

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електронної інженерії та кіберфізичних систем  
(повна назва кафедри)

**Кваліфікаційна робота (проект)**

перший (бакалаврський)  
(рівень вищої освіти)

на тему Проект автоматизації безперервного стану  
осередної промисли 1680 в умовах металургій-  
ного виробництва. Система автоматичного  
регулювання товщини стиги

Виконав: студент 5 курсу, групи АКІТ-18-53  
спеціальності 151 „Автоматизація та  
комп'ютерна інтегрована техніка  
(код і назва спеціальності)

спеціалізації \_\_\_\_\_  
(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Автоматизація та  
комп'ютерна інтегрована техніка  
(код і назва освітньої програми)

Бакуняв Олександр Олександрович  
(підпис та прізвище)

Керівник к.т.н. доц. Міндуба Н.О.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент дист. директора ТОВ „Альфа  
Запоріжжя” Крост О.Т.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

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

Кафедра електричної інженерії та електромеханічних систем  
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)  
Спеціальність 151. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
Спеціалізація \_\_\_\_\_  
Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ року

ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Бамунову Олександр Олександровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи (проекту) Проект автоматизації безперервного стигну токарної проточки 1680 в умовах металургійного виробництва. Система автоматичного розроблення керівник роботи.  
Мінзіло Наталія Олександрівна, канд. техн. наук, доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, віснє звання)
- затверджені наказом ЗНУ від «29» зрудня 2022 року № 1894-с
- Строк подання студентом роботи 12.05.2023р.
- Вихідні дані до роботи технічна документація, технологічні інструкції, дані отримані під час проведення виробничої практики
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз існуючого рівня автоматизації, розробка розроблення, проєкт, сист. автом., розрах. надійності системи, ОПРАТБ, орг. забезпечення.
- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
функціональна схема автоматизації, принципів електричної схеми, монтажна-подружчійна схема, загальний вигляд, щита, схеми зовнішніх з'єднань.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та поєдла консультанта	Підпис, дата	
		завдання надані	завдання прийняті
1	Мінзіло Н.О., доцент		
2	Мінзіло Н.О., доцент		
3	Мінзіло Н.О., доцент		
4	Мінзіло Н.О., доцент		
5	Мінзіло Н.О., доцент		
6	Мінзіло Н.О., доцент		
7	Мінзіло Н.О., доцент		
8	Мінзіло Н.О., доцент		

7. Дата видачі завдання 20 березня 2023р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ в/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Визначення складових техніко-технологічного процесу	20.03 - 25.03 2023р.	виконано
2	Аналіз стану процесу та технології систем автоматизації	27.03 - 05.04 2023р.	виконано
3	Розробка технічного завдання	07.04 - 09.04 2023р.	виконано
4	Дослідження САР	10.04 - 16.04 2023р.	виконано
5	Вибір технічних рішень в автоматизації процесу регулювання	17.04 - 23.04 2023р.	виконано
6	Визначення логіки регулювання та вибору параметрів на виробництві	24.04 - 30.04 2023р.	виконано
7	Розробка техніко-економічних показників проекту	01.05 - 07.05 2023р.	виконано
8	Розробка проєкту роботи, проєкту технічних нормоконтролю	08.05 - 15.05 2023р.	виконано
9	Готуємо звіт	22.05 - 23.05 2023р.	

Студент

Бонюк  
(підпис)

О.О. Бонюк

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту)

(підпис)

Мінзіло Н.О.

(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

Воронюк  
(підпис)

Овчинникова Т.А.

(ініціали та прізвище)

## ЗМІСТ

Реферат	
Перелік умовних позначень	
Вступ.....	8
1 Вивчення особливостей функціонування прокатного стану.	
Аналіз існуючого рівня автоматизації .....	10
1.1 Безперервний стан холодного прокату 1680 і алгоритм його роботи.....	10
1.2 Прокатний стан, як об'єкт автоматизованого управління.....	20
1.3 Аналіз існуючого рівня автоматизації БСХП 1680 на ПАТ «Запоріжсталь».....	23
1.4 Розробка схеми матеріальних та інформаційних потоків.....	28
1.5 Стан рівня автоматизації на аналогічних об'єктах підприємств України та Зарубіжжя.....	31
1.6 Недоліки існуючої системи управління.....	32
2 Розробка технічного завдання.....	34
2.1 Вимоги до системи в цілому.....	34
2.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи.....	34
2.1.2 Вимоги до чисельності та кваліфікації персоналу.....	35
2.1.3 Вимоги до надійності системи в цілому.....	35
2.1.4 Вимоги до безпеки.....	36
2.1.5 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і зберігання системи і окремих елементів.....	38
2.1.6 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу.....	38
2.1.7 Вимоги до збереження інформації при аваріях.....	39
2.1.8 Вимоги до засобів захисту від зовнішніх впливів.....	39
2.1.9 Вимоги по стандартизації та уніфікації.....	39
2.2 Вимоги до функцій (задач), які виконуються системою.....	40

2.2.1	Вимоги до інформаційних функцій.....	40
2.2.2	Вимоги до функцій регулювання.....	42
2.2.3	Вимоги до функцій протиаварійних захистів.....	43
2.3	Вимоги до видів забезпечення.....	43
2.3.1	Вимоги до інформаційного забезпечення .....	43
2.3.2	Вимоги до лінгвістичного забезпечення .....	44
2.3.3	Вимоги до організаційного забезпечення .....	44
2.3.4	Вимоги до програмного забезпечення.....	45
2.3.5	Вимоги до математичного забезпечення .....	45
2.3.6	Вимоги до технічного забезпечення.....	46
3	Проектування системи автоматизації.....	47
3.1	Вибір та обґрунтування функціональної структури СА.....	47
3.2	Визначення принципів управління по кожному тех..параметру.....	47
3.3	Розробка математичної моделі системи управління.....	50
3.3.1	Визначення коефіцієнту випередження.....	50
3.3.2	Алгоритм розрахунку.....	51
3.4	Вибір та обґрунтування технічних засобів нижнього рівня СА..	57
3.4.1	Первинні перетворювачі, нормуючі пристрої, вторинні прилади.....	57
3.4.2	Промислові контролери.....	60
3.4.3	Виконавчі механізми та регулюючі органи.....	64
4	Розробка технічної документації.....	66
4.1	Функціональна схема автоматизації системи управління БСХП 1680.....	69
4.2	Принципова електрична схема регулювання товщини смуги...	69
4.3	Принципова електрична схема живлення САР товщини смуги..	70
4.4	Монтажна комутаційна схема щита КВП і А.....	70
4.5	Зовнішній вигляд щита та вид на внутрішні панелі.....	71
4.6	Схема зовнішніх з'єднань САР товщини смуги .....	72

5	Розрахунок надійності системи автоматизації.....	73
6	Замовна специфікації на весь комплекс технічних засобів системи автоматизації.....	77
7	Організаційне забезпечення системи автоматизації та розрахунок техніко-економічних показників.....	79
7.1	Аналіз техніко-економічних показників і розрахунок економічної ефективності.....	79
7.2	Розрахунок одноразових витрат на створення АСУ.....	80
7.3	Розрахунок експлуатаційних витрат на функціонування АСУ...82	
8	Техніка безпеки та охорони праці.....	87
8.1	Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих чинників, що впливають на працівника ЦХП-1.....	90
8.2	Заходи з поліпшення умов праці.....	95
8.3	Електробезпека.....	98
8.4	Пожежна безпека. Техногенна безпека.....	100
8.5	Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).....	103
	Висновки	
	Перелік посилань	
	Креслення	
	Демонстраційний плакат	

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АСУТП – автоматизоване управління технологічними процесами

АСУ – автоматизована система управління

ВМ – виконавчий механізм

БСХП – безперервний стан холодного прокату

НМ – натискний механізм

НГ – натискні гвинти

ЕОМ – електронна обчислювальна машина

САР – система автоматичного регулювання

ПЗ – програмне забезпечення

## РЕФЕРАТ

На пояснювальну записку до кваліфікаційної роботи бакалавра на тему: «Проект автоматизації безперервного стану холодної прокатки 1680 в умовах металургійного виробництва. САР тощини смуги.» в умовах відділення з виробництва жерсті і металу з покриттями при виробництві жерсті і стрічки ЦХП – 1 ПАТ «Запоріжсталь». Яка включає 107 ст. тексту, 11 рис., 16 табл., 14 найменувань переліку посилань та 6 креслень, 1 демонстраційний плакат.

Метою роботи є розробка системи автоматизації процесом виробництва холодного прокату на підприємстві ПАТ «Запоріжсталь», описан техпроцес виготовлення холоднокатаного прокату товщиною від 0,5 до 2,0 мм, шириною від 850 до 1500 мм в листах довжиною до 4000 мм і в рулонах масою до 15 т, смугу товщиною від 0,2 до 2,0 мм. Розглянуто існуючий рівень автоматизації і сформульовано завдання на проектування системи автоматичного регулювання.

У спеціальній частині розроблена функціональна схема автоматизації безперервного стану холодного прокату 1680, вибрані технічні засоби автоматизації, приведені основні розрахунки.

Розроблені принципова електрична, монтажна комутаційна схеми, схема зовнішніх з'єднань і спроектовано щит КВП і А.

У розділі охорони праці приведений аналіз небезпечних та шкідливих факторів та території ЦХП – 1 ПАТ «Запоріжсталь», розроблені заходи щодо їх запобігання.

В економічній частині проведено розрахунок необхідної кількості робочого персоналу. Виконано розрахунок річної економії, економічного ефекту від впровадження системи автоматизації, та рентабельності проекту.

САР, ТОВЩИНА, СМУГА, ПРОКАТ, СТАН, ВАЛКИ, КЛІТИ



## ВСТУП

Прокат металу є заключним етапом металургійного виробництва.

Розвиток сучасного прокатного виробництва базується на використанні більш сучасного нагрівального, прокатного і оздоблювального обладнання характеризується поточністю ряду технологічних процесів, операцій більш високими швидкостями і інтенсивним режимом роботи, підвищенням якості вихідного матеріалу.

На металургійних заводах більше 80% виплавленої сталі переробляється в різні види прокату: круглі, квадратні профілі; залізничні рейки, двотаврові балки, швелери, колеса, бандажі, труби, а також листи різної ширини і товщини.

Прокат є найбільш масовим видом конструкційних матеріалів і знаходить широке застосування в машинобудуванні, сільському господарстві, металообробці, будівництві, транспорті та інших галузях народного господарства а також оборонної промисловості.

Постачальником для прокатних цехів є сталеплавильні цеха.

Рідку сталь отримують в мартенівських, електричних і конверторних печах, розливають в спеціальні чавунні виливниці. Метал, затверділий у вигляді злитка, звільняють від виливниці і направляють на прокатку. На сучасних сортових і листових станах готовий прокат отримують безпосередньо із злитків на обтискних станах: блюмінгах і слябінгах, прокочують квадратні і прямокутні заготовки.

Основними операціями технологічного процесу прокату : нагрівання, прокатка, охолодження, оздоблення.

Вирішальним напрямком технічного процесу в металургії повинна бути комплексна механізація і автоматизація виробничих процесів, на основі яких можливо досягти нового підйому продуктивності праці, зниження собівартості витрат на виробництво і поліпшення якості продукції.

Дотримання постійного ритму процесу прокату є найбільш необхідною умовою продуктивної і якісної роботи.

ПАТ «Запоріжсталь» виробляє наступні види товарної продукції:

- переробний і ливарний чавун в чушках вагою 15 - 18 кг;
- сляби з вуглецевих, низьколегованих, легованих і нержавіючих сталей;
- прокат листовий - гарячекатаний і холоднокатаний;
- товщиною 0,5 - 6,0 мм і рулонах товщиною 0,5 - 0,8 мм з вуглецевих низьколегованих, легованих і нержавіючих сталей, шліфований і полірований лист з нержавіючої сталі;
- жесьь білу гарячого лудіння;
- жесьь чорну;
- стрічку сталеву;
- тонколистову сталь з полімерним покриттям (металопласт);
- холодногнуті профілі;
- кутики сталеві рівнополочні;
- кутики сталеві полками;
- швелери сталеві рівнополочні;
- швелери сталеві гнуті;
- профілі сталеві гнуті корита рівнополочні;
- профілі сталеві гнуті зетові;
- профілі сталеві гнуті С-образні рівнополочні;
- профілі замкнуті несварні прямокутні та квадратні;
- профілі сталеві гнуті листові з трапецієподібним гофром;
- профілі сталеві гнуті для вагонобудування.

Комбінат «Запоріжсталь» реалізує багатий асортимент прокатної продукції в багато областей України і країн світу, держав далекого і ближнього зарубіжжя.

# 1 ВИВЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРОКАТНОГО СТАНУ. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ

## 1.1 Безперервний стан холодного прокату 1680 та алгоритм його роботи

Підкатом служить гарячекатана смуга відповідно до СТП 226-23-84, з вуглецевої сталі після травлення, з нержавіючої та легованої сталі після термообробки і травлення.

Короткі рулони зварюють на зтикозварювальних машинах для поліпшення процесу прокату, підкат проходить через травильний агрегат, в якому міститься розчин сірчаної кислоти. За допомогою травлення видаляються дрібні поверхневі дефекти і окалина. Внутрішній діаметр гарячекатаного зварного рулону 710-730 мм, одинарного 740-760 мм, зовнішній діаметр рулонів 1159-1800 мм. Ширина смуги 1000 - 1400 мм. Максимальна маса протравленого рулону - 15 т.

Підкат, на поверхні якого виявлено дефекти – до прокату не допускають.

Сталлю називається сплав заліза і вуглецю, де процентний склад вуглецю становить до 2,14%.

Характеристика за розмірами і допустимими відхиленнями:

- холоднокатаний лист повинен відповідати вимогам ГОСТ 1050-74 (табл.1.1);
- холоднокатані смуги в рулонах для виробництва гнутих профілів - вимогам СТП 226.04.26 - 79 «Сталь смугова в рулонах для профілювання»;
- для виробництва металопласту - вимогам СТП 1-73;
- для виробництва жерсті - СТП 226-10-85.

Таблиця 1.1 - Марки сталі та розміри полос із вуглецевих сталей

Марка сталі	Документ регламентуючий хім. склад	Розміри холоднокатаних полос, мм		
		Товщина	Ширина	Товщина підкату
08 ПС	Внутрішньозаводськ і норми ГОСТ 1050-74	0,5	від 1000 до 1250	2,3
		0,5	від 1250 до 1400	2,5
		0,4	1220	2,0

Безперервний стан холодного прокату «1680» складається з чотирьох послідовно розташованих клітей - квадро і допоміжного обладнання: приймального і поворотного пристрою, скидача рулонів, розмотувача, валків, роликів прес-проводки, моталки барабанного типу, знімача і лінії збирання рулонів, механізму перевалки опорних валків та з маслосмазочного підвалу.

1. Приймальний пристрій з маніпуляторами призначений для прийому, накопичення рулонів і транспортування їх до поворотного пристрою. У пристрій входять пневматичні упори, відстань між упорами - 1900 мм. Ухил на похилій площині перед першим упором –  $8^{\circ}$ , другим –  $4^{\circ}$ . Відстань між бортами 1600 мм. Пристрій приймає 4 рулони, завантажуються рулони мостовим краном.

2. Поворотний пристрій призначений для прийому рулонів з приймального пристрою, повороту його навколо вертикальної осі на  $180^{\circ}$  і подачею рулонів на скидач, приймає один рулон, працює від електродвигуна потужністю 5 кВт, 910 об / хв.

3. Скидач рулонів призначений для прийому рулонів з поворотного пристрою, правильної установки його відносно поздовжньої осі розмотувача

і скидача рулонів в люльку розмотувача. Скидач складається з люльки-рольганга і переміщення пристрою. Характеристики скидача рулонів:

- ухил роликів рольганга: при прийманні рулонів –  $3^0$ ;
- при скиданні –  $0^0$ ;
- кут повороту люльки при скиданні –  $23^0$ ;
- тиск стисненого повітря 4 - 6 атм;
- швидкість переміщення упору 13,4 мм / с.

4. Розмотувач призначений для правильної установки рулонів щодо поздовжньої осі стану, повороту рулону в положення забезпечує можливість захоплення зовнішнього кінця смуги відгібачем, відгинання кінця смуги і завдання його в прес-проводку. Розмотувач складається з люльки, центрователя, електромагнітного відгібача і опорних роликів.

Характеристика розмотувача:

- швидкість підйому і опускання люльки - 20 мм / с;
- швидкість переміщення кареток центрователя - 84 мм / с;
- відстань між головками конусів максимальна - 1680 мм, мінімальна - 280 мм;
- діаметр головки - 710 мм;
- найбільше зусилля затиску конуса центрователя - 10 т;
- переміщення кареток від двигуна потужністю 30 кВт - 750 мм / с;
- підйомна сила електромагніта - 2 т;
- найбільший кут повороту важелів –  $62^0$ . Час підйому (опускання) важелів при мінімальному діаметрі рулонів - 2,5 сек;
- діаметри роликів прес-проводки - 305 мм;
- окружна швидкість ролика - 0,5 м / с.

5. Стан складається з чотирьох робочих клітей, в кожній з яких знаходиться по два опорних і два робочих валка.

Станини клітей закритого типу. Натисні пристрої однакової конструкції. Всі кліті мають гідравлічний врівноважувальний пристрій.

Напруга в мережі - 630 В. Навантаження на двигун головного приводу по клітям вимірюється амперметром типу М 362. Швидкість прокату по клітях - таховольтметром .

Привід валків від електродвигунів здійснюється через проміжні вали з зубчастої муфтою, шестеренних кліть і шпindelні з'єднання.

Характеристика валків:

- швидкість прокатки: максимальна робоча - до 10 м / с;
- заправна - до 0,5 м / с.

Натискні гвинти кожної кліті приводяться в рух від електродвигунів - 625 об / хв.

Електродвигуни натискного пристрою з'єднані електромагнітною муфтою для забезпечення спільної або роздільної роботи натискних гвинтів.

Контроль руху натискних гвинтів здійснюється за допомогою сельсина БД-501. Характеристика натисних пристроїв:

- верхнє положення натискного гвинта обмежується командо-апаратом;
- відстань між осями натискних гвинтів - 2700 мм;
- загальне передавальне відношення – 1026;
- швидкість переміщення натискних гвинтів при стисненні - 8 мм / хв.;
- при зворотному ході - 12,2 мм / хв.

6. Прокатні валки. Матеріал валків: робочих - сталь 9Х2МФ, 60Х2СМФ, опорних - сталь 9ХФ, осі - сталь 40ХН2МА. Робочі валки - цільноковані з загартованою поверхнею бочки. Опорні валки - з насадними бандажами. Розміри валків представлені в табл.1.2.

Твердість поверхні валків по ГОСТ 3541-79:

- робочих (бочка) - від 90 до 105 од;
- опорних (бочка) - від 70 до 85 од.

Таблиця 1.2 - Розміри валків

Валки	Розміри, мм							Вага, т
	Бочки			Шейки		Трефа		
	Макс.	Мін.	Довжина	Діаметр	Довжина	Діам	Довжина	
Робочі	510	465	1680	260	248	250	260	3,32
Опорні	300	210	1680	Конусна 800/658	1365	–	–	5,20

Привід валків здійснюється від електродвигунів, характеристики яких наведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 - Характеристика електродвигунів приводів валків

№кліті	Потужність двигуна, кВт	Число обертань двигуна, об/хв	Струм якоря, А	Межі швидкості прокату, м/с
1	3300	110/200	5610	2,75 - 5
2	3300	160/280	5580	4 - 7
3	3300	220/330/380	5550	5 – 8,3 – 9,5
4	3300	200/450	5550	5 - 10

Урівноваження верхніх опорних і робочих валків виробляється за допомогою гідравлічної системи з тиском масла – 105 атм.

Робочі і опорні валки - основний інструмент вальцювальника (рис.1.1). Валки розміщуються у вікнах станини, причому вертикальні осі робочих валків зміщені щодо вертикальних осей опорних валків до 10 мм в напрямку прокатки, є допустимим зміщення 1-ої кліті на 10 мм проти прокатки. Валки

прокатних станів виконують основну операцію прокатки - пластичну деформацію (обтиснення) металу. В процесі деформації металу обертові валки сприймають тиск, що виникає при стисненні металу, і передають цей тиск на підшипники.

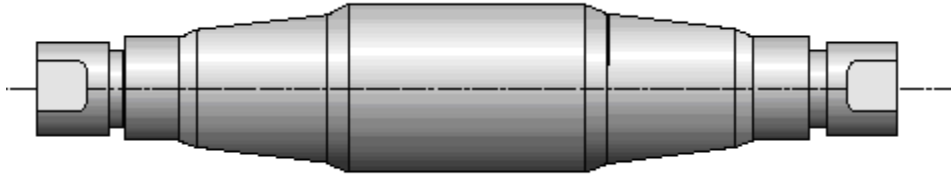


Рисунок 1.1 - Форма валка прокатного стану

7. Роликова прес-проводка призначена для створення натягу смуги перед першою кліттю в процесі прокатки. Складається з верхньої і нижньої рам, вузла роликів діаметром 140 мм і направляючого пристрою. Ролики змонтовані в касетах (по 4 ролика в касеті), які вставляються в пази, зроблені у верхній і нижній рамах. У верхній рамі встановлено п'ять рядів роликів, в нижній чотири ряди. Ролики останнього ряду верхньої рами встановлені в шаховому порядку по відношенню до попереднього ряду. Останні два ряди ролики нижньої рами зміщені по відношенню один до іншого і до попереднього ряду на 70 мм. Підйом верхньої рами проводиться за допомогою пневматичного циліндра. Характеристика роликової прес - проводки:

- діаметр поршня - 1000 мм;
- діаметр штока - 150 мм;
- хід поршня - 250 мм;
- тиск повітря в магістралі - 4 - 6 атм;
- робочий тиск в гідросистемі - 32 кгс / см , максимально допустимий
- 64 кгс / см ;
- хід проводкового столу при завданні смуги - 150 мм.



Натяг створюється роликовою прес-проводкою - 2,5 т - 6 т (по паспорту стану). Плоскі прес-проводки перед 2-й, 3-й і 4-й клітинами служать для створення натягу при випуску заднього кінця смуги з кліти. Хід робочого циліндра 500 мм - 400 мм (по паспорту).

8. Моталка барабанного типу – призначена для змотування прокатної смуги і створення натягу при прокатці. Характеристика моталки:

- діаметр барабана в розціпленого стані - 760 мм;
- довжина бочки барабана - 1790 мм;
- зменшення діаметра барабана моталки при знятті рулону - 20мм;
- натяг смуги створений моталкою - до 18 т.

Привід від двоякірного електродвигуна потужністю 2000 кВт, 200/550 об / хв через редуктор з передавальним відношенням рівним 2. Відкидна опора моталки при знятті рулону повертається на 90<sup>0</sup> за допомогою гідравлічного циліндра діаметром 160 мм з робочим ходом 340 мм.

9. Знімач рулонів призначен для зняття рулонів барабана моталки і подачі його в приймальний жолоб. Складається з візка з рухомою виделкою, люльки горизонтального циліндра і рухомого настилу. Характеристика знімача рулонів:

- максимальна вага рулону - 15 т;
- максимальний зовнішній діаметр рулону - 1600 мм;
- швидкість переміщення візка - 0,25 м / с;
- швидкість підйому люльки - 0,1 м / с;
- швидкість кантування рулону - 0,1 м / с;
- тиск в гідросистемі знімача - 32 кгм / см .

10. Лінія збирання рулонів зі стану призначена для приймання рулонів зі знімача моталки і передачі їх в проліт термічного відділення і складається з наступних вузлів:

- жолоби приймального пристрою зі зникаючим упорами, вбудованими в похилий жолоб і призначеними для утримання рулону в жолобі;

- приймальні не приводного рольганга з хитаючимися ґратами, призначеної для прийняття скочуємого рулону з жолоба і подачі його на приймальний приводний рольганг;

- транспортного рольганга, що складається з 13 двояко-конусних роликів, призначених для приймання рулонів з приймального рольганга, транспортування і передачі їх на кантувач;

- кантователя з вмонтованим в нього підйомним столом, призначеним для прийому рулонів, що надійшли по транспортному рольгангу і кантування їх у вертикальне положення;

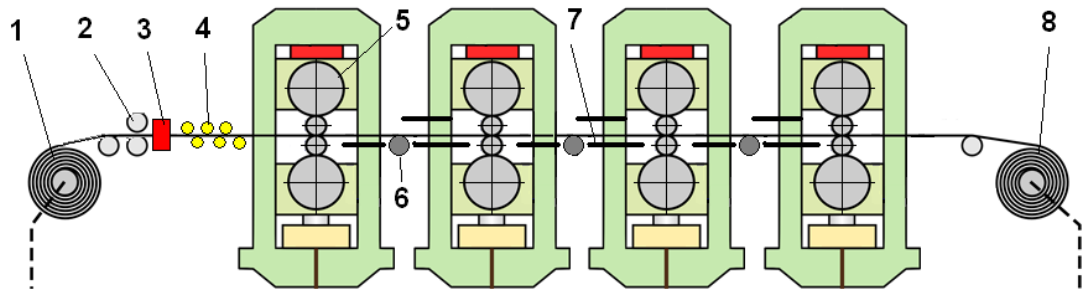
- ланцюгового транспортера з фотореле (для зупинки транспортера).

11. Механізм перевалки опорних валків призначен для зміни комплекту опорних валків з подушками. Характеристика механізму перевалки опорних валків:

- вага опорних валків з подушками - 106,6 т;
- вага переміщаються частин каретки - 5960 кг;
- швидкість руху каретки - 2 м / хв.;
- хід каретки - 4600 мм;
- передавальне число редуктора I – 258;
- електродвигун потужністю 11кВт, 685 об / хв.

12. Нижня частина стану складається з маслосмазочного підвалу, де знаходяться також резервуари з емульсією.

Режими обтиснень та швидкість прокатки наведені в табл. 1.4, при холодній прокатці смуг на безперервному чотирьох-клітьовому стані «1680» (рис.1.2).



1 - розмотувач; 2 – ролики подаючі; 3 – проводка роликів центруюча; 4 – стіл роликів проводковий; 5 – кліть робоча; 6 – ролик тензометричний; 7 – стіл проводковий; 8 - моталка

Рисунок 1.2 – Схема чотирьох - клітьового стану холодного прокату

Таблиця 1.4 - Режими обтиснень та швидкість прокатки

Початкова і кінцева товщина, мм	№ клітини	Товщина вихідної з клітини смуги, мм	Обтиснення		Швидкість прокатки м/с	
			Абс., мм	Суммарн., %	Ширина до 1250, мм	Ширина до 1600, мм
Для деяких марок сталей 10, 15, 20КП, 20ПС, 25, 20, Ст3СП						
2,0 – 0,7	1	1,30	0,70	35,0	3,7	–
	2	1,00	0,30	23,0	4,9	–
	3	0,80	0,20	20,0	6,1	–
	4	0,70	0,10	12,5	7,0	–
2,3 – 0,8	1	1,60	0,70	30,4	3,7	–
	2	1,20	0,40	25,0	4,9	–

Продовження табл.1.4

	3	0,90	0,30	25,0	6,2	–
	4	0,60	0,10	11,1	7,0	–
2,3 – 0,9	1	1,57	0,73	31,7	3,7	–
	2	1,23	0,34	21,6	4,8	–
	3	1,00	0,23	18,7	6,2	–
	4	0,90	0,10	10,0	7,0	–
2,5 - 1,0	1	1,70	0,75	30,0	4,1	–
	2	1,38	0,37	21,1	5,2	–
	3	1,12	0,26	18,8	6,4	–
	4	1,00	0,12	10,8	7,0	–
2,5 – 1,1	1	1,77	0,73	29,2	4,0	–
	2	1,42	0,35	19,8	5,1	–
		1,20	0,22	15,5	6,3	–
		1,10	0,10	8,3	7,0	–
2,5 – 1,2	1	1,82	0,68	27,2	4,4	–
	2	1,50	0,32	17,6	5,4	–
	3	1,30	0,20	13,3	6,5	–
	4	1,20	0,10	7,7	7,0	–

## 1.2 Прокатний стан як об'єкт автоматизованого управління

Основна задача прокатного виробництва складається з забезпечення необхідної якості прокату, в забезпеченні відповідності геометричних розмірів, форми, товщини, фізико-механічних властивостей і стану поверхні прокату заданим вимогам.

Обладнання прокатного стану розділяється на основне і допоміжне. Основне обладнання забезпечує прокат металу і складається з одної або декількох робочих клітин, в яких розміщуються прокатні валки. Допоміжне обладнання стану включає агрегати, пристрої і системи, призначені для переміщення прокатоного металу, його розмотування і змотування в рулони, нагріва і охолодження та інших допоміжних операцій.

Сучасні прокатні стани оснащені автоматизованими системами управління технологічним процесом прокатки (АСУ ТП) на основі мікропроцесорних контролерів і управляючих електронно-обчислювальних машин (ЕОМ).

Зазвичай система управління будується як ієрархічна система управління. Безпосереднє управління станом виконується локальними управляючими пристроями, які займають нижній рівень ієрархії. Середній рівень утворюють локальні системи, які управляють окремими ділянками стану. На верхньому рівні ієрархії розташовується система управління станом в цілому, взаємодія з його зональними системами управління. СУ різноманітних технологічних агрегатів, в свою чергу, підпорядковані системі управління всім технологічним комплексом підприємства (АСУП).

Функціональні задачі СУ прокатного стану можуть бути кваліфіковані за такими ознаками:

- стадія управління процесом;
- вид об'єкта управління;
- період управління;
- характер задачі управління;

- вид управляючих показників.

В залежності від стадії управління функції СУ підрозділяють на інформаційні та управляючі. До інформаційної функції відносять збір інформації о стані і поданні її в зручному для подальшого використання виді. До управляючих функцій відносять виробітку і реалізацію управляючих впливів на основі інформації про стан.

За видом об'єкта управління функціональні задачі СУ прокатного стану підрозділяють на задачі управління:

- прокатним станом в цілому;
- зонами стана і агрегатами технологічної лінії;
- окремими приладами і системами стана, агрегатів.

За характером функціональні задачі СУ можна поділити на задачі: підготовки стана до прокатки і задачі безпосереднього управління прокаткою.

Керуючі показники процесу прокатки на стані підрозділяють на змінні пристрої стану, які характеризують роботу приводів, пристроїв і систем стану (кутові швидкості обертання валків, переміщення натискних механізмів і т.д.), та технологічні змінні стану, безпосередньо характеризуючи процес прокатки (розміри поперечного перерізу прокатної полоси, товщина і т.д.). У відповідності з цим по виду управляючих показників функціональні задачі СУ прокатного стану підрозділяють на задачі управління змінними пристроями і технологічними змінними стану.

Моніторинг за проходженням металу, що рухається по всій технологічній лінії від складу заготовок, до складу готової продукції, є найважливішою інформаційною функцією СУ стану.

Управління станом при прокатці партії полос складається з підготовки стана до прокатки і управління процесом прокатки партії полос.

Підготовка стану до прокатки чергової партії полос включає розрахунок програми прокатки і настройку стана у відповідності з технологічними параметрами процесу прокатки даної партії.

Ціль розрахунку програми прокатки партії полос є визначення законів змінення завдань локальним системам управління в функції часу і положення полос в технологічній лінії стану, які забезпечують оптимальну прокатку.

Настройка стану полягає у видачі локальним системам завдань, які забезпечують приведення стану в початкове положення для прокатки чергової партії полос, та реалізацію цих завдань локальними системами. Розрахунок програми прокатки виконується зональними ЕОМ на основі характеристик партії полос таким чином, щоб забезпечити оптимальне протікання процесу прокатки.

Управління прокаткою партії полос включає управління темпом прокатки і управління станом при прокатці окремих полос партії. Управління темпом прокатки має ціль забезпечити прокатку полос на стані з оптимальними інтервалами між ними. Управління станом при прокатці окремої полоси партії можна підрозділити на підготовку стану до прокатки і управління процесом її прокатки.

Підготовка стану до прокатки чергової полоси партії включає корекцію програми прокатки і настройку стану. Корекція програми прокатки виконується з метою забезпечити оптимальну прокатку чергової полоси з урахуванням її фактичних характеристик. Настройка стану полягає в приведенні його пристроїв і систем в початковий стан для прокатки чергової полоси у відповідності з відкоректованою програмою прокатки. Корекція програми прокатки проводиться зональними ЕОМ. При прокатці першої полоси партії корекція виконується на основі інформації про відхилення фактичних характеристик полоси від характеристик партії, на основі яких розраховувалась програма. При прокатці наступних полос корекцію потрібно виконувати на основі інформації про відхилення характеристик чергової полоси від попередньої. Корекція програми прокатки і настройка для окремих зон (агрегатів) стану може проводитись після проходження половою попередніх зон стану і уточнення фактичних значень її характеристик.

Розрахунок програми прокатки проводиться перед початком прокатки партії полос, а її корекція може виконуватись перед прокаткою чергової полоси та перед черговим проходом.

### 1.3 Аналіз існуючого рівня автоматизації БСХП 1680 на ПАТ «Запоріжсталь»

Управління прокатним станом проводиться вальцювальниками на основі інформації від датчиків яка відображається на пульті оператора кожної кліті, настройка і управління станом проводиться вручну вальцювальниками.

Настройка стану має забезпечити:

- а) отримання смуги з необхідною на замовлення товщиною, рівномірної в поперечному перерізі і по довжині;
- б) оптимальний натяг смуги між клітями стану і моталкою;
- в) дотримання режиму обтиснень, передбаченого інструкцією;
- г) встановлення валків в горизонтальній площині.

Після заміни (перевалки) робочих валків включається натискний пристрій і відпускається верхній опорний валок. Коли навантаження на двигун досягне 20-40 А, поштовхом повертаються робочі валки і перевіряється обертання опорних валків. Якщо один з опорних валків не обертається, то знову включається натискний пристрій і валки додатково притискаються (приблизно до 50 А) до повного їх зіткнення. Як тільки опорні валки почнуть обертатися, проводиться запуск стану. При цьому валки, що обертаються, рясно поливаються емульсією по всій довжині бочки. При дотику валків між робочими валками буде від середини до країв бочки (у разі, коли верхній робочий валок опуклий, а опорний циліндричний) або до країв верхнього робочого і опорних валків (в разі, коли робочі валки опуклі або циліндричні, а верхній опорний опуклий). Валки вважаються встановленими правильно без перекосу, якщо відстань по краях валків в місцях проходу емульсії рівні.



Контроль за правильною упаковкою валків в кліті в процесі прокатки здійснюється за направленням переднього обтисненого кінця смуги при виході його з кліті. Напрямок переднього обтисненого кінця смуги при виході його з кліті. Направлені з переднього кінця смуги після виходу з 1-ї, 2-ї, 3-ї, 4-ї кліті (строго по осі прокатки) свідчить про відсутність перекосу валків. Зсув смуги усувається регулюванням натискних гвинтів: при зміщенні смуги в право від осі прокатки необхідно підняти лівий гвинт або опустити правий, при зміщенні смуги вліво - підняти правий або опустити лівий.

Після регулювання валків на паралельність вони встановлюються в умовлене нульове положення, що відповідає притиснення обертових валків з навантаженням на двигуни натискних гвинтів приблизно 20-40 А. Величина навантаження являє собою суму зазорів та інших деформацій деталей робочих клітей.

Настройка стану на прокатку смуги необхідної товщини проводиться на першому рулоні партії і здійснюється вальцювальником стану. Орієнтовна настройка стану на прокатку смуги проводиться на підставі рівності секундних обсягів металу проходять через кліті ( $V_1h_1 = V_2h_2 = V_3h_3 = V_4h_4$ ) при постійному контролі натягу і товщини смуги, де  $V$  - швидкість по клітям,  $h$  - товщина виходу з кожної кліті смуги.

Налаштування стану проводиться таким чином:

а) робочі валки встановлюються в положення умовного переднього притиснення, яке характеризується показаннями амперметрів двигунів натискного пристрою;

б) на тахометр «настройка стану» кожної кліті встановлюють швидкість прокатки, при цьому реостати «тонке регулювання» повинні знаходитися в середньому положенні;

в) в холосту підвищують швидкість клітей до робочої і порівнюють їх із заданими на тахометр. У разі невідповідності швидкостей заданим їх коректують до отримання потрібних;

г) задають передній кінець смуги у 1-у кліть і регулюють обтиснення в ній по вимірах товщини смуги ручним мікрометром, а потім регулюють обтиснення в наступних клітках, використовуючи показання приладів, контролюючих положення смуги;

д) після визначення і розподілу обтиску по клітинам вальцювальником перевіряються величини натягів між клітками і навантаження прокатних двигунів з тим, щоб вони не перевищували допустимих. Якщо навантаження прокатних двигунів перевищують допустимі, необхідно розподілити обтиснення, або швидкості по клітинам.

При зміні обтиснень в процесі настройки стану вальцювальник регулює швидкість прокатних двигунів реостатом тонкого регулювання таким чином, щоб натяг смуги між клітками залишався незмінним і відповідав значенням, зазначеним у технічній карті.

Наприклад, при збільшенні обтиснень в першій клітці збільшується швидкість її приводу або зменшується швидкість приводів другої і третьої клітці.

При заміні (перевалці) валків враховується різниця в діаметрах між заваленими і виваленими валками і відповідно цієї різниці (більшою чи меншою) коригується швидкість приводів реостатом тонкого регулювання, щоб натяг між клітками залишився не змінним.

Після настройки стану на заданий режим прокатки, вальцювальником за свідченнями продуктометрів, натисні гвинти на всіх клітках встановлюються в нульове положення. Зміни в показаннях продуктометрів проводяться вальцювальником в разі, якщо смуга яка виходить з даної клітці не буде відповідати товщині, зазначеній в режимі обтиснень.

Збурення в режимі обтиснень по кліткам стану при одних і тих же показаннях продуктометрів можуть бути з причин:

- а) зміни теплового режиму робочих і опорних валків;
- б) зміна товщини підкату;
- в) зміна початкової встановленої величини натягу між клітками;

г) зміна швидкості прокатки.

Допускається перевищення товщини смуги на передніх і задніх кінцях рулону (прокатаних на стані без натягу) довжиною до 10 м. Контроль товщини смуги що катається, проводиться на робочій швидкості прокатки радіоізотопними вимірювачами товщини. Натяг смуги між клітями стану в залежності від її розмірів повинно відповідати значенню натягу:

- натяг смуги між першою і другою клітями - 285 МПа;
- натяг смуги між другою і третьою клітями - 240 МПа;
- натяг смуги між третьою і четвертою клітями - 135 МПа.

Стан обладнаний системами подачі охолоджуючої рідини (емульсії): Е-1 - загальна система – для охолодження валків і для змащення смуги, і Е-2 система охолодження валків для 4-ї кліті. Стан може працювати як на загальній, так і на роздільній системах подачі емульсії. Прокатка металу проводиться з подачею емульсії на валки всіх чотирьох клітей стану. Регулювання подачі емульсії на валки здійснюється вальцювальником за допомогою накидних ключів на вентилях. Охолодження валків емульсією починається одночасно з прокаткою і припиняється із зупинкою стану.

Прокат смуги.

З захопленням переднього кінця смуги валками 1-ї кліті починається прокат смуги.

При проході переднього кінця смуги через стан для отримання заданої в режимі обтиснень товщини після кожної кліті необхідно збільшити обтиснення в 1, 2 і 3-ї клітях. З цією метою натискні гвинти першої кліті необхідно опустити на 0,7 - 1,0 мм (за продуктометрами), другої кліті - на 0,5 мм, третьої кліті на 0,3 мм нижче встановленого для даного розміру нульового положення.

При захопленні переднього кінця смуги валками 4-ї кліті натискні гвинти 1, 2 і 3-ї клітей піднімаються до початкового (за продуктометрами) нульового положення.

Завдання переднього кінця смуги в валки стану, прокатка його в 1, 2, 3 і 4-ї клітках завдання в зів барабана моталки проводиться на заправочній швидкості. При цьому вальцювальник попередньо налаштовує стан на певну товщину за показаннями ручного мікрометра.

При прокатці зварних рулонів передбачений автоматичний і ручний режими ділянки прокатки зварного шва.

При автоматичній роботі відбувається уповільнення стану перед ділянкою зварного шва методом фіксації міток (отвори) у кромки смуги за допомогою фотоелектричного датчика до обраної заправної швидкості з автоматичним впливом (опусканням) натискних гвинтів всіх 4-х клітей. Повернення натискних гвинтів в початкове положення після пропуску зварного шва виробляється вручну.

При виході зварного шва з 3-ї кліті відбувається автоматичний розгін стану.

При автоматичному управлінні на певній відстані від заднього кінця полоси відбувається уповільнення стану до заправної швидкості, при цьому включаються натискні гвинти 1- 4-ї кліті на додаткове обтиснення заднього кінця на величину(за продуктометрами): кліть 1 – 0,7 - 1,1 мм; 2 - 0,5 – 0,9 мм; 3 - 0,2 – 0,3 мм; 4 - 0,1 – 0,2 мм, в залежності від товщини смуги. При прокатці сталей з підвищеним вмістом вуглецю, натискні гвинти опускаються ще на 0,05 - 0,1 мм (за продуктометрами).

Програма додаткового обтиску заднього кінця рулону встановлюється перемикачами на посаді розмотувача.

При виході заднього кінця смуги з 1-ї кліті і зникнення натягу між 1 і 2 клітьями (а потім між 2 і 3-ю клітьями) на наступних між-клітьових проміжках натяг зберігається і величина його коригується перемикачами, встановленими на постах 3 і 4 клітей.

При ручному управлінні прокаткою заднього кінця смуги перед виходом його з розмотувача залишається приблизно 5 - 6 витків, необхідно знизити швидкість стану, одночасно з цим натяжні гвинти 1-ї і 2-ї клітей

опустити на 0,4 - 0,5 мм, 3 -ї кліті - на 0,2 - 0,3 мм, 4-ї кліті - на 0,1 - 0,2 мм (за продуктометрами) нижче нульового положення.

При подальшому зниженні швидкості до заправної повторно опускаються натискні гвинти 1-й і 2-й клітей до отримання заданої товщини смуги.

Під час прокатки заднього кінця смуги прес-проводки перед 2, 3 і 4-ї клітями повинні бути обов'язково притиснуті до смуги щоб уникнути порізу валків.

Після виходу заднього кінця смуги з кліті робочі валки встановлюються в початкове для даного профілю становище для приймання наступної смуги.

При розриві смуги між клітями необхідно перед завданням розірваної смуги в валки обрізати рваний кінець смуги (ручними ножицями).

На даний момент часу повністю автоматизована моталка і розмотувач прокатного стану 1680.

#### 1.4 Розробка схеми матеріальних та інформаційних потоків

Визначивши всі вхідні і вихідні сигнали мікропроцесорної системи управління, виконано проектне компонування контролера SIMATIC S7-400 для розподіленої СУ, на основі розглянутих алгоритмів автоматичного регулювання товщини холодного прокату на безперервному стані 1680 складено схему інформаційних потоків (рис. 1.3).

Потоки інформаційних сигналів:

I 1 – товщина підкату;

I 2 – товщина прокату за 1 кліттю;

I 3 - товщина прокату за 2 кліттю;

I 4 - товщина прокату за 3 кліттю;

I 5 - товщина прокату за 4 кліттю;

I 6 – натягнення смуги між 1 і 2 клітями;

- I 7 - натягнення смуги між 2 і 3 клітями;
- I 8 - натягнення смуги між 3 і 4 клітями;
- I 9 – швидкість прокату 1 кліті;
- I 10 - швидкість прокату 2 кліті;
- I 11 - швидкість прокату 3 кліті;
- I 12 - швидкість прокату 4 кліті;
- I 13 – швидкість роботи валків 1 кліті;
- I 14 – швидкість роботи валків 2 кліті;
- I 15 – швидкість роботи валків 3 кліті;
- I 16 – швидкість роботи валків 4 кліті;
- I 17 – розмір зазору між натискними гвинтами (НГ) 1 кліті;
- I 18 - розмір зазору між натискними гвинтами 2 кліті;
- I 19 - розмір зазору між натискними гвинтами 3 кліті;
- I 20 - розмір зазору між натискними гвинтами 4 кліті;
- I 21 - тиск масла гідравлічної системи врівноваження валків;
- I 22 – I 23 - витрата емульсії E1, E2;
- I 24 - сигнал про наявність зварного шва;
- I 25 – I 28 - швидкість роботи натискних механізмів (НМ) 1, 2, 3, 4 клітей.

Потоки керувальних сигналів :

- U 1 – керування налаштуванням стану на потрібну товщину прокату;
- U 2 - U 4 – регулювання сили натягу смуги між клітями 1 – 2, 2 – 3, 3-4;
- U 5 - U 8 – регулювання швидкості НМ 1 - 4 клітей;
- U 9 - U 12 – регулювання швидкості валків 1 – 4 клітей;
- U 13 - U 16 - керуючий вплив на регулювання швидкості прокату 1 - 4 клітей;
- U 17 – U 20 – регулювання зазору між НГ 1 - 4 клітей;
- U 21 – U 24 – регулювання тиску масла для врівноваження валків 1 - 4 клітей;

U 25 - U 28 – керуючий вплив на НМ (1 – 4 клітей) для пропуску зварного шва, або окалини.

Також за допомогою засобів ручного керування подаються наступні керуючі сигнали:

- регулювання витрати емульсії E1;
- регулювання витрати емульсії E2.

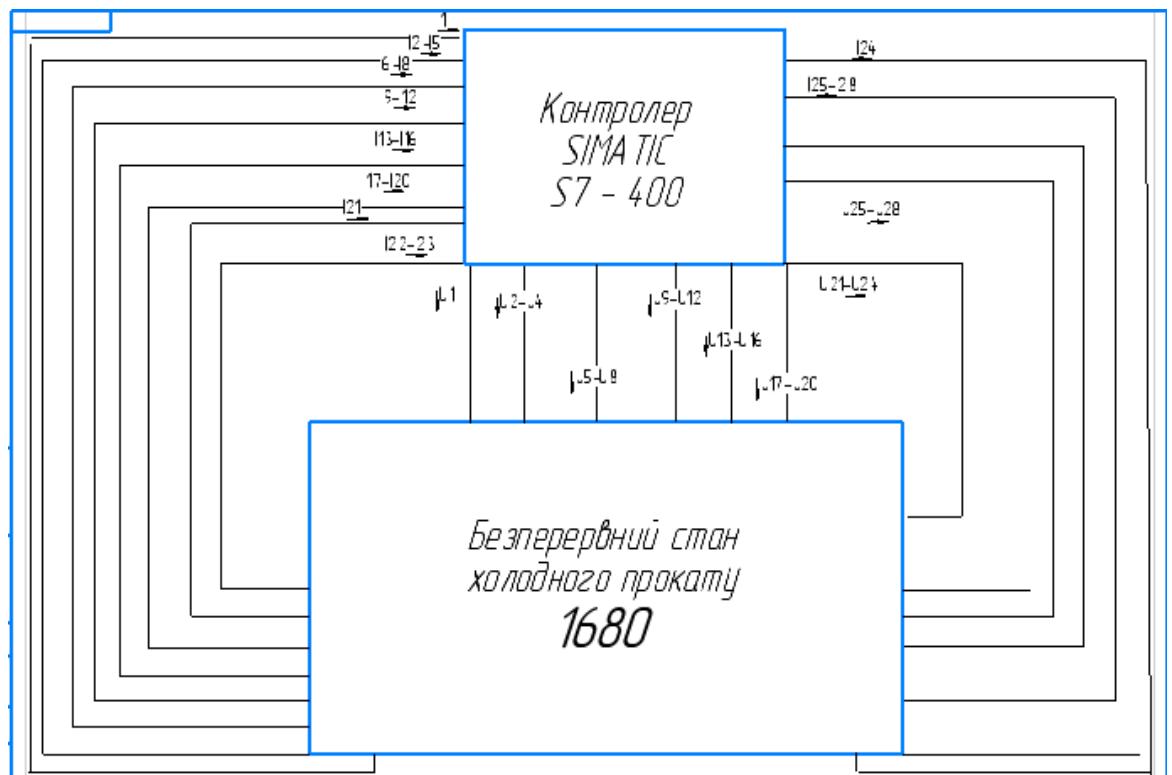


Рисунок 1.3 – Схема інформаційних потоків

## 1.5 Стан рівня автоматизації на аналогічних об'єктах підприємств України та Зарубіжжя

Розвиток і вдосконалення систем управління і автоматизації в металургійному виробництві пов'язаний як з розвитком і ускладненням самих металургійних машин і технологічних процесів, що реалізуються на них, так і з розвитком суміжних галузей промисловості, раніше усього приладобудування, техніки електроприводів, електронної і обчислювальної техніки.

Повною мірою усе сказане відноситься до найпоширеніших і найбільш складних в аспекті автоматизації і управління металургійним технологічним комплексам - прокатним станам. Роботи по автоматизації прокатного виробництва в нашій країні були розгорнуті у кінці 50 - х - початку 60 - х років ХХ століття. До цього часу відносяться роботи по комплексній автоматизації блюмінга № 2 Магнітогорського металургійного комбінату. У 1960 г. на безперервно - заготівельному стані "730/450" цього комбінату була впроваджена система автоматизованого управління розкром прокату на базі спеціалізованої обчислювальною машини «Сталь».

У ці ж роки були розроблені і виготовлені фотоелектричні вимірники ширини смуги, перші вітчизняні радіоізотопні і рентгенівські вимірники товщини гарячої і холодної смуги, створені вимірники сили прокату, натягнення смуг, температури металу і інших показників процесу прокату.

Науковою основою для створення систем автоматизації прокатних станів стала теорія прокатних станів як об'єктів управління, що базується на положеннях теорії прокату. Сучасна теорія прокату і конструкції прокатних станів отримали розвиток значною мірою завдяки роботам вітчизняних вчених А. І. Целикова, А. П. Чекмарева, Г. Л. Хімічовши, В. З. Смирнова, І. М. Павлова, І. Я. Тарновського, В. Л. Колмогорова, П. І. Напівхіна. Значний вклад в розробку теорії прокатних станів як об'єктів управління і створення систем автоматизації прокатних станів внесли Н. Н. Дружинин, І.



. М . Меерович, Ю . Д . Железнов, Г . Г . Григорян, А . б . Челюсткин, А . З . Філатов, В . І . Попельнух, В . До . Хотулев, Би . Н . Дралюк, В . Л . Стефанович, Би . б Тимо.

### 1.6 Недоліки існуючої системи управління

Основне обладнання безперервного стану холодного прокату 1680 було введено в експлуатацію в 1963 р.

Аналіз всіх дефектів, що виникають в процесі прокатки і правки (наприклад, відхилення по товщині, довжині і ширині, а також центральна і крайова хвилястість), які призводять до відбраковування продукції, показав, що їх частка становить 18% від усіх випадків дефектів при випуску готових виробів.

Недостатній рівень точності за абсолютною товщиною і незадовільні значення відносної товщини служать перешкодою для гнучкої роботи з замовленнями на вироби з жорсткими допусками по товщині. Постійно зростаючі вимоги споживачів є причиною для проведення великомасштабної модернізації стану з урахуванням перспектив розвитку ринку.

Модернізація існуючої автоматизованої системи управління на сучасну, з максимальною продуктивністю, надійністю, легкістю експлуатації і ремонту.

Нормальне функціонування цеху холодної прокатки неможливо без використання автоматичних систем управління технологічним процесом (АСУ ТП). Застосування АСУ дає позитивні результати на всіх етапах. Але особливо необхідно воно на основному технологічному агрегаті - безперервному прокатному стані, де в даний час багато керуючих операцій здійснюються вручну вальцювальниками зміни. На прокатному стані 1680 автоматизована лише моталка і розмотувач.

У завдання САР входить забезпечення сталості товщини смуги що катається , це компенсація значних коливань по товщині. Робота цієї системи

здійснюється за допомогою впливу на натискні пристрої, а також шляхом зміни швидкості обертання валків. За деякими даними, застосування CAP товщини смуги забезпечує прокатку 99% довжини смуги з відхиленнями від заданої товщини не більше 1-2% .

## 2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

### 2.1 Вимоги до системи в цілому

#### 2.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Структура і робота локальної системи автоматичного управління стану 1680 холодного прокату.

Основними локальними системами управління пристроями є:

- 1) системи управління швидкістю приводів клітей;
- 2) системи управління швидкістю обертання валків;
- 3) системи управління положення НМ.

Локальні системи управління технологічними параметрами включають:

- 1) систему регулювання натягу смуги між клітями стану;
- 2) систему регулювання товщини смуги;

Локальні системи управління технологічними параметрами безперервного стану холодної прокатки 1680 взаємодіють через стан між собою.

На рівні підсистем процесу виготовлення прокату, вимоги наступні:

- представлення інформації на вторинний цифровий перетворювач, реєструючий прилад, на контролер і операторські панелі;
- реалізація завдань програмно-логічного управління виробництвом прокату;
- періодичне опитування датчиків і виявлення їх стану;
- виявлення відхилень параметрів процесу вироблення прокату від регламентованих значень;
- видача звітних документів, що містять інформацію про кількість виготовленого прокату і витрату емульсії.

На рівні підсистем верхнього рівня, вимоги такі:

- розрахунок техніко - економічних показників за місяць, квартал, рік процесу виготовлення прокату.

- видача звітних документів на паперовий носій (1 раз на місяць).

### 2.1.2 Вимоги до чисельності та кваліфікації персоналу

Для обслуговування системи необхідні наступні співробітники: начальник ділянки (п'ятиденний графік в першу зміну), майстер ділянки КВПіА (3-х змінний робочий графік), оператор (3-х змінний почерговий робочий графік, 4 бригади), електрик (3-х змінний почерговий робочий графік, 4 бригади).

Для обслуговування системи необхідно 5 осіб в одній зміні.

Всім співробітникам потрібно пройти техніку безпеки. Оператор повинен вміти працювати зі SCADA-системами.

### 2.1.3 Вимоги до надійності системи в цілому

Кожна функція АСУ повинна відповідати вимогам надійності згідно з єдиною системою стандартів АСУ «Надійність автоматизованих систем управління. Основні положення».

В середньому АСУ ТП служить 7 років і виходить з ладу поелементно. Для забезпечення надійності системи необхідно забезпечити ремонт і експлуатацію згідно з графіком.

Відповідно до єдиної системи стандартів АСУ, при вирішенні питань, пов'язаних із забезпеченням необхідного рівня надійності АСУ, необхідно враховувати такі особливості АСУ:

- кожна АСУ є багатофункціональною системою, функції якої мають суттєво різну значимість і, відповідно, характеризуються різним рівнем вимог до надійності їх виконання;

- у багатьох АСУ можливе виникнення деяких виняткових (аварійних, критичних) ситуацій, що представляють собою поєднання відмов або помилок

функціонування системи і здатні привести до значних порушень функціонування об'єкта управління (аварій);

- у функціонуванні АСУ беруть участь різні види її забезпечення і персонал АСУ, які можуть в тій чи іншій мірі впливати на рівень надійності АСУ;

- до складу кожної АСУ входить велика кількість різномірних елементів, при цьому у виконанні однієї функції АСУ зазвичай беруть участь кілька різних елементів, а один і той же елемент може брати участь у виконанні кількох функцій системи.

#### 2.1.4 Вимоги до безпеки

##### Вимоги до безпеки обчислювальної техніки

Пристрої повинні бути сконструйовані і виготовлені таким чином, щоб при несправності, що виникають в процесі експлуатації, не створювалася небезпека для обслуговуючого (сервісного) і експлуатуючого персоналу (оператора) і навколишнього середовища.

Обчислювальна техніка передбачає наявність заземлення, техніку необхідно встановлювати вдалині від впливу високих температур, великої кількості пилу.

##### Вимоги до безпеки до електротехнічних виробів.

Відповідно до ССБТ «Справжній стандарт поширюється на електротехнічні вироби і встановлює загальні вимоги безпеки до їх конструкцій. Стандарт встановлює вимоги безпеки, що запобігають або зменшують до допустимого рівня вплив на людину: електричного струму; електричної іскри і дуги; рухомих частин виробів; частин виробів, що нагріваються до високих температур; небезпечних і шкідливих матеріалів, використовуваних в конструкції виробів, а також небезпечних і шкідливих речовин, що виділяються при його експлуатації: шуму й ультразвуку; вібрації; електромагнітних полів, теплового, оптичного і рентгенівського випромінювання».

### Допустимий рівень шумів на робочих місцях.

Для зменшення шуму, що виникає внаслідок вібрацій корпусів і деталей агрегатів, необхідно:

- зниження інтенсивності вібрацій випромінюючих шум, деталей агрегатів за допомогою облицювання їх поверхонь вібропоглинаючими матеріалами;
- зменшення зазорів в з'єднаннях деталей і усунення неправильного їх зчленування (перекосів і т.п.);
- акустична обробка приміщень - розміщення на внутрішніх поверхнях приміщення звукопоглинальних облицювань;
- зменшення шуму на шляху його поширення шляхом установки звукоізолюючої огорожі (перешкоди).

### Вимоги до безпеки від вібрації на робочих місцях.

Ослаблення вібрації досягають конструктивними і технологічними заходами:

- усуненням дефектів окремих частин системи;
- віброізоляція за допомогою пристроїв амортизаторів, тобто введення в коливальну систему додаткового пружного зв'язку;
- активний віброзахист - введення додаткового джерела енергії, що здійснює зворотний зв'язок від об'єкта, що ізолюється, до системи віброізоляції.

### Вимоги щодо захисного заземлення та занулення.

Відповідно до ССБТ «Справжній стандарт поширюється на захисне заземлення та занулення електроустановок постійного і змінного струму частотою до 400 Гц і встановлює вимоги щодо забезпечення електробезпеки за допомогою захисного заземлення, занулення. Стандарт не поширюється на захисне заземлення, занулення електроустановок, що застосовуються у вибухонебезпечних зонах, електрифікованому транспорті, суднах, в металевих резервуарах, під водою, під землею і для медичної техніки».

### Вимоги до вибухобезпеки.

Відповідно до ССБТ, виробничі процеси повинні розроблятися так, щоб ймовірність виникнення вибуху на будь-якій вибухонебезпечній ділянці протягом року не перевищувала 10. Вибухобезпека виробничих процесів повинна бути забезпечена організаційно-технічними заходами. Для забезпечення вибухобезпечного ведення виробничого процесу нормативно-технічною документацією на нього повинні бути встановлені коефіцієнти безпеки.

2.1.5 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і зберігання системи і окремих елементів

Система працює безперервно. Щомісяця система повинна проходити технічне обслуговування.

Живлення здійснюється змінною напругою 220В, а для окремих частин проводиться живлення = 24В за допомогою блоків живлення.

При виході з ладу будь-якого технічного засобу в системі, повинна бути передбачена заміна. Тому необхідно мати запасні вироби та прилади, у кількості 1шт. Прилади повинні зберігатись в шафах, закритих на ключ. Шафи повинні розміщуватися в опалювальних приміщеннях з температурою повітря 10-25°C, вологістю не більше 75%.

У приміщеннях з ЕОМ слід передбачати кондиціонування повітря, а також повинна підтримуватися температура повітря 15-25°C, вологість не більше 75%.

2.1.6 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу

Оператору, начальником ділянки видається логін і пароль, з параметрами доступу, необхідними для забезпечення функціонування системи.

2.1.7 Вимоги до збереження інформації при аваріях

При виникненні аварійних ситуацій вся інформація повинна зберігатися на сервері. Необхідно мати додатковий сервер. Якщо відбувається поломка основного сервера, запис відбувається на додатковий сервер. Також необхідно вести журнал змін, в який повинні вноситися всі дані і відомості про аварії і процеси, що протікають у системі, із зазначенням дати і часу.

#### 2.1.8 Вимоги до засобів захисту від зовнішніх впливів

Для забезпечення надійності системи контролер, всі перетворювачі, пускачі повинні встановлюватися в герметичні шафи. У приміщеннях з шафами повинні бути встановлені кондиціонери. Показуючі прилади на ділянках КВПіА повинні бути встановлені на щитах, під спеціальними кришками для захищеності від пилу.

#### 2.1.9 Вимоги по стандартизації та уніфікації

Всі технічні засоби повинні мати номер уніфікації і бути стандартизовані по міжнародній системі УСО.

Необхідно використовувати раціонально обмежену кількість типів датчиків аналогових і дискретних сигналів, а також вторинних вимірювальних та інших перетворювачів з існуючих уніфікованих рядів.



## 2.2 Вимоги до функцій

### 2.2.1 Вимоги до інформаційних функцій

Вимоги до інформаційних функцій наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Вимоги до інформаційних функцій

Параметр	Од. вимір юванн я	Діапазон вимірювання	Місце та періодичніст ь отримання	К-ть одно- типних пара- метрів
Товщина підкату	мм	2 – 2.5	ВТ-501 (раз на 1 сек), АРМ оператора (раз на 5 сек), запис на сервер	1
Товщина прокату 1-4 кл.	мм	0.4 – 0.5	ВТ-501 (раз на 1 сек), АРМ оператора (раз на 5 сек), запис на сервер	4
Натягнення смуги між 1 – 2, 2 – 3, 3 – 4 клітями	мПа	135 - 240	Тензоролік з датчиком тиску ДМ5007 (раз на 1 сек), АРМ оператора (раз на 5 сек), АРМ керівника (раз на 10 сек), запис на сервер	3

Продовження табл.2.1

Швидкість прокату 1-4 клітей	м/с	0.5 - 10	ДИФ12 (раз на 1 сек), АРМ оператора (раз на 5 сек), запис на сервер	4
Швидкість роботи валків 1-4 кліті	об/хв.	110 - 450	ДИФ12 (раз на 1 сек), АРМ оператора (раз на 5 сек), запис на сервер	4
Витрата емульсії E1, E2	т/год	15	МЕТРАН 370 (раз на 1 сек), АРМ оператора (раз на 5 сек), АРМ керівника (раз на 10 сек), запис на сервер	2
Сигнал про наявність зварного шва			Фотодатчик PEPPERL- FUCHS (раз на 1 сек), АРМ оператора (раз на 5 сек), АРМ керівника (раз на 10 сек), запис на сервер	1
Розмір зазору між НГ 1 -4 клітями	мм	0.2 – 0.9	Продуктоме тр (раз на 1 сек), АРМ оператора (раз на 5 сек), запис на сервер	4

Продовження табл.2.1

Тиск масла гідравлічної системи 1-4 клітей	мПа	0.2 – 0.5	ДМ5007 (раз на 1 сек), АРМ оператора (раз на 5 сек), АРМ керівника (раз на 10 сек), запис на сервер	4
Швидкість роботи НМ 1-4 клітей	об/хв.	600 - 650	ДИФ12 (раз на 1 сек), АРМ оператора (раз на 5 сек), запис на сервер	4

## 2.2.2 Вимоги до функцій регулювання

Вимоги до функцій регулювання наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Вимоги до функцій регулювання

Параметр	К-ть одно-типних параметрів	Діапазон зміни параметра	Місце розташування
Керування налаштуванням стану на потрібну товщину прокату	1		Головний двигун прокатного стану
Регулювання зазору між НГ 1 - 4 клітей	4		Двигуни НМ 1 – 4 клітей
Керуючий вплив на НМ (1 – 4 клітей) для пропуску зварного шва, або окалини	4		Двигуни НМ 1 – 4 клітей
Швидкість роботи прокатного стану	1	1100 - 3000 об/хв	Двигун прокатного стану
Швидкість роботи валків	4	110 - 450 об/хв	Приводи валків

Продовження табл.2.2

Швидкість роботи НМ	4	625 об/хв	Двигуни НМ
Швидкість обертання двигунів 1, 2, 3, 4 клітей	4	750 об/хв	Двигуни 1 – 4 клітей
Регулювання тиску масла в системі врівноваження валків	4	105 атм.	Система врівноваження валків 1-4 клітей
Регулювання натягу смуги між 1 – 2, 2 – 3, 3 – 4 клітями	3	До 285 мПа	Двигуни 1-4 клітей

### 2.2.3 Вимоги до функцій протиаварійних захистів

Під час аварії на екрані ЕОМ верхнього рівня з'являється інформація в текстовому вигляді.

На мнемосхемах передбачена кольорова індикація передаварійних і аварійних елементів системи.

Передбачена можливість аварійної зупинки АСУ прокатним станом оператором при виникненні аварійних ситуацій.

Також передбачена можливість зупинки АСУ прокатного стану при зникненні напруги основного джерела електроенергії.

## 2.3 Вимоги до видів забезпечення

### 2.3.1 Вимоги до інформаційного забезпечення

Інформаційне забезпечення АСУ прокатним станом 1680, включає в себе наступні категорії даних:

- поточні значення технологічних змінних, що надходять до системи в результаті опитування датчиків і первинного перетворення інформації;

- межі змінних різних рівнів, настроювання алгоритмів управління, інформація прив'язки програмного забезпечення до конкретного об'єкта;
- тексти програм і завантажувальні модулі.

Склад, структура і способи організації даних в системі визначені на етапі технічного проектування. Доступ до даних наданий тільки авторизованим користувачам з урахуванням їх службових повноважень, а також з урахуванням категорії запитуваної інформації.

Структура бази даних організована раціональним способом, що виключає одноразове повне вивантаження інформації, що міститься в базі даних системи.

Технічні засоби, що забезпечують зберігання інформації, використовують сучасні технології, що дозволяють забезпечити підвищену надійність зберігання даних і оперативну заміну обладнання.

До складу системи входить спеціалізована підсистема резервного копіювання та відновлення даних.

### 2.3.2 Вимоги до лінгвістичного забезпечення

Вся текстова інформація на екранах моніторів і у друкованих звітах представлена українською мовою.

На мнемосхемі оператора використовується шифровка основних параметрів.

### 2.3.3 Вимоги до організаційного забезпечення

Організаційне забезпечення системи є достатнім для ефективного виконання персоналом покладених на нього обов'язків при здійсненні автоматизованих і пов'язаних з ними неавтоматизованих функцій системи.

До роботи з системою допускаються співробітники, які мають навички роботи на персональному комп'ютері, ознайомлені з правилами експлуатації і пройшли навчання роботі з системою.

#### 2.3.4 Вимоги до програмного забезпечення

Програмне забезпечення (ПЗ) забезпечує простоту і зручність настройки і налагодження системи, можливість додавання нових функцій без зміни функціонуючого ПЗ у системі.

Програмне забезпечення в залежності від класу безпеки відповідає рекомендаціям МЕК 60880, МЕК 60880-2, МЕК 61138, МЕК 61513, ГОСТ Р ISO / ІЕС 12207-99 і РД ЕО 0554-2005 і є максимально уніфіковано.

Програмне забезпечення (ПЗ) розроблено на основі загального та спеціального програмного забезпечення.

Загальне ПЗ включає операційні системи, засоби підготовки та налагодження програм, програми для перевірки працездатності обчислювального комплексу.

Спеціальне ПЗ, має забезпечувати реалізацію всіх функцій управління і контролю в режимі реального часу.

Базовою програмною платформою має бути операційна система Windows 10.

#### 2.3.5 Вимоги до математичного забезпечення

До складу математичного забезпечення, входять методи й алгоритми обробки інформації, контролю та управління об'єктами, що використовуються для розробки програмного забезпечення та функціонування СУ.

Для типових завдань і алгоритмів розроблено альбом стандартних алгоритмів контролю і управління.

Методи та алгоритми представлені у формі, що допускає їх реалізацію в програмному забезпеченні.

### 2.3.6 Вимоги до технічного забезпечення

Для забезпечення роботи системи необхідні різноманітні технічні засоби, від первинних перетворювачів до ЕОМ. У даній системі використовуються різні первинні перетворювачі для вимірювання товщини, тиску, швидкості, витрати та ін. з уніфікованим вихідним сигналом по току 4-20 мА. Всі технічні засоби працюють з уніфікованими сигналами по току та дискретними сигналами.

### 3 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

#### 3.1 Вибір та обґрунтування функціональної структури СА

Найбільш ефективними засобами управління технологічними об'єктами є розподілені автоматизовані системи управління (АСУ ТП), які структурно складаються з трьох рівнів:

- рівень датчиків і вимірювальних пристроїв, які контролюють технологічні параметри, а також виконавчих пристроїв, що впливають на параметри процесу;

- рівень контролерів, які отримують інформацію з датчиків і вимірювальних приладів про стан технологічного процесу та здійснюють керувальний вплив на виконавчі пристрої;

- рівень автоматизованого робочого місця оператора, звідки здійснюється збір даних, візуалізація та диспетчеризація ходу технологічного процесу.

Тому, розробляючи проект автоматизації технологічним процесом, використовуються такі методи контролю і алгоритми управління параметрами, та такі технічні засоби автоматизації, які забезпечили б не лише поліпшення якості готової продукції, а й підвищення продуктивності промислового агрегату.

#### 3.2 Визначення принципів управління по кожному технологічному параметру

Для організації автоматизованого управління прокатним станом підтримуються на заданому значенні такі параметри, як швидкість оборотів головного двигуна прокатного стану, швидкість обороту двигунів валків, натисних механізмів, регулювання заданої швидкості прокату по клітям, регулювання натягу смуги. Регулювання зазору натисних гвинтів для



пропуску зварного шва, або окалини, щоб запобігти розколу валків, регулювання витрати емульсії для охолодження валків і змащення смуги клітей 1-3 та для охолодження валків 4 кліті, регулювання тиску масла в системі врівноваження валків на заданому рівні.

Регулювання товщини прокату реалізується за допомогою одноконтурної САР. Основне регулювання здійснюється за збуренням на основі зібраних датчиками даних (рис.3.1).

Товщина смуги вимірюється вимірником товщини за 1-ю кліттю і порівнюється із заданою.

Отриманий сигнал неузгодженості впливає на:

- а) переміщення НМ 1-ї кліті;
- б) зміна швидкості 1-ї кліті.

Далі товщина смуги виміряна вимірником товщини за 2-ою кліттю порівнюється із заданою. Отриманий сигнал неузгодженості впливає:

1) по відхиленню на:

- а) зміну швидкості 1-ї кліті;
- б) переміщення НМ 2-ї кліті.

2) за збуренням через блок регульованого запізнювання на:

- а) зміну швидкостей клітей 1 і 2;
- б) зміну швидкості кліті 3 (в протилежному напрямку швидкостям клітей 1 і 2);

в) зміна швидкостей клітей 1 2 3 для ліквідації різнотовщинності якщо не виправили товщину каналів (Б) і (Г);

г) переміщення НМ 3-ї кліті.

Після цього товщина смуги виміряна вимірником товщини за 3-й кліттю порівнюється із заданою. Отриманий сигнал неузгодженості впливає:

1) по відхиленню на:

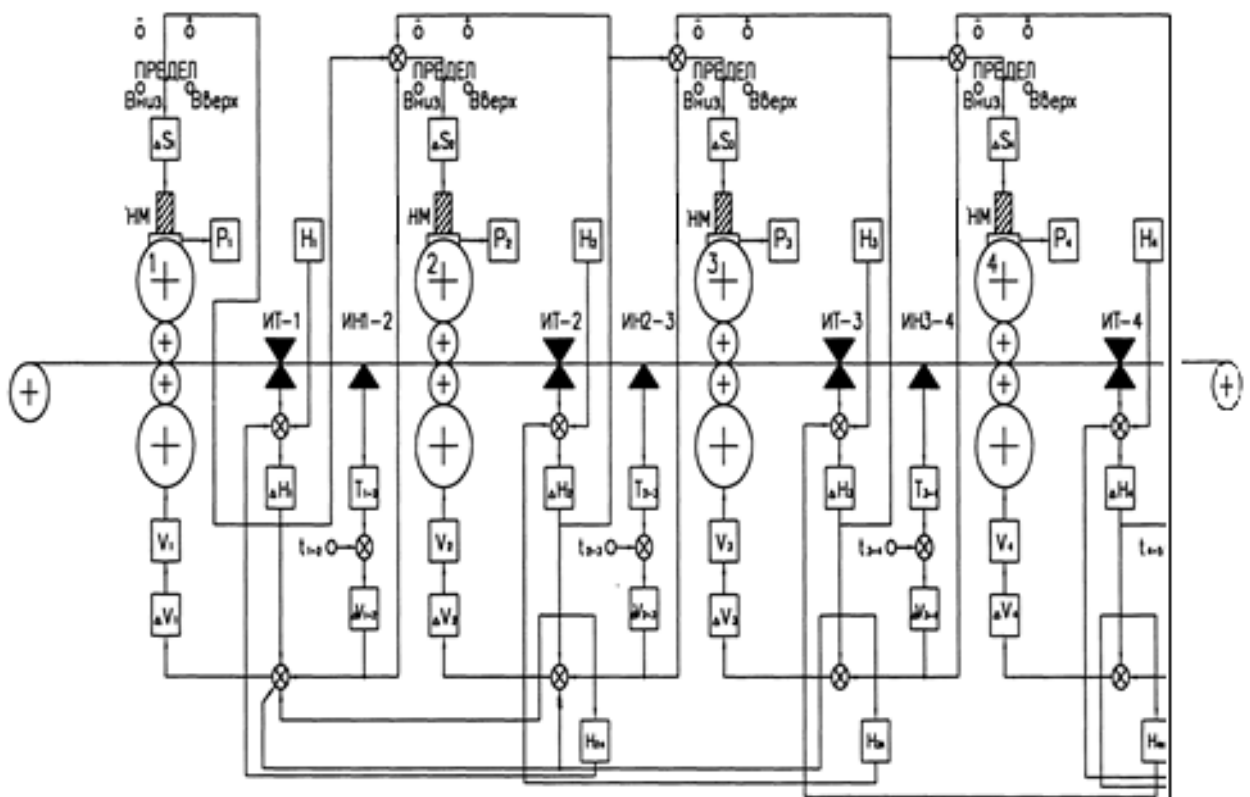
- а) зміну швидкостей клітей 1 2;
- б) переміщення НМ 3-ї кліті.

2) за збуренням через блок регульованого запізнювання на:

- а) зміну швидкостей клітей 1.2.3;
- б) зміна швидкості 4-ї кліті (у протилежному напрямку швидкостям 1, 2, 3 клітей);
- в) переміщення НМ 4-ї кліті.

Потім товщина смуги виміряна вимірником товщини за 4-ю кліттю порівнюється із заданою. Отриманий сигнал неузгодженості впливає:

- а) переміщення НМ 4-ї кліті;
- б) зміна швидкості 4-ї кліті.



НМ – натисний механізм, ИТ – вимірювач товщини, ИН – вимірювач натягу, Н1, Н2, Н3, Н4 – уставки товщини; t – уставка натягу

Рисунок 3.1 - Структурна схема основних впливів регулювання комплексу САР

### 3.3 Розробка математичної моделі системи управління

#### 3.3.1 Визначення коефіцієнта випередження.

Налаштування швидкісного режиму - одна з основних функцій системи автоматизації безперервного стану. Її задача - по заданій швидкості смуги на виході з останньої кліті, виходячи з режиму обтиснень і закону постійності секундних об'ємів, розрахувати швидкість смуги в кожній кліті, а потім - з урахуванням випереджень - визначити і задати швидкості обертання валків. Досвід налаштування, безперервних станів холодного прокату показав, що алгоритми системи автоматизації, не забезпечують точного визначення швидкостей смуги. Коливання натягнень призводять до змін зусиль прокату і пружних деформацій валків, в результаті збільшується подовжня і поперечна нерівномірність товщини, а також порушується площина смуг. Для усунення цих погрешностей оператори стану коригують швидкості вручну, в процесі вказаних коригувань частину довжини смуг прокатують зі збільшеними відхиленнями від заданих розмірів і площинності.

Причина описаної особливості процесу налаштування полягає в тому, що через відсутність на станах датчиків, що безпосередньо вимірюють швидкість руху смуги, її швидкості по клітях в АСУТП визначаються по окружних швидкостях робочих валків. Для кількісної оцінки розбіжності швидкості смуги і окружної швидкості валків використовують коефіцієнт випередження :

$$S_i = \frac{V_i - V_{Bi}}{V_{Bi}} = \frac{V_i}{V_{Bi}} - 1, \quad (3.1)$$

де  $S_i$  - коефіцієнт випередження в  $i$ - й робочій кліті;

$V_i$  - швидкість смуги на виході з валків  $i$ - й робочій кліті (швидкість прокату);

$V_{Bi}$  - швидкість обертання валків  $i$ - ї робочій кліті.

В якості початкових даних приймаються параметри режиму прокату і характеристики матеріалу смуги і валків, діаметр бочки робочого валка, модулі пружності і коефіцієнти Пуассона смуги і валків. Середній опір деформації визначають за довідковими даними .

### 3.3.2 Алгоритм розрахунку

За допомогою моделі технологічних і енергосилових параметрів для всіх режимів розраховуються значення потужностей двигунів робочих клітей,  $N_{\text{дві}}(p)$ . Через вимірювані електричні параметри двигунів головного приводу розраховуємо фактичні значення потужностей за наступною методикою. Фактична потужність двигуна  $i$ - й кліті визначається за формулою:

$$N_{\text{дві}}(\phi) = 0,105 \times M_{\text{дві}} \times n \quad , \quad (3.2)$$

де  $M_{\text{дві}}$  - момент на валу двигуна, Нм;  $n$  - частота обертання валу двигуна, хв.-1. Виконавши ряд перетворень, маємо наступний вираз для визначення фактичної потужності двигуна:

$$N_{\text{дві}}(\phi) = 3,15 \times I_{\text{я}} \times (U_{\text{я}} - I_{\text{я}} \times R_{\text{я}}) / \pi \quad . \quad (3.3)$$

Розраховані значення потужності електродвигунів  $N_{\text{дві}}(p)$  зіставляємо з фактичними  $N_{\text{дві}}(\phi)$ , отримавши ряд погрішностей розрахунку :

$$(|N_{\text{дві}}(\phi) - N_{\text{дві}}(p)| / N_{\text{дві}}(\phi)) \times 100) \% \quad . \quad (3.4)$$

Методом імітаційного моделювання вибрано такі значення коефіцієнтів адаптації, єдині для усього масиву даних про режими прокату, при яких погрішності розрахунку потужності мінімальні. В даному випадку коефіцієнтами адаптації є: а)  $k_{\text{см}}$  - коефіцієнт враховує природу мастила, входить у формулу коефіцієнта тертя :

$$\mu_1 = \frac{K_{cm} \cdot (1 + (0,4 + 0,01 \cdot \epsilon_i) \cdot R_a)}{1 + 0,25 \cdot \sqrt{V_{50}} - 0,005 \cdot V_{50}} \times 0,07 - \frac{V_i^2}{2 \cdot (1 + V_i) + 3 V_i^2} \quad (3.5)$$

де  $\epsilon_i$  - приватне відносне обтиснення в кліті %;

$R_a$  - середня висота мікронерівностей на поверхні валка, мкм;

$v_{50}$  - кінематична в'язкість мастила при 50<sup>0</sup> С, сСт;

$V_i$  - швидкість прокату, м/с.

Коефіцієнт випередження, що розраховується за формулами (3.6, 3.7).

Якщо у середовищі деформації є нейтральний переріз:

$$Si = k_1 \times \frac{h_{Ni}}{h_i \sqrt{1 + tg^2 \frac{\alpha}{2}}} - 1 \quad , \quad (3.6)$$

де  $k_1$  - коефіцієнт, значення якого уточнюється при адаптації технологічних і енергосилових параметрів;

$h_{Ni}$  - товщина смуги у нейтральному перерізі, мм;

$h_i$  - товщина смуги на виході з  $i$ -ї кліті, мм;

$\alpha/2$  - кут, що характеризує вогнище деформації.

Якщо у середовищі деформації нейтральний переріз відсутній:

$$Si = k_2 \times \left( 1 - \frac{\sigma_{\phi 2}}{E_n} \right) - 1 \quad . \quad (3.7)$$

де  $k_2 \leq 1$  - коефіцієнт адаптації, залежний від коефіцієнта тертя, в середовищі деформації. Максимальне значення  $k=1$  відповідає мало вірогідному випадку, коли нейтральний переріз співпадає з межею пластичної зони і другої пружної ділянки, для попереднього налаштування стану рекомендується приймати  $k_2=0,96 - 0,98$  ;

$\sigma_{\Phi 2}$  - середнє для вогнища деформації значення опору пластичної деформації, МПа;

$E_p$  - модуль пружності матеріалу смуги, МПа .

Отримані масиви значень коефіцієнтів адаптації  $k_{CM}$ ,  $k_1$ ,  $k_2$  оброблюються статистичними методами, щоб на усьому масиві даних застосування модифікованих формул забезпечувало погрішність розрахункових і вимірних значень потужностей не більше 5-8%. В ході дослідження створена база даних, яка містить основні відомості про процес прокату типового сортаменту. При створенні бази використовувалася існуюча система автоматизації. Основні електричні показники процесу прокату зафіксовані за допомогою реєстратора.

На рис. 3.2 показані типові процеси, що протікають в елементах системи під час прокату і отримані попередні результати розрахунків енергосилової моделі. Для досягнення адекватності САР товщини необхідно провести ряд наближень до реального об'єкту регулювання. Для цього необхідно врахувати ККД генераторів, двигунів, механічних передач, передатні коефіцієнти і так далі. Застосування модифікованих формул повинне забезпечувати погрішність розрахункових і вимірних значень потужностей не більше 8%.

Система САР товщини призначена для стабілізації вихідної товщини і міжклітових натягнень смуги на заданому рівні. Система виконує наступні функції:

- підстроювання стану на прокат заданої товщини в умовах товщини, що змінюється, і механічних властивостей підкату; - компенсація обурень товщини, що вносяться умовами роботи стану (рівень швидкості прокату, ексцентриситет валків, динамічні режими, теплові режими, умови мастила), що змінюються;

- забезпечення стійкості прокату шляхом обмеження коливань натягнень в допустимих межах;

- забезпечення заданого рівня міжклітьових натягнень при заправці і випуску смуги в стан.

Для підвищення якості роботи системи САР товщини пропонується реалізувати:

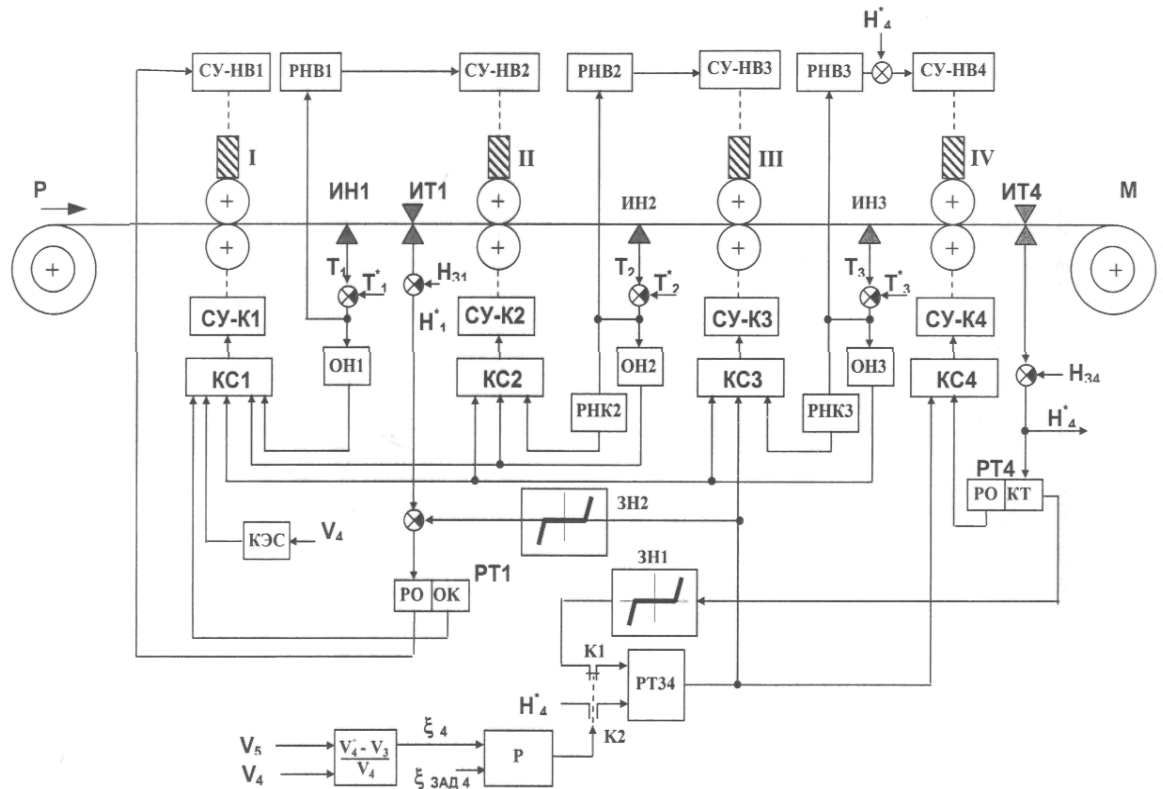
- частотне розділення формування дій, що управляють;
- принцип автономності регулювання будь-якої змінної;
- адаптацію коефіцієнтів передачі регуляторів до змінних властивостей стану;
- гнучку структуру вихідного регулятора товщини.

Основними діями для управління товщиною у безперервному стані є зміна швидкостей двигунів прокатних валків і переміщення натисних механізмів клітей. Найважливіші властивості дій, що управляють, використовуваних в САР товщини смуги :

- переміщення натисних механізмів усіх клітей, окрім першої, викликає зміну заднього по відношенню до цієї кліті натягнення, яке перешкоджає зміні товщини смуги; в результаті товщина смуги в цій кліті і товщина смуги на виході стану при переміщенні натискного пристрою змінюються трохи;

- переміщення натисних механізмів першої кліті активно впливає на товщину смуги в першій кліті.

При модернізації БСХП 1680 на стані пропонується наступна структурна схема, представлена на рис.3.2.



СУНВ1 - СУНВ4 - система управління натискними гвинтами кліті 1.4;  
 РНВ1 - РНВ3 - регулятори натягнення з дією на натискні гвинти подальшої кліті; ОН1 - ОН3 - обмежувачі натягнення; РНК2, РНК3 - регулятори натягнення з дією на попередню кліть; РТ1 - регулятор товщини у вхідній зоні стану; РТ4 - регулятор товщини з дією на кліть 4; РТ34 - регулятор товщини з дією на кліть 3,4; СУК1 - СУК4 - система управління кліттю; КС1 - КС4 - компенсатор стану; КЭС - компенсатор ефекту швидкості; ИН1 - ИН3 - вимірники натягнення; ИТ1, ИТ4 - вимірники товщини

Рисунок 3.2 - Структурна схема регулювання товщини

Регулювання товщини у вхідній зоні стану, здійснюється регулятором РТ1, який складається з двох контурів регулювання. Перший контур включає регулятор по відхиленню (РО), який по сигналу відхилення товщини від завдання з вимірника товщини ИТ1 впливає на натискні механізми (НМ) першої кліті. Причому передбачені два варіанти дії : перший - дія на швидкість НМ (НВ1), другий на позицію. Другий контур представляє з себе



випереджаючий канал (ОКИ), який по сигналу відносного відхилення товщини від завдання впливає на відносну швидкість першої кліті. У цьому регуляторі враховується час транспортування ділянки з відхиленням товщини від вимірника товщини ИТ1 до зіву валків другої кліті стану. Регулювання товщини у вихідній зоні стану здійснюється двома регуляторами по відхиленню РТ4 і РТ34. Перший регулятор по сигналу відносного відхилення товщини з вимірника товщини на виході стану ИТ4 впливає на зміну швидкості вихідної кліті. Другий регулятор товщини РТ34 включається в роботу, коли обтиснення у вихідній кліті стає менше 10%. В цьому випадку канал РТ4 блокується (але не " гаситься"), ключ К1 розмикається, а ключ К2 замикається. Сигнал ΔН4 поступає на вхід РТ34, вихідний сигнал з регулятора впливає на спільну зміну швидкостей клітей три і чотири. У комплексі регулятора товщини передбачені канали перенесення обтиснень проти напрямку прокату. У тих випадках, коли сигнал дій РТ4 перевищує  $\frac{3}{4}$  його діапазону, частина обтискання через зону нечутливості ЗН1 передається в РТ34, який повертає РТ4 в зону; через зміну товщини в зіві валків 3-ої кліті. Коли вихідний сигнал РТ34 перевищує  $\frac{3}{4}$  його діапазону, через ЗН2 робиться зміщення уставки регулятора РТ1 так, щоб вихідний сигнал РТ1 опинився в зоні ЗН2. Таким чином, частина обтиснень в четвертій кліті стану викликаних роботою регулятора РТ4, переноситься в обтиснення кліті 3, а частина обтиснень в кліті 3, викликаних роботою регулятора РТ34, переноситься в обтиснення кліті 1. Кожен міжклітьовий проміжок забезпечений регулятором натягнення з дією на натисні гвинти подальшої кліті РНВ1, РНВ2, РНВ3. Проектується два варіанти РНВ : перший з дією на швидкість двигунів натисних гвинтів, другий варіант РНВ з дією на позицію НВ. У кожному міжклітьовому проміжку розташовуються обмежувач міжклітьового натягнення ОН1, ОН2, ОН3.

На вході обмежувача формується зона нечутливості +40% і -25%. При виході сигналу фактичного натягнення за вказану зону, спрацьовує

обмежувач натягнення, який впливає на групу попередніх клітей, повертаючи сигнал фактичного натягнення всередину зони нечутливості. У останньому і передостанньому міжклітьових проміжках розташовуються, окрім вказаних регуляторів РНВ, ВІН, регулятори натягнення з дією на швидкість попередньої кліті РНК2, РНК3. Обмежувачі виконані у вигляді Пі-регулятора із зоною нечутливості, що перемикається, регулятори натягнення з дією на попередню кліть виконані у вигляді інтегрального регулятора без зони нечутливості. На швидкості прокату, що встановилася, регулятори натягнення попередньою кліттю РНК прагнуть тримати міжклітьове натягнення рівним завданню, або тримати натягнення в центрі зони нечутливості регулятора натягнення того, що впливає на НВ подальшої кліті даного міжклітьового проміжку.

### 3.4 Вибір та обґрунтування технічних засобів нижнього рівня СА

#### 3.4.1 Первинні перетворювачі, вторинні прилади

Оскільки головна ціль проекту – регулювання товщини прокату, вибираємо безконтактний вимірювач товщини ВТ-501. Який має такі характеристики:

- висока швидкість контролю;
- великий багатофункціональний дисплей;
- ідеально підходить для автоматизованого контролю товщини металевої стрічки.

Товщиномір забезпечує видачу сигналів на цехову автоматику при відхиленні товщини виробів від номінального значення. Дозволяє зберігати в пам'яті налаштування для контролю різних типів прокату.

Принцип роботи товщиноміра заснований на вихрострумовому методі контролю, при якому генерується зовнішнє електромагнітне поле, яке наводить вихрові струми в об'єкті контролю. Аналіз взаємодії зовнішнього і наведеного поля дозволяє отримати інформацію про товщину прокату. У

товщиномірів застосований накладний екранний перетворювач, тому датчики мають вихідний сигнал 4-20 мА.

Вихрострумний товщиномір ВТ-501 складається з електронного блоку і виносного перетворювача виконаного у вигляді скоби (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 - Вихрострумний товщиномір ВТ-501

В процесі вимірювання товщини прокату, останнім вводиться між передавальної і приймальної котушкою датчика, в результаті чого відбувається зміна фази наведеної напруги. В електронному блоці зміна фази перераховується в значення товщини і виводиться на цифровий індикатор в мікронах. Основна приведена похибка дорівнює 1,5 %.

Для вимірювання натягу смуги в кожному міжкільтовому проміжку на стан холодної прокатки встановлені однороликовий вимірювач натягу, в якому використовується магнітоанізотропний датчик тиску ДМ-5007.

Тензометрический роликовий вимірювач встановлено з певним перевищенням над рівнем прокатки, завдяки чому він відчуває вертикальне зусилля, пропорційне величині вимірюваного натягу. Це зусилля сприймається двома датчиками, вбудованими в опори тензороліка.

Датчик імпульсів ДИФ12 (рис. 3.4). Датчики використовуються для вимірювання положення, кутової або лінійної швидкості різних механізмів, а також визначення напрямку обертання, числа обертів вала, аварійного відключення приводу. Застосовуються в пристроях вимірювання і контролю, системах управління та автоматичного регулювання. В даному проекті датчик імпульсів встановлений на кожному двигуні прокатного стану.



Рисунок 3.4 - Датчик імпульсів ДІФ12

Датчик являє собою фотоелектричний перетворювач, в якому потік інфрачервоного випромінювання, модульований механічним модулятором, перетворюється в послідовність електричних імпульсів, кількість яких пропорційно кутовому переміщенню вала датчика, а частота проходження імпульсів пропорційна кутовій швидкості обертання вала. Датчик ДІФ12 має наступні режими роботи: програмування, робота, контроль. Режим «програмування» призначений для виробника, споживачу поставляється запрограмований датчик. Режим «робота» призначений для формування релейного сигналу при досягненні максимальної частоти обертання або мінімальної частоти обертання. Режим «контроль» призначений для настройки точок спрацьовування при подачі зовнішнього частотного сигналу. Режими роботи задаються за допомогою перемикачів.

Фотоелектричні датчики для безконтактного розпізнавання зварного шва, або окалини при прокаті смуги PEPPERL-FUCHS.

Для вимірювання тиску масла у 4-х зонах системи врівноваження валків використовується датчик тиску ДМ 5007. Датчик має уніфікований токовий вихід 4...20 мА. Клас точності – 0,5%. Похибка даного приладу по вимірювальній величині складає 0,2%.

Вимірювання витрати емульсії, що подається до 1,2,3 та 4 клітей стану здійснюється датчиком витрати МЕТРАН 370 (рис. 3.5). Витратоміри електромагнітні Метран-370 призначені для вимірювань об'ємної витрати

електропровідних рідин, пульп, емульсій і т.п. Датчик має уніфікований токовий вихід 4...20 мА. Клас точності даного приладу – 0,5%.



Рисунок 3.5 - Витратоміри електромагнітні Метран-370

Розмір зазору між НГ вимірюється продуктометром.

#### 3.4.2 Вибір промислового контролера

SIMATIC S7-400 - це модульний програмований контролер, призначений для побудови систем автоматизації середнього і високого ступеня складності. Модульна конструкція, робота з природним охолодженням, можливість застосування структур локального і розподіленого вводу-виводу, широкі комунікаційні можливості, багато функцій, підтримуваних на рівні операційної системи, зручність експлуатації і обслуговування забезпечують можливість отримання рентабельних рішень для побудови систем автоматичного управління в різних областях промислового виробництва .

Як проектно-компонований виріб, контролер має в своїй конструкції стійки для розміщення модулів та з'єднання їх між собою, модулі центрального процесору, модулі блоку живлення, сигнальні модулі, комунікаційні процесори, функціональні модулі, інтерфейсні модулі.

SIMATIC S7-400 (рис. 3.6) відповідає вимогам цілого ряду національних і міжнародних стандартів.

Сертифікат відповідності і метрологічний сертифікат Держстандарту Росії. Поточні версії сертифікатів розміщені в Internet: [www.siemens.ru/ad/as](http://www.siemens.ru/ad/as) DIN, EN, IEC, UL, CSA, FM клас 1, розділ 2, групи А, В, С і D, температурна група Т4 (до 134 °С).



Рисунок 3.6 – Контролер SIMATIC S7-400

Система розподіленого вводу-виводу може включати до свого складу станції систем розподіленого вводу-виводу і прилади польового рівня, що підключаються до контролера через мережі PROFIBUS DP і PROFINET IO.

Проектне компонування контролера здійснено на основі інформації про кількість вхідних та вихідних сигналів, з якими працює контролер в процесі автоматичного управління технологічним процесом, задану конфігурацію вводів-виводів та мережну структуру.

Кількість інформаційних сигналів, що надходять до контролера – 28. Всі вони – уніфіковані струмові з діапазоном 4-20 мА. На такий вхідний сигнал орієнтований - модуль вводу аналогових сигналів SM 431, до 16 каналів, 16 бит, для підключення уніфікованих сигналів, який має напругу живлення = 24 В, споживану потужність – 1 Вт, споживає струм 30 мА. Кількість модулів такого типу, необхідних для перетворення 28 вхідних сигналів дорівнює :

28 вхідних сигналів: 16 каналів вводу =  $1.75 \approx 2$  модулі SM 431.

За результатами обробки вхідних сигналів контролер формує керувальний вплив на регулювання товщини прокатного стану.

Здійснюється це за допомогою виконавчих механізмів сталої швидкості, які працюють від імпульсних сигналів управління. Відповідно до таблиці 2.2 кількість дискретних сигналів дорівнює 28. Модуль виводу дискретних сигналів SM 422 (6ES7 422-1BL00-0AA0) - оптична ізоляція, 32 виходу = 24В / 0,5А – 1 модуль.

Для обробки інформації відповідно до алгоритму керування окремими технологічними параметрами, оновлення станів вихідних каналів та здійснення інших процедур у системі управління необхідно використовувати центральний процесор CPU 416-2 : 5.6 МБ робоча пам'ять, споживний струм – 800 мА. Він має вбудовані інтерфейси MPI та Profibus та дозволяє реалізувати розподілену систему автоматичного управління зі швидкісним обміном даних між її компонентами і виконувати функції ведучого пристрою без використання комунікаційних модулів.

Вибрано модуль живлення, користуючись підсумковим струмом, що споживають усі модулі контролера.

Аналогові модулі споживають 480 мА, дискретний модуль 110 мА, центральний процесор 800 мА. Тобто сумарний струм дорівнює 1390 мА. Щоб забезпечити такий струм споживання використовуємо блок живлення Siemens SIMATIC S7 - 400 PS405, який має номінальну напругу 120/230В змінного струму, 50/60 Гц, вихідний струм 2 А, вихідна напруга 24 В, захист від КЗ і обриву електричного кола, надійну гальванічну розв'язку, та можливість використання в якості джерела живлення навантаження.

Основні характеристики і особливості блока живлення Siemens SIMATIC S7 - 400 PS 405:

- імпульсний блок живлення з комутацією на первинній стороні у форматі модулів S7 – 400;
- формування напруги  $\approx 5$  В і  $\approx 24$  В, необхідних для живлення усіх модулів через внутрішню шину контролера;

- наявність модифікацій з вхідною напругою 24/48/60;
- моніторинг наявності вихідної напруги з передачею аварійних повідомлень в центральний процесор у разі зникнення хоч би один з два вихідний напруга;
- наявність відсіків для установки буферних батарей, що забезпечують захист вмісту оперативної пам'яті і карти пам'яті RAM при перебогах в живленні контролера;
- наявність модифікацій для побудови резервованих схем живлення контролера;
- підтримка функцій " гарячої" заміни одного з резервованих блоків живлення без втрати працездатності контролера;
- вбудований світлодіод індикації режим роботи і наявність помилка/відмова в робота модуль;
- вбудований вимикач живлення.

Структура конфігурації контролера представлена на рис. 3.7.

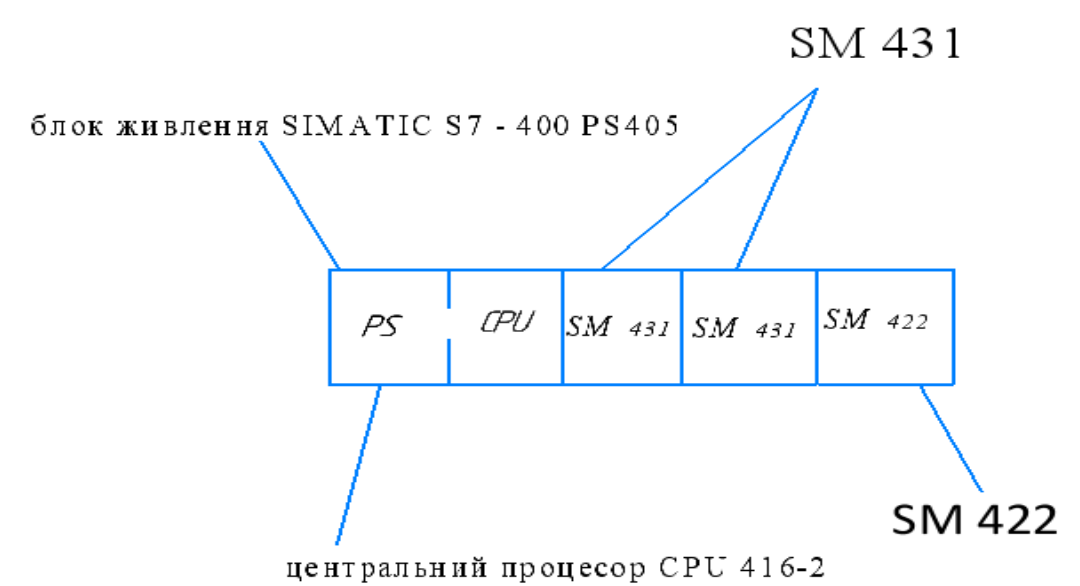


Рисунок 3.7 – Структурна схема конфігурації контролера

Відповідно до скомпонованого контролера розроблено алгоритм регулювання товщини прокату. За складеним алгоритмом у програмному



середовищі STEP7 було створено код програми LAD-мовою, яка представлена на плакаті ФМ Д2.131413.007.ППК.

### 3.4.3 Вибір виконавчого механізму

Вибір типу і визначення потужності приводу валків робочої кліті.

Потужність двигуна:

$$N = M_{\text{дв}} + W_{\text{дв}} + K \quad , \quad (3.8)$$

де  $M_{\text{дв}}$  - момент двигуна.

Кутова швидкість двигуна:

$$W = \frac{n}{30} = \frac{3,14 \times 60}{30} = 6,2 \text{ рад} \quad (3.9)$$

де  $K_{\text{э}} = 1,1$  - коефіцієнт, що враховує невраховану динаміку (пуск, гальмування).

Момент двигуна:

$$M_{\text{дв}} = M_{\text{пр}} + M_{\text{тр}} + M_{\text{хх}} \quad (3.10)$$

де  $M_{\text{пр}}$  - момент прокатки, необхідний для здійснення пластичної деформації металу, що прокочується і подолання сил тертя його на поверхні валків;

$M_{\text{тр}}$  - момент, що витрачається на тертя в підшипниках валків;

$M_{\text{хх}}$  - момент холостого ходу, який визначається при обертанні деталей стану на його холостому ходу.

$$M_{\text{хх}} = 0,05M_{\text{НОМ}} = 0,05 \times 1,91 = 0,0955 \text{ МНм}$$

$$M_{\text{дв}} = 3293 \times 10^3 + 121,1 \times 10^3 + 95,5 \times 10^3 = 3,92 \text{ МНм}$$

$$M_{\text{дв}} = 3,82 \times 10^6 + 6,2 + 1,1 = 11,82 \text{ МВт} = N_{\text{ном}} = 12 \text{ МВт}$$

Двигун АИР 100 L2 вибрано вірно.

Аналогічним чином було вибрано усі виконавчі механізми для  
проектованої СА.

## 4 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

### 4.1 Функціональна схема автоматизації системи управління БСХП 1680

На підставі особливостей технологічного процесу виробництва прокату та аналізу існуючого рівня автоматизації прокатного стану розроблена функціональна схема регулювання товщини смуги, представлена на кресленні ІННІ КРБ 19038.001.ФСА.

Схема поєднує автоматичний контроль за товщиною смуги, роботи окремих механізмів і агрегатів, автоматичне регулювання основних технологічних параметрів, ручний вибір режимів роботи та оперативне керування прокатним агрегатом.

Серед систем автоматичним управлінням прокатним станом, основною системою є САР товщини смуги. Для того щоб організувати стабільність в роботі БСХП 1680 і регулювання товщини смуги забезпечують:

- контроль швидкості обертання головного двигуна прокатного стану;
- контроль витрати емульсії E1, E2;
- контроль для проходження зварного шва;
- САР товщини смуги 1 кліті (2,3,4);
- контроль тиску масла для врівноваження валків 1-4 клітей;
- контроль швидкості обертання приводу валків 1 кліті (2,3,4);
- контроль швидкості обертання приводу НМ 1 кліті (2,3,4);
- швидкості обертання двигуна 1 кліті (2,3,4);
- контроль зазору між НГ 1-4 клітей;
- контоль натягу між 1 і 2 клітями (2-3, 3-4).

Регулювання швидкості обертання головного двигуна прокатного стану здійснюється за сигналом датчика швидкості (1а). Сигнал з датчика надходить до показуючого приладу (1б) та контролера. Якщо цей сигнал не відповідає заданому значенню, то контролер видає керуючий вплив на

пускач (1д), який посилює керуючий сигнал та передає його до виконавчого механізму (1г). В результаті встановлюється потрібна заправочна швидкість стану. Для переключення режимів роботи (ручний/автоматичний) та ручного управління виконавчим механізмом призначений блок ручного управління (1в).

Витрата емульсії, що подається до клітей стана, вимірюється за допомогою датчику витрати (2а-1, 2а-2), сигнал з якого подається на вхід показуючого приладу (2б-1, 2б-2) та контролера для подальшої реєстрації. Вимірювання витрати відбувається у двох зонах.

Регулювання проходження зварного шва відбувається за сигналом фотоелектричного датчика (3а). Сигнал з датчика надходить до показуючого приладу (3б) та контролера. Контролер видає керуючий вплив на пускач (3д-1, 3д-2, 3д-3, 3д-4), який посилює керуючий сигнал і передає його до виконавчих механізмів натисних гвинтів 1-4 клітей, установлюючи їх в 0 положення (3г-1, 3д-г, 3г-3, 3г-4). Для переключення режимів роботи (ручний/автоматичний) та ручного управління виконавчим механізмом призначений блок ручного управління (3в-1, 3в-г, 3в-3, 3в-4).

САР товщини прокату виконується за показанням датчика товщини (4а), який встановлено перед 1 кліттю, сигнал з датчика надходить до показуючого приладу (3б-1) та контролера. За цим сигналом контролер видає керуючий вплив на пускач (3д-1), який передає сигнал на встановлення НМ 1 кліті (3г-1) в положення попереднього притиснення. Для переключення режимів роботи (ручний/автоматичний) та ручного управління виконавчим механізмом призначений блок ручного управління (3в-1).

Тиск масла в системі врівноваження валків, вимірюється за допомогою датчику тиску (5а-1, 5а-2, 5а-3, 5а-4), сигнал з якого подається на вхід показуючого приладу (5б-1, 5б-2, 5б-3, 5б-4) та контролера для подальшої реєстрації. Вимірювання тиску відбувається у чотирьох зонах.

Регулювання швидкості обертання приводу валків 1 кл. відбувається за показанням датчика (6а). Сигнал з датчика надходить до показуючого

приладу (6б) та контролера. Якщо цей сигнал не відповідає заданому значенню, то контролер видає керуючий вплив на пускач (6д), який посилює керуючий сигнал та передає його до виконавчого механізму (6г). Для переключення режимів роботи (ручний/автоматичний) та ручного управління виконавчим механізмом призначений блок ручного управління (6в).

Регулювання швидкості обертання приводу НМ відбувається за показанням датчика (7а). Сигнал з датчика надходить до показуючого приладу (7б) та контролера для подальшої реєстрації

Регулювання швидкості обертання двигуна 1 кліті відбувається за показанням датчика (8а). Сигнал з датчика надходить до показуючого приладу (8б) та контролера. Якщо цей сигнал не відповідає заданому значенню, то контролер видає керуючий вплив на пускач (4д), який посилює керуючий сигнал та передає його до виконавчого механізму (4г). Для переключення режимів роботи (ручний/автоматичний) та ручного управління виконавчим механізмом призначений блок ручного управління (4в).

Контроль зазору між НГ відбувається за сигналом датчика (25а). Сигнал з датчика надходить до показуючого приладу (25б) та контролера для подальшої реєстрації.

Регулювання натягу між 1 і 2 клітями здійснюється за показаннями датчику натягу (22а). Сигнал з датчика надходить до показуючого приладу (22б) та контролера. Якщо цей сигнал не відповідає заданому значенню, то контролер видає завдання на пускачі (4д, 11д), які посилюють керуючий сигнал та передають його до виконавчих механізмів (4д, 11д) щоб відкоригувати швидкість клітей.

Далі регулювання товщини смуги та контроль за техпроцесом здійснюється аналогічно заданому алгоритму.

## 4.2 Принципова електрична схема САР товщини смуги

Принципова електрична схема САР товщини смуги розроблена на основі функціональної схеми і визначає повний склад приладів і пристроїв, а також зв'язків між ними, дія яких забезпечує вирішення завдань управління. ПЕС представлено на кресленні ФМ Д2.131413.002.ПЕС. Схему було виконано за ГОСТ 2.701–84 та ГОСТ 2.702–75.

Сигнали, що використовуються у схемі промарковані наступним чином:

101...143 – для кіл вимірювання, регулювання;

801...843 – для кіл живлення.

На принциповій електричній схемі зображено контролер Simatic S7-400, який складається з модуля живлення PS 405, центрального процесору CPU 416-2, модуля аналогових сигналів SM 431, модуля дискретних сигналів SM 422, які розташовуються на профільній шині та підключені між собою шинним з'єднувачем. Живлення всіх модулів вводу-виводу та центрального процесору забезпечує блок живлення PS 405.

Також на схемі представлено показуючий прилад Autonics KN-2000W для прийому сигналів від датчиків та виводу для подальшої передачі сигналів до контролера.

Окрім того, на принциповій електричній схемі є блоки живлення БП-15-Д2-24 з вихідною напругою 24 В постійного струму. Він необхідний для живлення датчиків і перетворювачів. Живлення інших приладів здійснюється від мережі  $\sim 220\text{В}$ .

Для функціонування САР товщини смуги реалізована наступна логіка. Сигнал 4-20мА з датчика товщини (4а) надходить до показуючого приладу Autonics KN-2000W (4б). Датчик товщини підключено через блок живлення  $=24\text{В}$  БП-15-Д2-24. Сигнали 4-20мА з датчиків імпульсу ДИФ12 (6а,7а,8а) надходять показуючих приладів Autonics KN-2000W (6б, 7б, 8б). Усі значення виміряних параметрів подаються до контролера. Керуючі аналогові сигнали з контролера надходять на входи БРУ 15 (8в, 6в, 3в-1). Також від

БРУ 15 на дискретний вхід контролера надходять сигнали про стан задавачів (ручний/автоматичний режим). Також від контролера на задавачі подається керуючий дискретний сигнал. Задавачі працюють в режимі задавання сигналу постійного струму в навантаження від контролера, коли сигнал відсутній. Від БРУ 15 сигнали надходять до ПБР 3а (6д, 8д, 3д-1, ) від яких іде керуючий вплив на ВМ (8г, 6г, 3г-1.)

#### 4.3 Принципова електрична схема живлення

Відповідно до САР товщини смуги було розроблено принципову електричну схему живлення. ПЕСЖ представлено на кресленні ІННІ КРБ 19038.003.ПЕСЖ.

На схемі живлення зображено підключення до електромережі приладів з напругою живлення 220 В змінного струму, апаратуру відключення джерел живлення та споживачів електроенергії . В якості автоматичних вимикачів було використано вимикачі серії Хагер однофазні 13 А, двофазні 20 А , трьохфазні 20 А. В нижній частині схеми розміщено таблицю з вказанням назви споживача, напруги живлення, місця розташування та потужності.

Всі прилади та засоби автоматизації живляться від однофазної мережі 220 В змінного струму.

#### 4.4 Монтажно-комутаційна схема щита КВПіА

Для САР товщини смуги розроблено монтажну комутаційну схему щита КВПіА, яка представлена на кресленні ФМ Д2.131413.004.МКС. На кресленні спрощеним способом зображена апаратура з клемними збірками та маркуванням, яке вони мають згідно з технічною документацією на прилади. Також на схему нанесено провідники із зазначенням їх маркування відповідно до раніше розробленої принципової електричної схеми. Усередині контуру умовного позначення приладу розміщуються сполучні

клемні колодки із зазначенням номерів контактів. Над кожним приладом зазначена його позиція та порядковий номер на кресленні. Монтажно - комутаційна схема виконувалась адресним способом, тому замість повних шляхів прокладання провідників, на схемі зображені лише їх кінці, які підведено до клеми та вказано номер провідника та номер приладу, до якого приєднується провідник. Такий підхід дозволяє зробити схему більш наглядною та менш навантаженою деталями.

На кресленні зображено всі прилади, що розміщені на щиті та відповідають за САР товщини смуги.

#### 4.5 Зовнішній вид щита та вид на внутрішні панелі

Для САР товщини смуги спроектовано щит КВПіА, що представлений на кресленні ІННІ КРБ 19038.005.ЗВЩ.

На кресленні зображено внутрішню та лицеву панелі щита автоматизації та технічні засоби, що встановлено на щиті. Для задоволення вимог проекту було обрано типовий щит -2200 x 800.

На внутрішній стороні панелі на висоті 1800 мм на DIN-рейках симетрично показуючи прилади датчиків (4б, 7б), БРУ (Зв-1)-1700 мм, 1500 мм – показуючи прилади (6б, 8б), та БРУ (6в,8в) – 1300 мм.

На висоті 1000 мм симетрично відносно осі щита розташовані ПБР (8,9,10).

На висоті 1700 мм розташовано профільну шину S7-400, на якій розташовано модуль живлення, центральний процесор, та сигнальні модулі.

На висоті 700 мм встановлено DIN-рейку, на яку монтується блок живлення БП-15-Д2-24.

На висоті 300 мм DIN-рейку встановлено клемні колодки. В якості електричної проводки в щиті застосовуються проводи, в яких по 4 жили марки ВВГ і АКВВГ з перетином жили 2,5 – 4 мм<sup>2</sup>, які прокладаються відкрито джгутами.



#### 4.6 Схеми зовнішніх з'єднань

У відповідності до САР формування заготовки було розроблено схему зовнішніх з'єднань, що представлена на кресленні ФМ Д2.131413.006.С33. На схемі зовнішніх з'єднань умовно показано у вигляді ліній зв'язку електричні проводи, кабелі і захисні труби, що прокладені поза щитом між окремими приладами і засобами автоматизації.

Для передачі інформації та живлення використовується мідний кабель. Для трьохфазної системи змінного струму використовуємо кабель ВВГ 4\*4, та для 220 В, кабель ВВГ 2\*2,5 монолітний для живлення датчиків. Ізоляція жил - ПВХ пластикат.

АКВВГ з чотирма жилами та перетином 2,5 мм<sup>2</sup>.

Електромонтажна труба згідно EN 61386-1 з різьбою на коінцях згідно DIN EN 60423 для механічного захисту кабеля і проводки Переріз жил обирався виходячи з потужності приладів що комутуються.

## 5 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Для оцінки ефективності функціонування АСУ використовуються показники ефективності, які розраховуються на етапах розробки й проектування САР і САУ. Надійність є одним із важливіших факторів без обліку якого неможлива реальна оцінка ефективного функціонування АСУ.

Надійність – це властивості системи виконувати задані функції, зберігаючи у часі значення встановлених експлуатаційних показників у заданих межах, відповідно до заданих режимів і умов експлуатації. А роботоздатність є стан систем, при якому вони спроможні виконувати задані функції, зберігаючи значення заданих параметрів у межах, встановлених нормативно-технічною документацією. Порушення роботоздатності САР і САУ може виникнути тільки під впливом яких-небудь дестабілізуючих факторів, впливаючи на них під час експлуатації.

Надійність АСУ включає в себе 4 складники:

- безвідмовність ( $T$ , час);
- ремонтпридатність (час відновлення,  $T_B$ );
- довговічність (час до настання деякого граничного стану,  $T_D$ );
- збереженість (час до втрати виробу своїх технічних характеристик,  $T_C$ ).

Всі вони тісно пов'язані з певними випадковими причинами, що мають розмірність часу. Оскільки випадкова величина вичерпним чином задається розподіленням ймовірностей випадкових величин  $T$ ,  $T_B$ ,  $T_D$ ,  $T_C$  являється вичерпними характеристиками відповідних надійності. В теорії надійності використовуються наступні форми завдання розподілення ймовірностей випадкових величин:

- інтегральна функція  $F(x)$ ;
- диференціальна функція  $f(x)$ ;
- зворотня інтегральна функція  $G(x)=1- F(x)$ ;

- функція інтенсивності  $H(x) = \frac{f(x)}{G(x)}$ .

Деякі з цих функцій, задані для випадкових величин  $T$ ,  $T_B$ ,  $T_D$ ,  $T_C$  в теорії надійності придбали спеціальні найменування. Так, зворотна інтегральна функція розподілу часу безвідмовної роботи набула назву - функція надійності, або функція часу безвідмовної роботи (функція ВБР), і позначається  $P(t)$ . Функція інтенсивності тієї ж випадкової величини  $T$  називається – інтенсивністю відмов і позначається  $\lambda(t)$ .

Розподіл випадкових величин  $T$ ,  $T_B$ ,  $T_D$ ,  $T_C$  задаються в будь-який із можливих форм як функції часу в інтервалі  $(0, +\infty)$ , є характеристиками надійності САР і САУ.

Найбільш загальною причиною порушення надійності і роботоздатності є зміна параметрів виробів під впливом фізико-хімічних процесів, швидкість протікання яких пов'язана з кліматичними факторами, з механічним впливом, з перегрівом всередині виробу, а також з вибраними конструктором матеріалами, покриттям і прийнятими конструкторськими рішеннями.

Розраховуємо надійність системи:

- всі елементи системи розділено на групи, рахуємо кількість елементів;
- знаходимо значення інтенсивності відмов елементів  $\lambda_{0i}$ ;
- обчислюємо  $\lambda_{0i} * n_i$ , означаючи долю відмов, вносимих елементами даної групи в загальну інтенсивність відмов системи;
- для кожної групи знайдемо коефіцієнт електричного навантаження  $K_H$ ;
- знайдемо поправочний коефіцієнт  $\alpha_i$  з урахування коефіцієнта електричного навантаження.

Отриманні дані занесено до табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані та результати розрахунку надійності системи

Найменування	Кільк. Елементі в $n_i$	Середня. інтенсивність відмов $\lambda_{0i} * 10^{-6}$	$\lambda_{0i} \cdot n_i$	Кооф.Н авантаження $K_H$	$\alpha_i$	$T_{vj}$
ДИФ 12	3	1,1	3,1	1,7	1	0,9
ВТ 501	1	2,9	3,9	0,4	0,6	0,8
Autonics KN-2000W	4	1,4	5,4	1,58	1	0,04
БРУ 15	3	1,3	4,3	4	1,8	4
ПБР 3а	3	1,3	4,3	3,7	1,7	3,5
S7-400 CPU-416	1	1,1	2,1	0,3	1	0,06
S7-400 PS-405	1	1,1	2,1	0,35	0,5	0,08
S7-400 SM-431	1	1,1	2,1	0,3	0,4	0,09
S7-400 SM-422	1	1,1	2,1	0,3	0,2	0,09
БП-15Д2-24	2	1,2	3,2	0,2	0,3	0,5
АИР 100	4	2	6	1	4	5

Середній час напрацювання на відмову наближеним методом:

$$T' = \frac{1}{\lambda'_{\text{заг}}} \quad , \quad (5.1)$$

$$\lambda'_{\text{заг}} = K \sum_{i=1}^m \lambda_{0i} * n_i \quad , \quad (5.2)$$

$$\lambda'_{\text{заг}} = 3,7 * 25,2 = 93,24 * 10^{-6} \frac{1}{\text{год}} ,$$

$$T' = \frac{1}{93,24 * 10^{-6}} = 10725 \text{ год} ,$$

Середній час напрацювання на відмову уточненим методом:

$$T'' = \frac{1}{K_{\lambda} * \lambda''_{\text{заг}}} \quad , \quad (5.3)$$

$$\lambda_{\text{заг}}'' = \sum \lambda_{0i} * n_i * \alpha_i, \quad (5.4)$$

$$\lambda_{\text{заг}}'' = 28.02 * 10^{-6} \frac{1}{\text{год}}$$

$$\kappa_{\lambda} = \kappa_{\lambda 1} * \kappa_{\lambda 2} * \kappa_{\lambda 3}, \quad (5.5)$$

$$\kappa_{\lambda} = 1.2 * 1 * 1 = 1.2.,$$

$$T'' = \frac{1}{1.2 * 28.02 * 10^{-6}} = 29741 \text{ год.}$$

Гарантійний термін роботи :

$$T_{\Gamma} = \frac{T''}{24 * k * m}, \quad (5.6)$$

$$T_{\Gamma} = \frac{29741}{24 * 29 * 12} = 3,56 \text{ р.}$$

Коефіцієнт готовності:

$$K_1 = \frac{1}{1 + \lambda_{\text{заг}}'' * T_{\text{в}}}, \quad (5.7)$$

$$T_{\text{в}} = \sum m_j * T_{\text{в}j}, \quad (5.8)$$

$$T_{\text{в}} = 30,1,$$

$$K_1 = \frac{1}{1 + 28,02 * 10^{-6} * 30,1} = 1,1.$$

По формулі (5.9) складається табл.5.2, яка необхідна для побудови графіка залежності (рис.5.1)  $P=f(t)$ , що ілюструє вірогідність безвідмовної роботи.

$$P(t) = e^{\frac{-t}{T_0}} \quad . \quad (5.9)$$

Таблиця 5.2 – Дані для побудови графіку залежності  $P'(t)$

t	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3
P(t)	1	0.596	0.269	0.183	0.135	0.06	0.08
t'	0	8393	18001	26783	34378	48672	52877
t''	0	18899	40998	59556	79302	97723	123900

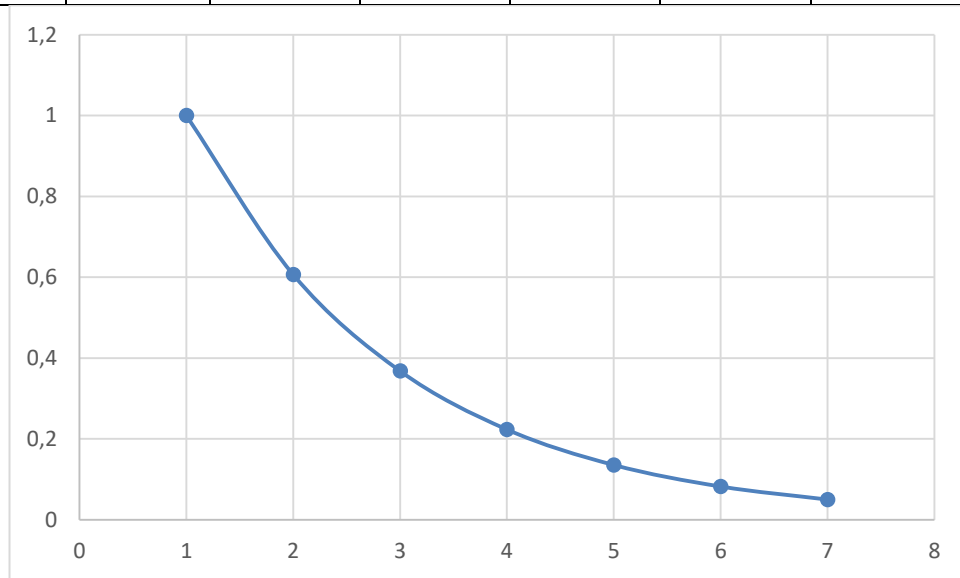


Рисунок 5.1 – Графік залежності  $P'(t)$

Таким чином, розрахунок наближеним методом показав, що загальна інтенсивність відмов складає  $6,97 \cdot 10^{-5}$  1/год, а наробіток на відмову складає 12866 год.

## 6 ЗАМОВНА СПЕЦИФІКАЦІЯ НА КОМПЛЕКС ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ БСХП 1680. САР ТОВЩИНИ СМУГИ

Для розробленої системи автоматизації було оформлено замовну специфікацію на весь комплекс технічних засобів ІННІ КРБ 19038.007.3С, яка включає:

- прилади та засоби автоматизації;
- щити та пульти управління;
- електроапаратуру;
- трубопровідну арматуру;
- кабелі та проводи.

Замовна специфікація відповідає ГОСТ 21.110-82.

## 7 ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

### 7.1 Аналіз техніко-економічних показників і розрахунок економічної ефективності

Стан 1680 входить до складу цеху ЦХП 1. ЦХП 1 є одним з підрозділів ВАТ «Запоріжсталь». Цех холодного прокату № 1 самостійно нараховує заробітну плату відповідно до прийнятої на МЕТІНВЕСТ єдиною тарифною сіткою. ЦХП 1 веде свій баланс і виробляє облік матеріально-технічних цінностей. Відпускні ціни на готову продукцію визначають відповідні структури ВАТ Запоріжсталь. Рішення по необхідності проведення модернізації та заміни застарілого обладнання визначаються правлінням цеху. Вищесказане відноситься також до заміни системи автоматичного регулювання товщини смуги на безперервному стані 1680 холодної прокатки на більш досконалу на базі контролера SIMATIC S7-400. Кошти на закупівлю і введення в експлуатацію системи відображаються на балансі цеху.

Автоматизація керування прокатним станом вимагає значних капітальних вкладень, експлуатаційних витрат, витрат живої праці. Доцільність таких великих заходів вимагає доказів, що звичайно виконуються у виді розрахунків економічної ефективності.

Створення АСУ вимагає єдиночасних витрат на розробку і впровадження АСУ, а також поточних витрат на функціонування системи.

Єдиночасні витрати на розробку і впровадження АСУ включають: попередні витрати (тобто витрати на розробку АСУ); капітальні витрати на придбання (виготовлення), транспортування, монтаж і налагодження обчислювальної техніки, периферійних пристроїв, засобів зв'язку, допоміжного устаткування, оргтехніки, а також програмних засобів необхідних для функціонування АСУ; витрати на підготовку



(перепідготовку) кадрів; зміна оборотних коштів у зв'язку з розробкою і впровадженням АСУ.

Ефективність АСУ визначають зіставленням результатів від функціонування і витрат усіх видів ресурсів, необхідних для її створення і розвитку.

Фактори, що визначають економічну ефективність АСУ:

Збільшення випуску продукції і підвищення її якості за рахунок більш раціонального використання виробничих потужностей ( у нашому випадку зменшити дефекти прокату, коробоватість, різнововшинність).

Підвищення продуктивності праці виробничих робітників, внаслідок скорочення втрат робочого часу і простоїв обладнання.

При визначенні очікуваного річного економічного ефекту в якості бази для порівняння приймаються плановані в умовах відсутності АСУ показники виробничо-господарської діяльності виробництва в році впровадження системи.

## 7.2 Розрахунок одноразових витрат на створення АСУ

В запропонованому проекті регулювання товщини смуги на стані 1680 холодної прокатки проводиться закупівля контролера і його модулів, датчиків товщини. Вартісні показники закупаюваного устаткування занесені до табл. 7.1.

Таблиця 7.1 Необхідне обладнання на реалізацію проекту

Найменування	Ціна за од., грн	Кількість	Сума, грн	Потужність за паспортом
ПЛК SIMATIC S7-400	350000	1	350000	9 Вт
ПК Simatic PC	567000	1	567000	27 Вт
Siemens PS 405	12000	1	1200	48 Вт

Продовження табл.7.1

CPU 416-2	8400	1	8400	8,6Вт
SM 422	5200	2	10400	8 Вт
IM 153 1	2100	1	2100	5 Вт
SM 431	4600	2	9200	8 Вт
ДИФ12	3000	13	39000	8 Вт
ВТ 501 – датчики товщини	6000	5	30000	6 Вт
Мережевий термінал PROFIBUS (RS485)	1600	1	1600	2,2 Вт
Монтажні елементи	1200	1	1200	
Шафа технологічна	760	1	760	
Оптичний кабель	1800		1800	6 Вт
Сума			1022660	172,8 Вт

Одноразові витрати на створення АСУ визначаються за формулою:

$$K^A = K_{\Pi}^A + K_K^A \quad . \quad (7.1)$$

де  $K_{\Pi}^A$  – до виробничі витрати, грн..

Капітальні витрати -  $K_K^A$ , грн.:

$$K^A = 4800 + 1022660 = 1027460 \text{ грн.}$$

Довиробничі витрати на розробку АСУ розраховуються за формулою:

$$K_{\Pi}^A = K_{\Pi P}^A + K_{\Pi O}^A + K_{\Pi O}^A \quad . \quad (7.2)$$

де  $K_{\text{ПР}}^{\text{А}}$  – витрати на проектування АСУ, грн.;

$K_{\text{ПО}}^{\text{А}}$  – витрати на розробку програмного забезпечення, грн.;

$K_{\text{ИО}}^{\text{А}}$  – витрати на підготовку інформаційного забезпечення тривалого користування (створення бази даних АСУ), грн.

$$K_{\text{П}}^{\text{А}} = 0 + 1800 + 3000 = 4800 \text{ грн.}$$

Величина капітальних витрат визначається за формулою:

$$K_{\text{К}}^{\text{А}} = K_{\text{КТЗ}}^{\text{А}} + K_{\text{МОНТ}}^{\text{А}}. \quad (7.3)$$

де  $K_{\text{КТЗ}}^{\text{А}}$  - кошторисна вартість комплексу технічних засобів (КТЗ), грн.;

$K_{\text{МОНТ}}^{\text{А}}$  – витрати на установку, монтаж і запуск КТЗ в роботу, грн. (10% від вартості КТЗ).

$$K_{\text{К}}^{\text{А}} = 1022660 + (1022660 \times 0,1) = 1124926 \text{ грн.}$$

### 7.3 Розрахунок експлуатаційних витрат на функціонування АСУ

Розрахунок річних експлуатаційних витрат на функціонування АСУ здійснюється за формулою:

$$Z_{\text{експ}} = Z_{\text{зп}} + Z_{\text{ел}} + Z_{\text{А}} + Z_{\text{мат}} + Z_{\text{рем}} \quad (7.4)$$

де  $Z_{\text{зп}}$  – річні витрати на заробітну плату спеціалістів в умовах функціонування АСУ з відрахуваннями на соціальне страхування, грн.;

$Z_{\text{ел}}$  – річна вартість електроенергії, споживаною АСУ, грн.;

$Z_{\text{А}}$  – річна сума амортизаційних відрахувань, грн.;

$Z_{\text{мат}}$  – річна вартість матеріалів, необхідних для функціонування АСУ (2% від вартості КТЗ), грн.;

$Z_{\text{рем}}$  – річна вартість ремонту обладнання (7% від вартості КТЗ), грн.

Заробітна плата фахівців (табл.7.2) в умовах функціонування АСУ залежить від їх чисельності, часу роботи і тарифної ставки. Відрахування на соціальні потреби складають 22% (22% - ЄСВ).

Служба експлуатації контрольно-вимірювальних приладів і автоматики (КВП і А) виконує наступні функції: метрологічний нагляд; технічне обслуговування; ремонт і настройку контрольно-вимірювальних приладів і приладів автоматичного управління. Крім того, вона впроваджує нові засоби і системи автоматики (табл..7.2).

Таблиця 7.2 - Штатний розклад служби КВП і А ЦХП 1

Робочі на стані	Графік роботи	Кількість працюючих	Розряд робіт
Інженер-конструктор з ремонту і обслуговування обладнання	Залізничний	6	7
Інженер-електромонтер з ремонту і обслуговуванню обладнання	Залізничний	8	5
Інженер-електромонтер з ремонту і обслуговуванню обладнання (старший)	Залізничний	6	6
Слюсар КВП і А	Залізничний	10	4

Число фахівців які повинні забезпечити безперервну роботу АСУ прокатного стану 1680 протягом зміни – 2 чол.

Списочна чисельність робочих знаходиться за формулою:

$$Ч_{\text{сп}} = Ч_{\text{шт}} \times K_{\text{сп}} \quad . \quad (7.5)$$

де  $Ч_{\text{шт}}$  — штатна чисельність робочих, чол.;

$K_{\text{сп}} = 1,16$  — коефіцієнт списочності:

$$K_{\text{сп}} = \frac{T_{\text{ном}}}{T_{\text{эф}}} \quad (7.6)$$

де  $T_{\text{ном}} = 273,75$  — номінальний фонд часу роботи одного робочого за рік, дні;

$T_{\text{эф}} = 235,75$  — ефективний фонд часу роботи одного робочого за рік, дні (див. таб. 7.3).

$$Ч_{\text{сп}} = 12 \times 1,16 = 19 \text{ чол.}$$

$$K_{\text{сп}} = 273,75/235,75 = 1,16 \text{ (табл. 7.3).}$$

Штатна чисельність робочих:

4 – кількість бригад.

$$4 \times 2 = 12 \text{ чол.}$$

Для виявлення втрат робочого часу, визначення їх причин та шляхів усунення проводиться аналіз показників використання робочого часу робітниками на підставі даних балансу робочого часу (табл. 7.3).

Таблиця 7.3 – Баланс робочого часу одного фахівця

Показники	Режим роботи
	Безперервний (трьохзмінний чотирьохбригадний)
Календарний час	365
Вихідні	$365/4 = 91,25$
Номінальний час	272,75
Невиходи, в т.ч.:	37
по хворобі	1,0
Відпустка основна	34
Навчальна відпустка виконання держ. обов'язків по вирішенню адміністрації	1
Лікарняні у зв'язку з пологами	0,5
Прогули	0,5
Ефективний фонд часу	—
	235,75

Заробітна плата по тарифу (табл. 7.4):

$$Z_{\text{зп}} = C_{\text{ч}} \times T_{\text{еф}} \times \text{Ч}_{\text{сп}} \quad (7.7)$$

де  $Z_{\text{зп}}$  — заробітна плата за тарифом, грн.;

$T_{\text{еф}}$  — число відпрацьованих чоловіко-годин;

19 фахівців працюють по 12 годин, 16 змін за місяць відпрацьовує 1 робітник, отже  $12 \times 16 = 192 \frac{\text{год}}{\text{міс}}$ .

$$T_{\text{еф}} = 192 \times 365 = 70080 \frac{\text{чол}}{\text{год}} \text{ в рік}$$

$C_{\text{ч}}$  — середня погодинна тарифна ставка, грн;

$\text{Ч}_{\text{сп}} = 19$  — кількість фахівців, чол.

Таблиця 7.4 - Тарифні ставки і заробітна плата

Розряд	Кількість, чол.	Тарифна ставка	Зарплата по тарифу, грн
4	7	8	3924480
5	5	8,7	3048480
6	4	9,3	2606976
7	3	10	2102400
Всього	19	—	11682336

Відрахування на соціальні потреби складають 22%, отже:

$$Z_{\text{зп}} = 11682336 + 22\% = 14252449,9 \text{ грн.}$$

Річна вартість електроенергії визначається за формулою:

$$Z_{\text{ел}} = W \times T_{\text{еф}} \times C_{\text{е}} \quad (7.8)$$

де  $W$  – встановлена потужність КТЗ, кВт;

$T_{\text{еф}}$  – ефективний фонд часу роботи КТЗ, год.;

$C_e$  – вартість 1 кВт/рік електроенергії, грн..

В табл.7.5 відображається фактичний час роботи КТЗ та продуктивність стану за рік.

Таблиця 7.5 – Час роботи КТЗ

Показники		
	Години	Сутки
Календарний час	8 760	365
Планово-попереджувальні роботи	480	20
Капітальні ремонти	0	0
Номінальний час	8 280	345
Поточні простої	780	32,5
Фактичний час	7 500	312,5
Середня продуктивність за годину, т/г	12,1	
Продуктивність стану за рік, т/рік	90750	

Фактичний час роботи стану за рік і продуктивність його в одиницю часу:

$$T_{\text{еф}} = T_{\text{кал}} - (T_{\text{пп}} + T_{\text{кр}} + T_{\text{ппр}}) = 8760 - (480 + 0 + 780) = 7500 \text{ год,}$$

де  $T_{\text{еф}}$  – річний фонд робочого часу прокатного стану (КТЗ), год.

$W$  – 172,8 Вт;

$C_e$  – 1,68 грн.

$$Z_{\text{ел}} = 0,1728 \times 7500 \times 1,68 = 2177,28 \text{ грн.}$$

Річна сума амортизаційних відрахувань:

$$Z_A = \frac{K \times H_a}{100} \quad , \quad (7.9)$$

де  $H_a$  – норма амортизації, % (10%).

$$Z_A = \frac{1022660 \times 0,1}{100} = 1022,66 \text{ грн.}$$

$$Z_{\text{мат}} - 1022660 \times 0,2 = 204532 \text{ грн.};$$

$$Z_{\text{рем}} - 1022660 \times 0,7 = 715862 \text{ грн.}$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{екс}} &= 14252449,9 + 2177,28 + 652,48 + 130496 + 456736 \\ &= 14842511,66 \text{ грн.} \end{aligned}$$

### 7.3 Розрахунок показників економічної ефективності АСУ

Пропонована система дозволяє реалізувати збільшення випуску годного прокату на 5 % за рахунок регулювання товщини смуги і контролювання технологічного процесу за допомогою контролера.

Основними показниками економічної ефективності АСУ є:

- річна економія у зв'язку з функціонуванням АСУ;
- річний економічний ефект;
- ефективність витрат на створення і впровадження АСУ.

Річна економія (E) від функціонування АСУТП використовується для розрахунку річного економічного ефекту.

Річний економічний ефект ( $E_{\text{рік}}$ ):

$$E_{\text{рік}} = E - Z_{\text{експ}} \quad . \quad (7.10)$$

де  $Z_{\text{експ}}$  – річні витрати на експлуатацію АСУ.

$B^B$  – виручка від реалізації продукції до впровадження АСУ, грн.

1 тонна прокату коштує - 13118 грн., отже



$$B^B = 13118 \times 90750 = 1190458500 \text{ грн/рік.}$$

Річна економія:

$$E = B^B + 1,5\% = 17856877,5 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект:

$$E_{\text{рік}} = 17856877,5 - 15176043,84 = 2680833,66 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних витрат (Т) визначаються за формулою:

$$T = \frac{K_K^A}{E_{\text{рік}}} \quad , \quad (7.11)$$

$$T = \frac{1124926}{2680833,66} = 1,42 \text{ р.}$$

Рентабельність капітальних витрат  $E_p$  на створення АСУ:

$$E_p = E_{\text{рік}} \div K_K^A = \frac{2680833,66}{1124926} = 0,9 .$$

Результати розрахунку економічної ефективності наведені в табл. 7.6.

Таблиця 7.6 - Результати розрахунку економічної ефективності

Найменування показника	Од. виміру	Рівень показника
Вартість КТЗ	Грн.	1022660
Одноразові витрати на створення АСУ	Грн.	1027460
До виробничі витрати на розробку АСУ	Грн.	4800
Капітальні витрати	Грн.	1124926
Час роботи КТЗ	Годин	7500
Продуктивність стану за рік	т/рік	90750
Річні витрати на заробітну плату спеціалістів	Грн.	14252449,9
Річна сума амортизаційних відрахувань	Грн.	1022,66
Річні експлуатаційні витрати АСУ	Грн.	15176043,84
Річна економія	Грн.	17856877,5
Річний економічний ефект	Грн.	2680833,66
Термін окупності витрат	Рік	1,42
Рентабельність капітальних вкладень		0,9

## 8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

8.1 Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих чинників, що впливають на працівника ЦХП-1

У відділенні по виробництву жерсті і металу з покриттями ЦХП-1 при виробництві жерсті і стрічки, згідно «Реєстру ідентифікації небезпек і ризиків», на людський організм можливий вплив небезпечних і шкідливих факторів.

До фізичних небезпечних виробничих факторів в прокатному виробництві відносяться:

- гострі ріжучі кромки смуг металу;
- рухомі (оберткові) частини машин і механізмів;
- металопрокат і матеріали, що переміщуються за допомогою вантажопідйомних механізмів (кранів);
- автотранспортні засоби;
- пар і гаряча рідина;
- вантажопідйомні та транспортні механізми з гідравлічним і електричним приводами в складі станів і агрегатів;
- електричні і електрозварювальні прилади;
- газонебезпечні місця (термічне відділення);
- вибухонебезпечне приміщення (зарядна станція акумуляторів);
- пожежонебезпечні приміщення (склад масел, майстерні підшипників рідинного тертя);
- приміщення з можливістю рентгенівського опромінення (лабораторія рентгенівських вимірювачів товщини).

До фізичних шкідливих виробничих факторів відносять:

- підвищену запиленість повітря;
- підвищені температуру і вологість повітря робочої зони;

- знижену рухливість повітря;
- підвищений рівень інфрачервоного випромінювання;
- підвищений рівень шуму, інфразвукові коливання, ультразвуку і вібрації;
- підвищений рівень магнітних і електромагнітних випромінювань;
- недостатню освітленість робочої зони коефіцієнт 0,9 % при верхньому і комбінованому освітленні, розряд зорової роботи 8.

Хімічні виробничі фактори.

При прокатці пил утворюється головним чином в результаті подрібнення окалини валками, при цьому 20% пилу має розмір часток менше 10 мкм. Викид пилу становить в середньому 200 г на 1 т товарного прокату.

Пил є найбільш поширеним несприятливим фактором виробничого середовища. У металургійному виробництві переважає пил, який містить оксиди заліза, кремнію, марганцю, фтористі з'єднання і ін. Наприклад, пил біля машини вогневої зачистки, при зачистці сталей рядових марок містить 73,96% Fe, 0,1% C, 0,51% Mn, 0,39% S, 25,04% O<sub>2</sub>. Найбільш інтенсивне виділення пилу відбувається на блюмінгах і слябінгах - до 515-4400 мг/м<sup>3</sup>. В повітрі у станів гарячої прокатки металу вміст пилу оксидів заліза досягає 2400-4400 мг/м<sup>3</sup>. Вміст пилу в повітрі у клітей стану 1680 становить від 200 до 2400 мг / м<sup>3</sup>.

Мікроклімат в прокатних цехах визначається наявністю надмірного конвекційного і променистого тепла, в зв'язку з чим, вони відносяться до груп гарячих цехів. Джерелами тепла є метал що катається, нагріті обладнання, механізми та комунікації, відкриті отвори або кришки нагрівальних пристроїв, горючі гази. Промениста енергія на відстані 1 м від прокату становить до 45 кал / см<sup>2</sup> за хвилину. Рухаючись по цеху, прокат на своєму шляху нагріває все металеве обладнання, при цьому нагріті предмети самі є джерелом тепла і швидко нагрівають повітря.

На робочих місцях температура повітря в літній період досягає 30-45<sup>0</sup> С. Висока температура повітря спостерігається також на постах керування

операторів, в кабінах кранівників, які працюють в головному прольоті стану. Кількісні характеристики інтенсивності випромінювання в прокатних цехах наведені в табл. 8.1. Метеорологічні умови в прокатних цехах характеризуються також наявністю ділянок з високою і низькою вологістю повітря, що негативно впливає на самопочуття і здоров'я людини.

У прокатних цехах до шумонебезпечного обладнання належать робочі кліті, машини вогневої зачистки металу, ножиці для різання металу, маятникової дискової пилки, правильні машини; моталки, рольганги, смугоукладачі, безперервні-травильні агрегати і ін.

Загальна вібрація нормується в октавних смугах частот від 1 до 63 Гц (ДНАОП 0.03-3.12-84: санітарні норми вібрації робочих місць №3044-84).

Гранично допустимі рівні (ГДР) загальної вібрації складають: ГДР для загально-технологічної - 92 дБ; ГДР для транспортної - 107 дБ.

Основним джерелом шуму є прокатний стан, в якому знаходиться величезна кількість металевих механізмів. Основний шум прокатного цеху лежить в області частот до 1000 Гц і має значення звукового тиску в межах 75-95 дБА і може досягати 110 дБА. Рівні звукової потужності обладнання наведені в табл. 8.1.

При виробництві прокату металу використовуються передові методи очищення поверхні металевих виробів (листовий прокат, сортовий прокат) із застосуванням ультразвуку. Ультразвук має головним чином локальну дію на організм, оскільки передається безпосередньо при контакті з ультразвуковим інструментом, деталями або середовищами, в яких збуджуються ультразвукові коливання.

Інфразвук виникає за рахунок тих же процесів що і шум. Прокатні стани (конструкції з плоскими поверхнями більшої площі і малої твердості) створюють умови для генерації інфразвуку. Інфразвук при прокаті металу має постійний характер.

Максимальні рівні низькочастотних акустичних коливань від промислових джерел в прокатному цеху досягають 100-110 дБА.

В умовах прокатного виробництва спостерігається місцева (локальна) і загальна вібрації. Прокатні стани (система механізмів) при своїй роботі створюють загальну вібрацію, яка полягає у відхиленні робочих місць від положення рівноваги на малу величину. при виробництві окремих видів робіт по обробці прокату працівники відчують локальну вібрацію, що передається на руки працюючого. Надмірна вібрація високих рівнів на організм людини призводить до розвитку передчасного стомлення, зниження продуктивності праці, зростанню захворюваності та нерідко до виникнення професійної патології - вібраційної хвороби.

Правильне освітлення робочих місць прокатних цехів має велике значення для створення безпечних умов роботи: незадовільне освітлення негативно впливає на зір працівників, може стати причиною травматизму. Рівномірний розподіл яскравості в умовах прокатного виробництва не досягається. Внаслідок виникнення великої кількості пилу спостерігається погіршення видимості і зменшується огляд. Надмірна сліпуча яскравість металевих деталей порушує умови комфортного зору, погіршує контрастну чутливість.

Таблиця 8.1 – Оцінка чинників виробничого і трудового процесу оператора прокатного стану (вальцювальника)

Чинники виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі і небезпечні умови			Тривалість дії чинників за зміну %
			I ступінь	II ступінь	III ступінь	
Шкідливі хімічні речовини, мг/м <sup>3</sup> 1 клас небезпеки _____ 2 клас небезпеки _____ 3-4 класи небезпеки _____						
Пил, переважно фіброгенної дії, мг/м <sup>3</sup>	2	24			12	80%
Вібрація (загальна і локальна), Гц	92	100			8	40%
Шум, Гц	60	115			>10 дБ	70%
Інфразвук, Гц	90	115				10%
Ультразвук, Гц	80	110				15%
Неіонізуючі випромінювання: - радіочастотний діапазон, в/м - діапазон промислової частоти, кв/м - оптичний діапазон (лазерне випромінювання), кВт/м <sup>2</sup>						20%
Мікроклімат в приміщенні: - температура повітря, °С - швидкість руху повітря, м/с - відносна вологість повітря % - інфрачервоне випромінювання, Вт/м <sup>2</sup>	21-23 0,3 70 140	30-35 0,6 60 100			12	60%
Категорія важкості і напруженість праці	напружена					
Загальна оцінка умов праці	Середньої важкості 2 б					

\*Категорія важкості праці (легка, середньої важкості, важка). Категорія напруженості праці (мало-, помірно-, напружена, дуже напружена).

Таким чином, аналіз шкідливих і небезпечних факторів дозволяє зробити висновок, що умови праці в ЦХП-1 характеризуються середньою важкістю, які не призводять до зростання захворюваності з втратою працездатності та проявом початкових ознак професійної патології.

## 8.2 Заходи з поліпшення умов праці

Велике значення поліпшення умов праці пояснюється тим, що вони в основному являють собою виробничу середу, в якій протікає життєдіяльність людини під час праці. Від їх стану в прямій залежності знаходиться рівень працездатності людини, результати її роботи, стан здоров'я, ставлення до праці. Поліпшення умов праці істотно впливає на підвищення її продуктивності. Тому для мінімізації впливу на людину під час її трудової діяльності шкідливих факторів, необхідно впроваджувати заходи з поліпшення умов праці.

Для створення і автоматичної підтримки в цеху оптимальних значень температури, вологості і швидкості руху повітря застосовується кондиціонування повітря. У табл. 8.2 наведені санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Кондиціонер є вентиляційною установкою, яка за допомогою приладів автоматичного регулювання підтримує в приміщенні задані параметри повітряного середовища.

Таблиця 8.2 - Санітарні норми мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура повітря	Відносна вологість	Швидкість руху, м/сек.
Холодний період року	Середньої важкості 2б	17-19	60-40	0,2
Теплий період року	Середньої важкості	20-22	60-40	0,3

В цеху передбачене комбіноване освітлення. У денний час для виконання робіт в цеху досить природного освітлення, яке здійснюється через віконні прорізи, ліхтарі. У вечірній і нічний час в цеху використовується штучне освітлення лампами ДРЛ-1000, які встановлені в світильники глибокого розподілу світла типу ГСР без відбивача.



При прокаті металу на валки стану поливається емульсія. Лист у процесі прокатки розігрівається, що призводить до інтенсивного випару емульсії. Випар починається за другою кліттю й особливо інтенсивно відбувається за передостанньою кліттю і на моталці. Пари емульсії і пилу, якщо їх не уловити, конденсуються на ліхтарях та забруднюють електроустаткування. Для запобігання цього, для станів холодного прокату, передбачають витяжну вентиляцію, що дозволяє мінімізувати вихід шкідливих речовин на робочу площадку стану.

Основним джерелом шуму в ЦХП 1 є транспортуємий, розвантажуваний метал. Згідно ДСТУ 2867-94 "Шум. Рівень шуму, безпосередньо на робочому місці вальцювальника (оператора стану), вище допустимого рівня і в таких умовах захист від шуму повинен досягатися розробкою шумобезпечної техніки, а також застосуванням засобів і методів колективного захисту також застосуванням засобів індивідуального захисту.

У ЦХП 1 найбільш гучним устаткуванням є: безперервний прокатний стан; дресирувальні стани; летючі ножиці; агрегати поперечного різання металу, прийомні кишені; травильні машини. Найбільш ефективними методами захисту від шуму є: звукоізоляція обладнання; зниження шуму машин, застосування змащування поверхонь; мінімальні допуски при виготовленні деталей і забезпечення раціональних посадок.

Джерелом інтенсивних шумів є вібрація поверхні машин і устаткування. Джерелом виникнення низькочастотних вібрацій є невірноваженість обертових деталей прокатного обладнання, биття та інші механічні дії. Так само вібрація, а внаслідок її і шум може виникнути в зв'язку з несвоєчасним оглядом обладнання, що призводить до ослаблення кріплення деталей і вузлів. Ослаблення вібрації може бути досягнуто при виконанні конструктивних і технологічних заходів: врівноважуванням і динамічним балансуванням обертових деталей машин; усунення дефектів деталей; покриття поверхонь деталей машин демпфівальними матеріалами (антивібраційної мастикою, гумою); підвищення жорсткості конструкції

машини, що сприяє зменшенню амплітуди коливань; застосування амортизації робочих місць (сталеві пружини, ресори, прокладки з гуми).

Безпека обладнання на робочому місці нормується наступними нормативно-технічними документами: ГОСТ 12.2.003-74 ССБТ "Оборудование производственное. Общие требования безопасности". ГОСТ 12.2.062-81 ССБТ "Оборудование производственное.". ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ "Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам".

Для забезпечення безпеки експлуатації машин і механізмів прокатних цехів необхідно застосовувати різні системи захисту. Призначення огорожувальних пристроїв - попереджати механічний вплив фізичних небезпечних факторів на людину. Область застосування - огорожу агрегатів, механізмів і їх рухомих частин Розподільні електричні установки та пристрої напругою вище 1000 В обладнають суцільними захисними пристроями або огорожами сітчастого типу з розміром осередків 20x20 мм.

У ЦХП - 1 встановлено різноманітне основне і допоміжне обладнання, рухомі частини та вузли якого становлять певну небезпеку, так як непередбачений контакт з ними може викликати травми. Це прокатні валки, що тягнуть, що подають і напрямні ролики, зубчасті і ланцюгові передачі, ножиці і пилки, транспортери та конвеєри. Частини та вузли прокатних машин (валки, маховики, з'єднувальні шпинделі, барабани летючих ножиць, різні муфти і втулки) здійснюють обертальні рухи. Небезпека впливу визначається, перш за все, конструктивними проблемами. Так небезпека зростає, якщо обертові частини устаткування містять виступаючі кріпильні деталі. Для забезпечення безпеки експлуатації машин і механізмів прокатних цехів необхідно застосовувати різні системи захисту. Це досягається насамперед механізацією виробничих процесів, дистанційним керуванням механізмами і наглядом за їх роботою, автоматизацією вимірювання параметрів процесу прокатки металу.

### 8.3 Електробезпека

Приміщення управління та контролю прокатним станом 1680 можна віднести до сухого типу, тому що відносна вологість повітря не перевищує 60%, температура повітря не перевищує 35<sup>0</sup> С, а також відсутнє хімічно агресивне середовище.

За небезпекою електротравм приміщення ЦХП – 1 відноситься до категорії умов з підвищеної небезпеки. Основними причинами поразки працівника лабораторії електричним струмом на робочому місці можуть бути:

- випадковий дотик до струмоведучих частин, які знаходяться під напругою, при проведенні ремонтних робіт, або з-за несправності захисних засобів, з-за помилок;
- поява напруги на металевих частинах виробничого устаткування (огороженнях, корпусах і та ін.), що можливо в результаті пошкодження ізоляції струмоведучих частин електроустаткування з проводом, що знаходиться під напругою; замикання фази на землю;
- помилкове підключення устаткування під напругу під час проведення на ньому ремонтно-профілактичних робіт; замикання між відключеними і струмоведучими частинами, що знаходяться під напругою;
- виникнення крокової напруги на поверхні землі, на якій знаходиться людина. Це може бути результатом замикання проводу на землю, несправностей у пристроях робочого або захисного заземлення, занулення.

Важливою загальною причиною поразок струмом є незнання правил поведінки з злектронебезпечними об'єктами та умов їх експлуатації. Наприклад, неврахування характеристики приміщення - його вологості, температури, запилованості.

У прокатному виробництві застосовують велику кількість різноманітного електрообладнання, який надає небезпечний вплив на працівників (електричні поля промислової частоти і електромагнітні поля

високої частоти). Джерелом електричних полів промислової частоти є струмопровідні частини діючих електроустановок (лінії електропередач, індуктори, конденсатори термічних установок, фідерні лінії, генератори, трансформатори, електромагніти, соленоїди, імпульсні установки, литі і металокерамічні магніти та ін.). Тривалу дію електричного поля на організм людини може викликати порушення функціонального стану нервової та серцево-судинної системи. Це виражається в підвищеній втомлюваності, зниження якості виконання робочих операцій, болях в області серця, зміні кров'яного тиску і пульсу.

У цеху всі металеві конструкції заземлені, опір заземлюючого проводу не повинен перевищувати 4 Ом. Як заземлення застосовані металеві конструкції цеху. Електроустановки захищені від дії високих температур і шкідливих речовин, і розташовані в місцях, недоступних іншим особам. Усі струмопровідні частини захищені металевими огорожами. В електроустановках, на яких часто ведуть роботи, на огорожувальних струмоведучих частинах застосовують блокувальні пристрої. Токоведучі кабелі розташовані на висоті не менше 2,5 м від рівня підлоги цеху.

Основними організаційними заходами запобігання ураження електричним струмом є інструктаж і навчання безпечним методам праці, перевірка знань правил безпеки та інструкцій відповідно до виконуваної роботи.

При проведенні незапланованого та планового ремонту прокатного стану виконуються наступні дії:

- відключення установки від мережі;
- перевірка відсутності напруги.

Після виконання цих дій проводиться ремонт несправного обладнання. Якщо ремонт проводиться на струмоведучих частинах, що знаходяться під напругою, то роботу виконують не менш як дві особи із застосуванням електрозахисних засобів.

## 8.4 Пожежна безпека. Техногенна безпека

Приміщення пультів управління технологічними відносяться до категорії «Д». Джерелами запалювання можуть бути електронні схеми, прилади, застосовувані для технічного обслуговування агрегатів лінії, пристрої електроживлення, кондиціонування повітря, де в результаті різних порушень утворюються перегріті елементи, електричні іскри і дуги, здатні викликати загоряння горючих матеріалів.

Пожежна і вибухова небезпека прокатного виробництва визначається наступними факторами:

- наявністю широко розвиненої мережі кабельного господарства;
- великої кількості масла в масло-емульсійних підвалах;
- застосуванням горючих (вибухонебезпечних) газів в нагрівальних печах і колодязях, при різанні металу, вибухонебезпечний водень виникає в травильних ваннах при обробці металу.

Кожен робітник, який приймається на підприємство, повинен пройти протипожежний інструктаж, що підрозділяється на вступний і первинний. Під час вступного інструктажу робітника знайомлять із діючими на підприємстві правилами і інструкціями з пожежної безпеки, із розташуванням пожежо-небезпечних ділянок, можливих причин пожежі і заходами запобігання, із організацією пожежної охорони. Під час первинного інструктажу робітника знайомлять з правилами пожежної безпеки в даному цеху і при виконанні певної роботи із підвищеною вибухопожежною небезпекою, а також з засобами пожежогасіння.

Заходи з пожежної профілактики поділяються на організаційні, технічні, режимні та експлуатаційні:

- організаційні заходи передбачають правильне експлуатування машин та внутрішньозаводського транспорту, правильне утримання будівель та території, протипожежний інструктаж робітників та службовців,

організацію добровільних пожежних дружин, пожежно –технічних комісій, видання наказів з питань посилення пожежної безпеки та інше;

- до технічних заходів відносяться дотримання протипожежних правил та норм при проектуванні будівель, при облаштуванні електропроводів та обладнання, опалення, вентиляції, освітлення, правильне розміщення обладнання;

- до заходів режимного характеру відносяться заборона паління у не встановлених місцях, виконання електрозварювальних робіт та інших вогневих робіт в пожежо-небезпечних приміщеннях та інше;

- експлуатаційними заходами є своєчасні профілактичні огляди, ремонти та випробування застосовуємого обладнання та пристроїв.

Пожежну безпеку промислових об'єктів регламентують вимоги нормативного документу НАПБ А.01.001-2004 “Правила пожежної безпеки в Україні”, типові правила пожежної безпеки для промислових підприємств, інструкції на окремих об'єктах.

Для швидкого виявлення та повідомлення про місце виникнення пожежі, в приміщенні чергових операторів є автоматична пожежна сигналізація АДС.

Для гасіння пожеж на початкових стадіях застосовуються вуглекислотні вогнегасники, перевагою яких є висока ефективність гасіння пожежі, схоронність електронного устаткування. Діелектричні властивості вуглекислого газу, що дозволяє використовувати ці вогнегасники навіть у тому випадку, коли не вдається знеструмити електроустановку відразу.

Застосування води в приміщенні можливо у виняткових випадках, коли пожежа приймає загрозливо великі розміри.

В комплект засобів пожежогасіння, слід включати: вогнегасники - 3 шт., ящик з піском - 1 шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу теплоізоляції або з повсті розміром до 2×2 м - 1 шт., лопи - 2 шт., багри - 3 шт., сокири - 2 шт., лопати - 2 шт. Інструмент розміщується на видному і доступному місці на стендах та щитах.

Ящики для піску повинні мати місткість 0,5; 1,0 або 3,0 м<sup>3</sup> і бути укомплектовані совковою лопатою.

Ємності для піску, що входять в конструкцію пожежного стенду, повинні бути місткістю не менше 0,1 м<sup>3</sup>; конструкція ящика (місткість) повинна забезпечувати зручність витягання піску і виключати попадання опадів.

Одним із основних заходів, що зменшують потенціальну небезпеку виникнення пожеж, являється дотримання правил проведення вогневих робіт. Проведення вогневих робіт повинно виконуватись в спеціальних місцях, а також із додержанням вимог пожежної охорони не тільки з боку робітників пожежної охорони, але й адміністрації підприємства.

Наявність великої кількості мастила на прокатних станах викликає необхідність установки в безпосередній близькості від станів стаціонарних чи пересувних повітряно-пінних вогнегасників. Однак у даний час усе більше поширення одержує устаткування прокатних станів стаціонарними установками пожежогасіння (пінними чи вуглекислотними) з ручним і дистанційним включенням. Даний вид протипожежного захисту є найбільш ефективним і кращим.

Для швидкого виявлення та повідомлення про місце виникнення пожежі в лабораторії є автоматична пожежна сигналізація АДС (автоматичний димовий сповіщувач) і автоматична система пожежогасіння. Для зв'язку використовують телефон, радіотелефон, чи інші засоби першої зв'язку, що знаходяться у цеху.

Необхідними заходами для запобігання пожежі є своєчасний ремонт електроприладів, та якісне виправлення поломок, не використання несправних електроприладів, протипожежний інструктаж, на якому працівники ознайомлюються з правилами протипожежної безпеки та використання первинних засобів пожежогасіння.

Особливу увагу необхідно приділяти евакуації людей з приміщень. Евакуація проводиться по заздалегідь спланованих шляхах. Схеми евакуації розташовані в доступних для погляду людини місцях.

### 8.5 Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

Засіб індивідуального захисту (ЗІЗ) - це засіб захисту, що одягається на тіло працівника (або його частину) або використовується під час праці. ЗІЗ застосовують тоді, коли безпека робіт не може бути забезпечена конструкцією та розміщенням устаткування, організацією виробничих процесів, архітектурно-планувальними рішеннями та іншими засобами колективного захисту.

Відповідно до Закону України "Про охорону праці" на роботах зі шкідливими та небезпечними умовами праці, а також роботах, пов'язаних із забрудненнями або несприятливими метеорологічними умовами робітникам та службовцям безоплатно видаються спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту. Порядок видачі, зберігання та використання ЗІЗ визначається "Положенням про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту". Відповідно до ГОСТу 12.4.011-89 засоби індивідуального захисту видають в ЦХП - 1 : засоби захисту органів дихання (распіратори), спеціальний одяг, спеціальне взуття, засоби захисту голови (каска), рук (рукавиці), органів слуху («беруші»), очей (окуляри), захисні дерматологічні засоби, запобіжні засоби та пристосування, комплексні засоби захисту.



## ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі розроблено САР товщини смуги прокатного стану 1680, яка поєднує автоматичний контроль за станом роботи окремих механізмів і агрегатів, автоматичне регулювання основних технологічних параметрів, ручний вибір режимів роботи та регулювання товщини смуги.

У загальній частині представлена характеристика процесу прокату. Проаналізовано існуючий рівень автоматизації на підприємстві Запоріжсталь в ЦХП 1. Також прокатне виробництво було проаналізовано з позиції управління, в результаті чого визначено контрольовані та регульовані параметри.

У спеціальній частині визначено принципи управління по кожному технологічному параметру. Для регулювання більшості параметрів доцільно використовувати одноконтурні САР, оскільки об'єкт не є інерційним.

Також було розроблено функціональну схему автоматизації, відповідно до якої було підбрано первинні перетворювачі, нормуючі пристрої, вторинні прилади та виконавчі механізми, обрано та скомпоновано промисловий контролер Simatic S7-400. Для скомпонованого контролера розроблено підпрограму управління товщиною смуги.

Відповідно до функціональної схеми автоматизації для САР формування заготовки було розроблено принципову електричну схему, принципову електричну схему живлення, монтажну комутаційну схему щита КВПіА, зовнішній вид щита та вид на внутрішні панелі, схему зовнішніх з'єднань. Для розробленої системи розраховано оцінку надійності.

Для розробленої системи автоматизації проведено розрахунок техніко-економічних показників. За результатами проведених розрахунків збільшення випуску продукції і підвищення її якості за рахунок більш раціонального використання виробничих потужностей ( у даному випадку зменшити дефекти прокату, коробоватість, різнотовшинність), приводить до

річного економічного ефекту у розмірі до 2680833 грн. Одноразові капітальні вкладення складають 1124926 грн., а строк окупності проекту 1,4 роки.

У розділі охорони праці проведений аналіз небезпечних та шкідливих факторів на території ЦХП -1 .

Таким чином, на підставі особливостей технологічного процесу прокату та аналізу існуючого рівня автоматизації прокатним станом, було розроблено ефективну систему автоматизації, яка забезпечує оптимальне ведення технологічного процесу, звільнення людини від участі в процесі виробництва та зниження кількості бракованої продукції.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Міняйло Н.О., Дипломне проектування. Методичні вказівки до написання та оформлення дипломного проекту для студентів ЗДІА напрямку підготовки 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»/ Н.О.Міняйло, М.Ю. Пазюк – Запоріжжя:ЗДІА, 2013. – 76 с.

2. Барішенко О.М., Контрольна робота з дисципліни «Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень»/Барішенко О.М., Овчинникова І.А. – Запоріжжя , ЗДІА, 2010. – 28с.

3. Технологические основы автоматизации листовых станов. [Коновалов Ю.В., Воропаев А.П, Руденко Е.А., Еремин Ю.А., Мещерякова А.А.] – К.: Техника, 1981. – 128 с.

4. Бройдо Б.С. Синтез систем автоматического управления непрерывными станами холодной прокатки. - М.: Металлургия, 1978. - 160с.

5. Технологическая инструкция по холодной прокатке на непрерывном четырехклетьевом стане. И-6П-1-69 г.

6. Осипов О.И. Техническая диагностика автоматизированных электроприводов. Осипов О.И., Усынин Ю.С. /– М.: Энергоатомиздат, 1991. – 160 с.

7. Омельченко Б. Я. Рациональный объём автоматизации прокатных станов. А 2004. - 42 с.

8. Челюсткин А.Б. Автоматизация процессов прокатного производства. М.: Металлургия 1971. - 296 с.

9. Выдрин В.Н. Автоматизация прокатного производства. Учебник для вузов. /Выдрин В.Н. Федосиенко А.С. М.: Металлургия 1984. - 472 с.

10. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Надежность автоматизированных систем управления. Основные положения.: ГОСТ 24.701-86. [Действующий от 01.07.1987]. – М.:Стандартинформ, 2009. – 12с.

11. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Изделия электротехнические. Общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2, 3, 4): ГОСТ 12.2.007.0-75. [Действующий от 01.01.1978]. – М.:Стандартинформ, 2008. – 15с.

12. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. защитное заземление, зануление. : ГОСТ 12.1.030-81. [Действующий от 15.05.1981]. – М.:Стандартинформ, 2004. – 17с.

13. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Взрывобезопасность. Общие требования (с Изменением N 1):ГОСТ 12.1.010-76. [Действующий от 01.01.1978]. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2002. – 14с.

14. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение. Измерительных систем.: ГОСТ Р 8.596-2002. [Действующий от 30.09.2002]. – М.:Стандартинформ, 2002. – 19с.