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 натискного механізму чистової кліті сортопрокатного стану 550 в умовах прокатного цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь»

Виконав: студент групи 6.1332-с

Паньков Є.В.
(ПІБ) (підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма
Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Керівник Васильченко Т.О.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Н.контроль Васильченко Т.О.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя – 2025 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

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Спеціалізація
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедрою А.О. Власов

_____

“____”_____20___ року

Завдання
до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

Панькова Євгена Вікторовича
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема бакалаврської роботи: Модернізація натискного механізму чистової кліті сортопрокатного стану 550 в умовах прокатного цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь»
   керівник бакалаврської роботи доц. Васильченко Т.О.
   затверджені наказом вищого навчального закладу від “27“ грудня 2024 року № 2031-с.
2. Строк подання студентом магістерської роботи 14 червня 2025 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. Робоча кліть – 1А1; 2.Редуктор - 2А1; 3. Стопорний пристрій - 1А1;4. 4. Вузол подушок -1А1; 5. Строповка редуктора – 1А0.

6. Консультанти розділів магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Васильченко Т.О., доцент		
2	Васильченко Т.О., доцент		
3	Васильченко Т.О., доцент		
4	Васильченко Т.О., доцент		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів магістерської роботи	Примітки
1	Збір матеріалу на проєктування	13.05.2025–20.05.2025	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань проєктування	21.05.2025 – 27.05.2025	
3	Виконання теоретичної частини проєкту	26.05.2025 – 29.05.2025	
4	Виконання графічної частини проєкту	30.05.2025 – 05.06.2025	
5	Написання та оформлення пояснювальної записки	06.06.2025 – 10.06.2025	
6	Перевірка проєкту консультантами	11.06.2025 – 13.06.2025	
7	Попередній захист проєкту	14.06.2025	
8	Переплітання пояснювальної записки	Згідно з графіком	
9	Захист проекту у ДЕК	Згідно з графіком	

Студент _____ Є.В.Пальков
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник бакалаврської роботи _____ Т.О. Васильченко
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Паньков Є.В. Модернізація натискного механізму чистової кліті сортопрокатного стану 550 в умовах прокатного цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь».

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти бакалавр за спеціальність 133 – Галузеве машинобудування, керівник Т.О. Васильченко. Запорізький національний університет, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра металургійного обладнання, 2025.

У дипломному проєкті розроблено технічне рішення для підвищення надійності натискного механізму чистової кліті сортопрокатного стану 550 ПрАТ «Дніпроспецсталь». Виявлена проблема самовідгвинчування натискних гвинтів під час роботи призводить до нестабільності прокатного процесу та погіршення якості продукції.

Запропоновано конструкцію стопорного пристрою, який механічно фіксує гвинт у робочому положенні без збільшення тертя. Проведено розрахунки міцності, які підтверджують надійність рішення. Розглянуто порядок монтажу, обслуговування та вимоги з охорони праці. Впровадження модернізації дозволяє покращити роботу прокатного стану й підвищити ефективність виробництва.

Ключові слова: НАТИСКНИЙ МЕХАНІЗМ, ПРОКАТНИЙ СТАН 550, МОДЕРНІЗАЦІЯ, СТОПОРНИЙ ПРИСТРІЙ

ABSTRACT

Pankov E.V. Modernization of the pressure mechanism of the finishing stand of the long-rolling mill 550 in the rolling shop of PrJSC "Dniprospetsstal".

Qualifying thesis for obtaining a bachelor's degree in higher education, specialty 133 - Industrial engineering, professor Vasilchenko T.O. Zaporizhzhia National University, Engineering Educational and Scientific Institute them. Yu.M. Potebni, Department of Metallurgical Equipment, 2025.

This bachelor's thesis presents a technical solution aimed at improving the reliability of the screw-down mechanism in the finishing stand of the 550 section rolling mill at PJSC "Dniprospecstal". The identified issue of self-unscrewing of the screw-down bolts during operation leads to unstable rolling processes and decreased product quality.

A locking device was proposed to mechanically secure the screw in position without increasing thread friction. Strength calculations confirmed the reliability of the design. The project also covers installation procedures, maintenance instructions, and occupational safety requirements. Implementation of the modernization improves mill performance and overall production efficiency.

Keywords: SCREW-DOWN MECHANISM, ROLLING MILL 550, MODERNIZATION, LOCKING DEVICE

ЗМІСТ

ВСТУП 7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА 9
1.1 Загальні відомості про підприємство 9
1.2 Вантажопотоки прокатного цеху 10
1.3 Технологія прокатки на стані 13
1.3.1 Посадка заготівель в нагрівальні печі 13
1.3.2 Нагрівання заготівель під прокатку 15
1.3.3 Прокатка заготівель на сорт і граничну заготівлю 16
1.4 Технічні особливості механічного устаткування прокатного цеху 19
1.5 Проблемні ділянки прокатного цеху та заходи для їх усунення 21
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА 24
2.1 Огляд конструкції натискного механізму 24
2.1.1 Електромеханічні натискні механізми 25
2.1.1.1 Швидкохідні натискні механізми 25
2.1.1.2 Тихохідні натискні механізми 27
2.2 Пропозиції щодо модернізації 31
2.3 Розрахунок натискного механізму 33
2.3.1 Розрахунок вихідних даних редуктора 37
2.3.2 Розрахунок редуктора регулювання зазорів між валками 39
2.3.2.1 Швидкохідна ступінь - черв'ячна передача з циліндровим черв'яком 39
2.3.3 Розрахунок передачі гвинт-гайка 48
2.3.4 Розрахунок стопорного пристрою 51
3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА 55
3.1 Призначення і види такелажних робіт 55
3.2 Розрахунок стропування редуктора і вибір каната 58
3.2.2 Розрахунок кількості затискачів для утворення й утримання петель 60
3.3 Мастильні матеріали 62
3.3.1 Розрахунок системи рідинного змащування редуктора 63

3.3.2 Вибір сорту мастила 65
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 67
4.1 Виявлення та оцінка шкідливих факторів виробничого середовища 67
4.3 Технічні рішення по гігієні праці і виробничій санітарії 71
4.3.1 Мікроклімат 71
7.3.2 Освітлення виробничих приміщень 72
4.3.3 Виробничий шум 73
4.3.4 Виробничі випромінювання 74
4.3.5 Гігієна праці 75
4.4 Техногенна безпека 76
4.4.1 Заходи пожежної безпеки 78
4.5 Розрахунок вентиляції для видалення надлишкової теплоти 79
Висновки 83
Список використаної літератури 84
ДОДАТКИ 87

ВСТУП

Сучасне металургійне виробництво висуває все жорсткіші вимоги до точності геометричних параметрів прокату, стабільності технологічного процесу та ресурсу основного обладнання. Одним із ключових елементів, що безпосередньо впливає на якість прокатаної продукції, є натискний механізм кліті прокатного стана, зокрема — його чистової частини. В умовах ПрАТ «Дніпроспецсталь», де експлуатується сортопрокатний стан 550, наявний натискний механізм має конструктивні та експлуатаційні обмеження, які призводять до неточностей у налаштуванні розміру прокату, передчасного зношування елементів і втрати продуктивності.

Актуальність теми дипломного проєкту полягає в необхідності підвищення надійності, точності регулювання та загальної ефективності натискного механізму, що забезпечує позиціонування валків чистової кліті. На сьогодні механізм має низку застарілих рішень, таких як ручне регулювання натиску або недостатня жорсткість елементів, які вже не відповідають сучасним вимогам до швидкодії та точності.

Метою даної роботи є розробка технічно обґрунтованого проєкту модернізації натискного механізму з урахуванням умов експлуатації, специфіки сортового прокату, конструктивних особливостей стану 550 та вимог до інтеграції в існуючу інфраструктуру.

Об’єктом дослідження є натискний механізм чистової кліті сортопрокатного стана 550, а предметом — його технічне вдосконалення. У роботі виконано аналіз існуючих технічних рішень, вибрано оптимальну схему модернізації, проведено розрахунки на міцність, визначено необхідні конструктивні параметри, підібрано елементи приводу та обґрунтовано доцільність впровадження.

Модернізований натискний механізм дозволить не лише покращити якість готової продукції, а й знизити експлуатаційні витрати, підвищити надійність технологічної лінії та відповідати сучасним стандартам прокатного виробництва.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Загальні відомості про підприємство

ПрАТ «Електрометалургійний завод «Дніпроспецсталь»— український лідер з виробництва спеціальних сталей, серед яких — жароміцні, антикорозійні, підшипникові, інструментальні та конструкційні марки. Підприємство засноване в 1932 році у Запоріжжі, має понад 90 років історії, п'ять металургійних цехів, прокатний, ковальсько-пресовий та ремонтні підрозділи, оснащені сучасними прокатними станами 1050, 525, 325 і 280 і самоволочильними лініями. Асортимент продукції включає понад сотню марок, що експортуються до понад 60 країн, із сертифікацією ISO-9001:2008 (підтверджено TÜV, Німеччина).

Однак за результатами 2024 року підприємство зазнало значного чистого збитку і розглянуло питання ліквідації. На загальних зборах акціонерів 29 квітня 2025 р. було озвучене рішення про утримання від виплати дивідендів і можливість покриття збитків за рахунок майбутніх прибутків. Попри це, керівництво наголосило, що ліквідація не є поточним пріоритетом, та мають намір реалізувати заходи з фінансового оздоровлення замість закриття.

У 2022–2023 роках підприємство вже через логістичні позиції вийшло на рівень 55–75 % докризового випуску продукції, при цьому відновлюючи обсяги виробництва для експортних партнерів (зокрема Centravis)). Зберігаючи експортно-орієнтований характер, підприємство активно долає сучасні виклики: санкції, нестабільність логістики, валютні ризики.

Отже, зазначені факти свідчать: незважаючи на поточні фінансові труднощі та кризовий період, ПрАТ «Дніпроспецсталь» продовжує працювати (активно веде роботу по стабілізації та оздоровленню активів), зберігаючи стратегічну важливість для галузі та маючи можливості до відновлення виробничого потенціалу.

1.2 Вантажопотоки прокатного цеху

Передача злитків зі сталеплавильних до прокатного цеху супроводжується оформленням аналізної карти плавки, яка видається експрес-лабораторією відповідного цеху. У цьому документі надається висновок ВТК щодо відповідності хімічного складу та якості сталі вимогам нормативної документації. Вантажопотоки прокатного цеху представлені на рис. 1.1.

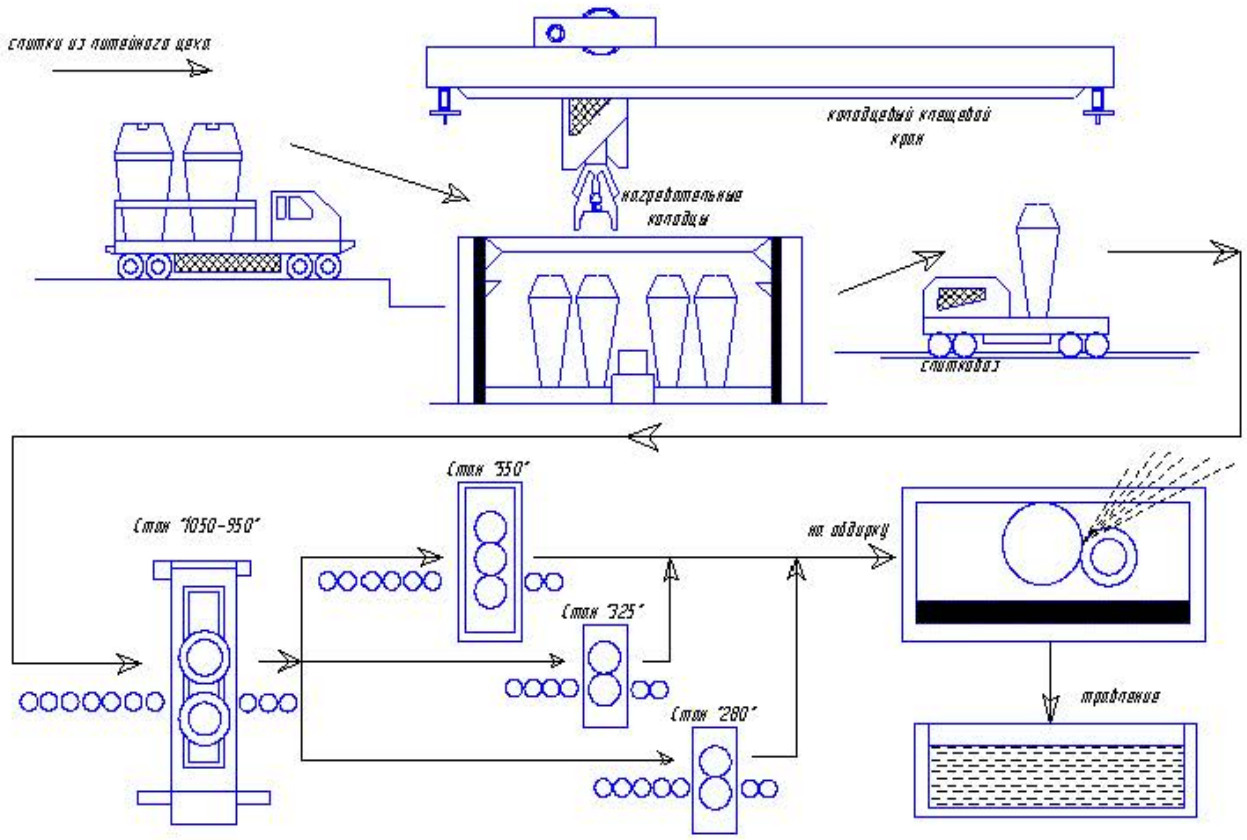


Рисунок 1.1 – Вантажопотоки прокатного цеху

Зливки транспортуються залізничним транспортом до нагрівальних колодязів обтискного стана. Специфікація на виготовлення продукції формується у вигляді робочої карти, яка визначає профіль і довжину заготівлі, вимоги до термічної обробки, а також стандарт або технічні умови на готову продукцію.

Контроль температури поверхні зливків здійснюється спільно контролером ВТК і нагрівальником відповідно до таблиць або графіків охолодження. Посадка зливків у нагрівальні колодязі виконується кліщовим краном після дозволу ВТК.

Нагрівання проводиться у рекуперативних колодязях — у прольоті цеху встановлено 12 груп таких печей, кожна з яких має дві камери розміром 5,54×4,65×3 м. Після нагріву зливки доставляються до прокатного стану зливковозом.

Процес обтиску реалізується на блюмінгу "1050-950" — дуо-реверсивному стані лінійного типу з двома клітями: обтискною (діаметр валків 1050 мм) і заготовочною (950 мм). Пуск цього обладнання відбувся у 1955 році, а модернізація здійснювалася у 1966 та 1998 роках.

Після порізки готові заготовки маркуються, скидаються в кишені, а потім переміщуються краном до ям охолодження, на склади чи у вагони. Охолодження може здійснюватися в ямах або на відкритому повітрі — залежно від марки сталі.

Після охолодження продукція передається на ад'юстаж або в термічний цех для обробки згідно з технічними вимогами замовника.

Сортопрокатний стан "550" є чотириклітевим лінійним агрегатом з такою конфігурацією:

- I кліть – обтискна (тріо),
- II і III – чорнові (тріо),
- IV – чистова (дуо).

Заготівля перетином 135–190 мм подається зі складу, нагрівається в методичних печах з торцевою задачею. Прокат здійснюється на стані "550" з отриманням прокату перетином 45–130 мм. Охолодження виконується в штабелях або в ямах (10 шт.).

Після охолодження продукція прямує або на ад'юстаж, або в термічний цех.

Для нагріву заготовок використовуються двозонні методичні печі з нижнім підігрівом:

- Для стану "325": 15 200 × 2761 мм
- Для стану "280": 13 000 × 2155 мм

Технічні характеристики подані в таблиці:

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика прокатних станів

Характеристика	Стан 325	Стан 280
Тип	лінійний	лінійний
Кількість ліній	2	3
Кількість клітей	3 обтискні, 5 чистових	1 обтискна, 2 чорнові, 7 чистових
Потужність клітей (кВт)	до 1250	до 1200
Перетин заготівки	85–105 мм	85–110 мм

Після прокатки метал нарізається холодними ножицями, маркується та передається на охолодження (термостати або повітря).

На етапі ад'юстажу метал проходить шліфування, правку, токарну обробку, а також маркування. Метал маркується залежно від стану:

- "950" і "550" — маркування на торці штанги,
- "325" і "280" — на бічній поверхні прутка (30–150 мм від торця),
- Для мотків — бірка на дроті.

Маркування включає: клеймо ВТК, марку сталі, номер плавки, злитка, штанги тощо.

Сортамент продукції:

- Круг – 10–42 мм,
- Квадрат – 8–80 мм,
- Пруток у мотках – 8–13 мм,
- Арматура – 14–26 мм,
- Шестигранник – 17–30 мм,
- Спеціальні профілі.

1.3 Технологія прокатки на стані

Стан забезпечується холодними заготівлями зі складу. Склад заготівель обслуговується електромостовим краном вантажопідйомністю 15т, за допомогою якого заготовки магнітом (ланцюгами) укладаються на завантажувальний стіл, обладнаний ланцюговими шлеперами для подачі заготівель на пічний рольганг.

Пічний рольганг транспортує заготовки під упор штовхача, який проштовхує їх в методичну піч.

Після нагріву заготівля виштовхується на рольганг транспортує її до першої кліті стану. Прокатка на кінцевий профіль виробляється згідно з відповідною схемою прокатки.

Від однієї кліті до іншої прокочується грохот передається канатними шлеперами. При виході з IV чистової кліті грохот по відводимому рольгангу поступає для різання на мірні довжини до важільних пил.

Порізані штанги, шлеперами скидаються в кишені, а потім прибираються звідти мостовим краном у ями уповільненого охолодження або склад готової продукції.

1.3.1 Посадка заготівель в нагрівальні печі

На прокатку призначаються заготівлі, піддані обробці на ад'юстажі і прийняті ВТК.

Посадка заготівель в нагрівальні печі проводиться за наявності здавальних накладних та атестації ВТК, відповідно до графіка.

Перед посадкою в піч заготовки викладаються на посадочні шлепери затаврованими торцями в бік нагрівальних печей. Контролер ВТК перевіряє маркування заготовок. Щоб уникнути змішування марок заготовки перевіряються на іскру.

Перша заготівля кожної плавки виділяється шляхом перев'язки дротом.

Без виділення литеров проводиться посадка квадратних заготівок перетином 135 до 147 мм, при прокатці:

а) інструментальних сталей;

б) підшипникових сталей, при позитивних результатах плавковим контролю;

в) конструкційних і нержавіючих сталей, крім тих випадків, коли потрібен контроль на неметалеві включення, ступінчасте обточування в сорті або ВТК призначений додатковий контроль у сорті.

Посадка із збереженням литеров катаних і кованих заготівель "А" і "Н" проводиться при прокатці:

а) підшипникових, конструкційних, інструментальних легованих сталей на експорт і по ТУ 01-1874-62 та нержавіючих марок сталей з квадратної заготівлею від 175 до 185 мм;

б) плавок, призначених ВТК на додатковий контроль макроструктури або неметалевих включень в готовому сорті;

в) плавок конструкційних і нержавіючих сталей з квадратної заготівлі від 135 до 147 мм, якщо потрібен контроль на неметалеві включення або ступінчасту обточування в сорті. Відмітку про це в робочій карті робить фабрикатор стану.

Посадка заготівель в нагрівальні печі проводиться у міру їх надходження на шлеппери.

Послідовність посадки заготівель із збереженням літерів (літера заготівлі і номер зливка) записується контролером ВТК в робочу карту, журнал посадки стану і картку для передачі на ділянку тавруванння.

Посадка легованих заготівель, від яких при прокатці повинні відбиратися проби, проводиться на початку або в кінці плавки. На пилах гуркіт з літерних заготовок, від яких відбираються проби, ріжуться по одній штуці.

Посадку заготівок III, IV, V, VIa і VIIe груп забороняється проводити за металом (а, б, в, г) групи.

При зупинці стану на 3 години і більше (на ремонт або переплавку) дозволяється залишати в печі заготівлі сталей I, II і VII (а, б, в, г) груп.

1.3.2 Нагрівання заготівель під прокатку

Нагрівання заготівель під прокатку виробляється за режимами. При прокатці металу однієї групи видача заготовок повинна виробляється рівномірно без зупинок на підігрів.

Температура печі повинна відповідати показаннями потенціометрів. Відхилення від зазначених температур (у вигляді ПК на діаграмі потенціометра) не повинно перевищувати плюс 10, мінус 20 ° С.

Температура печі передбачена для темпу видачі до 45 заготовок на годину. При більш високому темпі видачі заготовок з печі температуру дозволяється підвищувати відповідно до таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Підвищення температури на темп прокатки

Номер групи	Температура зварювальної зони		Температура томильної зони
	верх	низ	
I	+20	-	+20
II	+40	+30	+40
III	Для усіх зон		
	кв.175	+30	
	кв. 145	+20	
VI	Для усіх зон		
		+20	
VI	>	+30	
VI	>	+20	

Крім VIa і VIIe груп, а також заготовок стали ШХ15Ш, ШХ15СГШ, Х12НМБФШ (ЕП609Ш), 29НК.

У разі посадки заготівель сталей III, IV, V, VIa і VIIe груп за металом I і II групи, нагрівання останніх 30 заготівель I і II проводиться по режиму тієї групи, яка слідує за ними.

При посадці за металом III, IV, V, VIa і VIIe груп сталей марок з більш високою температурою нагріву дозволяється піднімати температуру зварювальної зони тільки після виходу з неї заготівель III, IV, V, VIa, VIIe груп, а в томильній зоні - після видачі заготівель з печі.

Для заготівель підшипникової сталі, що мають підвищений бал по карбідної ліквації, час нагрівання має бути не менше:

Для квадрата від 135 до 147 мм - в томильній зоні - 1 година 10 хв, загальне - 3 години 30 хвилин.

Для квадрата від 175 до 185 мм - у томильній зоні - 1 година 30 хвилин, загальне - 4 години 15 хвилин.

Для заготівель перетином квадрат 115÷125 мм усіх марок сталей час нагрівання, скорочується на 20%. Підвищення температури на темп прокатки не проводиться.

При вимушених зупинках стана або при затримках видачі заготівель з печі на протязі 20÷60 хвилин, температура в зварювальної і томильної зоні знижується на 50°С, а при зупинках більше 1 години - на 100°С (від температур, зазначених з табл. 1).

При зупинках стану на ремонт всі пальники відключаються, вікна та шибер закриваються.

У журналі посадки контролер ВТК записує час посадки та видачі заготівель, температуру зварювальної і томильної зон печі, час простою і температуру в печі під час простою стану.

1.3.3 Прокатка заготівель на сорт і граничну заготівлю

Прокатка здійснюється:

а) круглих профілів - за схемою 1,3;

б) квадратних - за схемою 2;

в) сталей, схильних до розширення типу: 14Х17Н2, 12Х17, ЕІ756, 08Х13, 12Х13, 08Х17Т, 15Х25Т, ЕІ811, 08Х22Н6Т (ЕП53) при спеціальному налаштуванні стана або спеціального калібрування.

Для окремих марок сталей перетин заготівель при прокатці круглих профілів має відповідати табл. 1.3.

Таблиця 1.3

Марки сталей	Сечение загот., кв. мм	Профіль проката, кр. мм
1	2	3
Нержавіючі типи Х18Н100Т	135	45÷50
ДИ22, ДИ23	140	52÷95
Уширяющиеся марки стали	135	45÷95
ЭИ811, ЭП53,	160	100÷125
0Х13, 12Х17,	120	45÷80
15Х11МФ, ДИ 21,	135	80÷95
14Х17Н2	160	100÷125
12Х11В2МФ (ЭИ756)		
15Х25Т, 08Х17Т	135	45÷100
	160	100÷125

Прокатка проводиться на налаштованому стані, з використанням калібрів без грубого і нерівномірного виробітку. Для налаштування табором використовуються заготівлі, забраковані на ад'юстажі, або вирізані на стані «950» з прибуткової частини зливка. Правильність налаштування і якість

поверхні калібрів визначається геометрією профілю і відсутністю заходом на пробах.

При прокатці сталей з обмеженою температурою кінця прокатки температура розкату перед четвертою кліттю вимірюється оптичним пірометром або ФЕП і записується в робочу карту контролером ВТК.

Для контролю якості поверхні прокату на стані від кожної плавки відбираються не менше 2 проб довжиною від 150 до 200 мм - для огляду поверхню.

Крім того, при переході на іншу марку сталі або інші профілі розміром відбираються дві проби на гарячий осад. При прокатці однієї і тієї ж марки сталі на один і той же профіль проби на осад відбираються через 60-100 розкатів. Довжина проби на осад повинна становити два діаметра (сторони квадрата), осад виробляється на молоті до 1/3 висоти.

На вимогу ВТК кількість проб може бути збільшена.

Порізка розкатів на довжини, зазначені в робочій карті, проводиться на дискових пилах.

Дозволяється порізка одночасно:

коло від 45 до 52 мм - по 4 розкату;

коло від 55 до 65 мм - по 3 розкату;

коло від 65 до 85 мм - по 2 розкату;

кола 90 мм і більше - по 1 гуркоту.

При різанні від передніх і задніх кінців розкатів відрізається утяжка мінімальної довжини.

При роботі з цієї інструкції обов'язково виконують вимоги, обумовлених інструкціями з техніки безпеки: № 001; 04В.007; 04-П.002; 04-005.

Вся раніше видана документація по прокатці сталі на стані «550» відміняється.

Ось переписаний текст зі зміненими формулюваннями, структурою та порядком подачі, що зменшує подібність до оригіналу:

1.4 Технічні особливості механічного устаткування прокатного цеху

Устаткування цеху включає чотири прокатні кліті, які утворюють безперервну лінію прокатки. Перша кліть виконує функцію обтискної, дві наступні — чорнові, а заключна — чистова. Усі кліті типу "Тріо 550" характеризуються підвищеною жорсткістю (90 т/мм) та оснащені пристроями для осьового й вертикального регулювання валків. Робочі кліті мають відкриту конструкцію станин з попередньо напруженими вузлами кріплення для зростання жорсткості.

Маніпуляційне обладнання включає:

- кантовач перед першою кліттю;
- механізований кантовач на столі другої кліті, здатний повертати заготовку на 40° або 140°;
- автоматичний пристрій кантовки на 90° перед четвертою кліттю.

Транспортування розкату здійснюється шлеперами:

- між першою та другою клітями — чотириниткovими (крок 3200 і 1600 мм);
- між другою та третьою, а також третьою і четвертою — шестинитковими (крок 1600 мм);
- з тилу встановлено ще одну чотириниткову систему з кроком 3200 та 4300 мм.

Рольганг довжиною 35 м перед четвертою кліттю запобігає деформації розкату.

Характеристика термічного обладнання

Цех укомплектований двома нагрівальними печами, призначеними для обробки квадратних заготовок розмірами 115–185 мм. Метал нагрівається до температури в межах 1050–1300 °C. Піч працює на суміші коксового та доменного газу з теплотворною здатністю 2100–2300 ккал/м³.

Основні технічні параметри:

- витрата палива — 70–82 кг умовного палива/т продукції на годину;
- повітря для горіння попередньо підігрівається до 350 °C;

- довжина печі — 19,76 м, ширина — 4,18 м;
- використовується система трубчастих грілок типу «труба в трубі» (8 у зварній зоні та 4 у томильній);
- відстані між трубами — 1000 мм по центру, 2800 мм по периферії.

Основні параметри головного приводу

- Потужність електроприводу: 2400 кВт
- Оберти двигуна: 150 об/хв
- Частота обертання валків: 150 об/хв
- Довжина бочки валків:
  - 1-ї кліті — 1750 мм
  - 2–4-ї клітей — 1600 мм
- Діаметр валків: 580–644 мм

Привідний момент передається через шестеренчаті механізми із застосуванням шпинделів на тілесних опорах. Вали обертаються за рахунок універсальних з'єднань.

Детальні технічні характеристики IV кліті

Параметр	Значення
Макс. зусилля прокатки	350 т
Кількість валків	2
Частота обертання	150 об/хв
Довжина бочки валків	1600 мм
Діаметр валків	580–620 мм
Відстань між осями	580–620 мм
Переміщення валків	верхній — 100 мм, нижній — 45 мм
Хід валка за один оберт	верхній — 26 мм, нижній — 6,3–35,5 мм
Осьове переміщення	±5 мм
Габарити (Д×Ш×В)	2740×2960×5010 мм
Маса	62 400 кг

Заготівки

- Розміри: 115–180×3000–3900 мм
- Маса: 300–1200 кг
- Середня продуктивність за всадками: 33 т/год
- Обслуговування — один мостовий кран вантажопідйомністю 20/5 т

Після прокатки та різання метал надходить на ланцюговий шлепер, який забезпечує його переміщення до приймального карману для подальшого комплектування.

1.5 Проблемні ділянки прокатного цеху та заходи для їх усунення

У процесі експлуатації обладнання прокатного цеху виявлено ряд технічних проблем, які знижують ефективність виробництва. Наведені нижче несправності згруповані за вузлами та механізмами з вказанням характерних ознак і потенційних шляхів усунення.

1. Поворотний стіл

- Підвищений рівень шуму в редукторі;
- Витік мастила в місцях з'єднання корпусу з кришкою та на виходах валів;
- Візок не повертається при запуску приводу;
- Перегрів електродвигунів.

Рекомендації: провести діагностику редуктора, перевірити ущільнення, технічний стан підшипників і електроприводу.

2. Гідравлічний стенд

- Відсутність тиску в системі (манометр показує P = 0);
- Зниження швидкості руху виконавчих елементів;
- Надмірна вібрація та шум у гідросистемі;
- Зупинка гідроциліндра при нормальному тиску;
- Збільшення втрат тиску в пневмофільтрі.

Рекомендації: перевірити справність насоса, фільтрів, запобіжного клапана, гідроліній, а також провести очищення або заміну витратних елементів.

3. Шестернева кліть і її редуктор

- Поява стороннього шуму в редукторі або кліті;
- Витік мастила з місць з'єднань і виходу валів.

Рекомендації: провести змащення, підтяжку фланцевих з'єднань або заміну ущільнень.

4. Гідропривід

- Нерегульованість апаратури;
- Відсутність подачі рідини насосом;
- Вібрація та шум у приводі;
- Неоднорідний рух гідроорганів;
- Збої в роботі зворотного та запобіжного клапанів;
- Падіння тиску або витік у пневмогідроакумуляторі.

Рекомендації: перевірка герметичності, регулювання клапанів, діагностика насоса, при потребі — заміна зношених елементів.

5. Шпиндель

- Шум у корпусі шпинделя;
- Поява мастила на зовнішній поверхні.

Рекомендації: ревізія внутрішніх поверхонь, перевірка ущільнень та посадкових місць.

6. Механізм демонтажу шпинделів

- Рух вилки, захватів чи платформи є нестабільним і ривковим.

Рекомендації: перевірити гідравліку та налаштування кінематичних ланцюгів.

8. Кантувач-маніпулятор

- Вузли не фіксуються точно у заданих положеннях;
- Прослизання роликів Канта головки.
- Заклинювання металу в зіві шайби;
- Неправильне позиціювання шайби;
- Прослизання роликів.

Рекомендації: перевірити точність кінцевих вимикачів та технічний стан поверхонь кантуючих елементів.

9. Рольганг чистової кліті

- Ролики не обертаються або створюють шум;
- Вібрації валів електродвигуна;
- Відключення двигуна після короткої роботи;
- Перегрів двигуна;
- Шум у редукторі;
- Витік мастила в місцях з'єднань.

Рекомендації: провести огляд механічних з'єднань, перевірити рівень і стан мастила, обстежити електродвигун на наявність перегріву, коротких замикань або перевантаження.

10. Прокатні кліті

- Гідроциліндри не створюють необхідного розпірного зусилля;
- Механічні удари в зоні подушок середнього валка;
- Осьовий зміщення подушок;
- Вібрації у приводі клинів або натискного гвинта;
- Недостатнє або неточне регулювання зазору між валками.

Рекомендації: перевірити гідравлічні вузли, стан подушок і цапф, провести юстування та балансування приводів, модернізувати натискний механізм стану.

–

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Огляд конструкції натискного механізму

До натискних механізмів пред'являються вимоги точності і швидкодії при відпрацюванні заданих переміщень в процесі установки валків. Однак швидкодія натискного механізму в свою чергу залежить від необхідної точності розмірів прокату, величини переміщення, часу паузи між пропусками, типу приводу.

По виду приводу на практиці розрізняють натискні механізми:

• з електромеханічним приводом;

• гідравлічним приводом;

• гідромеханічним приводом , що поєднує електро- та гідропривід.

За способом установки заданої висоти валків застосовують натискні механізми з переміщенням:

• верхнього валка (листові, смугові, обтискні стани та ін);

• верхнього і нижнього валків (на двовалкових сортових і безперервно - заготівельних станах - для збереження лінії прокатки на одному рівні, на тривалкових станах - при нерухомому середньому валку).

За часом переміщення знаходять застосування натискні механізми, що працюють:

• під час пауз (відсутність смуги у валках) - реверсивні стани (обтискні, листові);

• на ходу, тобто в процесі прокатки смуги.

За швидкістю переміщення валка розрізняють натискні механізми:

• швидкохідні до 250 мм / с (обтискні стани);

• середньошвидкохідні (5... 25 мм / с) - середньо-і товстолистові стани; (2 ... 5 мм / с) - сортові стани;

• тихохідні (до 0,1 мм / с) - тонколистові стани.

2.1.1 Електромеханічні натискні механізми

До електромеханічних пристроїв для установки валків відносять два типи – швидко - та тихохідні .

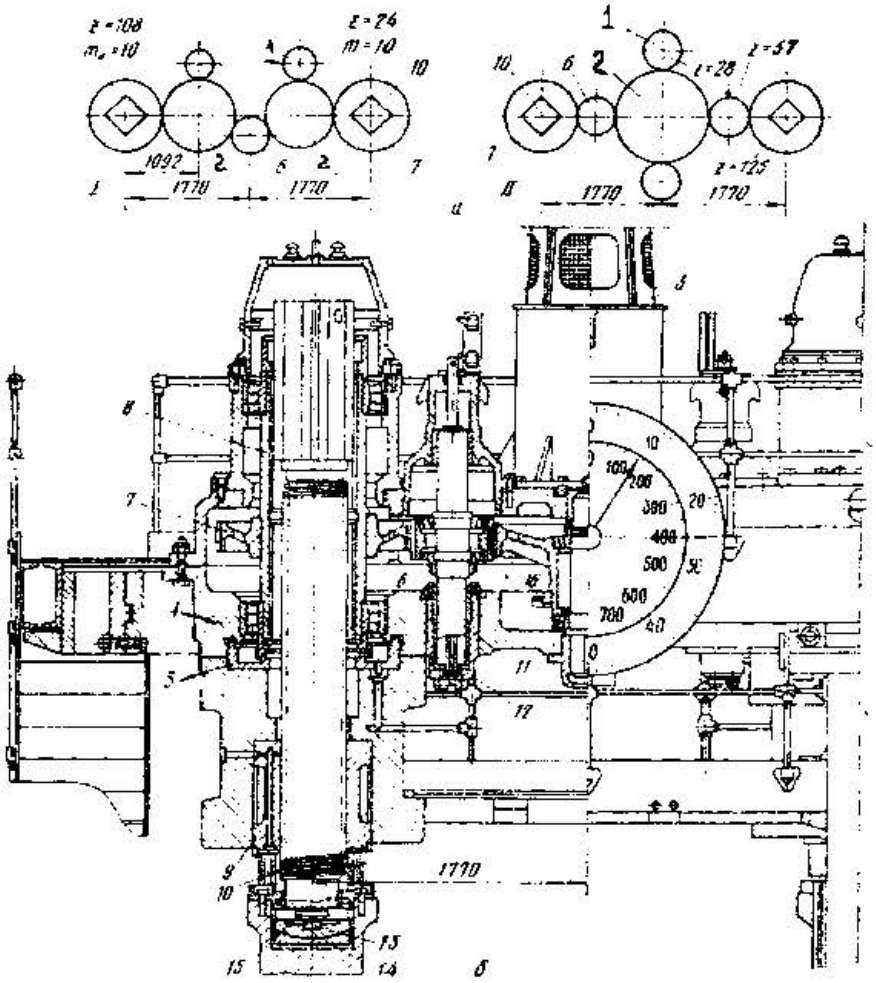
2.1.1.1 Швидкохідні натискні механізми

Ці механізми з приводом від вертикальних фланцевих електродвигунів через циліндричні шестерні застосовують на блюмінгах, слябінгах і товстолистових станах для скорочення паузи між проходами при установці верхнього валка.

На рис. 2.1, а наведені кінематичні схеми натискних механізмів I і II типів, а рис. 2.1, б - загальний вигляд натискного механізму II типу для блюмінгів 1150 конструкції УЗТМ. Литий сталевий корпус 4 закріплений на станинах робочої кліті і зцентрований з ними двома встановлюючими кільцями 5. У корпусі встановлена горизонтальна косозуба циліндрична передача з семи зубчастих коліс. Шестерні 1 насаджені безпосередньо на кінці валків електродвигунів 3, змонтованих на верхній частині корпусу 4, і зчіплюються з паразитними колесами 6, які, в свою чергу, передають обертання зубчастих вінців 7, посадженим на високі маточини 8 з квадратними отворами. При обертанні коліс 7 і маточин 8 здійснюється обертання гвинтів 10 в натискних гайках 9 та поступальний їх переміщення. Сполучна шестерня 6 вільно посаджена на вісь, яка одночасно є плунжером 11 двох гідроциліндрів 12, вмонтованих в корпус натискного пристрою і призначених для виведення шестерень 6 із зачеплення при необхідності роботи одним гвинтом (правим або лівим).

При роботі стану порожнини верхніх циліндрів заповнені маслом, вихід якого на них перекритий, а з нижніх циліндрів масло витіснене у бак, встановлений зверху на майданчику. Практика експлуатації блюмінгів показала, що, незважаючи на передбачені гальма на електродвигунах, відбувається

самовідгвинчування натискних гвинтів внаслідок великих динамічних навантажень на них при прокатці. З метою запобігання від самовідгвинчування на кінцях натискних гвинтів зроблені сферичні п'яти 14 збільшеного діаметр, що трохи підвищує момент тертя в п'яті. Для зручності складання п'яту роблять від'ємної і закріплюють на натискнім гвинті торцевої шпонкою 13 і наскрізним штифтом (валком) 15.



а - кінематичні схеми натискних механізмів I і II типів; б - загальний вигляд натискного механізму II типу: 1 - шестерня на валу електродвигуна; 2 - паразитні колеса; 3 - електродвигун; 4 - литий сталевий корпус; 5 - установче кільце; 6 - зубчасті колеса; 7 - зубчастий вінець; 8 - маточина з квадратним отвором; 9 - натискна гайка; 10 - натискний гвинт; 11 - плунжер; 12 - гідроциліндр; 13 - торцева шпонка; 14 - сферична п'ята; 15 - штифт; 16 - проміжна конічна передача

Рисунок 2.1 Швидкісний пристрій для установки валків блюмінга 1150

Покажчик через проміжну конічну передачу 16. Натискні пристрої мають привід від двох електродвигунів потужністю 180...270 кВт (n = 500...750/1000 об/хв). Мастило рідке циркуляційне. Зовнішній діаметр натискного гвинта 440 мм, різьба однозахідна, крок 48 мм, діаметр п'яти 500 мм, передавальне відношення від електродвигуна до натискного гвинта i = 4,5; швидкість переміщення гвинтів до 250 мм/с.

Натискні пристрої цієї конструкції в порівнянні з пристроями, що застосовувалися раніше на блюмінгах, володіють наступними перевагами:

• відсутність швидкозношуваних черв'ячних передач, сполучних муфт і муфт перемикання;

• зменшення можливості самовідгвинчування гвинтів;

• збільшення потужності електродвигунів, що забезпечує підвищення продуктивності стану за рахунок збільшення швидкості переміщення натискних гвинтів і відповідного зменшення пауз між пропусками.

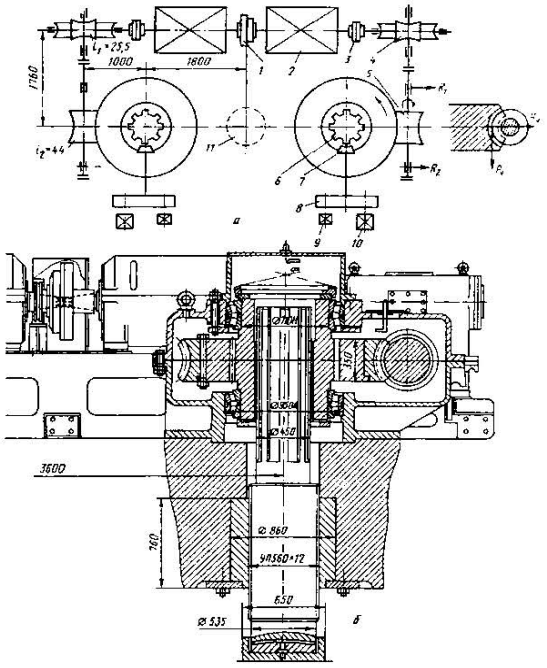
2.1.1.2 Тихохідні натискні механізми

Такі механізми з електроприводом через глобоїдні черв'ячні передачі застосовують на середньолистовий, тонколистових і смугових четирьохвалкових станах гарячої і холодної прокатки, де швидкість переміщення валків невелика через необхідності точного регулювання товщини листів і смуг.

На рис. 2.2 наведена кінематична схема (а) і загальний вигляд (6) механізму установки верхніх валків четирьохвалкової кліті стану 2500 НКМЗ. Привід натискних гвинтів здійснюється від двох електродвигунів МН - 82 (N = 115 кВт, n = 500 об/хв) , встановлених на одній осі і з'єднаних між собою електромагнітною муфтою 1, розрахованої на момент, рівний 3 кН·м. Обертання від електродвигунів 2 до натискного гвинта 6 передається через зубчасті муфти 3 і черв'ячні глобоїдні редуктори 4 і 5. Загальне передавальне число від двигуна

до натискного гвинта i = 1122; швидкість переміщення натискного гвинта 0,11 ... 0,22 м / с.

Діаметр натискного гвинта 560 мм , крок 12 мм. Редуктор натискного механізму змонтований в окремому корпусі, встановленому на верху станині. Між редуктором встановлений гідроциліндр для врівноваження валків 11. Крайнє верхнє положення натискного гвинта (хід гвинта 530 мм) фіксується командоаппаратом 10, сполученим з маточиного черв'ячного колеса через конічну шестеренних передачу 7 і кінематичний редуктор 8. У цього натискного механізму немає циферблата на самій станині і положення валків контролюється сельсин - датчиком 9, передавальним імпульс на сельсин - приймач, встановлений на пульті управління і забезпечений диском з цифровим поділом. Приводи сельсин - датчиків аналогічні приводу командоаппарата.



а - кінематична схема; б - загальний механізм; 1 - електромагнітна муфта; 2 - електродвигун; 3 - зубчаста муфта; 4,5 - черв'ячні глобоїдні редуктори; 6 - натискний гвинт; 7 - конічна шестернева передача; 8 - кінематичний редуктор; 9 - сельсин-датчик; 10 - командоаппарат; 11 - гідроциліндр для врівноваження валків

Рисунок 2.2 Тихохідний пристрій для установки валків стану 500/1500х2500

При необхідності користування одним натискним гвинтом (для настройки валків) електромагнітна муфта 1 вимикається.

На відміну від сортових станів на листових прокатних станах при прокатці тонких листів і смуг верхній валок можна встановити, коли смуга знаходиться між валками, що необхідно для вирівнювання товщини прокочується смуги.

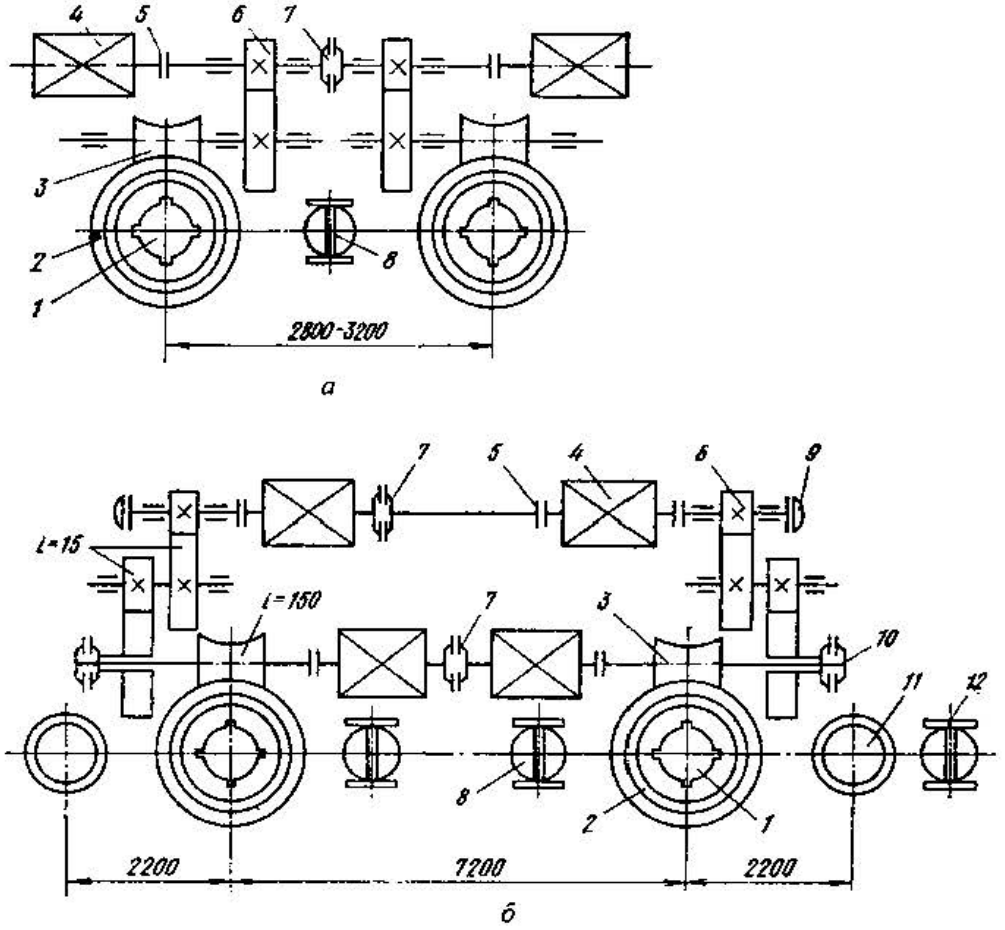
Таким чином, механізми приводу натискних гвинтів повинні бути розраховані на повну силу, що діє на валки при прокатці.

У даному випадку цей механізм розрахований на 35 МН (на обидва натискних гвинта).

Внаслідок застосування в приводі кожного гвинта двох черв'ячних передач ККД таких механізмів значно нижче, ніж ККД натискних механізмів блюмінга, у якого в приводі гвинтів передбачені тільки циліндричні шестерні.

Крім того, при великому передавальному числі черв'ячних редукторів ($i_{общ} = 22{,}5 \cdot 44 = 1122$) цього натискного механізму імпульс від летючого мікрометра (товщиноміра) на включення електродвигунів викликає переміщення натискного гвинта з великим запізненням (0,5...1,0 с). За цей час при швидкості прокатки 10...30 м/с смуга пройде шлях 5...30 м.

Для підвищення швидкості і точності установки валків на нових широкополосових станах застосовують натискні механізми з черв'ячно-циліндровим приводом (а) і двохшвидкісні (б) (комбіновані) (рис. 2.3).



а - чорнових четирьохвалкових клітей безперервних широкополосових станів гарячої прокатки; б - двошвидкісний пристрій товстолистового четирьохвалкового стана 1100/2300 х 2500 для прокатки дюралюмінію: 1 - натискний гвинт; 2 - черв'ячне колесо; 3 – глобоїдний черв'як ; 4 - електродвигун; 5 - муфта зубчаста; 6 - циліндрична шестерня; 7 - розчіпна муфта (електромагнітна, зубчаста або фрикційна); 8 - гідроциліндр врівноваження верхнього опорного валка; 9 - пневматичний гальмо; 10 - пневматична розчіпна муфта; 11 - гідроциліндри для протівоізгіба опорного валка; 12 - гідроциліндр врівноваження верхнього шпинделя.

Рисунок 2.3 Кінематичні схеми настановних пристроїв

2.2 Пропозиції щодо модернізації

Встановлення валків у вертикальній площині на більшості станів здійснюється за допомогою спеціального механізму з натискними гвинтами, який називають також натискним.

На сортових двовалкових станах з метою збереження лінії прокатки на постійному рівні необхідну відстань між валками для прокатки заданого профілю встановлюють переміщенням верхнього і нижнього валків.

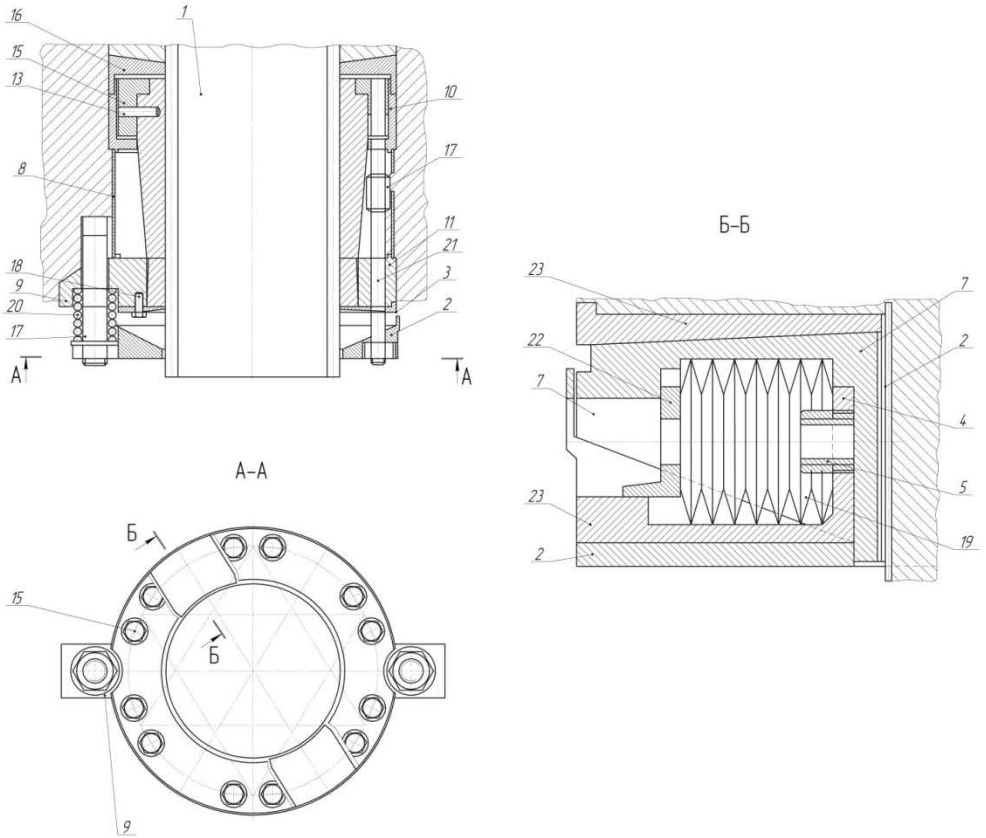
Практика показує, що, незважаючи на невеликий кут підйому гвинтової лінії (не більше 2° 30') і теоретично самогальмуючу пару гвинт-гайка, все ж при динамічних навантаженнях спостерігається «відхід» (самовідгвинчування) натискних гвинтів. Збільшення діаметра підп'ятника та застосуванні густого мастила різьблення (замість рідкої) підвищує момент тертя, і як наслідок, ускладнюється самовідгвинчування гвинтів але це веде до підвищення навантаження на головний привід стану.

Вирішення цієї проблеми є конструкція стопорного пристрою (рис. 2.4) для стопоріння натискного гвинта. Даний стопорний пристрій монтується на нижньому торці гайки, вона відкрите для контролю роботи і ремонту. Гайка складається з двох частин: нерухомої - сталевого корпусу - і рухомий уздовж осі бронзової власне гайки. Рухома бронзова гайка виконана з одним сталевим кільцем з різьбовими отворами, в яких зафіксовані вертикальні шпильки. Від гвинта через рухливу бронзову гайку і шпильки при стопорінні гвинта зусилля прокатки передається на стопорний пристрій. Під час відпрацювання гвинта чинне на гвинт і рухому вздовж осі бронзову гайку невелике зусилля переврівноваження через опір стопорних механізмів не може стиснути стопорний пристрій. Шпильки, рухлива бронзова гайка і гвинт залишаються на місці. Під час захоплення смуги валками велике зусилля прокатки $P_{пр}$ долає невеликий опір стопорних механізмів і через гвинт, рухливу бронзову гайку і шпильки стискає стопорний пристрій, який механізмами стопоріння стопорить гвинт. Після закінчення прокатки смуги зусилля прокатки зникає і стопорні

механізми звільняють гвинт. Пристрій для стопоріння натискного гвинта обтискного стану повністю виключає відтискання гвинта під час захоплення і прокатки смуги валками і забезпечує підвищення продуктивності станів.

Виконання стопорного пристрою жорстко закріпленим на нижньому торці гайки, нижче обріза розточування станини, дозволяє зробити його відкритим для обслуговування та ремонту.

Нижнє, відкрите для обслуговування, кріплення стопорного пристрою дозволяє швидко вивільнити його з роботи шляхом відкручування внизу кріпильних гайок шпильок.



1 – натискний гвинт, 2,3 – диск-кільце, 4,7 – упор, 5 – різьба, 6 – стопор, 8 – корпус, 9 – проушина, 10 – верхнє кільце, 11 – нижнє кільце, 12 – стальне кільце, 13 – сталевий штир, 14 – наскрізний отвір, 15 – кріпильна гайка, 16 – з'ємне кільце, 17,18 – болт, 19,20 – пружина, 21 – шпилька, 22- шайба, 12 - шпонка

Рисунок 2.4 Стопорний пристрій

2.3 Розрахунок натискного механізму

Виконаємо перевірочний розрахунок натискних гвинтів і розрахунок моментів електродвигунів швидкохідного натискного механізму блюмінга 550.

Виходячи з паспортних даних стану максимальна осьова сила на натискний гвинт при прокатці - P = 41,850 кН; максимальна швидкість переміщення гвинта по вертикалі - V = 0,25 м/с; режим роботи механізму - повторно - короткочасний при 15-25 включень в хвилину.

Проведемо розрахунок напружень в натискному гвинті та гайки.

Натискний гвинт має упорне різьблення S220 мм з кроком S = 20 мм.

Діаметр різьби: зовнішній d_0= 220 мм, внутрішній d_1= 185,289 мм; середній $d_{ср}$= 205 мм; кут підйому різьби α = 5,57°.

Напруження стиснення в перетині нижнього опорного кінця гвинта , що має найменший діаметр $d_н$ = 180 мм:\

$$\sigma_{сж} = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot d_н^2} = \frac{4 \cdot 41{,}850 \cdot 10^3}{3{,}14 \cdot 180^2} = 1{,}64 МПа \qquad (2.1)$$

Напруження крутіння в тілі гвинта при $M_в = 1{,}5 кН \cdot м$:

$$\tau = \frac{M_в}{0{,}2 \cdot d_1^3} = \frac{1{,}5 \cdot 10^6}{0{,}2 \cdot 185{,}289^3} = 1{,}18 МПа. \qquad (2.2)$$

Матеріал гвинта – Сталь 34ХН3М.

Натискна гайка має висоту H = 400 мм і зовнішній діаметр D = 380 мм; число витків різьби $z = \frac{H}{S} = 400/20 = 20$.

Напруження зминання між витками гвинта і гайки:

$$\sigma = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot (d_0^2 - d_1^2) \cdot z} = \frac{4 \cdot 41{,}850 \cdot 10^3}{3{,}14 \cdot (220^2 - 185{,}289^2) \cdot 20} = 0{,}189 МПа \qquad (2.3)$$

Напруження зминання по площі зіткнення гайки зі станиною:

$$\sigma_{см} = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot (D^2 - d_{отв}^2)} = \frac{4 \cdot 41{,}850 \cdot 10^3}{3{,}14 \cdot (380^2 - 230^2)} = 1{,}077 МПа \quad (2.4)$$

Матеріал гайки - Бр.Аж9 - 4Л, $[\sigma] \approx 80 МПа$.

Виконаємо розрахунок моментів електродвигуна .

У періоди пауз між пропусками металу через валки на торці натискних гвинтів діє сила від вантажного врівноваження верхнього валка (сила врівноваження). Ця сила, що діє на один гвинт, становить 50 кН. Момент, необхідний для обертання гвинта в період пауз, при $\mu_п$ = 0,12; $d_п$ = 520 мм; $\mu_р$ = 0,08; φ = 6,84°.

При опусканні гвинта:

$$M_B' = P_M \left(\mu_П \cdot \frac{d_П}{3} + \frac{d_{ср}}{2} \cdot tg(\alpha + \varphi) \right) =$$

$$= 50 \left(0{,}12 \cdot \frac{0{,}180}{3} + \frac{0{,}205}{2} \cdot tg(5{,}57 + 6{,}84) \right) = 1{,}5 кН \cdot м, \quad (2.5)$$

При підйомі гвинта:

$$M_B'' = P_M \left(\mu_П \cdot \frac{d_П}{3} + \frac{d_{ср}}{2} \cdot tg(\varphi - \alpha) \right) =$$

$$= 50 \left(0{,}12 \cdot \frac{0{,}180}{3} + \frac{0{,}205}{2} \cdot tg(6{,}84 - 5{,}57) \right) = 0{,}47 кН \cdot м. \quad (2.6)$$

Потужність на вихідному валу:

$$P_B = \frac{M_B \cdot n}{9{,}55} = \frac{1{,}5 \cdot 1{,}3}{9{,}55} = 0{,}204 кВт \quad (2.7)$$

Попередньо назначимо електродвигун потужністю $N = 0{,}55$ кВт; $n = 1000$ об/хв. Кожен натискний гвинт приводиться від окремого вертикального електродвигуна.

Між двигуном і натискним гвинтом мається зубчаста передача з передавальним відношенням $i = 783$; ККД передачі $\eta = 0{,}584$.

Моменти на гвинті (статичні від постійного навантаження $P = 50$ кН) , приведені до валу електродвигуна:

$$M'_{ст} = \frac{1{,}5}{783 \cdot 0{,}584} = 3{,}3H \cdot \text{м}, \tag{2.8}$$

$$M''_{ст} = \frac{0{,}47}{783 \cdot 0{,}584} = 1{,}027H \cdot \text{м}, \tag{2.9}$$

При повторно - короткочасному режимі роботи електродвигуни працюють при часто повторюваних прискорення і уповільнення. Для розгону обертових мас від електродвигуна потрібні додаткові моменти і потужність.

Визначимо цей додатковий момент.

Моменти інерції (в $кг \cdot м^2$): ротора електродвигуна - 25 (по каталогу); проміжних шестерень - 220; натискного гвинта - 80. Наведений до валу електродвигуна момент інерції всіх обертових мас

$$J = J_{дв} + J_{м} + J_{черв.1} + \frac{J_{кол.1}}{i_1^2} + \frac{J_{черв.2}}{i_1^2} + \frac{J_{кол.2}}{(i_1 \cdot i_2)^2} + \frac{J_{гвинт}}{(i_1 \cdot i_2)^2} =$$

$$= 0{,}002 + 0{,}1 + 0{,}018 + \frac{0{,}69}{27{,}5^2} + \frac{0{,}1244}{27{,}5^2} + \frac{3{,}63}{(27{,}5 \cdot 28{,}5)^2} + \frac{3{,}43}{(27{,}5 \cdot 28{,}5)^2} = 0{,}121 кг \cdot м^2. \tag{2.10}$$

У період розгону і гальмування електродвигун здатний працювати з кутовим прискоренням і розвивати динамічний момент:

при опусканні натискного гвинта при $\varepsilon = 69c^{-2}$

$$M'_{дин} = J\varepsilon = 0{,}121 \cdot 69 = 8{,}35H \cdot \text{м}, \tag{2.11}$$

при підйомі натискного гвинта при $\varepsilon = 69c^{-2}$

$$M''_{дин} = J\varepsilon = 0{,}121 \cdot 69 = 8{,}35H \cdot \text{м}. \quad (2.12)$$

Моменти на валу електродвигуна :

при опусканні натискного гвинта

$$M'_{дв} = M'_{ст} + M'_{дин} = 3{,}3 \cdot 8{,}35 = 27{,}5H \cdot \text{м}, \quad (2.13)$$

при підйомі натискного гвинта

$$M''_{дв} = M''_{ст} + M''_{дин} = 1{,}027 \cdot 8{,}35 = 8{,}57H \cdot \text{м}. \quad (2.14)$$

Розрахункова потужність електродвигуна

$$P_B = \frac{M \cdot n}{9{,}55} = \frac{27{,}5 \cdot 1000}{9550} = 2{,}88кВт \quad (2.15)$$

Остаточно обираємо електродвигун AIP112MA6 з параметрами: потужність $P_{\text{д}} = 3$ кВт, частота обертання $n_{\text{д}} = 1000\text{мин}^{-1}$, кратність пускового моменту $\lambda = \frac{\text{Т}_{\text{макс}}}{\text{Т}_{\text{ном}}} = 2$, діаметр вала $d = 32$ *мм*.

Як видно, при повторно - короткочасному режимі роботи електродвигуна основне навантаження складають динамічні, а не статичні моменти. Так як $M_{двmax}$ менше $M_{\text{н}} = 1{,}5\text{кН} \cdot \text{м}$, то електродвигун забезпечить заданий режим роботи. Крім того, електродвигун допускає короткочасну дворазову перевантаження по моменту, яка може бути використана при пікових перевантаженнях (наприклад, при відведенні натискних гвинтів, під час буксування валків по металу, що прокочується , коли сила, що діє на гвинт, більше прийнятої вище в розрахунку при визначенні $M_н$). Обраний двигун задовольняє усім вимогам.

Виконаємо розрахунок деформації:

Пружна деформація натискного гвинта:

$$f_в = \frac{Ph}{EF} = \frac{4Ph}{\pi d_1^2 E}, \quad (2.16)$$

де h - найбільша деформуєма довжина гвинта від підп'ятника до натискної гайки : h = 1440 мм; $E = 2{,}15 \cdot 10^5 МПа$.

отже,

$$f_в = \frac{4Ph}{\pi d_1^2 E} == \frac{4 \cdot 41{,}850 \cdot 10^3 \cdot 1440}{3{,}14 \cdot 185{,}289^2 \cdot 2{,}15 \cdot 10^5} = 1{,}93 мм.$$

Пружна деформація натискної гайки (висота гайки - H = 400 мм, зовнішній діаметр - D = 380 мм , матеріал - бронза Бр.АЖМц 10-4-4, $E = 1 \cdot 10^5 МПа$):

$$f_г = \frac{4PH}{\pi(D_н^2 - d)E} == \frac{4 \cdot 41{,}850 \cdot 10^3 \cdot 400}{3{,}14 \cdot (380^2 - 220^2) \cdot 10^5} = 0{,}0022 мм. \quad (2.17)$$

Сумарна пружна деформація системи «натискний гвинт - гайка »:

$$f_\Sigma = K(f_в + f_г) = 1{,}1(1{,}93 + 0{,}0022) = 2{,}125 мм, \quad (2.18)$$

де К = 1,1 - коефіцієнт, що враховує деформацію підп'ятника (10 %).

2.3.1 Розрахунок вихідних даних редуктора

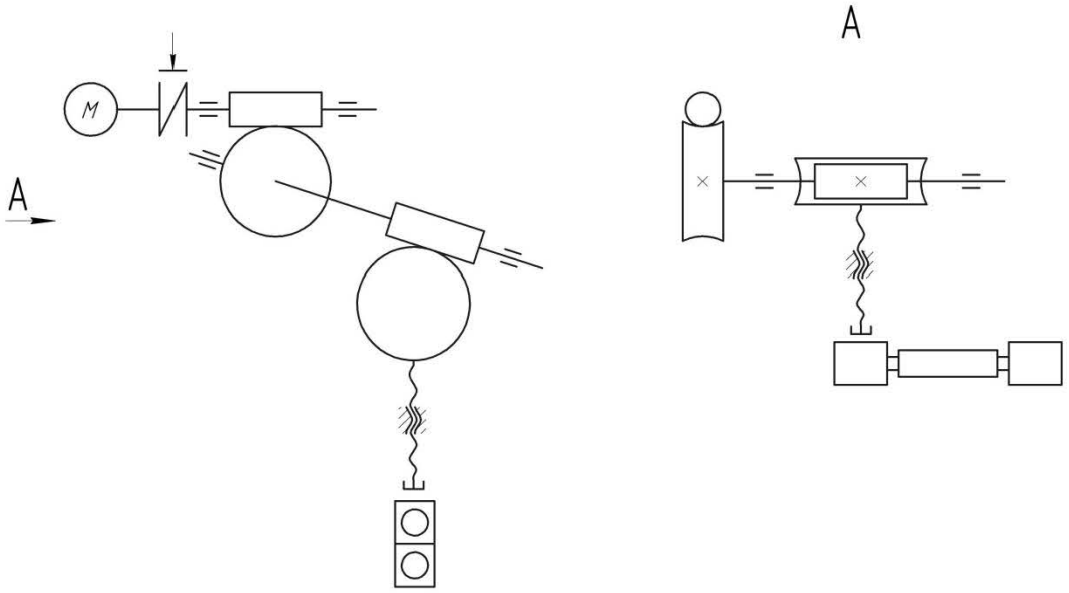


Рисунок 2.5 – Кінематична схема привода

Передавальне відношення приводу:

$$i = \frac{n_Д}{n_B} = 1000/1{,}3 = 769 \qquad (2.19)$$

Потужність, частота обертання і крутний момент на валах приводу:

перший вал (вал електродвигуна)

$P_1=P_д\eta_1=3\cdot0{,}99=2{,}97$ кВт (2.20)

$n_1 = n_д = 1000$ хв $^{-1}$ (2.21)

$T_1=9550\cdot P_1/n_1 = 9550\cdot2{,}97/1000=28{,}36$ Н·м (2.22)

другий вал

$P_2=P_1\cdot\eta_2=2{,}97\cdot0{,}82=2{,}43$ кВт, (2.23)

$n_2 = n_1/ u_1 = 1000/27{,}5=36{,}36$ хв $^{-1}$ (2.24)

$T_2=9550\cdot P_2/n_2 = 9550\cdot2{,}43/36{,}36=638{,}24$ Н·м (2.25)

третій вал

$P_3=P_2\cdot\eta_3=2{,}43\cdot0{,}68=1{,}66$ кВт, (2.26)

$n_3 = n_2/ u_2 = 36{,}36/28{,}5=1{,}27$ хв $^{-1}$ (2.27)

$T_3=9550\cdot P_3/n_3 = 9550\cdot1{,}66/1{,}27=12482{,}67$ Н·м (2.28)

Число циклів дії першого ступеня навантаження

$$N_1=60\cdot n_1\cdot \Delta_1\cdot L_h=60\cdot 1000\cdot 0{,}003\cdot 20000=360000, \quad (2.29)$$

де Δ_1= 0,003 - відносна тривалість дії цьому ступені;

L_h = 20000 - термін служби приводу.

Таким чином , номінальні моменти :

$T_{н1}$=28,36, $T_{н2}$= 638,24 , $T_{н3}$= 12482,67 Н·м.

2.3.2 Розрахунок редуктора регулювання зазорів між валками

2.3.2.1 Швидкохідна ступінь - черв'ячна передача з циліндровим черв'яком

Задано: крутний момент на валу черв'яка $T_{н1}$=28,36 Н·м, колеса $T_{H2} = 638{,}24\text{Н}\cdot\text{м}$, частота обертання черв'яка $n_1 = 1000\text{мин}^{-1}$, вала колеса $n_2 = 36{,}36\text{мин}^{-1}$, передавальне число $u_1 = 27{,}5$, термін служби $L_h = 20000\text{г}$, кратність пускового моменту електродвигуна $\lambda = 2$.

Швидкість ковзання

$$V_s = 4{,}5\cdot 10^{-4}\cdot n_1\cdot \sqrt[3]{T_2} = 4{,}5\cdot 10^{-4}\cdot 1000\cdot \sqrt[3]{638{,}24} = 3{,}87\text{м/с} \quad (2.30)$$

Вибір матеріалів [1 , с. 233]

	Матеріал	МПа		Твердість Н	Модуль пружності Е, МПа
		G_B	G_T		
Черв'як	Ст.40Х	834	540	260	$2{,}14\cdot 10^5$
Колесо	БрОФ 10-1	260	150	100	$0{,}75\cdot 10^5$

Еквівалентна число циклів зміни напруг

$$N_{HE} = 60 \cdot L_h \cdot n_1 \cdot [(T_1/T)^4 \cdot \Delta_1 + (T_2/T)^4 \cdot \Delta_2 + (T_3/T)^4 \cdot \Delta_3] =$$
$$= 60 \cdot 20000 \cdot 1000 \cdot [1,5^4 \cdot 0,003 + 1^4 \cdot 0,7 + 0,5^4 \cdot 0,3] = 88,07 \cdot 10^7$$
(2.31)

$$N_{FE} = 60 \cdot L_h \cdot n_1 \cdot [(T_1/T)^9 \cdot \Delta_1 + (T_2/T)^9 \cdot \Delta_2 + (T_3/T)^9 \cdot \Delta_3] = 97,9 \cdot 10^7$$ (2.32)

При швидкості ковзання V_s=4 м/с $[\sigma_H] = 160\ МПа$ [4, табл.10.11].

Допустимі напруження вигину при розрахунку зубів колеса [4, с.235]

$$[\sigma_F] = (0,25 \cdot \sigma_T + 0,08 \cdot \sigma_B) \cdot \sqrt[9]{\frac{10^6}{N_{FE}}} = (0,25 \cdot 200 + 0,08 \cdot 450) \cdot \sqrt[9]{\frac{10^6}{25 \cdot 10^7}} =$$
$$46,57\ МПа \quad (2.33)$$

приймаємо $N_{FE} = 25 \cdot 10^7$ [4,с.235].

Наведений модуль пружності

$$E_{пр} = \frac{2E_1 \cdot E_2}{E_1 + E_2} = \frac{2 \cdot 2,14 \cdot 10^5 \cdot 0,75 \cdot 10^5}{2,14 \cdot 10^5 + 0,75 \cdot 10^5} = 1,11 \cdot 10^5 МПа \quad (2.34)$$

Число заходів черв'яка $z_1 = 2$.

Тоді число зубів колеса

$$z_2 = z_1 u_1 = 2 \cdot 27,5 = 55 \quad (2.35)$$

приймаємо $z_2 = 55$.

Фактичне передавальне число

$$u_{1ф} = z_2/z_1 = \frac{55}{2} = 27,5. \quad (2.36)$$

Коефіцієнт діаметра черв'яка $q = \frac{2 \cdot a_w}{m - z_2} = \frac{2 \cdot 200}{6 - 55} = 8,2$ (2.37)

приймаємо q=10 [1 , табл. 10.1].

Міжосьова відстань

$$a_w = 0{,}5 \cdot m(q + z_2 + 2 \cdot x) = 0{,}5 \cdot 6 \cdot (10 + 55 + 2 \cdot 0{,}833) = 199{,}99, \text{ мм.} \quad (2.38)$$

приймаємо $m = 6$мм [1 , с. 224]

модуль

$$\text{m} = 2a_w/(q + z_2) \text{ мм}, \quad (2.39)$$

приймаємо $m = 6$мм [1, табл. 10.1].

Коефіцієнт зміщення

$$x = \frac{a_w}{m} - \frac{q+z_2}{2} = \frac{200}{6} - \frac{10+55}{2} = 0{,}833. \quad (2.40)$$

Основні розміри , мм:

черв'яка

$$d_1 = m \cdot q = 6 \cdot 10 = 60мм; \quad (2.41)$$

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 60 + 2 \cdot 6 = 72мм; \quad (2.42)$$

$$d_{f1} = d_1 - 2{,}4m = 60 - 2{,}4 \cdot 6 = 45{,}6мм; \quad (2.43)$$

при $z_1 = 2$ [1 , с. 225]; $b_1 = 67{,}98$мм

приймаємо b_1 = 71 мм [1 , табл. 12.1 , Ra 40]

колеса

$$d_2 = m \cdot z_2 = 6 \cdot 55 = 330мм; \quad (2.44)$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m(1 + x) = 330 + 2 \cdot 6(1 + 0{,}833) = 352мм; \quad (2.45)$$

$$d_{f2} = d_2 - 2m(1{,}2 - x) = 330 - 2 \cdot 6(1{,}2 - 0{,}833) = 325{,}5мм; \quad (2.46)$$

$$d_{ам_2} \leq d_{a2} + 6m/(z_1 + 2) = 352 + 6 \cdot 6/(55 + 2) = 361мм; \quad (2.47)$$

при z_1 =2 [1, с. 225].

приймаємо $d_{aм2}$=361 ,b_2 = 53 мм [1, табл. 12.1 , Ra 40].

Кут підйому гвинтової лінії черв'яка

$$\gamma = arctg(z_1/q) = arctg(2/10) = 11,3^\circ \quad (2.48)$$

Швидкості, $м \cdot с^{-1}$:

колова черв'яка $V_1 = \pi d_1 n_1/(60 \cdot 10^3) = 3,14 \cdot 60 \cdot 1000/(60 \cdot 10^3) = 3,14$

колеса $V_2 = \pi d_2 n_2/(60 \cdot 10^3) = 3,14 \cdot 330 \cdot 36,36/(60 \cdot 10^3) = 0,6279$

ковзання $V_s = V_1/\cos\gamma = 3,14/\cos 1\,1,3 = 3,2$

приймаємо [1, табл. 10.3] ступінь точності $K = 7$.

Коефіцієнт перекриття

$$\varepsilon_\alpha = \left(\sqrt{0,03z_2^2 + z_2 + 1} - 0,17z_2 + 2,9\right)/2,95 =$$

$$= \left(\sqrt{0,03 \cdot 55^2 + 55 + 1} - 0,17 \cdot 55 + 2,9\right)/2,95 = 1,92$$

Перевірка міцності по контактним напруженням

$$G_H = 1,18\sqrt{\frac{E_{np} \cdot T_{H2} \cdot K_\beta \cdot K_v \cdot \cos^2\gamma}{d_1 \cdot d_2^2 \cdot \delta \cdot \varepsilon_\alpha \cdot \cos 2\,\alpha}} =$$

$$= 1,18\sqrt{\frac{1,11 \cdot 10^5 \cdot 638,24 \cdot 1,04 \cdot 1,1 \cdot \cos^2 11,3}{60 \cdot 330^2 \cdot 50,18 \cdot 1,92 \cdot \cos 40}} = 0,474,$$

де K_β - коефіцієнт концентрації навантаження ; K_V - коефіцієнт динамічного навантаження ; δ - половина кута обхвату черв'яка ; α - профільний кут .

$$K_\beta = 1 + (z_2/\theta)^3(1 - x) = 1 + (55/86)^3 \cdot (1 - 0,833) = 1,04,$$

де θ - коефіцієнт деформації черв'яка. Приймаємо при $z_1 = 2$ та $q = 10$ $\theta = 86$ [1, табл. 10.6], $K_v = 1{,}1$ [1, табл. 10.7] при ступені точності К = 7 і V_S=3,14 м/с.

$$\delta = arcsin\frac{b_2}{d_{a1}-0{,}5m} = arcsin\frac{53}{72-0{,}5\cdot 6} = 50{,}18.$$

Сили в зачепленні, Н:

$$F_{t1} = F_{a2} = 2 \cdot 10^3 T_{H_1}/d_1 = 2 \cdot 10^3 \cdot 28{,}36/60 = 950H;$$
$$F_{t2} = F_{a1} = 2 \cdot 10^3 T_{H_2}/d_2 = 2 \cdot 10^3 \cdot 638{,}24/330 = 3870H;$$
$$F_r = F_{t2} \cdot tg\alpha = 3870 \cdot tg20 = 1410H,$$

де α=20° - кут зачеплення.

Перевірка міцності на вигин

$$\sigma_F = 0{,}7 \cdot Y_F \cdot F_{t2} \cdot K_\beta \cdot K_v/(b_2 \cdot m \cdot cos\,\gamma) \le [\sigma_F]_2\ ,$$

де Y_F - коефіцієнт форми зубів колеса. Приймаємо при $z_v = z_2/\,cos^3\gamma$ $Y_F = 1{,}4$ [1, табл. 10.8].

ККД передачі

$$\eta = tg\gamma/tg(\gamma + \phi) = tg11{,}3/tg(11{,}3 + 2) = 0{,}845,$$

де ϕ - кут тертя; при $V_s = 4$ м $\cdot$ с$^{-1}$ і твердості матеріалу черв'яка $H =$ 260НВ $\phi = 2$ [2, табл. 9.3.].

2.3.2.2 Тихохідна ступінь - черв'ячна передача з циліндровим черв'яком

Задано: крутний момент на валу черв'яка $T_{н2}$ = 638,24 Н·м, колеса $T_{H3} = 12482{,}67\text{Н} \cdot \text{м}$, частота обертання черв'яка $n_2 = 36{,}36\text{мин}^{-1}$, вала колеса $n_3 = 1{,}27\text{мин}^{-1}$, передавальне число $u_2 = 28{,}5$, термін служби $L_h = 20000\text{г}$, кратність пускового моменту електродвигуна $\lambda = 2$.

Швидкість ковзання

$$V_s = 4{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot n_1 \cdot \sqrt[3]{T_2} = 4{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot 1000 \cdot \sqrt[3]{638{,}24} = 3{,}87\text{м/}$$

Вибір матеріалів [1 , с. 233]

	Матеріал	МПа		Твердість НВ	Модуль пружності Е, МПа
		G_B	G_T		
Черв'як	Ст.40Х	834	540	260	$2{,}14 \cdot 10^5$
Колесо	БрОФ 10-1	260	150	100	$0{,}75 \cdot 10^5$

Еквівалентна число циклів зміни напруг

$$N_{HE} = 60 \cdot L_h \cdot n_1 \cdot [(T_1/T)^4 \cdot \Delta_1 + (T_2/T)^4 \cdot \Delta_2 + (T_3/T)^4 \cdot \Delta_3] =$$
$$= 60 \cdot 20000 \cdot 1000 \cdot [1{,}5^4 \cdot 0{,}003 + 1^4 \cdot 0{,}7 + 0{,}5^4 \cdot 0{,}3] = 88{,}07 \cdot 10^7$$

$$N_{FE} = 60 \cdot L_h \cdot n_1 \cdot [(T_1/T)^9 \cdot \Delta_1 + (T_2/T)^9 \cdot \Delta_2 + (T_3/T)^9 \cdot \Delta_3] = 97{,}9 \cdot 10^7$$

При швидкості ковзання V_s=4 м/с $[\sigma_H] = 160\ МПа$ [4, табл.10.11].

Допустимі напруження вигину при розрахунку зубів колеса [4, с.235]

$$[\sigma_F] = (0{,}25 \cdot \sigma_T + 0{,}08 \cdot \sigma_B) \cdot \sqrt[9]{\frac{10^6}{N_{FE}}} = (0{,}25 \cdot 200 + 0{,}08 \cdot 450) \cdot \sqrt[9]{\frac{10^6}{25 \cdot 10^7}} =$$
$46{,}57\ МПа$

приймаємо $N_{FE} = 25 \cdot 10^7$ [4,с.235].

Наведений модуль пружності

$$E_{пр} = \frac{2E_3 \cdot E_4}{E_3 + E_4} = \frac{2 \cdot 2{,}14 \cdot 10^5 \cdot 0{,}75 \cdot 10^5}{2{,}14 \cdot 10^5 + 0{,}75 \cdot 10^5} = 1{,}11 \cdot 10^5 МПа$$

Число заходів черв'яка $z_3 = 2$.

Тоді число зубів колеса

$z_4 = z_3 u_3 = 2 \cdot 28{,}5 = 57$

приймаємо $z_4 = 57$.

Фактичне передавальне число

$$u_{2ф} = z_4 / z_3 = \frac{57}{2} = 28{,}5$$

Коефіцієнт діаметра черв'яка $q = \frac{2 \cdot a_w}{m - z_4} = \frac{2 \cdot 280}{8 - 57} = 12{,}5$

приймаємо q=12,5 [1 , табл. 10.1].

Міжосьова відстань:

$$a_w = 0{,}5 \cdot m(q + z_4 + 2 \cdot x) = 0{,}5 \cdot 8 \cdot (12{,}5 + 57 + 2 \cdot 0{,}25) = 280, \text{ мм.}$$

приймаємо $m = 6$мм [1 , с. 224]

модуль:

$$\text{m} = 2a_w / (q + z_4) \text{ мм ,}$$

приймаємо $m = 8$мм [1, табл. 10.1].

Коефіцієнт зміщення:

$$x = \frac{a_w}{m} - \frac{q+z_4}{2} = \frac{280}{8} - \frac{12{,}5+57}{2} = 0{,}25.$$

Основні розміри , мм:

черв'яка $d_3 = m \cdot q = 8 \cdot 12{,}5 = 100мм;$

$d_{a3} = d_3 + 2m = 100 + 2 \cdot 8 = 116мм;$

$d_{f3} = d_3 - 2{,}4m = 100 - 2{,}4 \cdot 8 = 80{,}8мм;$

при $z_3 = 2$ [1 , с. 225]; $b_3 = 67{,}98$мм

приймаємо b_3 = 71 мм [1 , табл. 12.1 , Ra 40]

колеса $d_4 = m \cdot z_4 = 8 \cdot 57 = 456мм;$

$d_{a4} = d_4 + 2m(1 + x) = 456 + 2 \cdot 8(1 + 0{,}25) = 476мм$

$d_{f4} = d_4 - 2m(1{,}2 - x) = 456 - 2 \cdot 8(1{,}2 - 0{,}25) = 440{,}8мм;$

$d_{aм_4} \leq d_{a4} + 6m/(z_3 + 2) = 476 + 6 \cdot 8/(2 + 2) = 488мм$

при z_3 =2 [1, с. 225].

приймаємо $d_{aм4}$= 488 ,b_4 = 53 мм [1, табл. 12.1 , Ra 40].

Кут підйому гвинтової лінії черв'яка

$$\gamma = arctg(z_1/q) = arctg(2/12{,}5) = 9{,}09°$$

Швидкості, $м \cdot с^{-1}$:

колова черв'яка $V_3 = \pi d_3 n_2/(60 \cdot 10^3) = 3{,}14 \cdot 100 \cdot 36{,}36/(60 \cdot 10^3) = 0{,}190$

колеса $V_4 = \pi d_4 n_3/(60 \cdot 10^3) = 3{,}14 \cdot 456 \cdot 1{,}27/(60 \cdot 10^3) = 0{,}0066$

ковзання $V_s = V_3/\cos\gamma = 0{,}190/\cos 9{,}09 = 0{,}192$

приймаєм [1, табл. 10.3] ступінь точності $K = 7$.

Коефіцієнт перекриття:

$$\varepsilon_\alpha = \left(\sqrt{0{,}03z_4^2 + z_4 + 1} - 0{,}17z_4 + 2{,}9\right)/2{,}95 =$$

$$= \left(\sqrt{0{,}03 \cdot 57^2 + 57 + 1} - 0{,}17 \cdot 57 + 2{,}9\right)/2{,}95 = 1{,}92$$

Перевірка міцності по контактним напруженням

$$G_H = 1{,}18\sqrt{\frac{E_{np} \cdot T_{H2} \cdot K_\beta \cdot K_v \cdot \cos^2\gamma}{d_1 \cdot d_2^2 \cdot \delta \cdot \varepsilon_\alpha \cdot \cos 2\alpha}} =$$

$$= 1{,}18\sqrt{\frac{1{,}11 \cdot 10^5 \cdot 12482{,}67 \cdot 1{,}07 \cdot 1{,}3 \cdot \cos^2 9{,}09}{100 \cdot 456^2 \cdot 50{,}96 \cdot 1{,}92 \cdot \cos 40}} = 1{,}67,$$

де K_β - коефіцієнт концентрації навантаження ; K_V - коефіцієнт динамічного навантаження ; δ - половина кута обхвату черв'яка ; α - профільний кут .

$$K_\beta = 1 + (z_4/\theta)^3(1 - x) = 1 + (57/125)^3 \cdot (1 - 0{,}28) = 1{,}07,$$

де θ - коефіцієнт деформації черв'яка. Приймаємо при $z_3 = 2$ та $q = 12{,}5$ $\theta = 125$ [1, табл. 10.6], $K_v = 1{,}1$ [1, табл. 10.7] при ступені точності К = 9 і V_S=0,192 м/с.

$$\delta = arcsin\frac{b_4}{d_{a3} - 0{,}5m} = arcsin\frac{87}{116 - 0{,}5 \cdot 8} = 50{,}96.$$

Сили в зачепленні, Н:

$$F_{t1} = F_{a4} = 2 \cdot 10^3 T_{H_2}/d_3 = 2 \cdot 10^3 \cdot 638{,}24/100 = 12760H$$

$$F_{t2} = F_{a3} = 2 \cdot 10^3 T_{H_3}/d_4 = 2 \cdot 10^3 \cdot 12482{,}67/456 = 54750H;$$

$$F_r = F_{t2} \cdot tg\alpha = 54750 \cdot tg20 = 19930H,$$

де α=20° - кут зачеплення.

Перевірка міцності на вигин:

$$\sigma_F = 0{,}7 \cdot Y_F \cdot F_{t2} \cdot K_\beta \cdot K_v/(b_2 \cdot m \cdot cos\,\gamma) \leq [\sigma_F]_2$$

де Y_F - коефіцієнт форми зубів колеса. Приймаємо при $z_v = z_4/\,cos^3\,\gamma$ $Y_F =$ 1,4 [1, табл. 10.8].

ККД передачі:

$$\eta = tg\gamma/tg(\gamma + \phi) = tg9{,}09/tg(9{,}09 + 5{,}09) = 0{,}633,$$

де ϕ - кут тертя; при $V_s = 0{,}192$ м $\cdot$ с$^{-1}$ і твердості матеріалу черв'яка $H = 260$НВ $\phi = 5{,}09$ [2, табл. 9.3].

2.3.3 Розрахунок передачі гвинт-гайка

Призначаємо матеріали для гвинта - сталь 34ХН3М і для гайки - бронза БрАЖН 10-4-4. Приймемо квадратну однозаходний праву різьбу.

Для визначення середнього діаметра різьби гвинта і гайки d_0 з розрахунку різьблення на зносостійкість приймемо відношення висоти гайки до середнього діаметру різьби та допустиме тиск для різьблення d_0. Тоді

Розміри різьблення.

Висота профілю різьби по формулі:

$$h = 0{,}1 \cdot d_2 = 0{,}1 \cdot 205 = 20{,}5мм.$$

Зовнішній діаметр різьби по формулі:

$$d = d_2 + h = 205 \cdot 20{,}5 = 225{,}5мм.$$

Внутрішній діаметр різьби по формулі:

$$d_1 = d_2 - h = 205 - 20{,}5 = 184{,}5мм.$$

Крок різьби:

$$P = 2 \cdot h = 2 \cdot 10 = 20мм.$$

Хід різьби P_h (число заходів різьби n = 1):

$$P_h = n \cdot P = 1 \cdot 20 = 20мм.$$

Перевіримо гвинт на міцність.

Крутний момент в небезпечних поперечних перетинах гвинта домкрата (на ділянці від гайки до рукоятки) за формулою

$$T = 0{,}5 \cdot d_2 \cdot F \cdot tg(\psi + \varphi) = 0{,}5 \cdot 0{,}205 \cdot 418446{,}8 \cdot tg(1{,}77 + 10{,}2) = 9093{,}2Н \cdot м \quad (2.106)$$

Для сталі 34ХН3М межа плинності по ГОСТ 1050-88. Допустиме напруження на стиск для гвинта:

$$[\sigma_c] = \frac{\sigma_m}{3} = \frac{320}{3} = 106{,}6МПа$$

Еквівалентне напруження за формулою

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\left[\frac{4F}{(\pi d_1^2)}\right] + 4\left[\frac{T}{(0{,}2d_1^3)}\right]^2} =$$

$$= \sqrt{\left[\frac{4\cdot 418446{,}8}{(3{,}14\cdot 184{,}5^2)}\right] + 4\left[\frac{9093{,}2}{(0{,}2\cdot 184{,}5^3)}\right]^2} = 3{,}95МПа < [\sigma_c] = 106{,}6МПа$$

тобто міцність гвинта вище необхідної.

Коефіцієнт приведення довжини гвинта $\mu = 2$, так як гвинт можна вважати стійкою з нижнім защемленим кінцем. Наведений момент інерції площі перерізу гвинта за формулою:

$$I = \left(\frac{\pi d_1^4}{64}\right) \cdot \left(\frac{0{,}4 + 0{,}6 \cdot d}{d_1}\right) =$$

$$= \left(\frac{3{,}14\cdot 184{,}5^4}{64}\right) \cdot \left(\frac{0{,}4+0{,}6\cdot 225{,}5}{184{,}5}\right) = 41814 \cdot 10^3 мм^4$$

Радіус інерції площі перерізу гвинта за формулою

$$i = \sqrt{\frac{I}{A_1}} = \sqrt{\frac{4I}{(\pi d_1^2)}} = \sqrt{\frac{4\cdot 41814\cdot 10^3}{(3{,}14\cdot 184{,}5^2)}} = 39{,}5мм$$

Гнучкість гвинта $\lambda = \frac{\mu l}{i} = \frac{2\cdot 390}{39{,}5=19{,}7мм}$, тобто формула Ейлера застосовна. Критична сила (розглядаємо гвинт як стрижень з одним жорстко закріпленим та іншим вільним кінцем)

Допустимий коефіцієнт запасу стійкості $[S_y] = 4$.

Перейдемо до розрахунку гайки. Приймемо допустимі напруження гайки на розтяг і зминання $[\sigma_р] = [\sigma_{см}] = 40$МПа, на зріз $[\tau_c] = 22{,}5МПа$.:

$$H = kd_2 = 1{,}95 \cdot 205 = 400мм$$

Зовнішній діаметр гайки за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{(\pi[\sigma_p]) + d^2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 418446{,}8}{(3{,}14 \cdot 40) + d^2}} = 57мм$$

Зовнішній діаметр фланця гайки за формулою:

$$D_1 = \sqrt{\frac{4F}{(\pi[\sigma_{см}]) + D^2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 418446{,}8}{(3{,}14 \cdot 40) + 57^2}} = 102{,}8мм$$

Товщина фланця за формулою

$$\delta = \frac{F}{(\pi D[\tau_c])} = \frac{418446{,}8}{(3{,}14 \cdot 57 \cdot 22{,}5)} = 103{,}9мм$$

2.3.4 Розрахунок стопорного пристрою

Сила F, що діє з боку вантажу, врівноважується силою нормального тиску F_N і силою тертя $F_{тр}$. Рівнодіюча реакція R на стику плазунів відхилена від нормалі на кут тертя ρ. Проектуючи рівнодіючу R на напрям x-x отримаємо силу, яка прикладена до гвинта

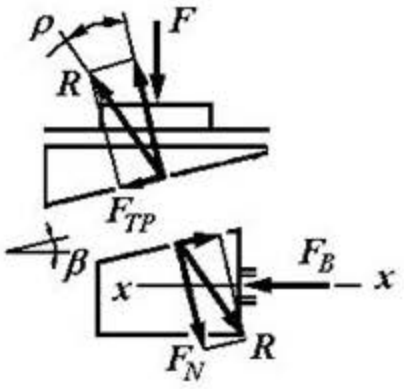


Рисунок -2.6 – До розрахунку стопорного пристрою

Зусилля, що діє на гвинт виражається за формулою:

$F_B = R \cdot \sin(\beta + \rho) = F \cdot \sin(\beta + \rho) / \cos(\beta + \rho) = F \cdot tg(\beta + \rho)$

Підставивши в формулу числові значення отримаємо:

$F_B = 50240 \cdot tg(25+6,8) = 31202Н$

: $F = \sigma_Ж \cdot S_{ПОРШ} = 5024 \cdot 10 = 50240Н = 50,24кН$

$$\sigma_Ж = 10МПа$$

$\rho = arctg(f) = arctg(0.12) = 6.8°$

Сила тертя визначається за формулою:

$$F_{TP} = \frac{F_B}{4} = \frac{31202}{4} = 7800Н$$

Площа:

$$S_{ПОРШ} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 80^2}{4} = 5024мм^2$$

Робоче зусилля $F_{тр}$=7800 Н, робочий хід h = 7 мм, зовнішній діаметр пружин $D \leq 50$мм, необхідна довговічність $N = 10^5$ циклів.

Вибираємо матеріал пружин - сталь 60С2А ГОСТ 14959-69, σ_T = 1400 Н/мм^2 ,σ_B = 1600 Н/мм^2 .

Визначаємо потрібну товщину стінки пружини за формулою:

$$S \approx 0.0284 \cdot \sqrt{F_{0.65}} = 0.0284 \cdot \sqrt{7800} = 2.5мм$$

Приймаємо по ГОСТ 3057-54, S=2,5 мм.

Встановлюємо розміри пружини:

D=40 мм, d = 25 мм, $c = \frac{D}{d} = \frac{40}{25} = 1.6$, $m = \frac{d}{s} = \frac{25}{2.5} = 10$

Граничний кут підйому φ=0,115 рад.

Висота внутрішнього конуса

$$f = 0.5 \cdot \phi \cdot (D - d) = 0.5 \cdot 0.115 \cdot (40 - 25) = 0.8625мм$$

Приймаємо f=1,5 мм.

Уточнене значення кута φ підйому

$$\phi = \frac{2 \cdot f}{(D-d)} = \frac{2 \cdot 1.5}{(40-25)} = 0.106рад$$

Навантаження при прогині

$$F_{0.65} = \gamma \cdot 2.8 \cdot 10^5 \cdot \frac{S^2 \cdot \phi \cdot ln\, c}{m \cdot (c-1)} = 0.65 \cdot 2.8 \cdot 10^5 \cdot \frac{2.5^2 \cdot 0.106 \cdot ln\, 1.6}{10 \cdot (1.6-1)} = 9440H$$

Прогин при необхідному навантаженні

$$\gamma_n' = \gamma \cdot \frac{F}{F_{0.65}} = 0.65 \cdot \frac{7800}{9440} = 0.54$$

Необхідна кількість пружин за формулою

$$n = \frac{h}{f \cdot (\gamma_n - \gamma_1)} = \frac{7}{0.8 \cdot (0.54 - 0.3)} \approx 40шт$$

де γ_1= 0,3 - відносний прогин від попередньої деформації.

Так як кількість пружин вийшло значним (n>8), слід врахувати збільшену навантаженість перших пружин (їх велику деформацію):

$$\gamma_n' = \gamma_n \cdot u = \gamma_n \cdot (1 + 0.01 \cdot n) = 0.54 \cdot (1 + 0.01 \cdot 10) = 0.594$$

$$\gamma_1' = \gamma_1 \cdot u = \gamma_n \cdot (1 + 0.01 \cdot n) = 0.3 \cdot (1 + 0.01 \cdot 10) = 0.33$$

Визначаємо напруги за формулою:

$$\sigma_{n}' \left[\phi \cdot (1 - 0.5 \cdot \gamma_n') \cdot \left(\frac{c-1}{ln\, c}\right) - \frac{1}{m}\right]_{max}$$

$$= -0.594 \cdot 0.106 \cdot 2.08 \cdot 10^5 \left[0.106 \cdot (1 - 0.5 \cdot 0.594) \cdot \left(\frac{1.6-1}{ln\, 1.6} - 1\right) - \frac{1}{10}\right] =$$

$1040 \frac{H}{мм^2}$

$$\sigma_{1}' \left[\phi \cdot (1 - 0.5 \cdot \gamma_1') \cdot \left(\frac{c-1}{ln\, c}\right) - \frac{1}{m}\right]_{min}$$

$$= -0.3 \cdot 0.106 \cdot 2.08 \cdot 10^5 \left[0.106 \cdot (1 - 0.5 \cdot 0.3) \cdot \left(\frac{1.6-1}{ln\, 1.6} - 1\right) - \frac{1}{10}\right] = 497 \frac{H}{мм^2}$$

Так як робочий хід пружин не повинен перевищувати висоти профілю H=17,2мм (для уникнення зсуву виступів гайки і западин гвинта) повиннастановити не більш, 40%. Виходячи з цього приймемо робочий хід:

$$h = H \cdot \frac{1}{2.5} = 17.2 \cdot \frac{1}{2.5} = 6.88мм$$

Приймаємо h=7мм

Обсяг, займаний пружинами, обчислюється за формулою:

$$W = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h_0 \cdot n = \frac{3.14 \cdot 25^2}{4} \cdot 3.3 \cdot 10 \approx 0.4 \cdot 10^5 мм^2$$

Маса комплекту пружин за формулою:

$$m = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot S \cdot \rho \cdot n = \frac{3.14}{4} \cdot (40^2 - 25^2) \cdot 2.5 \cdot 7.8 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \approx$$

$149г$

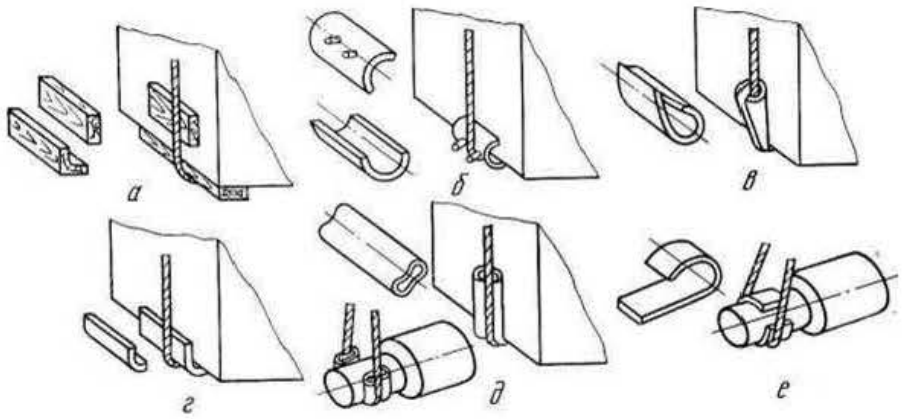
Для натискного гвинта підійде комплект із 40 пружин з розмірами НМ 40×25×2,5×0,8×3,3..

3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Призначення і види такелажних робіт

Такелажними називаються роботи по ув'язці вузлів устаткування гнучкими підвісками (строповке), їх підйому і транспортування до місця установки. Такелажні роботи виконують за допомогою різних вантажопідйомних засобів і механізмів, пристроїв і машин.

При виконанні такелажних робіт, особливо при підйомі вантажів, вельми важливою і відповідальною операцією є строповка. Особливо ретельно слід пов'язувати великі вузли устаткування великої маси. Всі кути обладнання, за якими відбувається дотик стропів, повинні бути заокруглені спеціальними запобіжними підкладками (рис. 3.1).



а - дерев'яні; б - з розрізаної труби з приварними бабишками; в, д - вигнутих з труб; г, е - вигнутих з листового металу

Рисунок 3.1 Установка запобіжних підкладок під стропи при ув'язці вузлів устаткування

На рис. 3.2 показані рекомендовані способи кріплення канатів на гакових підвісках.

При стропуванні важливо правильно визначити центр тяжіння вантажу. Стропування повинне бути виконане так, щоб центр ваги вантажу і вісь блоків підвіски крюка підйомного механізму знаходилися на одній вертикалі.

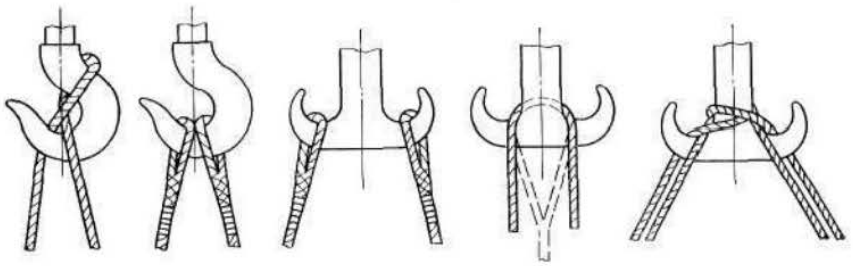
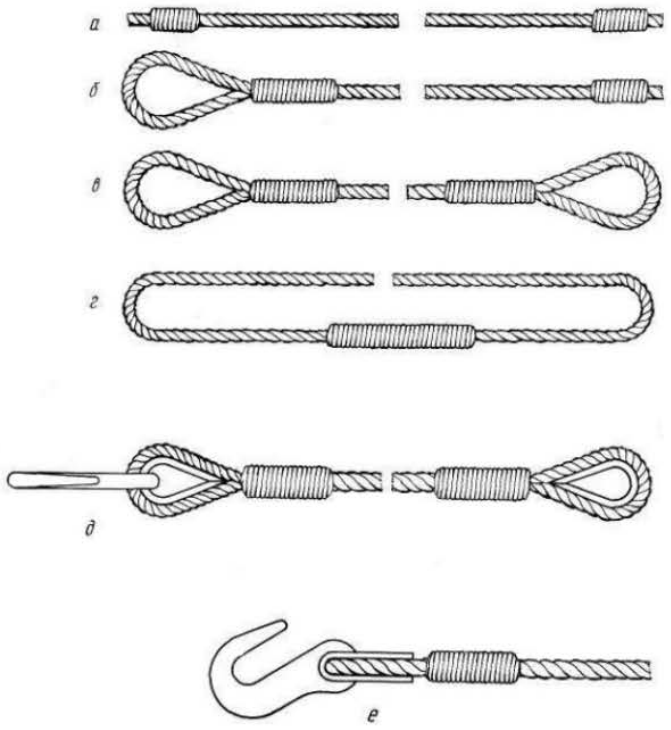


Рисунок 3.2 Рекомендовані способи закріплення канатів на крюкових підвісках

Маса укрупнених вузлів та блоків обладнання не повинна перевищувати вантажопідйомність існуючих на монтажному майданчику вантажопідйомних засобів, а габаритні розміри - розмірів монтажних прорізів. При монтажі великогабаритного і важкого устаткування можуть бути одночасно використані два крана або більше.

Стропами (рис. 3.3) називають відрізки канатів або ланцюгів, з'єднаних в кільця або забезпечені спеціальними підвісними пристроями, що забезпечують швидке, зручне та безпечне закріплення вантажу. Число гілок стропа, на яких підвішують вантаж, вибирають залежно від маси вантажу і діаметра канату.



а - простий; б - з однією петлею; в - з двома петлями; г - універсальний; д - полегшений з петлею; е - полегшений з крюком

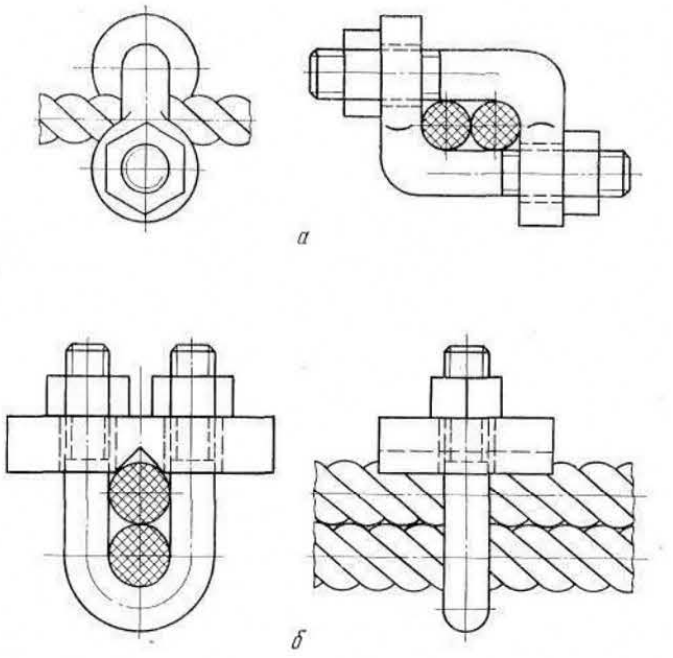
Рисунок 3.3 Стропи

Для з'єднання кінців канатів або утворення петлі застосовують затискачі або стискачі різної конструкції (рис. 3.4).

Число затискачів приймається не менше трьох. Відстань між ними зазвичай приймається не менше 6 діаметрів канату. Гайки на стрижнях всіх затискачів слід затягувати з однаковим зусиллям із застосуванням динамометричних ключів, так щоб стиснений діаметр канату склав 0,6 його первісного діаметра.

Кінці канатів закріплюють затискачами зазвичай через коуш, який служить для зачеплення за гак та захищає канат від розплющування і розшарування пасом і проволок на перегинах. Коуші штампують з листового металу або виготовляють з чавунного лиття.

Затискачі повинні розміщуватися на канаті так, щоб затягуючі гайки розташовувалися з боку робочої гілки канату. Це забезпечує останньої прямолінійність, а прагнучий до вислизання кінець при цьому буде краще затиснутий.



а - кований; б – дугового

Рисунок 3.4 Затискачі для кріплення сталевих канатів

Для натягу сталевих канатів на такелажних роботах застосовують гвинтові стяжки (фаркопфи). Стяжка являє собою раму з двома гвинтами - з правим та лівим різьбленням. При обертанні рами гвинти зближуються або розходяться.

3.2 Розрахунок стропування редуктора і вибір каната

При підвісці редуктора до гака за допомогою декількох гілок чалочних каната максимальне розрахункове зусилля в кожній гілці визначається з виразу (рис. 3.5):

$$S = \frac{Q \cdot g}{m \cdot \cos\alpha} \cdot k_н = \frac{950 \cdot 9.81}{2 \cdot \cos 15°} \cdot 1 = 4825 H \qquad (3.1)$$

де Q = 950кг – вага редуктора;

g = 9.81 м/с^2 – прискорення вільного падіння;

m = 2 – кількість гілок стропа;

α = 15° – максимально допустимий кут нахилу гілок стропа до вертикалі;

$k_н$ = 1 – коефіцієнт нерівномірності навантаження на гілки стропа;

Розривне зусилля в гілці стропа:

$$P_P \le S \cdot k = 4825 \cdot 6 = 28950 H = 28{,}950\,кН \qquad (3.2)$$

де S – максимальне розрахункове зусилля в гілці стропа

k = 6 – коефіцієнт запасу міцності стропа.

Выбираем:

Канат двойной свивки типа ЛК-Р конструкции 6х19 (1+6+6/6)+1о.с. по ГОСТ 2688-80 диаметром d = 8,3 мм, имеющий при маркировочной группе 1568 МПа разрывное усилие 34,80 кН

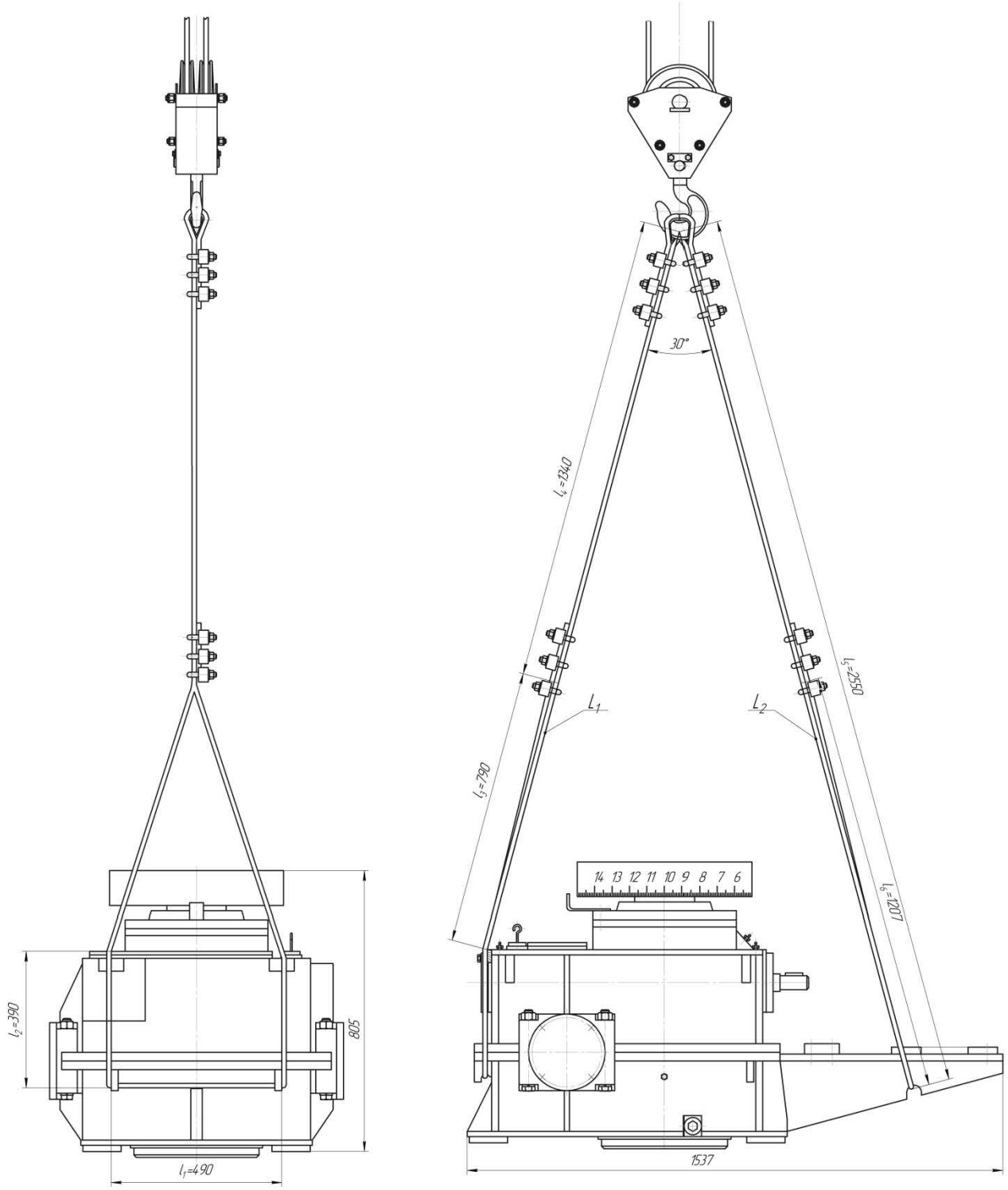


Рисунок 3.5 Схема стропування редуктора

Фактичний коефіцієнт запасу міцності каната

$$k_{\phi} = \frac{34.80}{4,825} = 7,2 > k = 6 \qquad (3.3)$$

Визначаємо довжину стропа.

Мінімальну довжину стропа L_1 та L_2 визначають виходячи з відстанні між точками строповки.

$$L_1 = l_1 + 2l_2 + 2l_3 + l_4 + 9 \cdot d_k + 4 \cdot (6 \cdot d_k) = \\ = 1390 + 2 \cdot 390 + 2 \cdot 790 + 490 + 9 \cdot 8.3 + 4 \cdot (6 \cdot 8.3) = 6894 \ мм \qquad (3.4)$$

$$L_2 = l_5 + l_6 + l_7 + 9 \cdot d_k + 4 \cdot (6 \cdot d_k) = \\ = 2550 + 1207 + 410 + 9 \cdot 8.3 + 4 \cdot (6 \cdot 8.3) = 4441 \ мм \qquad (3.5)$$

де $l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6, l_7$ - відстань між точками стропування.

3.2.2 Розрахунок кількості затискачів для утворення й утримання петель

При кріпленні кінця сталевого канату зажимами (рисунок 3.7) число затискачів визначається з умови:

$$S \le 2 \cdot F_{mp} \qquad (3.6)$$

Сила тертя між кінцями канатів

$$F_{mp} = N_i \cdot n \cdot f \qquad (3.7)$$

де f = 0,15…0,20 – коефіцієнт тертя каната по канату;

N_i – нормальний тиск, створюваний одним затискачем, Н;

n – число затискачів

Нормальний тиск створюваний одним затискачем:

$$N_i = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot n_c \cdot [\sigma] = \frac{3{,}14 \cdot 10^2}{4} \cdot 2 \cdot 120 = 18840\ H, \qquad (3.8)$$

де $n_c = 2$ – кількість стержнів в затискачі;

$[\sigma_p] = 120$ МПа – допустиме напруження матеріалу скоби на розтяг

d – діаметр стержня затискача;

$$d = (0{,}8...1{,}1) \cdot d_к = (0{,}8...1{,}1) \cdot 8{,}3 = 6.64...9.13\ мм$$

З конструктивних міркувань вибираємо діаметр стержня затискача рівний 10мм з різьбленням М10 з кроком t=1,5мм при цьому внутрішній діаметр стрижня по дну западини різьблення буде d_3= 8,528мм.

Число затискачів:

$$n = \frac{S}{2 \cdot N_i \cdot f} = \frac{4825}{2 \cdot 18840 \cdot 0{,}15} = 0.85 \qquad (3.9)$$

Так як $n \le 3$, приймаємо число затискачів $n = 3$

Крок розташування затискачів приймають:

$$t = 6 \cdot d_к = 6 \cdot 8{,}3 = 50\ мм \qquad (3.10)$$

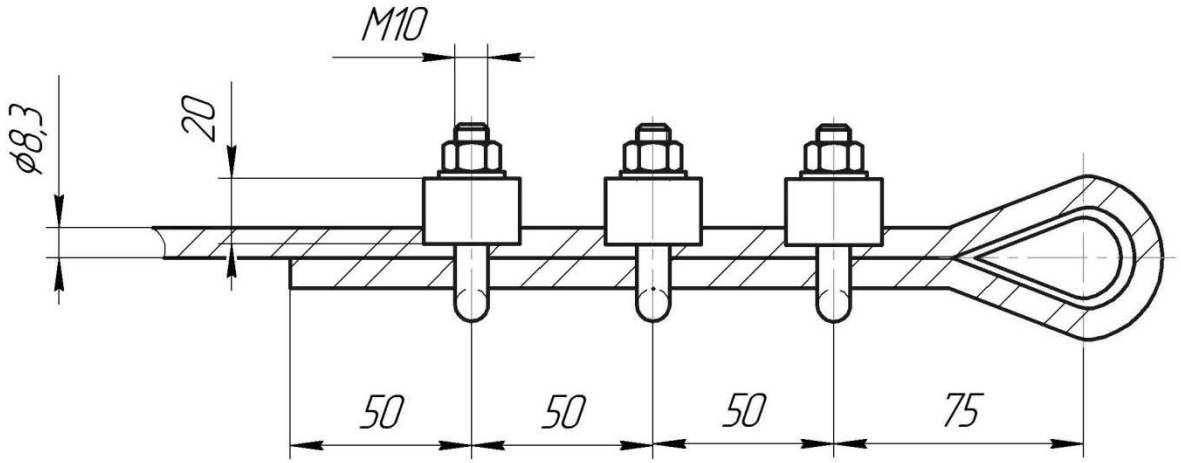


Рисунок 3.6 Кріплення сталевого каната затискачами.

3.3 Мастильні матеріали

Надійність металургійного устаткування в чому залежить від раціонального вибору мастильних матеріалів, способів і режимів мастила, контролю якості мастила в процесі експлуатації. Залежно від виробничої потужності кожний металургійний завод для змащення обладнання щорічно споживає 1000-1100т мінеральних масел 18-30 найменувань. Число змащуваних вузлів тертя на великих 'металургійних заводах досягає декількох сот тисяч. Тільки на безперервному широкополосовом стані гарячої прокатки.

Основною функцією мастильних матеріалів є зменшення опору тертю та підвищення зносостійкості поверхонь тертя деталей. Крім того, вони відводять тепло від вузлів тертя і захищають змащувані поверхні від корозії і іржавіння. Для змащення металургійного устаткування застосовують такі види мастильних матеріалів: рідкі (мінеральні масла); пластичні (мастила); тверді мастила та мастильні покриття; самозмазуючі матеріали; металлоплакирующих мастила.

1. Вимоги, що пред'являються до мастильних матеріалів

Вузли тертя металургійного устаткування працюють у важких умовах, викликаних великими навантаженнями, підвищеними температурами, обводненням і забрудненням абразивними частинками з навколишнього середовища. Тому до застосовуваних мастильних матеріалів пред'являються підвищені вимоги, які полягають у наступному.

Для мінеральних масел:

1) забезпечення мінімального зносу і мінімальних втрат на тертя при роботі вузлів тертя;

2) ефективне відведення тепла від вузлів тертя;

3) хороша вологотекучість в інтервалі температур + 40 ÷ -15 °С для забезпечення вільного прокачування по трубопроводах і вільного зливу масла самопливом від вузлів тертя в резервуари мастильних систем;

4) висока опірність термоокисленню, що забезпечує термін служби масла без заміни в циркуляційних системах не менше 2-х років;

5) здатність легко відділятися від води без утворення з водою стійких розшаровуються емульсій в умовах можливого обводнення вузла тертя; оберігати від корозії тертьові поверхні, а також не спінюватися при зберіганні, заливці і в процесі експлуатації.

Для пластичних мастил:

1) забезпечення мінімального зносу і мінімальних втрат на тертя змащуваних вузлів;

2) хороша прокачуваність по трубопроводах довжиною до 150м при температурі навколишнього середовища -10 ÷ +180 °С;

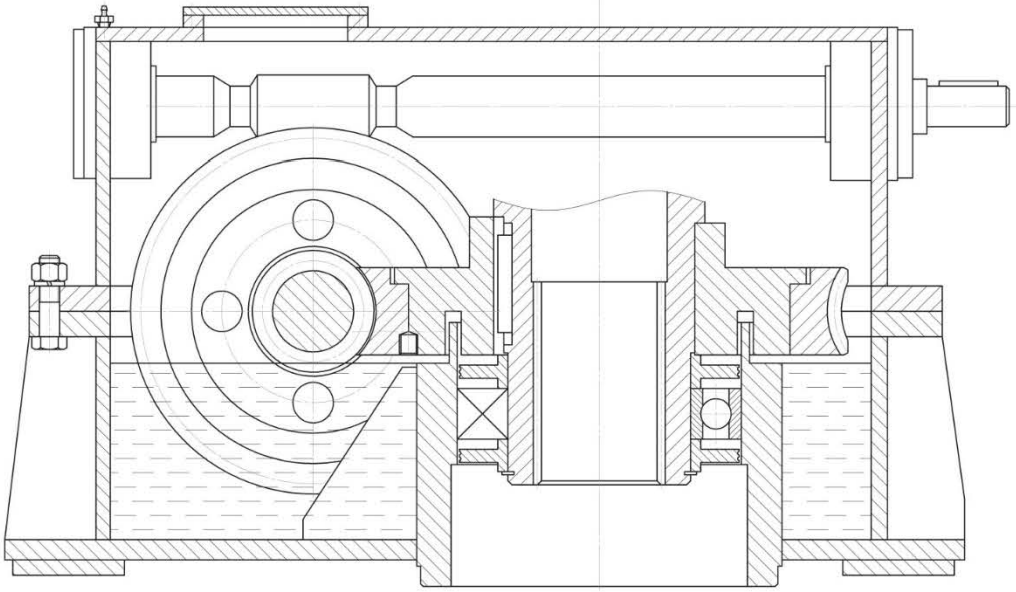
3) здатність не піддаватися розкладанню при нагнітанні під тиском до 20 МПа; незначно змінювати свої властивості в процесі зберігання і експлуатації, не піддаватися термозміцнюваню, не розчинятися в воді та володіти мінімальною випаровуваністю.

3.3.1 Розрахунок системи рідинного змащування редуктора

Вихідні данні:

ККД редуктора	0,84
Потужність, передаваєма редуктором, кВт	3
Допускаєма робоча температура масла, °С	50
Температура повітря навколишнього середовища, °С	20
Площа поверхні теплообміну, $м^2$	2,04
Передаточне число першої ступені редуктора	27,6
Число обертів швидкохідного вала, $хв^{-1}$	1000
Ділильний діаметр черв'ячного колеса першої ступені, мм	330
Ширина зубчастого колеса, мм	53

Розрахунок виконується для першої ступені.



Перша умова: швидкість черв'яка не повинна бути завбільшки 10 м/с, тобто:

$$Vк \leq 10 \text{ м/с}$$

Швидкість колеса розраховують

$$Vк = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60 \cdot i} = \frac{3.14 \cdot 330 \cdot 1000}{1000 \cdot 60 \cdot 27,5} = 0,628 \text{ м/с} \qquad (3.11)$$

где d - Ділильний черв'ячного діаметр колеса, d=330 мм;

n - Число обертів швидкохідного вала, n =1000 хв$^{-1}$

u - Передаточне число першої ступені редуктора, u=27,5

Тоді Vк = 0,628 м/с < 10 м/с (умова виконується)

Друга умова: кількість тепла що виділяється під час тертя Q_1 не повинна перевищувати кількість тепла що може бути відведена в навколишнє середовище Q_2, тобто:

$$Q_1 \leq Q_2 \qquad (3.12)$$

Кількість тепла що виділяється під час тертя:

$$Q_1 = 860(1 - ή)\cdot N\cdot 4.1868 \text{ (кДж/год)} \qquad (3.13)$$

де: ή – коефіцієнт корисної дії, ή = 0,84;

N - потужність редуктора, N=3 кВт.

$$Q_1 = 860(1-0{,}84)\cdot 3\cdot 4{,}1868 = 1728{,}311 кДж/год$$

Кількість тепла що може бути відведена в навколишнє середовище

$$Q_2 = k\ (t_м - t_п)\cdot A \text{ (кДж/год)} \qquad (3.14)$$

де: k – коефіцієнт теплопередачі матеріала корпуса редуктора, в межах 31.3 – 62.8 (кДж/год·м^2 ·град.), приймаємо $k = 40$ кДж/$\left(м^2 \cdot град \cdot год\right)$

$t_м$ – допустима температура мастила, $t_м = 50^0$C

$t_п$ – температура повітря навколишнього середовища, $t_п$ = 20 °C

A - площа поверхні теплообміну, A = 2,04м^2

$$Q_2 = 40(50-20)\cdot 2{,}04 = 2448\ кДж/ч\ .$$

$$Q_1 < Q_2 \quad (1728{,}311 < 2448 кДж/ч) \text{ (умова виконується)}$$

3.3.2 Вибір сорту мастила

В'язкість мастила, застосовуваного в зубчастих зачепленнях, визначають по формулі, Н/см:

$$BУ_{50} = 5 \cdot 10^{-3} m \cdot q, \qquad (3.15)$$

де $ВУ_{50}$ – умовна в'язкість мастила при 50 $^{\circ}C$;

m – коефіцієнт, що залежить від окружної швидкості зубчастих коліс ($m = 1{,}6$ при $V < 8 м/с$, $m = 1{,}2$ при $V = 8...10 м/с$, $m = 1$ при $V > 10 м/с$);

q – тиск на одиницю довжини зуба, Н/см.

Тиск на одиницю довжини зуба:

$$q = \frac{102N}{VB}, \qquad (3.16)$$

де $N = 3$ кВт – передаваєма потужність редуктора ;

$V = 0{,}628$ м/с - окружна швидкість колеса;

$B = 53$ мм = 5,3см – ширина зубчастого колеса.

Тоді підставивши значення у формули (3.15) і (3.16) одержимо:

$$q = \frac{102 \cdot 3}{0{,}628 \cdot 5{,}3} = 91{,}889 \text{ кН/м} = 918{,}89 \text{ Н/см},$$

$$BУ_{50} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 1.6 \cdot 918{,}89 = 7{,}35$$

В'язкість кінематична $\nu = 7.58 * BУ_{50} = 7.58 * 7{,}35 = 52{,}72$ мм^2/с

Виходячи з рекомендацій запропонованих у підручнику [1, стор. 223]. Для тихохідних машин, що працюють на граничних навантаженнях (спроектовані з великим резервом) оптимально приймати масло з мінімальною в'язкістю.

Вибираємо мастило для редуктора натискного механізму індустріальне И-50 ГОСТ 20799-75 для якого $BУ_{50} = 5{,}76...7{,}86$ а ν=42…58 мм^2/с. Мастило И-50 використовують для відповідальних механізмів, що працюють з великими навантаженнями і малими швидкостями при частих зупинках. Закордонний аналог мастило VITREA 100.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Виявлення та оцінка шкідливих факторів виробничого середовища

До шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, зокрема, відносяться: несприятливі кліматичні (мікрокліматичні) умови у повітрі робочої зони; напружені зорові роботи; інтелектуальні навантаження; монотонність праці; нервово-емоційна напруженість праці; невідповідність ергономічних показників робочого місця діючим вимогам; фізична важкість виконуваної роботи (статичні та динамічні навантаження на кістково-м'язовий апарат людини); шуми; ультразвук та інфразвук; вібрації; електромагнітні поля промислової частоти; електромагнітні випромінювання радіочастот; електромагнітні випромінювання оптичного спектру (ультрафіолетові або інфрачервоні) від природних, або штучних джерел; статичні електричні поля; розрядження зарядів статичної електрики; рентгенівські та інші іонізуючі випромінювання; надходження шкідливих речовин у повітря робочої зони; ризики ураження електричним струмом; ризики виникнення пожеж; ризики аварій при експлуатації ємностей, що працюють під тиском; біологічна небезпека; недостатня, або надмірна освітленість робочого місця; ризик виникнення надзвичайних ситуацій природного або штучного характеру на об'єкті або території.

Аналіз карти умов праці слюсаря ремонтника представлений у таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Технологічна карта умов праці

Фактори	Норма-тивне значе-ння, ГДК, ГДР	Фактичне значення	Клас шкідливих і небезпечних умов, характер праці			Час дії фактора, % в зміну
			1 сту-пінь	2 сту-пінь	3 сту-пінь	
I. Шкідливі хімічні речовини, мг/м^3						
Масла мінеральні	5,0	6,5	1,3			90,8
Азоту діоксид	2,0	4,0	2			90,8
Ангідрид сірчаний	10,0	13,5	1,35			90,8
П. Пил переважно 68фіброгенної дії (силікато-вмісний), мг/м^3						90,8
Зміст кремнію диоксида – 2,5%	4,0	7,9	1,8			90,8
III. Шум, дБА	80	90		10		100
IV. Мікроклімат у приміщенні						
- температура повітря, °С	27-15	38			11	90,8
- швидкість руху повітря, м/с	0,5	<0,3	60,6			90,8
- відносна вологість повітря,%	55	28				90,8
Категорія важкості та напруженості праці	Важка III Помірна					
V. Робоча поза						
Нахил корпуса в просторі, обумовлений технологічним процесом, град	перебування в похилому положенні понад					
	28,1	30	30			
Кількість факторів		5	2	1		

Гігієнічна оцінка умов праці.

Умови і характер праці відносяться до III класу 2 ступені по факторах: пил, шум.

Атестація робочого місця.

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

Відповідно до списку №1: пенсійний вік по пільгових умовах для чоловіків складає 50 років, для жінок 45 років, дається додаткова відпустка 7 днів і молоко

4.2 Заходи щодо захисту від впливів шкідливих факторів виробничого середовища

В процесі виробництва гарячекатаних заготівок на стані 550 заводу «Дніпроспецсталь» існують наступні небезпечні чинники:

- метал нагрітий до 1150 – 1250 °С ;
- деталі механізмів, що обертаються і рухомі;

Основні небезпеки при плющенні складає можливе захоплення одягу або рук робітника валяннями стану, що обертаються, опіки і удари прокатуваним металом. Частково знижується ризик здобуття травми механізацією процесу прокатки автоматизацією технологічного процесу. Механізують плющення, застосовуючи рольганги для подачі заготівок від печей до стану, стан обладнаний підйомно-качаючими столами, кантувальниками і маніпуляторами. Для передачі розкату з кліті в кліть застосовують автоматичні прилади, як із заднього, так і з переднього боку кліті.

Ризик травматизму викликає так само можливе відлітання окалини на обтискних клітях. Для профілактики травматизму в даному випадку застосовують новітні методи безокислювального нагріву металу. При

звичайному нагріві заготівок в методичних газових печах перед чорновими клітями встановлюють окалинозламувачі.

Для захисту обличчя вальцювальників на обтискних клітях від викидів окалини і шлаку застосовують металеві сітки або пластмасові козирки, установку запобіжних завіс і екранів.

При налаштуванні клітей існує ризик захвату одягу або рук робітника. Щоб уникнути подібних випадків застосовують наступні запобіжні засоби. Процес управління натискними гвинтами на станах послідовного або безперервного типа здійснюється штурвалами з торцевого боку, а на станах лінійного типа – з переднього боку клітей.

Небезпечним чинником в цеху є електромостові крани, що завантажують заготівки в колодязі сповільненого охолоджування і у вагони. Пропонуються наступні заходи (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Технічні міри захисту від впливів шкідливих факторів виробничого середовища

№ п/п	Небезпечний або шкідливий фактор виробничого середовища	Захисний пристрій	Тип	Пара-метри	Місто установки
1	Запиленість	Витяжна вентиляція	Місцева	Витрата 1000 $м^3/ч$	Зона виділення пилу
2	Запиленість	Респіратор СИЗОД	"Росток", Тополь-4	-	Індивіду-ально
3	Шум	Навушники проти-шумові Беруші	- -	При-датний до 100дБА	Індивіду-ально

4	Температура	Утеплена куртка, ватяні штани	Тн	До -20°С	Індивіду-ально
5	Шкідливі хімічні речовини	Те ж що і при запиленості + костюм х/б, рукавиці	Ят	До 20 мг/м^3	Індивіду-ально

4.3 Технічні рішення по гігієні праці і виробничій санітарії

4.3.1 Мікроклімат

Мікроклімат (метеорологічні умови) характеризуються атмосферним тиском, температурою, вологістю, швидкістю руху повітря, а так само інтенсивністю теплового випромінювання. Мікроклімат виробничих приміщень, в основному, впливає на тепловий стан організму людини і його теплообмін з довкіллям.

Терморегуляція – здатність організму регулювати теплообмін із зовнішнім середовищем при цьому температура тіла на певному, постійному рівні – 36,6 С, відносну вологість в межах 35-60% при температурі – 18-20 °С - вважають нормальною.

До основних заходів щодо нормалізації і поліпшення параметрів мікроклімату можна віднести:

- удосконалення технологічних процесів;
- раціональне розміщення технологічного устаткування;
- раціональна вентиляція, опалювання, а в літній час – кондиціонування повітря;
- раціоналізація режимів праці і відпочинку;
- вживання теплоізоляції устаткування і захисних екранів;
- використання засобів індивідуального захисту.

У даному проекті пропонуються наступні заходи по поліпшенню мікроклімату на виробничій ділянці:

- розміщувати основні джерела тепла безпосередньо під аераційним ліхтарем, біля зовнішніх стін будівлі і в один ряд на такій відстані один від одного, щоб повітряні потоки не перехрещувалися на робочих місцях.
- для охолоджування гарячих виробів необхідно передбачати окремі приміщення, устаткування яке випромінює тепло розташовувати в ізольованих приміщеннях або на відкритих майданчиках, створювати повітряні і водоповітряні душі.
- слід упроваджувати аерацію, на постійних робочих місцях встановлювати джерела променистого тепла. Для огороджування джерел тепла від робочих місць застосовувати захисні екрани і завіси.

7.3.2 Освітлення виробничих приміщень

Як відомо велику роль в зниженні травматизму грає якісне освітлення робочої ділянки. Крім того, низьке освітлення негативно впливає на зір робітника, в результаті, на його самопочуття і загальну працездатність. Тому, забезпечення хорошого освітлення є одному з пріоритетних завдань в організації виробництва. За одиницю освітленості прийнятий люкс. Контроль освітлення здійснюється спеціальними приладами – люксметрами. Для створення сприятливих умов освітлення, зорової роботи, що виключає швидке стомлення очей, виникнення професійних захворювань, нещасних випадків виробниче освітлення повинне відповідати наступним вимогам:

- створювати на робочому місці рівень освітленості, відповідний характеру зорової роботи, не нижче встановлених норм.
- забезпечити достатню рівномірність і постійність рівня освітленості у виробничих приміщеннях, щоб уникнути надмірного навантаження зору і зміни світлових контрастів.

- не створювати засліплюючої дії в результаті роботи прокатного стану. - забезпечити контраст освітлених поверхонь.

- освітлення має бути простим і надійним в експлуатації, економічним і по можливості – естетичним.

Залежно від джерел світла виробниче освітлення може бути як природним, так і штучним. Природне освітлення передбачає попадання джерела світла через світлові отвори, вікна. Комбіноване освітлення передбачає поєднання верхнього і бічного освітлення. На рівень освітленості, у свою чергу, впливають наступні чинники: світловий клімат, площа світлових отворів, джерел, міра їх чистоти, забарвлення приміщення, наявність предметів тих, що утрудняють пряме освітлення.

Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих і побутових приміщеннях. При організації даного типа освітлення необхідно забезпечити сприятливі гігієнічні умови для зорової роботи і враховувати всі економічні показники.

Для раціонального розподілу світлового потоку застосовується освітлювальна арматура. Її призначення – перерозподіл світлового потоку ламп, захист очей від яскравості. У цехах застосовуються світильники прямого світла, що підвішують на значній висоті. Для місцевого освітлення користуються світильниками типа «Альфа», «Бета», і коробчасті світильники. Використовують лампи типу ДРІ-400 і світильники «Астра».

4.3.3 Виробничий шум

Виробничим шумом прийнято називати всякий шум, який присутній на робочому місці, на ділянці або території підприємства, що виникає в результаті виробничого процесу.

Під впливом шуму, що перевищує 85-90 дБА, в першу чергу знижується слухова чутливість на високих частотах. Сильний шум надає негативної дії на здоров'я та працездатність людей. Тривала робота в умовах підвищеного рівня

шуму призводить до зниження працездатності, швидкого стомлення і психічного виснаження. До того ж порушується процес травлення, відбувається зміна об'єму внутрішніх органів. Впливаючи на кору головного мозку, шум, надає дратівливу дію, ослабляє увагу.

Для боротьби з шумом, безпосередньо в джерелі його виникнення, застосовують малошумні механічні передачі, розробляються способи зниження шуму в підшипникових вузлах, вентиляторах. Акустичні засоби захисту від шуму можна розділити на декілька груп: звукоізолюючі, звукопоглинаючі і глушники шуму.

Суть методу зниження шуму звукоізоляцією передбачає шумоізоляцію обладнання, розташування гучного об'єкту на великій відстані один від одного і основного приміщення роботи. Можливе оснащення приміщення звукоізолюючою стіною або перегородкою. Звукопоглинання відбувається за рахунок переходу коливань енергії в теплоту, яка виникає унаслідок втрат в звуконосії на тертя.

Звукопоглинальні матеріали і конструкції призначені для поглинання звуку як в приміщеннях з джерелом шуму, так і в сусідніх приміщеннях. Акустична обробка приміщень передбачає покриття стелі і верхньої частини стенів звукопоглинальними матеріалами.

4.3.4 Виробничі випромінювання

Ряд виробничих процесів в чорній металургії супроводжується дією на працівників інфрачервоного, видимого, ультрафіолетового і іонізуючого випромінювання. Надмірна яскравість в прокатному цеху викликає явище тимчасової сліпоти та негативно впливає на світлочутливі елементи сітківки очей людини.

Для попередження сліпоти робочих, потрібно застосовувати окуляри з кольоровим склом (світлофільтрами).

4.3.5 Гігієна праці

Гігієна праці це наука, що вивчає дію трудового процесу і навколишнього виробничого оточення на організм працюючої людини. Виробнича санітарія, у свою чергу, є системою організаційних заходів і засобів, що запобігають дії шкідливих чинників на робітниках. Такими можуть бути пил, шум, висока температура, інфрачервоне випромінювання.

Людина постійно знаходитися у взаємозв'язку з довкіллям, в міру можливості він пристосовується до неї, або пристосовує її до себе, забезпечуючи умови для існування. В разі недостатнього пристосування зовнішнє середовище надає несприятливу дію на людину, унаслідок чого страждає його фізичне і психічне здоров'я.

На основі вивчення умов і характеру праці на підприємствах чорної металургії і їх впливу на організм робітників розроблений комплекс організаційних, санітарно-технічних і лікувально-профілактичних заходів, направлених на усунення несприятливих чинників виробничого середовища. Серед них запобігання або зменшення їх впливу на організм людини, а також зміна самого характеру праці для зміцнення здоров'я працівників і підвищення їх працездатності.

Нагрітий до 1250 °С метал приводить до виникнення зайвого тепла і інфрачервоного випромінювання. Це, поза сумнівом, є чинником, що негативно впливає на здоров'ї робочого. Згідно з цеховими вимірами інфрачервоне випромінювання складає більше 2000 т/м^2 і відноситися до другого класу.

Шум, що виникає при роботі устаткування по цехових вимірах, відноситися до другого класу і складає рівень в 100 дБА. Допустимий рівень не повинен перевищувати 80 дБА (при частоті 1000 Гц). Для зменшення тертя шийок валків застосовують воду, яка при попаданні на валяння приводить до паротворення.

4.4 Техногенна безпека

В цеху можливі аварії техногенного характеру: вибухи пов'язанні з використанням газу в термічних печах, поломки обладнання, пожежі в кабельних тунелях. В складі ГММ використовують керосин, при горінні якого виникає небезпека пошкодження шкіри людини різного ступеня (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 - Характеристика небезпечної речовини – керосин

Найменування параметра	Параметр
Найменування речовини	Керосин
Склад	До складу керосину входять вуглеводи, які википають при температурі від 180°С до 360°С
Теплота згоряння, кДж/кг	43540
Температура спалаху, °С	53
Температура займання, °С	63
Температурні межі займання, °С	35-75
Молекулярна маса	154,7
Щільність при20°С, кг/м3	792
Агрегатний стан, колір	Безбарвна або жовтувата (без спеціальних добавок) рідина
Вибухопожежонебезпечність	Горюча рідина
Токсичність	ГДК згідно ГОСТ 12.1.005 300 мг /мл 12.1.007 (малонебезпечна рідина).
Реакційна здатність	Хімічна стабільність керосина це здатність протистояти окислювальним процесам під час зберігання. При тривалому зберіганні керосин окислюється і утворюється осад. Процес

	окислення прискорюється при наявності деяких металів.
Корозійна активність	Корозійна стійкість керосина помірна, сполук сірки.
Вплив на людину і на навколишнє середовище	Сприяє подразненню слизової оболонки і шкіри людини, а також появі шкірних захворювань. При тривалому контакті викликає зміна функцій центральної нервової системи, підвищений захворювання органів дихання людини. Не утворює токсичні сполук у повітрі і стічних водах в присутності інших речовин при температурі навколишнього середовища. Пари негативно впливають на стан навколишнього середовища. При зливі у водойму на поверхні утворюється плівка, яка перешкоджає проходженню кисню, що може призвести до масової загибелі представників флори і фауни водойм.
Засоби безпеки, засоби захисту	Вентиляція. При чищенні та ремонті цистерн - попередня продувка інертним газом (гострою парою), потім - чистим повітрям. В атмосфері з високим вмістом гасу забороняється працювати в поодинці. Застосування засобів індивідуального захисту згідно з ГОСТ 12.4.011 і ГОСТ 12.4.103. в місцях з вмістом пари гасу вище ГДК - протигази марок А. БКФ і шлангові протигази ПШ-1 або аналогічні (ГОСТ 12.4.034). Для захисту шкіри рук - рукавиці, креми і пасти згідно ГОСТ 12.4.068.

Методи перетворення речовини в безпечний стан	При пожежі: вуглекислий газ, хімічна піна, перегріта пара, розпорошена вода, порошок ПСБ-3; в приміщеннях - об'ємне гасіння. При протоці гасу зібрати його в окрему тару, місце протоки промити мильним розчином, гарячою водою, протерти сухою тканиною. При протоці на відкритому майданчику місце протоки засипати піском з наступним його видаленням і утилізацією. Для попередження розтікання при великих протоках обладнання тимчасовим обвалуванням навколо місця протоки.
Перша допомога потерпілим	При попаданні керосина на відкриті ділянки тіла необхідно його видалити і ретельно промити шкіру водою з милом; при попаданні на слизову оболонку очей ретельно промити водою.

4.4.1 Заходи пожежної безпеки

Згідно до ДСТУ пожежна безпека об'єкту забезпечується системою запобігання пожежі, системою пожежного захисту, заходами організаційного характеру. За всіх умов роботи, виробництва, має бути забезпечена пожежна безпека об'єкту і людей. Основним нормативним документом про пожежну безпеку є Закон «Про пожежну безпеку» 1993 р., будівельні норми і інші нормативні акти.

Під пожежею мають на увазі неконтрольоване горіння, що розвивається в часі і просторі.

До чинників пожежі відноситися не лише вогонь, але і такі чинники як дим, вибух, пил, недолік кисню та ін.

Під системою запобігання пожежам слід розуміти комплекс організаційних заходів, технічних засобів спрямованих на виключення умов

виникнення пожежі. Одним з основних принципів в системі є положення про те, що горіння можливе лише за певних умов. Система включає: запобігання появи горючого середовища і виникнення в цьому середовищі джерела запалення. Перша умова досягається вживанням герметичного устаткування, заміною технологічного процесу негорючими речовинами. Друга передбачає наявність устаткування, при роботі якого поява джерела запалення зведена до мінімуму.

Для формування системи запобігання пожежам необхідні вимоги пожежної безпеки мають бути враховані ще в проекті промислового підприємства. До цих вимог відносяться:

Забезпечення належних розривів між підприємствами і житловими кварталами.

Раціональне зонування споруд на території підприємства, Формування оптимальних умов для ліквідації можливого вогнища спалаху і ін.

Для запобігання поширенню пожежі встановлюють протипожежні перешкоди. До них відносяться перекриття, що не горять, протипожежні стіни. При проектуванні приміщень підприємства передбачають можливість безперешкодного виходу з приміщень при виникненні пожеж, і інших аварій. Дороги евакуації мають бути мінімальними довгі, що б можна було швидко покинути приміщення. Число евакуаційних виходів має бути не менше двох. Двері на дорогах евакуації повинні відкриватися у бік виходу з будівлі. Евакуаційні виходи мають бути виконані з конструкцій, що несуть, вогнестійких. Дах будівлі більше 10 метрів потрібно обладнати сходовими спусками.

Приміщення відноситься до категорії Г, ступінь вогнестійкості III.

4.5 Розрахунок вентиляції для видалення надлишкової теплоти

У термічному відділенні прокатного цеху об'ємом 103773 м3 для термічної обробки сталі встановлено дві нагрівальні печі з сумарною тепловиділяючої поверхнею 20 м2. Температура всередині печі tвн= 1050 °С. Стінки печей цегляні з шамоту товщиною δ1= 345 мм. Кожух печі із сталі товщиною δ2= 3 мм.

Сумарна продуктивність печей Р = 3500 кг/год. Початкова температура витягуємого із печі металу tпоч = 1020 °С, до моменту вивезення з відділення метал остигає до tкін= 100 °С. Температура зовнішнього повітря tнар= 20 °С. Температура повітря у відділенні t від 25°С, температура минаємого повітря tух= 30 °С.

Знайдемо загальні тепловиділення в термічному відділенні протягом години. Основні джерела теплоти - нагрівальні печі і остигаючий метал.

Тепловиділення від нагрівальних печей визначається за формулою, Вт:

$$Q_{П} = R \cdot (t_{вн} - t_{от}) \cdot S; \tag{4.1}$$

де R- коефіцієнт теплопередачі стінок печі, Дж/(м2сК);

S - сумарна площа тепловиділяючих поверхонь печей, м2

Коефіцієнт теплопередачі стінки печі розраховується за формулою:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}; \tag{4.2}$$

де α1 і α2 - коефіцієнти тепловіддачі на внутрішній "зовнішній поверхнях печі, вони відповідно рівні 14 та 9,3 Дж/(м2сК).

λ1 та λ2 - коефіцієнта теплопровідності шамотної цегли і кожуха печі, вони відповідно рівні 0,93 та 7 Дж/(м2сК),

Тоді за формулою (4.2), отримаємо:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{14} + \frac{0{,}345}{0{,}93} + \frac{0{,}003}{7} + \frac{1}{9{,}3}} = 1{,}81 Дж/(м^2 сК)$$

Тепловиділення від нагрівальних печей, що визначається за формулою (4.1), складе:

$$Q_{П} = 1{,}81 \cdot (1050 - 25) \cdot 20 = 37105\,Дж/с$$

Знаходимо тепловиділення від остигаючого металу, Дж/с

$$Q_{М} = P \cdot C \cdot (t_{поч} - t_{кін}); \tag{4.3}$$

де С - теплоємність металу, Дж/(кг·К).

Нехай С = 0,14 Дж/(кг·К)

Підставивши у формулу (4.3) числові значення, отримаємо:

$$Q_{М} = 3500 \cdot 0{,}14 \cdot (1020 - 100) = 450800\,Дж/с$$

Далі знаходимо загальну кількість теплоти, що виділяється у відділенні від нагрівальних печей та остигаючого металу:

$$Q_{ЗАГ} = Q_{П} + Q_{М} = 37105 + 450800 = 487905\,Дж/с \tag{4.4}$$

Приймемо втрати теплоти через огородження будівлі відділення рівним 20% загального надходження теплоти. Тоді надмірна кількість теплоти визначається за формулою:

$$Q_{НАД} = Q_{ЗАГ} \cdot 0{,}8 = 487905 \cdot 0{,}8 = 390324\,Дж/с \tag{4.5}$$

Кількість повітря, яке необхідно ввести для видалення надлишкової теплоти, м3/год:

$$V_{ПОВ} = \frac{3600 \cdot Q_{НАД}}{C_{в} \cdot (t_{ух} - t_{нар})}; \tag{4.6}$$

де Св - об'ємна теплоємність повітря

$$V_{ПОВ} = \frac{3600 \cdot 390324}{1{,}256 \cdot (30 - 20)} = 118763 м^3 / ч$$

Знаходимо кратність повітрообміну:

$$K = \frac{V_{ПОВ}}{V_{ном}}; \quad (4.7)$$

де Vном – об’єм термічного відділення, м3

$$K = \frac{1118763}{103773} = 11$$

тобто повітря в приміщенні протягом години обмінюється 11 разів.

ВИСНОВКИ

1. У ході виконання бакалаврського дипломного проєкту було розглянуто актуальну інженерну задачу — підвищення надійності та ефективності роботи сортопрокатного стану 550 шляхом удосконалення натискного механізму чистової кліті. На основі проведеного аналізу технологічного процесу та особливостей експлуатації обладнання було встановлено, що однією з основних проблем є самовідгвинчування натискних гвинтів під час прокатки, що негативно впливає на якість продукції та стабільність прокатного процесу.
2. Проаналізовано конструкцію існуючого натискного механізму та виявлено його недоліки, зокрема вплив динамічних навантажень на функціонування різьбового з'єднання.
3. Розроблено нову конструкцію стопорного пристрою, що блокує натискний гвинт у робочому положенні та запобігає його самовідгвинчуванню.
4. Виконано інженерні розрахунки основних вузлів і деталей модернізованої конструкції з урахуванням реальних навантажень, що підтвердило їхню міцність, надійність та відповідність нормативним вимогам.
5. Запропоновано технічні рішення щодо впровадження модернізації в умовах діючого цеху, включаючи монтажні роботи, такелаж, регулювання обладнання, систему змащення та вимоги до експлуатації.
6. Ураховано вимоги охорони праці на всіх етапах реалізації проекту — від демонтажу старих вузлів до введення оновленого механізму в експлуатацію.
7. Реалізація запропонованої конструкції дозволить суттєво підвищити стабільність прокатного процесу;покращити якість готової продукції; знизити зношування обладнання та витрати на ремонт; зменшити навантаження на головний привід без потреби збільшення сили тертя в різьбі та оптимізувати технічне обслуговування механізму.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологічні машини: підручник для студентів спеціальностей механічної інженерії закладів вищої освіти./ Гнітько С.М., Бучинський М.Я., Попов С.В., Чернявський Ю.А. - Харків: НТМТ, 2020. 258 с
2. Рудь Ю. С. Основи конструювання машин : підручник. 2-ге вид. Кривий Ріг : ФОП Чернявський Д.О., 2015. 492 с.
3. Васильченко Т.О, Шевченко І.А, Гречаний О.М. Опір матеріалів : навчально-методичний посібник Запоріжжя : ЗНУ, 2020. – 263 с.
4. Гайдамака А.В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків: навчальний посібник. Харків: Харківський політехнічний інститут, 2020.
5. Ф. К. Іванченко, В. М. Гребеник, В. І. Ширяєв . Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів. навч. посібник – Київ : Вища школа, 1995. – 455 с.
6. Самохвал В.М. Конспект лекцій з дисципліни" Конструкції технологічних агрегатів в процесах ОМТ. Частина 4. Обладнання прокатних та волочильних цехів" для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 136 – Металургія за освітньо-професійною програмою «Металургія». Кам'янське, ДДТУ, 2017. - 91 с
7. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин: Навчальний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 1996. 145 с.
8. Жук А. Я., Малишев Г. П. Основи технічного діагностування: навч-метод. посіб.– Запоріжжя: ЗДІА, 2007. – 114 с.
9. Кравченко В. М., Іщенко А. О., Сидоров В. А., Буцукін В. В. Експлуатація та обслуговування машин. Донецьк: Донбас, 2014. 543 с.
10. Numerical simulation of the fine blanking process of sheet titanium / J. Adamus, P. Lacki, W. Wieckowsky // Archives of Metallurgy and Materials, 2011. – Volume 56, Issue 2. – P. 431-437. 334. Investigation of metal flow direction during double – core rod rolling in slitting oval pass / A. Stefanik, S. Mróz, H. Dyja // Proceedings of the 12th International Scientific

Conference “Achievements in Mechanical and Materials Engineering” AMME’2003, Gliwice- Zakopane, 2003. – P. 839-842

11. Седуш В.Я. Надійність, ремонт і монтаж металургійних машин: Підручник.– 3–є вид., перероб. і доп. – К.:НМК ВО, 1992. – 368с.
12. Седуш В.Я. Надійність, ремонт і монтаж металургійних машин : підручник. 4-е вид.,перероб. і доп. Донецьк: ТОВ «Юго – Восток, Лтд», 2008. 379 с.
13. Ремонт металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. К. : вид. дім "Кондор", 2017. 236 с.
14. Технічне обслуговування металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. К. : вид. дім "Кондор", 2017. 288 с.
15. Півняк Г.Г., Бешта О.С., Фількін М.П. Автоматизований електропривод у прокатному виробництві. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2008. 352с.
16. Охорона праці на гірничо–металургійному підприємстві: навч. посібник. Ч.І: Металургійний комплекс. / В.О.Шеремет та ін. Дніпропетровськ: Січ, 2002. 375 с.
17. НПАОП 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.
18. ДСН 3.3.6.042–99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
19. 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.

20. Геврик Е. О. Охорона праці. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. / Е. О. Геврик. – К: Ельга, Ніка–центр, 2003. – 280 с.

21. 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.

22. 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.

23. Ткачук К. Н. Охорона праці та промислова безпека. Навч.посіб. / К. Н. Ткачук. та ін. – К: Основа, 2009. – 360 с.

ДОДАТКИ