 27.04.2024	
3	Виконання теоретичної частини проекту	26.04.2024 – 29.04.2024	
4	Виконання графічної частини проекту	30.04.2024 – 05.05.2024	
5	Написання та оформлення пояснювальної записки	06.05.2024 – 10.05.2024	
6	Перевірка проекту консультантами	11.05.2024 – 13.05.2024	
7	Попередній захист проекту	14.05.2024	
8	Переплітання пояснювальної записки	Згідно з графіком	
9	Захист проекту у ДЕК	Згідно з графіком	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Іваницький А. В. Модернізація вузла натискного механізму дресерувального стану 1700 в умовах прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь»

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти бакалавр за спеціальність 133 – Галузеве машинобудування, керівник А.О. Власов. Запорізький національний університет, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра металургійного обладнання, 2024.

Проаналізовані переваги та недоліки наявних технічних рішень натискних механізмів прокатних станів. Запропонований варіант модернізації натискного механізму. Виконані необхідні для впровадження модернізації розрахунки. Приділено увагу питанням техногенної безпеки та екології в прокатному виробництві.

Ключові слова: дресерування, натискний механізм, дресерувальний стан, упорне різблення, врівноважуючий пристрій

## ABSTRACT

Ivanytskyi O.H. Modernization of the Assembly of the Pressure Mechanism of the 1700 Training Mill in the Conditions of the Rolling Workshop of Zaporizhstal PJSC.

Qualifying thesis for obtaining a bachelor's degree in higher education, specialty 133 - Industrial engineering, adviser T.Yu. Saikova. Zaporizhzhia National University, Engineering Educational and Scientific Institute them. Yu.M. Potebni, Department of Metallurgical Equipment, 2024.

The advantages and disadvantages of existing technical solutions of pressure mechanisms of rolling mills are analyzed. The proposed variant of modernization of the pressure mechanism. Calculations necessary for the implementation of modernization have been completed. Attention is paid to issues of man-made safety and ecology in rolling production.

Key words: training, pressure mechanism, training condition, thrust thread, balancing device

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	8
1.1. Загальні відомості про підприємство	8
1.2. Опис роботи обладнання стана 1700-1	9
1.3. Коротка технічна характеристика устаткування обтискного цеху	11
1.4. «Вузькі» місця ділянки обтискного стану	15
2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	24
2.1. Устрій і принцип роботи прокатної кліті	24
2.2. Огляд конструкцій натискних механізмів прокатних станів	25
2.2.1. Електромеханічний привод натискних механізмів	25
2.2.2. Гідравлічні й гідромеханічні натискні механізми	27
2.3. Критичний огляд та аналіз стану проблем з роботою натискного механізму	31
2.4. Пропозиція по модернізації натискного механізму та шпинделів	31
2.5. Розрахунок робочих параметрів натискного механізму	32
2.5.1. Визначення крутного моменту й потужності двигуна електропривода натискного механізму	32
2.5.2. Визначення крутного моменту та потужності двигуна електропривода натискного механізму з умови виходу з ладу одного із двигунів і погіршеному змащенню гвинтової пари	35
2.5.3. Черв'ячна передача	36
2.5.4. Сили, що діють у зачепленні	37
2.5.5. Розрахунок черв'ячної передачі на контактну міцність	39
2.5.6. Розрахунок черв'ячної передачі на вигин	39
2.5.7. Розрахунок тіла черв'яка на міцність і твердість	40
3. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА	44
3.1. Технологія зборки й монтажу металургійного устаткування	44
3.2. Системи змащення	45
3.3. Розрахунок системи рідкого змащення редуктора	47
3.3.1. Вибір сорту мастила для змащення редуктора	47
3.3.2. Аналіз теплового балансу системи змащення редуктору	50
3.3.3. Визначення продуктивності станції рідкого змащення редуктору	51
3.4. Розрахунок системи рідкого змащення шестеренної кліті	52
3.4.1. Аналіз теплового балансу шестеренної кліті	52
3.4.2. Вибір сорту мастила для змащення шестеренної кліті	53
3.4.3. Визначення продуктивності станції рідкого змащення шестеренної кліті	54
3.5. Розрахунок стропування шестеренної кліті	55
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	60
4.1. Характеристика ступеня безпеки технологічного процесу, рівня механізації й автоматизації	60

4.2. Аналіз потенційних-небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища	61
4.3. Технічні рішення по виробничій санітарії	64
4.3.1. Об'ємно-планувальні рішення будинків і споруджень цеху	64
4.3.2. Опалення й вентиляція	64
4.3.3. Природне й штучне висвітлення	65
4.3.4. Побутові й допоміжні приміщення	67
4.3.5. Виробничий шум і вібрація	68
4.3.6. Виробничі випромінювання	69
4.4. Заходи безпеки праці	70
4.5. Пожежна безпека	70
4.6. Рішення по поліпшенню екологічних показників цеху	71
4.7. Розрахунок пеногенераторів маслопідвалу	72
Висновки	74
Список використаної літератури	75
ДОДАТКИ	78

## ВСТУП

Чорна металургія – найважливіша галузь промисловості, що впливає на народне господарство та обороноздатність країни. Для зростання металургійного виробництва України потрібне щорічне запровадження нових агрегатів та модернізація обладнання. Технічне переозброєння підприємств необхідне для поліпшення якості та збільшення обсягів металопродукції.

Основне завдання – зниження витрат праці на виробництво сталі, основного продукту металургійних підприємств. Листова сталь використовується в суднобудуванні, автомобільній, машинобудівній та будівельній галузях. Сучасні вимоги висувають необхідність створення нових марок сталей із високими якостями.

Для покращення металопродукції планується збільшити випуск холоднокатаного прокату, нержавіючої сталі, високоміцних труб та інших виробів, а також запровадження сучасних технологій виплавки сталі та термічної обробки металів. Важлива підтримка виробничих потужностей через якісний монтаж, налагодження, огляд та ремонт обладнання.

На ВАТ МК «Запоріжсталь» розроблено систему обслуговування та ремонту металургійного обладнання, що поєднує планові роботи з модернізацією. Рациональна організація ремонтних робіт важлива для економічної доцільності та продовження терміну служби обладнання. Якісний ремонт гарантує випуск високоякісної та дешевої продукції.

## 1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

### 1.1. Загальні відомості про підприємство

Датою заснування комбінату вважається 16 листопада 1933 р., коли задута доменна піч №1.

Передумовами для будівництва комбінату стали:

- дешева електроенергія із Дніпрогесу;
- близькість кам'яного вугілля (Донбас), залізної руди (Кривбас), води (Дніпро).

У березні 1934 р. була задута доменна піч №2. Ці дві печі були об'ємом по 950 м<sup>3</sup>.

21 вересня 1935 р. на мартенівській печі №1 була зварена перша плавка, а через 8 днів видала плавку піч №2. До кінця 1935 р. були запущені ще дві печі: №3 й №4.

Усього за 5 років було введено 10 печей. Споруджено мартенівські печі “Стальстрой”.

1-го квітня 1937 р. був пущений тонколистовий стан гарячої прокатки. 1-го травня 1938 р. він видав продукцію. 1-го травня 1938 р. була задута надпотужна доменна піч №3.

У квітні 1939 р. вступив в дію цех холодної прокатки.

Під час війни всі цехи були зруйновані. На схід країни було вивезено 12 тисяч вагонів демонтованого устаткування.

Після війни гостро постало питання про постачання народного господарства країни сталевим листом. У зв'язку із цим були кинуті всі сили на відновлення “Запоріжсталі”. У той час це був єдиний завод, що робив тонкий сталевий лист.

Січень 1944 р. – початок відбудовних робіт. У серпні 1945 р. до відновлення заводу приступив трест “Запоріжстрой”. У березні 1946 р. почався монтаж стана “Слябінг”.



30 серпня 1947 р. пущений безперервний стан гарячої прокатки 1680. Пуск цеху холодної прокатки відбувся 27 вересня 1947 р.

11 квітня 1948 р. видана перша плавка на мартенівській печі №1 (на той час працювало вже 6 печей). 14 червня 1948 р. задута доменна піч №34 (суцільнозварна).

Грудень 1950 р. – довоєнний рівень виробництва переkritий в 1,6 рази по всьому металургійному циклу.

7-го серпня 1951 р. починають працювати дві перші машини аглофабрики, 30 грудня 1951 р. пуск цеху по випуску жерсті.

Червень 1952 р. – пуск доменної печі №5, 1962 р. – пуск цеху гнутих профілів.

Грудень 1963 р. – пуск цеху холодної прокатки №3.

У квітні 1972 р. уведений в експлуатацію 20–ти валковий стан для холодної прокатки нержавіючої сталі [1].

На сьогодні «Запоріжсталь» є одним з найбільших виробників металевого прокату. В умовах викликів сучасності оновлюється не тільки структура самого підприємства, а й його виробничих потужностей. З огляду на те, що основне виробниче обладнання було сконструйовано та запущене в дію ще в минулому сторіччі, актуальним постає питання модернізації основних виробничих фондів з метою як покращення його технологічних властивостей, так і підвищенням надійності в умовах безперервного підвищення продуктивності основних виробничих ліній.

## 1.2.Опис роботи обладнання стана 1700-1

Охолоджені до необхідної температури рулони встановлюються електромостовим краном на ланцюговий транспортер. При установці необхідно стежити, щоб вісь рулону збігалася з поздовжньою віссю транспортера. Після цього пневмозубілом обрізається пакувальна стрічка і, при необхідності, вирізається зім'ятий внутрішній виток, який відразу ж видаляється з рулону.

Ланцюговим транспортером рулони доставляються до кантувача, де кантуються з вертикального положення горизонтальне. Перед кантуванням чергового рулону візок з підйомним столом, переміщається під кантувач до упору. При цьому підйомний стіл повинен бути в крайньому нижньому положенні, а відкидна опора барабана розмотувача повинна бути відкритою. Скантований рулон за допомогою підйомного столу встановлюється по осі барабана розмотувача, і надягається на стислий до мінімальних розмірів барабан розмотувача. При цьому нижній холостий ролик та рухомий столик повинні знаходитись у крайньому нижньому положенні. Рулон, одягнений на барабан розмотувача, за допомогою візка центрується щодо поздовжньої осі табору. Потім барабан розтискається, закріплюючи рулон. Поворотом барабана розмотувача рулон встановлюється в положення, зручне для заправки переднього кінця смуги в ролики, що подають. Притискний ролик розмотувача опускається на рулон з моменту встановлення рулону до моменту захоплення переднього кінця смуги валками, створення натягу смуги між кліткою та розмотувачем. У процесі дресирування притискний ролик піднято. Завдання переднього кінця смуги в ролики, що подають, проводиться за допомогою пересувного столика. Коли кінець смуги перетне вісь ролика, що похитується, холостий ролик піднімається, і смуга затискається між подаючим і холостим роликками, після чого відводиться пересувний столик. Потім включається привід ролика, що подає, і смуга задається у валки натяжного пристрою, а потім в робочі валки кліти. Після завдання переднього кінця смуги у валки натяжного пристрою електромагнітна муфта приводу ролика, що подає, відключається. Холостий ролик, що коливається, опускається.

Завдання переднього кінця смуги у валки проводиться при опущеному верхньому робочому валку на нижній та піднятому опорному валку на 2-3 товщини смуги. При виході з робочої кліти передній кінець смуги подається до моталки 6, і заправляється в зів її барабана, відкидна опора закривається, потім за допомогою УП включається натискний пристрій і опускаються верхні валки на величину, що забезпечує необхідне обтискання смуги, створюється необхідне

натяг між розмотуванням. . Вмикаються двигуни натяжного пристрою, що працюють у генераторному режимі. Двигун розмотувача також вмикається в генераторний режим. Нижній холостий ролик опускається в нижнє положення, а всі механізми стану переводяться на максимальну для цього режиму дресирування швидкість. При дресируванні особлива увага звертається на натяг смуги. Натяг смуги контролюється за постійної швидкості стану за показаннями амперметрів і має бути постійним протягом усього часу дресирування смуги. У процесі дресирування профіль смуги регулюється за допомогою системи протизгинання. У системі протизгинання робочих валків лівий і правий плунжери працюють разом чи окремо. Після закінчення процесу дресирування рулону стан зупиняється, відключається гідравлічне врівноваження робочих валків, розводяться валки за допомогою УП, пропускається задній кінець смуги і підмотується в рулон. Стіл знімача рулону піднімається у верхнє положення, відводиться відкидна опора барабана моталки, стискається барабан і знімається рулон. Після дресирування кожен рулон упаковується, маркується і за допомогою знімача рулонів надягається на важіль механізму перенесення рулону і подається на ланцюговий транспортер. Після того, як ланцюговий транспортер перемістився на один крок, важіль знімача повертається у вихідне положення. Рулон за допомогою електромостового крана транспортується на упаковку або на АПР-1. [2].

### 1.3.Коротка технічна характеристика устаткування обтискного цеху

#### **Нагрівальні колодязі.**

Нагрівання металу в обтискному цеху здійснюється в регенеративних нагрівальних колодязях. Усього 14 груп колодязів: групи 1–11, 13, 14 складаються з 4–х осередків і для зручності розміщення плавок і видалення рідких шлаків зблоковані за схемою 2–2 і 3–1. Група 12 з рідким шлаковидаленням складається з 6 осередків і зблокована за схемою 3–3.

Зазначені групи призначені для нагрівання вуглецевих, низьколегованих і високовуглецевих, легованих і спеціальних марок сталі.

У відділенні нагрівальних колодязів є один загальний газовий колектор і 3 повітряних: у перший колектор нагнітають повітря вентилятори груп 1–6, у другий – вентилятори 7–11, у третій – 12–14.

Колодязі опалюються доменно–коксовою сумішшю калорійністю 880–930 кКал/м<sup>3</sup> з додаванням природного газу до калорійності 91 кКал/м<sup>3</sup>. Вищевказана калорійність суміші забезпечується роботою вузла збагачення, встановленого на газопроводі доменного газу. Бригадир на ділянці основного виробництва підтримує шляхом зміни витрати коксового й природного газів на вузлі збагачення необхідну калорійність за завданням старшого нагрівальника.

Кожний осередок має індивідуальні перекидні пристрої: клапан золотникового типу на газовому тракті й клапан бабкового типу на повітряному тракті.

Для збирання продуктів згоряння кожна група має свій димар, на групах 1–11 висота труби – 50 м, на 12, 13 і 14 групах – 80 м.

У кожному осередку тяга регулюється шибером встановленим в димовому кабани.

Осередку груп 1–14 обладнані шиберами похилого типу.

Кожний осередок обладнаний системою теплового контролю й автоматичного регулювання, що складається з наступних вузлів:

- виміри й регулювання температури в робочому просторі осередків;
- виміру витрати газу й повітря й регулювання співвідношення газ–повітря;
- виміру розрідження перед димовим шибером;
- автоматичного перекидання клапанів.

Крім, того групи обладнані автоматизованою системою керування нагріванням зливків і кожна має локальний пульт керування.

Питома продуктивність колодязя при нагріванні зливків зі середньовуглецевої сталі (за практичним даними) становить 15–18 т/год. для гарячих і 8–10т/год. для холодних зливків.

## Стан слябінг

Стан має 2 кліті:

- горизонтальних валків;
- вертикальних валків, розташовану перед кліттю горизонтальних валків.

Відстань між осями горизонтальних і вертикальних валків – 2250мм.

Кліть горизонтальних валків закритого типу, реверсивна з діаметром валків 1150 мм і довжиною бочки 2000 мм. Привод кожного горизонтального валка від електродвигуна ТИП МШС 9000–66, 750В, 10200А, потужністю 7200 кВт через шпіндель без шестеренної кліті. Розчин валків 80–900 мм, швидкість підйому горизонтальних валків 150 мм/с, оберти валків регулюються в межах  $\pm 0$ –80 об/хв.

Кліть вертикальних валків: діаметр валків 700 мм і довжина бочки 1150 мм. Привод вертикальних валків від 4–х електродвигунів ПВ2 800.175 – 8УЗ, 750 У, 1775 А, потужністю 1250 кВт кожний через циліндричний редуктор з передаточним числом – 3,744. Розчин валків 1800 – 720мм; швидкість переміщення валків – 64,8 мм/с; оберти валків регулюються в межах  $\pm 0$  – 78 об/хв. (78 об/хв – холостий хід).

Регулювання співвідношення обертів горизонтальних і вертикальних валків виконується по спеціальній електричній схемі.

Стан обладнаний маніпулятором і кантувачем. Максимальний розчин лінійок маніпулятора – 1800 мм, робочий хід лінійок – 1500 мм. Довжина лінійок перед і за станом – по 8 м. Призначення кантувача – кантувати зливки на 90 і 180°. Швидкість підйому гаків кантувача – 1,05 м/с.

Нагріті зливки масою до 20 т транспортуються до прийомного рольганга стана за допомогою зливковоза із причіпним візком. Швидкість пересування зливковоза 0,44 – 6,7 м/с, час опускання злитка на рольганг – 6 секунд.

У головній частині стана встановлений прийомний рольганг зі стаціонарним перекидачем і поворотним столом. Окружна швидкість роликів – 1,5 м/с. Діаметр поворотної платформи – 3370мм. Найбільша довжина зливка, що повертається –

3100мм. Найбільша маса зливка – 20 тонн. Число обертів поворотного стола – 2 – 6 об/хв.

### **Ножиці для вирізки слябів**

Ножиці з верхнім різом 20000 кН з електромеханічним приводом.

Привод ножиць здійснюється від 2-х електродвигунів (Г 800–175–8УЗ, потужність 1250 кВт, частота обертання 210 об/хв, тривалість включення ПВ=100%) через циліндричний редуктор, з передаточним числом 26.14, і шпindelний пристрій.

Найбільше зусилля різання, кН – 20000. Найбільший крутний момент на ексцентриковому валу кНм – 4700. Режим роботи – круговий, хитний:

- круговий режим– 5 різ/хв.
- хитний режим– 9 різ/хв.

Хід верхнього ножа – 320 мм. Перекриття ножів – 20мм. Розкриття ножів – 300 мм. Горизонтальний зазор між ножами – 0,8–0,4мм. Врівноважування супорта – гідравлічне. Кількість циліндрів – 2 шт. Діаметр плунжера – 280мм. Робочий хід – 320мм. Робочий тиск, МПа (атм.) – 10 (100). Притиск має 2 гідроциліндри. Діаметр плунжера – 250мм. Хід плунжера – 320мм. Робочий тиск 10 МПа.

### **Устаткування для збирання слябів**

Для зрушування слябів з рольганга, що відводить, на похилий транспортер (у складі транспортера є підйомно–поворотний стіл) установлений зіштовхувач, а при укладанні їх у стропи – два зіштовхувача обладнані 8-ю пальцями кожний.

Робочий хід зіштовхувача – 4400 мм. Швидкість – 0,56 м/с, максимальне зусилля, що штовхає, – 40тонн. Привод – від двох електродвигунів потужністю 96 кВт через черв'ячний редуктор і зубчасті рейки. Збірні столи розташовані на складі слябів біля зіштовхувачів і служать для укладання слябів у стопи. Максимальний робочий хід стола – 1200мм. Швидкість підйому – 0,022 м/с. Піднімальна сила – 25т. Привод – від електродвигуна М11–72 потужністю 75 кВт через черв'ячний редуктор і два піднімальні гвинти діаметром 250мм. Максимальна вага стопи із траверсою 20 т.

Проектна продуктивність слябінга 1150 становить 5 млн. т у рік (по зливках), маса механічного технологічного встаткування 8850 т і сумарна встановлена потужність електроустаткування 40400 кВт.

#### 1.4. «Вузькі» місця ділянки обтискного стану

Одним з вузьких місць роботи дресирувального відділення є робота натискного механізму робочої кліті. Можливі шляхи модернізації і покращення роботи натискного механізму розглянуті в наступному розділі.

## 2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 2.1. Устрій і принцип роботи прокатної кліті

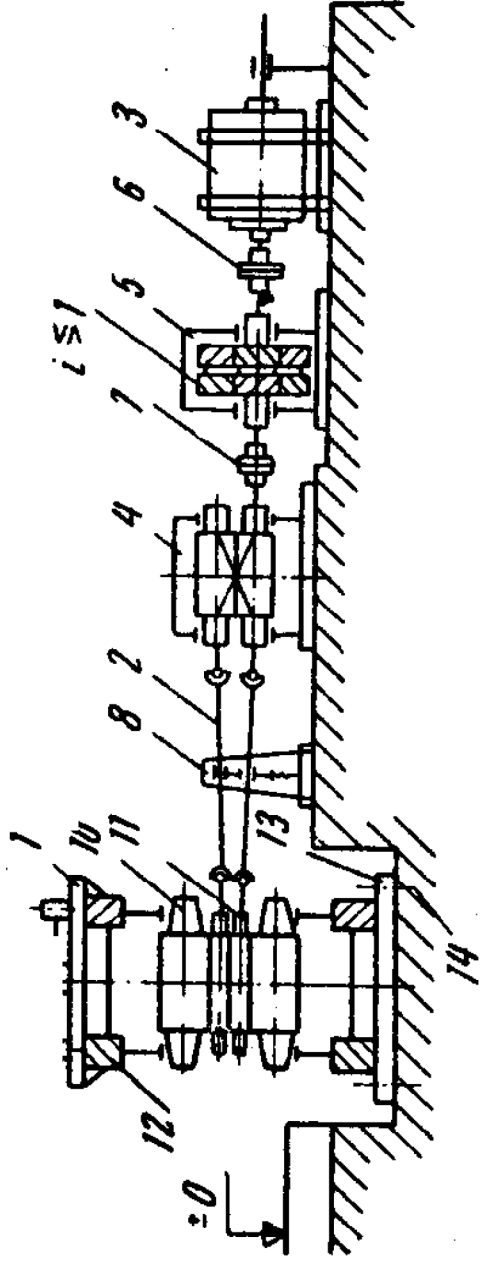
Основним робочим органом (інструментом) кожного прокатного стана є валки, що обертаються в підшипниках, установлених у робочих клітях. Привод валків здійснюється від електродвигуна через проміжні передавальні механізми й пристрої. Механізми й пристрої, призначені для передачі обертання валянням і сприйняття виникаючих при пластичній деформації (обтисненні) металу зусиль і крутних моментів, становлять головну лінію робочої кліті.

Устаткування, що входить у головної лінії складається з робочої кліті, передавальних механізмів і головного електродвигуна.

Робоча кліть складається із двох масивних сталевих литих станин, установлених на плитовини, прикріплені до фундаменту анкерними болтами. У станинах змонтовані подушки з підшипниками й валками, а також пристрою для переміщення верхнього валка по висоті і його осьовій фіксації, що направляють проводки для металу й т.д. Передавальні механізми й пристрої залежно від призначення й конструкції прокатного стана можуть бути різними. У цьому випадку привод робочих валків здійснюється від одного електродвигуна через редуктор  $i=7,23$  з моторною муфтою, корінну муфту й шестеренну кліть із передаточним числом  $i = 1$  і шпindelним пристроєм із пристроєм для зрівноважування.

Як головний електродвигун прокатного стана використовується двигун спеціального (металургійного) типу AMZ 1600 FF12 з повітряним охолодженням, що; двигун постійного струму великої потужності (7 тис. кВт), що харчує від спеціального перетворювача (випрямляча).





- 1 – робоча кліть; 2 – шпindelь; 3 – електродвигун; 4 – шестеренна кліть; 5 – редуктор;
- 6 – моторна муфта; 7 – корінна муфта; 8 – пристрій зрівноважування шпindelів;
- 10 – опорний валок; 11 – робочий валок; 12 – станина; 13 – плитовина; 14 – анкерний болт

Рисунок 2.1 - Схема головної лінії робочої кліті із приводом від електродвигуна через редуктор і шестеренну кліть

## 2.2. Огляд конструкцій натискних механізмів прокатних станів

Щоб процес прокатки протікав нормально, валки повинні займати в робочій кліті певне положення. Для цього в кожній прокатній кліті передбачені механізми й пристрої для вертикальної установки валків. Установка валків у вертикальній площині здійснюється за допомогою спеціального натискного механізму.

На всіх стрічкових, штабових й обтискних станах положення нижнього валка з подушками й підшипниками в робочій кліті постійно. Тому відстань між валками регулюється переміщенням тільки верхнього валка за допомогою натискного механізму.

У сучасному прокатному виробництві на БШШС широке застосування знаходять натискні механізми, принцип дії яких заснований на електромеханічному, гідравлічному й гідромеханічному приводі.

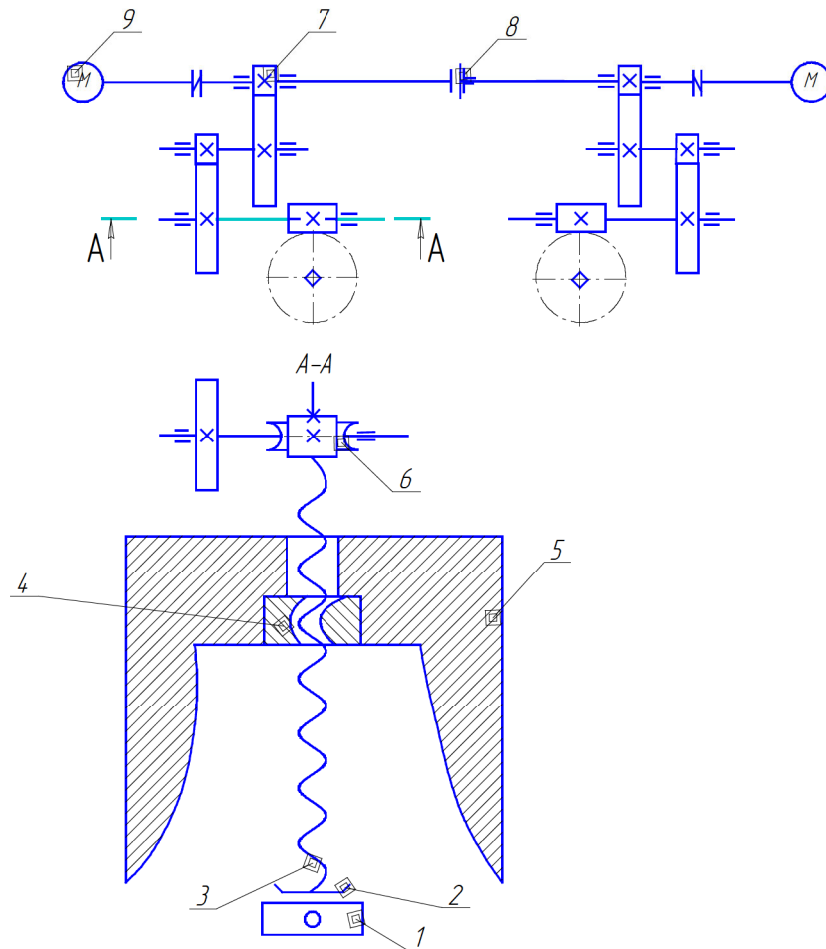
Всі ці види натискних механізмів мають як свої позитивні, так і негативні сторони.

### 2.2.1. Електромеханічний привод натискних механізмів

Вочевидь, що для збільшення продуктивності стана час, затрачуваний на установку верхнього валка, повинен бути мінімальним. Тому переміщення верхнього валка повинне відбуватися з великою швидкістю. Однак на станах, що прокачують тонкій штаб й стрічку, швидкість переміщення верхнього валка обмежується необхідною точністю установки валків у певнім положенні, тому ця швидкість повинна бути дуже невеликою (на БШШС чотирьохвалкових станах вона становить близько 0,1 мм/с).

Крім того, швидкість переміщення натискних гвинтів залежить також від довжини шляху, що повинен пройти натискний гвинт при установці валка. Цей

шлях на обтискних станах у багато разів більше, ніж на листових й тонколистових.



1 - подушка валка; 2 – підп'ятник; 3 – натискний гвинт; 4 – натискна гайка;  
 5 – станина; 6 – черв'ячне зачеплення; 7 – циліндричне зачеплення;  
 8 – зчїпна муфта; 9 – електродвигун

Рисунок 2.2 – Схема тихохідного натискного механізму з електромеханічним приводом

На практиці застосовують наступні швидкості переміщення верхнього валка, мм/с (порівняльна характеристика):

Блюмінги	100—250
Слябінги	100—150

Товстоштабові стани	5—25
Сортові стани	2—5
Тонкштабові чотирьохвалкові стани	0,05—1,0

На чотирьохвалкових станах, що прокачують довгі штаби, для одержання заданої товщини штаби коректування обтиснення здійснюється в процесі прокатки, тому натискний механізм верхнього валка повинен бути розрахований на подолання максимального зусилля, що діє на валки в процесі прокатки. Внаслідок застосування в приводі кожного гвинта черв'ячної передачі, КПД таких натискних механізмів невисокий.

### 2.2.2. Гідравлічні й гідромеханічні натискні механізми

У процесі прокатки товщина вихідної з валків штаби безупинно змінюється внаслідок мінливості товщини підкату при вході у валки, механічних властивостей штаби по довжині рулону, і т.д. Для визначення товщини штаби і її змін на стані перед і за валками встановлюють летучі мікрометри (контактні й безконтактні) різного типу. Зміна товщини штаби можна також фіксувати непрямым способом шляхом виміру зусилля прокатки месдозами (установленими під натискним гвинтом).

Показання цих приладів використовуються в системах автоматичного регулювання товщини (САРТ) штаби в процесі прокатки з метою зниження поздовжньої й поперечної різнотовщинності.

У натискних механізмах електромеханічного типу ці сигнали використовують для включення (вимикання) електродвигунів, тобто для обертання натискних гвинтів і зміни обтиснення штаби в процесі прокатки. На практиці встановлено, що САРТ із використанням натискних гвинтів з електроприводом має істотний недолік-запізнювання регулювання різнотовщинність внаслідок інерційності електромеханічного приводу натискних гвинтів (включення електродвигунів від імпульсів вимірювальних приладів і розгін редукторного

привода натискних гвинтів вимагають 0,5-1 с; за цей період при швидкості прокатки 10-30 м/с штаба пройде шлях 5-30 м).

У деяких випадках робота САРТ при наявності електромеханічних натискних механізмів взагалі дає малий ефект внаслідок надзвичайно інтенсивного зношування різьбової пари натискний гвинт - гайка.

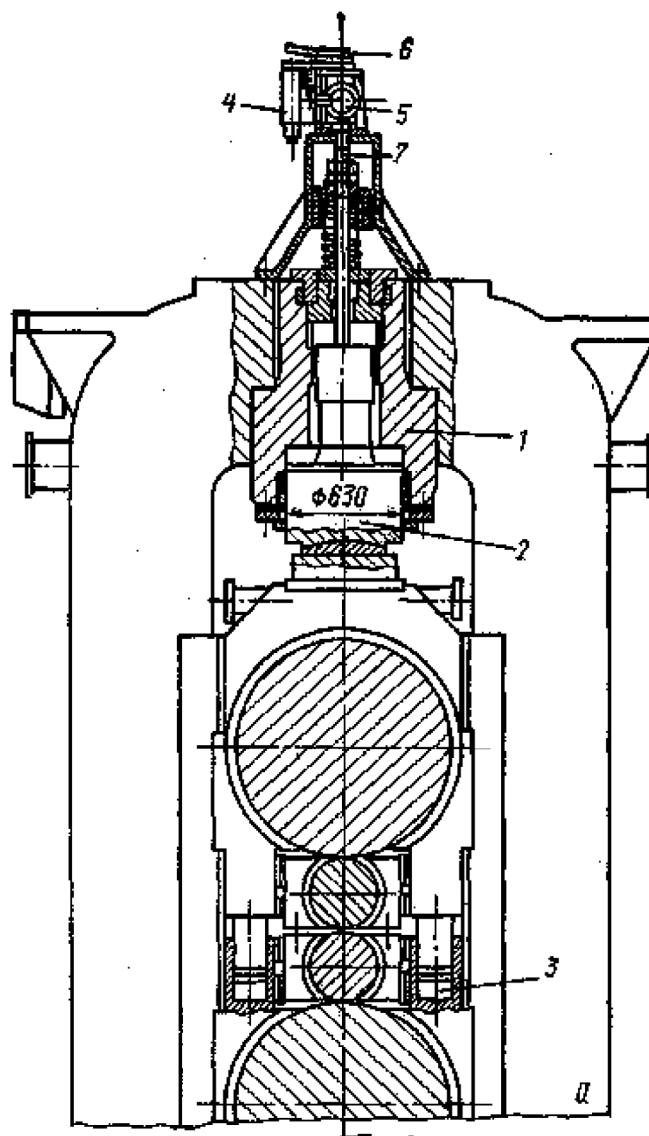
З метою підвищення швидкодії САРТ (що особливо важливо при високих швидкостях прокатки) широке поширення одержали гідравлічні (без натискних гвинтів й їхнього електропривода) і комбіновані (гідромеханічні) натискні механізми, що володіють значно меншою інерційністю.

У прокатних станах з гідравлічним натискним механізмом (малюнок 2.2) зусилля прокатки безпосередньо сприймають гідравлічні циліндри 1 (замість натискних гвинтів), під поршні 2 від акумулятора подається робоча рідина (масло) під постійним тиском, тому перед прокаткою штаби валки стана попередньо підгорнутий друг до друга з постійним зусиллям. Для регулювання зусилля попереднього нагрюження валків і подушок і межвалкового зазору між подушками опорних валків установлені гідроциліндри 3, підключені до виходу гідророзподільника високого тиску 4, що працює від електродвигуна 5, що одержує імпульси на включення від вимірників товщини штаби. При цьому переміщується золотник гідророзподільника 4 і регулюється тиск масла під поршнями гідроциліндра 3. Зворотний зв'язок між положеннями поршнів циліндрів 1 й 3 здійснюється важелем 6, плечі якого опираються на золотник гідророзподільника 4 і штовхач 7, з'єднаний з поршнем 2. Абсолютна величина різнотовщинності штаби при прокатці становить близько 0,1 від товщини штаби, тому переміщення поршнів гідроциліндрів 1 й 3 незначні й система в цілому майже безінерційна.

У станах з використанням гідромеханічних натискних механізмів (рисунок 2.4) (комбінованих) натискні гвинти 1 зберігаються й ними користуються тільки при грубому настроюванні валків.

Для точного регулювання відстані валків між подушками опорних валків установлені плунжери гідроциліндрів 2, призначені для регулювання деформації

робочої кліті: зусилля гідроциліндрів регулюється по сигналах від месдоз 3, установлених під натискними гвинтами.



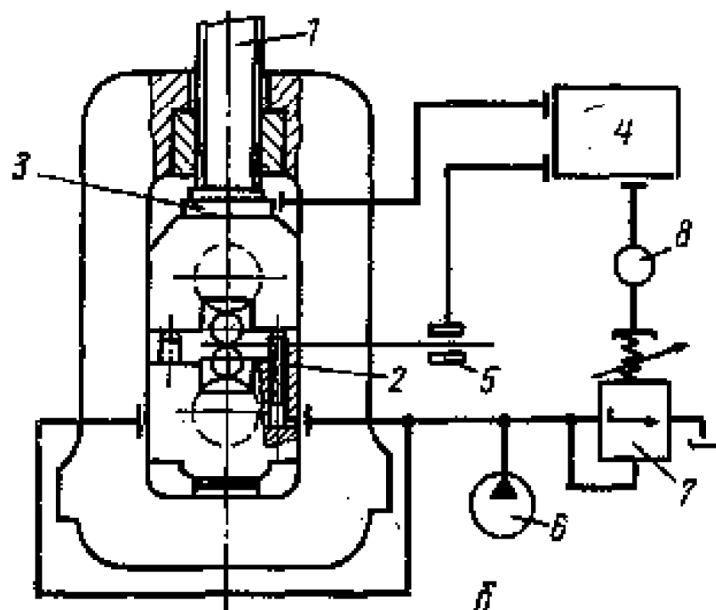
- 1 – гідравлічний циліндр; 2 – поршень; 3 – гідроциліндр;  
4 – гідророзподільник високого тиску; 5 – електродвигун;  
6 – важіль; 7 – штовхач

Рисунок 2.3 - Гідравлічний натискний механізм

При прокатці штаби месдоза сприймає зусилля прокатки й зусилля від плунжерів гідроциліндрів 2, величина цього сумарного зусилля подається в запам'ятовувальний пристрій 4, рівняється із заданим для даної товщини,

вимірюваної товщиноміром 5, і підтримується постійної за допомогою гідроциліндрів, з'єднаних з масляним насосом 6. Регулятор тиску масла 7 з'єднаний з гідроциліндрами прямо й управляється електродвигуном 8, що одержує імпульси від товщиномера 5 через запам'ятовувальний пристрій 4.

Точність регулювання раїнотовщинності обмежується величиною зміни пружної деформації робочої кліти, однак у більшості випадків на БШШС вона виявляється цілком прийнятною, тому такі САРТ штаби набули широкого застосування. Ця система має велику надійність в експлуатації й майже безінерційна. Крім того, при неполадках у гідравлічному контурі натискний пристрій може працювати як звичайний електромеханічний, але з меншою точністю.



- 1 – натискний гвинт; 2 – гідроциліндр; 3 – месдоза;  
 4 – запам'ятовувальний пристрій; 5 – товщиномер; 6 – масляний насос;  
 7 – регулятор тиску масла; 8 – електродвигун

*Рисунок 2.4 – Комбінований гідромеханічний натискний механізм широкоштабового стана гарячої прокатки*

*З перерахованих вище типів натискних механізмів найбільш зручним і практичним, на мій погляд, є гідромеханічний натискний механізм, тому що він дозволяє працювати прокатній кліті навіть із натискним механізмом, що частково вийшов з ладу. Але через особливості конструкції робочої кліті БШШС гарячої прокатки 1680 модернізацію й реконструкцію необхідно засновувати на базі електромеханічного натискного механізму, тобто не змінювати кардинально всю систему натискного механізму, тому що цей процес є досить дорогим.*

### 2.3. Критичний огляд та аналіз стану проблем з роботою натискного механізму

Процес прокатки пов'язаний з великими навантаженнями й зусиллями, що виникають при пластичній деформації металу. Ці навантаження через робочі, опорні валки, підшипники валків передаються на натискні гвинти натискного механізму кліті прокатного стана. Зусилля прокатки досягають десятків меганьютонов, а це вимагає високу міцність і надійність роботи всього натискного механізму в цілому.

З устаткування натискного механізму найбільш навантаженими елементами є натискний гвинт-гайка й черв'як разом із черв'ячним колесом, через що виникає необхідність постійного підвищення міцності й зносостійкості, підвищення ККД передач у зв'язку з постійно зростаючими навантаженнями.

Все це вимагає нових рішень і модернізації використовуваного устаткування.

### 2.4. Пропозиція по модернізації натискного механізму та шпинделів

Працездатність прокатного стана залежить від працездатності прокатної кліті в цілому і її основних показниках (продуктивність, витрата електроенергії, частота ремонтів). Працездатність кліті, зокрема, залежить від того, наскільки



ефективно працюють її складові частини (натискний механізм, шпindelний пристрій, шестеренна кліть, редуктор).

З огляду літератури видно, що на даний момент застосовуються різні конструкції натискних механізмів з електромеханічним проводом. Практика їхньої експлуатації показала, що всі вони мають певні позитивні якості й використовуються залежно від конструкції прокатних клітей. Однак застосовувані натискні механізми усе ще далекі від досконалості й не повною мірою відповідають сучасним вимогам якості одержуваної штаби, що негативно позначається на техніко-економічних показниках стана й у такий спосіб на конкурентноздатності продукції.

У зв'язку із цим виникає необхідність удосконалення конструкції привода й самого натискного механізму таким чином, щоб більш чітко й повно забезпечити виконання сучасних вимог до якості випускаємої продукції, що, а так само знизити витрати на ремонт основних складових частин.

На мій погляд, найбільш ефективним буде вдосконалення роботи черв'ячного редуктора привода натискного механізму, як одного з найбільш навантажених механізмів робочої кліті.

Пропонується замінити матеріал зубчастого вінця черв'ячного колеса бронзу Браж 9-4 на чавун СЧ 28-48.

Другим етапом модернізації є заміна кулькових шпинделів на універсальні. Досвід експлуатації показує, що період використання універсальних шпинделів в 4 рази довше кулькових, а витрати на закупівлю й установку тільки вдвічі.

## 2.5. Розрахунок робочих параметрів натискного механізму

### 2.5.1. Визначення крутного моменту й потужності двигуна електропривода натискного механізму

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

$$\dot{M}_A = P_B \left[ \mu_{\pi} \frac{d_{\pi}}{3} + \frac{d_{\text{ср}}}{2} \operatorname{tg}(\psi + \varphi) \right], \quad (2.1)$$

де  $P_B$  — зусилля, що діє на натискний гвинт;  $P_B = P/2 = 12,2/2 = 6,1 \text{ МН}$ ;

$d_{\pi}$  - діаметр п'яти натискного гвинта;  $d_{\pi} = 0,390 \text{ м}$  ;

$\mu_{\pi}$  — коефіцієнт тертя в п'яті;  $\mu_{\pi} = 0,10$ ;

$d_{\text{ср}}$  — середній діаметр різьблення натискного гвинта;  $d_{\text{ср}} = 0,425 \text{ м}$ ;

$\psi$  — кут підйому гвинтової лінії;  $\psi = 0,429^{\circ}$ ;

$\varphi$  — кут тертя в різьбленні, обумовлений по формулі

$$\varphi = \operatorname{arctg}\left(\frac{f}{\cos \gamma}\right), \quad (2.2)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя в різьбленні між натискною гайкою й гвинтом;

$f = 0,04$ ;

$\gamma$  - кут профілю нахилу різьблення;  $\gamma = 15^{\circ}$ ;

$$\varphi = \operatorname{arctg}\left(\frac{0,04}{\cos 15^{\circ}}\right) = 2,37^{\circ}$$

У тонкоштабових станах верхній валок установлюють під час процесу прокатки, тобто при повному тиску металу на валки. У цьому випадку на один натискний гвинт буде діяти зусилля, рівне половині тиску при прокатці, тобто

$$\dot{M}_A = 6,1 \left[ 0,10 \frac{0,390}{3} + \frac{0,425}{2} \operatorname{tg}(0,429^{\circ} + 2,37^{\circ}) \right] = 0,1426 \text{ Мн} \cdot \text{м}$$

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

$$\dot{I}_{\text{AA}} = \frac{\dot{I}_{\text{A}}}{i \cdot \eta}, \quad (2.3)$$

де  $i$  — передаточне число привода від двигуна до гвинта,  $i=1026$   
 $\eta$  — ККД передачі від двигуна до гвинта,  $\eta = 0,70$

$$M_{\text{дв}} = \frac{0,1426}{1026 \cdot 0,70} = 0,198 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Потужність двигуна буде дорівнювати:

$$N_{\text{дв}} = M_{\text{дв}} \cdot \omega_{\text{дв}}, \quad (2.4)$$

де  $\omega_{\text{дв}}$  — кутова швидкість 1/с;  
 $n_{\text{дв}}$  - число обертів двигуна,  $n_{\text{дв}}=565$  об/хв

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{\pi}{30} n_{\text{дв}} \quad (2.5)$$

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{3,14 \cdot 565}{30} = 59,13 \text{ с}^{-1}$$

$$N_{\text{дв}} = 0,198 \cdot 59,13 = 11,7 \text{ кВт}$$

Для привода натискних гвинтів установлені два електродвигуни типу ДП-62 загальною потужністю  $2 \times 46$  кВт;  $n_{\text{дв}}=565$  об/хв;  $m=1850$  кг.

2.5.2. Визначення крутного моменту та потужності двигуна електропривода натискного механізму з умови виходу з ладу одного із двигунів і погіршеному змащенню гвинтової пари

Вихідні дані для розрахунку

$$P_B = P = 12,2 \text{ МН}; d_i = 0,390 \text{ м}; \mu_n = 0,10; d_{cp} = 0,425 \text{ м}; \psi = 0,429^{\circ};$$

$$f = 0,14; \gamma = 15^{\circ}.$$

Відповідно до виражень (2.1) і (2.2), одержимо:

$$\varphi = \arctg\left(\frac{0,16}{\cos 15^{\circ}}\right) = 8,24^{\circ}$$

$$\dot{M}_A = 12,2 \left[ 0,10 \frac{0,390}{3} + \frac{0,425}{2} \text{tg}(0,429^{\circ} + 8,24^{\circ}) \right] = 0,27 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначивши крутний момент, що вимагається для обертання натискного гвинта, можна потім визначити й потужність двигуна, необхідну для привода всього настановного механізму. Внаслідок того, що швидкість переміщення натискного гвинта задана, то обертальний момент двигуна для привода гвинта можна визначити по формулі (2.3)

$$\dot{M}_{AA} = \frac{2 \cdot 0,27}{1026 \cdot 0,70} = 0,77 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$N_{AA} = 0,77 \cdot 59,13 = 45,6 \text{ Вт}$$

З розрахунку видно, що робота натискного механізму при одному робочому двигуні й погіршеному змащенні гвинтової пари можлива.

### 2.5.3. Черв'ячна передача

Черв'ячна передача є завершальною в процесі передачі зусилля на натискний гвинт, тому від якості її роботи залежить робота всього механізму в цілому.

Основними видами поломок у черв'ячній передачі є заїдання й зношування. Підвищення температури може понизити протизадирні властивості мастильного матеріалу, що сприяє заїданню й появі задирів, прискорює зношування. У передачах з меншою міцністю виникає викрашування активної поверхні зубів, рідше - витків.

Причиною таких поломок є концентрація навантажень в наслідок неточності монтажу й деформації підшипників, корпусу передачі.

Під впливом контактних напруг на активну поверхню зубів виникає зношування. Цьому сприяє зменшення в'язкості мастильного матеріалу при надмірному нагріванні передачі. Поруч із цим явищем, часто зуби й частки витків відламуються під дією напруг вигину, і їхні активні поверхні зношуються.

Поруч з усіма цими недоліками черв'ячна передача володіє рядом переваг - компактність, безшумність, самогальмування, надійність і простота обслуговування, велике передатне відношення.

Недолік - ковзання уздовж гвинтової лінії витка, що приводить до більших втрат потужності, це обмежує їх застосування для передачі великих навантажень і вимагає застосування високоякісної бронзи, що підвищує вартість передачі.

У зв'язку із цими обставинами, загальні напрямки підвищення якісних показників черв'ячної передачі наступні: зменшення швидкостей ковзання, підвищення якості контактуючих поверхонь, зменшення коефіцієнта тертя в зачепленні, підбір відповідних сортів і в'язкості мастильних матеріалів, підвищення жорсткості валів.

Іншим шляхом є вдосконалення геометрії зачеплення з метою підвищення наведеного радіуса кривизни й досягнення великого кута між контактною лінією

й вектором швидкості ковзання. Цими властивостями відрізняються черв'ячні передачі з увігнутих профілем витків: навантажувальна здатність таких черв'ячних передач може бути підвищена на 30-50 %, чим у звичайної черв'ячної передачі.

#### 2.5.4. Сили, що діють у зачепленні

Сили в зачепленні, розглянуті прикладеними в полюсі зачеплення, зручно задавати трьома взаємно перпендикулярними складовими.

Окружна сила на колесі, рівна осьовій силі на черв'яку ( $F_{a1}$ ),

$$F_{t2} = 2T_2 / d_2, \quad (2.6)$$

де  $T_2$  – крутний момент на колесі,  $T_2 = 0,57$  МН·м;

$d_2$  – дільний діаметр колеса,  $d_2 = 1,296$  м.

$$F_{t2} = \frac{2 \cdot 0,57}{1,296} = 0,88 \text{ МН}$$

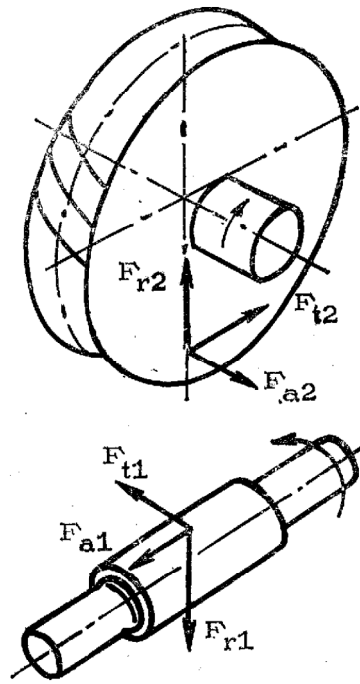


Рисунок 2.6 - Сили в черв'ячному зачепленні

Окружна сила на черв'яку, рівна осьовій силі на колесі ( $F_{a2}$ ),

$$F_{t1} = \frac{2T_1}{d_1}, \quad (2.7)$$

де  $T_1$  – крутний момент на черв'яку,  $T_1 = 0,0217$  МН·м;

$d_1$  – дільний діаметр черв'яка,  $d_1 = 0,364$  м.

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot 0,0217}{0,364} = 0,119 \text{ МН}$$

Радіальна сила, що розсовує черв'яка й колесо,

$$F_{r1} = F_{t2} \operatorname{tg} \alpha, \quad (2.8)$$

де  $\alpha$  – кут профілю,  $\alpha = 20^\circ$ ;

$$F_{r1} = 0,88 \cdot \operatorname{tg}20^\circ = 0,320 \text{ МН}$$

### 2.5.5. Розрахунок черв'ячної передачі на контактну міцність

Контактні напруги при сталевому черв'яку й бронзовому колесі:

$$\sigma_H = 5300 \frac{q}{Z_2} \sqrt{\left(\frac{Z_2 + 1}{q}\right)^3 \frac{q}{a_w}} K_\beta K_v T_2 \leq [\sigma_H], \quad (2.9)$$

де  $Z_2$  – число зубів колеса,  $Z_2=36$ ;

$q$  - коефіцієнт діаметра черв'яка,  $q=10$ ;

$a$  – міжосьова відстань,  $a=0,830$  м;

$K_\beta$  – коефіцієнт нерівномірності навантаження,  $K_\beta = 1,1$

$K_v$ - коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження,  $K_v=1,3$

$T_2$  – момент на черв'ячному колесі,  $T_2 = 0,57 \text{ МН} \cdot \text{м}$ ;

$[\sigma_H]$  – допустиме контактне напруження.

Контактне напруження, що допускається для черв'ячного колеса, виготовленого із чавуну СЧ 28-48,  $[\sigma_H]=280 \text{ МПа}$ .

$$\sigma_i = 5300 \frac{10}{36} \sqrt{\left(\frac{36}{10} + 1\right)^3 \frac{10}{0,830}} \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 0,57 \cdot 10^6 = 19,8 \text{ МПа} < 280 \text{ МПа}$$

Умова виконується, контактна міцність забезпечена.

### 2.5.6. Розрахунок черв'ячної передачі на вигин



Розрахунок на вигин для черв'ячних передач є перевірочним і ведеться по колесу:

$$\sigma_F = \frac{Y_F K F_{t2} \cdot \cos \gamma}{1,3 m^2 q} \leq [\sigma_F], \quad (2.10)$$

де  $Y_F$  – коефіцієнт форми зуба;  $Y_F=1,45$ ;  
 $K$  - коефіцієнт навантаження,  $K=1,43$ ;  
 $F_{t2}$  – окружна сила на колесі,  $F_{t2}=0,88$  МН;  
 $\gamma$  - кут підйому лінії витка,  $\gamma=5^{\circ}38'$ ;  
 $m$  - модуль зачеплення,  $m=0,036$  м;  
 $q$  - коефіцієнт діаметра черв'яка,  $q=10$ ;  
 $[\sigma_F]$  – допустиме напруження вигину.

Напруження вигину, що допускається, для чавуну СЧ 28-48

$$[\sigma_F] = 0,25\sigma_T + 0,08\sigma_B \quad (2.11)$$

$$\sigma_{\sigma} = 220 \text{ МПа} \quad ; \quad \sigma_A = 700 \text{ МПа} \quad ,$$

$$[\sigma_F] = 0,25 \cdot 220 + 0,08 \cdot 700 = 111 \text{ МПа}$$

$$\sigma_F = \frac{1,45 \cdot 1,43 \cdot 0,88 \cdot \cos 5^{\circ}38'}{1,3 \cdot (0,036)^2 \cdot 10} = 107 \text{ МПа} < 111 \text{ МПа}$$

Умова виконується. Міцність забезпечена.

### 2.5.7. Розрахунок тіла черв'яка на міцність і твердість

Міцність тіла черв'яка розраховується по формулі

$$\sigma_{F1} = \frac{M_E}{0,1d_{f1}^3} \leq [\sigma_{F1}], \quad (2.12)$$

де  $M_E$  - еквівалентний згинальний момент,  
 $d_{f1}$  - діаметр западин черв'яка,  $d_{f1}=0,277$  м.  
 $[\sigma_{F1}]$  - допустиме напруження вигину,  $[\sigma_{F1}]=115$  МПа.

$$M_E = \sqrt{M_F^2 + T_1^2}, \quad (2.13)$$

де  $M_F$  - сумарний згинальний момент;  
 $T_1$  - крутний момент на черв'яку,  $T_1=0,0217$  МН·м;

$$M_F = \sqrt{\left(F_{t1} \frac{l}{4}\right)^2 + \left(F_{r1} \frac{l}{4} + F_{t2} \frac{d_1}{4}\right)^2}, \quad (2.14)$$

де  $F_{t1}$  - окружна сила на черв'яку,  $F_{t1} = 0,119$  МН;  
 $F_{t2}$  - окружна сила на колесі,  $F_{t2}=0,88$  МН;  
 $F_{r1}$  - радіальна сила, що розсовує черв'яка й колесо,  $F_{r1} = 0,320$  МН;  
 $l$  - відстань між опорами черв'яка,  $l=1,636$  м;  
 $d_1$  - дільний діаметр черв'яка,  $d_1 = 0,364$  м.

$$M_F = \sqrt{\left(\frac{0,119 \cdot 1,636}{4}\right)^2 + \left(\frac{0,320 \cdot 1,636}{4} + \frac{0,88 \cdot 0,364}{4}\right)^2} = 160 \text{ кН м}$$

$$M_E = \sqrt{160^2 + 21,7^2} = 161 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$\sigma_{F1} = \frac{161000}{0,1 \cdot 0,277^3} = 75 \text{ МПа} < 115 \text{ МПа}$$

Умова виконується. Міцність забезпечена.

При недостатній жорсткості прогин черв'яка великий. Це порушує правильність зачеплення й погіршує умови роботи. Щоб уникнути цього, необхідно розрахувати величину прогину черв'яка й зрівняти її із припустимою.

$$f = \frac{1^3 \sqrt{F_r^2 + F_{tl}^2}}{48 \cdot E \cdot I_{\text{пр}}} \leq [f], \quad (2.15)$$

де  $E$  – модуль пружності матеріалу черв'яка,  $E = 2,15 \cdot 10^5$  МПа;

$I_{\text{пр}}$  – наведений момент інерції перетину черв'яка;

$[f]$  - припустимий прогин.

$$[f] = (0,010 \div 0,005) \cdot m \quad (2.16)$$

$$[f] = (0,010 \div 0,005) \cdot 36 = 0,36 \div 0,18 \text{ мм}$$

$$I_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot d_{f1}^4}{64} \cdot \left( 0,375 + 0,625 \frac{d_{a1}}{d_{f1}} \right), \quad (2.17)$$

де  $d_{f1}$  – діаметр западин черв'яка,  $d_{f1} = 0,277$  м.

$d_{a1}$  – діаметр вершин витків черв'яка,  $d_{a1} = 422$  мм

$$I_{\text{пр}} = \frac{3,14 \cdot 0,277^4}{64} \cdot \left( 0,375 + 0,625 \cdot \frac{0,422}{0,277} \right) = 3,84 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4$$

Отримані значення підставляю в вираження 2.16:

$$f = \frac{1,636^3 \cdot \sqrt{0,320^2 + 0,119^2}}{48 \cdot 2,15 \cdot 10^5 \cdot 3,84 \cdot 10^{-4}} = 0,00348 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

Отримані значення прогину  $f = 0,000348$  мм менше припустимого  $[f] = 0,18 \dots 0,36$  мм, отже, умова жорсткості виконана.



### 3. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

#### 3.1. Технологія зборки й монтажу металургійного устаткування

Надійність машин залежить від якості конструкторських, технологічних і складальних робіт. Погрішності в розмірах, конфігурації, взаємному розташуванні деталей можуть привести до неприпустимого росту сил й аварійних відмов. Для металургійного устаткування такі погрішності часто проявляються при зборці, під якою розуміють сукупність операцій по з'єднанню деталей у виріб.

Технологія зборки залежить від характеру виробництва. У масовому виробництві машини збирають із взаємозамінних деталей на конвеєрах, у серійному на декількох робочих місцях з деталей, що вимагають незначного пригону, а в індивідуальному на тимчасових фундаментах.

Монтаж - це комплекс робіт, пов'язаних з остаточною зборкою, налагодженням і пуском машин в експлуатацію. У сучасних умовах об'єктом монтажу є цех (агрегат) металургійного підприємства, що складає з одного або декількох будинків, у яких розміщене механічне й електричне встаткування системи змащення. Кожен об'єкт будують десятки спеціалізованих організацій, об'єднаних за принципом сполученого ведення робіт. Високим темпам монтажу встаткування сприяють два основних фактори: а) організація такої взаємодії суміжних організацій, при якому монтаж починається в можливо ранній термін; б) завчасна установка проектних мостових кранів і спеціальних вантажопідйомних пристроїв.

Необхідність якнайшвидшого переозброєння металургійної промисловості сприяла вдосконалюванню й розвитку організації й розвитку монтажу, технічного обслуговування й ремонту металургійного встаткування. Технічний прогрес в області монтажу агрегатів й устаткування характеризується значним підвищенням рівня індустріалізації й механізації монтажних робіт, застосуванню великоблочного монтажу, підвищенням точності монтажу завдяки застосуванню лазерної техніки, нових методів установки й закріплення встаткування на фундаментах, прогресивних методів зборки й інших найбільш сучасних і високопродуктивних методів виробництва монтажних робіт.

Науково-технічна революція в металургії значно підвищила вимоги до надійності агрегатів й устаткування. Висока експлуатаційна надійність устаткування досягається завдяки застосуванню найбільш сучасних методів технічного обслуговування й ремонту: централізація ремонтів і ремонтних сил; удосконалюванню організації, планування, виробництва й забезпечення запасними частинами; застосуванню методів підвищення довговічності деталей; індустриальних методів ремонту - крупноузлового й агрегатного; удосконалюванню системи змащення.

### 3.2. Системи змащення

Мастильні матеріали діляться на наступні типи:

- рідкі (мінеральні, синтетичні й напівсинтетичні масла, змазуючі рідини);
- пластичні (тверді й спеціальні мастильні матеріали).

Рідкі мастила у вузлі тертя виконують наступні функції:

- зменшують коефіцієнт тертя;
- прохолоджують тертьові поверхні;
- захищають тертьові поверхні від корозії;
- виводять продукти зношування із зони тертя.

Залежно від характеру подачі змащення до вузлів тертя розрізняють наступні системи змащень:

- індивідуальну;
- картерну;
- циркуляційну;
- аерозольну.

При циркуляційній системі змащування рідке мастило подається під тиском, така система є самою якісною й найбільш сучасною в порівнянні з іншими способами змащування, й у більшості випадків задовольняє умовам змащування машин металургійного устаткування. У централізованій

циркуляційній системі мастило переміщається по мастилопроводах, що утворюють замкнутий кільцевий шлях, змазує поверхні, проходить ряд агрегатів, де фільтрується, прохолоджується й т.д. Мастило рухається під тиском, створюваним насосом. Таким чином, у розглянутій системі змащення мастило, вийшовши з бака, проходить через усю магістраль і знову повертається в той же бак. Практично губиться лише невелика кількість масла, що залишилась на змазуючих поверхнях, випаровується й витискаються через ущільнення. При циркуляції мастило не тільки змазує, але й прохолоджує вузли тертя й несе із собою всі сторонні речовини, присутність яких у мастильному шарі неприпустимо.

Циркуляційне змащення при постійному й повторному використанні мастильного матеріалу, що перебуває в безперервній циркуляції, є найбільше економічно вигідним способом централізованого змащення. Однак при виборі системи рідкого змащення машини необхідно враховувати, що устаткування, що становить циркуляційну систему, досить складно, дорого, великих розмірів і вимагає застосування надійних ущільнень у всіх з'єднаннях. Тому централізоване циркуляційне змащення варто застосовувати лише в тих випадках, коли можуть бути використані всі технічні переваги цієї системи.

До циркуляційної системи може бути віднесена будь-яка система подачі рідкого мастила, при якій мастило, що відробило, повертається в резервуар або відстійник або перебуває в безперервній рухливості без циркуляції по трубопроводах. У самій системі, розрахованій на змащення багатьох машин, можуть бути більше дрібні циркуляційні системи, не пов'язані з основною системою, що обслуговують деякі окремі машини. Крім того, поряд із застосуванням централізованого змащення можна в одній і тій же машині або в комплексі машин застосовувати й інші способи подачі мастильного матеріалу, наприклад індивідуальне змащення за допомогою ручних маслянок, змащення зануренням і т.п.

Залежно від способу подачі масла до поверхонь що труться, масло може вільно рухатись або примусово. При вільній циркуляції подачу здійснюють за

допомогою пристроїв, що забезпечують безперервний потік мастила. До таких пристроїв ставляться деякі види гнотів, конуси для змазування відцентровим способом, труби для подачі масла самозасмокуванням і т.п.

### 3.3. Розрахунок системи рідкого змащення редуктора

#### 3.3.1. Вибір сорту мастила для змащення редуктора

Вихідні дані:

- потужність передана редуктором  $N=9020$  кВт;
- число обертів тихохідного вала  $n_2=87$  хв<sup>-1</sup>;
- передаточне число редуктора  $i=7,23$ .

Діаметри коліс редуктора наведені на кінематичній схемі редуктора (рисунок 3.1).

$$d_1 = 624 \text{ мм}; d_2 = 4512 \text{ мм}.$$

Визначимо лінійну швидкість шестерні редуктора:

$$V_1 = \frac{d_1 \cdot \pi \cdot n_1}{60} = \frac{0,624 \cdot 3,14 \cdot 630}{60} = 20,5 \text{ м/с};$$

Ширина зубів колеса:

$$\hat{A}_2 = 136 \text{ мм}.$$



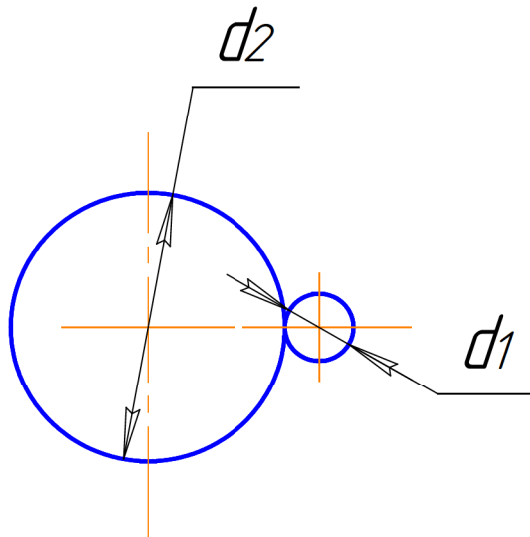


Рисунок 3.1 - Кінематична схема редуктора

Визначимо тиск на одиницю довжини зуба:

$$q = \frac{102N}{V \cdot B}, \quad (3.1)$$

де  $N$  – потужність приводу,  $N = 9020$  Вт;

$V$  - окружна швидкість,  $V = 20,5$  м/с;

$B$  – ширина зубчастого колеса,  $B = 136$  см.

У такий спосіб:

$$q_1 = \frac{102 \cdot 9020}{20,5 \cdot 136} = 330 \text{ кН/м.}$$

Для вибору мастильного матеріалу використаємо формулу:

$$BV_{50} = \frac{q \cdot m}{20}, \quad (3.2)$$

де  $\nu_{50}^0$  – умовна в'язкість масла при температурі  $50^{\circ}\text{C}$ ;

$m$  – коефіцієнт, що залежить від окружної швидкості ( $m = 1$ , при  $V > 10\text{ м/с}$ ).

У такий спосіб:

$$\hat{\alpha}_{50}^1 = \frac{330 \cdot 1}{20} = 16,5$$

За результатами розрахунків вибрати мастило не вдається, то приймаємо мастило, яке використовується на практиці для змащування зачеплення, а саме - масло ТМ5/18 з параметрами:

В'язкість кінематична при $50^{\circ}\text{C}$	58-67 $\text{мм}^2/\text{с}$
Температура застигання	$-25^{\circ}\text{C}$
Масова частка активних елементів	
фосфор	0,1%
сірка	2,4%...3,2%
Індекс задиру, $Z$	47
Показник зношування, $D_{\text{и}}$	0,33

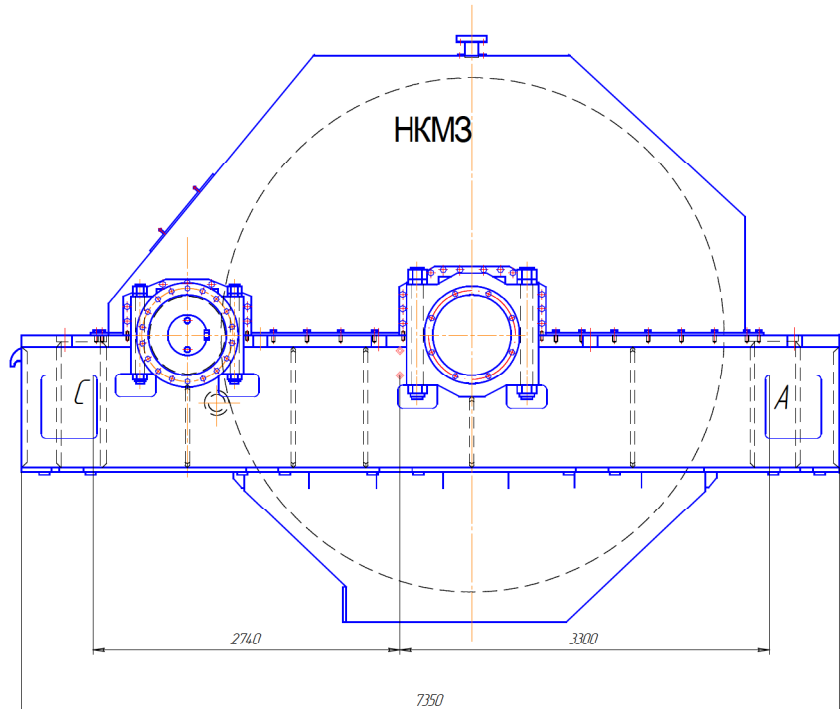


Рисунок 3.2 – Редуктор головного привода кліті

### 3.3.2. Аналіз теплового балансу системи змащення редуктору

Кількість тепла, що виділяється у вузлах тертя,  $\text{кДж/год}$  :

$$Q_1 = 860(1 - \eta)N \cdot 4,1868 \quad (3.3)$$

де  $\eta = 0,97$  – ККД редуктора;

$N=9020$  кВт –потужність, що передається редуктором.

Підставивши значення в 3.3, одержимо:

$$Q_1 = 860(1 - 0,97) \cdot 9020 \cdot 4,1868 = 974335 \text{ кДж/год}$$

Кількість тепла, що може бути відведене від вузлів тертя в навколишній простір визначаємо по формулі:

$$Q_2 = k(t_i - t_a)A \quad (3.4)$$

де  $k = 40 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{град} \cdot \text{год})$  – коефіцієнт теплопередачі;

$t_m = 50 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура масла;

$t_g = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура повітря навколишнього середовища;

$A = 117 \text{ м}^2$  – площа поверхні теплообміну з навколишнім середовищем

[6].

Підставивши значення у вираження 3.4, одержимо:

$$Q_2 = 40 \cdot (50 - 20) \cdot 117 = 212400 \text{ кДж/год.}$$

Оскільки  $V_{\max} = 20,5 \text{ м/с} > 10 \text{ м/с}$  і  $Q_1 > Q_2$  вибираємо циркуляційну систему змащення.

### 3.3.3. Визначення продуктивності станції рідкого змащення редуктору

Визначимо продуктивність станції рідкого мастила з урахуванням теплообміну редуктора із зовнішнім середовищем,  $\text{дм}^3/\text{год}$ :

$$P = \frac{Q_1 - Q_2}{c \cdot \gamma \cdot \Delta t_m \cdot \xi} \quad (3.5)$$

де  $Q_1 = 974335 \text{ кДж} / \text{год}$ ;

$Q_2 = 212400 \text{ кДж} / \text{год}$ ;

$c = 2 \text{ кДж} / (\text{кг} \cdot \text{град})$  – питома теплоємність масла;

$\gamma = 0,92 \text{ кг} / \text{дм}^3$  – щільність масла;

$\Delta t_m = 12 \text{ }^\circ\text{C}$  – припустиме розрахункове підвищення температури масла;

$\xi = 0,7$  – коефіцієнт враховуюче неповне використання масла для охолодження.

Підставивши значення у вираження 3.5, одержимо:

$$P = \frac{974335 - 212400}{2 \cdot 0,92 \cdot 12 \cdot 0,7} = 49297 \text{ дм}^3 / \text{год} = 821 \text{ дм}^3 / \text{хв}$$

З огляду на можливу інтенсифікацію роботи устаткування, приймемо наступне: редуктор не віддає через корпус надлишкове тепло. Визначимо продуктивність станції рідкого змащення без обліку теплообміну редуктора із зовнішнім середовищем, тобто  $Q_2 = 0$ :

$$P' = \frac{974335 - 0}{2 \cdot 0,92 \cdot 12 \cdot 0,7} = 63040 \text{ дм}^3 / \text{год} = 1050 \text{ дм}^3 / \text{хв}$$

$P$  и  $P'$  – розрахункова продуктивність станції рідкого змащення з урахуванням і без урахування теплообміну редуктора із зовнішнім середовищем,  $\text{дм}^3/\text{год}$ .

Приймемо шестеренний насос Г15-120А с продуктивністю 1200 л/хв.

### 3.4. Розрахунок системи рідкого змащення шестеренної кліті

#### 3.4.1. Аналіз теплового балансу шестеренної кліті

Кількість тепла, що виділяється у вузлах тертя,  $\kappaДж/год$ , визначимо з вираження 3.3;

де  $\eta = 0,97$  – ККД шестеренної кліті;

$N=8490$  кВт – потужність, що передається кліттю.

Підставивши значення в 3.3, одержимо:

$$Q_1 = 860(1 - 0,97) \cdot 8490 \cdot 4,1868 = 917085 \kappaДж/год$$

Кількість тепла, що може бути відведене від вузлів тертя в навколишній простір визначаємо за формулою, 3.4:

де  $k = 40 \kappaДж/(м^2 \cdot град \cdot год)$  – коефіцієнт теплопередачі;

$t_m = 50$  °C – температура масла;

$t_в = 25$  °C – температура повітря навколишнього середовища;

$A = 27,4$  м<sup>2</sup> – площа поверхні теплообміну з навколишнім середовищем

[6].

Підставивши значення у вираження 3.4, одержимо:

$$Q_2 = 40(50 - 25)27,4 = 27400 \kappaДж/год.$$

Оскільки  $Q_1 > Q_2$ , значить усе тепло, яке утворюється в вузлах тертя не може бути відведено у навколишнє середовище шляхом теплопередачі, використання циркуляційної системи змащення дозволить відвести надлишок тепла, тому мастило необхідно подавати в зону контакту примусово.

### 3.4.2. Вибір сорту мастила для змащення шестеренної кліті

Вихідні дані:

— потужність передана шестеренною кліттю  $N=8490$  кВт;

— число обертів валів  $n=87$  хв<sup>-1</sup>.

Визначимо лінійну швидкість шестеренних валів:

$$V_1 = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{0,620 \cdot 3,14 \cdot 87}{60} = 2,82 \text{ м/с}$$

де  $d=0,620$  м – початковий діаметр шестеренних валків.

Робоча ширина шестеренних валів:

$$B = 1290 \text{ мм} = 129 \text{ см}$$

Визначимо тиск на одиницю довжини зуба за формулою 3.1:

де  $N$  – потужність приводу,  $N = 8490$  кВт;

$V$  – окружна швидкість,  $V = 2,82$  м/с;

$B$  – ширина зубчастого колеса,  $B = 129$  см.

У такий спосіб

$$q = \frac{102 \cdot 8490}{2,82 \cdot 129} = 2380 \text{ кН/м}$$

Для вибору мастильного матеріалу використаємо формулу 3.2:

де  $\hat{\sigma}_{50}$  – умовна в'язкість масла при температурі 50°С;

$m$  – коефіцієнт, що залежить від окружної швидкості ( $m = 1,6$ , при  $V < 8$  м/с).

У такий спосіб:

$$BV_{50} = \frac{1}{20} \cdot 1,6 \cdot 2380 = 190,4.$$

В наслідок великої тихохідності шестеренної кліті визначити сорт мастила не вдалося. Експериментально встановлено, що для змащення шестеренної кліті краще використовувати мастило ТМ 5/18.

### 3.4.3. Визначення продуктивності станції рідкого змащення шестеренної кліті

Визначимо продуктивність станції рідкого змащення з урахуванням теплообміну шестеренної кліті із зовнішнім середовищем,  $\text{дм}^3/\text{год}$ , формула 3.5:

де  $Q_1 = 917085 \text{ кДж/год}$ ;

$Q_2 = 27400 \text{ кДж/год}$ ;

$c = 2 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{град)}$  – питома теплоємність масла;

$\gamma = 0,92 \text{ кг/дм}^3$  – щільність масла;

$\Delta t_m = 12 \text{ }^\circ\text{C}$  – припустиме розрахункове підвищення температури масла;

$\xi = 0,7$  – коефіцієнт враховуюче неповне використання масла для охолодження.

Підставивши значення у вираження 3.5, одержимо:

$$P = \frac{917085 - 27400}{2 \cdot 0,92 \cdot 12 \cdot 0,7} = 5756 \text{ дм}^3/\text{год} = 959 \text{ дм}^3/\text{хв.}$$

З огляду на можливу інтенсифікацію роботи устаткування, приймемо наступне: шестеренна кліть не віддає через корпус надлишкове тепло. Визначимо продуктивність станції рідкого змащення без обліку теплообміну із зовнішнім середовищем, тобто  $Q_2 = 0$ :

$$P' = \frac{917580 - 0}{2 \cdot 0,92 \cdot 12 \cdot 0,7} = 59367 \text{ дм}^3/\text{год} = 989 \text{ дм}^3/\text{хв.}$$

$P$  и  $P'$  – розрахункова продуктивність станції рідкого змащення з урахуванням і без урахування теплообміну із зовнішнім середовищем,  $\text{дм}^3/\text{год}$ .

Приймемо шестеренний насос Г15-120А с продуктивністю 1200 л/хв.

### 3.5. Розрахунок стропування шестеренної кліті

Розрахунок полягає у виборі каната, а також визначенні довжин строп і висоти стропування.

Вихідними даними для розрахунку стропування є: вага встаткування ( $G_{ШК}$ ) і кут між горизонтальною площиною й площиною в якій лежить строп( $\alpha$ ).

Визначимо максимальний натяг у канаті:

$$S_{\max} = \frac{G_{\text{ШК}}}{n \cdot \sin \alpha} K_H, \quad (3.6)$$

де  $G_{ШК}=50 \text{ т} = 500 \text{ кН}$ , – вага устаткування (шестеренна кліть);

$n=4$  - число строп;

$\alpha = 60^\circ$  – кут між горизонтальною площиною й площиною в якій лежить строп;

$K_H=1,4$  - коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження.

$$S_{\max} = \frac{500}{4 \cdot \sin 60^\circ} \cdot 1,4 = 202 \text{ кН}.$$

За знайденим зусиллям визначаємо розривне зусилля каната:

$$P_p = k \cdot S_{\max}, \quad (3.7)$$

де  $k=6$  - коефіцієнт запасу міцності каната.

$$P_p = 6 \cdot 202 = 1212 \text{ кН}.$$



За найденим розривним зусиллям визначаємо тип каната використовуваного в такелажній роботі, по довіднику визначаємо, що для групи маркуванням 1568 МПа, при діаметрі каната  $d_k=52$  мм, розривне зусилля каната в цілому становить  $[P_p]=1575$  кН (канат подвійний звивки типу ТЛК-0 конструкції  $6 \times 37(1+6+15+15)+1$  о. с. за ДСТ 3079-80).

$$[P_p]=1575 \text{ кН} > P_p=1212 \text{ кН}$$

Умова виконується.

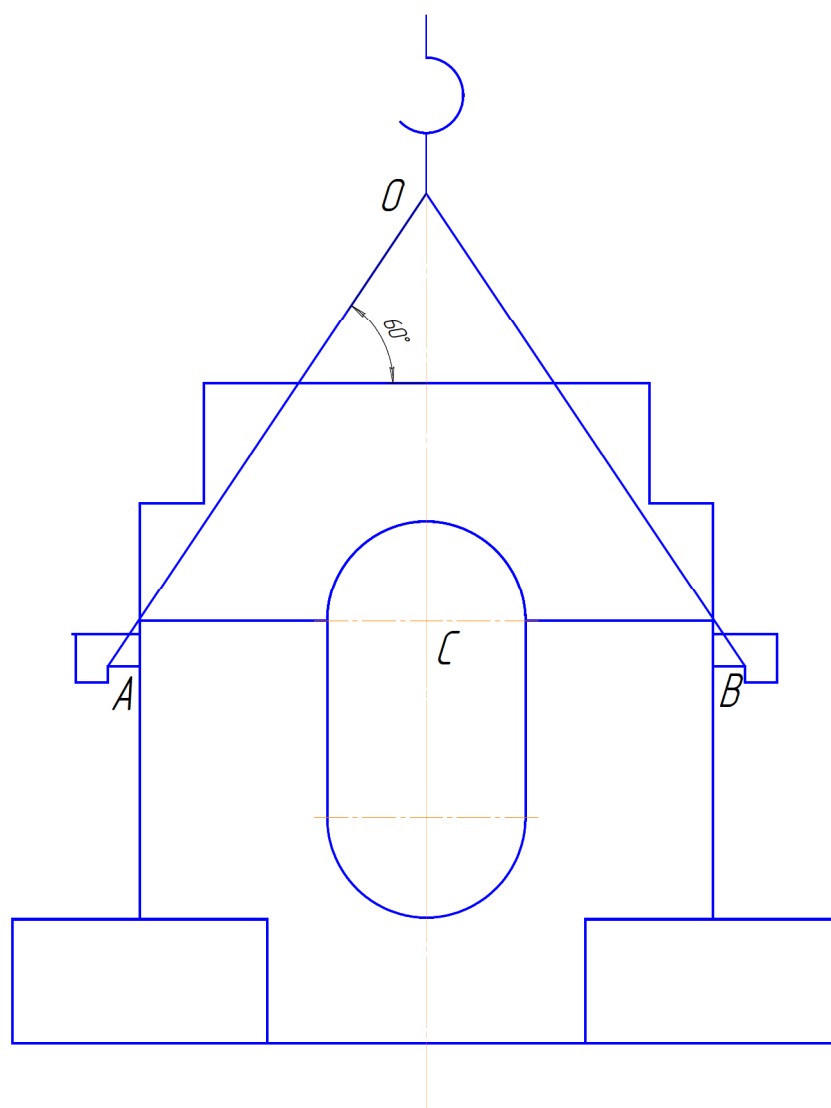


Рисунок 3.3 - Схема стропування шестеренної кліті

Як правило строп являє собою канат з обох кінців маючий петлі. Для утворення й утримання петель використовують забатіг або стиски.

Кількість стисків використовуваних при виготовленні стропа залежить від вантажопідйомності й вибирається з довідкових величин.

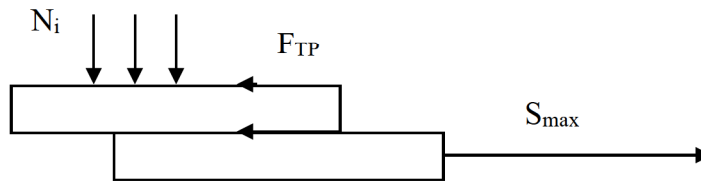


Рисунок 3.4 - Схема зусиль у стиску

Визначаємо кількість затискачів  $Z_{\text{н\ddot{a}e}}$  :

$$Z_{\text{н\ddot{a}e}} = \frac{k \cdot F_{\text{кр}}}{2 \cdot F_p \cdot f} \geq 3, \quad (3.8)$$

де  $k$  – коефіцієнт надійності кріплення:  $k = 1,5$ ;

$F_{\text{кр}}$  - зусилля в канаті в місці його кріплення,  $F_{\text{кр}} = 202$  кН (дорівнює  $S_{\text{MAX}}$ );

$F_p$  - зусилля, що діє уздовж осі різьбової скоби затискача, з урахуванням напруг, що виникають при затягуванні кріплення, Н.

$$F_p = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot \frac{[\sigma_p]}{1,3}, \quad (3.9)$$

де  $d_1 = 44,319$  мм – внутрішній діаметр різьбової частини скоби М48;

$[\sigma_p]$  - допустиме напруження, матеріалу скоби на розтягування,  
 $[\sigma_p] = 1,2 \cdot 10^8$  Па;

$f$  - коефіцієнт тертя каната по канату,  $f = 0,15 \dots 0,20$ .

$$F_p = \frac{3,14 \cdot 0,044319^2}{4} \cdot \frac{1,2 \cdot 10^8}{1,3} = 142330 \text{ Н}$$

Підставивши отримані значення у вираження (3.8), одержимо:

$$z_{\text{н\text{а}е}} = \frac{1,5 \cdot 202000}{2 \cdot 142330 \cdot 0,2} = 5,32$$

Приймаємо число затискачів  $z_{\text{н\text{а}е}} = 6$ .

Крок розташування затискачів:

$$t = 6 \quad d = 6 \quad 48 = 288 \text{ мм.}$$

Визначимо довжину заготовки каната використовуваного для виготовлення одного стропа:

$$L_{\text{ЗАГ}} = 2[L_1 + L_2(Z_{\text{СЖ}} - 1) + L_3] + L_{\text{СТР}}, \quad (3.10)$$

де  $L_1, L_2, L_3$  – довжини частин стиску, обумовлені емпірично;

$L_{\text{СТР}}$  – довжина стропа.

Її можна визначити:

$$L_{\text{СТР}} = \frac{AO_{\square}}{\cos \alpha} + b = \frac{1300}{\cos 60^{\circ}} + 300 = 2900 \text{ мм};$$

$$L_1 = 7 \cdot d_{\text{А}} = 7 \cdot 48 = 336 \text{ и\text{л}} \quad ;$$

$$L_2 = 6 \cdot d_{\text{А}} = 6 \cdot 48 = 288 \text{ и\text{л}} \quad ;$$

$$L_3 = 250 \text{ и\text{л}} \quad .$$

$$L_{\text{ЗАГ}} \text{ BC} = 2 \cdot [336 + 288 \cdot (7 - 1) + 250] + 2900 = 7528 \text{ мм} \approx 7530 \text{ мм}$$

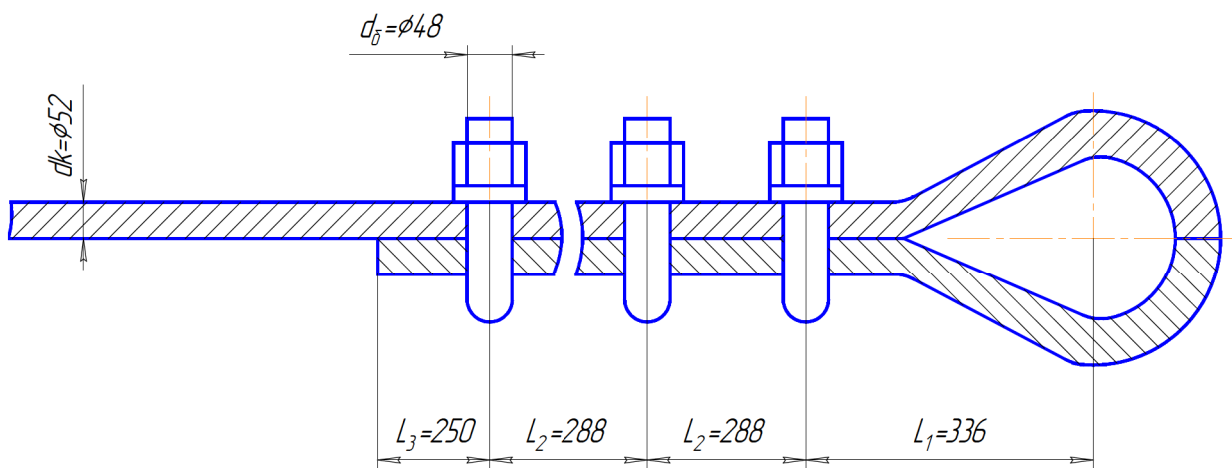


Рисунок 3.5 - Схема стисків стропа

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

### 4.1. Характеристика ступеня безпеки технологічного процесу, рівня механізації й автоматизації

Прокатне виробництво характеризується складністю й різноманітністю механічного встаткування, у зв'язку, із чим у виробничому процесі в основному мають місце небезпечні фізичні фактори; фізико-хімічні фактори є основними тільки при нагріванні металу перед прокаткою й вогневому зачищенню поверхні прокату.

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

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

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

де B - рівень механізації праці, %;

M - сума людино-годин механізованої праці;

R - сума людино-годин ручної праці.

- для слюсаря ремонтника: M=2ч, R=6ч

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

Результати розрахунків рівня механізації праці для інших професій представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Розрахунок рівня механізації праці

№ п/п	Професія робітників	Штат робітників	Кількість відпрацьованих людино-годин у добу			% механізованої праці	% ручної праці
			Вручну	За допомогою машин	Усього		
1	Електрогазо-зварювальник	1	$6 \cdot 1 = 6$	$2 \cdot 1 = 2$	8	25	75
2	Слюсар ремонтник 6-го розряду	4	$6 \cdot 4 = 24$	$2 \cdot 4 = 8$	32	25	75
3	Оператор стану	1	$1 \cdot 1 = 1$	$7 \cdot 1 = 7$	8	87,5	12,5
4	Крановий машиніст	5	$0,5 \cdot 5 = 2,5$	$7,5 \cdot 5 = 37,5$	40	93,75	6,25

З дані таблиці можна дати висновок, що електрогазо-зварювальник - 25% механізованого, 75% ручної праці; слюсар ремонтник 6-го розряду - 50% механізованого, 50% ручної праці; слюсар ремонтник 6-го розряду - 50% механізованого, 50% ручної праці, оператор стана – 87,5% механізованого, 12,5% ручної праці; крановий машиніст – 93,75% механізованого, 6,25% ручної праці.

#### 4.2. Аналіз потенційних-небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища

Основними шкідливими й небезпечними факторами в цеху є: шум, вібрація, надлишкові теплові виділення на ділянках нагрівальних колодязів, робочої кліті стана, ножиців, рольгангів; запиленість і загазованість на деяких робочих ділянках; електронебезпечність; імовірність падіння вантажів із кранів.

Подача нагрітих злитків від нагрівальних колодязів до прокатного стана є в основному безпечною операцією. Однак при транспортуванні злитків з не застиглою серцевиною слитковозами можливо виплескування рідкого металу, падіння гарячої окалини, теплові опіки. Ступінь небезпеки виробничого процесу при гарячій прокатці значно вище, ніж при холодній, що зумовлено високою температурою металу, що прокочують. Додатковими небезпечними факторами при гарячій прокатці є температурний режим нагрівання, режим прокатки,

швидкість його охолодження при деформації й т.д. При різанні металу на ножицях небезпечними є локальні зони що рухаються й обертаються частин механізму. Значно підвищує фактор безпеки процесу використання в потоці машин вогневого зачищення металу. При вогневому зачищенні можливий вибух газів. Інші технологічні операції (охолодження, таврування, складування металу) особливого впливу на рівень безпеки технологічного процесу не роблять.

Таблиця 4.2 - Технологічна карта умов праці для чергового й ремонтного слюсаря

Фактори	Нормативное значение, ПДК, ПДУ	Фактичне значення	III клас шкідливих і небезпечних умов., і характер праці			Час дії фактора % у зміну
			1 степень	2 степень	3 степень	
I. Шкідливі хімічні речовини, мг/м <sup>3</sup>						
1 клас безпеки						
Ангідрид хромовий	0,01	0,02	2			83,1
2 клас безпеки						
Марганцю оксиди (дезінтегр)	0,3	0,56	1,87			83,1
3-4 клас безпеки						
Масла мінеральні	5,0	6,5	1,3			83,1
Азоту диоксид	2,0	4,0	2			83,1
II. Пил переважно фіброгенної дії, мг/м <sup>3</sup>						
Зміст кремнію диоксид – 2,5%	4,0	26,4			6,6	83,1
III. Шум, Дб	75	93		18		100
IV. Мікроклімат у приміщенні						
- температура повітря, °C	27	40,5			13,5	83,1
- швидкість руху повітря, м/сек	0,2-0,5	0,27				83,1
- інфрачервоне випромінювання, Вт/м <sup>2</sup>	140			654		79,8
V. Робоча поза						
Нахил корпусу в просторі, обумовлений технологічним процесом	28,1%	30%	30			
Кількість факторів			4	2	2	

Робочі місця мають у наявності: 2 фактора 3 ступені, 2 фактора 2 ступені, 4 фактор 1 ступеня. По показниках робоче місце ставиться до шкідливих і тяжких умов праці, що відповідає показникам списку №1 пункт 1.

Слюсар ає право відходу на пенсію за списком №1.

Відповідно до списку №1: пенсійний вік по пільгових умовах для чоловіків становить 50 років, дається додаткова відпустка 14 днів і молоко.

Шкідливості й небезпеки ЦГПТЛ ставляться до фізичної групи ДСТУ 12.4.103-83. До цієї групи ставляться пил, шум, зміни температури усередині цеху.

У таблиці 4.3 наведені фактори виробничого середовища трудового процесу й заходи щодо їхнього усунення на ділянці чистових клітей.

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

№ п/п	Небезпечний або шкідливий фактор виробничого середовища	Захисне пристрій	Тип пристрою	Параметри Пристрою	Місце установки
1	Запиленність	Витяжна вентиляція	КСЗ	7800 м <sup>3</sup> /год	У місцях утворення пилу
2	Запиленність	Респіратор СИЗОД	ШБ-1М	-	Індивідуально
3	Шум	Навушники противошумові, беруши		Придатний до 110дб	Індивідуально
4	Температура Холодний період	Утеплена куртка, ватяні штани, костюм з х/б тканини, черевики	Тн	-	Індивідуально
	Теплий період року	костюм з х/б тканини, черевики	Ти		
5	Шкідливі хімічні речовини (Ангідрид хромовий, Масла мінеральні та ін..)	Теж що й при запиленність + костюм х/б, рукавиці	Пм	-	Індивідуально

Всі працівники цеху безкоштовно забезпечений спец одягом, спец взуттям і засобами індивідуального захисту. До складу спецодягу входять:



костюм х/б тканини, черевики, у зимовий час видається утеплена куртка й ватяні штани (ДСТУ 12.4. 103-83).

### 4.3. Технічні рішення по виробничій санітарії

#### 4.3.1. Об'ємно-планувальні рішення будинків і споруджень цеху

Відповідно до вимог санітарних норм для прокатного виробництва передбачається встановлення санітарно-захисної зони.

У генеральному плані металургійного заводу цех гарячої прокатки тонкого листа знаходиться у єдиному блоці з обтискним цехом, і передачі заготівлі в прокатний цех виробляється внутрішньоцеховим транспортом. Прокатний цех розташований, так щоб переважні вітри були спрямовані уздовж цеха від складів готової продукції до ливарного цеху. Розглянута ділянка перебуває в центрі промислової зони. Тому при зміні вітрів ділянка може перебувати на шляху проходження шкідливих викидів (газів і пилу) різних виробництв, та й сам може бути джерелом забруднення повітря для цих виробництв. Тому потрібно вживати заходів по зменшенню шкідливих викидів виробництва. Обсяг і площа приміщення доводиться на одного робітника не менш  $15\text{м}^3$  й  $4,5\text{ м}^2$  відповідно.

#### 4.3.2. Опалення й вентиляція

Під вентиляцією розуміють систему заходів і пристроїв, призначених для забезпечення на робочих місцях, у робітниках й обслуговує зонах приміщень метеорологічних 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 встаткування закрито парасолями (витяжна вентиляція), з'єднаними за допомогою воздуховодів із пристроями для очищення повітря, що видаляє.

Також у прольоті металургійної ділянки використовують природну вентиляцію повітря. У такому виді вентиляції повітря надходить і віддається через щілини вікна, двері, ворота, ліхтарі.

Опалення побутових приміщень здійснюється за допомогою панелей (батарей) у які як теплоносії використовують пару з температурою до 120<sup>0</sup>С. Опалення побутових приміщень здійснюється від цеху тепловодозабезпечення.

Дієвим засобом забезпечення необхідних гігієнічних якостей повітря, що сприяють нормальній роботі, і відповідають вимогам БНіП 2.04.05-91 передбачена вентиляція деяких робочих місць. Допустими норми мікроклімату на постійних робочих місцях зазначені в таблиці 4.4.

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

Період року	Категорія роботи з вагі	Період року			Температура повітря в непостійних робочих місцях, °С
		на постійних робочих місцях			
		температура повітря, °С	відносна вологість повітря, %	швидкість руху повітря, м/с	
Холодний	Середньої ваги Пб	15	75	0,2	13
Холодний	Важка III	13	75	0,3	12
Теплий	Середньої ваги Пб	16	70	0,4	15
Теплий	Важка III	15	75	0,5	13

*Висновок: параметри робочого середовища по багатьом пунктам не відповідають допустимим нормам мікроклімату на постійних робочих місцях.*

#### 4.3.3. Природне й штучне висвітлення

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

Характеристика приміщення ділянки чистової групи клітей:

- характер робіт	середня точність
- розмір об'єкта розпізнавання, мм	від 1 до 5
- розряд зорової роботи	V
- підрозряд роботи	B
- контрастність об'єкта розпізнавання	середня
- фон	середній
- $E_H$ – штучна, лк	150

Для ремонту встаткування передбачене штучне висвітлення.

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

Штучне висвітлення проектується двох систем: загальне (рівномірне або локалізоване з урахуванням розташування робочих місць) і комбіноване, коли до загального висвітлення додається місцеве. Застосування одного місцевого висвітлення не допускається, тому що різкий контраст між яскраво освітленими й неосвітленими місцями стомлює очі сповільнює швидкість роботи й нерідко є причиною нещасних випадків. На ділянці є дугові ртутні лампи типу ДРЛ-400, ДРЛ-100. Серед ламп накаливання є світильники типу: «Універсаль», «Глибокоизлучатель», а також «Астра».

На ділянці використається природне й штучне висвітлення.

Прийнята система природного висвітлення - бічна.

Слюсар повинен мати V розряд зорової роботи. При загальній системі висвітлення освітленість становить  $E = 150$  лк.

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

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

$$e_n = e \cdot m \cdot c = 1,5 \cdot 0,8 \cdot 0,7 = 0,84 \% \quad (4.2)$$

Аварійне висвітлення для продовження роботи

$$E_{\text{ав.раб.}} = 10\% \cdot E = 0,1 \cdot E = 0,1 \cdot 150 = 15 \text{ лк.} \quad (4.3)$$

Аварійне висвітлення для евакуації людей

$$E_{\text{ав.эв.}} = 5\% \cdot E = 0,05 \cdot E = 0,05 \cdot 150 = 7,5 \text{ лк.} \quad (4.4)$$

#### 4.3.4. Побутові й допоміжні приміщення

Відповідно до вимог БНіП 2.09.04-87 у цеху передбачені побутові й допоміжні приміщення: душові, гардероби, умивальники, санвузли. Норми забезпечення цеху санітарно-побутовими приміщеннями й пристроями для нормальних умов праці робітників представлені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Норми забезпечення цеху санітарно-побутовими приміщеннями й пристроями

№ п/п	Найменування	Одиниці виміру	Вимога по нормах, СНіП 2-92-76	Фактич.
1.	Душові	Шт.	50	50
2.	Умивальники	Шт.	17	17
3.	Санвузли	Шт.	24	22
4.	Кімната особистої гігієни жінок	Шт.	8	8
5.	Штучна вентиляція для робочих місць	Шт.	102	100
6.	Медпункт	Шт.	1	1
7.	Їдальня	Шт.	1	1
8.	Буфет	Шт.	2	2

Умивальники й душові розміщують в окремих приміщеннях, сполучених з гардеробами. При виробничих процесах зі значними виделенням тепла передбачаються окремі додаткові вмивальники з душовими сітками. Умивальники встановлюються з розрахунку 10 чоловік на 1 кран. У гардеробних, при закритому способі зберігання, число місць для зберігання повинне бути дорівнює кількості працюючих у всіх змінах.

#### 4.3.5. Виробничий шум і вібрація

За походженням шум буває механічний, виникаючий у результаті тертя вузлів і деталей механізмів і машин на холостому й робочому ході; аерогідродинамічний, що виникає при великих швидкостях руху потоків повітря, газів, рідин; імпульсний, виникаючий у результаті зіткнення твердих тіл; термічний, генеруємий при згоранні газоподібного палива у форсункових пристроях.

Шум різної інтенсивності й частоти, довгостроково впливаючи на працюючих, приводить до зниження гостроти слуху, а згодом до розвитку професійної глухоти. Шум також негативно впливає на фізіологічні функції організму людини. Будучи зовнішнім подразником, що сприймається й аналізується корою головного мозку, шум приводить до перенапруги центральної нервової системи й розладу функцій внутрішніх органів і систем людини.

Для зменшення шуму в джерелі його утворення заміняють ударні взаємодії деталей безударними, зворотно-поступальні рухи - обертальними; демпфірують коливання суміжних деталей й окремих вузлів агрегату шляхом зчленування їх з матеріалами, що мають велике внутрішнє тертя: гумою, пробкою, бітумом, бітумними картонами, азбестом й ін.; зменшують інтенсивність вібрацій деталей агрегатів шляхом облицювання цих поверхонь.

Для ослаблення вібрацій, яка утворюється в наслідок механічної роботи устаткування, всі агрегати, що створюють вібрації (робочі машини, двигуни,

вентилятори й т.п.), установлюють на самостійних фундаментах, віброізованих від підлоги й інших конструкцій будинків, або на спеціально розрахованих амортизаторах зі сталевих пружин або пружних матеріалів. Для ослаблення передачі вібрацій і шуму по воздуховодам і трубопроводах приєднання їх до вентиляторів і насосів виробляється за допомогою гнучкої вставки із прогумованої тканини або гумового патрубку.

#### 4.3.6. Виробничі випромінювання

Температурний режим у виробничих приміщеннях або в ізованих його частинах залежить від величини тепловиділень устаткування, агрегатів, нагрітих напівфабрикатів і готової продукції, а також від сонячної радіації, що проникає в цех через відкриті й заклені прорізи. Частина тепла, що надійшла у цех, віддається назовні, а інше, надлишкове тепло, нагріває повітря робочих приміщень.

Робітники гарячих цехів металургійних підприємств постійно або періодично піддаються впливу інфрачервоного випромінювання. Інтенсивність опромінення на робочих місцях залежно від розмірів і температури джерел випромінювання й відстані від нього змінюється в широких межах.

Для поліпшення умов праці в гарячих цехах і захисту працюючих від теплового впливу застосовують наступні способи: теплоізоляцію поверхонь, що випромінюють тепло, за допомогою водоохолоджуємих екранів, рам, щитів, завіс й ін.; теплоізоляцію й охолодження робочих місць (постів керування, кабін машиністів кранів й ін.); природну й механічну вентиляцію; повітряне охолодження замкнених просторів печей, що перебувають у ремонті; спецодяг і індивідуальні захисні пристосування - щитки, екрани, окуляри, світлофільтри; раціональну організацію режиму праці й відпочинку.

Ефективним засобом зниження шкідливого впливу теплових виділень є максимальне скорочення часу знаходження нагрітого металу й шлаків у виробничих приміщеннях.

#### 4.4. Заходи безпеки праці

З метою попередження нещасних випадків забороняється:

- починати й вести роботу при яких-небудь несправностях у механізмах;
- самовільно, поза встановленим порядком, надавати руху машині;
- допускати сторонніх осіб до працюючої машини;

Ремонт і регулювання шестеренної кліти робити тільки при зупиненому двигуні й знятій напрузі. Проводку, що підводить струм (загально цехова до 1000 В та для живлення головних силових агрегатів-до 6000 В ), повинна бути добре ізольовані й захищена від ушкоджень. Машина, електродвигун й електроапаратура повинні бути надійно заземлені. Всі проходи навколо машини повинні бути вільні від сторонніх предметів. Підлога навколо машини повинна представляти рівну неслизьку поверхню.

Робоче місце, повинне бути добре освітлено.

При монтажі керуватися вимогами безпеки, розробленими монтажними організаціями.

При консервації керуватися вимогами безпеки відповідно ДСТУ 9.104-78.

#### 4.5. Пожежна безпека

Ділянка має категорію по пожежонебезпеці Г (не горючі речовини розпечені або розплавлені, і горючі речовини спалюються або утилізуються як паливо). Споруда ділянки чистових клітей відноситься до II ступеня вогнестійкості (будівлі з несучими й огорожуючи ми конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону з застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів).

Вогнетривкість конструкцій:

- несучі й сходові клітки - 2 год;
- самонесучі - 1 год;
- зовнішні несучі - 0,25 год;

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

До первинних засобів пожежогасіння в цеху відносять: вогнегасники ВВ –5(15 шт), ВВ–10 (24 шт.), ВВП–1Д (28 шт), пожежний інвентар (покривало з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, бочки з водою, пожежні цебра, совкові лопати); пожежний інвентар (багри, ломи, сокири й ін.).

Цех має внутрішній протипожежний водопровід з пожежними кранами й рукавами.

На території комбінату забороняється:

- курити в неналежних місцях, а курити необхідно в спеціально відведених місцях;
- закривати й захищувати фраги, проїзди, під'їзди й підходи до будинків, водопроводам і пожежним гідрантам;
- виключати окремі ділянки водогінної мережі, внутрішні пожежні крани, знижувати встановлений тиск у мережах;
- допускати до вогневих робіт осіб не минулий інструктаж пожежного тих мінімуму;
- користуватися водою з пожежних водойм і засобами пожежогасіння не по прямому призначенню;
- застосовувати відкритий вогонь при огляді встаткування й комунікацій.

#### 4.6.Рішення по поліпшенню екологічних показників цеху

Створення оптимальних метеорологічних й екологічних умов у виробничому приміщенні є складним завданням, рішення якого йде в наступних напрямках:

- раціональне розміщення джерел теплоти, при охолодженні гарячих виробів, у спеціальних приміщеннях які мають потужну вентиляційну систему;



- механізація й автоматизація виробничих процесів шляхом впровадження механічного розвантаження, впровадженні транспортних трубопроводів.
- впровадженні більше раціональних технологій й устаткування.

#### 4.7. Розрахунок пеногенераторів маслопідвалу

Визначимо кількість пеногенераторів, порошку й води, необхідних для гасіння маслопідвалу, у якому розміщуються маслопроводи, апаратура, баки та насоси живлення ділянки чистових клітей рідкої система змащення та пластичної.

Вихідні дані: розмір маслопідвала  $L=57$ ,  $B=27$  м.

1 Визначимо площу охоплену пожежею:

$$F = L \cdot B, \quad (4.5)$$

$$F = 57 \cdot 27 = 1540 \text{ м}^2$$

2 Секундна витрата хімічної піни:

$$q = F \cdot i, \quad (4.6)$$

де  $i=0,5 \text{ дм}^3/(\text{з} \cdot \text{м}^2)$  – інтенсивність подачі піни.

$$q = 1540 \cdot 0,5 = 770 \text{ дм}^3/\text{с}$$

3 Необхідна кількість пеногенераторів:

$$n = \frac{q}{q_0}, \quad (4.7)$$

де  $q_0$  – продуктивність пеногенератору, дм/с.

Приймаємо пеногенератор типу ПГ-50 з  $q_0=45 \dots 50 \dots 50 \text{ дм/с}$ .

$$n = \frac{770}{45} = 17,1 \text{ шт.}$$

приймаємо 17 штук.

4 Потреба в пеногенераторном порошку:

$$Q = q_1 \cdot t \cdot n, \quad (4.8)$$

де  $q_1=1,2$  кг/с- витрата порошку пеногенератора ПГ-50;

$t=20$  з - час гасіння;

$n=17$  - кількість пеногенераторів.

$$Q = 1,2 \cdot 20 \cdot 17 = 408 \text{ кг}$$

5 Потреба води при гасінні пожежі для утворення піни:

$$W = n \cdot q_2, \quad (4.9)$$

де  $q_2=10$  дм<sup>3</sup>/з – витрату води на утворення піни, що подається в резервуар пеногенератору ПГ-50.

$$W = 17 \cdot 10 = 170 \text{ дм}^3/\text{с}$$

## Висновки

1. Ознайомлення з технологією і обладнанням обтискного цеху металургійного комбінату «Запоріжсталь» показало, що одним з основних «вузьких місць» цеху – незадовільна робота зливковоза, яка виявляється в період транспортування.
2. На підставі наведеного огляду і аналізу технічної і патентної літератури встановлено, що для транспортування злиwkів в світовій практиці використовуються різні конструкції машин, серед яких перевага належить двовісному зливковозу, який має ті ж самі недоліки, що і зливковоз металургійного комбінату «Запоріжсталь».
3. Відомо, що основними недоліками відомих конструкцій гвинтові амортизаційні пружини, встановлені на приводних скатах зливковоза, які слабо гасять удар при завантажені та розвантажені зливковоза, тому відбувається удар зливковоза.
4. В результаті модернізації зливковоза досягнуті наступні цілі – збільшення продуктивності, терміну служби, а також збільшення міжремонтних періодів.
5. Проведені розрахунки на міцність найбільш навантажених деталей і вузлів, які вказують на високу працездатність і надійність машини.
6. Для забезпечення необхідних показників роботи машини слід враховувати вимоги щодо її монтажу та експлуатації, які наведено в розділі 3, а для створення безпечних умов праці персоналу й охорони навколишнього середовища необхідно застосувати заходи, які наведено в розділі 4.
7. Згідно розрахованій необхідній потужності вимогам до електроприводу в даному технологічному процесі підбрано 2 двигуни постійного струму типу Д–816, потужністю 150 кВт кожен.
8. Результати роботи можуть бути використані не тільки на комбінаті «Запоріжсталь», але й на інших підприємствах чорної й кольорової металургії.

## Список використаної літератури

1. Підприємство | PJSC "Zaporizhstal". ПАТ «Запоріжсталь». URL: <https://zaporizhstal.com/pidpriyemstvo/> (дата звернення: 28.03.2024).
2. George T. Halmos. Roll Forming Handbook. Published in 2006 by CRC Press Taylor & Francis Group. 583 p.
3. Чубенко В. А., Хіноцька А. А. Технологія прокатного виробництва : навчальний посібник. Кривий Ріг : КНУ, 2017. 169 с.
4. Данченко В. М., Грінкевич В. О., Головка О.М. Теорія процесів обробки металів тиском: підручник для вищ. навч. заклад. Дніпропетровськ: Пороги, 2008. 370 с.
5. Ф. К. Іванченко, В. М. Гребеник, В. І. Ширяєв. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів: навчальний посібник. К: Вища шк., 1995. 455 с.
6. Hrechanyi O., Vasilchenko T., Badlo V., Chuvalskyi M., Padalka O., Parkhomenko V. Analysis of constructive factors affecting the fatigue strength of metallurgical equipment parts. *Системні технології*. 2023. Т. 145. № 2. С. 19–29. URL: <https://doi.org/10.34185/1562-9945-2-145-2023-03>.
7. Гречаний О. М., Васильченко Т., Бадло В. В., Чувальський М. В., Падалка О. О., Пархоменко В. В. Аналіз факторів, що впливають на втомну міцність деталей металургійного обладнання. *Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні. ІТММ'2023: тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції* Дніпро: УДУНТ, 2023. С. 23–26.
8. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин: Навчальний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 1996. 145 с.
9. Півняк Г.Г., Бешта О.С., Фількін М.П. Автоматизований електропривод у прокатному виробництві. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2008. 352с.

10. Розрахунки вантажопідйомних та транспортуючих машин / Ф. К. Іванченко та ін. К. : Вища шк., 1978. 576 с.
11. Погорелов С. В., Ведмідь Ю. П. Підйомно-транспортні машини: лаб. практикум. Запоріжжя : ЗДІА, 2005. 48 с.
12. Іванченко Ф. К. Конструкція та розрахунок підйомно-транспортних машин. К. : Вища шк., 1988. 424 с.
13. Проценко О.М. Методичні вказівки до розрахунку силових і кінематичних параметрів приводів у курсовому проектуванні. Суми: Сумський державний університет, 2011. 72 с.
14. Гайдамака А.В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків: навчальний посібник. Харків: Харківський політехнічний інститут, 2020.
15. Рудь Ю. С. Основи конструювання машин : підручник. 2-ге вид. Кривий Ріг : ФОП Чернявський Д.О., 2015. 492 с.
16. Технічне обслуговування металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. К. : вид. дім "Кондор", 2017. 288 с.
17. Ремонт металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. К. : вид. дім "Кондор", 2017. 236 с.
18. Седуш В.Я. Надійність, ремонт і монтаж металургійних машин : Підручник. – 4-е вид., перероб. І доп. – Донецьк: ТОВ «Юго – Восток, Лтд», 2008. – 379 с.
19. Ковтун Р.М. Складання металоконструкцій: підручник. Київ: Вища освіта, 2006. 560 с. ISBN: 966-8081-59-5
20. Вискребенцев Е.П. Допуски та посадки гладких циліндричних з'єднань у завданнях та прикладах: навч. посіб. Алчевськ: Дон ДТУ, 2005. 214 с. ISBN 966-310-070-2
21. Охорона праці на гірничо–металургійному підприємстві: навч. посібник. Ч.І: Металургійний комплекс. / В.О.Шеремет та ін. Дніпропетровськ: Січ, 2002. 375 с.

22. НПА ОП 0.00–4.01–08 Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту [Електронний ресурс] // Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=28566](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=28566).
23. ДСН 3.3.6.042–99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
24. ДБН В.2.5–28–2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення [Електронний ресурс] // Мінбуд України. – 2006. – Режим доступу до ресурсу: [http://www.gorsvet.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/08/ДБН-В.2.5–28–2006.pdf](http://www.gorsvet.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/08/ДБН-В.2.5-28-2006.pdf).
25. Правила улаштування електроустановок. URL: <https://mev.gov.ua/storinka/pravya-ulashtuvannya-elektroustanovok> (дата звернення: 03.10.2023).
26. ДБН В.1.1–7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва Загальні вимоги [Електронний ресурс] // Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово–комунального господарства України. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: [http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/32.1.%20ДБН%20В.1.1–7~2016.%20Пожежна%20безпека%20об'єктів%20будівни.pdf](http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/32.1.%20ДБН%20В.1.1-7~2016.%20Пожежна%20безпека%20об'єктів%20будівни.pdf).
27. Ткачук К. Н. Охорона праці та промислова безпека. Навч. посіб. / К. Н. Ткачук та ін. – К: Основа, 2009. – 360 с.
28. Румянцев В. Р. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та техногенна безпека» у дипломних роботах (проектах) для студентів ЗДІА спеціальностей МЧМ, МБ та інші / В. Р. Румянцев, І. О. Ткаліч. – Запоріжжя: ЗДІА, 2012. – 16 с.

## ДОДАТКИ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
			ДП.022720.100 СБ	Сборочный чертеж		
				Сборочные единицы		
		1		Редуктор черв'ячний глобоїдний A=420, i=24.5 (правий)	1	
		2		Редуктор черв'ячний глобоїдний A=900, i=32,5 (правий)	1	
		3		Редуктор черв'ячний глобоїдний A=420, i=24,5 (лівий)	1	
		4		Редуктор черв'ячний глобоїдний A=900, i=32,5 (лівий)	1	
		5		Установка командоапарата і сельсіна (права)	1	
		6		Установка командоапарата і сельсіна (ліва)	1	
		7		Муфта гнучка	2	
		8		Муфта граничного моменту	2	
		9		Муфта зубчаста	1	
		10		Муфта електромагнітна	1	
		11		Муфта зубчаста подовжувальна	1	
		12		Муфта зубчаста	2	
		13		Гайка натискного звинта	2	
<b>ДП.022720.100</b>						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Иваницький				Лит.	Лист
Пров.	Сайкова					1
Н.контр.	Васильченко				Листов	
Утв.	Власов				2	
<b>Натискний пристрій робочої кліті станa 1700</b>					МОНУ ІННІ ім. Ю.М. Потєбні ЗНУ зр. 6.1330-3	



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Детали</u>		
		4		Планка	4	
		15		Центр	2	
		16		Гвинт натискний	2	
		17		Підп'ятник	2	
		18		Стакан	2	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		7		Болт М4х2х150 ГОСТ 7798-70	4	
		20		Болт М76х300 ГОСТ 13152-67	4	
		21		Гайка М16 ГОСТ 5915-70	16	
		22		Гайка М24 ГОСТ 5915-70	6	
		23		Гайка М36 ГОСТ 5915-70	8	
		24		Гайка М42 ГОСТ 5915-70	12	
		25		Гайка М64 ГОСТ 5915-70	16	
		26		Гайка М76 ГОСТ 5915-70	4	
		27		Двигун електричний	2	
		28		Шайба 36 ГОСТ 11371-78	8	
		29		Шпілька М16х40 ГОСТ 22041-76	16	
		30		Шпілька М24х80 ГОСТ 22041-76	6	
		31		Шпілька М36х100 ГОСТ 22041-76	8	
		32		Шпілька М42х120 ГОСТ 22041-76	12	
		33		Шпілька М64х150 ГОСТ 22041-76	16	
		34		Шплінт 10х120 ГОСТ 397-66	4	
		35		Шпонка призм. 70х36х200 ГОСТ 40875	4	
		36		Штіфт 60х105 ГОСТ 3128-70	2	

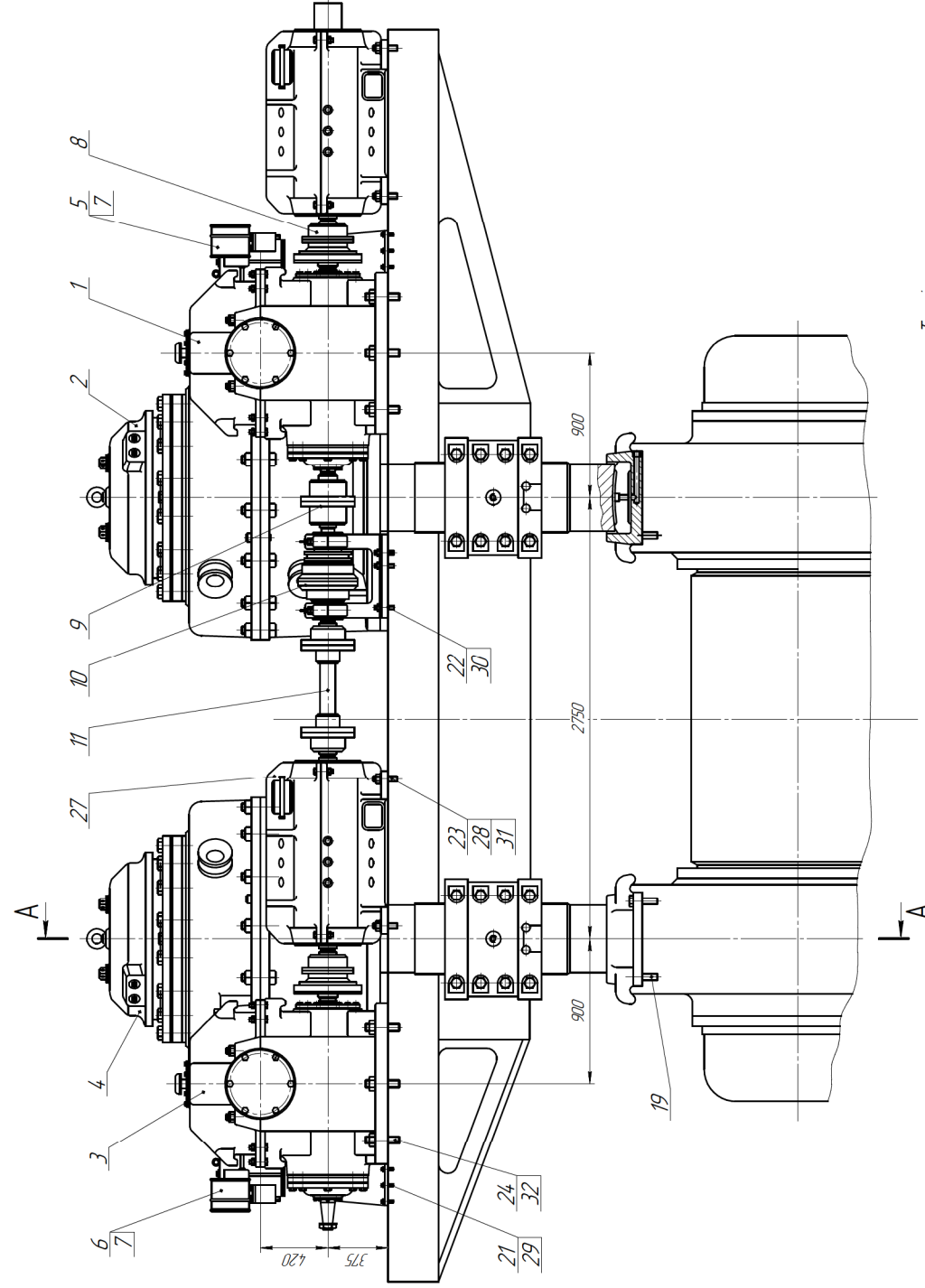
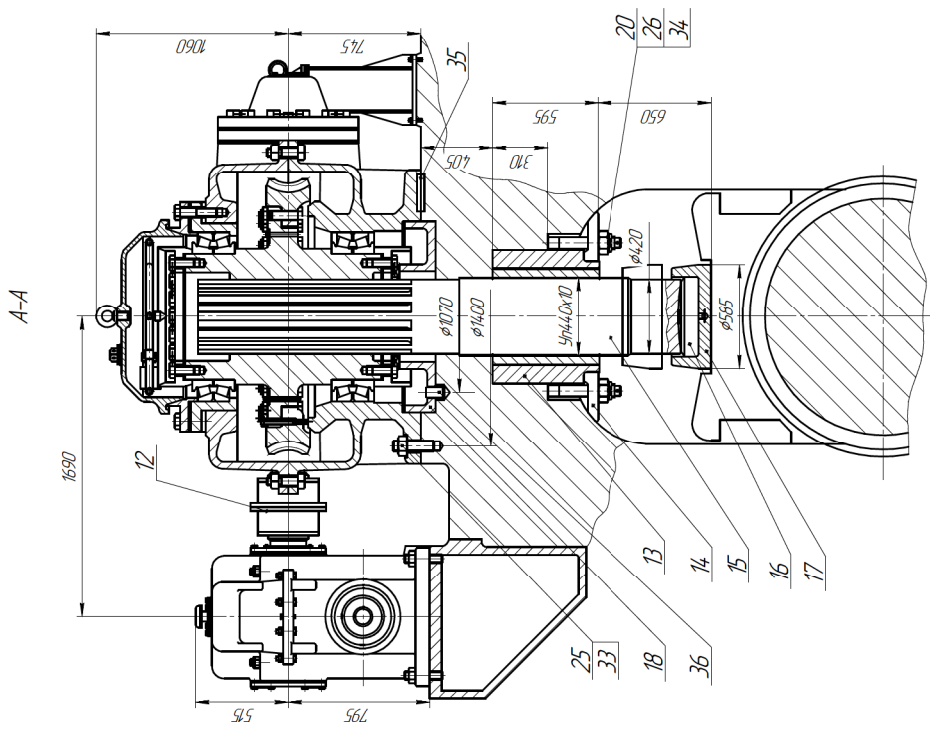
Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № докл.
Подп. и дата	
Инд. № подл.	

Изм.	Лист	№ док.цм.	Подп.	Дата
------	------	-----------	-------	------

ДП.022720.100

Лист  
2

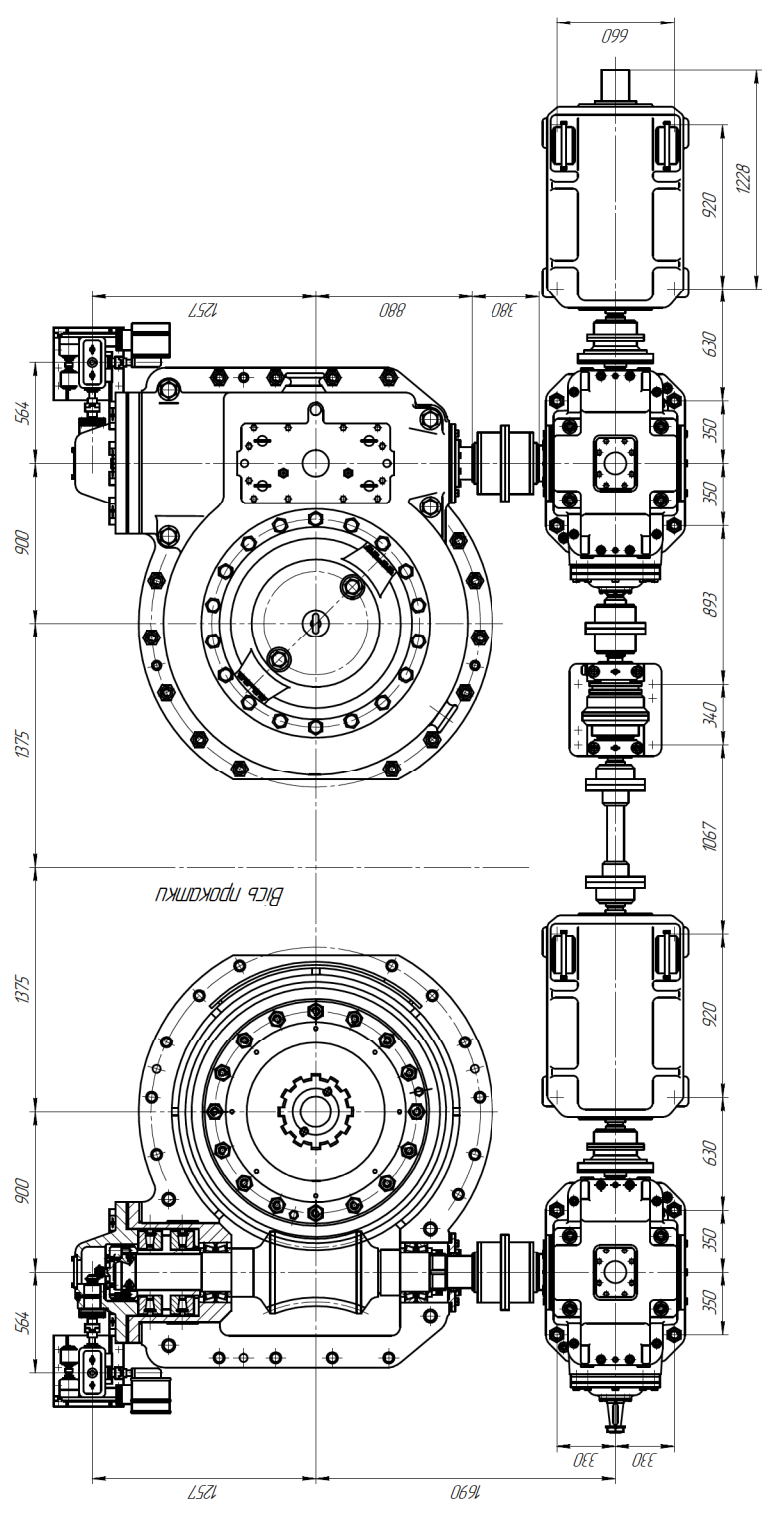
A-A



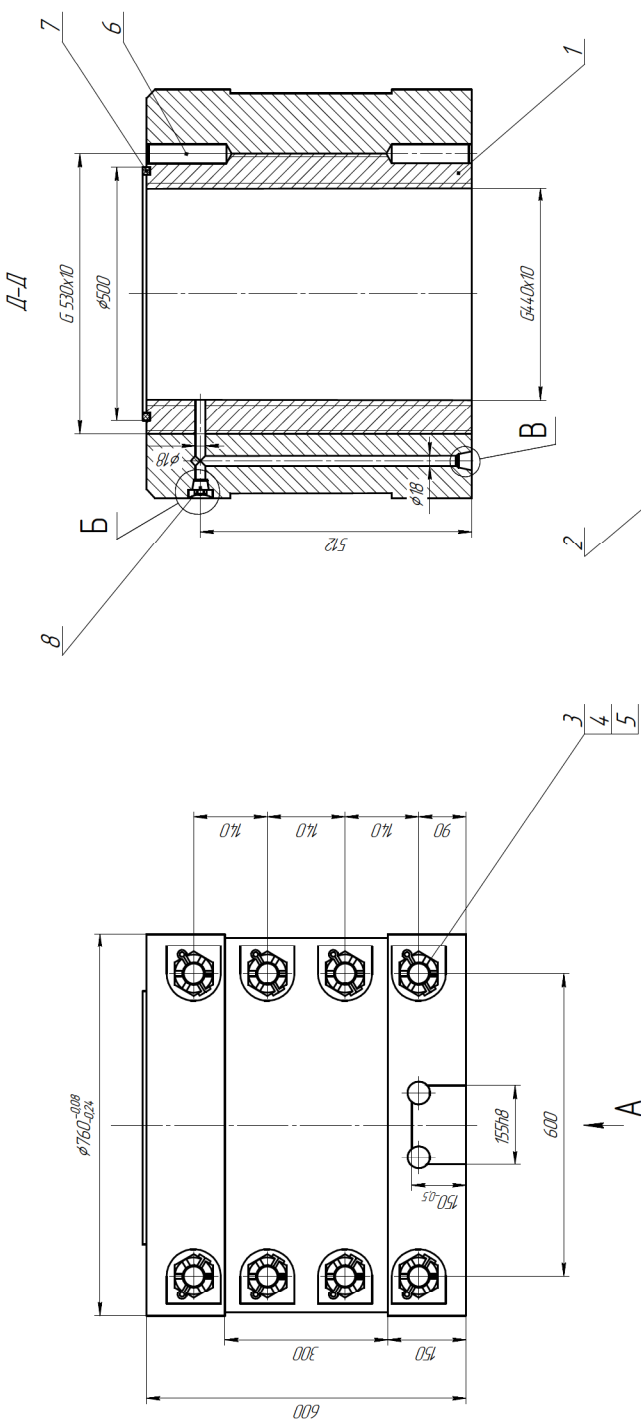
Технічна характеристика

1. Максимальний тиск на написаний гдинт 1525
2. Потужність одного електрообв'язу кВт 40
3. Число одбитів електрообв'язу од. хб 575
4. Хід написаних гдинт, мм 440
5. Кож. п'яди написаного гдинта, мм 10
6. Передача відхилення від написаного гдинта до валу електрообв'язу 796
7. Швидкість переміщення написаних гдинт, мм/хб. 7,29

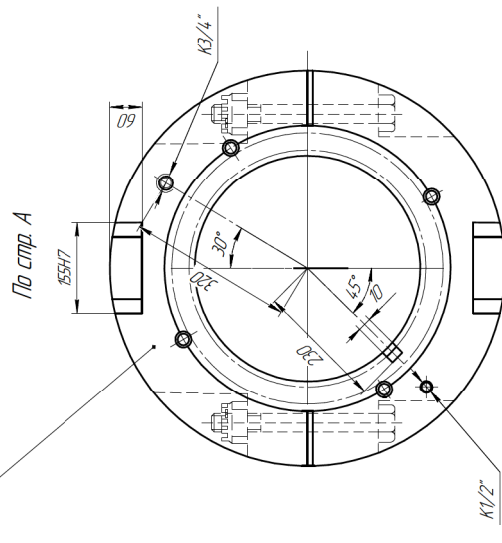
ДП.022720.100.СБ		Масштаб	
Лист	Кол-во	Лист	Кол-во
1	15	1	15
Написаний пристрій			
робочий китт станда Т100			
Содержаний чертёж			
Исполн.	Инж. А.И. Петров	Провер.	Инж. В.И. Иванов
Удобр.	Инж. В.И. Иванов	Удобр.	Инж. В.И. Иванов
Фабрикт АТ			



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
A1			ДП.022720.200 СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Сборочные единицы</u>		
		1		Гайка G440x10	1	
		2		Напівкільце	2	
		3		Болт M4.2x320	8	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		4		Гайка M4.2 ГОСТ5918-62	8	
		5		Шпінт 6x60 ГОСТ397-54	8	
		6		Штіфт 30x140 ГОСТ 3128-68	8	
		7		Шнур гумовий 1с-11-11-1725	1	A31
		8		Пробка 1/2"	1	
<b>МФДП.000677.500</b>						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Кас'яненко			Лит.	Лист
Пров.		Хімін				Листов
Н.контр.		Хімін			1	
Утв.		Жук			МОНМСУ	
					ЗДІА, каф. МО	
					гр. МО-11-1сз	
				Гайка натискного звинта		
					Копировал	Формат А4



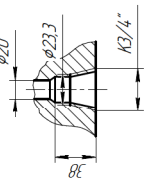
3  
4  
5



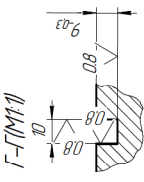
По стр. А

1. Проверки лезвья лобовины дуги, чистили, дефекты не допускаться  
2. После завершения всех работ, лоз. 3,4,5 накрыть лоз. 2 лобовины лентно с настилом скрепить ленту лоз. 1

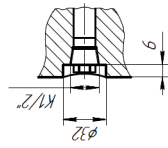
БМ(12,5)



Г-Г(М11)

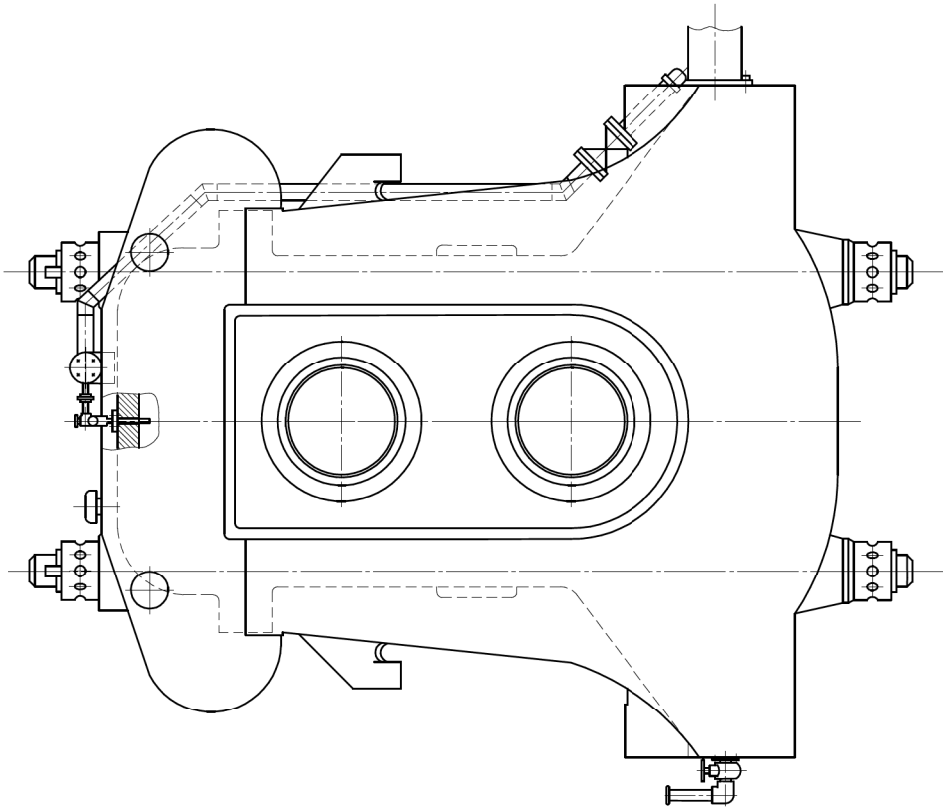
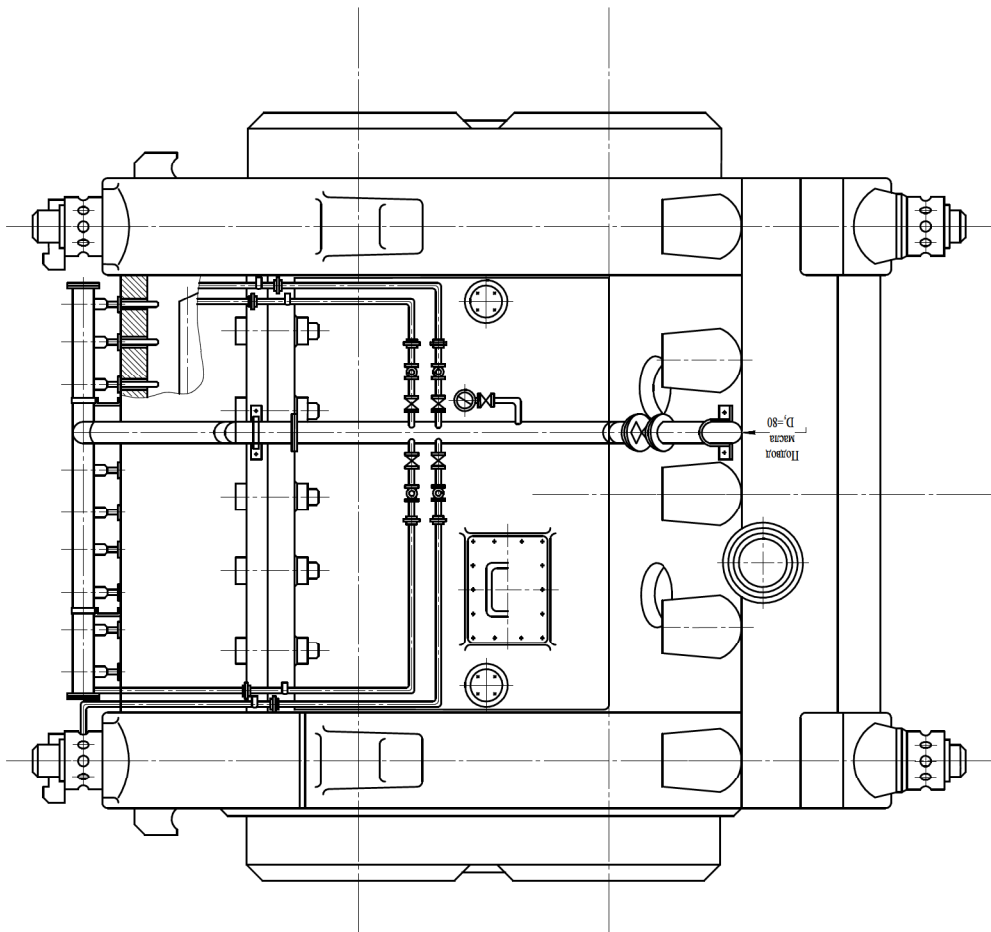


БМ(12)



ДП.022720.200.СБ			
Мат. изгот.	Мат. изгот.	Мат. изгот.	Мат. изгот.
№ документа	№ документа	№ документа	№ документа
Разработчик	Разработчик	Разработчик	Разработчик
Проверен	Проверен	Проверен	Проверен
Специально	Специально	Специально	Специально
Утвержден	Утвержден	Утвержден	Утвержден
Исполнитель	Исполнитель	Исполнитель	Исполнитель
Срок	Срок	Срок	Срок
Масштаб	Масштаб	Масштаб	Масштаб
№ изм.	№ изм.	№ изм.	№ изм.
Дата изм.	Дата изм.	Дата изм.	Дата изм.
Итого листов: 1			
Итого листов: 1			

Мод. №...  
Век. №...  
Изм. №...  
Ср. №...  
Лист №...  
Стр. №...  
Формат А1



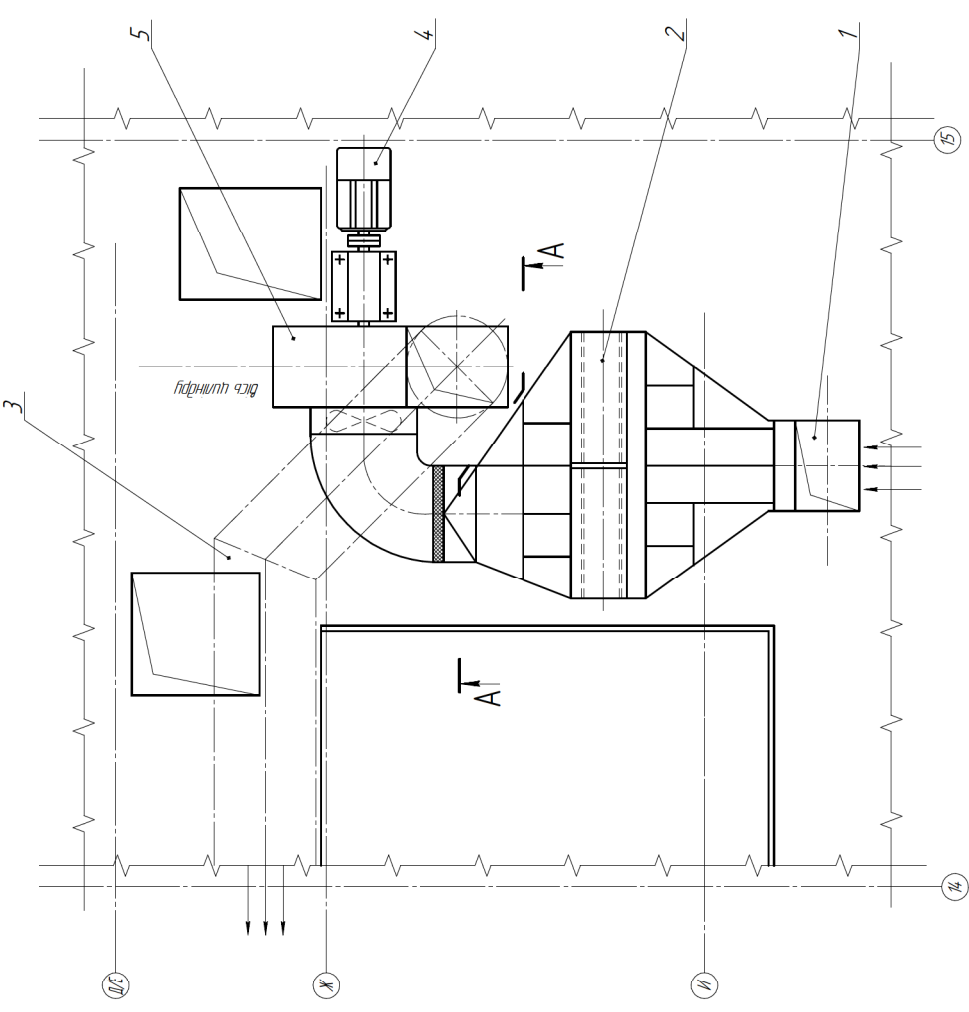
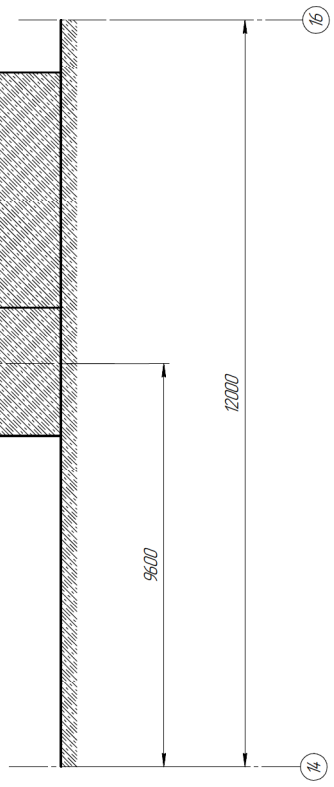
- Технічна характеристика
1. В'язкість кінцева при 40 °С, 57-75 мм<sup>2</sup>/с.
  2. Кислотне число, не більше 0,05 не КОН на 1г. масла.
  3. Зольність, не більше 0,005 %.
  4. Вміст механічних домішок відсутні.
  5. Вміст води, слід.
  6. Щільність при 20 °С, не більше 900 кг/м<sup>3</sup>.
  7. Температура застигання, не більше мінус 15 °С.
  8. Температура спалаху у відкритому теглі, не нижче 220(200) °С.
  9. Масло М-40А можна замінити легковискозним маслом МГГ-18, МГГ-30, МГГ-36 і МГГ-49 (Гу 38,10%, Із-57) відповідної в'язкості.

ДП022720.200 МК

Мод. № розв.	Вар. № розв.	Мод. № розв.	Вар. № розв.	Лист у збірці	Лист розв.	Лист у збірці	Лист розв.

ДП022720.200 МК		Лист		Масштаб	
		11			
Система змащування				Шестеренної Кліти	
Мод. № розв.	Вар. № розв.	Мод. № розв.	Вар. № розв.	Лист	Лист
Резерв	Важельні	Селектор	Селектор	1	7
Увімк.	Увімк.	Увімк.	Увімк.	Увімк.	Увімк.
Масштаб	Масштаб	Масштаб	Масштаб	Масштаб	Масштаб
ІН № 011 Платформа ЗН					
ар. 6.633-7					
Фабричний №					
Контрагент					

ИД № 022720000 017	Степень свободы	№ докум.	Лист	Шкала	Масштаб
	Устройство демонтажа	ИД № 022720000 017	1	1:1	1:1
	Проект	Состав	Лист	Шкала	Масштаб
	Исполн.	Провер.	Утвер.	Дата	№ докум.
	Инженер	Инженер	Инженер	2017	ИД № 022720000 017
	Упр.	Упр.	Упр.	2017	ИД № 022720000 017



ИД № 022720000 017