

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю.М. Потебні

(назва факультету)

Кафедра Обробки металів тиском

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до бакалаврської роботи

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
(перший (бакалаврський) рівень, другий (магістерський) рівень)

на тему Розробка режиму прокатки штаби розмірами 1,5x1200 мм із сталі 08пс на стані гарячої прокатки

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1360-омт-д

Довгань Микита Віталійович

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

136 Металургія

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

обробка металів тиском

(шифр і назва)

Керівник Кругляк Д.О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя - 2022 року

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім Ю.М. ПОТЕБНІ**

Кафедра _____ Обробки металів тиском _____

Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) рівень _____
(перший (бакалаврський) рівень, другий (магістерський) рівень)

Спеціальність _____ 136 Металургія _____
(шифр і назва)

Спеціалізація _____
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма _____ обробка металів тиском _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ ОМТ _____
_____ Ю.О. Белоконь _____

“ _____ ” _____ 2022 року

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Довгань Микита Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) _____ Розробка режиму прокатки штаби розмірами 1,5x1200 мм із сталі 08пс на стані гарячої прокатки _____

керівник проекту (роботи) _____ Кругляк Дмитро Олегович _____ к.т.н, доцент _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затвер джені наказом вищого навчального закладу від “17” 01 2022 року № 90-с

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____ 17.06.2022 _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____ Визначення параметрів оптимізації прокатування інструментальної сталі на безперервних станах гарячої прокатки _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____ Реферат. Вступ. Загальна частина. Технологічна частина. Механічна частина. Охорона праці та техногенна безпека. Висновки. Перелік посилань. _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення, презентаційний матеріал 11 слайдах (на 11 сторінках)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		Завдання прийняв
<i>Загальна частина</i>	<i>Кругляк Д.О., доцент</i>	
<i>Технологічна частина</i>	<i>Кругляк Д.О., доцент</i>	
<i>Механічна частина</i>	<i>Кругляк Д.О., доцент</i>	
<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>	<i>Кругляк Д.О., доцент</i>	

7. Дата видачі завдання 17.02.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Вступ</i>	29.04.2022 - 12.05.2022	
2	<i>Реферат</i>	12.05.2022 - 16.05.2022	
3	<i>Загальна частина</i>	29.04.2022 - 11.06.2022	
4	<i>Технологічна частина</i>	12.05.2022 - 07.06.2022	
4	<i>Механічна частина</i>	17.05.2022 - 30.05.2022	
5	<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>	24.05.2022 - 15.06.2022	
6	<i>Висновки</i>	30.05.2022 - 17.06.2022	

Студент

(підпис)

М.В. Довгань

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Д.О. Кругляк

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до випускної кваліфікаційної роботи: 85 сторінки, 13 рисунків, 15 таблиць, 21 джерело.

В загальній частині описані: діючий цех, технологічний процес прокатки штаби, сортамент і технічні вимоги до готової продукції, недоліки існуючої технології і заходи щодо їхнього усунення, технологія, функції і режими роботи Койлбокса.

Метою роботи є розробка прокатки штаби на безперервному широкоштабовому стані гарячої прокатки 1680. Розраховано продуктивність безперервного широкоштабового стану 1680.

В механічній частині описано конструкцію головної лінії та наведені розрахунки: валків, натискного гвинта та гайки.

В частині «Охорона праці та техногенна безпека» описані основні заходи щодо безпечних умов праці на стані.

**ПРОКАТКА, СТАН, КЛІТЬ, ЕНЕРГОСИЛОВІ ПАРАМЕТРИ,
РОЛЬГАНГ, ОБТИСК, ШСГП, ШТАБА, ВАЛКИ**

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	7
1.1 Характеристика цеху гарячої прокатки	7
1.2 Технічна характеристика обладнання стану	9
1.3 Сортамент стану і марки сталі	15
1.4 Технологічний процес прокатки	18
1.5 Перспективи розвитку виробництва та пропозиції щодо його вдосконалення	22
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	25
2.1 Розрахунок кінематичних параметрів стану 1680 для одержання штаби з розмірами 1,5×1200	25
2.2 Розрахунок енергосилових параметрів прокатки	32
2.3 Розрахунок техніко-економічних показників виробництва	60
3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА	63
3.1 Розрахунок на міцність механізмів прокатної кліті	63
3.2 Висновки до розділу	68
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	69
4.1 Характеристика потенційних небезпечних і шкідливих виробничих чинників на ділянці цеху гарячої прокатки тонкого листа	69
4.2 Заходи з поліпшення умов праці на ділянці ШСГП 1680	72
ВИСНОВКИ.....	83
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	84

ВСТУП

Сталь є основним конструкційним матеріалом. Однак з розвитком хімічної промисловості й матеріалознавства сталеві штаби змушені витримувати усе більше конкуренцію з боку нових видів продукції. Нові види продукції значною мірою задовольняють сучасним вимогам основних традиційних споживачів виробів чорної металургії - виробників транспортних засобів і машинобудівників. Для збереження свого положення на ринку конструкційних матеріалів необхідно вдосконалювання технологій, застосовуваних у виробництві штабового прокату; особливо - гарячекатаного, тому що без підвищення якості підкату не варто очікувати поліпшення характеристик холоднокатаної штаби й іншої продукції наступних переділів. В останні п'ятнадцять років намітилися нові напрямки розвитку технології гарячої прокатки.

Результатом стало як подальше вдосконалювання широкоштабових прокатних станів, так і впровадження поєднаних процесів лиття - прокатки й поява розробок в галузі безперервного лиття штаби. Розвиток автоматичних систем керування й контролю дозволило не тільки почати втілення в життя ідей, що вважалися раніше нездійсненними - як безперервне розливання тонкої сталевий штаби у двох роликівих кристалізаторах. Металургійні підприємства одержали можливість формувати свій парк обладнання відповідно до реальних потреб ринків, на які вони працюють, і тим самим скоротити споживання енергії й інших ресурсів і капітальні витрати.

Широкоштабові стани гарячої прокатки мають ряд переваг: це висока продуктивність (до 5 млн. тон на рік і вище), висока технологічна гнучкість і здатність забезпечувати значні обтиснення.

На світовому ринку гарячекатаного металу в основному представлена штаба шириною від 600 до 2000 мм, товщиною від 1,25 до 25 мм. До 96% європейського ринку належить вуглецевим і легко деформуючим маркам сталей.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика цеху гарячої прокатки

Цех гарячої прокатки тонкої штаби призначений для виробництва товарних і переробних рулонів і штаб.

Для забезпечення прокатки за схемою зливок-сляб-рулон виконана модернізація ряду чорнових клітей з установкою регульованих приводів на чорнових клітях ДУО, №3; №4; вертикальних клітях №1, №2, і №3 і автоматична перебудова механізмів ділянки чорнових клітей.

До складу цеху входять: дільниця методичних нагрівальних печей; стан безперервний широкоштабовий 1680; дільниця підготовки валків; дільниця відділки штаб, що включає в себе ряд агрегатів для розрізання рулонів на штаби та поздовжнього розпуску на рулони.

Для нагрівання слябів використовуються чотириох зонні методичні рекуперативні печі. Печі опалюються сумішшю доменного, коксового й природного газів.

ШСГП 1680 складається з двох груп клітей - чорнової і чистової. До чорнової групи входять кліть ДУО, чотири кліті «кварто» і три вертикальних кліті [1].

Обтиск слябів на 20 – 25 мм відбувається в кліті ДУО. Перед та за кліттю ДУО встановлений гідрозбив для видалення окалини. Чотири чорнові кліті «кварто» прокатують сляб на проміжний розкат до товщини 18 - 28 мм. Вертикальні кліті обтискають штабу по ширині на 0,5 - 1,5 % для вирівнювання крайок штаби по ширині. Після прокатки штаба по проміжному рольгангу, рухається до чистової групи, яка складається з 6 чистових клітей, через проміжний пристрій змотування. Проміжний пристрій змотування «Койлбокс» змотує штабу в рулон і подає її заднім кінцем вперед в чистову групу клітей. Ця операція необхідна для вирівнювання

температури штаби при прокатуванні по всій довжині розкату. Прокатка через проміжний пристрій дає змогу прокатувати штаби меншої товщини та більшої якості.

Чистовий окалиноломач призначений для зламування вторинної окалини і видалення її за допомогою води під високим тиском, яка подається з спеціальних сопел, встановлених на гідравлічних колекторах.

Після прокатки штаби в чистовій групі клітей відбувається охолодження штаби перед змотуванням на душючому пристрої. Після охолодження штаба змотується в рулони.

Змотувачі № 4, 5, 6 - ролико-барабанні, мають 8 роликів. Призначені для змотування штаб вуглецевих сталей товщиною 1,8 - 6,0 мм. Мінімальна температура змотування штаб – 600 °С.

Змотувачі № 1, 2, 3 призначені для змотування штаб вуглецевих сталей товщиною 1,7 - 8,0 мм, при температурі штаби 500 – 800 °С. Швидкість змотування до 15 м/с, кількість формуючих роликів машини - 4.

Вантажно – поворотний стіл з вантажопідйомністю 25 т призначений для передачі рулонів з конвеєра, який відводить їх від змотувачів для переділу на гарячекатаний штаба і в ЦХП-1 для переділу на холоднокатаний штаба.

Дільниця підготовки валків включає в себе: дільницю ревізії підшипників, дільницю шліфування валків, дільницю збирання та розбирання валків. На дільниці розміщені верстати для шліфування валків, шліфування відбувається абразивним колом, яке перед використанням перевіряються на міцність.

Дільниця ревізії та збирання, розбирання валків включає в себе спеціально підготовлені місця для огляду та ремонту валків та подушок.

На дільниці розміщені 3 апарати для підігріву валків перед прокаткою, а також 3 – в прольоті стана.

На ділянці відділки штаб розташовані агрегати поперечного нарізання №1 і №2, агрегати поздовжнього нарізання №3, №4.

Агрегати поперечного нарізання №1 і №2 призначені для різки рулонів на штаби довжиною від 1500 до 6000 мм. Після різки пачки траверсою передаються на пакувальну ділянку. Пачки пакуються вздовж і впоперек за допомогою пневматичних машинок. Кожна пачка маркується двома бирками, на яких вказуються розміри штабів, номер плавки, номер замовлення, марка сталі.

Агрегати поздовжнього нарізання №3, №4 призначені для різки рулонів розмірами від 1000 до 1500 мм вздовж на бунти розмірами від 30 до 1500 мм. Рулон після різки пакується на змотувачі, а потім в збірному кармані (на агрегаті №3 на поворотній колонці).

До складу цеху входить відділення гнутих профілів. Це відділення включає в себе стани $1 \div 4 \times 400 \div 1500$, $2 \div 7 \times 80 \div 500$, $1 \div 4 \times 50 \div 300$. Вихідним матеріалом для гнутих профілів служать гарячекатані рулони після поздовжнього розпуску на агрегати поздовжнього нарізання №3, №4.

Сортамент відділення гнутих профілів представлений близько 573 профілерозмірами [2]. Це – кути, швелери, замкнуті профілі, гофровані профілі та ін.

1.2 Технічна характеристика обладнання стану

1.2.1 Стисла технічна характеристика основного устаткування ШСГП 1680

Методичні печі необхідні для нагріву зливків перед прокаткою на ШСГП в тому випадку, якщо прокатка являється не транзитною. Повітря необхідне для горіння, підігрівається в блоковому керамічному рекуператорі обсягом 330 м^2 до температури від 500°C до 600°C . Для відводу продуктів горіння від всіх печей встановлені борова та два димарі висотою 85 метрів.

Посадка слябів у печі відбувається поплавно з відділенням слябів різних плавок і розмірів спеціальними прокладками.

Сляби саджають як у гарячому, так й у холодному стані, за винятком окремих марок низьколегованих сталей, а для всіх високолегованих і нержавіючих сталей використовують тільки холодну посадку слябів. Коротка технічна характеристика й основні розміри робочого простору нагрівальних печей наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Коротка технічна характеристика і основні розміри робочого простору нагрівальних печей

Найменування	Одиниця виміру	№ печей
		1,2,3,4
Корисна довжина	мм	31540
Ширина печі	мм	5220
Довжина методичної зони	мм	5520
Довжина другої зварювальної зони	мм	7810
Довжина першої зварювальної зони	мм	9280
Довжина томильної зони	мм	8930
Теплова потужність	ккал/год.	53 x 10 ⁶

Для завантаження і переміщення слябів через печі використовуються два штовхачі рейкового типу, кожен з яких має зусилля 80 тон. Кожна зона печі обладнана системою контролю й регулювання температури. На кожній печі автоматично регулюється тиск за допомогою електричного регулятора й виконавчого механізму, що управляє шибром.

Регулювання температури по зонах печі відбувається за допомогою контрольно-вимірювальної апаратури.

Печі опалюються сумішшю доменного, коксового і природного газів, а у випадку відсутності природного газу - сумішшю коксового й доменного газів.

На тепловому щиті печей встановлений швидкодіючий потенціометр, що реєструє температуру поверхні розкатів за 4-ої кліттю по імпульсах від фотоелектричного пірометра.

Безперервний широкоштабовий стан 1680 складається із двох груп клітей - чорнової й чистової та обслуговуючого обладнання [3].

До складу чорнової групи входять: одна кліть ДУО, чотири кліті «Кварто» (№1, 2, 3, 4) (рис. 1.1) і три вертикальних (№1, 2, 3) кліті «еджери».

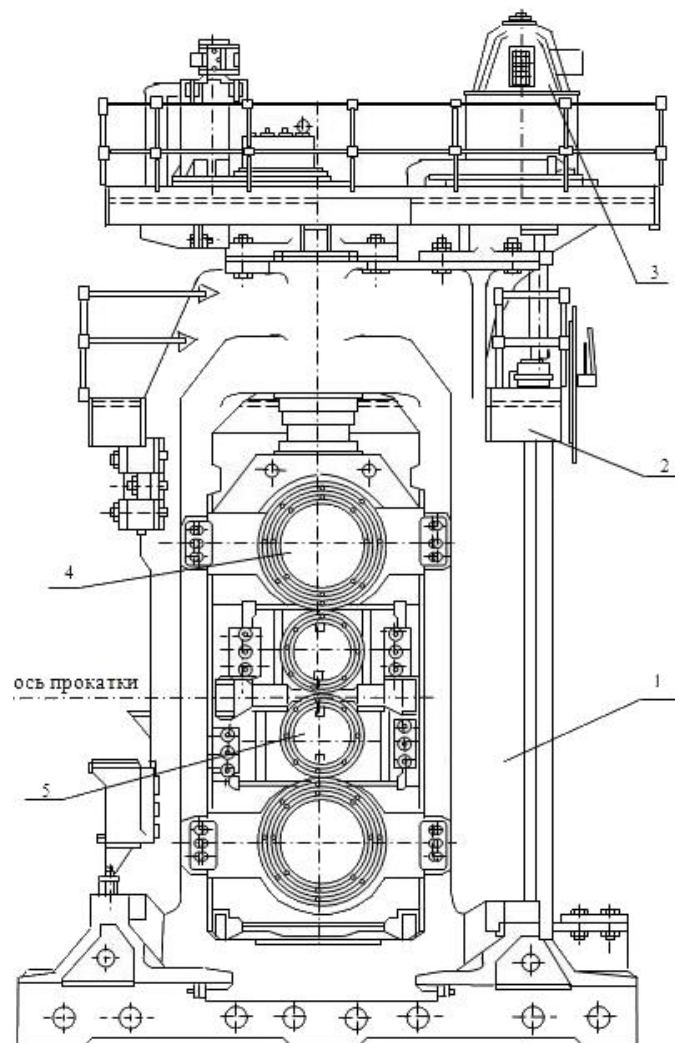


Рисунок 1.1 – Чорнова кліть «кварто»: 1 – станина; 2 – шпинделі; 3 – електродвигун; 4 – валок опорний; 5 – валок робочий.

До складу чистової групи входять: одна двох валкова кліть (чистовий окалиноломач) і шість клітей (№5, 6, 7, 8, 9,10) (рис. 1.2), а також летючі

ножиці 28x1700 мм для обрізання переднього кінця штаби (розкату) перед чистовою групою.

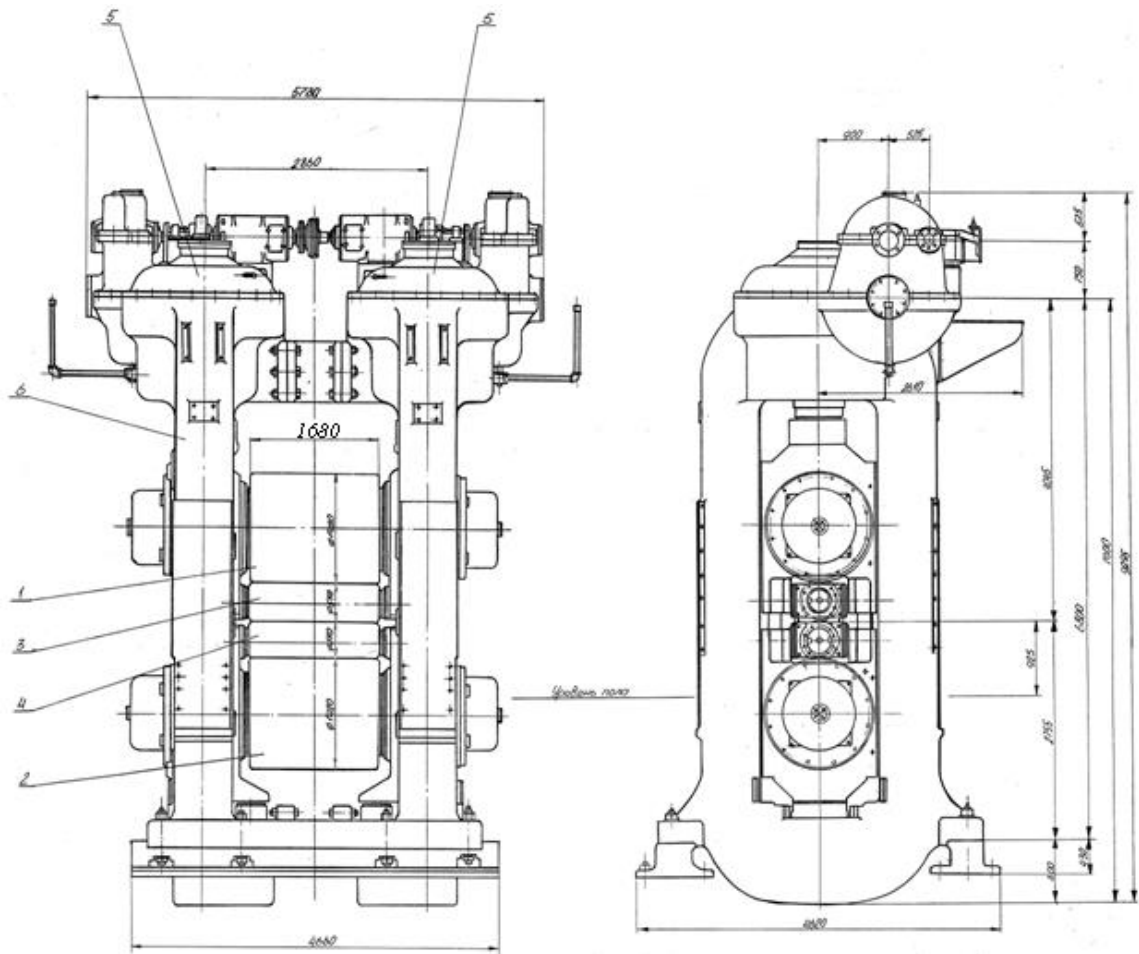


Рисунок 1.2 – Чистова кліть «кварто»:

1 – верхній опорний валок; 2 – нижній опорний валок; 3 – верхній робочий валок; 4 – нижній робочий валок; 5 – натискний пристрій; 6 – станина

Обтиск штаби на 20 – 25 мм та зламівання окалини відбувається в кліті ДУО. Для видалення окалини служать гідрозбиви, які встановлені перед і за кліттю ДУО, за клітями №2 і №3 та за чистовим окалиноломачем. Чотири чорнові кліті «кварто» прокатують сляб до товщини 18 - 28 мм. Вертикальні кліті обтискають штабу по ширині на 0,5 - 1,5 % для вирівнювання крайок штаби по ширині.

Таблиця 1.2 – Коротка характеристика валків стану НТЛС 1680

Валки клітей	D _н , мм	D _к , мм	ℓ _б , мм	ℓ _{заг} , мм	D _ш	D _{трефа}	Матеріал валків
ДУО	900	810	1680	4240	620	440	50ХН
№1 _{роб}	940	880	2440	4800	660	580	90ХФ
№2 _{роб}	850	780	1680	4070	480	440	90ХФ
№1 _{опор}	1320	1245	2440	5070	750	-	90ХФ
2 – 10 _{опор}	1240	1170	1680	4320	650	-	90ХФ
3 – 10 _{роб}	620 ⁺⁶	585	1680	3730	395	360	двошаровий чавун

Валки підготовлюють до роботи на дільниці підготовки валків. Саме на цій дільниці вони проходять огляд, відбувається шліфування валків для прокатки на стані. Валки після огляду підігриваються на нагрівальних пристроях, після нагріву завалюються за допомогою перевалочної муфти та крана [4].

Швидкості прокатки в клітях чистової групи повинні забезпечити в умовах заданих величин обтиснень необхідні температури кінця прокатки для даного профілю й даної групи марок сталі.

Таблиця 1.3 – Допустимі обтиски у клітях чистової групи при прокатуванні штаб різної ширини з вуглецевих і низьколегованих марок сталей, %

№ клітей	Ширина штаби, мм	
	до 1200	від 1200 до 1500
5,6	50	45
7,8	40	35
9	25	25
10	15	15

Обтиски по клітях чорнової групи не повинні перевищувати величин, зазначених у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Максимальний обтиск, який допускають по клітках чорнової групи залежно від ширини сляба

Кліть	Максимальний обтиск при прокатці вуглецевих та низько вуглецевих сталей, %	
	Ширина сляба до 1250 мм	Ширина сляба понад 1250 мм
ДУО	25	20
1	37	35
2	40	37
3	40	37
4	40	37

Для регулювання натягу штаби між клітками чистової групи встановлені петле тримачі (рис. 1.3).

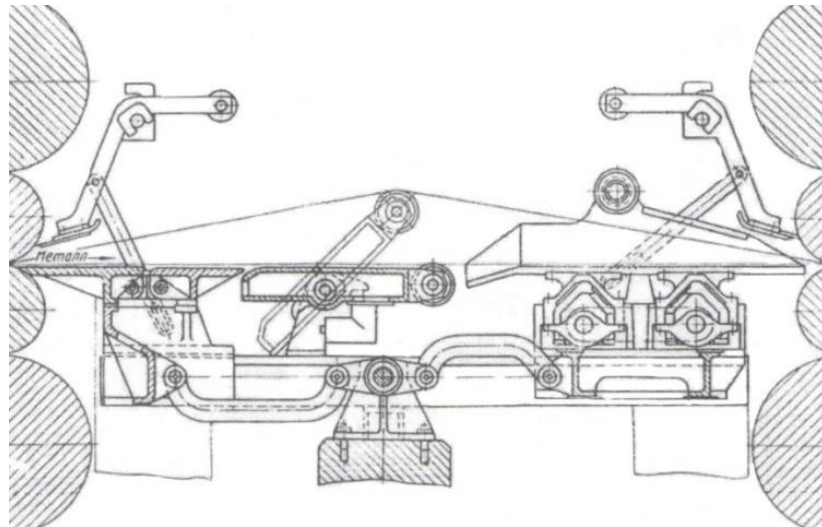


Рисунок 1.3 – Загальний вид петле тримача між клітками чистової групи

1.2.2 Стисла технічна характеристика допоміжного устаткування безперервного стана гарячої прокатки 1680

До складу допоміжного устаткування входять:

- лівий і правий рольганги зі шліперним пристроєм;

- летучі ножиці із приданим устаткуванням для нарізання гарячекатаних штаб на аркуші, ножиці з нижнім різом;
- машини, що згортають, №1, 2, 3, душуюча установка;
- змотувачі №1, 2, 3 з кантувачами рулонів, прийомними візками, приймачами рулонів, конвеєром і крокуючою балкою до них;
- змотувачі №4, 5, 6 з кантувачем рулонів до них;
- конвеєра, що відводить;
- підйомно-поворотних столів;
- вагового рольганга з електронно-тензометричної системи зважування рулонів і прийомного рольганга.

1.3 Сортамент стану і марки сталі

ШСГП 1680 призначений для прокатки штаб від 1,9 до 6 мм і шириною від 900 до 1520 мм (табл. 1.5).

Допускається прокатка освоєного сортаменту штаб товщиною від 6,1 до 10,2 мм. За завданням дозволяється прокатувати штаби шириною від 850 до 900 мм [5].

Штаби товщиною 2 мм прокатуються шириною не більше 1250 мм.

Товщина, ширина, форма (площинність, серповидність) і якість поверхні гарячекатаних штаб повинні відповідати вимогам, а також технічним умовам і стандартам підприємства.

При поставці на поверхні гарячекатаного прокату не повинно бути порізів, пухирів, заходів, тріщини, наскрізних розривів, вкатої окалини, перетравив, недотравив. Розшарування не допускаються.

При поставці прокату за ДСТУ 14637-89 на поверхні прокату не повинне бути розривів, наскрізних розривів, розкатаних пригару й скоринок, а також здуття, тріщини, полон, забруднень і вкатої окалини.

Таблиця 1.5 – Сортамент гарячекатаних штаб стана 1680

Група сталі	Товщина штаби, мм	Ширина штаби, мм
Напівспокійні, киплячі, нестаріючі	1,5	970 - 1030
Напівспокійні, киплячі, нестаріючі	1,8	970 - 1100
	1,9	970 - 1100
	2,0 - 2,4	1000 - 1250
	2,5	860 - 950; 1000 - 1250
Спокійні	2,6 - 2,9	860 - 950; 1000 - 1360
	3,0 - 3,9	860 - 950; 1000 - 1500
	4,0 - 8,0	860 - 950; 1000 - 1500
	8,1 - 10,0	1000 - 1520
	2,0 - 2,4	1000
Низьколеговані	2,5 - 3,1	1000 - 1250
	3,2 - 10,0	860 - 950; 1000 - 1400
	2,0 - 2,9	970 - 1000
Високо вуглецеві для ремонтних цілей	3,0 - 3,9	970 - 1250
	4,0 - 10,0	970 - 1400
	30 - 90	1000 - 1270
Високо вуглецеві для подальшого переділу	2,7 - 2,9	970 - 1050
Високо вуглецеві	3,0 - 6,0	970 - 1250
	2,7 - 3,9	970 - 1080
	4,0 - 6,0	1000 - 1100

Допускаються дефекти (рябизна, риски й інші місцеві дефекти), які не виводять прокат за граничні розміри.

Фактичне граничне відхилення по ширині штаб не повинно перевищувати + 20 мм при ширині штаб до 1000 мм (включно) і + 30 мм при ширині штаб понад 1000 мм [6].

Для гарячекатаних штаб, призначених для подальшого переділу на холоднокатаний штаба, допускається відхилення до +20 мм.

Відхилення від площинності на 1 м довжини прокату, що виготовляється в штабах товщиною від 1,5 до 3,9 мм, не повинне перевищувати 15 мм, а для прокату товщиною від 4,0 до 10,0 мм - 12 мм [7].

Телескопічність рулонів не повинна перевищувати 100 мм для штаб товщиною 2,0 - 2,5 мм і 70 мм для штаб товщиною 2,6 - 9,0 мм.

Поперечна різнотовщинність штаб, вимірювана на відстані 40 мм від крайки й посередині штаби, призначених для поставки на експорт у рулонах, не повинна перевищувати 0,15 мм.

Поперечна різнотовщинність штаб, вимірювана на відстані 40 мм від крайки й посередині штаби, призначених для подальшого переділу на холоднокатаний штаби, не повинна перевищувати 0,10 мм (табл. 1.6).

Таблиця 1.6 – Граничні відхилення по товщині штаб

Товщина штаб, мм	Граничні відхилення по товщині штаб, мм			
	Висока точність АА	Підвищена точність А	Нормальна точність Б при ширині, мм	
			до 1250	більше 1250
1	2	3	4	5
від 4,0 до 5,0 вкл.	±0,25	±0,30	-	-
св. 5,0 до 6,0 вкл.	±0,28	±0,35	-	-
св. 6,0 до 7,0 вкл.	±0,30	±0,37	+0,3	±0,50
св. 7,0 до 8,0 вкл.	-	±0,37	-0,5	
св. 8,0 до 10,0 вкл.	-	-	-	

Різнотовщинність крайок, вимірювана на відстані 5 і 40 мм від крайки, не повинна перевищувати 0,10 мм.

Для підкату на холоднокатаний штаба різниця товщини між лівою й правою крайкою, не повинна перевищувати 0,06 мм.

Прокатка штаб, призначених для виготовлення гарячекатаного травленого штаби в ЦХП-1 і ЦХП-3 виконується в плюсовому полі допусків.

Гарячекатані штаби, призначені для подальшого переділу на холоднокатані штаби, повинні задовольняти вимогам.

Маркування гарячекатаних штаб у рулонах повинно відповідати стандарту підприємства.

Інші технічні вимоги до готового прокату повинні відповідати стандартам і технічним умовам на конкретні види прокату.

1.4 Технологічний процес прокатки

Всі сляби, призначені для прямої прокатки, без затримок передаються по прямому рольгангу до ШСГП 1680.

Температура слябів, призначених для подальшої прямої прокатки на ШСГП 1680, повинна бути не менше вказаної в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Мінімально допустима температура слябів, призначених для прямої прокатки ШСГП 1680

Вид сляба	Тип зливку	Ширина слябів, мм	Температура поверхні перед кліттю ДУО, °С
Одинарні та подвійні товщиною 150-168 мм	15	850 - 960	1060
	1Б	970 - 1160	1060
	2Б	1170 - 1360	1070
	4А	1370 - 1520	1070
Подвійні товщиною 130 - 150мм	всіх типів	всіх ширин	1070

Обтиснення країв розкату виконується у вертикальних валках (еджерах), установлених перед клітями № 2, 3 і 4 на величину від 4 до 32 мм. Температура розкатів за 4-ю кліттю повинна бути в межах 1040 – 1120 ° для забезпечення температури кінця прокатки штаб у заданих межах.

Збив окалини зі штаб I, II, III груп марок сталей відбувається всіма колекторами води високого тиску при роботі трьох насосів, при тиску води не менше 80 атмосфер [5].

Сляб після видалення окалини в установці гідрозбиву №1 прокатується в першій безперервній підгрупі (кліті ДУО та №1). Розкат після виходу з кліті №1 не повинен бути довжиною більше 17250 мм та повністю вміщуватись на рольгангу від кліті №1 до еджерної кліті №1.

Обтиски та швидкість в кліті ДУО вибираються таким чином, щоб швидкість входу розкату в кліть №1 дорівнювала швидкості прокатки в кліті ДУО. Після виходу заднього кінця розкату з кліті №1 він прокатується в другій безперервній підгрупі.

Обтиски та швидкість в кліті №3 вибираються таким чином, щоб швидкість входу розкату в кліть №3 дорівнювала швидкості прокатки в кліті №2.

Швидкість еджерної кліті №1 встановлюється рівною швидкості входу розкату до кліті №2. Швидкість еджерної кліті №2 встановлюється рівною швидкості прокатки в кліті №2.

Після виходу заднього кінця розкату з кліті №2 швидкість прокатки в кліті №3 та в еджерній кліті №3 знижується до швидкості входу розкату до кліті №4 й виконується прокатка в третій безперервній підгрупі.

Швидкість еджерної кліті №2 встановлюється рівною швидкості входу розкату до кліті №3.

Для забезпечення надійної роботи ножиць перед чистою групою стана швидкість прокатки в кліті 4 встановлюється рівною 1,90 м/с [8].

Розкат із чорнової групи надходить до летючих ножиць для обрізання переднього й заднього кінця, обов'язково обрізають передній кінець розкату при товщині розкату в чистовій групі від 2 до 3,5 мм, при прокатуванні інших товщин обрізання виконується вибірково.

Витрати води для охолодження робочих валків повинні бути не менше 3700 – 3800 м³/год.

На ПАТ «Запоріжсталь» встановлено Койлбокс у лінії стана гарячої прокатки 1680. Койлбокс забезпечує більш рівномірний розподіл температур розкату, який задається в чистову групу клітей, що дозволяє зменшити повздовжню різнотовщинність штаби. Це дозволяє розширити асортимент продукції й збільшити розмір рулону з одночасним підвищенням якості.

Технологія Койлбокс це проміжний процес, метою якого є змотування розкату на високій швидкості при виході із чорнової групи клітей з наступним розмотуванням матеріалу на більш низькій швидкості та його задаванні в чистову групу клітей. Технологія Койлбокс внесла зміни у виробництві сталевого гарячекатаного листа завдяки двом ключовим принципам: збереженню температури й обробці довгих розкатів. Процес змотування скорочує площу поверхні тепловипромінювання розкату. В результаті підкат після розмотування має фактично таку ж температуру, що й при змотуванні, що дозволяє вести прокатку в чистових клітях з постійною швидкістю. Технологія Койлбокс дозволяє скоротити витрати електроенергії при прокатуванні матеріалу в чистовій групі клітей, забезпечує значну однорідність властивостей по довжині кінцевого продукту й дозволяє розширити асортименти продукції, що прокатується на стані. Змотування розкату може бути розпочато, коли розкат усе ще перебуває в чорновій групі, таким чином, стан гарячої прокатки «Запоріжсталі» може обробляти більш довгі розкати.

Далі розкат надходить в чистову групу клітей, де обтискується до необхідної товщини розкату.

Витрати води для охолодження робочих валків чистової групи повинна бути не менше 3700 – 3800 м³/год.

При розподілі обтиснень у клітях чистової групи, старший вальцювальник чистової групи або стану стежить за тим, щоб двигуни не перевищували граничні допуски.

Прокатані штаби, призначені для подальшого переділу в ЦГПТЛ, ЦХП-1 і ЦХП-3 транспортують по центральному рольгангу до змотувачів №

1-3. швидкість обертання роликів рольгангів не повинна перевищувати швидкість прокатки більш ніж на 50 м/хв [9].

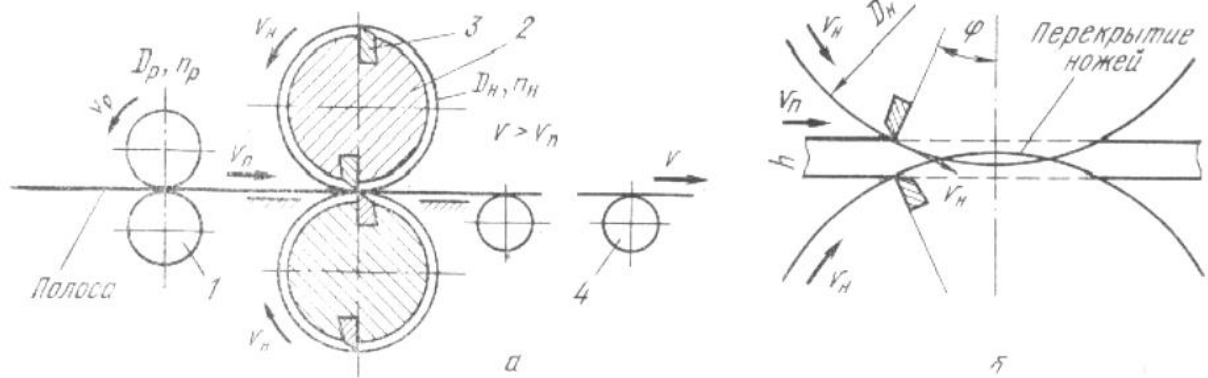


Рисунок 1.6 – Схема летючих барабаних ножиць (а) та поріз штаби (б)

Перед змотувачами встановлений душуючий пристрій для охолодження розкату перед змотуванням у рулони. Змотані штаби на змотувачах № 1 - 3 у рулон, виштовхуються штовхачем на кантувач й далі кантується на прийомний візок, рулон із прийомного візка транспортується до конвеєра №2, де за допомогою приймача рулонів встановлюється на ланцюзі конвеєра. При досягненні рулоном краю конвеєра №2 під рулон заходить крокуюча балка, піднімає й опускає рулон на нерухомі балки, транспортуючи його в такий спосіб до конвеєра №1, далі рулон знімають приймачем рулонів й установлюють його на конвеєр №1.

По конвеєру рулон відводиться до вантажно – поворотного столу №1, де піднімається на висоту 550 мм, після вантажно – поворотного столу №1 рулони, призначені для подальшого переділу в ЦПТЛ і ЦХП-3, транспортується до поворотного конвеєра й надходять на транспортний конвеєр у проліт складу рулонів.

Рулони, призначені для подальшого переділу в ЦХП-1, після вантажно - поворотного столу №1 транспортується до вантажно - поворотного стола №2 і після установки на ланцюзі конвеєра передаються в ЦХП-1.

1.5 Перспективи розвитку виробництва та пропозиції щодо його вдосконалення

Кліть кварто для прокатки штаб має в складі робочі й опорні валки з подушками, встановленими у вікнах станин [6]. Подушки нижнього опорного валка спираються на плоскі пластини, необхідні для регулювання положення нижнього опорного валка щодо лінії прокатки. Зміна між валкового зазору виконується за допомогою натискного пристрою. Верхні опорний і робочий валки врівноважуються плунжерами гідравлічних пристроїв [10].

Недоліком такого комплекту валків з подушками є те, що внаслідок плоского контакту нижньої подушки зі змінною (регульовальною) пластиною і плоским контактом плунжерів врівноважування з поверхнями подушок верхнього опорного і робочого валків відсутня можливість само центрування подушок з підшипниками качення щодо шийок валків. При вигині валків, при прокатуванні штаби, шийки переміщуються у вертикальній площині по лінії вигину і це, при незмінному положенні подушок, приводить до нерівномірного розподілу навантажень на ролики підшипників. Як правило основне навантаження, при чотирирядному підшипнику, сприймають перший і четвертий ряд роликів, що обумовлює передчасний вихід їх із ладу. Найбільше навантаження на ролики має місце при цілком затиснених шийках у підшипниках, тобто при відсутності зазорів між шийками і внутрішнім кільцем підшипника.

При наявності великих зазорів усе навантаження приходить на перший (від бочки валка) ряд роликів. У цьому випадку прогин опорного валка буде максимальним. При різній величині зазорів на лівому і правому підшипниках лінія прогину несиметрична щодо осі кліті. При будь-яких зазорах у шийках валків комплект верхніх і нижніх подушок являє собою тверду систему, без можливості само центрування щодо шийок валків.

Таким чином, наявність пластини з криволінійною трапецієподібною поверхнею контакту зі змінною пластиною є необхідною, але недостатньою

для забезпечення само центрування подушок (підшипників) щодо шийок валків, підвищення стійкості підшипників кочення і зниження простоїв стана.

В основу розробленої моделі [11] поставлена задача створити таку конструкцію комплекту подушок валків штабо прокатної кліті з гідро пристроями врівноважування валків, у якому за рахунок зміни форми торцевої поверхні плунжерів гідро пристроїв, забезпечується само центрування подушок з підшипниками щодо шийок валків, зменшення випадків руйнування підшипників і простоїв стана.

Для вирішення поставленої задачі в комплекті подушок валків штаба прокатної кліті з підшипниками, який включає гідравлічні пристрої врівноважування з плунжерами, що контактують торцями з плоскими поверхнями верхніх подушок, згідно з корисною моделлю, плунжери гідро пристроїв врівноважування виконані зі сферичною формою торцевих поверхонь (рис. 1.7).

На рисунку 1.7 представлено комплект подушок 1 верхнього опорного валка (фрагмент) і нижнього 2 опорного валка 3, який контактує з нижнім робочим валком 4 (фрагмент), шийки 5 опорного валка 3 розміщені в підшипниках 6, а самі подушки 2 спираються на пластину 7 із криволінійною поверхнею і змінну пластину 8, установлену на нижню поперечину 9, плунжери 10 з діаметром d_p зі сферичною торцевою поверхнею гідро пристрою врівноважування упираються в поверхню А, врівноважуючи ведені верхні подушки з опорним валком.

Таким чином, використання в гідро пристроях врівноважування (проти вигину) плунжерів з торцевою поверхнею сферичної форми дозволить зменшити фінансові витрати на обслуговування штаба прокатного стана і підвищити техніко-економічні показники його роботи.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок кінематичних параметрів стана 1680 для одержання штаби з розмірами 1,5×1200

Вихідний сляб $H = 150$ мм.

Розрахунки припустимих кутів захвату.

$$D = 0.92D_p$$

$$1 \text{ кліть } D = 0.92 \cdot 940 = 865 \text{ мм}$$

$$2 \text{ кліть } D = 0.92 \cdot 810 = 745 \text{ мм}$$

$$3 \text{ кліть } D = 0.92 \cdot 580 = 533 \text{ мм}$$

$$4 \text{ кліть } D = 0.92 \cdot 590 = 543 \text{ мм}$$

Допустимо, що мінімально можлива температура при в ході в чорнову групу клітей буде дорівнювати $t = 1100$ °С. 1-2 кліть твердість поверхні робочих валків 40HSD.

Тому що в чорновій групі клітей процес прокатки не є безперервним те швидкості прокатки не залежать від закону сталості обсягу [14].

$$V_{\text{дуо}} = 0,99 \text{ м/с}, v_1 = 1,05 \text{ м/с}, v_2 = 1,1 \text{ м/с}, v_3 = 1,6 \text{ м/с}, v_4 = 2,2 \text{ м/с}.$$

Кліть ДУО

$$f = f_0 k_B k_t k_m k_v k_{ct} k_\varepsilon \quad k_m = 1$$

$$k_t = 1 + 0.43 \left(1 - \frac{HSD}{65} \right)^2 \quad k_v = 0.76 + 0.82(1 + 0.1v)^2$$

$$k_b = 1 \div 1.1, k_{cm} = 1, k_m = 1, k_\varepsilon = 1$$

$$f_0 = 0.27 - 0.1 \left(\frac{t}{400} - 2 \right)^2 = 0.27 - 0.1 \left(\frac{1120}{400} - 2 \right)^2 = 0,221$$

$$k_v = 0.76 + 0.82(1 - 0.1 \cdot 1.05)^2 = 1.175$$

$$k_T = 1 + 0.43 \left(1 - \frac{40}{65} \right)^2 = 0,602$$

$$f_{Д\text{VO}} = 0.221 \cdot 1.06 \cdot 1.42 \cdot 0.95 = 0.397$$

1-2 КЛІТЬ

$$f = f_0 k_B k_t k_m k_v k_{ct} k_\varepsilon \quad k_m = 1$$

$$k_t = 1 + 0.43 \left(1 - \frac{HSD}{65} \right)^2 \quad k_v = 0.76 + 0.82(1 + 0.1v)^2$$

$$k_b = 1 \div 1.1, k_{cm} = 1, k_m = 1, k_e = 1$$

$$f_0 = 0.27 - 0.1 \left(\frac{t^\circ}{400} - 2 \right)^2 = 0.27 - 0.1 \left(\frac{1100}{400} - 2 \right)^2 = 0,213$$

$$k_{v_1} = 0.76 + 0.82(1 - 0.1 \cdot 1.05)^2 = 1.42$$

$$k_T = 1 + 0.43 \left(1 - \frac{40}{65} \right)^2 = 1.06$$

$$f_1 = 0.213 \cdot 1.06 \cdot 1.42 \cdot 0.95 = 0.305$$

$$k_{v_2} = 0.76 + 0.82(1 - 0.1 \cdot 1.1)^2 = 1.36$$

$$f_2 = 0.213 \cdot 1.06 \cdot 1.36 \cdot 0.95 = 0.291$$

3-4 КЛІТЬ.

Твердість валків 70HSD $t^\circ = 1090^\circ\text{C}$.

$$f = f_0 k_B k_t k_m k_v k_{ct} k_\varepsilon \quad k_m = 1$$

$$k_b = 1 \div 1.1, k_{cm} = 1, k_m = 1, k_e = 1$$

$$f_{03} = 0.27 - 0.1 \left(\frac{t^\circ}{400} - 2 \right)^2 = 0.27 - 0.1 \left(\frac{1090}{400} - 2 \right)^2 = 0.217$$

$$k_{v3} = 0.76 + 0.82(1 - 0.1 \cdot 1.6)^2 = 1.34$$

$$f_3 = 0.217 \cdot 1 \cdot 1.34 \cdot 0.95 = 0.276$$

$$f_{04} = 0.27 - 0.1 \left(\frac{t}{400} - 2 \right)^2 = 0.27 - 0.1 \left(\frac{1076}{400} - 2 \right)^2 = 0.222$$

$$k_{v4} = 0.76 + 0.82(1 - 0.1 \cdot 2.2)^2 = 1.26$$

$$f_4 = 0.222 \cdot 1 \cdot 1.26 \cdot 0.95 = 0.266$$

Коефіцієнт тертя при захваті розкату $k_3 = 1,35$

$$f_3 = f \cdot k_3$$

$$f_{3_{дво}} = 1,35 \cdot 0,26 = 0,351$$

$$f_{3_1} = 1,35 \cdot 0,26 = 0,351$$

$$f_{3_2} = 1,35 \cdot 0,25 = 0,337$$

$$f_{3_3} = 1,35 \cdot 0,25 = 0,337$$

$$f_{3_4} = 1,35 \cdot 0,26 = 0,351$$

обтиснення, що допускаються

$$[\Delta h] = R \cdot f_3^2$$

$$[\Delta h_{дво}] = 210 \cdot 0.351^2 = 25 \text{ мм}$$

$$[\Delta h_1] = 432.4 \cdot 0.351^2 = 53.2 \text{ мм}$$

$$[\Delta h_2] = 372 \cdot 0.337^2 = 42,3 \text{ мм}$$

$$[\Delta h_3] = 266.5 \cdot 0.337^2 = 30.2 \text{ мм}$$

$$[\Delta h_4] = 271.5 \cdot 0.351^2 = 33.4 \text{ мм}$$

Становимо таблицю попередніх обтиснень

$$H = 150 \text{ мм}, \Delta h_{\text{ок}} = 25 \text{ мм}, h_{\text{ок}} = 150 - 25 = 125 \text{ мм}$$

$$\Delta h_i / \Delta h \Sigma = 0.106 + 0.086(4 - ni)^{0.9}$$

$$\Delta h_1 / \Delta h \Sigma = 0.106 + 0.086(4 - 1)^{0.9} = 0,36$$

$$\Delta h_2 / \Delta h \Sigma = 0.106 + 0.086(4 - 2)^{0.9} = 0,316$$

$$\Delta h_3 / \Delta h \Sigma = 0.106 + 0.086(4 - 3)^{0.9} = 0,2$$

$$\Delta h_4 / \Delta h \Sigma = 0.106 + 0.086(4 - 4)^{0.9} = 0,106$$

$$h_{\text{пр}} = 20 \text{ мм.}$$

$$H_1 - h_4 = \Delta h \Sigma = 135 - 23 = 115 \text{ мм}$$

$$\Delta h_i = \Delta h \Sigma \cdot \left(\frac{\Delta h_i}{\Delta h \Sigma} \right)$$

$$\Delta h_1 = 0.36 \cdot 115 = 41,4 \text{ мм}$$

$$\Delta h_2 = 0.316 \cdot 115 = 36,34 \text{ мм}$$

$$\Delta h_3 = 0.2 \cdot 115 = 25,07 \text{ мм}$$

$$\Delta h_4 = 0.106 \cdot 115 = 12,19 \text{ мм}$$

Чистова група клітей

В 5-й кліті $\varepsilon = 40\%$

$$\Delta h_5 = \varepsilon \cdot h_{\text{пр}} = 0,4 \cdot 20 = 8 \text{ мм}$$

В 10й кліті $\varepsilon = 15\%$

$$\Delta h_{10} = h_{\kappa} \left(\frac{1}{1 - \varepsilon} - 1 \right) = 1,2 \left(\frac{1}{1 - 0.15} - 1 \right) = 0.212 \text{ мм}$$

$$\Delta h\Sigma = h_{np} - h_k - \Delta h_5 - \Delta h_{10} = 20 - 1,2 - 8 - 0,212 = 10,58 \text{ мм}$$

Тоді $\Delta h_i / \Delta h\Sigma = 0,085 + 0,089(9 - ni)^{1,3}$

$$\Delta h_6 / \Delta h\Sigma = 0,085 + 0,089(9 - 6)^{1,3} = 0,456$$

$$\Delta h_7 / \Delta h\Sigma = 0,085 + 0,089(9 - 7)^{1,3} = 0,304$$

$$\Delta h_8 / \Delta h\Sigma = 0,085 + 0,089(9 - 8)^{1,3} = 0,174$$

$$\Delta h_9 / \Delta h\Sigma = 0,085 + 0,089(9 - 9)^{1,3} = 0,085$$

$$\Delta h_6 = 10,58 \cdot 0,456 = 4,82 \text{ мм}$$

$$\Delta h_7 = 10,58 \cdot 0,304 = 3,21 \text{ мм}$$

$$\Delta h_8 = 10,58 \cdot 0,174 = 1,84 \text{ мм}$$

$$\Delta h_9 = 10,58 \cdot 0,085 = 0,69 \text{ мм}$$

Розрахунки швидкостей.

Тому що в чорновій групі клітей процес прокатки не є безперервним то швидкості прокатки не залежать від закону сталості обсягу.

$$v_1 = 1,05 \text{ м/с}, v_2 = 1,1 \text{ м/с}, v_3 = 1,6 \text{ м/с}, v_4 = 2,2 \text{ м/с}.$$

А в чистовій групі йде безперервна прокатка $v_{10} = 9 \text{ м/с}$.

$$v_i = v_{10} h_{10} / h_i$$

$$v_9 = 9 \cdot 1,2 / 1,44 = 7,66 \text{ м/с}$$

$$v_8 = 9 \cdot 1,2 / 2,12 = 5,1 \text{ м/с}$$

$$v_7 = 9 \cdot 1,2 / 3,96 = 2,72 \text{ м/с}$$

$$v_6 = 9 \cdot 1,2 / 7,17 = 1,50 \text{ м/с}$$

$$v_5 = 9 \cdot 1,2 / 12 = 0,9 \text{ м/с}$$

Розрахунки втрат температури.

Умовно приймемо, що сляб у першу кліть повинен подаватися з температурою не менше 1100 °С.

$$L_{1-2}=12 \text{ м.}$$

$$L_{2-3}=11 \text{ м.}$$

$$L_{3-4}=20 \text{ м.}$$

Падіння Δt на рольгангу між клітьями.

$$1-2 \Delta t \approx 5 \text{ °С}$$

$$2-3 \Delta t \approx 10 \text{ °С}$$

$$3-4 \Delta t \approx 15 \text{ °С}$$

$$4-5 \Delta t \approx 60 \text{ °С}$$

$$t_{\text{н}} = 1100 \text{ °С} \quad \Delta t_i = 0.0021 \left(\frac{t_i + 273}{100} \right)^4 \frac{\tau_i}{H_i}$$

$$\Delta t_1 = 0.0021 \left(\frac{1100 + 273}{100} \right)^4 \frac{9}{135} = 5,8 \text{ °С}$$

$$\tau_1 = L_1 / v_1 = 9 / 1 = 9$$

t_2 на вході в другу кліть

$$t_2 = t_{\text{н}} - \Delta t_1 - \Delta t_r - \Delta t_p = 1180 - 5,8 - 10 - 5 = 1079,2 \text{ °С}$$

$$\tau_2 = L_2 / v_2 = 12 / 1,05 = 11,43$$

$$\Delta t_2 = 0.0021 \left(\frac{1079 + 273}{100} \right)^4 \frac{11,43}{93,6} = 8,57 \text{ °С}$$

t_3 на вході в 3-у кліть.

$$t_3 = 1079 - \Delta t_2 - \Delta t_p - \Delta t_r = 1079 - 8,57 - 10 - 10 = 1050 \text{ °С}$$

$$\tau_3 = L_3 / v_3 = 11 / 1,6 = 6,9$$

$$\Delta t_3 = 0.0021 \left(\frac{1050 + 273}{100} \right)^4 \frac{6,9}{57,26} = 7,7^\circ C$$

t_4 на вході в 4-у кліть.

$$t_4 = 1050 - \Delta t_3 - \Delta t_p = 1050 - 7,7 - 15 = 1027,3^\circ C$$

$$\tau_4 = L_4 / v_4 = 20 / 2,2 = 9$$

$$\Delta t_4 = 0.0021 \left(\frac{1027 + 273}{100} \right)^4 \frac{9}{34,26} = 15,76^\circ C$$

t_5 на вході в 5-у кліть

$$t_5 = 1027 - \Delta t_4 - \Delta t_{np} = 1027 - 15,76 - 60 = 951^\circ C$$

Температуру в клітях чистової групи знаходимо по формулі

$$t_i = t_{i\bar{e}} - \left(\frac{t_{i\bar{e}} - t_e}{\frac{h_{i\bar{e}}}{h_e} - 1} \right) \left(\frac{h_{i\bar{e}}}{h_i} - 1 \right)$$

$$t_6 = 951 - \left(\frac{951 - 850}{\frac{20}{1,2} - 1} \right) \left(\frac{20}{7,18} - 1 \right) = 940^\circ C$$

$$t_7 = 951 - \left(\frac{951 - 850}{\frac{20}{1,2} - 1} \right) \left(\frac{20}{3,97} - 1 \right) = 925^\circ C$$

$$t_8 = 951 - \left(\frac{951 - 850}{\frac{20}{1,2} - 1} \right) \left(\frac{20}{2,13} - 1 \right) = 897^\circ\text{C}$$

$$t_9 = 951 - \left(\frac{951 - 850}{\frac{20}{1,2} - 1} \right) \left(\frac{20}{1,44} - 1 \right) = 870^\circ\text{C}$$

$$t_{10} = 951 - \left(\frac{951 - 850}{\frac{20}{1,2} - 1} \right) \left(\frac{20}{1,2} - 1 \right) = 850^\circ\text{C}$$

Таблиця 2.1 – Режим деформації штаби 1,5×1000 Ст. 08кп

№ кліті	H мм	h мм	Δh мм	V м/с	t°С
ДУО	150	125	25	0,99	1120
1	125	93,6	31,4	1,05	1100
2	93,6	57,26	36,34	1,1	1095
3	57,26	32,19	25,07	1,6	1090
4	32,19	20	12,19	2,2	1076
5	20	13	7	0,9	951
6	13	8,18	4,82	1,5	940
7	8,18	4,97	3,21	2,72	925
8	4,97	3,23	1,74	5,1	897
9	3,23	2,24	0,99	7,66	870
10	2,24	1,8	0,44	9	850

2.2 Розрахунок енергосилових параметрів прокатки

1 кліть

$$\Delta h = 31,4 \text{ мм}$$

$$l_d = \sqrt{R\Delta h} = \sqrt{470 \cdot 31,4} = 139,5 \text{ мм}$$

$$h_{cc} = \frac{H + h}{2} = \frac{125 + 93,6}{2} = 114,3 \text{ мм}$$

$$l_d / h_{cc} = 1379,5 / 114,3 = 1,22$$

$$u = \frac{v \cdot \varepsilon}{l_d} \quad \varepsilon = \frac{\Delta h}{h_{cc} + 0,5\Delta h} = \frac{31,4}{114,3 + 20,7} = 0,31$$

$$u = \frac{1050 \cdot 0,31}{139,15} = 2,33 \text{ с}^{-1}$$

Вуглецевий коефіцієнт

$$N = C + Si + Mn + Cr + Ni + Cu + Al = 0,1 + 0,03 + 0,35 + 0,1 + 0,15 + 0,2 + 0,06 = 0,99\%$$

Таблиця 2.2 – Межа текучості металу Ст.08кп

Хімічний склад	%
Кремній (Si)	0,03
Марганець (Mn)	0,25-0,45
Мідь (Cu)	0,2
Алюміній (Al)	0,02-0,08
Нікель (Ni)	0,15
Сірка (S)	0,03
Вуглець (З)	0,1
Фосфор (P)	0,025
Хром (Cr)	0,1

Базова границя текучості:

$$\sigma_{T8} = 80 + 25 \left[1 - \left(\frac{5 - N}{4,5} \right)^{1,8} \right] = 80 + 25 \left[1 - \left(\frac{5 - 0,99}{4,5} \right)^{1,8} \right] = 80,46 \text{ Н / мм}^2$$

$$kt = 1,66 - 1,1 \left(\frac{1100}{400} - 2 \right)^{0,7} = 0,76$$

$$k\varepsilon = 1 + 0,43 \left(1 - 6,3(0,5 - \varepsilon)^2 \right) = 1 + 0,43 \left(1 + 6,3(0,5 - 0,31)^2 \right) = 1,52$$

$$ku = 0.22 + 0.072(7 + \ln u) = 0.22 + 0.072(7 + \ln 2.33) = 0.784$$

$$\sigma_T = \sigma_{T\delta} \cdot k_t \cdot k_\varepsilon \cdot k_u = 80,46 \cdot 0,76 \cdot 1,52 \cdot 0,784 = 72,9 \text{ H / мм}^2$$

$$f_n = 1,6 \cdot f - 0,018 = 1,6 \cdot 0,305 - 0,018 = 0,47$$

$$p_{cp} = 1.15 \sigma_T (1 + 0,48 f_n \cdot l_d / hcc) = 1,15 \cdot 72,9 (1 + 0,48 \cdot 0,47 \cdot 1,2) = 106,9 \text{ H / мм}^2$$

Зусилля прокатки в 1 кліті

$$P = p_{cp} \cdot l_d \cdot B = 106,9 \cdot 0,1395 \cdot 1,1 = 16,4 \text{ МН}$$

$$\psi = \left(0,498 + 0,007 \frac{f}{\alpha} \right) \left(\frac{l_d}{h\tilde{n}\tilde{\delta}} \right)^{-\left(0,0145 + \frac{0,097}{\alpha} \right)}$$

Для 1 кліті $f/\alpha \approx 1$

$$\psi = (0,498 + 0,007)(1,22)^{-\left(0,0145 + \frac{0,097}{1} \right)} = 0,494$$

$$M = \psi \cdot l_d \cdot P = 0,494 \cdot 0,1395 \cdot 16,4 = 1,13 \text{ МН}$$

Момент тертя в шейках валків $d_{III} = 660 \text{ мм}$

$$M_{mp1} = P \cdot f_{нод} \cdot du \left(\frac{Dp}{Doo} \right)$$

$$M_{mp1} = 16,4 \cdot 0,003 \cdot 0,66 \left(\frac{940}{1340} \right) = 0,0227 \text{ МНм}$$

$$M_{mp2} = 0,11(2M + M_{mp1}) = 0,11(2 \cdot 1,13 + 0,0227) = 0,25 \text{ МНН}$$

$$Mnp = 2M + M_{mp1} + M_{mp2} = 2 \cdot 1,13 + 0,25 + 0,0227 = 2,532 \text{ МНм}$$

$$M\delta v = Mnp / i \quad i = 19,26$$

$$M_{\partial e} = 2.532 / 19.26 = 0.13 \text{ МНм}$$

$$M_H = 0,975 \frac{N \partial \partial \cdot \eta}{n \cdot 10^2} \quad n = 60 \cdot v \cdot i / \pi \cdot D = 60 \cdot 1.05 \cdot 19.26 / 3.14 \cdot 0.94 = 411 \text{ об / хв.}$$

$$M_H = 0,975 \frac{6300 \cdot 0.9}{411 \cdot 10^2} = 0,134 \text{ МНм}$$

Коефіцієнт перевантаження:

$$k_n = \frac{M_{\partial e}}{M_H} = 0,13 / 0,134 = 0,97$$

Двигун не перевантажений

$$N \partial \partial = 960 \cdot M \cdot v / R = 960 \cdot 2.532 \cdot 1.05 / 0.47 = 5430 \text{ кВт}$$

2 КЛІТЬ

$$\Delta h = 36,34 \text{ мм}$$

$$l_d = \sqrt{R \Delta h} = \sqrt{405 \cdot 36,34} = 121,3 \text{ мм}$$

$$h_{cc} = \frac{H + h}{2} = \frac{93,6 + 57,26}{2} = 75,43 \text{ мм}$$

$$l_d / h_{cc} = 121,3 / 75,43 = 1,61$$

$$u = \frac{v \cdot \varepsilon}{l_d}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h \tilde{n} \partial + 0,5 \Delta h} = \frac{36,4}{75,43 + 18,2} = 0,38$$

$$u = \frac{1100 \cdot 0,38}{121,4} = 3,44 \text{ с}^{-1}$$

$$f \tilde{i} = 1,6 \cdot f - 0,018 = 1,6 \cdot 0,291 - 0,018 = 0,44$$

$$kt = 1.66 - 1.1 \left(\frac{1095}{400} - 2 \right)^{0.7} = 0.77$$

$$k\varepsilon = 1 + 0.43(1 - 6.3(0.5 - \varepsilon)^2) = 1 + 0.43(1 + 6.3(0.5 - 0.38)^2) = 1.47$$

$$ku = 0.22 + 0.072(7 + \ln u) = 0.22 + 0.072(7 + \ln 3.44) = 0.812$$

$$\sigma_T = \sigma_{T\delta} \cdot kt \cdot k\varepsilon \cdot ku = 80,46 \cdot 0,77 \cdot 1,47 \cdot 0,812 = 73,9 \text{ H / мм}^2$$

$$p_{cp} = 1.15 \sigma_T (1 + 0,48 f n \cdot l_d \cdot / hcc) = 1,15 \cdot 66,4 (1 + 0,48 \cdot 0,44 \cdot 1,61) = 102,32 \text{ H / мм}^2$$

Зусилля прокатки в 2 кліті

$$P = p_{cp} \cdot l_d \cdot B = 102,32 \cdot 0,1213 \cdot 1,1 = 13,65 \text{ MH}$$

$$\psi = \left(0,498 + 0,007 \frac{f}{\alpha} \right) \left(\frac{l_d}{h\tilde{n}\check{\delta}} \right)^{- \left(0,0145 + \frac{0,097}{\frac{f}{\alpha}} \right)}$$

$$\alpha = l_d / R = 121,3 / 405 = 0,299$$

$$f / \alpha = 0,291 / 0,299 = 0,973$$

$$\psi = (0,498 + 0,007 \cdot 0,973) (1,61)^{- \left(0,0145 + \frac{0,097}{0,973} \right)} = 0,478$$

$$M = \psi \cdot l_d \cdot P = 0,478 \cdot 0,1213 \cdot 13,65 = 0,791 \text{ MH}$$

Момент тертя в шейках валків $d_{III} = 480 \text{ мм}$

$$M_{mp1} = P \cdot f_{нод} \cdot du \left(\frac{Dp}{Doo} \right)$$

$$M_{mp1} = 13,65 \cdot 0,003 \cdot 0,48 \left(\frac{840}{1240} \right) = 0,013 \text{ МНм}$$

$$M_{mp2} = 0,11(2M + M_{mp1}) = 0,11(2 \cdot 0,791 + 0,013) = 0,175 \text{ МНм}$$

$$M_{np} = 2M + M_{mp1} + M_{mp2} = 2 \cdot 0,791 + 0,013 + 0,175 = 1,77 \text{ МНм}$$

$$M_{\partial\epsilon} = M_{np} / i \quad i = 19,5$$

$$M_{\partial\epsilon} = 1,77 / 19,5 = 0,091 \text{ МНм}$$

$$M_H = 0,975 \frac{N\partial\delta \cdot \eta}{n \cdot 10^2} \quad n = 60 \cdot v \cdot i / \pi \cdot D = 60 \cdot 1,1 \cdot 19,5 / 3,14 \cdot 0,81 = 500 \text{ об/хв.}$$

$$M_H = 0,975 \frac{4000 \cdot 0,9}{500 \cdot 10^2} = 0,07 \text{ МНм}$$

Коефіцієнт перевантаження:

$$kn = \frac{M_{\partial\epsilon}}{M_H} = 0,091 / 0,07 = 1,3$$

Перевантаження в межах допуску

$$N\partial\delta = 960 \cdot M \cdot v / R = 960 \cdot 1,77 \cdot 1,1 / 0,405 = 4615 \text{ кВт}$$

3 кліть

$$\Delta h = 25,07 \text{ мм}$$

$$l_d = \sqrt{R\Delta h} = \sqrt{290 \cdot 25,07} = 85,27 \text{ мм}$$

$$h_{cc} = \frac{H + h}{2} = \frac{57,26 + 32,19}{2} = 44,725 \text{ мм}$$

$$l_d / h_{cc} = 85,27 / 44,725 = 1,9$$

$$u = \frac{v \cdot \varepsilon}{l_d} \quad \varepsilon = \frac{\Delta h}{hcc + 0,5\Delta h} = \frac{25,07}{44,725 + 12,53} = 0,437$$

$$u = \frac{1590 \cdot 0,437}{85,27} = 8,14\tilde{n}^{-1}$$

$$f_i = 1,6 \cdot f - 0,018 = 1,6 \cdot 0,276 - 0,018 = 0,42$$

$$kt = 1,66 - 1,1 \left(\frac{1090}{400} - 2 \right)^{0,7} = 0,781$$

$$k\varepsilon = 1 + 0,43(1 - 6,3(0,5 - \varepsilon)^2) = 1 + 0,43(1 + 6,3(0,5 - 0,437)^2) = 1,44$$

$$ku = 0,22 + 0,072(7 + \ln u) = 0,22 + 0,072(7 + \ln 8,14) = 0,87$$

$$\sigma_T = \sigma_{T\delta} \cdot kt \cdot k\varepsilon \cdot ku = 80,46 \cdot 0,781 \cdot 1,44 \cdot 0,78 = 70,6H / \text{мм}^2$$

$$p_{cp} = 1,15\sigma_T(1 + 0,48fn \cdot l_d \cdot / hcc) = 1,15 \cdot 70,6(1 + 0,48 \cdot 0,42 \cdot 1,9) = 112,3H / \text{мм}^2$$

Зусилля прокатки в 3 кліті:

$$P = p_{cp} \cdot l_d \cdot B = 112,3 \cdot 0,08527 \cdot 1,1 = 10,53MH$$

$$\psi = \left(0,498 + 0,007 \frac{f}{\alpha} \right) \left(\frac{l_d}{h\tilde{n}\delta} \right)^{-\left(0,0145 + \frac{0,097}{\alpha} \right)}$$

$$\alpha = l_d / R = 85,27 / 290 = 0,294$$

$$f / \alpha = 0,276 / 0,294 = 0,94$$

$$\psi = (0,498 + 0,007 \cdot 0,94)(1,9)^{-\left(0,0145 + \frac{0,097}{0,94}\right)} = 0,467$$

$$M = \psi \cdot l_d \cdot P = 0,467 \cdot 0,08527 \cdot 10,53 = 0,419 \text{ МН}$$

Момент тертя в шейках валків $d_{ш} = 396 \text{ мм}$

$$M_{mp1} = P \cdot f_{нод} \cdot du \left(\frac{Dp}{Doo} \right)$$

$$M_{mp1} = 10,53 \cdot 0,003 \cdot 0,396 \left(\frac{580}{1240} \right) = 0,006 \text{ МНм}$$

$$M_{mp2} = 0,11(2M + M_{mp1}) = 0,11(0,838 + 0,006) = 0,093 \text{ МНм}$$

$$Mnp = 2M + M_{mp1} + M_{mp2} = 0,838 + 0,006 + 0,093 = 0,937 \text{ МНм}$$

$$M_{дв} = Mnp / i \quad i = 10,15$$

$$M_{дв} = 0,937 / 10,15 = 0,092 \text{ МНм}$$

$$M_H = 0,975 \frac{N\delta\delta \cdot \eta}{n \cdot 10^2} \quad n = 60 \cdot v \cdot i / \pi \cdot D = 60 \cdot 1,59 \cdot 10,15 / 3,14 \cdot 0,58 = 530 \text{ об / хв.}$$

$$M_H = 0,975 \frac{4000 \cdot 0,9}{530 \cdot 10^2} = 0,066 \text{ МНм}$$

Коефіцієнт перевантаження:

$$kn = \frac{M_{дв}}{M_H} = 0,092 / 0,066 = 1,39$$

Перевантаження в межах допуску

$$N\delta\delta = 960 \cdot M \cdot v / R = 960 \cdot 0,937 \cdot 1,59 / 0,29 = 4932 \text{ кВтм}$$

4 КЛІТЬ

$$\Delta h = 12,19 \text{ мм}$$

$$l_d = \sqrt{R\Delta h} = \sqrt{295 \cdot 12,19} = 59,9 \text{ мм}$$

$$h_{cc} = \frac{H + h}{2} = \frac{32,19 + 20}{2} = 26,09 \text{ мм}$$

$$l_d / h_{cc} = 59,9 / 26,09 = 2,295$$

$$u = \frac{v \cdot \varepsilon}{l_d} \quad \varepsilon = \frac{\Delta h}{h\tilde{n}\delta + 0,5\Delta h} = \frac{12,19}{26,09 + 6,095} = 0,378$$

$$u = \frac{2210 \cdot 0,378}{59,9} = 13,95 c^{-1}$$

$$fn = 1,6 \cdot f - 0,018 = 1,6 \cdot 0,266 - 0,018 = 0,41$$

$$kt = 1,66 - 1,1 \left(\frac{1076}{400} - 2 \right)^{0,7} = 0,81$$

$$k\varepsilon = 1 + 0,43(1 - 6,3(0,5 - \varepsilon)^2) = 1 + 0,43(1 + 6,3(0,5 - 0,378)^2) = 1,47$$

$$ku = 1,03 + 0,1(\ln u - 2,3) = 1,03 + 0,1(\ln 13,95 - 2,3) = 1,063$$

$$\sigma_T = \sigma_{T\delta} \cdot kt \cdot k\varepsilon \cdot ku = 80,46 \cdot 0,81 \cdot 1,47 \cdot 1,063 = 101,84 \text{ Н / мм}^2$$

$$p_{cp} = 1,15\sigma_T(1 + 0,48 fn \cdot l_d / h_{cc}) = 1,15 \cdot 101,84(1 + 0,48 \cdot 0,41 \cdot 2,295) = 170 \text{ Н / мм}^2$$

Зусилля прокатки в 4-й кліті

$$P = p_{cp} \cdot l_d \cdot B = 170 \cdot 0,059 \cdot 1,1 = 11,03 \text{ МН}$$

$$\psi = \left(0,498 + 0,007 \frac{f}{\alpha} \right) \left(\frac{l_d}{h\tilde{n}\delta} \right)^{-\left(0,0145 + \frac{0,097}{\frac{f}{\alpha}} \right)}$$

$$\alpha = l_d / R = 59,9 / 295 = 0,203$$

$$f / \alpha = 0,266 / 0,203 = 1,31$$

$$\psi = (0,498 + 0,007 \cdot 1,31)(2,295)^{-\left(0,0145 + \frac{0,097}{1,31} \right)} = 0,471$$

$$M = \psi \cdot l_d \cdot P = 0,471 \cdot 0,059 \cdot 11,3 = 0,314 \text{ MH}$$

Момент тертя в шейках валків $d_{\text{ш}} = 396 \text{ мм}$

$$M_{mp1} = P \cdot f_{nod} \cdot du \left(\frac{Dp}{Doo} \right)$$

$$M_{mp1} = 11,03 \cdot 0,003 \cdot 0,396 \left(\frac{590}{1240} \right) = 0,006 \text{ MHM}$$

$$M_{mp2} = 0,11(2M + M_{mp1}) = 0,11(2 \cdot 0,314 + 0,006) = 0,069 \text{ MHH}$$

$$Mnp = 2M + M_{mp1} + M_{mp2} = 2 \cdot 0,314 + 0,006 + 0,069 = 0,703 \text{ MHM}$$

$$M\delta v = Mnp / i \quad i = 7,36$$

$$M\delta v = 0,703 / 7,36 = 0,095 \text{ MHM}$$

$$M_H = 0,975 \frac{N\delta\delta \cdot \eta}{n \cdot 10^2} \quad n = 60 \cdot v \cdot i / \pi \cdot D = 60 \cdot 2,2 \cdot 7,36 / 3,14 \cdot 0,59 = 526 \text{ об / хв.}$$

$$M_H = 0,975 \frac{4000 \cdot 0,9}{526 \cdot 10^2} = 0,07 \text{ MHM}$$

Коефіцієнт перевантаження:

$$kn = \frac{M\delta v}{Mn} = 0,095/0,07 = 1,36$$

Перевантаження в межах допуску

$$N\delta\delta = 960 \cdot M \cdot v / R = 960 \cdot 0,703 \cdot 2,2 / 0,295 = 5033 \text{ кВт}$$

Чистова група клітей, кліті 5, 6, 7, 8, 9, 10

5 кліть

$$\Delta h = 7 \text{ мм}$$

$$l_d = \sqrt{R\Delta h} = \sqrt{310 \cdot 8} = 49,8 \text{ мм}$$

$$h_{cc} = \frac{H + h}{2} = \frac{20 + 13}{2} = 16 \text{ мм}$$

$$l_d / h_{cc} = 49,8 / 16 = 3,11$$

$$u = \frac{v \cdot \varepsilon}{l_d}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h\tilde{n}\delta + 0,5\Delta h} = \frac{7}{16 + 4} = 0,4$$

$$u = \frac{900 \cdot 0,4}{49,8} = 7,22 \text{ с}^{-1}$$

$$f_0 = 0,27 - 0,1 \left(\frac{t}{400} - 2 \right)^2 = 0,27 - 0,1 \left(\frac{951}{400} - 2 \right)^2 = 0,255$$

$$kv = 0,76 + 0,82(1 - 0,1 \cdot 0,9)^2 = 1,43$$

$$k_m = 1$$

$$f = 0,255 \cdot 1,43 \cdot 1 = 0,346$$

$$fi = 1.6 \cdot f - 0.018 = 1.6 \cdot 0.346 - 0.018 = 0.53$$

$$kt = 1.66 - 1.1 \left(\frac{951}{400} - 2 \right)^{0.7} = 1.1$$

$$k\varepsilon = 1 + 0.43 \left(1 - 6.3(0.5 - \varepsilon)^2 \right) = 1 + 0.43 \left(1 + 6.3(0.5 - 0.4)^2 \right) = 1.4$$

$$ku = 0.38 + 0.065(7 + \ln u) = 0.38 + 0.065(7 + \ln 7.22) = 0.96$$

$$\sigma_T = \sigma_{T\delta} \cdot kt \cdot k\varepsilon \cdot ku = 80.46 \cdot 1.1 \cdot 0.96 \cdot 1.4 = 118.95 \text{ H / мм}^2$$

$$p_{cp} = 1.15 \sigma_T (1 + 0.48 fn \cdot l_d / hcc) = 1.15 \cdot 118.95 (1 + 0.48 \cdot 0.53 \cdot 3.11) = 245 \text{ H / мм}^2$$

Зусилля прокатки в 5-й кліті

$$P = p_{cp} \cdot l_d \cdot B = 245 \cdot 0.0498 \cdot 1.1 = 13.4 \text{ MH}$$

$$\psi = \left(0.498 + 0.007 \frac{f}{\alpha} \right) \left(\frac{l_d}{hcc} \right)^{-\left(0.0145 + \frac{0.097}{\alpha} \right)}$$

$$\alpha = l_d / R = 49.8 / 310 = 0.16$$

$$f / \alpha = 0.2551 / 0.16 = 1.59$$

$$\psi = (0.498 + 0.007 \cdot 1.59) (3.11)^{-\left(0.0145 + \frac{0.097}{1.59} \right)} = 0.467$$

$$M = \psi \cdot l_d \cdot P = 0.467 \cdot 0.0498 \cdot 13.4 = 0.312 \text{ MH}$$

Момент тертя в шейках валків $d_{III} = 396 \text{ мм}$

$$M_{mp1} = P \cdot f_{нод} \cdot du \left(\frac{Dp}{Doo} \right)$$

$$M_{mp1} = 13,4 \cdot 0,003 \cdot 0,396 \left(\frac{620}{1240} \right) = 0,007 \text{ МНм}$$

$$M_{mp2} = 0,05(2M + M_{mp1}) = 0,05(0,624 + 0,007) = 0,0315 \text{ МНм}$$

$$M_{np} = 2M + M_{mp1} + M_{mp2} = 0,624 + 0,0315 + 0,007 = 0,6625 \text{ МНм}$$

$$M_{\partial v} = M_{np} / i \quad i = 7,24$$

$$M_{\partial v} = 0,6625 / 7,24 = 0,092 \text{ МНм}$$

$$M_H = 0,975 \frac{N \partial \partial \cdot \eta}{n \cdot 10^2} \quad n = 60 \cdot v \cdot i / \pi \cdot D = 60 \cdot 0,9 \cdot 7,24 / 3,14 \cdot 0,62 = 200 \text{ об / хв.}$$

$$M_H = 0,975 \frac{5000 \cdot 0,95}{200 \cdot 10^2} = 0,231 \text{ МНм}$$

Коефіцієнт перевантаження:

$$k_n = \frac{M_{\partial v}}{M_H} = 0,092 / 0,231 = 0,39$$

Перевантаження в межах допуску

$$N \partial \partial = 960 \cdot M \cdot v / R = 960 \cdot 0,6625 \cdot 0,9 / 0,31 = 1846,4 \text{ кВт}$$

6 кліть

$$\Delta h = 4,82 \text{ мм}$$

$$l_d = \sqrt{R \Delta h} = \sqrt{310 \cdot 4,82} = 38,65 \text{ мм}$$

$$h_{cc} = \frac{H + h}{2} = \frac{13 + 8,18}{2} = 9,59 \text{ мм}$$

$$l_d / h_{cc} = 38,65 / 9,59 = 4,03$$

$$u = \frac{v \cdot \varepsilon}{l_d} \quad \varepsilon = \frac{\Delta h}{h\tilde{n}\delta + 0,5\Delta h} = \frac{4,82}{9,59 + 2,41} = 0,4$$

$$u = \frac{1500 \cdot 0,4}{38,65} = 15,5\tilde{n}^{-1}$$

$$f_0 = 0,27 - 0,1 \left(\frac{t^\circ}{400} - 2 \right)^2 = 0,27 - 0,1 \left(\frac{940}{400} - 2 \right)^2 = 0,257$$

$$kv = 0,76 + 0,82(1 - 0,1 \cdot 1,5)^2 = 1,35$$

$$k_m = 1$$

$$f = 0,257 \cdot 1,35 \cdot 1 = 0,33$$

$$fn = 1,6 \cdot f - 0,018 = 1,6 \cdot 0,33 - 0,018 = 0,51$$

$$kt = 1,66 - 1,1 \left(\frac{940}{400} - 2 \right)^{0,7} = 1,13$$

$$k\varepsilon = 1 + 0,43(1 - 6,3(0,5 - \varepsilon)^2) = 1 + 0,43(1 + 6,3(0,5 - 0,4)^2) = 1,4$$

$$ku = 1,03 + 0,1(\ln u - 2,3) = 1,03 + 0,1(\ln 15,5 - 2,3) = 1,07$$

$$\sigma_T = \sigma_{T\delta} \cdot kt \cdot k\varepsilon \cdot ku = 80,46 \cdot 1,13 \cdot 1,07 \cdot 1,4 = 136,2 \text{ H / мм}^2$$

$$p_{cp} = 1,15\sigma_T(1 + 0,48fn \cdot l_d \cdot / hcc) = 1,15 \cdot 136,2(1 + 0,48 \cdot 0,51 \cdot 4,03) = 311 \text{ H / мм}^2$$

Зусилля прокатки в 6 кліті

$$P = p_{cp} \cdot l_d \cdot B = 311 \cdot 0,03865 \cdot 1,1 = 13,2 \text{ МН}$$

$$\psi = \left(0,498 + 0,007 \frac{f}{\alpha} \right) \left(\frac{l_d}{hcc} \right)^{-\left(0,0145 + \frac{0,097}{\alpha} \right)}$$

$$\alpha = l_d / R = 38,65 / 310 = 0,125$$

$$f / \alpha = 0,33 / 0,125 = 2,64$$

$$\psi = (0,498 + 0,007 \cdot 2,64)(4,03)^{-\left(0,0145 + \frac{0,097}{2,64}\right)} = 0,48$$

$$M = \psi \cdot l_d \cdot P = 0,48 \cdot 0,03865 \cdot 13,2 = 0,245 \text{ MH}$$

Момент тертя в шейках валків $d_{\text{ш}} = 396 \text{ мм}$

$$M_{mp1} = P \cdot f_{\text{нод}} \cdot du \left(\frac{Dp}{Doo} \right)$$

$$M_{mp1} = 13,2 \cdot 0,003 \cdot 0,396 \left(\frac{620}{1240} \right) = 0,0078 \text{ MHM}$$

$$M_{mp2} = 0,05(2M + M_{mp1}) = 0,05(0,49 + 0,0078) = 0,025 \text{ MHH}$$

$$M_{np} = 2M + M_{mp1} + M_{mp2} = 0,49 + 0,025 + 0,0078 = 0,5228 \text{ MHM}$$

$$M_{\partial\sigma} = M_{np} / i \quad i = 4,67$$

$$M_{\partial\sigma} = 0,5228 / 4,67 = 0,112 \text{ MHM}$$

$$M_H = 0,975 \frac{N \partial \partial \cdot \eta}{n \cdot 10^2} \quad n = 60 \cdot v \cdot i / \pi \cdot D = 60 \cdot 1,5 \cdot 4,67 / 3,14 \cdot 0,62 = 216 \text{ об / хв.}$$

$$M_H = 0,975 \frac{5000 \cdot 0,95}{216 \cdot 10^2} = 0,214 \text{ MHM}$$

Коефіцієнт перевантаження:

$$kn = \frac{M_{\partial\sigma}}{M_H} = 0,112 / 0,214 = 0,52$$

Перевантаження в межах допуску

$$N\delta\delta = 960 \cdot M \cdot v / R = 960 \cdot 0,5228 \cdot 1,5 / 0,31 = 1214 \text{ кВм}$$

7 кліть

$$\Delta h = 3,21 \text{ мм}$$

$$l_d = \sqrt{R\Delta h} = \sqrt{310 \cdot 3,21} = 31,55 \text{ мм}$$

$$h_{cc} = \frac{H + h}{2} = \frac{8,18 + 4,97}{2} = 5,58 \text{ мм}$$

$$l_d / h_{cc} = 31,55 / 5,58 = 5,65$$

$$u = \frac{v \cdot \varepsilon}{l_d}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_{cc} + 0,5\Delta h} = \frac{3,21}{5,58 + 1,605} = 0,44$$

$$u = \frac{2720 \cdot 0,44}{31,55} = 37,9 \text{ с}^{-1}$$

$$f_0 = 0,27 - 0,1 \left(\frac{t}{400} - 2 \right)^2 = 0,27 - 0,1 \left(\frac{925}{400} - 2 \right)^2 = 0,24$$

$$kv = 0,76 + 0,82(1 - 0,1 \cdot 2,72)^2 = 1,195$$

$$k_m = 1$$

$$f = 0,24 \cdot 1,195 \cdot 1 = 0,27$$

$$fi = 1,6 \cdot f - 0,018 = 1,6 \cdot 0,27 - 0,018 = 0,41$$

$$kt = 1,66 - 1,1 \left(\frac{925}{400} - 2 \right)^{0,7} = 1,17$$

$$k\varepsilon = 1 + 0,43(1 - 6,3(0,5 - \varepsilon)^2) = 1 + 0,43(1 + 6,3(0,5 - 0,44)^2) = 1,44$$

$$ku = 1,03 + 0,1(\ln u - 2,3) = 1,03 + 0,1(\ln 37,9 - 2,3) = 1,16$$

$$\sigma_T = \sigma_{T\delta} \cdot kt \cdot k\varepsilon \cdot ku = 80,46 \cdot 1,17 \cdot 1,44 \cdot 1,16 = 157,2 \text{ H / мм}^2$$

$$p_{cp} = 1,15\sigma_T(1 + 0,48fn \cdot l_d \cdot / hcc) = 1,15 \cdot 157,2(1 + 0,48 \cdot 0,41 \cdot 5,65) = 381,8 \text{ H / мм}^2$$

Зусилля прокатки в 7-й кліті

$$P = p_{cp} \cdot l_d \cdot B = 381,8 \cdot 0,03155 \cdot 1,1 = 13,25 \text{ MH}$$

$$\psi = \left(0,498 + 0,007 \frac{f}{\alpha} \right) \left(\frac{l_d}{hcc} \right)^{\left(0,0145 + \frac{0,097}{\alpha} \right)}$$

$$\alpha = l_d / R = 31,55 / 310 = 0,101$$

$$f / \alpha = 0,27 / 0,101 = 2,67$$

$$\psi = (0,498 + 0,007 \cdot 2,67)(5,65)^{\left(0,0145 + \frac{0,097}{2,67} \right)} = 0,47$$

$$M = \psi \cdot l_d \cdot P = 0,47 \cdot 0,031 \cdot 13,52 = 0,2 \text{ MH}$$

Момент тертя в шейках валків $d_{ш} = 396 \text{ мм}$

$$M_{mp1} = P \cdot f_{нод} \cdot du \left(\frac{Dp}{Doo} \right)$$

$$M_{mp1} = 13,52 \cdot 0,003 \cdot 0,396 \left(\frac{620}{1240} \right) = 0,0078 \text{ MHM}$$

$$M_{mp2} = 0,05(2M + M_{mp1}) = 0,05(0,38 + 0,0078) = 0,019 \text{ MHH}$$

$$M_{np} = 2M + M_{mp1} + M_{mp2} = 0,38 + 0,019 + 0,0078 = 0,41 \text{ МНм}$$

$$M_{\partial\partial} = M_{np} / i \quad i = 2,75$$

$$M_{\partial\partial} = 0,41 / 2,75 = 0,15 \text{ МНм}$$

$$M_H = 0,975 \frac{N\partial\partial \cdot \eta}{n \cdot 10^2} \quad n = 60 \cdot v \cdot i / \pi \cdot D = 60 \cdot 2,72 \cdot 2,75 / 3,14 \cdot 0,62 = 230 \text{ об/хв.}$$

$$M_H = 0,975 \frac{5000 \cdot 0,95}{230 \cdot 10^2} = 0,2 \text{ МНм}$$

Коефіцієнт перевантаження:

$$k_n = \frac{M_{\partial\partial}}{M_H} = 0,15 / 0,2 = 0,75$$

Перевантаження в межах допуску

$$N\partial\partial = 960 \cdot M \cdot R = 960 \cdot 0,41 \cdot 2,72 / 0,31 = 3454 \text{ кВт}$$

8 КЛІТЬ

$$\Delta h = 1,84 \text{ мм}$$

$$l_d = \sqrt{R\Delta h} = \sqrt{310 \cdot 1,84} = 23,8 \text{ мм}$$

$$h_{cc} = \frac{H + h}{2} = \frac{4,97 + 3,13}{2} = 3,05 \text{ мм}$$

$$l_d / h_{cc} = 23,8 / 3,05 = 7,8$$

$$u = \frac{v \cdot \varepsilon}{l_d}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_{cc} + 0,5\Delta h} = \frac{1,84}{3,05 + 0,92} = 0,46$$

$$u = \frac{5100 \cdot 0.46}{23,8} = 98,6c^{-1}$$

$$f_0 = 0.27 - 0.1 \left(\frac{t^\circ}{400} - 2 \right)^2 = 0.27 - 0.1 \left(\frac{897}{400} - 2 \right)^2 = 0.264$$

$$kv = 0.76 + 0.82(1 - 0.1 \cdot 5,1)^2 = 0,96$$

$$k_m = 1$$

$$f = 0.264 \cdot 0,96 \cdot 1 = 0.24$$

$$fi = 1.6 \cdot f - 0.018 = 1.6 \cdot 0.24 - 0.018 = 0.366$$

$$kt = 1.66 - 1.1 \left(\frac{897}{400} - 2 \right)^{0.7} = 1,25$$

$$k\varepsilon = 1 + 0.43(1 - 6.3(0.5 - \varepsilon)^2) = 1 + 0.43(1 + 6.3(0.5 - 0.46)^2) = 1.42$$

$$ku = 1,03 + 0,1(\ln u - 2.3) = 1.03 + 0.1(\ln 98,6 - 2.3) = 1.26$$

$$\sigma_T = \sigma_{T\delta} \cdot kt \cdot k\varepsilon \cdot ku = 80,46 \cdot 1.25 \cdot 1,42 \cdot 1.26 = 179,9H / \text{мм}^2$$

$$p_{cp} = 1.15\sigma_T(1 + 0,48fn \cdot l_d \cdot / hcc) = 1,15 \cdot 179,9(1 + 0,48 \cdot 0,366 \cdot 7,8) = 490H / \text{мм}^2$$

Зусилля прокатки в 8-й кліті

$$P = p_{cp} \cdot l_d \cdot B = 490 \cdot 0.0238 \cdot 1.1 = 12,8MH$$

$$\psi = \left(0,498 + 0,007 \frac{f}{\alpha} \right) \left(\frac{l_d}{hcc} \right)^{\left(0,0145 + \frac{0,097}{\alpha} \right)}$$

$$\alpha = l_d / R = 23,8 / 310 = 0.076$$

$$f / \alpha = 0.24 / 0.076 = 3,16$$

$$\psi = (0,498 + 0,007 \cdot 3,16)(7,8)^{\left(0,0145 + \frac{0,097}{3,16}\right)} = 0,474$$

$$M = \psi \cdot l_d \cdot P = 0,474 \cdot 0,0238 \cdot 12,8 = 0,144 \text{ МН}$$

Момент тертя в шейках валків $d_{ш} = 396$ мм

$$M_{mp1} = P \cdot f_{нод} \cdot du \left(\frac{Dp}{Doo} \right)$$

$$M_{mp1} = 12,8 \cdot 0,003 \cdot 0,396 \left(\frac{620}{1240} \right) = 0,0075 \text{ МНм}$$

$$M_{mp2} = 0,05(2M + M_{mp1}) = 0,05(0,288 + 0,0075) = 0,0148 \text{ МНм}$$

$$M_{np} = 2M + M_{mp1} + M_{mp2} = 0,288 + 0,0148 + 0,0078 = 0,311 \text{ МНм}$$

$$M_{дв} = M_{np} / i \quad i = 2$$

$$M_{дв} = 0,311 / 2 = 0,155 \text{ МНм}$$

$$M_H = 0,975 \frac{N \partial \partial \cdot \eta}{n \cdot 10^2} \quad n = 60 \cdot v \cdot i / \pi \cdot D = 60 \cdot 5,1 \cdot 2 / 3,14 \cdot 0,62 = 314 \text{ об / хв.}$$

$$M_H = 0,975 \frac{5000 \cdot 0,95}{314 \cdot 10^2} = 0,147 \text{ МНм}$$

Коефіцієнт перевантаження:

$$kn = \frac{M_{дв}}{M_H} = 0,155 / 0,147 = 1,05$$

Перевантаження в межах допуску

$$N\delta\delta = 960 \cdot M \cdot R = 960 \cdot 0,311 \cdot 5,1/0,31 = 4912 \text{ кВм}$$

9 кліть

$$\Delta h = 1,19 \text{ мм}$$

$$l_d = \sqrt{R\Delta h} = \sqrt{310 \cdot 0,69} = 14,6 \text{ мм}$$

$$h_{cc} = \frac{H+h}{2} = \frac{3,13+1,94}{2} = 1,785 \text{ мм}$$

$$l_d / h_{cc} = 14,6/1,785 = 8,18$$

$$u = \frac{v \cdot \varepsilon}{l_d}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h\tilde{n}\delta + 0,5\Delta h} = \frac{1,19}{1,785 + 0,345} = 0,32$$

$$u = \frac{7660 \cdot 0,32}{14,6} = 167,8c^{-1}$$

$$f_0 = 0,27 - 0,1 \left(\frac{t^\circ}{400} - 2 \right)^2 = 0,27 - 0,1 \left(\frac{870}{400} - 2 \right)^2 = 0,266$$

$$kv = 0,76 + 0,82(1 - 0,1 \cdot 7,66)^2 = 0,805$$

$$k_m = 1$$

$$f = 0,266 \cdot 0,805 \cdot 1 = 0,203$$

$$f_i = 1,6 \cdot f - 0,018 = 1,6 \cdot 0,203 - 0,018 = 0,307$$

$$kt = 1,66 - 1,1 \left(\frac{870}{400} - 2 \right)^{0,7} = 1,33$$

$$k\varepsilon = 1 + 0,43(1 - 6,3(0,5 - \varepsilon)^2) = 1 + 0,43(1 + 6,3(0,5 - 0,32)^2) = 1,52$$

$$ku = 1,03 + 0,1(\ln u - 2,3) = 1,03 + 0,1(\ln 167,8 - 2,3) = 1,31$$

$$\sigma_T = \sigma_{T\delta} \cdot kt \cdot k\varepsilon \cdot ku = 80,46 \cdot 1,33 \cdot 1,52 \cdot 1,31 = 213 \text{ H / мм}^2$$

$$p_{cp} = 1,15 \sigma_T (1 + 0,48 fn \cdot l_d \cdot / hcc) = 1,15 \cdot 213 (1 + 0,48 \cdot 0,307 \cdot 8,18) = 540 \text{ H / мм}^2$$

Зусилля прокатки в 9-й кліті

$$P = p_{cp} \cdot l_d \cdot B = 540 \cdot 0,0146 \cdot 1,1 = 8,67 \text{ MH}$$

$$\psi = \left(0,498 + 0,007 \frac{f}{\alpha} \right) \left(\frac{l_d}{hcc} \right)^{\left(0,0145 + \frac{0,097}{\alpha} \right)}$$

$$\alpha = l_d / R = 14,6 / 310 = 0,047$$

$$f / \alpha = 0,203 / 0,047 = 4,32$$

$$\psi = (0,498 + 0,007 \cdot 4,32) (8,18)^{\left(0,0145 + \frac{0,097}{4,32} \right)} = 0,488$$

$$M = \psi \cdot l_d \cdot P = 0,488 \cdot 0,0146 \cdot 8,67 = 0,062 \text{ MH}$$

Момент тертя в шейках валків $d_{III} = 396 \text{ мм}$

$$M_{mp1} = P \cdot f_{нод} \cdot du \left(\frac{Dp}{Doo} \right)$$

$$M_{mp1} = 8,67 \cdot 0,003 \cdot 0,396 \left(\frac{620}{1240} \right) = 0,0051 \text{ MHм}$$

$$M_{mp2} = 0,05 (2M + M_{mp1}) = 0,05 (0,124 + 0,0051) = 0,0064 \text{ MHм}$$

$$Mnp = 2M + M_{mp1} + M_{mp2} = 0,124 + 0,0051 + 0,0064 = 0,135 \text{ MHм}$$

$$M_{\partial\partial} = M_{np} / i \quad i = 1,56$$

$$M_{\partial\partial} = 0,135 / 1,56 = 0,0865 \text{ МНм}$$

$$M_H = 0,975 \frac{N\partial\partial \cdot \eta}{n \cdot 10^2} \quad n = 60 \cdot v \cdot i / \pi \cdot D = 60 \cdot 7,66 \cdot 1,56 / 3,14 \cdot 0,62 = 368 \text{ об/хв.}$$

$$M_H = 0,975 \frac{5000 \cdot 0,95}{368 \cdot 10^2} = 0,125 \text{ МНм}$$

Коефіцієнт перевантаження:

$$k_n = \frac{M_{\partial\partial}}{M_H} = 0,0865 / 0,125 = 0,7$$

Перевантаження в межах допуску

$$N\partial\partial = 960 \cdot M \cdot v / R = 960 \cdot 0,135 \cdot 7,66 / 0,31 = 3202 \text{ кВм}$$

10 кліть

$$\Delta h = 0,44 \text{ мм}$$

$$l_d = \sqrt{R\Delta h} = \sqrt{310 \cdot 0,24} = 8,63 \text{ мм}$$

$$h_{cc} = \frac{H + h}{2} = \frac{1,94 + 1,5}{2} = 1,32 \text{ мм}$$

$$l_d / h_{cc} = 8,63 / 1,32 = 6,54$$

$$u = \frac{v \cdot \varepsilon}{l_d}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_{cc} + 0,5\Delta h} = \frac{0,44}{1,44} = 0,17$$

$$u = \frac{9000 \cdot 0,17}{8,63} = 177,3 \text{ с}^{-1}$$

$$f_0 = 0.27 - 0.1 \left(\frac{t^\circ}{400} - 2 \right)^2 = 0.27 - 0.1 \left(\frac{850}{400} - 2 \right)^2 = 0.27$$

$$kv = 0.76 + 0.82(1 - 0.1 \cdot 9)^2 = 0,768$$

$$k_m = 1$$

$$f = 0.27 \cdot 0,768 \cdot 1 = 0.197$$

$$fi = 1.6 \cdot f - 0.018 = 1.6 \cdot 0.197 - 0.018 = 0.297$$

$$kt = 1.66 - 1.1 \left(\frac{850}{400} - 2 \right)^{0.7} = 1,4$$

$$k\varepsilon = 1 + 0.43(1 - 6.3(0.5 - \varepsilon)^2) = 1 + 0.43(1 + 6.3(0.5 - 0.17)^2) = 1.135$$

$$ku = 1.03 + 0.1(\ln u - 2.3) = 1.03 + 0.1(\ln 177,3 - 2.3) = 1.32$$

$$\sigma_T = \sigma_{T\delta} \cdot kt \cdot k\varepsilon \cdot ku = 80,46 \cdot 1.4 \cdot 1,135 \cdot 1.32 = 168,8 \text{ H / мм}^2$$

$$p_{cp} = 1.15 \sigma_T (1 + 0,48 fn \cdot l_d \cdot / hcc) = 1,15 \cdot 168,8 (1 + 0,48 \cdot 0,297 \cdot 6,54) = 375,1 \text{ H / мм}^2$$

Зусилля прокатки в 10-й кліті

$$P = p_{cp} \cdot l_d \cdot B = 375,1 \cdot 0.00863 \cdot 1.1 = 3,56 \text{ МН}$$

$$\psi = \left(0,498 + 0,007 \frac{f}{\alpha} \right) \left(\frac{l_d}{hcc} \right)^{\left(0,0145 + \frac{0,097}{\alpha} \right)}$$

$$\alpha = l_d / R = 8,63 / 310 = 0.028$$

$$f / \alpha = 0.197 / 0.028 = 7,03$$

$$\psi = (0,498 + 0,007 \cdot 7,03)(6,54)^{-\left(0,0145 + \frac{0,097}{7,03}\right)} = 0,518$$

$$M = \psi \cdot l_d \cdot P = 0,518 \cdot 0,00863 \cdot 3,56 = 0,016 \text{ МН}$$

Момент тертя в шейках валків $d_{ш} = 396$ мм

$$M_{mp1} = P \cdot f_{нод} \cdot du \left(\frac{Dp}{Doo} \right)$$

$$M_{mp1} = 3,56 \cdot 0,003 \cdot 0,396 \left(\frac{620}{1240} \right) = 0,0021 \text{ МНм}$$

$$M_{mp2} = 0,05(2M + M_{mp1}) = 0,05(0,032 + 0,0021) = 0,053 \text{ МНМ}$$

$$Mnp = 2M + M_{mp1} + M_{mp2} = 0,032 + 0,0021 + 0,053 = 0,087 \text{ МНм}$$

$$M_{дв} = Mnp / i \quad i = 1,41$$

$$M_{дв} = 0,087 / 1,41 = 0,062 \text{ МНм}$$

$$M_H = 0,975 \frac{N \delta \delta \cdot \eta}{n \cdot 10^2} \quad n = 60 \cdot v \cdot i / \pi \cdot D = 60 \cdot 9 \cdot 1,41 / 3,14 \cdot 0,62 = 391 \text{ об / хв}$$

$$M_H = 0,975 \frac{5000 \cdot 0,95}{391 \cdot 10^2} = 0,118 \text{ МНм}$$

Коефіцієнт перевантаження:

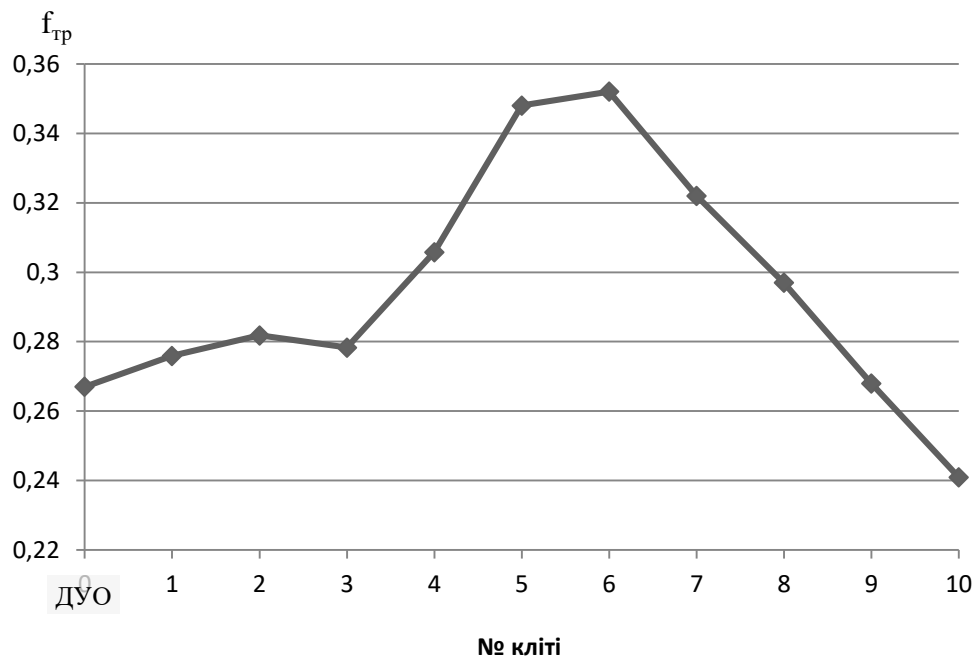
$$k_n = \frac{M_{дв}}{M_H} = 0,062 / 0,118 = 0,525$$

Перевантаження в межах допуску

$$N_{\partial\partial} = 960 \cdot M \cdot v / R = 960 \cdot 0,087 \cdot 9 / 0,31 = 2425 \text{ кВт}$$

Таблиця 2.3 – Геометричні і енергосилові параметри прокатки штаб 1,5×1050 Ст. 08кп

№ кліті	ld, мм	ld/h _{ср} , мм	σ _т , Н/мм ²	f	ρ _{ср} , Н/мм ²	P, МН	ψ	M _{пр} , МНм	N, кВт
ДУО	106,5	0,772	52,58	0,367	62,5	7,99	0,476	1,92	2414
1	139,5	1,22	72,9	0,305	106,9	16,4	0,494	2,532	5430
2	121,3	1,61	73,9	0,291	102,32	13,65	0,478	1,77	4615
3	85,27	1,9	70,6	0,276	112,3	10,53	0,467	0,937	4932
4	59,9	2,295	101,8	0,266	170	11,03	0,471	0,703	5033
5	49,8	3,11	118,95	0,346	245	13,4	0,467	0,6625	1846,4
6	38,65	4,05	136,2	0,33	311	13,2	0,48	0,5228	1214
7	31,55	5,65	157,2	0,27	381,8	13,25	0,47	0,41	3454
8	23,8	7,8	179,9	0,24	490	12,8	0,474	0,311	4912
9	14,6	8,18	213	0,203	540	8,67	0,488	0,135	3202
10	8,63	6,54	168,8	0,197	375,1	3,56	0,498	0,087	2425



Рисунки 2.1 – Графік розподілу коефіцієнта тертя по клітях

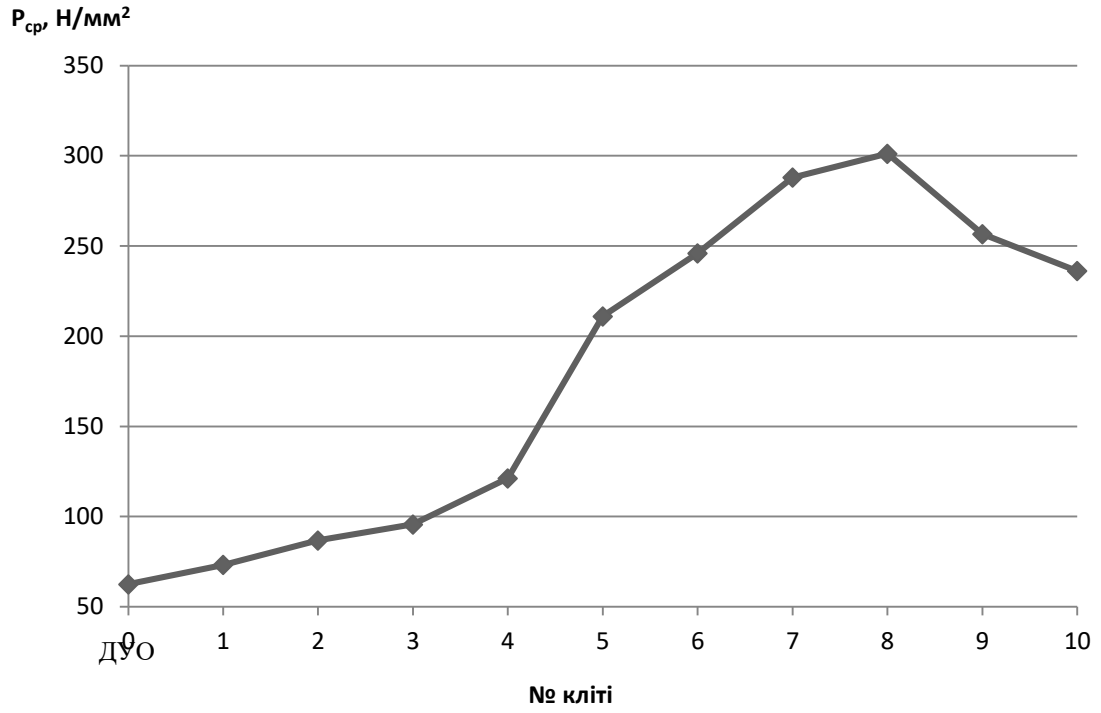


Рисунок 2.2 – Графік розподілу середнього контактного тиску по клітях

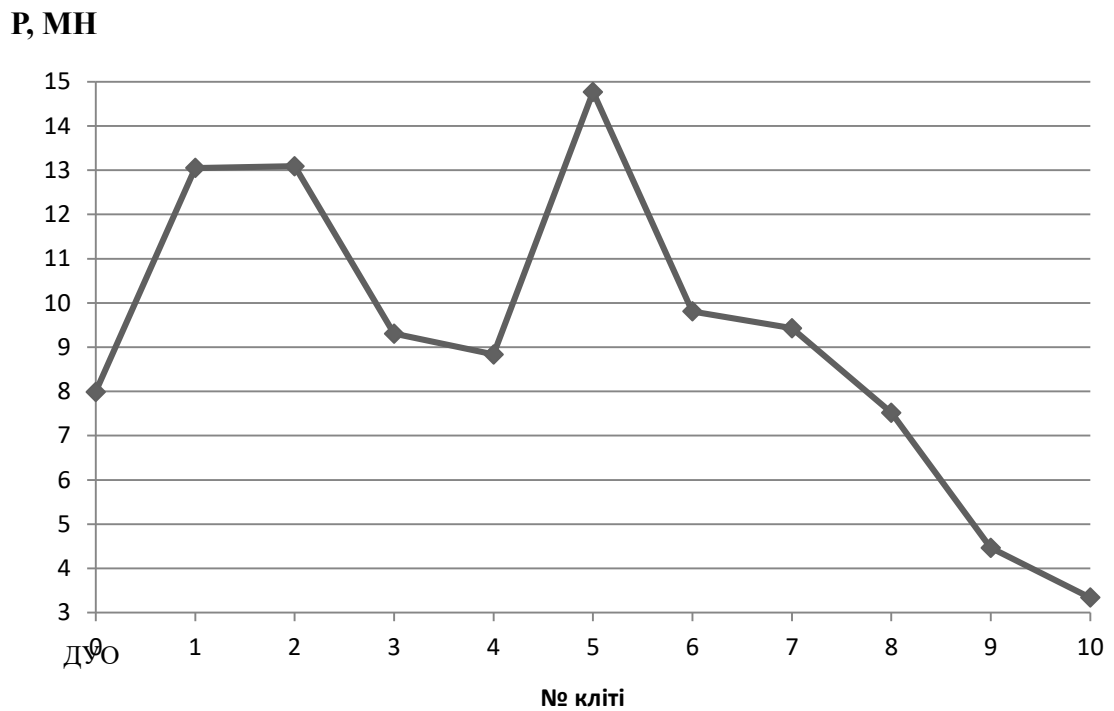


Рисунок 2.3 – Графік розподілу зусилля прокатування по клітях

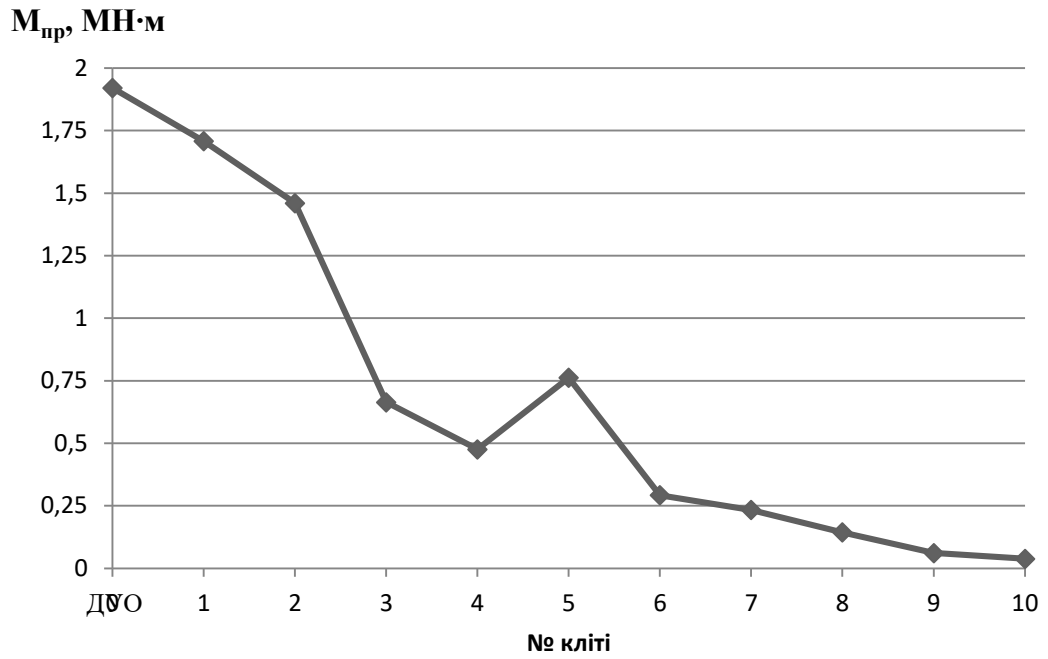


Рисунок 2.4 – Графік розподілу моменту прокатування по клітях

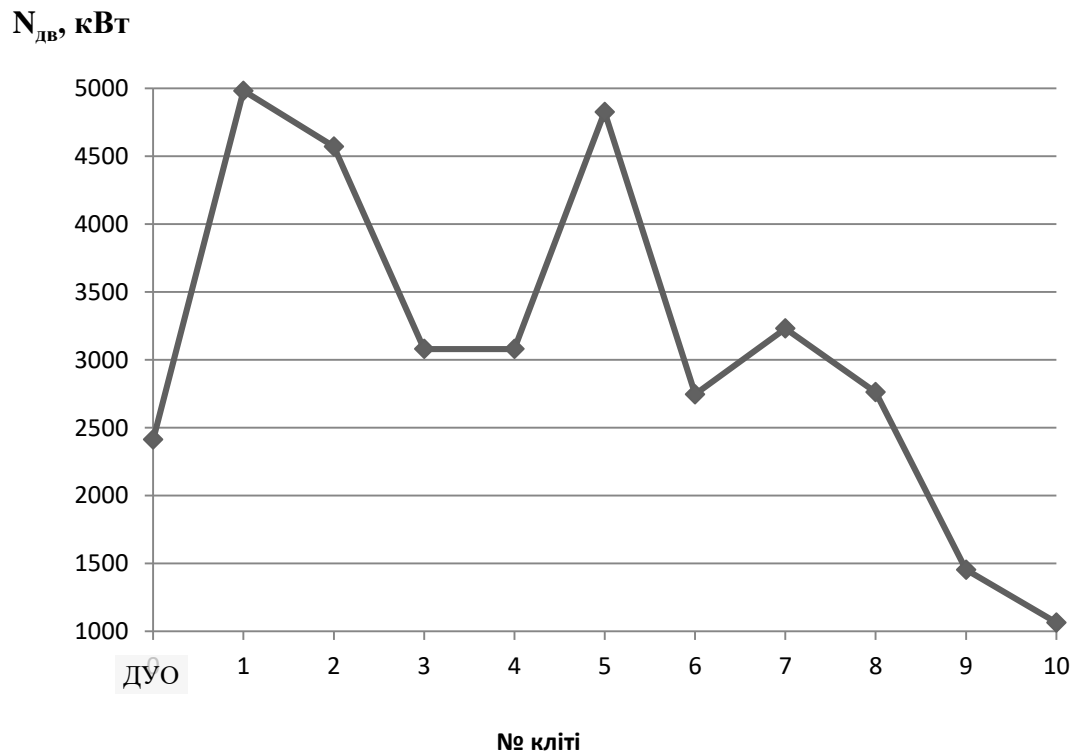


Рисунок 2.5 – Графік розподілу потужності двигуна по клітях

2.3 Розрахунок техніко-економічних показників виробництва

Розрахунок продуктивності стану виконуємо для профілів $1,5 \times 1050$ мм.

Розрахунок темпу прокатки згідно

$$T = t_m + t_n$$

де T - темп прокатки; t_m машинний час прокатки -; t_n - час паузи.

$$t_m = 59\text{с}; t_n = 5\text{с}; T = 59 + 5 = 64\text{с}$$

Маса рулонів отримана при прокатці згідно $G = 5,9\text{т}$;

Годинна продуктивність стану:

$$A = \frac{3600 \cdot G}{T}$$

$$A = \frac{3600 \cdot 5,9}{64} = 331,8 \text{ т/год.}$$

Річна продуктивність стану:

$$A_r = A_{cp} \cdot A_{год}$$

де $A_{год}$ - число робочих годин у році рівне 6472,2 г. тоді визначаємо A_r

$$A_r = 331,8 \cdot 6472,2 = 2147475,96 \text{ т.}$$

Розрахунок собівартості 1 т прокату

Розраховуємо суму витрат на відходи виробництва:

Сляби: $1,1 \times 8590,66 = 9049,73$ грн.;

Кінці і обріз: $0,08 \times 43,8 = 2,904$ грн.

Чад і окалина: $0,02 \times 88,5 = 2,37$ грн.

Визначаємо витрати по паливу:

Газ природний: $0,0992 \times 3297,36 = 328,7$ грн.

Визначаємо витрати на енергетику:

Електроенергія: $0,154 \times 1131,72 = 174,28$ грн.;

Пара: $0,0134 \times 93 = 1,25$ грн.;

Вода: $0,06 \times 123 = 7,38$ грн.;

Повітря: $0,041 \times 25,66 = 1,05$ грн.;

Цехова вартість 1 тони прокату: 9565,66 грн. ;

Змінне устаткування, інструмент інвентар 404,35 грн.;

Таблиця 2.4 – Калькуляція собівартості

Найменування	Од. вимір.	кількість	Ціна, грн	Сума, грн
1. Задано	т	1,1	8590,66	9049,73
2. Відходи	т	0,1		5,2
кінці і обріз	т	0,08	43,8	2,904
чад і окалина	т	0,02	88,5	2,37
3. Витрата по переділу:				
газ природний	м ³	0,0992	3297,36	328,7
електроенергія	кВт/г	0,154	1131,72	174,28
Пара	Гкал	0,0126	93	1,25
Вода	м ³	0,06	123	7,38
повітря	м ³	0,041	25,66	1,05
Разом енерговитрати				512,66
Допоміжні матеріали				4,38
Змінне обладнання				5,97
Поточний ремонт				17,43
Інші цех. витрати				12,6
Разом по переділу				47,36
Цехова собівартість				9565,66

3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок на міцність механізмів прокатної кліті

Розрахунок на міцність валків

При прокатці штаби між робочими валками згибаються як опорні, так і робочі валки (рис.3.1).

Приймаємо з розрахункових даних:

зусилля прокатки $P = 14,5 \text{ МН} (1450 \text{ Т})$,

максимальний момент, що крутиться $M_{кр} = 0,3 \text{ МНм} (300 \text{ Т} \cdot \text{м})$,

різниця натягу $T = 200 \text{ кН} (20 \text{ Т})$.

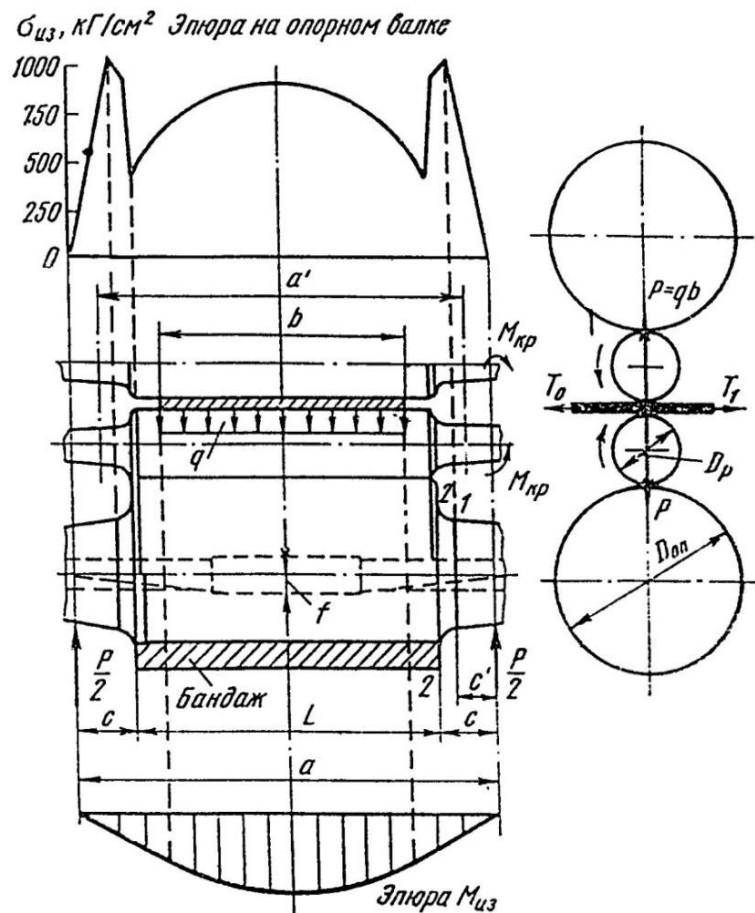


Рисунок 3.1 – До розрахунку валків чотирьохвалкової кліті

Розрахунок виконується для кліті №5, чистової групи клітей.

Визначаємо розподіл зусилля між робочим і опорним валанням по формулі [15]:

$$\left(\frac{P_{on}}{D_p}\right)^4 = \left(\frac{1170}{580}\right)^4 = 17,752;$$

$$P_p = \frac{P}{1 + \left(\frac{P_{\ddot{u}}}{D_{\delta}}\right)^4} = \frac{14,5}{1 + 17,752} = 0,72 \text{ МН (72Т)};$$

$$P_{\ddot{u}} = P - P_p = 14,5 - 0,72 = 12,78 \text{ МН (1278Т)}.$$

Таким чином, робочі валки сприймають тиск:

$$\frac{0,72}{14,5} = 0,053 (5,3\%).$$

$a' = 2230 \text{ мм}$, де a - відстань між осями натяжних гвинтів.

Максимальний згинальний момент

$$M_p = \frac{P_p \cdot a}{8} = \frac{0,72 \cdot 2,23}{8} = 0,20 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Максимальний згинальний момент від різниці горизонтальних натягів штаби (для одного валка)

$$M_T = \frac{1}{2} \cdot \frac{T}{4} \left(a' - \frac{b}{2}\right) = \frac{1}{2} \cdot \frac{200}{4} \left(2,23 - \frac{1,25}{2}\right) = 40,125 \text{ кНм},$$

де b - ширина штаби.

Результуючий згинальний момент по середині бочки робочого валка

$$M_{\text{раб}} = \sqrt{M_p^2 + M_T^2} = \sqrt{200^2 + 40,125^2} = 204 \text{ кНм}$$

Максимальна напруга вигину посередині бочки валка

$$\sigma = \frac{M_{\text{раб}}}{0,1D_p^3} = \frac{204 \cdot 10^3 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 570^3} = 11,02 \text{ Н / мм}^2 (110 \text{ кГ / см}^2)$$

Напруга крутіння на шейку валка

$$\tau = \frac{M_{\text{кр}} \psi}{0,2d_{\text{шр}}^3} = \frac{300 \cdot 10^5 \cdot 2,1}{0,2 \cdot 395^3} = 51,11 \text{ Н / мм}^2 (511 \text{ кГ / см}^2)$$

де $\psi = 2,1$ - коефіцієнт концентрації напруги.

Напруги в опорному валку

Максимальний згинальний момент і напруга по середині бочки, при вигині:

$$M_{\text{он}} = \frac{P_{\text{он}}}{4} \left(a - \frac{b}{2} \right) = \frac{12,78}{4} \left(2,7 - \frac{1,25}{2} \right) = 6,63 \text{ МНм} (6630 \text{ Гм}),$$

$$\sigma = \frac{M_{\text{он}}}{0,1P_{\text{он}}^3} = \frac{6,63}{0,1 \cdot 1,17^3} = 41,4 \text{ Н / мм}^2 (414 \text{ кГ / см}^2)$$

Напруга вигину в перетині 1-1:

$$\sigma = \frac{P/2 \cdot C}{0,1d^3} = \frac{(12,78/2) \cdot 0,35}{0,1 \cdot 0,65^3} = 81,44 \text{ Н / мм}^2 (8144 \text{ кГ / см}^2)$$

у перетині 2-2:

$$\sigma = \frac{(12,78/2) \cdot 0,51}{0,1 \cdot 0,75^3} = 77,25 \text{ Н / мм}^2 (772 \text{ кГ / см}^2)$$

Коефіцієнт запасу міцності в небезпечному перерізі:

$$n = \frac{[\sigma_\phi]}{\sigma} = \frac{450}{81,44} = 5,52 \rightarrow [n] = 5,$$

тому розрахунок валка на витривалість не робимо.

Контактна напруга в поверхневому шарі валків

Наведений модуль пружності:

$$E_{np} = 2 \cdot E_p \cdot E_{on} / (E_p + E_{on}) = 1,4 \cdot 10^5 \text{ kH} / \text{мм}^2.$$

Контактна напруга:

$$\sigma_{\text{конт}} = 0,58 \sqrt{q \frac{E_{np}}{R_{np}}} = 0,58 \sqrt{\frac{10208 \cdot 1,4 \cdot 10 \cdot 5}{192}} = 1582,4 \text{ H} / \text{мм}^2;$$

$$R_{np} = \frac{R_{on} \cdot R_p}{R_{on} + R_p} = \frac{585 \cdot 285}{585 + 285} = 192 \text{ мм};$$

$$q = P_{on} / b = 12,78 \cdot 10^6 / 1250 = 10208 \text{ H} / \text{мм}^2.$$

Визначаємо прогин опорного валка

$$J_1 = \pi D_4^4 / 64 = 3,14 \cdot 1,17 / 64 = 0,09 \text{ м}^4.$$

$$\left(\frac{J_1}{J_2} \right) = \left(\frac{P_{on}}{d_u} \right)^4 = \left(\frac{1,17}{0,65} \right)^4 = 10,5;$$

$$\left(\frac{D_{on}}{d_u} \right)^2 = \left(\frac{1,17}{0,65} \right)^2 = 3,24;$$

$$E_1 = 2,15 \cdot 10^{11} \text{ H} / \text{мм}^2;$$

$$G = 0,82 \cdot 10^{11} \text{ H} / \text{мм}_2;$$

$$f_1 = \frac{P}{384EJ_1} \left(8a^3 - 4ab^2 + b^3 + 64c^2 \left(\frac{J_1}{J_2} - 1 \right) \right);$$

$$f_2 = \frac{P}{\pi GD^2} \left(a - \frac{b}{2} + 2c \left(\frac{D^2}{d^2} - 1 \right) \right);$$

$$f_1 = \frac{12,78 \cdot 10^6}{384 \cdot 2,15 \cdot 10^{11} \cdot 0,09} (8 \cdot 2,7^3 - 4 \cdot 2,7 \cdot 1,25^2 \cdot 1,25^3 + 6,4 \cdot 0,51^2 (10,5 - 1)) = 0,00051 \text{ мм};$$

$$f_2 = \frac{12,78 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 0,82 \cdot 10^4 \cdot 1,17^2} \left(2,7 - \frac{1,25}{2} + 2 \cdot 0,51 (3,24 - 1) \right);$$

$$\Delta f = \frac{P \cdot b}{2\pi GD^2} \left(1 + \frac{b}{80^2} (12a - 7b) \right) = \frac{12,78 \cdot 10^6 \cdot 1,25}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,82 \cdot 10^{11} \cdot 1,17^2} \left(1 + \frac{1,25}{8 \cdot 1,17^2} (12 \cdot 2,7 - 7 \cdot 1,25) \right) = 0,00008 \text{ мм}$$

Сумарний прогин валка по середині бочки:

$$f = f_1 + f_2 = 0,00051 + 0,00016 = 0,00067 \text{ мм.}$$

Пружна деформація в місці контакту опорного й робочого валків:

$$\delta_k = (1,3 \cdot q / E_{np}) \cdot l_g (1,65(D_1 + D_2)E_{np} / q) = (1,3 \cdot 10208 / 2,15 \cdot 10^5) \cdot l_g (1,65(1170 + 570)2,15 \cdot 10^5 / 10208) = 0,29 \text{ мм.}$$

Сумарна пружна радіальна контактна деформація двох пар валків робочої кліті:

$$\delta_k = 2\delta = 2 \cdot 0,29 = 0,58 \text{ мм.}$$

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків

Вузол	$M,$ $кН \cdot м$	$P,$ $МН$	$G,$ $Н / мм^2$	$\tau,$ $Н / мм^2$
Валки				
робочі	2,04	0,72	11,02	51,11
опорні	6,63	12,78	41,4	

3.2 Висновки до розділу

Розрахунки на міцність валків показують, що розрахункові режими обтисків дозволяють експлуатувати вищеназвані механізми без перевантажень.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика потенційних небезпечних і шкідливих виробничих чинників на ділянці цеху гарячої прокатки тонкого листа

Цех гарячої прокатки металу в своєму складі має ділянки з різними шкідливими умовами праці. Однією з основних ділянок цеху є стан гарячої прокатки, на якому проводять гарячу обробку металу тиском. Стан гарячої прокатки також має безліч ділянок: пічна, чорнова і чистова група клітей, хвостова частина.

Технологічний процес на НШСГП 1680 механізований і автоматизований, операції з металом здійснюються без безпосередньої участі обслуговуючого персоналу.

На виробництві застосовують наступні технічні засоби забезпечення безпеки праці: захисні пристрої, що створюють перешкоду між людиною і небезпечним чинником, надійно оберігають працівника незалежно від правильності або не правильності його дій; запобіжні пристрої на випадок аварійних режимів – відключення устаткування при порушенні контрольованого параметра (температури, тиску, переміщення, величини струму або напруги, зусилля); гальмівні пристрої для швидкої зупинки рухомих частин механізму в певному стані; сигналізація перед наступаючою або такою, що наступила небезпекою (світлова, звукова, кольорова і знакова). Велике значення має правильний розподіл функції між людиною і машиною для зменшення тяжкості праці [17].

Аналіз потенційних, небезпечних і шкідливих виробничих чинників виробничого середовища на безперервному тонколистовому стані 1680, приведений в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Аналіз потенційних, небезпечних і шкідливих виробничих чинників [17]

Вид технологічних операцій	Устаткування	Небезпечні і шкідливі чинники	Можливі дії на людину
Прокатка металу	Стан 1680	Шум 105 дБА	Швидке стомлення, глухота.
		Валки, що обертаються, рольганги, привод.	Травмування персоналу, що обслуговує при непередбачливому контакті.
		Небезпечний рівень струму ($I=30\text{A}$) і напруги ($U=380\text{В}$). Інфракрасне випромінювання гарячого металу. Пил із вмістом хромового ангідриду $0,11\text{мг/м}^3$ (ГДК = $0,01\text{мг/м}^3$), пил фібро генної дії $8,5\text{мг/м}^3$ (ГДК = $4,0\text{мг/м}^3$). 3 клас небезпеки	Поразка електрострумом при дотику до струмопровідних частин. Погіршує зір. Негативна дія на легені, можливі захворювання органів дихання.
Транспортування металу	Мостові електрокрани	Рухомі механізми, метал, що транспортується	Механічні пошкодження, ожогові травми.
Допоміжні операції	Гідрообладнання, маслопідвали і ін.	Горючі речовини (водень, оксид вуглецю, природний, доменний газ, мазут, толуол, масла, деревина, гума і ін.), пари емульсії	Пожежонебезпека

Мікроклімат визначається наявністю надмірного конвекційного і променистого тепла. Джерелами тепла є: прокатуваний метал, нагріте устаткування, механізми і комунікації, відкриті отвори або кришки нагрівальних пристроїв, горючі газ.

При обробці гарячого прокату робочим доводиться працювати в безпосередній близькості від гарячого металу. Наявність великих тепло надлишків в одному цеху обумовлює значне підвищення в ньому температур повітря, особливо в літню пору року.

На робочих місцях операторів чистової групи температура повітря досягає $35 - 40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Висока температура повітря або опромінювання тіла, утрудняє віддачу тепла, приводять до накопичення його в організмі, до перегріву [18]. При цьому різко посилюється робота серця, частішає дихання,

збільшується потіння і відбувається втрата необхідних солей. Простудні захворювання працівників стану значно частіші, ніж інших.

Оцінка шкідливих чинників виробничого середовища і трудового процесу наведена в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Оцінка чинників виробничого середовища трудового процесу

Фактори виробничого середовища та процесу праці	Норм, зн. ПДК, ПДУ)	Фактич. знач.	III клас - шкідливі та небезпечні умови і характер праці			Час дії фактору %, за зміну
			I ст.	II ст.	III ст.	
Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ :						
I клас шкідливості						
Ангідрид хромовий.....	0,01	0,062			6,2	90
Оксид марганцю	0,05	0,39			7,8	90
II клас шкідливості.....						
Акролеїн.....	0,2	0,66		3,3		90
Сіководень	10	3,87				90
III клас шкідливості						
Ангідрид сірчаний.....	10	16,83	1,68			90
Вуглець оксид.....	20	25	1,25			90
Масла мінеральні	5	6,78	1,4			90
Пил переважно фіброгенної дії мг/м ³	4	26,3			6,58	90
Шум, дБА	80	105			25	100
Мікроклімат в приміщенні:						
- температура повітря, °C	27	35		5,1		100
- швидкість руху повітря, м/с	0,5	2,1		4,17		100
- відносна волога повітря, %		0,12				
- інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	140	411		411		83

Висновок: Проаналізувавши небезпечні чинники, визначено 3 чинника I ст., 4 чинника II ст., 4 чинника III ст. Категорія тяжкості праці - важка Категорія напруженості праці - дуже напружена.

За даними Київського інституту гігієни праці і профзахворювань, продуктивність праці на робочих місцях, що піддаються тепловому опромінюванню знижується на 10 - 12%.

На стані велику небезпеку представляє електричний струм.

Дія шуму на операторів стану групи з великим значенням 105 дБА викликає стомлення слухового органу і приводить до глухоти, обумовленим невритом слухових нервів [19]. Шум на даній ділянці є причиною швидкого стомлення операторів, вальцівників і ін., що призводить до зниження продуктивності праці і збільшення браку.

Звуковий подразник впливає не тільки на органи слуху, але і на органи зору, на функціональний стан вестибулярного аналізатора, на вищу і вегетативну нервову діяльність працівників даної ділянки.

4.2 Заходи з поліпшення умов праці на ділянці ШСГП 1680

Систематично проводиться вивчення рівня безпеки устаткування, технологічних та трудових процесів, розробляються і упродовжуються технічні та організаційні заходи, що забезпечують безпеку праці. Працівникам стану проводяться у встановлені терміни відповідні інструктажі по охороні праці: вступний, первинний, повторний, позаплановий, цільовий.

Заходи захисту від дії небезпечних і шкідливих чинників представлені в таблиці 4.3.

Мікроклімат в цеху локалізувати практично в цілому неможливо, але безпосередньо нормалізація мікроклімату на робочих місцях (пости управління станом, робочі зони і т.п.) можна провести установкою вентиляторів, кондиціонерів і інших пристроїв в приміщеннях операторів чистової групи [20].

Таблиця 4.3 – Заходи захисту від дії небезпечних і шкідливих чинників

Небезпечний або шкідливий чинник	Захисний пристрій	Принцип призначення	Місце установки
Підвищений рівень шуму	Звукоізолюючі kabіни і перегородки	Звукопоглинання і віддзеркаленні, ізоляція органів слуху	Біля джерела шуму, в приміщенні операторів
Теплові виділення	Витяжна вентиляція	Примусове механічне відсмоктування пари, що утворилася	Над станом
Рухомі частини механізмів	Кожуха, сітки, запобіжні пристрої	Захист від дотику з рухомими частинами і механізмами	У електросхемах приводів, навколо устаткування.
Інфрачервоне випромінювання гарячого металу	Світлові екрани (фільтри)	Захист органів зору	На постах чистової групи
Пил	Вологе прибирання пилеулавлювачів	Захист органів дихання	На стані

Освітлення є одним з проблематичних питань, і зв'язано це з тим, що пил зменшує видимість і приводить до забруднення світлових ліхтарів цеху.

Для вирівнювання коефіцієнта освітленості застосовується примусове направлене освітлення шляхом установки на робочих місцях (у приміщеннях операторів чистової групи) прожекторів, які стабілізують освітленість і зменшують зорову напруженість працівників ділянки стану. Освітлення в цеху є основною вимогою і освітлення проводиться за допомогою дросельних (люмінесцентних) ламп.

Природне освітлення нормується. Основним показником нормування служить коефіцієнт природної освітленості (КПО).

Місто Запоріжжя перебуває в 4 поясі світлового клімату, тому КПО для нього буде обчислюватися по формулі:

$$\begin{aligned}
 KEO_n^4 &= KEO_n^3 \cdot m \cdot e; \\
 KEO_n^4 &= 1,8 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 1,38\%;
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

де KPO_n^3 – значення КПО для 3 пояси світлового клімату; m – коефіцієнт світлового клімату; e – коефіцієнт сонячності клімату.

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

Засоби індивідуального захисту призначені, для захисту робочих цеху гарячої прокатки тонкого листа від дії небезпечних і шкідливих виробничих чинників, вогню і бризок розплавленого металу, падаючих предметів, забрудненого отруйними парами, газами і пилом повітря, електричного струму т.д. До засобів індивідуального захисту відносяться: спецодяг, спецвзуття, засоби захисту рук, органів дихання, очей і голови. Засоби індивідуального захисту повинні відповідати захисним, фізіолого-гігієнічним і експлуатаційним вимогам: бути нешкідливими, зручними і надійними в роботі, забезпечувати повітропроникність; легко очищатися від забруднень; зберігати свої захисні властивості після чищення.

Забезпечення робочих і службовців цеху засобами індивідуального захисту проводиться відповідно до «Типових галузевих норм» видачі спецодягу, спецвзутті і інших засобів індивідуального захисту і інструкцією про порядок, видачу, зберігання і користування спецодягом, спецвзуттям і запобіжними пристосуваннями.

Спецодяг робочих стану повинен мати вогнезахисне просочення, щоб запобігти травмуванню іскрами гарячого металу і шлаку, і оберегти від опіку. У місцях (працюючи безпосередньо у 10-й кліті стану) вальцівники застосовують пилозахисний комбінезон з щільної бавовняної тканини.

Спецвзуття призначена для захисту ніг від ударів при падінні інструменту і деталей під час роботи і обертання їх від попадання іскри і бризок розплавленого металу, несприятливих метеорологічних умов зовнішнього середовища. Основними видами спецвзутті на стані є: черевики шкіряні, чоботи гумові, чоботи кирзові.

Для попередження попадання пилу і шкідливих хімічних речовин в організм операторів чистової групи необхідно користуватися засобами захисту органів дихання – респіраторами.

Для захисту органів зору від механічних травм, хімічних і термічного опіку і пошкоджень променистою енергією робочі стану користуються запобіжними окулярами або щитками.

Механічних травм очей завдаються частинками окалини, осколками металу. Для захисту очей працівників стану застосовують окуляри захисні відкритого і закритого типів.

Для захисту працівників стану від різкої або тривалої дії шуму застосовують проти шуми: навушники, шоломи, заглушки, що забезпечують ослаблення шуму до рівня, що не перевищує допустимий. Застосування засобів захисту слуху перешкоджає розвитку професійної глухоти.

На роботах, пов'язаних з небезпекою травмування голови (механічні пошкодження, поразки електричним струмом), як захисний засіб всі працівники стану застосовують захисні каски з пластмаси [20].

Електробезпека

Широке використання електричного струму для найрізноманітніших цілей додає питанням захисту від його дії на людський організм важливе значення.

Електробезпека - це комплекс заходів, направлених на запобігання поразки людини електричним струмом.

Дія електричного струму на організм може викликати небезпечні для здоров'я наслідки і навіть привести до смерті. Небезпека посилюється тим, що наявність електричної напруги не може бути безпечно виявлена за допомогою наших органів чуття. Вірогідність літального результату при поразенні електричним струмом велика. Великий вплив чинить зовнішнє середовище [20].

У гарячих цехах тяжкість поразки збільшується, оскільки, спостерігається середовище з підвищеною температурою, що веде до перегріву організму і зниження його опору. Пониження атмосферного тиску збільшує небезпека дії електричного струму [21].

Стан навколишнього середовища, а також навколишнє середовище можуть підсилювати або ослабляти небезпеку поразки струмом. Так, струмопровідний пил, що утворюється в цеху, руйнівна дія на ізоляцію електроустановок, різко знижуючи її опір і створюючи загрозу переходу напруги на корпуси, станини, і тому не подібні струмопровідні металеві частини електроустаткування, до яких може торкатися людина.

Становий проліт у відповідності вимогами ПУЕ СНП 111-33-76 відносяться до зони класу В-16- це зони, розташовані в приміщеннях, в яких при нормальній експлуатації вибухонебезпечні суміші горючих газів або пари ЛВЖ з повітрям не утворюються, а можливі тільки в результаті аварій або несправності.

Небезпека поразки електричним струмом виникає при експлуатації несправних електроустановок, порушенні ізоляції на силових і контрольних кабелях, електродвигунах, командоапаратах, кінцевих вимикачах.

Нещасні випадки можливі також при дії електричного струму через дугу; безпосередньому зіткненні з відкритими струмопровідними частинами і приводами: випадковому, не викликаному виробничою необхідністю, або дія при помилковій подачі напруги під час ремонтів і оглядів; при зіткненні з будівельними деталями конструкцією, що випадково опинилися під напругою; при дії крокової напруги і ін.

У цехах з підвищеною температурою повітря використовують наступні заходи захисту від поразки електричним струмом:

- а) захист від дотику до струмопровідних частин;
- б) захист від дотику до устаткування, що випадково опинилося під напругою;
- в) захист від струмів надмірної сили.

У першому випадку, найбільш поширеному, конструктивному простою і дуже ефективним заходом захисту є захисне заземлення. Захисні функції заземлюючого пристрою полягають в зниженні до безпечної величини напруги щодо землі на металевих частинах, що опинилися

випадково під напругою, що дозволяє усунути небезпеку поразки людини, що доторкнулася до них.

Приєднання корпусів та інших конструктивних металевих частин електроустаткування до заземлюючого нульового дроту називається захисним зануленням. Мета занулення - перетворити пробій на корпус в коротке замикання між фазним і нульовим дротами, викликати тим самим протікання більшого струму через захист і швидко відключити пошкоджене устаткування від мережі.

При обслуговуванні електроустановок застосовують основні і додаткові захисні засоби. До основних відносяться захисні засоби, ізоляція яких надійно витримує робочу напругу установки і при користуванні якими допускається безпосередній дотик до струмопровідних частин, що знаходяться під напругою. До додаткових відносяться засоби захисту, що підсилюють дії основних засобів і що забезпечують безпеку при напрузі дотику і кроковій напрузі. До індивідуальних засобів відносяться: ізолююча штанга, ізолюючі кліщі, діелектричні боти, діелектричні рукавички, ізолюючі підставки і ін.

Основою організації безпечної експлуатації електроустановок є висока дисципліна обслуговуючого персоналу. Персонал, що обслуговує електроустановки, не повинен мати каліцтв або хвороби, що заважають виробничій роботі і що підсилюють небезпеку дії струму на організм.

В процесі роботи увесь виробничий персонал в обов'язковому порядку повинен проходити систематичне виробниче навчання перевірку знань "Правил і виробничих інструкцій".

Цех гарячої прокатки тонкого листа відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою поразки людей електричним струмом. Тут діють такі шкідливі чинники виробничого середовища: висока температура повітря (перевищує 32 °C), запилення повітря струмопровідним пилом. Враховуючи, вищевикладене проводимо вибір мережі.

Схема мережі, по технологічним вимогам і за умовами безпеки найоптимальнішою є чотири провідна мережа з глухо-заземленою нейтралі, оскільки вона дозволяє використовувати дві робочі напруги - лінійну і фазну. Від чотирьох приводної мережі 380 В можна жити як силове навантаження - трифазну або однофазну, включаючи її між фазними проводами на лінійну напругу 380 В, струм і освітлення, включаючи її між фазним і нульовим дротами, тобто на фазну напругу 220 В. При цьому досягається значне здешевлення електроустановки в цілому завдяки застосуванню меншого числа трансформаторів, меншого перетину проводів і т. ін. [20].

Пожежна та техногенна безпека

Пожежі і вибухи відбуваються унаслідок наступних основних причин:

- 1) порушення нормального режиму технологічного процесу;
- 2) неполадки в роботі для очищення, транспортування і споживання газу;
- 3) неправильній експлуатації електромереж і електроустаткування;
- 4) порушення елементарних вимог пожежної охорони.

У цеху на стані має велике місце наявність пожежонебезпечних чинників, пов'язаних із застосуванням: газів 4 групи при опалюванні печей, різанні металу переносними газо ріжучими пристроями; гідравлічних рідин та змащення.

Пожежна безпека на стані забезпечується системою пожежного захисту і заходами організаційного характеру.

До основних умов попередження пожежі відносяться запобігання утворенню горючого середовища і появи джерел запалення.

Для зниження пожежної безпеки в цеху необхідно: обмеження кількості матеріалів, що зберігаються, здатних горіти; створення припонів для розповсюдження пожежі; попередження можливості руйнування виробничих пристроїв; своєчасне виявлення і гасіння пожежі, забезпечення умов для евакуації робочих і устаткування при пожежі; застосування

ефективних засобів пожежогасіння (пожежні автомобілі, стаціонарні установки виявлення і гасіння пожеж, різні вогнегасники і інше пожежне устаткування, призначене для подачі вогнегасних засобів до місця пожежі), застосування засобів сигналізації і зв'язку, і організації пожежної охорони.

До організаційних заходів щодо забезпечення пожежної безпеки відносяться: пожежна охорона об'єкту, розробки і здійснення правил і норм пожежної безпеки, правил дотримання протипожежного режиму і встановлених заходів щодо ліквідації виниклої пожежі. Всім працівникам цеху у встановлені терміни проводять відповідні протипожежні інструктажі: вступний, первинний, повторний, позаплановий і цільовий.

Пожежна і вибухова небезпека в цеху визначається наступними чинниками: наявністю широко розвинутої мережі кабельного господарства, в якому всі кабелі пальні. З кабелями безпосередньо пов'язана велика кількість різного електротехнічного устаткування.

До найбільш вірогідних причин перегріву проводів відносяться нагрівання проводів при проходженні струму надмірно великої величини і при виникненні великих місцевих опорів унаслідок неправильного пристрою електроустановок.

Для запобігань загорянню ізоляції і короткого замикання проводів застосовують плавкі запобіжники або спеціальні автомати, що відключають мережу при перевантаженні.

Електрична дуга, що має температуру вище 3000° С, представляє велику пожарну небезпеку на стані. Тому конструкція та режим експлуатації повинні виключати утворення електричної дуги. У цих випадках застосовують додаткові пружинячі ножі для рубильників і дугогасні пристрої.

Прокатний цех відносяться до категорії Г пожежонебезпеки (ГОСТ 12.1004-81), оскільки в ньому обробляють негорючі речовини (метал), але є і горючі речовини. По вогнестійкості прокатний цех відносять до 1 і 2 ступеням. Стіни будівель зроблені з матеріалу, що не згорає.

Для гасіння пожеж в прокатному цеху застосовують тверді, рідкі і газоподібні речовини: воду, пісок, інертний газ, хімічну і легко-механічні піни.

На стані прокатного цеху встановлені пожежні щити на яких розташовані засоби для гасіння пожеж: вогнегасники хімічні і пінні ВХП-10, ВВП-5, ВВП-10, пісок, лопати і ін. У цеху також є протипожежні рукави водяного гасіння пожеж.

Водяні пари застосовуються на стані для гасіння пожеж в маслосховищах [21].

Блискавкозахисті пристрої [20] повинні виконуватися при будівництві або реконструкції будівлі або споруди відповідно до проекту і комплексного графіка виробництва будівельно-монтажних робіт і одночасно з виконанням основних робіт.

При зведенні в грозовий період високих будівель і споруд рекомендується передбачати, починаючи з висоти 20 м і вище, тимчасові блискавкозахисті пристрої, що забезпечують безпеку людей і збереження споруд.

Будівлі і споруди, віднесені по пристрою блискавкозахисту до III категорії, повинні бути захищені від прямих ударів блискавки і занесення високих потенціалів через наземні металеві комунікації.

При ширині будівель і споруд більше 100 м повинні виконуватися заходи щодо вирівнювання потенціалу усередині будівлі.

Зовнішні установки, віднесені по пристрою блискавкозахисту до III категорії, повинні бути захищені від прямих ударів блискавки.

Для будівель і споруд, що суміщають в собі приміщення, що вимагають пристрою блискавкозахисту I і II або I і III категорій, рекомендується блискавкозахисту всієї будівлі або споруди виконувати, відповідно до вимог для I категорії.

Коли площа приміщень, що вимагають захисту по I категорії, складає в одноповерхових будівлях менше 30 % всій площі будівлі, а в

багатоповерхових будівлях - менше 30 % площі приміщень верхнього поверху, блискавкозахист всієї будівлі може бути виконана по II категорії незалежно від категорії решти приміщень. При цьому всі підземні і наземні внутрішньо цехові комунікації повинні бути уведені в приміщення I категорії приєднані до спеціального заземлювача, розташованому за межами цих приміщень і такому, що має опір розтіканню струму промислової частоти не більше 10 Ом.

Можливі причини виникнення аварій на об'єкті. Причини аварій, пов'язані з відмовою (неполадками) устаткування.

До основних причинам, пов'язаним з відмовою устаткування ставляться:

- корозія устаткування і трубопроводів;
- фізичне зношування, механічне ушкодження, руйнування або температурна деформація устаткування і трубопроводів;
- відмови або збій в роботі автоматичних систем (збій в енергопостачанні).

Корозія устаткування і трубопроводів може стати причиною часткового руйнування технологічного устаткування. Аналіз аварій на аналогічних об'єктах дозволяє зробити висновки про те, що корозійне руйнування при достатній міцності конструкцій устаткування або трубопроводів, найчастіше має локальний характер. Однак, при несвоєчасній локалізації, воно може послужити джерелом ланцюгового розвитку аварійної ситуації (витоку газу, утворенню газоповітряної токсичної хмари, пожежі або вибуху газоповітряної суміші).

Фізичне зношування, механічне ушкодження, руйнування або температурна деформація устаткування й трубопроводів може привести як до часткового, так і до повного руйнування технологічного устаткування і трубопроводів. Причини аварій, пов'язані з помилками персоналу.

Рівень автоматизації технологічного процесу вимагає від обслуговуючого персоналу високої кваліфікації і підвищеного уваги.

Особливу небезпеку представляють помилки при пуску і зупинці устаткування, ведення ремонтних, профілактичних і інших робіт, пов'язаних з нестійкими перехідними режимами, зі спорожнюванням і заповненням устаткування небезпечними речовинами. У випадку неправильних дій персоналу існує небезпека руйнування технологічних систем і виникнення аварій.

Аналіз матеріалів розслідування аварій показує, що 66,5 % вибухів, пожеж і загорянь відбувається в результаті помилок при експлуатації устаткування, з них 20 % аварій - через недотримання норм технологічного регламенту. Причини, пов'язані із зовнішніми впливами природного й техногенного характеру.

До зовнішніх впливів природного й техногенного характеру можна віднести:

- дуже сильний мороз ($- 30^{\circ}\text{C}$ и нижче);
- дуже сильна жара ($+ 40^{\circ}\text{C}$ и більш);
- зсувні явища, осідання (провал) земної поверхні;
- сильний вітер, включаючи шквали й смерчі;
- грозові розряди й розряди статичної електрики;
- влучення устаткування в зону дії вражаючих факторів аварій, що виникли на сусідніх об'єктах;
- аварії на комунально-енергетичних мережах;
- навмисні дії (диверсія) [19].

ВИСНОВКИ

Проаналізувавши вплив факторів прокатки (температура, швидкість, сила, тертя) на режим деформації штаби було визначено оптимальні ступені обтисків у кожній кліті для отримання штаби заданої товщини. Встановлено, що за рахунок збільшення і вирівнювання більшою мірою температури задніх кінців штаби знижуються відходи в обрізь.

Розраховані оптимальні режими обтиснень для профілю, товщиною 1,5 мм і енергосилові параметри прокатки даних штаб.

Виконані розрахунки на міцність найбільш навантажених деталей стану - робочих і опорних валків. Розрахунки на міцність валків показують, що запропоновані режими обтисків дозволяють експлуатувати вищеназвані механізми без перевантажень, вузли мають достатній запас міцності і мінімальні деформації.

Запропоновано заходи щодо зниження впливу шкідливих і небезпечних факторів виробничого процесу, а також рішення по захисту навколишнього середовища.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Сафьян, М.М. Прокатка широкополосной стали / М.М. Сафьян.- М.: Металлургия, 1969, с. 168 - 173.
2. Николаев, В.А. Горячая прокатка листов и полос / Учебное пособие. Часть 1. По дисциплине «Производство горячекатаных полос» - Запорожье: ЗГИА, 2014. – 176 с.
3. Николаев, В.А. Технология прокатки листов и полос: Учебное пособие. – К.: УМК ВО, 1990. – 168 с.
4. Николаев, В. А. Прогиб валкового комплекта при различных зазорах в подшипниках / В.А. Николаев, А.Г. Васильев // Изв. вузов. Черная металлургия. – 2002. – № 7. – С. 23–25.
5. Николаев, В. А. Прогиб опорного валка четырехвалковой клетки с учетом опорного момента / В. А. Николаев // Изв. вузов. Черная металлургия. – 2001. – № 9. – С. 18–19.
6. Королев, А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов пяти прокатных станов / А.А. Королев. - М.: Металлургия, 1969. – 183 с.
7. Николаев, В. А. Повышение стойкости шеек опорных валков стана 1680 / В.А. Николаев, А.Ю. Путноки, В.Т. Тилик и др. // Сталь. – 2002. – № 5. – С. 37–39.
8. Пат. України на корисну модель № 69571, В21В 27/00. Комплект подушок валків листопрокатної кліті / Ніколаєв В.О., Ніколенко А.Г., Мацко С.В., Васильєв А.О., Васильєв О.Г. – № u201105780; заявл. 10.05.2011 ; опубл. 10.05.2012, Бюл. № 9.
9. Коновалов, Ю.В. Повышение точности листового проката и экономия металла / Ю.В. Коновалов, Г.И. Налча. - М.: Металлургия, 1977. - 28с.
10. Железнов, Ю.Д. Прокатка ровных полос и листов / Ю.Д. Железнов. - М.: Металлургия, 1971. - 200 с.

11. Полухин, П.И. Прокатное производство / Полухин П.И., Федосов Н.М. и др. - М: Metallurgy, 1982. - 696 с.
12. Королев, А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов / А.А. Королев. - М. Metallurgy, 1985. - 376 с.
13. Полухин, П.И. Тонколистовая прокатка и служба валков / П.И. Полухин,. - М.: Metallurgy, 1967.
14. Прищип, М.Г. Методичні вказівки до виконання курсових і дипломних проектів для студентів ЗДІА «Обладнання цехів ОМТ» / М.Г. Прищип. – Запоріжжя: ЗДІА, 2014 – 76с.
15. Королев, А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов / А.А. Королев. – М.: Metallurgy, 1969. - 464 с.
16. Ніколаєв, В.О. Технологія виробництва сортового та листового прокату [Текст]. Ч.1: підручник для вчз: [доп. МОН України] / В.О. Ніколаєв, В.Л. Мазур; ЗДІА. - Запоріжжя: ЗДІА, 2000. - 256 с.
17. Панасейко, С.С. Методические указания к выполнению раздела "Охрана труда" в дипломных проектах для студентов всех специальностей / С.С. Панасейко, В.К. Тарасов. - Запорожье: ЗГИА, 1997 - 31 с.
18. ГОСТ12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности. - М., 1984.
19. Бринза, В.Н. Охрана труда в черной металлургии / В.Н. Бринза, М.М. Зиньковский. - М.: Metallurgy, 1982 - 333 с.
20. Кобевник, В.Ф. Охрана труда / В.Ф. Кобевник. - К.: "Вища школа", 1990.
21. Злобинский, Б.М. Охрана труда в металлургии / Б.М. Злобинский. 2-е издание. - М.: Metallurgy, 1975. - 536 с.