

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

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

(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної бакалаврської роботи

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

(перший (бакалаврський) рівень)

на тему Розробка заходів та засобів з охорони праці у цехах гарячої прокатки тонкого листа

Виконав: студент 5 курсу, групи ЦБ-18-16з

Маценко О.В.

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

263 Цивільна безпека

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

Охорона праці

(шифр і назва)

Керівник Манідіна Є.А.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

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

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Рівень вищої освіти перший бакалаврський рівень
перший (бакалаврський) рівень

Спеціальність 263 Цивільна безпека
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма охорона праці
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МТЕТБ
Ю.О. Белоконь

“ 17 ” 04 2023 року

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

Маценко Олександр Вікторович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекта) Розробка заходів та засобів з охорони праці у цехах гарячої прокатки тонкого листа

керівник роботи (проекту) Манідіна Євгенія Анатоліївна к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “29” 12 2022 року № 1894-с

2. Строк подання студентом роботи (проекта) 19.05.2023

3. Вихідні дані до роботи (проекта) карта умов праці на робочому місці вальцівника

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Реферат. Вступ. Загальна частина. Технологічна частина. Розробка заходів з електробезпеки ЦПТЛ. Розробка заходів з пожежної безпеки ЦПТЛ. Висновки. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Презентаційний матеріал 11 слайдах (на 11 сторінках): титульний аркуш, план цеху гарячої прокатки тонкого листа, прокатний стан 1680, схема небезпечних зон цеху, оцінка факторів виробничого середовища та трудового процесу на робочому місці вальцівника, функціональна схема чиллера, віброізолятор, принципова схема захисного занулення, схема електричного блокування, схема пінного пожежогасіння, висновки

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
Загальна частина	Манідіна Є.А., доцент	26.03.23
Технологічна частина	Манідіна Є.А., доцент	09.04
Розробка заходів з електробезпеки ЦГПТЛ	Манідіна Є.А., доцент	16.04.23
Розробка заходів з пожежної безпеки ЦГПТЛ	Манідіна Є.А., доцент	23.04.23
Нормоконтроль	Белоконь Ю.О. завідувач кафедри	

7. Дата видачі завдання 29.12.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	15-21.03.2023	
2	Реферат	15-21.03.2023	
3	Загальна частина	20-26.03.2023	
4	Технологічна частина	27.03-09.04.2023	
4	Розробка заходів з електробезпеки ЦГПТЛ	10-16.04.2023	
5	Розробка заходів з пожежної безпеки ЦГПТЛ	17-23.04.2023	
6	Висновки	01-07.05.2023	

Студент

(підпис)

О.В. Маценко
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Є.А. Манідіна
(прізвище та ініціали)

Реферат

Кваліфікаційна робота на тему «Розробка заходів та засобів з охорони праці у цехах гарячої прокатки тонкого листа»: 88 стор., 7 табл., 10 рис., 30 джерел.

ПРОКАТКА, ОКАЛИНА, ЧІЛЛЕР, ВІБРОІЗОЛЯТОР, ЗАНУЛЕННЯ, ЗАХИСНЕ ВІДКЛЮЧЕННЯ, БЛОКУВАННЯ, ПОЖЕЖА.

Мета роботи – розробка заходів і засобів захисту від впливу шкідливих та небезпечних виробничих чинників в цеху гарячої прокатки тонкого листа.

У загальній частині описано цех гарячої прокатки тонкого листа, технологія нагріву слябів у методичних печах та технологія прокатки слябів.

У другому розділі досліджена безпека процесу прокатки та прокатного стану, розглянуті потенційні небезпечні і шкідливі чинники виробничого середовища цеху. Проведено аналіз безпеки технологічних процесів та обладнання. Рівень безпеки процесу прокатки задовільний і становить 0,935. Дана гігієнічна характеристика трудового процесу і оцінка чинників виробничого середовища робочого місця на робочому місці вальцівника. Виконані технічні рішення по виробничій санітарії, а саме виконано розрахунки аерації, чиллера, віброізоляції. Для забезпечення прийнятних метеоумов на ділянці стану 1680 необхідна аерація з кратністю повітрообміну $51,2 \text{ год}^{-1}$. Для охолодження повітря на посту керування прокатним станом пропонується використовувати чиллер (охолоджувач) фірми Daikin моделі EUW5KZW1. Для віброізоляції чиллера необхідні 4 пружинні віброізолятори діаметром 36 мм.

У третьому розділі розроблені заходи щодо електробезпеки цеху гарячої прокатки тонкого листа. Виконано розрахунки захисного занулення, пристрою захисного відключення, Розроблено електричне блокування.

В четвертому розділі розроблені протипожежні заходи і засоби гасіння пожеж. Виконано розрахунок автоматичного пінного пожежогасіння.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	9
1.1 Опис цеху гарячої прокатки тонкого листа	9
1.2 Технологія нагріву слябів у методичних печах	12
1.3 Технологія прокатки слябів	15
1.4 Стан охорони праці у ЦГПТЛ	18
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	20
2.1 Безпека технологічних процесів та обладнання	20
2.1.1 Безпека процесу прокатки	20
2.1.2 Безпека обладнання	26
2.2 Гігієна праці та виробнича санітарія	30
2.2.1 Шкідливі виробничі фактори у цеху	30
2.2.2 Захист від теплонадлишків та шкідливих речовин	33
2.2.3 Вибір пристрою для охолодження повітря	39
2.2.4 Виробниче освітлення	43
2.2.5 Захист від шуму та вібрації	44
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ ЦГПТЛ	51
3.1 Основні споживачі електроенергії у цеху	51
3.2 Характеристика виробничих приміщень згідно з ПУЕ	52
3.3 Характеристика електромережі для живлення виробничого обладнання	54
3.4 Мережі для штучного освітлення та ручного електроінструменту	55
3.5 Виконання електрообладнання та електропроводки	56
3.6 Розрахунок захисного занулення	58
3.7 Захисне відключення	62
3.8 Інженерна розробка заходів захисту від електричного струму	66
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ЦГПТЛ	72
4.1 Оцінка пожежної небезпеки технологічного процесу	72

	6
4.2 Вогнестійкість будівельних конструкцій	74
4.3 Протипожежні заходи	75
4.4 Евакуація	77
4.5 Засоби гасіння пожеж	79
ВИСНОВКИ	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.	86

ВСТУП

Умови праці надають різнобічний вплив на людину, її працездатність та продуктивність, тому їх слід враховувати на стадії розробки технічної документації, при будівництві нових та реконструкції діючих об'єктів обладнання, технології виробництва та організації праці. Робітник перебуває на підприємстві третину доби, протягом якої відчуває на собі вплив різних виробничих чинників: технологічного процесу, устаткування, виробничого середовища та процесу праці з його фізичним та нервовим навантаженням.

У широкому значенні умови праці включають: санітарно-гігієнічну обстановку на виробництві, рівень технічного оснащення виробництва, характер технологічних процесів, прийоми та методи праці, організацію виробничого та трудового процесу, організацію безпосередньо робочого місця, режими праці та відпочинку, естетику виробництва, взаємини людей у виробничому процесі [1].

Умови праці, незадовільні за одним або декількома параметрами, призводять до зайвих фізичних зусиль та нервових напруг, які пов'язані з подоланням впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що негативно впливають на продуктивність та якість праці, нормальне функціонування організму працівника.

Цех гарячої прокатки тонкого листа (ЦГПТЛ) є складним виробничим комплексом, оснащеним різноманітним механічним, електричним та підйомно-транспортним обладнанням, обслуговування якого потребує чіткого дотримання правил безпеки та норм виробничої санітарії. Прокатне виробництво відрізняється від інших металургійних виробництв високою швидкістю технологічних операцій, інтенсивністю вантажопотоків та різноманітністю метеорологічних умов на різних ділянках.

Безперервність технологічного процесу вимагає одночасного виконання таких різних за характером операцій, як нагрівання, прокатка, транспортування та складування металу. Виконання цих операцій суворо

регламентовано у часі як графіком виконання виробничого плану, так і умовами безпеки. Так, недостатнє нагрівання заготовки перед прокаткою може призвести до поломки валків та аварії на стані [2].

До аналогічних наслідків може призвести і передчасна подача заготівлі до стану, її охолодження на приймальному рольгангу. До травмування обслуговуючого персоналу може призвести збільшення швидкості прокатки навіть на одній кліті, оскільки це призведе до обриву гуркоту або утворення петлі.

Висока інтенсивність виробництва зумовлює також високу інтенсивність праці персоналу ЦГПТЛ. Протягом робочого дня оператори стану, подаючих та відводячих рольгангів, ріжучих пристроїв, а також машиністи кранів виробляють по кілька тисяч одноманітних рухів, отримуючи при цьому інформацію про роботу кількох виробничих операцій. Це призводить до великої розумової втоми, що пов'язано з помилками в управлінні механізмами та виникнення небезпечних ситуацій [2].

Більшість обладнання цеху має автоматичні та напівавтоматичні системи управління і продовжує працювати незалежно від виробничої ситуації, що склалася. Це також вимагає швидкого та правильного втручання обслуговуючого персоналу. Чіткі знання та дотримання правил безпеки необхідні обслуговуючого персоналу для оперативного проведення ремонту (в умовах безперервного виробництва) устаткування, що вийшло з ладу [3].

Окремі ділянки прокатного цеху різко відрізняються одна від одної за метеорологічними умовами. На ділянках нагріву, прокатки та транспортування гарячого металу теплові випромінювання набагато перевищують санітарні норми, має місце знижена вологість повітря, тоді як на інших ділянках температурні умови відповідають зовнішнім. Велике значення у роботі із забезпечення безпечних умов праці має організація та дотримання вантажопотоків.

Для ЦГПТЛ характерна також велика протяжність і розкиданість механізмів, що обслуговуються, що мають дистанційне керування і

розташовані на висоті і в підвальних приміщеннях, що знижує видимість і чутність світлової і звукової сигналізації, ускладнює прийом попереджувальних сигналів.

У прокатному виробництві в повітряний простір цеху викидаються аерозолі кислоти від травильних ванн, оксиди вуглецю та азоту від нагрівальних колодязів, методичних, гартувальних, ковпакових та інших печей, металевий пил від верстатів обробки злитків та слябів. Рідкі відходи прокатного виробництва – відпрацьовані травильні розчини, відпрацьовані емульсії, що застосовуються під час прокатування. Тверді відходи – окалина прокатних станів, обріз та брак прокату.

Шкідливі фактори прокатного виробництва: підвищена температура повітря у нагрівальних колодязів, методичних, ковпакових печей; підвищена концентрація пилу, аерозолів кислот (у травильному відділенні), оксиду вуглецю (біля печей); шум; вібрація.

Небезпечні фактори: наявність розпечених матеріалів; рухомі механізми та частини машин; електричний струм.

У зв'язку з цим, розробка даного кваліфікаційного проекту в масштабах цеху гарячої прокатки тонкого листа ґрунтується на: аналізі технології виробництва, небезпечних та шкідливих виробничих факторів, зон їх впливу, рівня безпеки обладнання, технологічних та трудових процесів, на оснащеності технічними засобами охорони праці, а також на визначенні методів та способів щодо їх зменшення або повного виключення.

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Опис цеху гарячої прокатки тонкого листа (ЦГПТЛ)

У цеху гарячої прокатки тонкого листа здійснюється виробництво високоякісного гарячекатаного листового прокату з вуглецевих, низьколегованих, легованих та нержавіючих сталей.

Сляби, призначені для прокатки, нагріваються у методичних печах, після чого подаються на Стан «1680». Готовий прокат змотується в рулони та розрізається на мірні листи. При цьому потрібно забезпечити: необхідну якість нагріву слябів; найменшу втрату металу на вигар; максимальну продуктивність печей та стану; підготовку стану до прокатування та прокатування слябів у заданих режимах температур та обтискань; якісну смотку смуг у рулони з дотриманням необхідної температури змотування; якісне різання смуг у лінії стану.

Як вихідні заготовки використовуються катані або литі сляби вуглецевих і низьколегованих марок сталей, виплавлених у мартенівських печах, двованному сталеплавильному агрегаті або електропечах.

Подача слябів у нагрівальні печі тонколистового стану відбувається безпосередньо після прокатки на обтискному стані похилому транспортеру або через складальні та приймальні столи пічного рольгангу, або зі складу електромостовим краном через приймальні столи пічного рольгангу.

Посадка слябів у печі проводиться строго відповідно до плавок, з відділенням слябів різних плавок і розмірів спеціальними прокладками. На кожну посажену плавку вивішується ярлик (паспорт), в якому вказується номер плавки, марка сталі, вміст вуглецю, марганцю, кремнію, розміри та кількість слябів, призначення плавки та час посадки.

План ЦГПТЛ представлено на рис. 1.1. Прокатний стан 1680 представлено на рисунку 1.2.

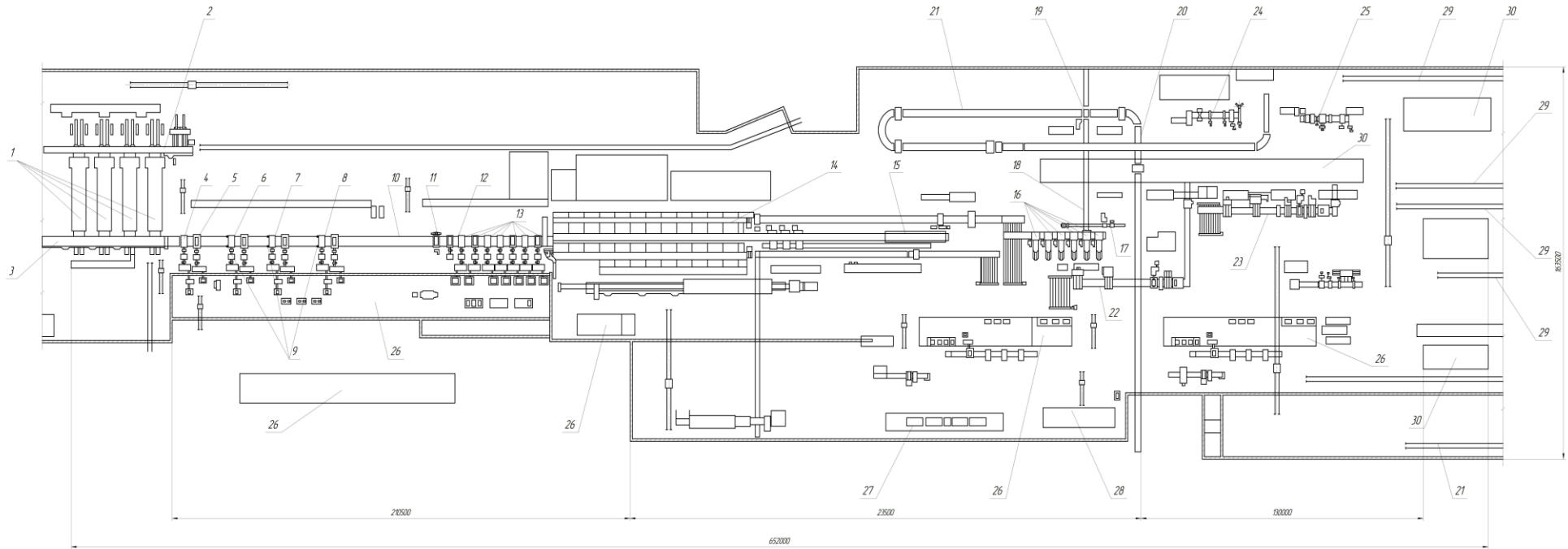


Рисунок 1.1 – План ЦГПТЛ: 1 – методична піч, 2 – верхній пічний рольганг, 3 – нижній пічний рольганг, 4 – двовалкова кліть, 5 – перша кліть, 6 – друга кліть, 7 – третя кліть, 8 – четверта кліть, 9 – вертикальна кліть, 10 – проміжний рольганг, 11 – летючі ножиці, 12 – окалиновідламувач, 13 – кліть чистової групи, 14 – холодильний рольганг, 15 – душуюча установка, 16 – моталка, 17 – кантувач, 18 – конвеєр відведення рулонів, 19 – поворотний стіл, 20 – міжцеховий конвеєр, 21 – конвеєр ведучий на обробку, 22 – АПР-1, 23 – АПР-2, 24 – АПР-3, 25 – АПР-4, 26 – електростанція, 27 – травильне відділення, 28 – ділянка підготовки виробництва, 29 – залізничний глухий кут, 30 – склад рулонів.

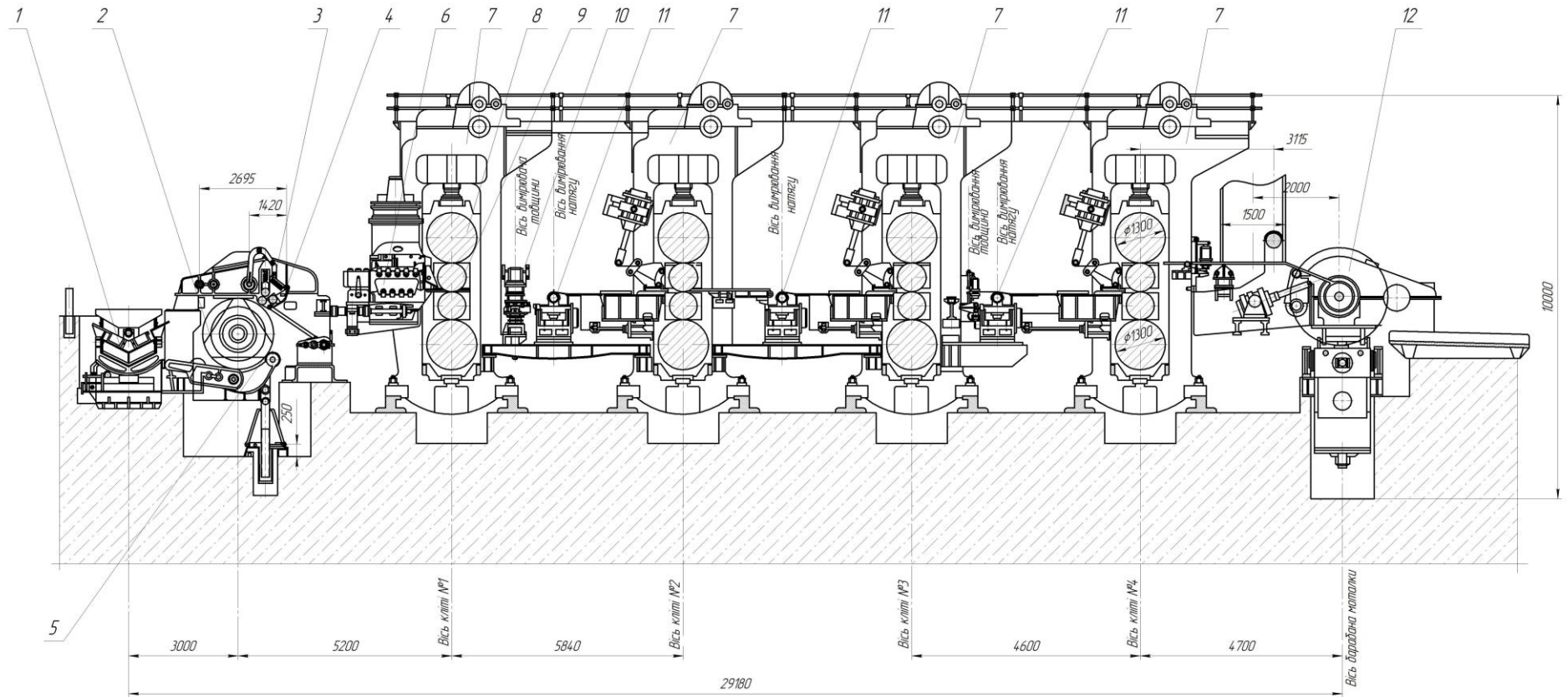


Рисунок 1.2 – Прокатний стан 1680: 1 – приймальний транспортер, 2 – розмотувач рулонів, 3 – магнітний відгинач переднього кінця, 4 – правильно-тяглові ролики, 5 – обвідний ролик, 6 – провідниковий роликівий пристрій, 7 – чотиривалкова кліть, 8 – опорний валок, 9 – робочий валок, 10 – товщиномір, 11 – ролик тензOMETричне пристосування, 12 – моталка.

1.2 Технологія нагріву слябів у методичних печах

Методичні нагрівальні печі широко застосовують у прокатних та ковальських цехах для нагріву квадратних, прямокутних, а іноді й круглих заготовок. Широке застосування методичних печей обумовлено тим, що ці печі забезпечують досить високу продуктивність при невисокій витраті палива. За методом транспортування металу методичні печі належать до прохідних печей. Ряд заготовок, що стикаються один з одним, заповнює весь під печі і просувається через піч за допомогою штовхача. При завантаженні в піч нової заготовки одна нагріта заготовка видається з печі [3, 4].

Тепловий та температурний режими методичних печей незмінні у часі. Водночас температура у методичних печах значно змінюється за довжиною печі.

Метал надходить у зону найнижчих температур і, просуваючись назустріч димовим газам, температура яких постійно підвищується, поступово (методично) нагрівається.

Перша по ходу металу зона з температурою, що змінюється по довжині, називається методичною зоною. У ній метал поступово підігрівается до надходження до зони високих температур. Поступове нагрівання металу в методичній зоні дозволяє уникнути виникнення надмірної термічної напруги. Водночас методична зона є протиточним теплообмінником – димові гази та метал рухаються назустріч один одному. Метал нагрівається димовими газами, інакше кажучи, метал утилізує тепло димових газів, що відходять із зони високих температур. Наприкінці методичної зони температура знаходиться в межах 750...1000°C [3, 4].

Друга зона печі називається зварювальною. Це зона високих температур – 1300...1400°C. Призначення цієї зони – швидке нагрівання поверхні заготовки до кінцевої температури. Для інтенсивного нагрівання поверхні металу у зварювальній зоні необхідно забезпечити температуру робочого простору на 150...250°C вище заданої температури металу.

Третя по ходу металу зона, томильна (зона витримки), служить для вирівнювання температури перерізу металу. У зварювальній зоні до високих температур нагрівається лише поверхня металу. Температура середини заготівлі значно відстає поверхневої температури. Створюється великий перепад температур перерізу, який вирівнюється в томильній зоні. Температуру в томильній зоні підтримують лише на 50...70°C вище від необхідної температури металу (1200...1320°C). Тому температура поверхні металу в цій зоні не змінюється і підтримується на досягнутому у зварювальній зоні рівні. Температура нагрівання металу у методичних печах зазвичай складає 1150...1250°C. При нагріванні тонких заготовок немає необхідності витримувати вирівнювання температур. Томильну зону при цьому не передбачають та застосовують двозонні печі. В інших випадках при нагріванні металу перед прокаткою на листових та сортових станах виконують чотири- та п'ятизонні методичні печі для підвищення загального температурного рівня печі та отримання більшої продуктивності. У цьому випадку виконують дві або три зварювальні зони, у кожній з яких встановлюють пальники. Це дозволяє підвищувати температуру в кінці (по ходу газів) методичної зони, зменшити її довжину та збільшити загальну довжину зони високих температур, внаслідок чого досягається форсований нагрів металу [3, 4].

Для нагрівання слябів у ЦГПТЛ використовуються методичні рекуперативні печі, чотиризонні, з двостороннім нагріванням, дворядні з торцевою посадкою та видачею. Основні розміри робочого простору нагрівальних печей представлені в таблиці 1.1.

Повітря, необхідне для горіння, підігрівається в блочному керамічному рекуператорі об'ємом 330 м³ до температури від 500 до 600°C. Продукти горіння від усіх печей відводяться по боровах у дві димові труби заввишки 85 м. Величина тяги, а, отже, і тиск у робочому просторі, регулюється димовим шибером поворотного типу, встановленим у боровах за кожною піччю.

Таблиця 1.1 – Основні параметри методичних нагрівальних печей цеху гарячої прокатки тонкого листа

Найменування	Одиниця виміру	Номери печей	
		1, 2, 3, 4	5
Корисна довжина	мм	31540	31540
Ширина	мм	5220	5684
Довжина методичної зони	мм	5520	6900
Довжина другої зварювальної зони	мм	7810	8850
Довжина першої зварювальної зони	мм	9280	9280
Довжина томильної зони	мм	8930	6510

Печі опалюються сумішшю доменного, коксового та природного газів. Нижча робоча теплота згоряння газової суміші повинна становити 4,5...5,6 МДж/нм³. Як паливоспалювальні пристрої застосовуються інжекційні пальники. Нагрів слябів у методичних печах проводиться за режимами, наведеними в технологічній карті.

Якість нагріву слябів контролюється за температурою розкочування за четвертою кліттю стану за показанням потенціометра КСП-4. При цьому температура гуркотів повинна становити від 1040 до 1120 °С для смуг шириною від 1000 до 1150 мм і від 1060 до 1120 °С для смуг шириною від 1160 до 1520 мм [3, 4].

Нагрівання металу здійснюється таким чином, щоб забезпечити повне згоряння газу та виключити оплавлення та перепал металу.

При завантаженні в печі слябів гарячого та холодного посаду під перевалку та в період перевалки робочих валків нагрівання їх ведеться згідно з технологічною картою.

При зупинках стану тривалістю від 1 до 3-х годин у всіх зонах знижується температура нагріву на 30-50°C нижче нижніх значень температур, передбачених режимами нагріву. За 30-50 хв до відновлення роботи стану температура по зонах печей підвищується до потрібних значень. При зупинці стану тривалістю від 3 до 8 годин печі переводяться на черговий газ; температура по зонах підтримується в таких межах: томильна зона – 900-1000°C; 1 і 2 зварювальні зони 1100-1150°C; нижня зона не нижче 950°C [3, 4].

Розігрівання печей до робочих температур починається за 2 години до відновлення роботи стану. Регулювання температури по зонах печі здійснюється за допомогою контрольно-виміральної та регулюючої апаратури. У кожній зоні нагріву печі встановлюються термопари.

Завантаження та переміщення слябів через печі здійснюється двома штовхачами рейкового типу. Нагріті сляби виштовхуються з печі штовхачем, який, переміщуючи садок на ширину одного сляба, стикає передній сляб на роликівий конвеєр, що подає. Цей конвеєр складається з 94 кованих валків діаметром 400 мм та довжиною бочки 1700 мм. Загальна довжина конвеєра (рольгангу) становить 70 м.

1.3 Технологія прокатки слябів

Налаштування стану на прокатку здійснюється вальцівниками та операторами стану на підставі даних відеотерміналу по кожному розміру плавки, що прокочується. Після налаштування стану оператор чорнової групи клітей дає сигнал видачі слябів у прокатку. Видача нагрітих слябів у прокатку проводиться відповідно до номерів плавок та посадки. Безперервний тонколистаний стан складається з двох груп – чорнової та чистової. До складу чорнової групи входять: одна 2-х валкова кліть (чорновий окалиноламач), чотири чотиривалкові (№ 1, 2, 3, 4) і три вертикальні (№ 1, 2, 3) кліті.

До складу чистової групи входять: одна двовалкова кліть (чистовий окалиноломач) і шість чотиривалкових клітей (№ 5, 6, 7, 8, 9, 10).

Сляб, нагрітий до необхідної температури, видається з печі і транспортується рольгангом до кліті ДУО і далі до робочих клітей № 1, 2, 3, 4, де обжимається. При перегріві двигунів, крім подачі звукового сигналу, автоматично відключається секція рольгангу перед кліттю ДУО на час, необхідний для остигання двигунів (5 хв).

Обтискання кромки гуркоту проводиться у вертикальних валках, встановлених перед клітями № 2, 3 і 4 на величину від 4 до 23 мм.

Температура розкочування за четвертою кліттю повинна бути в межах, необхідних для забезпечення температури кінця прокатки смуг у заданих межах.

У процесі нагрівання в методичних печах і при транспортуванні рольгангу метал піддається частковому окисленню. На поверхні слябу утворюється окалина, що складається з оксидів заліза (90% FeO, 9% Fe₃O₄, 1% Fe₂O₃).

При виході слябу з печі та його руху конвеєром температура поверхні металу знижується. Внаслідок відмінностей у коефіцієнтах лінійного розширення окалини та сталі відбувається утворення тріщин у шарі окалини. Збільшення пористості окалини сприяє кращому механічному зламуванню її на чорновому окалиноломачу, де відбувається її первинне видалення.

Остаточне зняття окалини з поверхні металу здійснюється гідрозбивом за допомогою води високого тиску (до 12 МПа). Для збиття окалини з верхньої та нижньої поверхонь слябів та гуркотів встановлено по одному колектору з кожного боку. Усі колектори встановлюються в горизонтальній площині паралельно роликам рольгангу. Всі сопла встановлюються на колекторах під кутом нахилу 15° проти ходу смуги, що прокочується. Колектори із встановленими на них соплами повинні забезпечувати повне збиття окалини водою високого тиску на смугах шириною від 850 до 1530 мм.

Витрата води, що подається для охолодження робочих валків клітей чистової групи, може бути не менше 3700-3800 м³/год.

Перевірка наявності окалини на поверхні гарячекатаних смуг проводиться шляхом вирізки на всю ширину смуги карток (проб), завдовжки від 300 до 350 мм. При виявленні вкатої окалини прокатка припиняється і стан зупиняється.

Розкочування з чорнової групи надходить до летючих ножиць для обрізки переднього і заднього кінця. Обов'язковому обрізанню переднього кінця гуркоту піддаються гуркоти, що прокочуються в чистовій групі на смуги товщиною від 2 до 3 мм. Обов'язкове обрізанню заднього кінця проводиться на всіх гуркотах. Застосовуються: летючі ножиці (важільні) 25×1700 мм для обрізанню переднього кінця смуги (розкочування) перед чистовою групою; летючі ножиці (барабанні) 28×1550 мм для обрізанню переднього та заднього кінців смуги (гуркоту) перед чистовою групою.

Контроль товщини і ширини смуг, що прокочуються, здійснюється стаціонарним товщиноміром і шириноміром.

При підвищеній хвилястості по обох кромках смуг збільшується тиск масла в системі протизгинання робочих валків кліті № 10. При коробоватості смуг проводиться зниження тиску масла в системі протизгинання робочих валків тільки кліті № 10, додатково проводиться збільшення тиску масла в системі протизгинання кліті № 9 або кліті № 8 або одночасно клітей № 8 і 9.

У всіх випадках застосування систем протизгинання робочих валків слід враховувати, що зі збільшенням тиску масла товщина смуги, що прокочується, збільшується, а зі зменшенням – знижується.

Прокатані смуги, призначені для подальшого переділу, транспортуються центральним рольгангом до моталків № 1-6.

Швидкість обертання роликів рольгангу не повинна перевищувати швидкість прокатки більш ніж на 50 м/хв. Перед змотуванням у рулони смуги охолоджуються до певної температури залежно від призначення. Охолодження смуг проводиться в душуючій установці.

Змотування смуг у рулони повинно забезпечувати щільне прилягання витків рулону один до одного з телескопічності в межах стандартів, технічних умов та стандартів підприємств. Після змотування смуги рулон виштовхується зіштовхувачем на риг кантувача і далі кантується на візок моталок 1-3. Рулон на приймальні візок транспортується до конвеєра № 2, де за допомогою приймача рулону встановлюється на ланцюгу конвеєра. По конвеєру № 2 рулон переміщається у кроковому режимі до крокуючої балки. При досягненні рулоном на конвеєрі № 2 крайнього положення під рулон заходить крокуюча балка, піднімає його і, продовжуючи зворотно-поступальний рух, опускає рулон на нерухомі балки, транспортуючи його таким чином до конвеєра № 1. При досягненні крайнього положення на крокувальній балці рулон за допомогою приймача рулонів, опускається на ланцюги конвеєра № 1.

Рулон по транспортуючому конвеєру рухається до підйомно-поворотного столу № 1, де піднімається на висоту 550 мм, і в залежності від призначення надходить на конвеєр, що транспортує, в проліт складу рулонів.

1.4 Стан охорони праці у ЦГПТЛ

ЦГПТЛ характеризується різноманітністю небезпечних та шкідливих виробничих факторів, залежно від ділянки. На ділянці методичних печей можливі опіки внаслідок контакту з гарячими поверхнями, розжареним металом від інфрачервоного випромінювання. Методичні печі, що застосовуються для нагрівання слябів, мають спрямований потік полум'я і продуктів згоряння, протилежний напрямку руху металу. При нестачі повітря для горіння палива це компенсується підсмоктуванням повітря через вікна та завантажувальний отвір, а у разі надмірного тиску в печі відбувається догоряння газу у вигляді вибивання полум'я з-під кришок вікон. Конструктивні особливості методичних печей з достатньою мірою надійності виключають ймовірність вибуху газу в їхньому робочому просторі.

Загалом для методичних печей небезпечним фактором слід вважати значне вибивання полум'я з вікон та завантажувального отвору.

Шкідливими факторами на ділянці методичних печей є висока температура повітря, підвищена концентрація оксиду вуглецю та оксидів азоту у повітрі робочої зони. Посилює вплив несприятливих метеоумов нерівномірність температурного поля біля печей, наявність потоків холодного повітря взимку (протяги).

Подача металу від печей до прокатного стану є переважно безпечною операцією. Чинником безпеки на цій ділянці можуть бути механічні несправності обладнання.

Основними небезпечними факторами процесу прокатки є порушення технологічного режиму, що спричиняються поломками або несправністю валків. При гарячій прокатці додатковими факторами є також температура нагрівання металу, швидкість його охолодження при зміні геометричних розмірів під час прокатки. Можливий відрив шматочків окалини та їх розліт на досить велику відстань.

Шкідливими факторами є підвищені рівні шуму та вібрації, а також теплове випромінювання металу, що прокочується.

При різанні металу на ножицях небезпечними є локальні зони рухомих і обертових частин механізму.

На всіх технологічних операціях великий вплив на рівень безпеки має людський фактор: дотримання правил техніки безпеки, технологічних інструкцій, адекватна поведінка.

РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Безпека технологічних процесів та обладнання

2.1.1 Безпека процесу прокатки

Цех гарячої прокатки тонкого листа є зоною підвищеної небезпеки. До небезпечних факторів прокатного виробництва відносяться: наявність розжарених матеріалів, вогнетривких агрегатів, рухомих машин і механізмів, деталей обладнання, що рухаються, і т.д. Тут виконуються такі роботи, включені до списку робіт з підвищеною небезпекою [5]: обслуговування методичних печей, що працюють на газоподібному паливі, прокатних станів, ножиць, моталок та інші.

У ЦГПТЛ для нагрівання слябів перед прокаткою застосовують методичні печі, опалювані сумішшю природного, коксового та доменного газів. Конструктивні особливості методичних печей з достатньою мірою надійності виключають ймовірність вибуху газу в їхньому робочому просторі. Тим не менш, передбачається автоматичне відключення подачі палива при згасанні смолоскипа або падінні тиску повітря нижче за певну межу.

Однак, не можна виключити попадання оксиду вуглецю в повітря робочої зони при неповному згорянні палива та надмірному тиску печі. Це загрожує гострим отруєнням персоналу. Для запобігання цьому передбачається автоматична система регулювання співвідношення газ-повітря та підтримки розрідження у робочому просторі печі.

Небезпечним фактором для методичних печей слід вважати вибивання полум'я з вікон, що створює загрозу опіків для працівників та надходження оксиду вуглецю до робочої зони. Для запобігання цьому явищу необхідно забезпечити встановлений режим згорання палива. При сильному вибиванні полум'я та газів дуття тягу регулюють так, щоб тиск у робочому просторі на

рівні пода при максимальній продуктивності не перевищував 2,5 Па.

Подача металу від печей до прокатних станів є безпечною операцією. Чинником небезпеки на цій ділянці можуть бути лише механічні несправності обладнання.

Основними факторами небезпеки безпосередньо при прокатці є порушення режиму прокатки, викликані поломками або несправністю валків, натискних пристроїв, направляючих провідок та ін. Додатковими факторами є температура нагрівання металу, швидкість охолодження при зміні геометричних розмірів під час прокатки тощо.

При різанні металу на ножицях небезпечними є локальні зони рухомих і обертових частин механізму. Площа небезпечної зони різко збільшується при різанні металу дисковими пилками.

Зростає фактор небезпеки, якщо в потоці прокатного виробництва використовуються установки вогневої зачистки металу, у зв'язку з можливістю вибуху газів, що застосовуються при цьому, хоча умови праці при цьому значно покращуються.

Екстремальні відхилення виробничого процесу, тобто такі, що викликають травми, гострі отруєння або призводять до зупинки процесу, у прокатному виробництві пов'язані в основному з використанням горючих газів у печах, установках зачистки металу.

Використання суміші природного, коксового та доменного газу в методичних печах пов'язане з небезпекою утворення вибухонебезпечних сумішей та їх запалення за певних обставин. Джерелами займання може бути відкрите полум'я, електрична іскра, нагрітий метал тощо. У печах горючий газ стикається з гарячим повітрям у пальному пристрої, що унеможливорює утворення вибухонебезпечної суміші. Вибухова суміш може утворитися при порівняно низьких температурах. Це можливо при закінченні газу з трубопроводу при пошкодженні останнього або через нещільність арматури.

Повітря для горіння палива подається в печі дуттьовими вентиляторами. Щоб уникнути вибухів газу в повітропроводах і

вентиляторах при раптовій зупинці останніх вживають таких заходів. У разі необхідності відключення повітря на підводах дуття до кожного пальника встановлюють засувки, а на колекторі, що розводить, – загальну швидкодіючу засувку. На повітропроводах перед кожною піччю передбачені автоматично діючі зворотні клапани або інші пристрої для автоматичного відсікання повітря. На кінцях повітроводів кожної печі встановлені свічки, виведені назовні будівлі, через які продувають повітропровід після зупинки вентилятора.

Подавати газ і дуття у пальники можна тільки після того, як вентилятор почне працювати з повним числом обертів. У разі застосування пальників з попереднім змішуванням газоповітряної суміші в пропорціях, що викликають небезпеку вибухів, суміш повинна виходити з надлишком газу, а повітря, що бракує для горіння, додається безпосередньо в пальники печі. При цьому має бути забезпечена безперервність дії змішувачів.

Підведення газоповітряної суміші обладнають автоматично діючими зворотними клапанами безпосередньо біля пальників. Попередження зворотного удару полум'я в пальниках з попереднім змішуванням газу та повітря, а також в інжекційних пальниках забезпечується перевищенням швидкості виходу паливної суміші над швидкістю розповсюдження полум'я.

При обслуговуванні прокатних станів найчастіше трапляються механічні травми. Щоб уникнути травмування робочих механізмами, що обертаються, всі сполучні шпинделі, муфти і корінні вали прокатних станів огороджують з боків щитами або кожухами. Так як може виникнути небезпека розриву сполучних муфт, запобіжні кожухи повинні бути дуже міцними. Шпинделі станів огороджують міцним бар'єром та влаштовують майданчики з поручнями для обслуговування.

При зміні параметрів прокатки або нерівномірному нагріванні заготовок можливі викривлення гуркоти. Такі ж явища можуть мати місце і при неправильному калібруванні або розточуванні валків, різної швидкості їхнього обертання. Викривлення кінців гуркоти може призвести до ударів та

псування обладнання, а також травмування персоналу. Для запобігання неправильному виходу гуркоту слід контролювати нагрівання заготовок. Подавати на прокатку нерівномірно нагріті заготовки неприпустимо. Слід також ретельно налаштовувати валки, проводки та лінійки. Застосовувати вивідні проводки без бічних лінійок забороняється.

На останніх клітях велику небезпеку становить гуркіт, що вийшов з великою швидкістю у бік від кліті. Тому на відводять рольгангах встановлюють борти належної висоти. Над рольгангами встановлюють перехідні містки.

Для дотримання параметрів безпеки велике значення при прокатці має валкова арматура, яка забезпечує правильне положення гуркоту при подачі та виході його з валків. Валкова арматура попереджає такі небезпечні технологічні відступи при прокатці, як попадання розкочування на пагорби валків, згортання, викривлення та неправильний рух розкочування при виході з кліті, які створюють небезпеку для працівників.

Процес прокатки супроводжується викидами з великою швидкістю частинок окалини, уламків металу та бризок шлаку. Окалина лежить на поверхні нагрітих заготовок, утворюється внаслідок окислення металу киснем повітря і складається переважно з оксидів заліза.

На сучасних прокатних станах для видалення окалини на рольгангу, що підводить, встановлюють окалиноломачі гідравлічної або механічної дії. У ЦГПТЛ застосовується чорновий механічний окалиноломач і подальший гідрозбив окалини.

При виході заготовки з печі та русі по роликовому конвеєру температура її поверхні знижується. Внаслідок відмінностей у коефіцієнтах лінійного розширення окалини та металу відбувається утворення тріщин у шарі окалини. Збільшення пористості окалини сприяє кращому механічному зламуванню її на чорновому окалиноломачі і гідрозбиву за допомогою води високого тиску (до 12 МПа).

Частота викидів окалини при прокатці залежить від її товщини і може бути визначена приблизно за формулою [6]:

$$q = 0,0058 \cdot 2,37^\delta, \quad (2.1)$$

де q – частота викидів, %;

δ – товщина шару окалини, мм.

При прокатці метал відчуває складний напружений стан, причому в поверхневих шарах воно поширюється на окалину. В результаті спостерігається відшарування окалини від металу і попадання води в зазор, що утворився. Вода практично миттєво перетворюється на перегріту пару з різким збільшенням об'єму. Відбуваються локальні вибухи, що призводять до відриву окалини та розльоту з великою швидкістю.

Швидкість розльоту частинок окалини залежать від їхньої маси і знаходяться в межах: для часток масою 1 г – 17...41 м/с, для часток масою 50 г – 2,3...5,7 м/с [5].

Для захисту від окалини, що відлітає, на стані перед валками навішують міцні сітчасті щити або густі ланцюгові завіси. Збоку стану проти прорізу в стані та збоку робочих рольгангів встановлюють знімні щити із густої міцної сітки. Крім того, проміжок між валками з боку, протилежного сполучним шпинделям, закривають запобіжним щитом.

Поломка валків, натискних пристроїв та запобіжних склянок прокатного стану пов'язана із застосуванням великих обтискань. Для їх попередження необхідні хороша освітленість покажчика та його регулювання відповідно до розчину валків.

Для прокатного виробництва безпека виробничого процесу визначається заданими фізико-хімічними параметрами технології. Тому безпека виробничого процесу можна розглядати як безпеку технологічного процесу.

У свою чергу, безпека технологічного процесу прокатки залежить від маси металу, що переробляється, швидкості його руху, зусилля на валках, температури металу, рівномірності його нагрівання, обсягу технологічної зони і багатьох інших факторів.

Під рівнем безпеки технологічного процесу слід розуміти частку часу, коли процес протікає у межах безпечних параметрів. Ця величина визначається за формулою:

$$U_{\Pi} = 1 - (\Sigma t' + \Sigma \tau' + \Sigma \varphi') / T', \quad (2.2)$$

де $\Sigma t'$ - загальна тривалість часу, коли процес протікає з порушеннями параметрів безпеки, год;

$\Sigma \tau'$ - загальна тривалість часу екстремальних відхилень процесу, год;

$\Sigma \varphi'$ - загальна тривалість часу, коли процес протікав з порушеннями параметрів безпеки під впливом зовнішніх факторів чи поломки агрегату або його окремих елементів, год;

T' - час роботи агрегату, год.

Визначимо рівень безпеки процесу за календарний місяць (720 год). Враховуючи, що за цей час проводились планові ремонти загальною тривалістю 60 год, час роботи становитиме:

$$T' = 720 - 60 = 660 \text{ год.}$$

Загальні порушення та екстремальні відхилення параметрів безпеки процесу прокатки та їх тривалість у годинах:

1. Порушення параметрів t' :

- нерівномірне нагрівання заготовок - 20

- зниження тиску води на гідрозбивні окалини - 8

Всього $\Sigma t' = 28$

2. Екстремальні відхилення параметрів τ' :

- рух розкату з великою швидкістю убік від кліті з виходом за межі бортів	- 2
- пробою захисного загородження шматком металу, що відлетів	- 2
Всього	$\Sigma\tau' = 4$

3. Порушення параметрів під впливом зовнішніх факторів або внаслідок поломки агрегату, його частин φ' :

- поломка шпинделя прокатного стану	- 5
- поломка летючих ножиць	- 6
Всього	$\Sigma\varphi' = 11$

$$U_{\Pi} = 1 - (28 + 4 + 11)/660 = 0,935.$$

Розрахунок показує, що рівень безпеки процесу прокатки задовільний. Для його підвищення рекомендується ретельно контролювати рівномірність нагріву заготовок, вчасно та з належною якістю проводити профілактичні огляди та ремонти прокатного обладнання.

2.1.2 Безпека обладнання

Безпека виробничого обладнання – властивість цього обладнання зберігати відповідність вимогам безпеки праці під час виконання заданих функцій в умовах, встановлених нормативно-технічною документацією.

У ЦГПТЛ встановлено різне основне та допоміжне обладнання, частини, що рухаються, і вузли якого становлять певну небезпеку, оскільки непередбачений контакт з ними може викликати травми. Це прокатні валки, ролики, що тягнуть, подають і направляючі ролики, зубчасті та ланцюгові передачі, ножиці та пили, рольганги, транспортери та конвеєри. Частини та вузли прокатних машин (валки, маховики, сполучні шпинделі, зубчасті

колеса, барабани летючих ножиць, різні муфти, втулки, кулачки, ексцентрики) здійснюють обертальні рухи. Інші частини та вузли (важелі, елементи транспортерів, штовхачів маніпуляторів та кантувачів) виконують зворотно-поступальний рух. Небезпека впливу визначається насамперед конструктивними проблемами. Так, небезпека зростає, якщо частини обладнання, що обертаються, містять виступаючі кріпильні деталі (болти, шпильки, гвинти, гайки), а на їх поверхні є сліди нерівномірного зносу або дефекти (тріщини, задирки).

При обертанні назустріч один одному прокатних та інших валків виникають умови для захоплення кінцівок людини, її одягу. Заготівлі, що рухаються, та готовий продукт створюють можливість травмування персоналу під час непередбаченого контакту їх з людиною. Небезпека зростає через високу температуру металу.

Для забезпечення безпеки експлуатації машин та механізмів прокатного цеху необхідно застосовувати різні системи захисту. Це досягається, перш за все, механізацією та автоматизацією виробничих процесів, дистанційним управлінням механізмами та спостереженням за їх роботою, автоматизацією вимірювання параметрів обробки металу.

Небезпечні фактори основного виробничого обладнання у прокатному цеху та заходи захисту представлені в табл. 2.1.

Важливим питанням є оцінка небезпеки виробничого обладнання. Під цим терміном розуміють збіг обставин, у яких створюються небезпечні ситуації, що зумовлюють травмування чи інше різке миттєве погіршення здоров'я (наприклад, гостре отруєння). Ці небезпечні ситуації пов'язані з відхиленнями параметрів функціонування системи за умовами безпеки.

Одним із найбільш загальних показників, що характеризують небезпеку обладнання, є рівень небезпеки виробничого обладнання, який може бути розрахований для окремого агрегату, групи агрегатів для всього обладнання цеху.

Таблиця 2.1 – Потенційно небезпечні виробничі фактори обладнання цеху гарячої прокатки тонкого листа

Устаткування	Небезпечні фактори	Можливі впливи	Заходи захисту
Методична піч	Висока температура повітря	Тепловий удар	Вентиляція, теплоізоляція
	Загазованість	Гостре отруєння	Дотримання режиму спалювання палива
	Механізми завантаження, рухомі сляби	Механічні травми	Автоматизація, огорожі
	Механізми видачі	Те ж саме	Те ж саме
	Нагріті сляби у зоні видачі	Опiк, механічні травми	Те ж саме, вентиляція
Роганг, що подає	Рухомі ролики	Механічні травми	Огородження
Прокатний стан	Валки, що обертаються	Хутро. травми	Огородження
	Заготівлі, що рухаються	Опiк, механіч. травми	Огородження, бортики
	Висока температура повітря, інфрачервоне випромінювання	Тепловий удар	Теплоізоляція кабіни оператора, місцева вентиляція або кондиціонування
	Електричний струм	Електричний удар, місцеві електротравми	Електроізоляція, занулення, захисне відключення
	Частини, що відлітають, окалини, металу	Механічні травми, опiк	Щити, сітки
Відводить рольганг і душуючий пристрій	Рухомі ролики, прокат	Механічні травми	Огородження
	Гаряча вода	Опiк	Огородження
Летючі ножиці	Частини, що рухаються	Механічні травми	Автоматизація,
	Іскри, що відлітають, частинки металу	Механічні травми, опiк	Огорожі
Моталка	Частини, що обертаються	Механічні травми	Механізація, огорожі
Мостовий кран	Переміщувані маси металу	Механічні травми	Дотримання правил стропування та транспортування вантажів краном

Рівень безпеки технологічного обладнання розраховується за формулою:

$$U_o = 1 - (\Sigma t'' + \Sigma \tau'')/T'', \quad (2.3)$$

де $\Sigma t''$ - загальна тривалість роботи обладнання з порушеннями, пов'язаними з дією небезпечних та шкідливих факторів, год;

$\Sigma \tau''$ - загальна тривалість роботи обладнання в умовах аварійних ситуацій за наявності небезпечних та шкідливих факторів, год;

T'' - загальний час роботи обладнання протягом якого розглядаються порушення та екстремальні відхилення параметрів, год.

Розрахуємо рівень безпеки прокатного стану. Загальний час роботи обладнання з порушеннями та екстремальними відхиленнями параметрів у годиннах.

1. Порушення параметрів t'' :

- неправильне встановлення розчину валків	- 3
- поломка шпинделя прокатного стану	- 5
Всього	$\Sigma t'' = 8$

2. Екстремальні відхилення параметрів τ'' :

- рух розкату з великою швидкістю у бік від кліті з виходом за межі бортів через нерівномірне нагрівання заготовок	- 2
- пробою захисного загородження шматком металу, що відлетів.	- 2
Всього	$\Sigma \tau'' = 4$

Загальний час роботи обладнання $T'' = 660$ год.

$$U_o = 1 - (8 + 4)/660 = 0,982.$$

Наведений розрахунок показує, що з порушеннями, пов'язаними з дією небезпечних та шкідливих факторів, а також в умовах аварійних ситуацій, прокатний стан працював 1,8% часу. Це є добрим показником.

2.2 Гігієна праці та виробнича санітарія

2.2.1 Шкідливі виробничі фактори у цеху

Наявність та інтенсивність тих чи інших шкідливих виробничих факторів у прокатному цеху залежить від ділянки. На ділянці методичних печей основними шкідливими факторами є інфрачервоне випромінювання та висока температура повітря. У теплий період року температура повітря у робочій зоні досягає 35°C. Інтенсивність теплового випромінювання від нагрітих слябів сягає 3000 Вт/м². Методичні печі опалюються коксодоменною сумішшю з добавкою природного газу. У разі неправильної організації горіння палива в робочу зону може потрапляти продукт неповного згорання – оксид вуглецю. Потрапляючи в організм людини, монооксид вуглецю реагує з гемоглобіном, утворюючи карбоксигемоглобін. При цьому різко знижується здатність крові переносити кисень до тканин, може настати кисневе голодування. Симптоми отруєння: сонливість, біль голови, у важких випадках – втрата свідомості [7]. ГДК оксиду вуглецю для повітря робочої зони – 20 мг/м³ [8].

У повітря робочої зони відділенні методичних печей потрапляють також оксиди азоту, які утворюються при окисненні азоту повітря у зонах високих температур. Потрапляючи в організм, оксиди азоту викликають подразнення та опік слизових оболонок. З'єднуючись з гемоглобіном крові, оксид азоту NO утворює метгемоглобін, перешкоджаючи перенесення кисню кров'ю. У постраждалих відзначається кашель, задуха, задишка, головний біль, серцева недостатність. У важких випадках може розвинути набряк легень. ГДК оксидів азоту – 5 мг/м³ [9].

Пил, що виділяється в повітря робочої зони при завантаженні та вивантаженні слябів, а також заноситься з інших ділянок і цехів, складається в основному з оксидів заліза та інших металів. Тривалий вплив підвищеної запиленості може призвести до розвитку захворювань органів дихання –

пневмоконіозів, фіброзів, хронічних бронхітів, а також до шкірних захворювань. ГДК пилу – 4 мг/м^3 [10].

Прокатка слябів провадиться на Стані «1680». На ділянці прокатки шкідливими факторами є шум, вібрація, висока температура повітря, інфрачервоне випромінювання (рис. 2.1). Оцінка факторів виробничого середовища та трудового процесу дана в табл. 2.2.

Джерелами шуму є прокатні кліті, маніпуляторні лінійки, кантувач, летючі ножиці, рольганг. Рівень звукового тиску на робочому місці досягає 105 дБА, що перевищує норму (80дБА) [11]. За своїми характеристиками шум є механічним, широкосмуговим, середньочастотним, уривчастим. Робота в умовах підвищеного шуму може спричинити головний біль, зниження рівня уваги, безсоння, надалі – неврози. На підставі останніх розвивається гіпертонічна хвороба, виразка шлунка, серцеві захворювання. Тривала робота під впливом сильного шуму веде до зниження гостроти слуху [12]. Сильний шум підвищує ймовірність нещасного випадку, оскільки працівник у таких умовах може не почути попереджувальний сигнал або іншу звукову інформацію, що застерігає про можливу небезпеку.

Вібрацію викликають самі технологічні агрегати, які є джерелами шуму. Постійна дія вібрації викликає спазми судин, у важких випадках – вібраційну хворобу. Патологічна дія вібрації проявляється у загальних порушеннях вегетативної нервової системи – пітливість, тремтіння пальців, оніміння, підвищена чутливість до холоду. З'являються болі в суглобах, настають зміни у серцево-судинній системі. Вібрація у прокатному відділенні відноситься до загальної, технологічної категорії 3а (виробничі приміщення з джерелами вібрації) [13]. Рівень віброшвидкості на робочому місці вальцівника досягає 94 дБ за норми для частотних діапазонів 16...63 Гц 92 дБ [14]. Тобто спостерігається невелике перевищення допустимих значень.

Джерелом інфрачервоного випромінювання та конвективного тепла при прокатці є нагрітий до 1250°C метал. Інтенсивність випромінювання досягає 2000 Вт/м^2 , що у 14 разів перевищує норму – 140 Вт/м^2 [15].

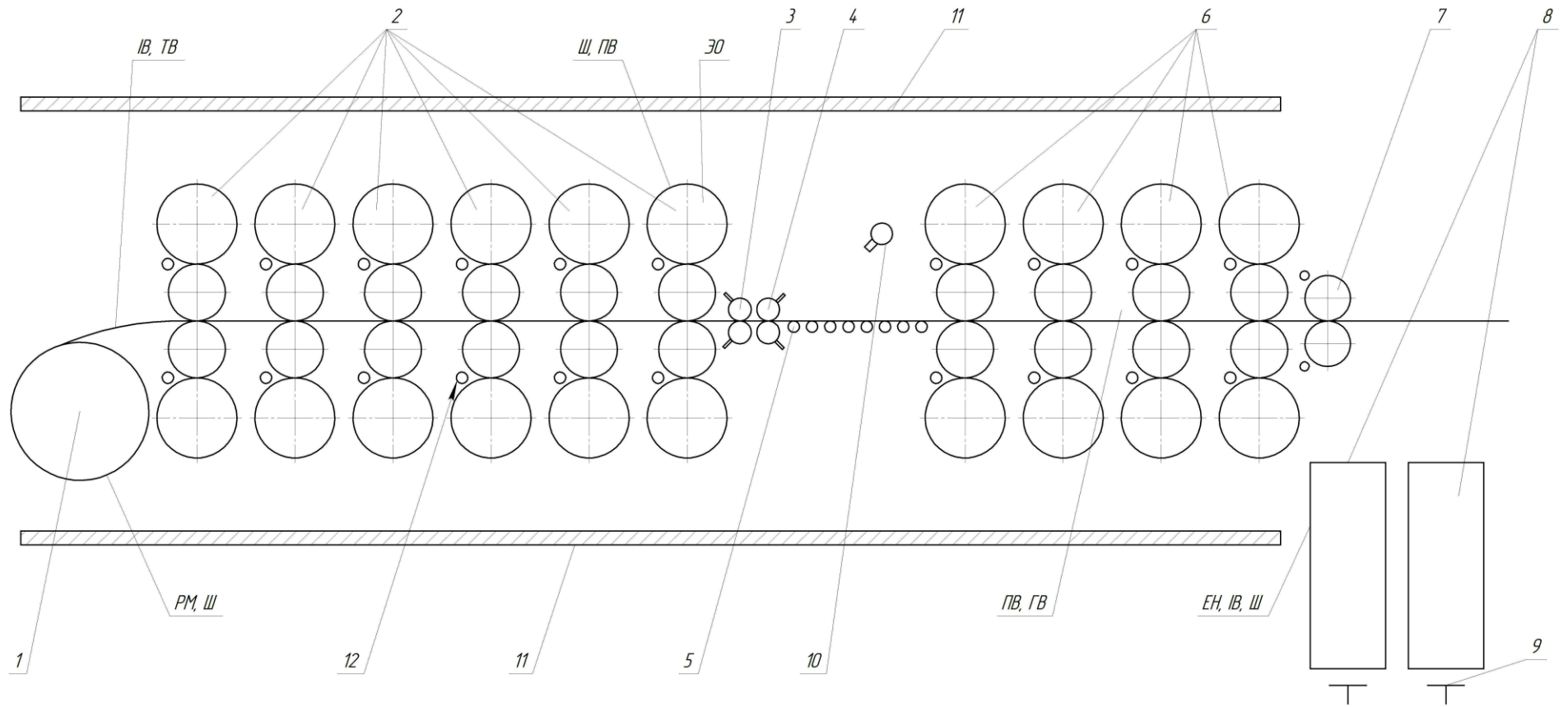


Рисунок 2.1 – Схема небезпечних зон цеха: ТВ – тепловиділення, ПВ – пари води, ГФ – газовий фактор, ЕН – небезпека ураження електричним струмом, ІВ – інфрачервоне випромінювання, Ш – шумовий фактор, РМ – частини машин та механізмів, що рухаються; 1 – моталки, 2 – кліті чистової групи, 3 – чистовий окалиноломач, 4 – летючі ножиці, 5 – проміжний рольганг, 6 – кліті чорнової групи, 7 – кліті ДуО, 8 – нагрівальні печі, 9 – товкачі, 10 – система гідрозбиву, 11 – огороження металеве, 12 – система охолодження валків.

Таблиця 2.2 – Оцінка факторів виробничого середовища та трудового процесу на робочому місці вальцівника

Чинники виробничого середовища та трудового процесу	Нормативні значення	Фактичні значення	III клас – шкідливі умови праці			Час дії фактора, %
			I ст	II ст	III ст	
1. Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ : 3-4 клас небезпеки олія мінеральна вуглецю оксид азоту оксиди азоту діоксид	5	7	1,4			90
	20	25	1,25			
	5	6	1,2			
	2	2,5	1,25			
2. Пил переважно фіброгенної дії, мг/м ³	4	4,6	1,15			90
3. Вібрація загальна, дБ	92	94	2			90
4. Шум, дБА	80	105			25	90
5. Мікроклімат у приміщенні (теплий період року): - температура повітря, °С - відносна вологість, % - швидкість руху повітря, м/с -інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	16-27	28-35		8		90
	60	50				
	0,2-0,5	0,3				
	140	2000		2000		
6. Тяжкість праці	Важка – III					
7. Напруженість праці	напружена					

2.2.2 Захист від теплонадлишків та шкідливих речовин

Дієвим заходом захисту від конвективного тепла, виділення пилу та шкідливих речовин є виробнича вентиляція. У ЦГПТЛ як загальна припливно-витяжна вентиляція використовується аерація, розрахунок якої наведений нижче. На постах управління встановлюються кондиціонери КД-26 для створення метеоумов, близьких до оптимальних.

Для зменшення тертя шийок валків прокатного стану застосовують воду. Вода, потрапляючи на валки, перетворюється на пару. Для видалення надлишків вологи пропонується встановити аспіраційний відсмоктувач у місці інтенсивного пароутворення.

З метою захисту від інфрачервоного випромінювання пости керування

обладнані теплозахисними екранами. Розрізняють екрани відображення та екрани поглинання. Екрани відображення виробляють із матеріалів з малим ступенем чорноти в інфрачервоному діапазоні і, відповідно, з великим коефіцієнтом відбиття – алюмінієва фольга, полірований алюміній, латунь, мідь. Екрани відображення можна робити переносними, встановлювати та прибирати за необхідності.

Екрани поглинання повинні мати високий рівень чорноти (малий коефіцієнт відбиття). Такі екрани виконуються порожнистими з підведенням проточної технічної води. Вода, що нагрівається в порожнині екрана, здійснює функцію тепловідведення. Екрани поглинання виробляють стаціонарними. Пости керування у цеху гарячої прокатки пропонується обладнати екранами поглинання.

Розрахуємо виробничу вентиляцію на ділянці стану 1680. Визначимо необхідний повітрообмін для наступних вихідних даних. Висота приміщення $H = 15$ м. Розміри приміщення наведено на рис. 2.2. Продуктивність стану $G = 390$ т/год. Температура припливного повітря $t' = 27^\circ\text{C}$. Градієнт температури по висоті приміщення $k = 1$ К/м. Початкова температура металу $t_1 = 1250^\circ\text{C}$. Кінцева температура металу $t_2 = 50^\circ\text{C}$.

1. Температура повітря робочої зони приймається на 3°C вище за температуру зовнішнього повітря

$$t_p = t' + 3 = 27 + 3 = 30^\circ\text{C}. \quad (2.4)$$

2. Площа приміщення, згідно з рис. 2.2:

$$S = 180 \cdot 96 = 17280 \text{ м}^2.$$

3. Внутрішній об'єм приміщення:

$$V = SH = 17280 \cdot 15 = 259200 \text{ м}^3. \quad (2.5)$$

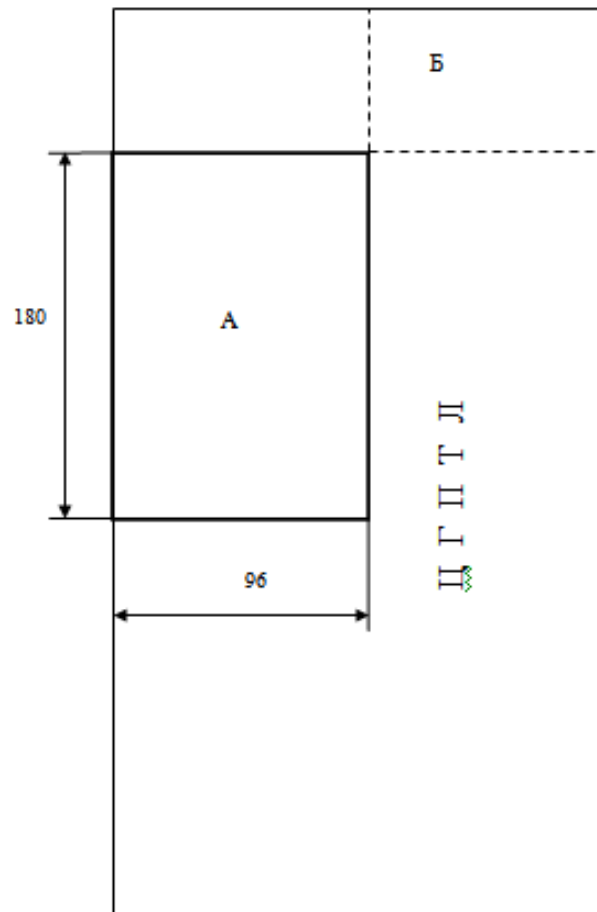


Рисунок 2.2 – Схема ділянки стану 1680: А – ділянка стану 1680; Б – ділянка методичних печей.

4. Середня теплоємність сталі [16]:

$$C_c = 0,5 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К.}$$

5. Кількість тепла, що виділяється у приміщення від нагрітого металу:

$$Q_M = C_c G(t_1 - t_2)/3600, \quad (2.6)$$

$$Q_M = 0,5 \cdot 390000(1250-50)/3600 = 65000 \text{ кВт.}$$

6. Приймаємо, що надходження тепла з інших джерел (електродвигуни, сонячна радіація, надходження із сусідніх ділянок) становить 10% від тепла

нагрітого металу. Тоді загальна кількість тепла, що надходить до приміщення, становитиме:

$$Q_o = 1,1 \cdot Q_M = 1,1 \cdot 65000 = 71500 \text{ кВт.} \quad (2.7)$$

7. Втрати тепла через огороження, відчинені двері та інші джерела приймаємо рівними 5%. Тоді кількість тепла, що підлягає видаленню системою вентиляції:

$$Q = 0,95Q_o = 0,95 \cdot 71500 = 67925 \text{ кВт.} \quad (2.8)$$

8. Температура повітря, що виходить:

$$t'' = t' + k(H - 2) = 30 + 1(15 - 2) = 43 \text{ °C.} \quad (2.9)$$

9. Масова теплоємність повітря [16]:

$$C = 1,0 \text{ кДж/кг}\cdot\text{K.}$$

10. Необхідний повітрообмін для видалення теплонадлишків:

$$M = Q/C(t'' - t') = 67925/1,0(43 - 27) = 4245 \text{ кг/с.} \quad (2.10)$$

11. Кількість пари, що утворюється при контакті охолоджувальної води з валками, за практичними даними:

$$G_{\text{п}} = 1 \text{ кг/с.}$$

12. Тиск насичення водяної пари при температурі зовнішнього повітря та при температурі повітря робочої зони [16]: $P' = 3,56 \text{ кПа}$, $P_p = 4,24 \text{ кПа}$.

13. Відносна вологість зовнішнього повітря приймається:

$$\varphi' = 0,5.$$

14. Відносна вологість повітря робочої зони:

$$\varphi_p = 0,5.$$

15. Вологовміст зовнішнього повітря:

$$d' = 0,622 \varphi' P' / (B - \varphi' P'), \quad (2.11)$$

де $B = 98$ кПа – барометричний тиск.

$$d' = 0,622 \cdot 0,5 \cdot 3,56 / (98 - 0,5 \cdot 3,56) = 0,0115 \text{ кг/кг.}$$

16. Вологовміст повітря робочої зони:

$$d_p = 0,622 \varphi_p P_p / (B - \varphi_p P_p) = 0,622 \cdot 0,5 \cdot 4,24 / (98 - 0,5 \cdot 4,24) = 0,0138 \text{ кг/кг.} \quad (2.12)$$

17. Щільність повітря при відносній вологості 50% і атмосферному тиску 98 кПа [16]:

$$\rho' = 1,10 \text{ кг/м}^3.$$

18. Щільність повітря робочої зони при відносній вологості 50% та атмосферному тиску 98 кПа [16]:

$$\rho_p = 1,09 \text{ кг/м}^3.$$

19. Кількість повітря, необхідне видалення надлишків вологи:

$$V_B = G_{\text{п}} / (\rho_p d_p - \rho' d'), \quad (2.13)$$

$$V_B = 0,5 / (1,09 \cdot 0,0138 - 1,1 \cdot 0,0115) = 209 \text{ м}^3/\text{с}.$$

20. Масова витрата повітря, що видаляється аспіраційним відсмоктувачем:

$$M_B = V_B / \rho_p = 209 / 1,09 = 192 \text{ кг/с}.$$

21. Масова витрата повітря, що видаляється системою аерації,:

$$M_a = M - M_B = 4245 - 192 = 4053 \text{ кг/с}. \quad (2.14)$$

22. Об'ємна витрата припливного аераційного повітря:

$$V' = M_a / \rho' = 4053 / 1,1 = 3685 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (2.15)$$

23. Годинна витрата аераційного повітря:

$$V_a = 3600 V' = 3600 \cdot 3685 = 13260000 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (2.16)$$

24. Кратність повітрообміну:

$$n = V_a / V = 13260000 / 259200 = 51,2 \text{ год}^{-1}. \quad (2.17)$$

25. Щільність повітря, що видаляється [16]:

$$\rho'' = 1,04 \text{ кг/м}^3$$

26. Об'ємна годинна витрата повітря, що видаляється:

$$V'' = 3600M_a/\rho'' = 3600 \cdot 4053/1,04 = 13960000 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (2.18)$$

Для здійснення аерації влаштуємо 3 ряди отворів у поздовжніх стінах будівлі: на рівні 1,2 м від підлоги, на рівні 4 м та на рівні підкранових балок. На даху встановлюється витяжний аераційний ліхтар.

Визначимо питому кількість тепла, що виділяється у приміщення цеху (надлишки):

$$q = Q/ V_n = 67925000/259200 = 262 \text{ Вт/м}^3. \quad (2.19)$$

Оскільки теплонадлишки є значними ($>23 \text{ Вт/м}^3$), системи опалення в цеху не передбачається. Тепло, що виділяється від гарячого металу та інших джерел, достатньо для підтримки допустимої температури повітря робочої зони в холодну пору року.

2.2.3 Вибір пристрою для охолодження повітря

На постах керування прокатним станом спостерігається інтенсивне теплове випромінювання (табл. 2.2). Інфрачервоні промені, потрапляючи в кабінку керування, викликають нагрівання поверхонь стін, стелі, обладнання, від яких, у свою чергу, нагрівається повітря в приміщенні посту управління.

Вологість повітря в приміщенні посту управління знаходиться в межах допустимих норм (табл. 2.2). У кваліфікаційній роботі пропонується використовувати для охолодження повітря на посту керування чилер (охолоджувач) фірми Daikin. Зробимо вибір моделі чиллера.

Тепло в приміщення надходить переважно у вигляді інфрачервоного випромінювання через вікно спостереження. У найгіршому випадку вся енергія випромінювання витрачається на нагрівання повітря у приміщенні.

Кількість теплової енергії інфрачервоного випромінювання, що надходить у приміщення, визначиться за формулою:

$$Q_{\text{и}} = qS_0, \quad (2.20)$$

де q – інтенсивність випромінювання,

$q = 2 \text{ кВт/м}^2$; S_0 – площа вікна,

$S_0 = 3 \text{ м}^2$.

Тоді кількість енергії теплового випромінювання:

$$Q_{\text{и}} = 2 \cdot 3 = 6 \text{ кВт.}$$

Приймаємо, що кількість тепла, що надходить у приміщення через стіни та відкриті двері (конвективне тепло), становить 20% від тепла, що надходить із випромінюванням. Кількість цього тепла:

$$Q_{\text{к}} = 0,2Q_{\text{и}} = 0,2 \cdot 6 = 1,2 \text{ кВт.} \quad (2.21)$$

У приміщенні посту керування встановлені два світильники з лампами Г220-300, потужністю $N = 300 \text{ Вт}$ кожна. Враховуючи, що 97% енергії в лампах розжарювання перетворюється на тепло [17], знайдемо кількість тепла, що надходить у приміщення від системи освітлення:

$$Q_0 = 0,97 \cdot 2 \cdot N/1000 = 0,97 \cdot 2 \cdot 300/1000 = 0,58 \text{ кВт.}$$

Приймаємо кількість тепла, що надходить від обслуговуючого персоналу (легка робота, у приміщенні знаходиться одна людина) [17]:

$$Q_{\text{п}} = 0,16 \text{ кВт.}$$

Загальна кількість тепла, що надходить до приміщення:

$$Q = Q_{\text{и}} + Q_{\text{к}} + Q_{\text{о}} + Q_{\text{п}} = 6 + 1,2 + 0,58 + 0,16 = 7,94 \text{ кВт.} \quad (2.22)$$

Вибираємо чилер EUW5KZW1 (рис. 2.3). Чилер призначений для встановлення всередині приміщення та використовується для охолодження чи нагрівання повітря. Чилер можна також використовувати у поєднанні з фанкойлами та кондиціонерами. Технічна характеристика чиллера наведена в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічна характеристика чиллера EUW5KZW1 фірми Daikin

Параметр	Одиниця вимірювання	Величина
Розміри	мм	600×600×600
Маса	кг	113
Номінальна холодопродуктивність	кВт	13
Модель компресора	-	JT140F-YE
Швидкість обертання	об/хв	2900
Тип випарника	-	Рамний теплообмінник
Мінімальний обсяг води	л	62
Діапазон витрати води	л/хв	19...75
Тиск води в контурі циркуляції	МПа	≤ 1
Температура охолодженої води	°С	7
Допустимий діапазон рН води	-	6,8...8,0
Загальна жорсткість води	мг/л	< 70

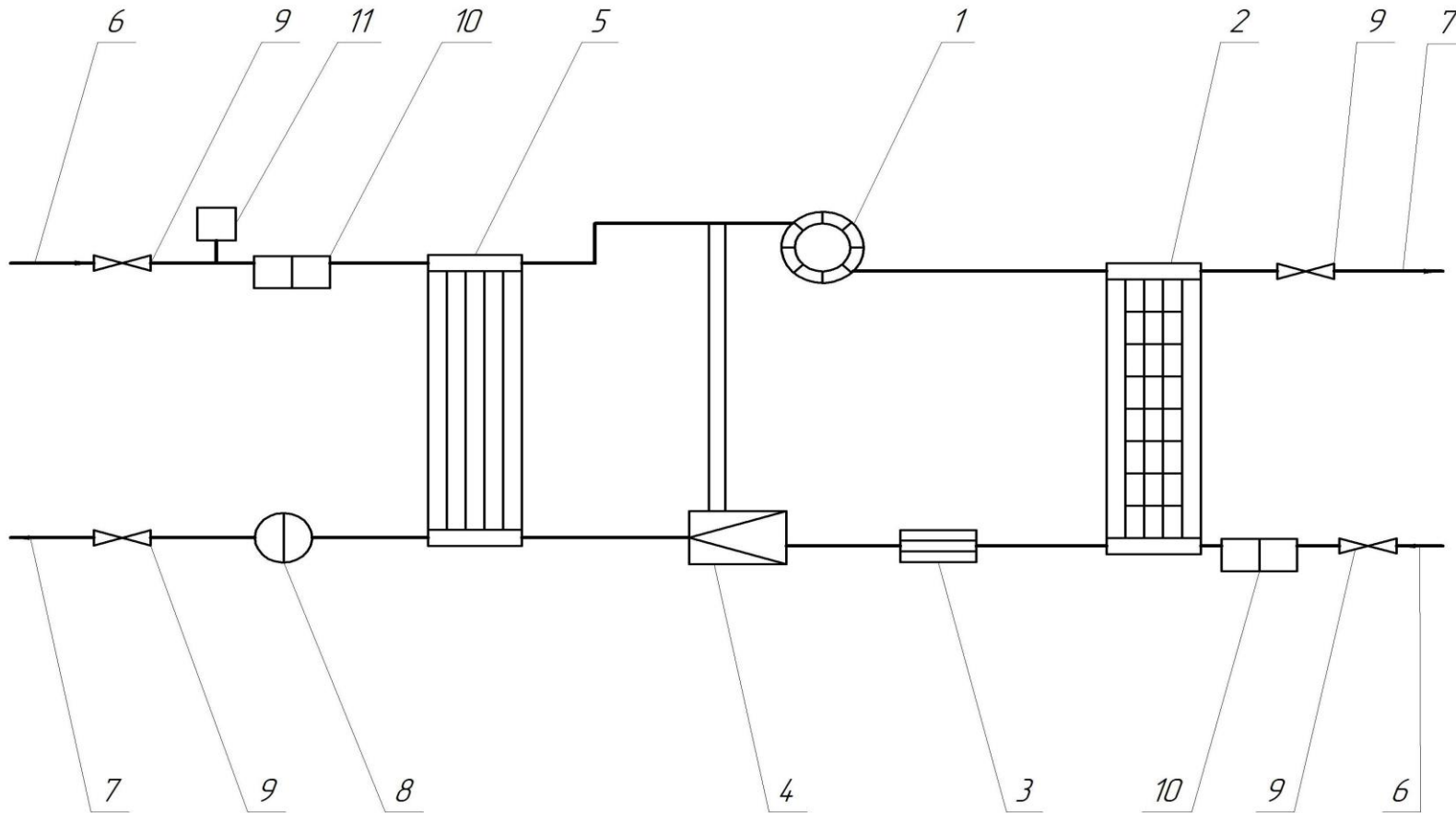


Рисунок 2.3 – Функціональна схема чиллера: 1 – компресор; 2 – конденсатор; 3 – фільтр; 4 – регулюючий вентиль; 5 – випарник; 6 – підведення води; 7 – вихід води; 8 – реле протоки; 9 – кульовий вентиль; 10 – фільтр для води; 11 – клапан випуску повітря.

Місце встановлення чиллера має відповідати наступним умовам.

1. Підстава, на якій встановлюється чиллер, має бути достатньо міцною, щоб витримати його вагу, і рівною, щоб виключити виникнення зайвих шумів та вібрації.

2. Навколо чиллера має бути достатньо вільного місця для проведення технічного обслуговування.

3. На місці повинна бути виключена можливість витіку холодоагенту.

Чиллер рекомендується встановити на вібропоглинаючі пристрої для запобігання напруги трубопроводів та розповсюдження по них шуму та вібрації.

Електроживлення чиллера здійснюється від мережі трифазного змінного струму напругою 380 В. Номінальний робочий струм компресора 6,6 А. Мережа управління живиться від мережі змінного струму напругою 220 В.

2.2.4 Виробниче освітлення

У ЦГПТЛ застосовується природне та штучне освітлення. Розряд зорових робіт – VII, тобто робота з матеріалами, що світяться, в гарячих цехах [18].

У цеху застосовується бічне та верхнє природне освітлення. Коефіцієнт природної освітленості для 3 світлового поясу [18]:

$$e''' = 1,8 \%$$

Нормоване значення коефіцієнта природної освітленості (КПО) [18]:

$$e_n = e''' mC, \quad (2.23)$$

де $m = 0,9$ – коефіцієнт світлового клімату для району м. Запоріжжя (4 світловий пояс),

$C = 0,7$ – коефіцієнт сонячності клімату, що залежить від географічного положення та орієнтації світлових прорізів по сторонах горизонту [18].

$$e_n = 1,8 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \approx 1,1\%.$$

Значення e_n слід округлювати до десятих часток відсотка. Освітленість від штучних джерел світла має бути не менше 200 лк для газорозрядних ламп та 150 лк для ламп розжарювання [18].

Джерелами світла в цеху є лампи розжарювання Г220-750, розраховані на напругу 220В, споживана потужність 750Вт [18]. Світильники – УПД, закриті, пилогазонепроникні.

У кваліфікаційній роботі пропонується замінити лампи розжарювання на ртутні дугові лампи високого тиску ДРЛ250. При практично однаковому світловому потоці вони споживають втричі менше електроенергії (споживана потужність 250 Вт), мають більший термін служби, стійкі до високих температур та коливань температури. Пропонується встановлювати лампи ДРЛ у світильниках УПДДРЛ.

2.2.6 Захист від шуму та вібрації

Для зменшення рівня виробничих шумів застосовують звукоізоляцію та звукопоглинання. Наприклад, потужне джерело шуму (вентилятор, насос) закривають кожухом, а між корпусом і кожухом закладають повстяні прокладки або прокладки ультратонкого скловолокна. Звукоізолюють окремі приміщення – пости керування, кімнати відпочинку. Експаустери, вентилятори мають в своєму розпорядженні в ізольованих приміщеннях або в окремих будівлях. Для зниження аеродинамічного шуму на вихлопні та всмоктувальні отвори машин встановлюють глушники, в місцях зміни

перерізу або напряму потоку роблять плавні переходи.

Так як звукоізолювати прокатний стан, ножиці, роторні пилки неможливо, обмежують до мінімуму час перебування в зонах, де рівень шуму перевищує допустимий. При знаходженні в зоні, де рівень звукового тиску перевищує 80 дБА, використовують засоби індивідуального захисту: протишумні вкладиші «Беруші» груп А і Б (послаблення рівня шуму в частотних діапазонах 125...8000 Гц становить 15...31 дБ), антифони – вкладиші багаторазового використання (ослаблення рівня шуму 10...25 дБ), навушники ВЦНДІВТ-2М (ослаблення рівня шуму 7...45 дБ) [19, 20].

Джерела вібрації встановлюють на віброізолювані фундаменти. При роботі з джерелами локальної вібрації використовують подвійні рукавиці, що складаються з тканинного корпусу та внутрішнього пружнодемпфіруючого елемента.

Ослаблення вібрацій досягають також конструктивними і технологічними заходами: врівноваженням, балансуванням частин, що обертаються, усуненням розбовтаності, підвищенням жорсткості конструкції.

Джерелом вібрації на пості управління може бути чиллер. Для зменшення рівня віброшвидкості у кваліфікаційній роботі пропонується встановлення пружинних амортизаторів. Розрахунок ведеться за методикою, наведеною в [21].

Вихідні дані

Тип агрегату	чилер EUW5KZW1
Маса агрегату, т, кг	113
Швидкість обертання, n, об/хв	2900
Амплітуда сили, що обурює, P _z , кН	5
Режим роботи	важкий

1. Кругова частота коливань:

$$\omega = 2\pi n/60 = 2 \cdot 3,14 \cdot 2900/60 = 304 \text{ с}^{-1}. \quad (2.24)$$

2. Необхідна частота власних вертикальних коливань системи:

$$\omega_z = \omega/4 = 304/4 = 76 \text{ с}^{-1}. \quad (2.25)$$

3. Необхідна поздовжня жорсткість віброізоляторів:

$$C_z = m\omega_z^2 = 113 \cdot 76^2 = 653000 \text{ Н/м}. \quad (2.26)$$

4. Приймаємо кількість віброізоляторів (пружин) виходячи з маси агрегату та режиму його роботи $N = 4$ шт.

5. Поздовжня жорсткість однієї пружини:

$$c_z = C_z/N = 653000/4 = 163000 \text{ Н/м}. \quad (2.27)$$

6. Амплітуда вимушених коливань системи:

$$A_z = P_z / (m\omega^2 - C_z) = 5000 / (113 \cdot 304^2 - 653000) = 0,00051 \text{ м}. \quad (2.28)$$

7. Динамічна навантаження однією пружину:

$$P_d = A_z c_z = 0,00051 \cdot 163000 = 83 \text{ Н}. \quad (2.29)$$

8. Розрахункове навантаження на одну пружину:

$$P = mg/N + 1,5P_d = 113 \cdot 9,81/4 + 1,5 \cdot 83 = 402 \text{ Н}. \quad (2.30)$$

9. Приймаємо індекс пружини – відношення середнього діаметра пружини D до діаметра прутка d :

$$c = D/d = 6. \quad (2.31)$$

10. За додатком [21] знаходиться коефіцієнт, що враховує підвищення напруги в точках перерізу прутка, що лежать на внутрішній поверхні пружини $k = 1,26$.

11. За додатком [21] вибираємо як матеріал пружини вуглецеву сталь з допустимою напругою $\tau = 280$ МПа.

12. Діаметр прутка:

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{kPc}{\tau}} = 1,6 \sqrt{\frac{1,26 \cdot 402 \cdot 6}{280 \cdot 10^6}} = 0,0053 \text{ м.} \quad (2.32)$$

13. Приймаємо діаметр прутка $d = 6$ мм.

14. Середній діаметр пружини із рівняння (2.31):

$$D = c \cdot d = 6 \cdot 0,006 = 0,036 \text{ м.}$$

15. За додатком [21] знаходимо модуль зсуву $G = 80$ ГПа.

16. Число робочих витків пружини:

$$i = Gd/8c^3c_z = 80 \cdot 10^9 \cdot 0,006/8 \cdot 6^3 \cdot 163000 = 1,7. \quad (2.33)$$

Приймаємо $i = 2$.

17. Число «мертвих» витків при $i < 7$ дорівнює $i_z = 1,5$.

18. Повна кількість витків пружини:

$$i_1 = i + i_z = 2 + 1,5 = 3,5. \quad (2.34)$$

19. Зазор між витками при максимальному робочому навантаженні:

$$\Delta_p = 0,1d = 0,1 \cdot 0,006 = 0,0006 \text{ м.} \quad (2.35)$$

20. Опад пружини при такому навантаженні:

$$\Delta = P/c_z = 402/163000 = 0,0025 \text{ м.} \quad (2.36)$$

21. Крок пружини:

$$h = d + \Delta/i + \Delta_p = 0,006 + 0,0025/2 + 0,0006 = 0,00785 \text{ м.} \quad (2.37)$$

22. Висота навантаженої пружини, стиснутої до зіткнення витків:

$$H = (i_1 - 0,5)d = (3,5 - 0,5)0,006 = 0,018 \text{ м.} \quad (2.38)$$

23. Висота ненавантаженої пружини:

$$H_0 = H + i(h - d) = 0,018 + 2(0,00785 - 0,006) = 0,0217 \text{ м.} \quad (2.39)$$

24. Висота пружини під розрахунковим навантаженням:

$$H_p = H_0 - \Delta = 0,0217 - 0,0025 = 0,0192 \text{ м.} \quad (2.40)$$

25. Знаючи співвідношення H_p/D і Δ/H_0 знаходимо відносну поперечну жорсткість за таблицею [21]

$$H_p/D = 0,0192/0,036 = 0,533.$$

$$\Delta/H_0 = 0,0025/0,0217 = 0,115.$$

$$c_x/c_z = 1,0.$$

26. Поперечна жорсткість системи віброізоляторів:

$$C_x = (c_x/c_z)c_zN = 1 \cdot 163000 \cdot 4 = 653000 \text{ Н/м.} \quad (2.41)$$

27. Допустима частота горизонтальних коливань:

$$\omega_x \leq \omega/2,5 = 304/2,5 = 122 \text{ с}^{-1}. \quad (2.42)$$

28. Дійсна частота горизонтальних коливань:

$$\omega_{\text{хд}} = \sqrt{\frac{C_x}{m}} = \sqrt{\frac{653000}{113}} = 76 \text{ с}^{-1}. \quad (2.43)$$

Дійсна частота горизонтальних коливань не перевищує допустиму.

29. Пружинний віброізолятор має бути перевірений на стійкість.

Повинне виконуватись співвідношення:

$$H_0/D \leq 5,1. \quad (2.44)$$

Підставляючи відповідні значення, отримуємо:

$$0,0217/0,036 = 0,6 < 5,1.$$

Віброізолятор стійкий представлений на рис. 2.4.

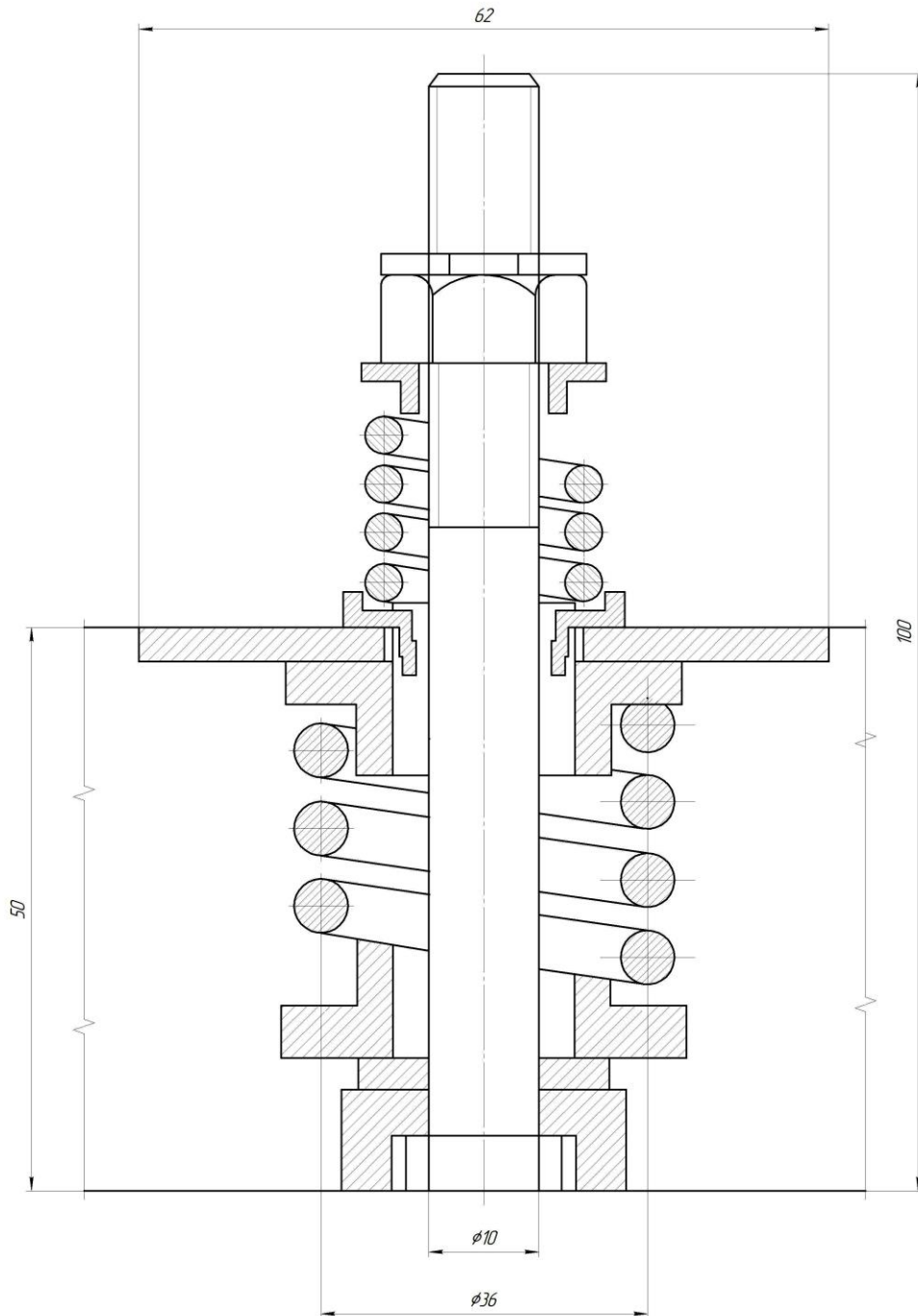


Рисунок 2.4 – Віброізолятор

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ ЦГПТЛ

3.1 Основні споживачі електроенергії у цеху

Цех гарячої прокатки є великим споживачем електроенергії та має розвинене електрогосподарство. Велика кількість електроенергії йде на привід різних агрегатів: прокатних станів, рольгангів, ножиць для різання металу, роторних пилок, поворотної платформи, верстатів абразивної зачистки, правильної машини, мостових кранів, вентиляторів системи аспірації, вентиляторів, що подають повітря на пальники методичних печей, димотягів та т.д.

Потужний привід прокатних станів живиться від мережі напругою 6000 В. Для цього використовуються двигуни серій АТ, ДАЗ.

До споживачів змінного струму напругою 380/220 відносяться електродвигуни верстатів, пилок, ножиць серій АІР, АОЗ, 4А, ЦД.

До споживачів постійного струму напругою 220 В відносяться електродвигуни серії П, а також електродвигуни трансферкар ЕД-118А. Для живлення мережі постійного струму використовуються перетворювачі КВПП-2000, для електрифікованого цехового транспорту – перетворювачі УВКП-1.

Змінний струм напругою 220В споживають освітлювальні прилади. Змінний струм напругою 42 і 12 В використовується для живлення ручного електроінструменту та світильників переносного та ремонтного освітлення.

Безперервний тонколистий стан складається з двох груп – чорнової та чистої – всього 12 клітей. Загальна потужність двигунів НТЛЗ – 70000 кВт.

Летючі ножиці мають привід від електродвигуна потужністю 2100кВт.

3.2 Характеристика виробничих приміщень згідно з ПУЕ

Залежно від характеру повітряного середовища приміщення, згідно з ПУЕ [22] поділяються на наступні:

- сухі (відносна вологість не перевищує 60%);
- вологі (відносна вологість лежить у межах $60\% < \varphi \leq 75\%$);
- сирі (відносна вологість тривалий час перевищує 75%);
- особливо сирі (відносна вологість близька до 100%), стіни, підлога, стеля, обладнання вкриті вологою;
- жаркі (температура повітря тривало перевищує 30°C);
- пилові (пил, що виділяється, може проникати всередину оболонок електричних установок і осідати на проводах); пилові приміщення в свою чергу діляться на приміщення з струмопровідним пилом і з пилом, що не проводить струм;
- з хімічно активним середовищем (є гази, пари або відкладення, що руйнують ізоляцію або струмопровідні частини).

Приміщення ЦГПТЛ мають такі властивості. Стан 1680 – сухе, спекотне, заповнене приміщення. Відносна вологість повітря менше 60%, температура повітря до 35°C, пил, що не проводить струм (містить в основному оксиди заліза).

Таку саму характеристику має відділення методичних печей. Травильне відділення – вологе, спекотне, з хімічно активним середовищем.

За безпекою ураження струмом усі виробничі приміщення поділяють на три категорії.

1. З підвищеною безпекою, що характеризуються наявністю однієї з 5 ознак: струмопровідні підлоги; струмопровідний пил; вологість; висока температура повітря ($>30^\circ$); можливість одночасного дотику до металевих корпусів електрообладнання та до металоконструкцій, що мають з'єднання із землею.

2. Особливо небезпечні, що мають дві і більше ознаки підвищеної небезпеки або одну з ознак особливої небезпеки: особливу вогкість; хімічно активне середовище.

3. Без підвищеної небезпеки – приміщення, в яких відсутні ознаки підвищеної та особливої небезпеки.

До приміщень без підвищеної небезпеки належать у цеху приміщення пультів управління, кімнати майстрів.

До приміщень з підвищеною небезпекою належать приміщення майстерень (струмопровідні підлоги).

До особливо небезпечних відносяться приміщення стану 1680, методичних печей (висока температура повітря та металеві струмопровідні підлоги), травильне відділення (хімічно активне середовище та висока температура повітря).

Зони, в яких розміщується електроустаткування, можуть належати до вибухо- та пожежонебезпечних класів. Вибухонебезпечні зони поділяються на класи: В-1, В-1а, В-1б, В-1г, В-ІІ, В-ІІа. Пожежонебезпечні зони поділяються на класи: П-1, П-ІІ, П-ІІа, П-ІІІ [23].

Не відносяться до вибухо- або пожежонебезпечних приміщень та установок, в яких спалюється тверде, рідке або газоподібне паливо (котельні, пічні відділення цехів), приміщення, в яких за технологічним процесом застосовується відкритий вогонь або розжарені предмети, або зовнішні поверхні технологічного обладнання мають температуру, що перевищує температуру самозаймання горючих газів, пари, пилу або волокон.

У ЦГПТЛ до зони класу П-ІІа відносяться кабельні галереї та тунелі, приміщення пультів управління (зони, розташовані в приміщеннях, в яких обертаються тверді горючі речовини – пластмаси, дерево, гума).

Зони, розташовані в приміщеннях прокатних станів та методичних печей, не відносяться до вибухо- та пожежонебезпечних.

3.3 Характеристика електромережі для живлення виробничого обладнання

У цеху гарячої прокатки є споживачі змінного струму напруги 380/220 В і напруги 6000 В. При напрузі до 1000 В в Україні застосовуються дві схеми мереж змінного трифазного струму (50 Гц): чотирипровідна мережа з глухозаземленою нейтраллю та трипровідна мережа з ізольованою нейтраллю.

Для живлення виробничого обладнання 380/220 В у цеху застосовують чотирипровідну мережу трифазного струму з глухозаземленою нейтраллю.

У такій мережі заземлення нейтралі джерела струму (генератора, трансформатора) здійснюють з'єднанням її із заземлювачем безпосередньо або через малий опір (наприклад, через трансформатор струму). Таку мережу прийнято називати мережею з глухозаземленою нейтраллю. Мережа має три фазні дроти та один нульовий провід.

З технологічних міркувань застосування чотирипровідної мережі краще, оскільки вона дозволяє використовувати дві напруги - лінійну та фазну. У мережі 380/220 можна використовувати силове навантаження - трифазну і однофазну, включаючи її між фазами, і освітлювальну - включаючи її між фазою і нульовим проводом.

При нормальному режимі роботи безпечніша трипровідна мережа з ізольованою нейтраллю, а в аварійному режимі - чотирипровідна з глухозаземленою нейтраллю. Тому мережі із ізольованою нейтраллю доцільно застосовувати тоді, коли є можливість підтримувати високий рівень ізоляції проводів та ємність проводів щодо землі мала. Це короткі мережі, які не піддаються впливу агресивного середовища і перебувають під постійним наглядом. Мережі з глухозаземленою нейтраллю застосовуються там, де неможливо забезпечити хорошу ізоляцію проводів (вологість, агресивне середовище, протяжність), коли не можна швидко відшукати або усунути пошкодження ізоляції, при великій ємності проводів щодо землі.

Оскільки електричні мережі, що застосовуються в ЦГПТЛ, мають досить велику довжину, на них впливає агресивне середовище (висока температура, пари кислот), то важко забезпечити їхню надійну експлуатацію, у тому числі ізоляцію. Тому використання трипровідної мережі із ізолюваною нейтраллю виключається.

При напрузі вище 1000 В застосовується трипровідна мережа із ізолюваною нейтраллю, оскільки за таких напруг немає необхідності в четвертому дроті. У ЦГПТЛ для живлення електродвигунів потужністю понад 200 кВт використовується напруга 6000 В.

3.4 Мережі для штучного освітлення та ручного електроінструменту

Для штучного освітлення повинна застосовуватися мережа з напругою трохи більше 220 В, у виняткових випадках – 380 В [24]. У цеху гарячої прокатки для цієї мети використовується напруга 220 В. Освітлювальні прилади включаються між фазним та нульовим проводом мережі трифазного струму.

На деяких ділянках цеху при виконанні різних робіт виникає необхідність застосування електрифікованого ручного інструменту, переносних світильників. При виконанні таких робіт зростає небезпека ураження струмом – людина може опинитися під напругою внаслідок пробою ізоляції. Для забезпечення безпеки при користуванні переносними світильниками місцевого та ремонтного освітлення застосовують знижену напругу. У приміщеннях без підвищеної небезпеки - 42 В, у приміщеннях з підвищеною небезпекою та особливо небезпечних - 12 В. Джерелами малої напруги служать низькі трансформатори.

Незважаючи на те, що такі значення напруг вважаються відносно безпечними, ураження струмом не можна виключити при несприятливому збігу обставин, наприклад при замиканні між обмотками понизительного

трансформатора. У цьому випадку дотик до струмоведучих частин або незаземленого корпусу, що опинився під напругою, в мережі малої напруги рівноцінно такому ж дотику в мережі вищої напруги. З метою зменшення небезпеки при переході вищої напруги на бік вторинної малої напруги вторинна обмотка трансформатора заземлюється або занулюється.

Електрифікований ручний інструмент ділиться на 3 класи [25]:

- 1 клас – машини з ізоляцією всіх деталей, що знаходяться під напругою, штепсельна вилка має заземлюючий контакт;

- 2 клас – машини, у яких всі деталі, що знаходяться під напругою, мають подвійну або посилену ізоляцію; ці машини не мають пристроїв для заземлення;

- 3 клас – машини, призначені для живлення від автономного джерела або від загальної мережі через трансформатор, що розділяє.

Інструмент 1 та 2 класів працює від мережі 380/220 В, напруга для машин 3 класу має бути у приміщеннях без підвищеної небезпеки – не більше 42 В, у приміщеннях з підвищеною небезпекою та особливо небезпечних – не більше 12 В.

Ручні електричні машини забороняється застосовувати у вибухонебезпечних приміщеннях та приміщеннях з хімічно активним середовищем (травільне відділення).

Під час роботи з машиною 1 класу необхідно застосовувати індивідуальні електрозахисні засоби. Машинами 2 та 3 класів дозволяється працювати без застосування електрозахисних засобів.

3.5 Виконання електрообладнання та електропроводки

Залежно від умов експлуатації в промисловості використовують електричні машини та апарати різного виконання: відкриті, захищені, краплезахиснені, бризкозахиснені, закриті, що обдуваються, продуваються, пиленепроникні.

Виконання електрообладнання диктує, перш за все, клас вибухо- або пожежонебезпечної зони.

У зонах класу П-Па (пульти управління, кабельні тунелі та галереї) електрообладнання допускається застосовувати у закритому та захищеному виконанні. Захищене електрообладнання має пристрої для запобігання випадковому дотику до струмоведучих і рухомих частин і від потрапляння всередину сторонніх предметів. Закрите електрообладнання має оболонку, що відокремлює їхню внутрішню порожнину від зовнішнього середовища. У зонах класу П-Па допускається ступінь захисту оболонок не менше IP44 [24].

У пожежонебезпечних зонах допускається відкрита електропроводка по вогнетривких конструкціях ізольованими проводами марок АППР, АПВ, АППВ, проводка в сталевих трубах проводом марок ПРТО, АПРТО, в пустотних каналах будівельних конструкцій, що не згорають, проводами АПВ і ПВ. Застосування неізованих проводів заборонено.

У пожежонебезпечних зонах можуть застосовуватися пускові апарати, прилади, шафи та складання затискачів, що продуваються чистим повітрям під надлишковим тиском, а також апарати та прилади в маслонаповненому виконанні (за винятком кисневих установок та підйомних механізмів).

У приміщеннях прокатних станів електрообладнання застосовується закрите та обдуване (закриті апарати, забезпечені вентиляційним пристроєм для обдування їх зовнішньої частини).

Для передачі та розподілу електроенергії територією цеху та у виробничих приміщеннях прокладають електричні кабелі. Для живлення стаціонарних установок (силових та освітлювальних) використовують броньовані кабелі з алюмінієвою або свинцевою оболонкою. Силові кабелі прокладають у металевих трубах під землею у спеціально влаштованих кабельних каналах, колекторах, тунелях. У виробничих приміщеннях кабелі прокладають відкрито по стінах, перекриттям, металоконструкціям.

У кабелях та проводах використовуються мідні, алюмінієві та сталеві жили.

3.6 Розрахунок захисного занулення

У мережі з глухозаземленою нейтраллю звичайне заземлення електроустановки не забезпечує належної безпеки. Струм, що проходить через тіло людини при дотику до частин електроустановки, що випадково опинилися під напругою, може досягати небезпечних величин навіть за наявності захисного заземлення.

Небезпека ураження струмом при дотику до металевих нетоковедучих частин електроустановки, що опинилися під напругою в результаті замикання на корпус або з інших причин, може бути усунена швидким відключенням пошкодженої електроустановки від мережі живлення і разом з тим зниженням напруги корпусу щодо землі. Для цієї мети служить захисне занулення, схема якого наведена на рис. 3.1.

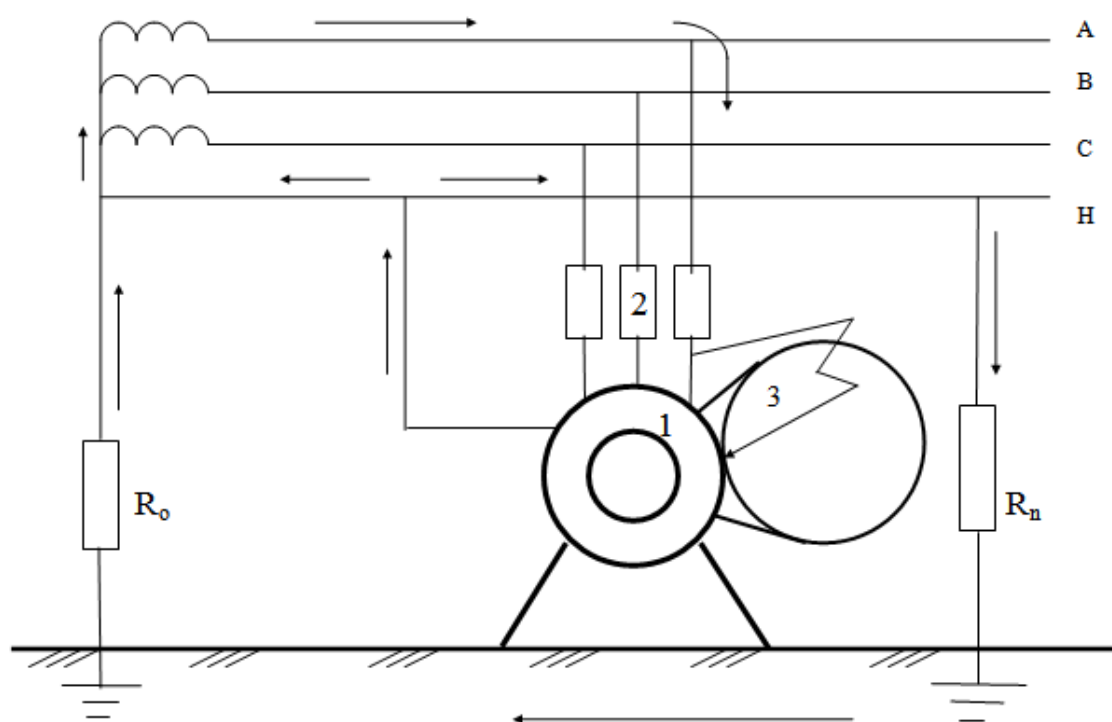


Рисунок 3.1 – Принципова схема захисного занулення: 1 – корпус електродвигуна; 2 – апарати захисту від струмів короткого замикання; 3 – моталка; R_o – опір заземлення нейтралі джерела струму; R_n – опір повторного заземлення нульового захисного провідника; А, В, С – фазні провідники; Н – нульовий захисний провідник.

Розрахунок захисного занулення має на меті визначити умови, за яких воно надійно виконує покладені на нього завдання – швидко відключає пошкоджену установку від мережі та водночас забезпечує безпеку дотику людини до зануленого корпусу в аварійний період.

Перевіримо на відключаючу здатність занулення електродвигуна моталки та знайдемо допустимий опір заземлення нейтралі для наступних умов:

- фазні та нульові захисні провідники – алюмінієві з площею перерізу $S = 50 \text{ мм}^2$;
- довжина провідників $l = 450 \text{ м}$;
- лінія 380/220 В живиться від трансформатора потужністю 1600 кВА та номінальною напругою обмоток вищої сторони 6 кВ, зі схемою з'єднання D/YN;
- двигун захищений запобіжником з номінальним струмом спрацьовування $I_H = 200 \text{ А}$.

Необхідно перевірити дотримання умов спрацьовування захисту:

$$I_z \geq kI_H, \quad (3.1)$$

де I_z - струм короткого замикання, А;

k - коефіцієнт кратності струму.

Вважаємо, що захист здійснюється автоматичним вимикачем, який спрацьовує без витримки часу. Для цього випадку $k = 1,4$ [24].

Найменше допустиме значення струму короткого замикання:

$$kI_H = 1,4 \cdot 200 = 280 \text{ А}.$$

Повний опір трансформатора [24] $Z_T = 0,017 \text{ Ом}$.

Визначаємо опір фазного та нульового захисного провідників (НЗП) – активне R_ϕ , R_o та реактивне X_ϕ , X_o на ділянці завдовжки 450м, Ом:

$$R = \rho l/S, \quad (3.2)$$

де ρ - питомий електричний опір провідника, що дорівнює алюмінію 0,028 Ом мм²/м [24].

$$R_\phi = R_o = 0,028 \cdot 450/50 = 0,25 \text{ Ом.}$$

Значення питомого індуктивного опору x_i для алюмінієвих провідників складають близько 0,0156 Ом/км [24].

Повний внутрішній індуктивний опір проводів, Ом:

$$X_\phi = X_o = x_i \cdot l = 0,0156 \cdot 0,45 = 0,007 \text{ Ом.} \quad (3.3)$$

Питомий зовнішній індуктивний опір петлі фаза-нуль x_n становить близько 0,6 Ом/км [24].

Повний внутрішній індуктивний опір петлі, Ом:

$$X_n = x_n \cdot l = 0,6 \cdot 0,45 = 0,27 \text{ Ом.} \quad (3.4)$$

Справжнє значення струму однофазного короткого замикання, що проходить по петлі фаза-нуль, А:

$$I_z = \frac{U_\phi}{\frac{Z_T}{3} + \sqrt{(R_o + R_\phi)^2 + (X_\phi + X_o + X_n)^2}} \quad (3.5)$$

$$I_z = \frac{220}{\frac{0,017}{3} + \sqrt{(0,25 + 0,25)^2 + (0,007 + 0,007 + 0,27)^2}} = 379 \text{ А.}$$

Оскільки дійсне значення струму однофазного короткого замикання (379 А) перевищує найменш допустимий за умовами спрацьовування захисту струм (280 А), здатність системи захисного занулення, що відключає, забезпечена.

Опір заземлення нейтралі R_0 джерела має бути таким, щоб у разі замикання будь-якої фази на землю через опір R_z , напруга, під якою опиниться людина, що доторкнулася до зануленого корпусу або до НЗП безпосередньо, не перевищувала деякої допустимої напруги дотику U_d .

$$U_k \alpha' \alpha'' \leq U_d, \quad (3.6)$$

де $U_k = I_z R_0$ - напруга заземленого корпусу (НЗК) щодо землі, В;

I_z – струм замикання на землю, А;

α' – коефіцієнт дотику, що враховує форму потенційної кривої при стіканні струму в землю;

α'' – коефіцієнт дотику, що враховує падіння опору в основі (біля ніг людини).

У несприятливому разі, тобто коли людина, торкаючись корпусу пошкодженої установки, знаходиться за межами зони розтікання струму замикання і опір розтіканню струму ніг людини незначно (мокрый ґрунт або струмопровідна підлога, сире взуття), $\alpha' = \alpha'' = 1$. Прийmemo також, що в мережі відсутнє повторне заземлення НЗК.

Тоді

$$U_d \geq I_z R_0 = U_\phi R_0 / (R_0 + R_z), \quad (3.7)$$

де R_z - опір замикання фази на землю, Ом. Звідси

$$R_0 = R_z U_d / (U_\phi - U_d). \quad (3.8)$$

Приймаємо опір замикання на землю фази $R_z = 20 \text{ Ом}$, менші значення мало ймовірні.

Оскільки при замиканні фази на землю мережа від джерела живлення автоматично, як правило, не відключиться і занулений корпус буде довгий час перебуває під напругою U_k (до усунення пошкодження або вимкнення установки вручну), приймаємо допустиму напругу дотику 42 В .

$$R_o = 20 \cdot 36 / (220 - 42) = 4,04 \text{ Ом.}$$

Відповідно до вимог ПУЕ опір заземлення нейтралі джерела струму має бути не більше 4 Ом при напрузі $380/220\text{В}$, що дуже близько до розрахункового значення. Тому остаточно приймаємо $R_o = 4 \text{ Ом}$.

Як апарат захисту вибираємо автоматичний повітряний вимикач АВ2Б, який спрацьовує без витримки часу [24].

3.7 Захисне відключення

Захисне занулення, розрахунок якого наведено раніше, забезпечує захист від струму при дотику до корпусу обладнання, що випадково опинилося під напругою. Однак занулення не захищає від дотику до фазного дроту з порушеною ізоляцією..

Для захисту у разі дотику до струмоведучої частини, що знаходиться під напругою, у кваліфікаційній роботі пропонується використовувати пристрій автоматичного відключення, що реагує на струм нульової послідовності. Такий пристрій забезпечує відключення також і у разі дотику до заземленого корпусу при замиканні на нього фази.

Принцип дії пристрою – швидке відключення ділянки мережі або споживача енергії, якщо струм нульової послідовності перевищує деяке значення, при якому напруга дотику струмопровідної частини має найбільше тривало допустиме значення U_{max} .

Датчиком пристрою може служити трансформатор струму нульової послідовності ТСНП, магнітопровід якого охоплює всі дроти мережі, що грають в цьому випадку роль первинних обмоток трансформатора (рис. 3.2). В результаті магнітні потоки, створювані в магнітопроводі ТСНП струмами первинних обмоток, складаються, а сумарний потік обумовлює виникнення струму у вторинній обмотці ТСНП, що замикається через реле обмотування.

Якщо на ділянці, що захищається, провідності фаз щодо землі однакові, то алгебраїчна сума струмів, що проходять по фазних проводах мережі, а отже, і струм через реле дорівнюють нулю:

$$\bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 = 0; \quad I_r = 0. \quad (3.9)$$

Якщо на ділянці, що захищається, виникає асиметрія провідностей фаз щодо землі в результаті, наприклад, замикання фази на землю, дотику людини до фази і т. п., то наведені рівності порушуються, так як з'являється струм нульової послідовності I_0 і через реле проходить струм I_r , пропорційний його значення:

$$I_r = I_0/k, \quad (3.10)$$

де k - коефіцієнт трансформації ТТНП (відношення первинного струму до вторинного).

Цей струм, досягнувши значення струму спрацьовування реле або перевищивши його, викликає відключення ділянки мережі від джерела живлення, що захищається.

Прилад захисного відключення, що реагує на струм нульової послідовності, може поєднуватися в єдиному корпусі з іншою основною частиною пристрою – автоматичним вимикачем. Така система зазвичай називається захисним вимикачем від струмів витоку.

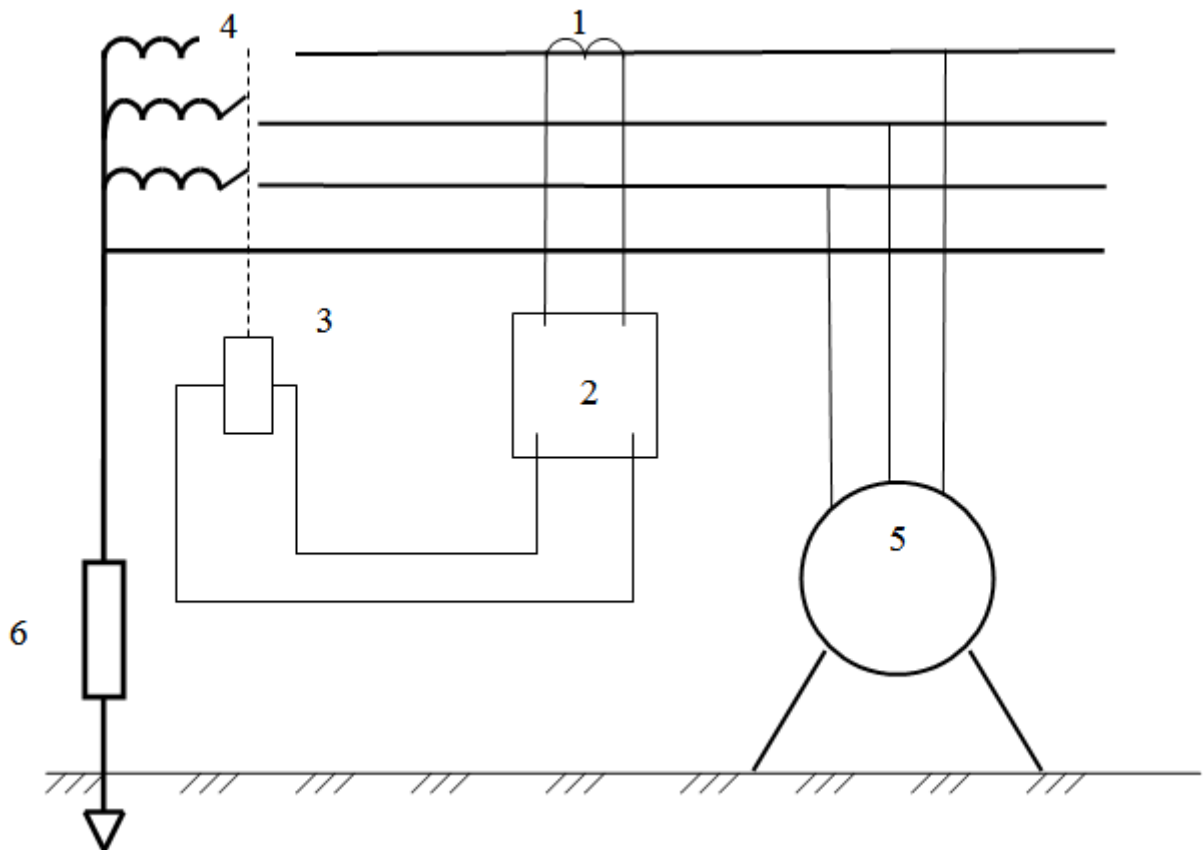


Рисунок 3.2 – Схема пристрою захисного відключення з трансформатором струму нульової послідовності: 1 трансформатор струму нульової послідовності; 2 – підсилювач; 3 – реле струму; 4 – контакти реле струму; 5 – електроустановка; 6 – заземлення нейтралі джерела струму.

Умова безпеки при дотику до струмоведучої частини, що знаходиться під напругою (або незаземленого і незануленого корпусу в період замикання на нього фази) виражається рівнянням:

$$U_{\max} \geq I_h R_h, \quad (3.11)$$

де U_{\max} – найбільше тривало допустиме напруження дотику, В;

I_h - струм, що проходить через тіло людини, А;

R_h - опір тіла людини, Ом.

Уставкою (струмом спрацьовування, на який налаштовується прилад) в даному випадку буде деяке значення струму нульової послідовності I_y , при якому струм, що проходить через людину в землю, не перевищує тривало допустимого струму або струму, при якому напруга дотику не перевищує тривало допустимого:

$$I_y = k_o U_{\max}/R_h, \quad (3.12)$$

де k_o – коефіцієнт, що визначає співвідношення між провідностями щодо землі ділянок мережі, що знаходяться по обидва боки ТТНП.

Так як провідність ділянки мережі, що знаходиться в зоні захисту для мережі з глухозаземленою нейтраллю близька до нуля, а провідність незахищеної ділянки завжди досить велика (за рахунок провідності заземлення джерела струму нейтралі), то можна прийняти $k = 1$.

Вважаючи $U_{\max} = 12$ В (для приміщень з підвищеною небезпекою та особливо небезпечних), а опір тіла людини $R_h = 1000$ Ом, отримуємо:

$$I_y = 12/1000 = 0,012\text{А} = 12\text{мА}.$$

Вибираємо прилад захисного відключення РУД-024 зі струмом уставки 10 мА [24]. Час спрацьовування приладу – не більше 0,05 с.

Переваги установок захисного відключення, що реагують на струм нульової послідовності, є: можливість застосування в мережах будь-яких напруг з різними режимами нейтралі; здатність забезпечувати безпеку людини при дотику не тільки до корпусу, що опинився під напругою, а й до фазного проводу мережі; висока надійність роботи, тобто мала кількість помилкових відключень; незалежність роботи пристрою від значень опору заземлення та опору нульового провідника. Остання перевага має важливе

значення в тих випадках, коли неможливо заземлити нейтраль трансформатора, корпусу електрообладнання або нульовий провідник через малий опір або коли через віддаленість споживача опір нульового захисного провідника виявляється вищим від нормованих значень.

Недоліки пристрою – нечутливість до симетричних знижень опору ізоляції, які, однак, трапляються рідко.

3.8 Інженерна розробка заходів захисту від електричного струму

Як захисні заходи від ураження електричним струмом в ЦППТЛ пропонується застосувати наступні:

- електрична ізоляція струмопровідних частин – гумова, поліхлорвінілова, нейротова, нормативний опір ізоляції на ділянці (між двома послідовно встановленими апаратами захисту або після останнього апарату) – 500 кОм ;

- знижена напруга для ручного електроінструменту та переносних світильників – 12 В, з використанням понижуючих трансформаторів із зануленою вторинною обмоткою;

- подвійна електроізоляція ручного електроінструменту 2-го класу – струмоведучих частин усередині корпусу та самого корпусу;

- захисне занулення електроустановок;

- захисне відключення – як додатковий захід захисту до занулення;

- недоступне розташування неізольованих струмопровідних частин (тролів);

- електрозахисні засоби.

До електрозахисних засобів відносяться вироби, що переносяться і перевозяться, для захисту людей, що працюють з електроустановками, від ураження струмом, від впливу електричної дуги і електромагнітного поля. Усі електрозахисні засоби поділяють на наступні групи:

- штанги ізолюючі (оперативні, вимірювальні, для накладання заземлення), кліщі ізолюючі та електровимірювальні, покажчики напруги;
- ізолюючі засоби для ремонтних робіт під напругою вище 1000 В та слюсарно-монтажний інструмент з ізолюючими рукоятками;
- діелектричні рукавички, боти, калоші, килимки, ізолюючі накладки, ізолюючі підставки;
- індивідуальні екрануючі комплекти;
- переносні заземлення;
- тимчасові огорожі, попереджувальні плакати;
- захисні окуляри, рукавиці, протигази, запобіжні монтерські пояси та пазури, страхувальні канати, захисні каски.

Остання група захисних засобів не є специфічно електрозахисною, до неї входять засоби індивідуального захисту від небезпечних та шкідливих факторів, не пов'язаних (або пов'язаних побічно) з електричним струмом, але які виникають під час роботи з електроустановками.

Ізолювальні електрозахисні засоби поділяються на основні та додаткові (табл. 3.1).

Одними з найбільш часто використовуваних електрозахисних засобів є діелектричні рукавички. Крім того, що вони служать основним засобом захисту в електроустановках напругою до 100 В і додатковим в електроустановках вище 1000 В, їх застосовують для захисту від напруги дотику при операціях з ручними приводами вимикачів і роз'єднувачів. Діелектричні рукавички випускаються двох типів – клеєні та литі з товщиною гуми 1,1...1,25 мм. На кожній рукавичці з лицьового боку є штамп із зазначенням товщини та номера рукавички, випробувального напруження та його дати.

Випробувальна напруга для рукавичок, що застосовуються в електроустановках до 1000 В – 3,5 кВ, вище 1000 – 9 кВ. У процесі експлуатації діелектричні рукавички зазнають підвищеної напруги кожні 6 місяців. Рукавички, що застосовуються в електроустановках до 1000 В,

відчувають напругою 2,5 кВ (струм витоку не повинен перевищувати 3 мА), рукавички вище 1000 В – напругою 6 кВ (струм витоку не більше 7 мА).

При роботах на відкритому повітрі в зимовий період діелектричні рукавички надягають поверх вовняних. Рукавичку надягають так, щоб її манжета була поверх рукава одягу. Для захисту діелектричних рукавичок від ушкоджень при грубих роботах поверх них надягають брезентові рукавиці.

Діелектричні боти виготовляються із спеціальної високоякісної гуми світло-сірого кольору, висота бот – не менше 200 мм, товщина підошви в носінні – не менше 5,7 мм, у п'яті – не менше 8,4 мм. Випробувальна напруга – 20 кВ.

Таблиця 3.1 – Ізолюючі електрозахисні засоби

Напруга	Основні засоби	Додаткові засоби
до 1000 В	діелектричні рукавички, ізолюючі штанги, ізолюючі та електровимірвальні кліщі, показчики напруги, слюсарно-монтажний інструмент із ізольованими рукоятками	діелектричні калоші, діелектричні килимки, ізолюючі підставки
вище 1000 В	оперативні та вимірвальні штанги, ізолюючі та електровимірвальні кліщі, показчики напруги, ізолюючі пристрої та пристрої для ремонтних робіт – ізолюючі сходи, майданчики, тяги, щитові габаритники, захвати для перенесення гірлянд ізоляторів	діелектричні рукавички, діелектричні килимки, діелектричні боти, ізолюючі підставки на фарфорових ізоляторах, діелектричні ковпаки, переносні заземлення, огорожувальні пристрої

Діелектричні калоші виготовляються з такої самої гуми, що і боти. Вони є додатковим засобом захисту в електроустановках напругою до

1000 В, а також захистом від крокової напруги в зонах розтікання струму при замиканні на землю. Випробувальна напруга – 5 кВ.

Діелектричні килимки застосовують як додатковий засіб захисту тільки в закритих електроустановках, розташованих у сухих приміщеннях. Їх виготовляють із гуми товщиною 6 ± 1 мм, шириною 500...1200 мм та довжиною 500...8000 мм [24].

Одним із ефективних заходів захисту від ураження струмом є блокування. Суть застосування блокування полягає у відключенні напруги на електроустановці при виникненні небезпечної ситуації – наприклад при можливості дотику людини до струмоведучих частин, травмування частинами механізму, що рухаються, або для запобігання помилковим діям персоналу.

Блокування за принципом дії поділяють на електричні та механічні. Електричні блокування здійснюють розрив ланцюга спеціальними контактами, які встановлюються на дверях огорож, кришках та дверцятах кожухів. Блокування повинне включатися до ланцюга управління, але не в силовий ланцюг.

Якщо керування електроустановкою здійснюється дистанційно, блокувальні контакти включаються до ланцюга керування пускового апарату. Найбільш доцільним є застосування для цієї мети магнітного пускача або контактора.

При механічному блокуванні вимикач (рубильник, пускач тощо) механічно пов'язаний із замком або клямкою. Увімкнення напруги можливе лише при закритому замку (засувці).

Блокування можуть бути одним із заходів захисту на деяких агрегатах цеху гарячої прокатки тонкого листа. Наприклад, блокування можна встановити на мостовому крані, що пропонується у кваліфікаційній роботі (рис. 3.3). У цьому випадку блокується хвіртка, що веде на майданчик мостового крана.

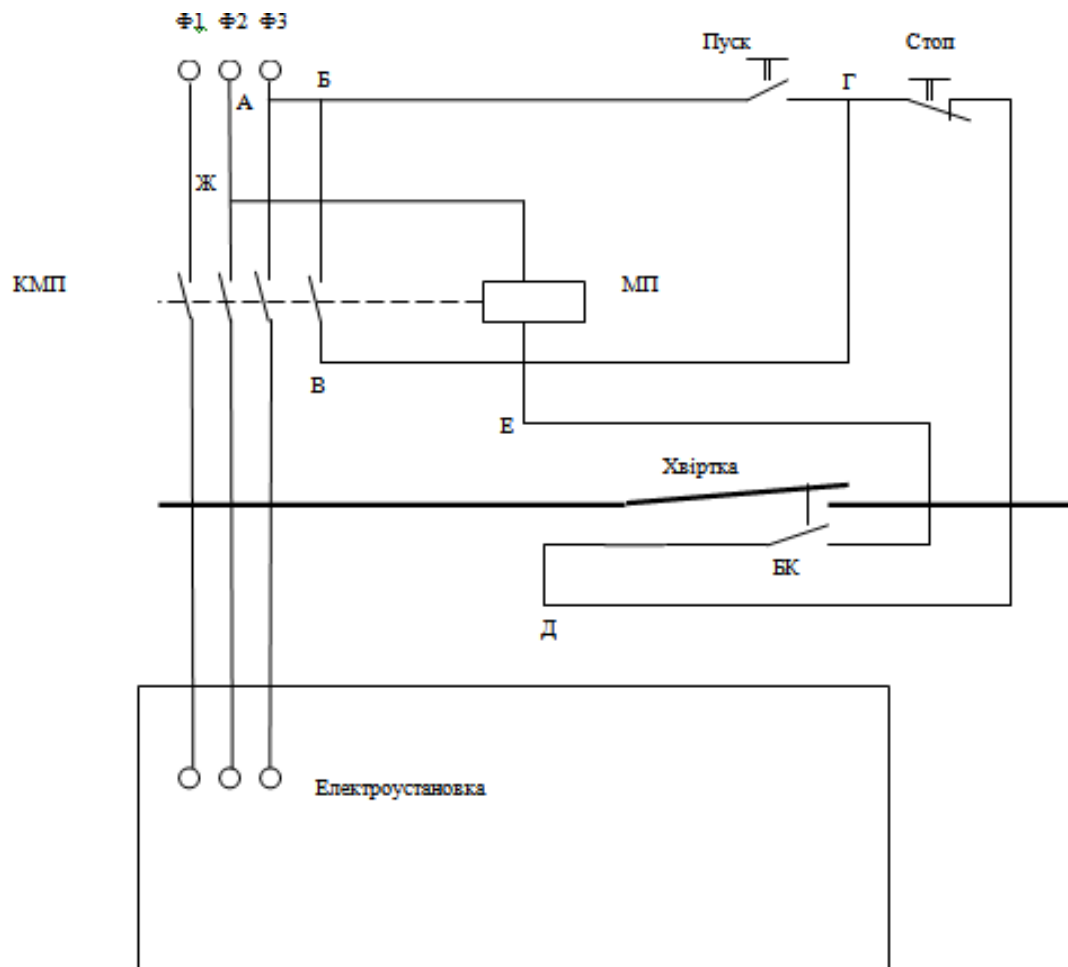


Рисунок 3.3 – Схема електричного блокування: МП – магнітний пускач; КМП – контакти магнітного пускача; БК – блок-контакти.

При роботі крана із закритою хврткою струм у ланцюгу керування йде шляхом АБВГ-Стоп-Д-БК-Е-МП-Ж, проходячи через магнітний пускач МП, який утримує у включеному стані контакти КМП.

При відкритті хвртки БК розмикаються, струм через МП перестає йти, контакти КМП відключають живлення. При обриві кола управління електроустановка вимикається так само, як і при відкриванні хвртки. Це запобігає можливості нещасного випадку при несправному ланцюзі блокування.

Струм не може бути поданий при закритті хвртки, оскільки замикання блокувальних контактів ще недостатньо: для включення електроустановки

потрібно обов'язково натиснути кнопку пуску. При цьому струм піде шляхом АБ-Пуск-Г-Стоп-Д-БК-Е-МП-Ж. Контакти магнітного пускача замкнуться, і при відпусканні кнопки пуску струм піде початковим шляхом. Тому, якщо оператор увійшов за огорожу, він не може опинитися під напругою. Вибираємо для встановлення магнітний пускач ПМ-711-25 [26].

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ЦГПТЛ

4.1 Оцінка пожежної небезпеки технологічного процесу

У прокатних цехах пожежі можуть бути з таких причин: несправність або неправильна експлуатація електроустаткування; зіткнення розпечених або нагрітих предметів з горючими матеріалами; вибухи горючих газів і пар легкозаймистих рідин.

У прокатному цеху обертаються такі речовини, небезпечні у пожежному відношенні [27]:

- природний газ (область займання 5...17%, температура самозаймання 530°C) – використовується як паливо у методичних печах;

- доменний газ (область займання 46...68%, температура самозаймання 500...600 °C) – використовується як паливо в методичних печах у суміші з коксовим та природним газами;

- коксовий газ (область займання 4,4...34%, температура самозаймання 640 °C) – використовується як паливо в методичних печах у суміші з доменним та природним газами;

- мінеральні масла (температура спалаху 150...180°C, температура самозаймання 250...400°C) – використовуються в системах гідроприводу, мастила, а також у складі мастильно-охолоджувальних рідин при прокатці;

- ацетилен (область займання 3,5...82%, температура самозаймання 335 °C) – використовується при газовому зварюванні та різанні металів;

- електрична ізоляція – гумова, бавовняна, пластикова.

Залежно від характеристики речовин та їх кількості, всі виробничі та складські приміщення поділяються за пожежною та вибухопожежною небезпекою на 5 категорій: А, Б, В, Г, Д.

Приміщення категорії А (вибухонебезпечні) характеризуються застосуванням або утворенням у виробничому процесі горючих газів і легкозаймистих рідин з температурою спалаху не більше 28°C у такій

кількості, що вони можуть утворювати вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, при запаленні яких розвивається надлишковий тиск вибуху, перевищує; речовин, здатних вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним (тиск вибуху при цьому ≥ 5 кПа). До ЦГПТЛ до цієї категорії належать газорозподільні та газорегуляторні пункти.

У приміщеннях категорії Б (вибухонебезпечні) знаходяться горючі пил або волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху більше 28°C, горючі рідини у такій кількості, що можуть утворювати пилоповітряні або пароповітряні суміші з надлишковим тиском вибуху 5 кПа. У ЦГПТЛ до цієї категорії відносяться майстерні ревізії підшипників.

У приміщеннях категорії В (пожежонебезпечні) знаходяться горючі та важкогорючі рідини, тверді горючі та важкогорючі речовини, речовини, здатні тільки горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним, за умови, що ці приміщення не належать до категорії А або Б. До категорії В відносяться в цеху гарячої прокатки склади мастильно-охолодних рідин, приміщення масляних трансформаторів, маслотунелі гідравлічних систем, електрокабельні приміщення, насосно-акумуляторні станції.

У приміщеннях категорії Г знаходяться негорючі речовини та матеріали у гарячому, розпеченому чи розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор та полум'я; горючі гази, рідини, тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо. До категорії Г відносяться відділення методичних печей, безперервного тонколистового стану 1680.

У приміщеннях категорії Д знаходяться негорючі речовини та матеріали у холодному стані. До цієї категорії належать відділення травлення, приміщення щитів управління, механічні та електроремонтні майстерні.

У прокатних цехах є велика кількість пожежонебезпечних ділянок, а деякі допоміжні виробничі приміщення є вибухопожежонебезпечними. Тому при проєктуванні прокатних цехів необхідно насамперед встановити

категорію пожежної небезпеки окремих ділянок та допоміжних приміщень.

Пожежонебезпечні ділянки в основному розташовані нижче за нульову позначку цеху, що висуває до них підвищені вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки..

4.2 Вогнестійкість будівельних конструкцій

Будівлі та споруди поділяються за ступенями вогнестійкості. Від ступеня вогнестійкості значною мірою залежить умови поширення пожежі. Ступінь вогнестійкості будівель визначається мінімальними межами вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальними межами поширення вогню за цими конструкціями. Ступінь вогнестійкості будівлі цеху гарячої прокатки – II. Такі будівлі мають несучі та огорожувальні конструкції з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових та плитових негорючих матеріалів. У покриттях будівель допускається застосовувати незахищені сталеві конструкції [28].

Допускається в будівлі застосовувати гіпсокартонні листи для облицювання металевих конструкцій з метою підвищення їхньої межі вогнестійкості. Для виділення робочих місць у межах приміщення допускається застосовувати перегородки їх гіпсокартонних листів із каркасом із негорючих матеріалів із межею вогнестійкості 0,5 год.

У будівлі не допускається виконувати облицювання зовнішніх поверхонь зовнішніх стін з горючих та важкогорючих матеріалів.

Не допускається облицювання з горючих матеріалів стін і стель у загальних коридорах, у сходових клітках.

У приміщеннях, в яких застосовуються або зберігаються горючі рідини (майстерні ревізії підшипників, приміщення масляних трансформаторів, маслотунелі гідравлічних систем), підлогу слід виконувати з негорючих матеріалів.

Межі вогнестійкості будівельних конструкцій та межі поширення вогню по них для даного ступеня вогнестійкості представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Мінімальні межі вогнестійкості та максимальні межі розповсюдження вогню для будівлі ЦГПТЛ

Будівельні конструкції	Межа вогнестійкості, год	Межа поширення вогню, см
<i>Стіни</i>		
несучих і сходових клітин	2	0
самонесучі	1	0
зовнішні ненесучі (зокрема з навісних панелей)	0,25	0
внутрішні ненесучі (у тому числі перегородки)	0,25	0
Колони	2	0
Сходові майданчики, косоури, сходи, балки, марші сходових кліток	1	0
Плити, настили (у тому числі з утеплювачем) та інші несучі конструкції перекриттів	0,75	0
<i>Елементи покриттів</i>		
плити, настили (у тому числі з утеплювачем) та прогони	0,25	0
балки, ферми, арки, рами	0,25	0

4.3 Протипожежні заходи

Протипожежні заходи можна поділити на організаційні та технічні. До організаційних заходів належать: організація добровільної пожежної дружини, створення пожежно-технічної комісії, організація евакуації у разі пожежі, проведення протипожежного інструктажу, навчання персоналу до прийомів гасіння пожеж.

Відповідальність за забезпечення протипожежного захисту несе роботодавець або особа, яка їм уповноважена.

За дотримання протипожежних правил на кожному робочому місці відповідає працівник. Він повинен правильно утримувати, своєчасно та

грамотно використовувати для гасіння протипожежний інвентар.

Пожежно-технічна комісія виявляє порушення та недоліки, що стосуються пожежної безпеки, у технологічних процесах, у роботі агрегатів, установок, структурних підрозділів; розробляє заходи, що їх усувають; проводить роз'яснювальну роботу з пожежної безпеки; спільно в адміністрацією бере участь у розробці інструкцій та правил пожежної безпеки для структурних підрозділів; перевіряє виконання протипожежних заходів тощо.

До технічних заходів відноситься дотримання необхідного ступеня вогнестійкості (II) – усі конструкції будівлі цеху складаються з вогнетривких та важкозгоральних матеріалів.

Біля методичних печей та прокатного стану не можна складати будь-які горючі матеріали, відходи виробництва.

Майстерні ревізії підшипників призначаються для ревізії, складання та дрібного ремонту підшипників рідинного тертя. Розташовуються майстерні в одному будинку з прокатним станом, валки якого працюють на підшипниках рідинного тертя. Пожежну небезпеку становлять гас і мастила, що використовуються для промивання та змащення підшипників. Температура спалаху парів гасу більше 28°C , тому дані приміщення відносяться до категорії Б та класу зони В-Іа.

Майстерні необхідно розташовувати на першому поверсі, переважно у торцях будівлі. Зовнішні огорожувальні конструкції необхідно виконувати легкоскиданими. Площа конструкцій, що легко скидаються, повинна бути не менше $0,03 \text{ м}^2$ на 1 м^3 внутрішнього об'єму приміщення. Майстерні ревізії підшипників повинні відокремлюватися від інших приміщень та коридорів протипожежними перегородками. У дверних отворах необхідно передбачати тамбури-шлюзи.

У приміщенні майстерні допускається наявність трохи більше 30 м^3 гасу. При цьому всі резервуари з гасом повинні бути обладнані легкими кришками, що не згорають. За наявності в резервуарах більше 1 м^3

легкозаймистих або 5 м^3 горючих рідин необхідно передбачати підземні аварійні резервуари для зливу рідин у разі пожежі, що розташовуються зовні будівлі на відстані не менше 1 м від глухих стін і не менше 5 м від стін, що мають отвори.

У приміщеннях майстерень електричне обладнання, прилади, світильники встановлюються у вибухозахищеному виконанні. Без засобів вибухозахисту допускається використовувати апарати та прилади, які за умовами роботи не нагріваються вище 80°C та не іскряться [29].

Щоб уникнути пожежі на газових комунікаціях, забороняється: користуватися факелом для відігрівання газопроводу та запірної арматури, а також для визначення місця витoku газу; застосовувати дерев'яні пробки для закриття штуцерів та отворів на газопроводах; витрачати газ у разі падіння його тиску в газопроводі до значення $<500 \text{ Па}$; складати поблизу газопроводу горючі матеріали; підпалювати газ, що випускається під час продування газопроводу.

Електрокабельне господарство має бути надійно захищеним від контакту з розжареними поверхнями та від механічного пошкодження.

Для одноповерхових будівель категорії Г, ступеня вогнестійкості II, площа поверху в межах пожежного відсіку не обмежується [30], тобто в протипожежних стінах не потрібно.

Протипожежні розриви між будівлею цеху та прилеглими будівлями та спорудами становлять: для будівель та споруд I, II та IIIa ступеня вогнестійкості, категорій А, Б, В – 9 м, категорій Г та Д – не нормується; III ступеня вогнестійкості – 9 м для всіх категорій, для решти – 12м [30].

4.4 Евакуація

З урахуванням великих площ прокатних цехів, особлива увага при проєктуванні повинна приділятися заходам щодо забезпечення безпечної евакуації людей у разі пожежі.

Евакуація вважається успішною, якщо вона може бути завершена протягом часу, при якому шкідливі впливи при пожежі не можуть вплинути на організм людини. Забезпечення безпеки руху людей пов'язане з кількістю евакуаційних виходів та шляхів, які відповідають певним вимогам.

Відповідно до [28] виходи вважаються евакуаційними, якщо вони ведуть:

- із приміщення першого поверху безпосередньо назовні або через вестибюль, коридор, сходову клітку;
- із приміщень інших поверхів у коридор, що веде до сходової клітки, або безпосередньо до сходової клітки;
- із приміщення до сусіднього приміщення на тому ж поверсі, забезпечене виходами, зазначеними у попередніх пунктах, за винятком приміщень категорій А та Б, а також через приміщення у будинках ШБ, IV, IVa та V ступенів вогнестійкості.

Кількість евакуаційних виходів із будівель, приміщень та з кожного поверху будівель приймається не менше двох, за деякими винятками. Евакуаційні виходи розташовуються зосереджено.

При врахуванні числа евакуаційних виходів брати до уваги ворота, призначені для в'їзду залізничного транспорту, не допускається. Також не можна брати до уваги хвіртки, розташовані в цих воротах.

Ширина шляхів евакуації повинна бути не менше 1 м, дверей – не менше 0,8 м. Висота проходу на шляхах евакуації повинна бути не менше 2 м. Довжину шляхів евакуації, що допускається, приймають залежно від обсягу приміщення, категорії та ступеня вогнестійкості. Для приміщення цеху гарячої прокатки тонкого листа найбільшої відстані до евакуаційного виходу не обмежується. Для майстерень ревізії підшипників ця відстань повинна становити не більше 25 м [28].

Двері на шляхах евакуації повинні відчинятися у напрямку виходу з будівлі. Висота дверей на шляхах евакуації має бути не менше 2 м. Зовнішні

евакуаційні двері будівель не повинні мати заборів, які не можуть бути відчинені зсередини без ключа.

У підлозі на шляхах евакуації не допускаються перепади висот менше 45 см і виступи за винятком порогів у дверях. У місцях перепаду висот передбачаються сходи з числом щаблів не менше трьох або пандуси з ухилом не більше 1:6. Влаштування гвинтових сходів, західних сходів, розсувних і підйомних дверей і воріт, а також дверей і турнікетів, що обертаються, на шляхах евакуації не допускається.

Виходи з допоміжних приміщень, розташованих у цеху, повинні передбачатися безпосередньо в цех, а не через якісь розташовані поруч приміщення.

4.5 Засоби гасіння пожеж

Вибір засобу гасіння пожежі та вогнегасної речовини диктується, передусім, класом пожежі, тобто, які речовини та матеріали можуть горіти у цьому приміщенні. У приміщеннях ЦГПТЛ можуть горіти тверді речовини – пластик, електроізоляція (пожежі класу А), рідини – мінеральні масла, мастильні емульсії, гас (пожежі класу В), горючі гази – і природний, коксовий, доменний та їх суміші (пожежі класу С) та електроустановки під напругою (пожежі класу Е).

При пожежах класу А найчастіше застосовується вода у вигляді компактних, розпилених та тонкорозпилених струменів.

Будівля цеху гарячої прокатки відноситься до категорії Г і має ступінь вогнестійкості II. Для таких будівель внутрішнє пожежогасіння не передбачено [29].

Витрата води на зовнішнє пожежогасіння становить для будівлі цеху гарячої прокатки з 35 л/с [29]. Зовнішнє пожежогасіння здійснюється від пожежних гідрантів. Розстановка гідрантів повинна забезпечувати гасіння пожежі в будівлі цеху не менше ніж від двох гідрантів.

Для гасіння пожеж класів А та В застосовують також повітряно-механічну та хімічну піни. Повітряно-механічна піна утворюється в піногенераторах або повітряно-пінних вогнегасниках. Вогнегасники бувають ручні та пересувні. Ручні вогнегасники застосовують для гасіння невеликих вогнищ пожеж. Вони розміщуються в легкодоступних та помітних місцях, де виключено попадання на них прямих сонячних променів та безпосередній вплив на них теплового випромінювання. Ручні вогнегасники навішують на вертикальні конструкції на висоті не більше 1,5 м від рівня підлоги до нижнього торця вогнегасника та на відстані не менше 1,2 м від дверей або встановлюють у пожежних шафах разом із пожежними кранами. Допускається також установка у спеціальних тумбах чи пожежних щитах. Повинна забезпечуватися можливість прочитання маркувальних написів на вогнегаснику, що висить.

Для гасіння електроустановок під напругою використовують інертні гази, вуглекислота, порошки. У разі невеликих спалахів електроустановок ефективно застосовувати вуглекислотні вогнегасники.

У виробничих приміщеннях обладнають протипожежні куточки, забезпечені ящиками з піском, ємностями з водою та пожежним щитом з набором інвентарю: лопат, гаків, сокир, багр, ведер тощо.

Майстерні ревізії підшипників, а також установки для промивання підшипників у гасі площею 500 м² та більше повинні обладнуватися автоматичними установками пожежогасіння. Найбільш ефективними у разі є установки пінного пожежогасіння. За меншої площі майстерень вони повинні обладнатися автоматичною пожежною сигналізацією із встановленням стаціонарних або пересувних повітряно-пінних вогнегасників.

Розрахуємо установку пінного пожежогасіння для майстерної ревізії підшипників для наступних умов:

- площа приміщення $S = 500 \text{ м}^2$;
- висота приміщення $h = 3,5 \text{ м}$;
- інтенсивність зрошення [29] $q = 0,45 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$;

- час роботи установки [29] $t = 10$ хв.

Необхідно визначити витрату розчину піноутворювача на гасіння пожежі та кількість зрошувачів.

Гасіння здійснюється спринклерними зрошувачами. Натиск перед такими зрошувачами має бути в межах 5...100 мм вод. ст. Приймаємо величину напору $H = 10$ м.

Визначаємо об'єм розчину піноутворювача:

$$V = 0,06Sqt = 0,06 \cdot 500 \cdot 0,45 \cdot 10 = 135 \text{ м}^3. \quad (4.1)$$

Для пожежогасіння вибираємо зрошувачі з діаметром вихідного отвору 20 мм.

Коефіцієнт продуктивності зрошувача [29] $k = 1,25$.

Витрата розчину через один зрошувач:

$$Q_o = k\sqrt{H} = 1,25\sqrt{10} = 3,95 \text{ л/с}. \quad (4.2)$$

Витрата розчину на все приміщення:

$$Q = qS = 0,45 \cdot 500 = 225 \text{ л/с}. \quad (4.3)$$

Кількість зрошувачів:

$$n = Q/Q_o = 225/3,95 = 57 \text{ шт.} \quad (4.4)$$

Як зрошувач приймаємо зрошувач пінний спринклерний ОПС-15(72)-02 (рис. 4.1). Технічна характеристика зрошувача наведена у табл. 4.2.

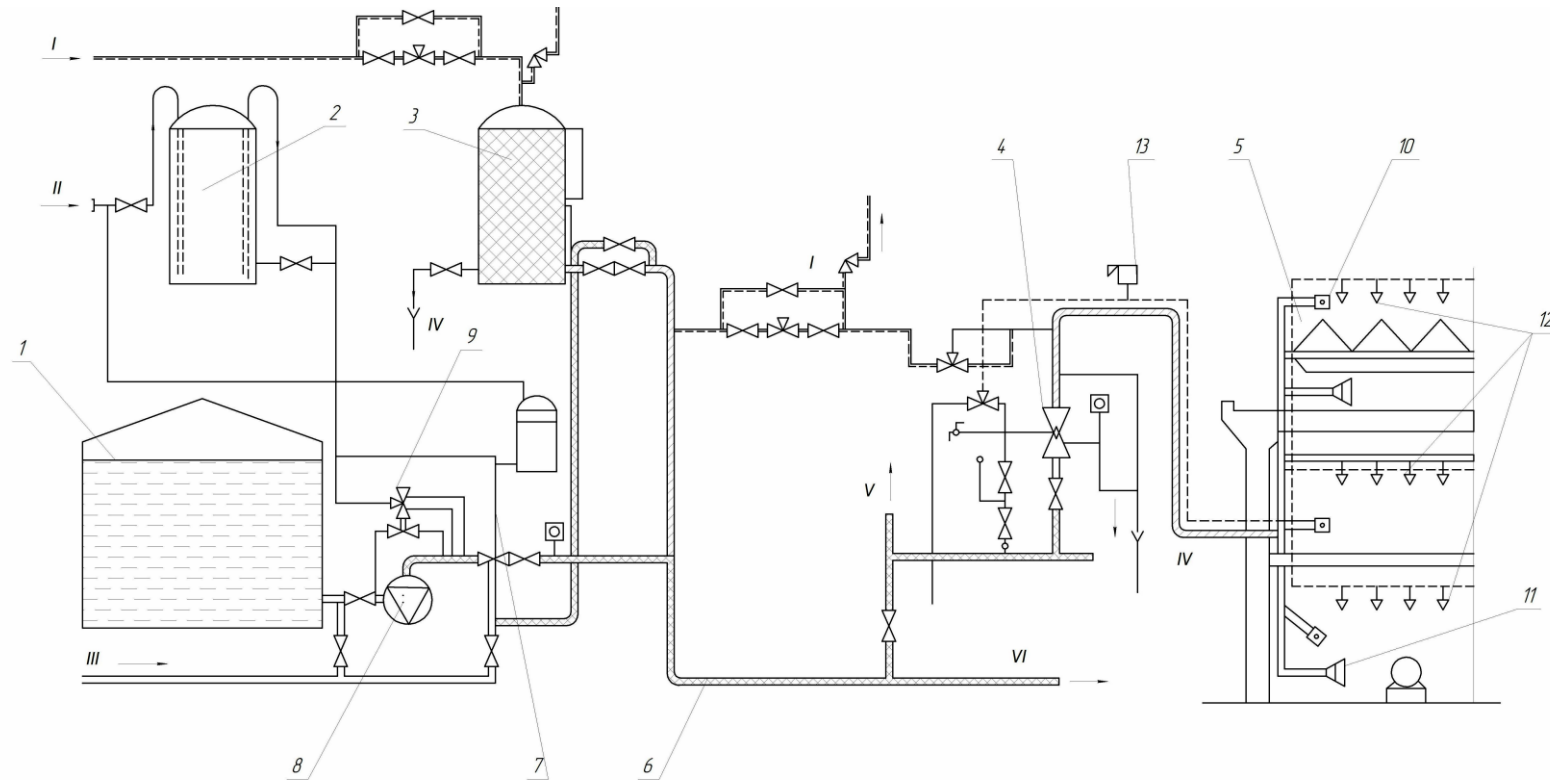


Рисунок 4.1 – Схема пінного пожежогасіння: I – повітря, II – піноутворювач, III – вода, IV – скидання у каналізацію, V – піноутворювач у сусіднє КПУ, VI – розчин піноутворювача у сусідню секцію; 1 – резервуар чистої води, 2 – ємність з піноутворювачем, 3 – автоматичний піноживильник, 4 – контрольно-пусковий вузол, 5 – пожежна секція, 6 – магістральний трубопровід подачі водного розчину піноутворювача, 7 – устаткування підживлення, 8 – основний піно живильник, 9 – автоматичний дозатор піноутворювача, 10 – зрошувач пінний, 11 – генератор пінний, 12 – спринклер пінний, 13 – звуковий сигнал.

Таблиця 4.2 – Технічна характеристика зрошувача ОПС-15(72)-02

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
Робочий тиск	МПа	0,15...1,0
Кратність піни	-	5...20
Площа, що захищається одним зрошувачем	м ²	12
Можливість безвідмовної роботи	%	> 99
Маса	г	130

ВИСНОВКИ

1. У кваліфікаційній роботі було проведено аналіз безпеки технологічних процесів та обладнання, гігієни праці та промислової санітарії, електробезпеки та пожежної безпеки у цеху гарячої прокатки тонкого листа. Зроблено розрахунки рівня безпеки процесу прокатки та прокатного стану, аерації, чиллера, віброізоляції, захисного занулення, пристрою захисного відключення, установки автоматичного пожежогасіння. Розроблено електричне блокування.

2. На підставі проведеного аналізу та розрахунків даються такі рекомендації:

- рівень безпеки процесу прокатки задовільний і становить 0,935; для його підвищення рекомендується ретельно контролювати рівномірність нагріву заготовок, вчасно та з належною якістю проводити профілактичні огляди та ремонти прокатного обладнання;

- для захисту від частинок окалини, що відлітають, рекомендується встановити огорожу з вуглецевої сталі висотою 1,6 м і товщиною 0,6 мм.

- для забезпечення прийнятних метеоумов на ділянці стану 1680 необхідна аерація з кратністю повітрообміну $51,2 \text{ год}^{-1}$;

- для охолодження повітря на посту керування прокатним станом пропонується використовувати чиллер (охолоджувач) фірми Daikin моделі EUW5KZW1;

- для віброізоляції чиллера необхідні 4 пружинні віброізолятори діаметром 36 мм;

- всі електроустановки, підключені до мережі з глухозаземленою нейтраллю напругою 380/220 В, повинні бути занулені; нульовий захисний провідник з алюмінію повинен мати площу перерізу $\geq 50 \text{ мм}^2$; як апарати захисту рекомендується використовувати автоматичні повітряні вимикачі АВ2Б;

- для захисту у разі дотику до струмоведучої частини, що знаходиться під напругою або дотику до заземленого (зануленого) корпусу при замиканні на нього фази, пропонується використовувати пристрій автоматичного відключення, що реагує на струм нульової послідовності РУД-024 з часом спрацьовування 0,05 с;

- пропонується електричне блокування хвіртки, що веде на майданчик мостового крана, з магнітним пускачем ПМ-711-25;

- для гасіння пожежі в майстерні ревізії підшипників пропонується автоматичне встановлення пінного пожежогасіння зі спринклерами ОПС-15(72)-02.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Млавець Ю.Ю. Охорона праці. Ужгород : ДВНЗ «УжНУ», 2015. 56 с.
2. Млавець Ю.Ю. Охорона праці в галузі. Ужгород : ДВНЗ «УжНУ», 2017. 72 с.
3. Прицип М.Г. Обладнання прокатних цехів Навчальний посібник для студентів ЗДІА металургійних спеціальностей денної та заочної форми навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 116с.
4. Сердюк І.А., Сердюк А.І., Куркчи В.Н., Савченко В.Г. Технологія прокатного виробництва в прикладах і розрахунках. Навчальний посібник. Частина 2. Виробництво сортового прокату. Маріуполь : ПДТУ, 2006 367 с.
5. Березуцький В.В., Березуцька Н.Л., Богодист А.О. Безпека людини у сучасних умовах: Монографія. Харків : ФОП Мезіна В.В., 2018. 208 с.
6. Березуцький В. В. Основи професійної безпеки та здоров'я людини : підручник. Харків : НТУ «ХП», 2018. 553 с.
7. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці : підручник. Львів : УАД, 2006. 336 с.
8. Зеркалов Д.В. Безпека життєдіяльності та охорона праці. Монографія. Київ : Основа, 2015. 978 с.
9. Сокурєнко В.В., Бандурка О.М., Бортник С.М. Безпека життєдіяльності та охорона праці : підручник. Харків : ХНУВС, 2021. 308 с.
10. Сакун М.М., Москалюк І.В. Основи охорони праці. Навчально-методичний посібник. Херсон : «Южполиграфсервис», 2013. 67 с.
11. Зеркалов Д.В. Наукові основи охорони праці. Київ : «Основа», 2015. 934 с.
12. Запорожець О.І., Протоєрейський О.С., Франчук Г.М., Боровик І.М. Основи охорони праці. Підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2009. 264 с.

13. Яремко З.М., Тимошук С.В., Третяк О.І., Ковтун Р.М. Охорона праці: навчальний посібник. Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2010. 374 с.
14. Пістуна І.П. Охорона праці (практикум): навчальний посібник. Львів : Тріада плюс, 2011. 436 с.
15. Коновалова О.В. Охорона праці. Практикум: навчальний посібник Київ : Центр учбової літератури 2015. 98 с.
16. Бондар А.О. Гігієна та санітарія в галузі : курс лекцій. Миколаїв : МНАУ, 2023. 38 с.
17. Лобойченко В.М., Шароватова О.П., Рибалова О.В. Виробнича санітарія: курс лекцій. Харків : НУЦЗУ, 2013. 128 с.
18. Ткачук К.Н., Филипчук В.Л., Каштанов С.Ф. Виробнича санітарія: навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2012. 443 с.
19. ДСН 3.3.6.037-99 «Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».
20. ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрацій».
21. Кундієв Ю.І., Яворський О.П., Шевченко А.М. Гігієна праці: підручник. Київ : ВСВ «Медицина», 2011. 904 с.
22. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (НПАОП 40.1-1.32-01): наказ Мінпраці України № 272 від 21.06.2001. Режим доступу <http://dsp.gov.ua/fond-npraop-2-chastyna/>
23. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою (ДСТУ Б В.1.1-36:2016) : наказ Мінрегіон України № 158 від 15.06.2016.
24. Панченко С.В., Акімов О.І., Бабаєв М.М. Електробезпека: підручник. Харків : УкрДУЗТ, 2018. 295 с.
25. Янчик О.Г., Райко В.Ф., Устинова Н.Д., Котлярова С.В., Ільїнська О.І. Організація електробезпеки в професійній діяльності: навчальний посібник для студентів першого (бакалаврського) та другого

(магістерського) рівнів із спеціальності 263 Цивільна безпека. Харків : НТУ «ХП», 2022. 304 с.

26. Гажаман В.І. Електробезпека на виробництві. Київ : «Охорона праці», 1998. 272 с.

27. Рожков А.П. Пожежна безпека: навчальний посібник. Київ : Пожінформтехніка, 1999. 256 с

28. Білим П.А. Основи пожежної безпеки : конспект лекцій для студентів денної та заочної форм навчання освітнього рівня «бакалавр» за спеціальністю 263 Цивільна безпека. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 45 с.

29. Фесенко Г.В. Конспект лекцій з курсу «Основи пожежної безпеки». Харків : ХНУМГ, 2013. 40 с.

30. Правила пожежної безпеки в Україні [Текст]. Харків : Форт, 2004. 174 с.