

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
(повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

Автоматизація управління і реєстрації сировини на стадії формоутворення
заготовок з металу на виробництві

(тема)

Виконав: студент 2 курсу, гр. КІТПВм-19-1
Бородін К.О.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 151 Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології

освітньої програми Комп'ютерно-інтегровані
технологічні процеси і виробництва
(код і повна назва напрямку)

Тип програми освітньо-професійна
(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Олександров Ю. М.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту
зав. кафедри

(підпис)

Невлюдов І.Ш.
(прізвище, ініціали)

2020 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет	Автоматики і комп'ютеризованих технологій
Кафедра	Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Спеціальність	151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Тип програми	освітньо-професійна
Освітня програма	Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва
	(код і повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

« _____ » _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____

Бородину Костянтину Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Автоматизація управління і реєстрації сировини на стадії формоутворення заготовок з металу на виробництві

затверджена наказом по університету від 02.11. 2020 р. № 1511 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ . _____ . 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи Геометричні розміри слябу: товщина слябу 190 мм; ширина слябу 1200 мм; матеріал СтЗсп (вуглецева звичайної якості);

коефіцієнт лінійного розширення твердої сталі $(1,4 - 1,5) \cdot 10^{-5}$, 1/град;

критерій оптимального випередження для синусоїдального закону коливання

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі

4.1 Вступ;

4.2 Аналіз сучасного стану проблеми формоутворення виробів з металу;

4.3 Вибір параметрів управління на стадії формоутворення заготовок з металу;

4.4 Розробка математичної моделі процесу формоутворення заготовок з металу;

4.5 Розробка автоматизованої системи для управління і реєстрації сировини на стадії формоутворення заготовок з металу на виробництві;

4.6 Проведення експерименту та порівняння результатів;

4.7 Розрахунок електробезпеки та забезпечення безпечних умов праці;

4.8 Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Демонстраційний матеріал представлений у форматі презентації PowerPoint (*.ppt) – 14 с. формату А4

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Керівник (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Аналіз технічного завдання</i>	01.09.2020 р.	Вик.
2	<i>Аналіз сучасного стану проблеми формоутворення виробів з металу</i>	10.9.2020 р.	Вик.
3	<i>Вибір параметрів управління</i>	17.09.2020 р.	Вик.
4	<i>Розробка математичної моделі</i>	30.09.2020 р.	Вик.
5	<i>Розробка автоматизованої системи для управління і реєстрації сировини на стадії формоутворення заготовок з металу на виробництві</i>	20.11.2020 р.	Вик.
6	<i>Проведення експерименту та порівняння результатів</i>	23.11.2020 р.	
7	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	30.11.2020 р.	Вик.
8	<i>Подання роботи до ДЕК</i>	02.12.2020 р.	Вик.

Дата видачі завдання 02.12.2020 р.

Студент _____

(підпис)

Бородін К.О.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Олександров Ю.М.

(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 104 с., 9 табл., 40 рис., 1 дод., 43 джерела.

ЗАГОТОВКА, МЕТАЛ, ПРОЦЕС, СИРОВИНА, ФОРМОУТВОРЕННЯ.

Об'єкт дослідження – процес формоутворення заготовок з металу.

Предмет дослідження – сировина для заготовок з металу.

Методи дослідження – теоретичні дослідження, теорія множин.

Мета магістерської атестаційної роботи – розробка математичної моделі та системи для управління і реєстрації сировини на стадії формоутворення заготовок з металу на виробництві.

У магістерській атестаційній роботі проведено аналіз особливостей формоутворення та виробництва виробів з металу та їх заготовок, визначені основні характеристики та властивості, що в подалі, в другому розділі описуються в розробленій математичній моделі. Також в другому розділі атестаційної роботи вибрано технічні засоби для контролю параметрів процесу формоутворення заготовок з металу. Проведено розрахунки основних параметрів.

В третьому розділі атестаційної роботи на базі математичної моделі розроблено алгоритм, як основа для створення автоматизованої системи управління і реєстрації сировини на стадії формоутворення заготовок з металу.

Для визначення основних шкідливих виробничих факторів в робочій зоні виконали необхідні розрахунки в розділі охорони праці.

Результати магістерської атестаційної роботи апробовані в журналі ADED.

ABSTRACT

Explanatory note contains: 104 pp., 9 tables, 40 figures, 1 appendix, 43 sources.

FORMATION, METAL, PROCESS, PROCUREMENT, RAW MATERIAL.

The object of research – forming metal blanks process.

Subject of research – raw materials for metal billets.

Methods of research – theoretical research, set theory.

The purpose of the work – development of a system for management and registration of raw materials at the stage of forming metal workpieces in production.

In master's attestation work analysis of forming and production features for metal products and their preparations is carried out, basic characteristics and properties which further, in second section are described in developed mathematical model are defined. Also in second section of certification work selected technical means to control parameters of forming metal workpieces process. The calculations of main parameters are carried out.

In third section of attestation work on basis of mathematical model developed an algorithm as basis for creating an automated control system and registration of raw materials at forming metal blanks stage.

To determine main harmful production factors in work area performed necessary calculations in section of labor protection.

The results of master's attestation work were tested in ADED's journal.

ЗМІСТ

Перелік скорочень	8
Вступ	9
1 Аналіз сучасного стану проблеми формоутворення виробів з металу ...	12
1.1 Аналіз особливостей формоутворення та виробництва ВМ	12
1.2 Аналіз основних характеристик та властивостей ВМ	18
1.3 Процес регулювання і реєстрації сировини на виробництві ВМ ...	24
1.4 Постановка задач досліджень	30
1.5 Висновки до 1 розділу	32
2 Технологічний процес формоутворення заготовки з металу	33
2.1 Вибір технологічного обладнання та його параметрів при формоутворенні заготовки з металу	33
2.2 Розробка математичної моделі процесу формоутворення заготовок з металу	40
2.3 Вибір параметрів управління на стадії формоутворення заготовок з металу	48
2.4 Технічні засоби для контролю параметрів на стадії формоутворення заготовок з металу	57
2.5 Висновки до 2 розділу	60
3 Розробка автоматизованої системи для управління і реєстрації сировини на стадії формоутворення заготовок з металу на виробництві ...	62
3.1 Вибір середовища розробки	62
3.2 Розробка алгоритму роботи автоматизованої системи для управління і реєстрації сировини	67
3.3 Розробка системи автоматизованої системи для управління і реєстрації сировини	69
3.4 Розробка інтерфейсу автоматизованої системи для управління і реєстрації сировини	78

3.5 Проведення експерименту та порівняння результатів	90
3.6 Розрахунок електробезпеки та забезпечення безпечних умов праці	94
3.7 Висновки до 3 розділу	96
Висновки	98
Перелік джерел посилання.....	100
Додаток А Демонстраційний матеріал	105

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АСУ – автоматизована система управління;

ВМ – вироби з металу;

ІЧП – інфрачервоний пірометр;

КР – кристалізатор;

КР – кристалізатор;

МБР – машини безперервного розливу;

МТЗ – метизні вироби (метизи);

МХШ – метод холодного штампування;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПК – проміжний / промковш;

СЛМ – слябова машина для лиття;

СР – саморіз;

СРМ – сортова машина для лиття;

СТК – сталерозливний ківш / сталь-ківш;

ТП – технологічний процес.

ВСТУП

В умовах ринкової економіки на виробничих підприємствах значно розширилося коло завдань, які необхідно вирішувати для того, щоб залишатися на високому рівні конкурентоспроможності не тільки серед вітчизняних виробників, а й на світовому рівні. Саме тому розвиток сучасної промисловості базується на впровадженні новітніх засобів автоматизації у виробничі процеси, що обумовлює скорочення поточних витрат і підвищення якості кінцевої продукції.

На сьогодні неможливо зробити складну і надійну конструкцію або провести електропроводку в приміщенні без використання виробів з металів, одним з найпоширеніших типів є метизні вироби або метизи (МТЗ). Взагалі МТЗ бувають широкого призначення (вироби, які застосовуються в повсякденному житті) та промислові (цвяхи, шурупи, болти, гвинти, дюбелі, анкери, шпильки, гайки тощо).

У світовій практиці широко застосовуються вироби прогресивних конструкцій, які, крім свого основного завдання, виконують ще й додаткові функції. Наприклад, виключають необхідність застосування плоских шайб (болти і гайки з фланцем), свердлять отвір і нарізають різьбу (власносвердловальні і власнонарезальні), розгортають різьблення в гладких отворах (різьбовидавлюючі), стопорять з'єднання без шплінта, контргайки і пружинні шайби (власностопоряючі). До таких виробів відноситься також кріплення підвищеної міцності і корозійної стійкості, а також швидковстановлюємі.

Крім надійності і механічної міцності, ВМ повинні бути добре захищені від корозії, а до деяких видів ВМ пред'являються й естетичні вимоги – вони не повинні псувати зовнішній вигляд конструкцій.

Одна з основних проблем, яка існує при формоутворенні ВМ – підвищення якості виробів та отримання виробів з високими властивостями матеріалу.

До основних напрямків вирішення проблеми підвищення якості ВМ можна віднести:

- розробка нових мало- та безвідходних або удосконалення існуючих технологій;
- управління і реєстрації сировини;
- вдосконалення конструкцій та освоєння випуску нових перспективних видів виробів;
- підвищення стійкості інструменту;
- заміна застарілого обладнання на сучасніше.

Таким чином, лідируючі позиції на ринку ВМ займають якісні, що відповідають ДСТУ та технічним умовам виробу.

Управління якістю при формоутворенні ВМ обов'язково включає контроль та реєстрацію сировини і контроль всіх етапів виробничого процесу, з використанням новітнього обладнання.

Проблема підвищення якості складна і багатогранна, та найчастіше вирішити її можна тільки при здійсненні комплексу заходів, тому, тема атестаційної роботи є актуальною.

Об'єкт дослідження – процес формоутворення заготовок з металу.

Предмет дослідження – сировина для заготовок з металу.

Методи дослідження – теоретичні дослідження, теорія множин.

Мета магістерської атестаційної роботи – розробка математичної моделі та системи для управління і реєстрації сировини на стадії формоутворення заготовок з металу на виробництві.

Для досягнення поставленої мети потрібно рішення наступних завдань:

- провести аналіз особливостей процесу формоутворення та заготовок з металу на виробництві;
- вибрати конкретну групу ВМ та провести огляд найпоширеніших виробів;
- провести вибір та обґрунтування оснащення для технологічного процесу формоутворення заготовок з металу;
- розробити математичну модель процесу формоутворення заготовок з металу;

- розробити автоматизовану систему для управління і реєстрації сировини на стадії формоутворення заготовок з металу на виробництві;
- провести експериментальне дослідження для оцінки створеної системи;
- оформити пояснювальну записку згідно з методичними вказівками [1], вимогами ДСТУ 3008:2015 [2] та згідно з положеннями [3-7].

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ ФОРМОУТВОРЕННЯ ВИРОБІВ З МЕТАЛУ

1.1 Аналіз особливостей формоутворення та виробництва ВМ

Сучасна металургія – складна галузь, яка успішно розвивається на глобальному, національному та регіональному рівнях.

Метал – основний матеріал для багатьох виробництв так як він застосовується і в традиційних, і в нових секторах економіки, а також спостерігається постійне зростання його споживання на ринках, що розвиваються.

Важливими процесами виготовлення виробів з металу є кування, штампування, гнуття, формування і механічна обробка, які використовуються для надання форми окремих деталей металу та інші процеси.

Саме поняття «вироби з металів» включає в себе всі види металевих виробів, а в даній роботі будемо мати на увазі метизні вироби. Взагалі-то, метиз – скорочено «металевий виріб» [8 – 12].

Останнім часом різко розвивається ринок метизних виробів (метизів) – перспективний вид продукції для машинобудування, мостобудування, монтажу металевих конструкцій.

На сьогодні є безліч технологій виготовлення МТЗ, але вони частіш за все орієнтовані на досягнення порівняно невисоких показників міцності виробів, що відповідають класу 8,8.

Виготовлення затребуваного на ринку кріплення більш високих класів міцності, особливо для виробів збільшених перетинів, вимагає застосування нових марок сталі і коригування технологій виготовлення та методів їх обробки.

Використання ж традиційних матеріалів і методів їх переробки не забезпечує резерву для подальшого підвищення міцності властивостей і

поліпшення якості виробів, МТЗ безпосередньо впливають на високу міцність закріплення елементів і що саме важливе – повинні витримувати великі навантаження.

Особливості формоутворення (виробництва) МТЗ залежать від конкретних типів виробів.

По-перше, процес виробництва шурупів і гвинтів.

Шуруп – це поширений і широко використовуваний елемент кріплення, який являє собою металеву основу з різьбленням та окантованої головкою. Матеріал – нержавіюча сталь, латунь (рис. 1.1, а) [13].

Гвинт – стрижень з різьбленням на одному кінці і з головкою на іншому (рис. 1.1, б) [13].

Головним чином гвинти використовуються для прикріплення деталей до поверхні.

Шуруп по своїй суті є різновидом гвинта, при цьому він має конусну форму, і призначений для вгвинчування (має різьблення) в матеріали, які піддаються деформації (дерево, м'який метал і т.д.).



а) шурупи; б) гвинти

Рисунок 1.1 – Види МТЗ

Виробництво шурупів та гвинтів можна розділити на наступні основні етапи [13]:

- виготовлення заготовок – завдання довжини та шліща;
- нарізка різьблення;

- термічна обробка в печі для загартування;
- нанесення фосфатованого або оцинкованого покриття.

Тобто перший етап у виробництві – відрізка заготовки по довжині та формування головки і шліца.

Для цих робіт застосовується холодновисадочний верстат, який додається до принтера по розмотуванню для дроту і комплектом інструменту для потрібного типу виробу. Продуктивність такої машини варіюється в діапазоні 150 – 200 виробів в хвилину [13].

Після холодновисадочний заготовки необхідний верстат для накатки різьби, який виконмує: накатку різьби, формує загострений наконечник шурупа. Принцип його дій заснований на транспортуванні виробів в вібробункер, а потім – в зону накатки нарізного сполучення, яка формується за допомогою плоскої плашки.

Обладнання для виробництва шурупів та гвинтів: холодновисадочний верстат (рис. 1.2, а), верстат для накатки різьби (рис. 1.2, б) зі стружковідділителем, автоматизована лінія для термічної обробки, автоматизована лінія для антикорозійного покриття [14].



а)



б)

а) холодновисадочний верстат; б) верстат для накатки різьби

Рисунок 1.2 – Устаткування для виготовлення МТЗ

По-друге, процес виробництва саморізів.

Саморіз (СР) – кріпильний виріб у вигляді стержня з головкою і спеціальної зовнішнім різьбленням, що утворює внутрішнє різьблення в отворі предмета [13].

Виробництво саморізів можна розділити на наступні основні етапи [13]:

- підготовка заготовки – розріз дроту на заданий розмір;
- формування наконечника і головки;
- формування різьби;
- загартовування виробу методом швидкого нагрівання та охолодження в гартівному колі;
- обробка виробу антикорозійним матеріалом.

Обладнання для виробництва СР: холодновисадочний і верстат для накатки різьби, а також центрифуга для сушіння виробу, лінії гальваніки і печі для загартування. Швидкість роботи міні-верстата залежить від ступеня його продуктивності і може складати 50 – 250 штук в хвилину.

По-третє, процес виробництва гайок.

Гайка – шестигранник (найчастіше) з різьбою круглого перетину всередині.

Виробництво гайок можна розділити на наступні основні етапи:

- підготовка заготовки – розріз дроту на заданий розмір;
- формування шестигранної форми виробу;
- формування внутрішнього різьблення.

Технологія їх виготовлення ґрунтується на холодному методі безперервного формоутворення з прутка або дроту. Намотаний на котушці, дріт направляється до верстату для нарізання, який робить заготовки заданої величини. Потім основа проходить кілька формотворчих штамів. На підсумкову заготовку накочується різьблення.

Обладнання для виробництва гайок: гайконарізний верстат, холодновисадочний верстат, філера. штамповочна машина, холодновисадочний інструмент – втулки, вставки, пуансони, матриці і т.д.

По-четверте, процес виробництва шпильок.

Шпилька – стрижень циліндричної форми з різьбленням на обох кінцях.

Існує кілька технологій виготовлення кріпильних виробів даного виду. Найпростішим, низькорентабельним способом, який ще має місце в виробництві шпильок, є обробка металу різанням на токарних верстатах.

Інший метод, при якому задіяні верстати з числовим програмним управлінням (ЧПУ), дозволяє випускати значно більший обсяг готових виробів. Однак витрати металу заготовки в цьому, як і в попередньому, випадку досить великі.

Виробництво шпильок можна розділити на наступні основні етапи [13, 14]:

- порізка катанки (металевого прутка) на окремі заготовки необхідної довжини в стрічковопиляльному верстаті;
- попередня механічна обробка поверхні заготовки;
- нарізка різьблення з припусками у 1,5-2,0 мм;
- чистова та термічна обробка;
- остаточна, чистова, обробка з виходом готового виробу.

Обладнання для виробництва шпильок: нарізний верстат, холодновисадочний верстат.

Таким чином, МТЗ виготовляються за кількома технологіями. Одні способи використовуються для масового випуску виробів з мінімальними втратами матеріалу (близько 5-7 %) і повною автоматизацією виробничого процесу. При виготовленні застосовується спеціальне програмне забезпечення для швидкого виконання всіх завдань.

Інші методи виробництва МТЗ засновані на використанні послідовних операцій, що виконуються на фрезерних і токарних верстатах. Вони відрізняються низькою продуктивністю, високою трудомісткістю і підвищеною витратою металу, що досягає в деяких випадках 40-60 % від маси заготовки. Однак існує безліч різновидів морально застарілого обладнання, яке потребує ремонту, тому виготовлення кріпильних виробів механічними способами залишається затребуваним. В основному за такими технологіями виробляються

невеликі партії болтів, гайок і плоских шайб.

Метод холодного штампування (МХШ) – метод який застосовується майже для всіх МТЗ.

До основної технології виготовлення заготовок для МТЗ відноситься технологія безперервного розливу металу. Опишемо технологічний процес (ТП):

– сталь надходить в проміжний ківш, попередньо нагрітий до температури 1100 – 1150 °С, проміжний ківш заповнюють рідким металом до проектного рівня 700 мм [15];

– в проміжному ковші відкривають стопор цього ківшу і через занурюючу склянку починається заповнення рідким металом кристалізатора, що охолоджується водою, в якому відбувається початкове формування заготовки (сляба);

– включають механізм хитання кристалізатора і з кристалізатора метал через підтримуючу систему надходить в роликову зону радіальної ділянки зони вторинного охолодження, яка утримує кірку в повному обсязі затверділої заготовки від роздуття феростатичним тиском, забезпечує її переміщення і подальше охолодження водою з форсунок.

При звичайних схемах безперервного розливу отримують циліндричні виливки, починаючи з діаметра 70 ... 80 мм до 1000 ... 1200 мм (алюмінієві сплави) і до 500 мм (мідні сплави).

Головною частиною установок напівбезперервного розливу є рухомий стіл, на якому знаходяться відливаємі («витягуємі») виливки. При невеликих перетинах (діаметр 100 ... 300 мм) на столі розміщується 15 і більше виливків, які відливають одночасно [15].

Подача розплаву відбувається прямо в кристалізуємий вилівок (точніше, в верхню її частину) у безперервний спосіб, то так само відбувається і живлення фронту зростаючих кристалів, що впливає на усунення таких осадкових дефектів, як раковини, рихлість та пористість.

Тобто, безперервне розливу застосовується забезпечення можливості

постійного живлення виливки і спрямованої кристалізації.

Таким чином, одним з прогресивних і високопродуктивних технологій виготовлення МТЗ відноситься метод холодного штампування – дає можливість отримувати високі за якістю МТЗ з різними типорозмірами. Найпоширеніший метод для отримання заготовок МТЗ – безперервне розливання бо дозволяє підвищити якість виливків у зв'язку з можливістю отримання виливків з необмеженою довжиною і необхідним поперечним перерізом та високим ступенем їх однорідності, а це призведе до зменшення технологічних відходів при подальшій обробці тиском, а також дозволить зменшити розкид технологічних параметрів.

1.2 Аналіз основних характеристик та властивостей ВМ

Під виробами з металу (ВМ) будемо розглядати кріпильні елементи. Для кріплення найбільш часто використовуються такі деталі, як: гвинти, болти, гайки, шайби, шпильки. Вони мають різні як характеристики, так і властивості, які потрібно враховувати при виробництві МТЗ.

За характеристиками МТЗ поділяються на дві підгрупи:

- кріпильні вироби з певним кроком різьблення (гвинти, шпильки, гайки, болти і т.д.);
- кріпильні вироби різних конфігурацій і форм (шурупи, цвяхи, анкери, скоби, дюбелі і т.д.).

За типом з'єднання МТЗ поділяються на:

- роз'ємні (всі елементи кріплення, що складаються з пари деталей, які можуть багаторазово з'єднуватися і роз'єднуватися (роз'ємне з'єднання)): гвинти, шурупи, болти з шайбами та ін.;
- нероз'ємні: заклепки, дюбелі, анкери та інші кріплення, що забезпечують створення нероз'ємного з'єднання [16].

Основні характеристики наведені в табл. 1.1.

До таких характеристик основних видів метизів можна віднести:

- довжина, діаметр (стрижня);
- висота (гайки);
- тип різьблення (зовнішній та внутрішній);
- метричний крок різьби (великий від 1 мм до 64 мм і дрібний від 72 мм до 600 мм (є супердрібний));
- числу заходів (однозаходна та багатозаходна) та є ще по напрямку заходів (права та ліва) [17];
- кут різьблення (гострий і т.д., але найчастіше 40 °С або 60 °С);
- форма головки;
- матеріал;
- клас міцності.

Таблиця 1.1 – Основні характеристики МТЗ

Характеристики	Шурупи, саморізи	Гвинти	Болти	Гайки	Шпильки	Дюбеля
1	2	3	4	5	6	7
Конструкція	Стрижень з зовнішнім спеціальним різьбленням, різьбовим конічним кінцем і головкою на іншому кінці	Стрижень з різьбленням на одному кінці і з головкою на іншому	Стрижень з різьблення на одному кінці і спеціальної головкою на іншому (4-х або 6-ти гранована)	Шестигранник (найчастіше) з різьбою круглого перетину всередині	Стрижень циліндричної форми з різьбленням на обох кінцях	Циліндричний стрижень

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7
Різьблен- ня	Зовнішнє повне / неповне	Зовнішнє	Зовнішнє	Внутрі- шнє	Зовні- шнє	Внутрі- шнє
Довжина	+	+	+	-	+	+
Висота	-	-	-	+	-	-
Діаметр стрижня	+	+	+	-	+	+
Діаметр головки	+	+	+	-	+	-
Форми головки	 <p>напівкругла потайна напівпотайна</p>  <p>дискова циліндрична велика напівкругла</p>					
Конструк- ція головак	 <p>з прямим шлицем під викрутку</p>  <p>з 6-гранним поглибленням під торцевий ключ</p> <p>6-гранна під ключ з фасоним шлицем</p>					
Матеріал виконан- ня	Латунь, мідь, сталь, алюміній і сплави Найчастіше використовується сталь різних марок: 1) Вуглецева сталь, що витримує температуру до 200 °С; 2) Вуглецева сталь з температурою робочого середовища до 300 °С; 3) Вуглецева сталь поліпшеної якості (гранична температура – 400-500 °С); 4) Легована сталь жароміцна					нейлон, полі- пропі- лен, поліети- лен

Високий клас міцності (з 6,8 до 12,9) досягається завдяки сучасним технологіям виготовлення (гаряча – холодна висадка), що включає спеціальну термообробку і нанесення спеціального покриття [18].

Існують допуски для коригування неточностей різьблення. Вони вказані в документах ДСТУ [19].

Розглянемо інші характеристики МТЗ.

Шурупи, саморізи (різновид шурупів тільки вони мають гостре і високе різьблення з різним кутом нахилу та свердло або гострий наконечник) мають такі характеристики, як – форма головки і шліца за якими вони, по-суті, і розрізняються.

Розрізняються лише головками і шлицями [20]:

- з напівсферичною головкою і прямим шліцом (рис. 1.3, а);
- з потайною головкою, може мати прямий шліц або хрестоподібний (рис. 1.3, б);
- з напівпотайною головкою і шліцом (рис. 1.3, в).



а) б) в)

- а) шуруп з напівсферичною головкою і прямим шліцом; б) шуруп з потайною головкою; в) шуруп з напівпотайною головкою і шліцом

Рисунок 1.3 – Основні різновиди шурупів за формою

Шурупи виконуються в основному з неповним різьбленням, причому ненарізана частина стрижня шурупа має діаметр рівний зовнішньому діаметру різьблення.

Параметри різьблення (часта з кутом 60 градусів) і наконечника (кут

вістря 40 градусів) мають низькі самонарізаючі властивості.

Шурупи в основному без покриттів, в зв'язку з чим мають низькі антикорозійні властивості.

Для шпильок і гвинтів має значення їх довжина. Мінімальний розмір гвинта – 2 мм. В середньому найчастіше використовуються розміри 10-50 мм.

Довгі шпильки і гвинти застосовуються для деталей, що скріплюються значної товщини. Варто тільки враховувати, що вкручувати довгі МТЗ складніше (так само, як і готувати для них отвори).

Що стосується шпильок, то вони бувають різної довжини, досить популярні метрові і двометрові шпильки.

Конструктивні різновиди шурупів, гвинтів та болтів наведені на рис. 1.4 [20].



Рисунок 1.4 – Різновиди шурупів, гвинтів, болтів

Для гайки використовується характеристика «висота гайки». Чим вище гайка, тим ширшим виходить кріплення. Вузькі гайки застосовуються в кріпленні нескладних, легких конструкцій. Діаметр стрижня, діаметр головки – параметри важливі при підготовці отвору. Тип головки – для гвинтів це може

бути потайна і напівпотайною головка. Це дозволяє «сховати» кріпильний елемент в скріпляється поверхні. Крок різьби: великий і дрібний.

Гайка є одним із найбільш поширених видів кріплення. Тому розглянемо основні види цих МТЗ [20]:

- шестигранна гайка має звичайну шестигранну форму і є найбільш поширеною;
- кузовна гайка використовується для з'єднання, як правило тонких елементів, по вигляду і функціям схожа з шестигранною гайкою;
- шлицева гайка «втоплюється» в деталі», процес закручування відбувається за допомогою вилочний викрутки;
- гайка-баранчик має два плоских пелюстки, що дозволяє виробляти процес закручування без використання гайкового ключа, а просто в ручному режимі. Використовується для тимчасового монтажу, знімних елементів;
- натискна гайка має спеціальні насічки з зовнішньої сторони, що дозволяють її кріпити без сторонніх інструментів. Використовується в приладобудуванні, машинобудуванні і т. д.;
- ковпачкова гайка являє собою гайку з плоскою торцевою і сферичної поверхнями, а також з глухою різьбою;
- квадратна гайка. При монтажі квадратних гайок, крутний момент передається болту, а не навпаки. Перед установкою гайка монтується безпосередньо в паз квадратної форми;
- Т-подібна гайка – один з найбільш надійних видів кріплення, розташовується в вузлах спеціальних торців. Використовується в верстатобудуванні.

Дюбеля поділяються на: розпірний універсальний дюбель (з поліпропілену, має унікальні розпірки, які дозволяють утримуватися всередині будь-якої конструкції); гвоздь-дюбель (з нейлону, при цьому його основа зі сталі); метелик-дюбель (один з самих міцних видів дюбелів; з литого металу); парасолька-дюбель (з пластика, або з металу; дюбель сприяє рівноправному розподілу навантаження, яка утримує кріплення в пустотілої поверхні); рамний

дубель (з його допомогою монтують віконні та дверні коробки, зміцнюють обшивку через штукатурку) [21].

Таким чином, до основних характеристик відносять матеріал МТЗ та конструкційна особливість. Матеріал МТЗ: латунь, мідь, сталь, алюміній і сплави. Основними параметрами МТЗ є довжина, діаметр, висота, тип різьблення, матеріал та клас міцності.

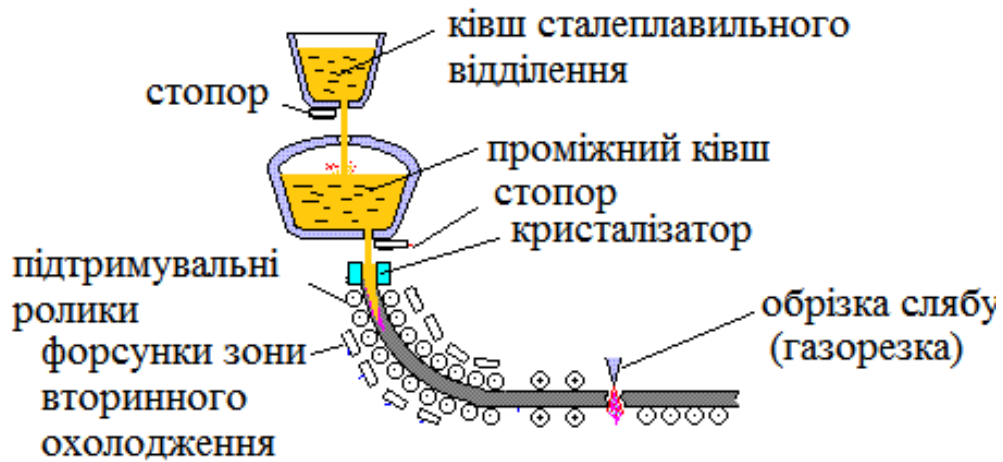
1.3 Процес регулювання і реєстрації сировини на виробництві ВМ

Відхилення від оптимального режиму розливання, що викликаються різними факторами, можуть призводити до зменшення продуктивності, погіршення якості металу і виникнення аварійних ситуацій [22]. До таких факторів відносяться:

- температурні режими впливають, як на технологію лиття, так і на якість одержуваної заготовки;
- геометричні параметри кристалізатора (КР);
- рівень рідкого металу (сировини);
- швидкість розливу металу;
- витрати води в секціях зони вторинного охолодження для рівномірного відводу тепла з слябу, що також необхідно для отримання хорошої якості металу.

Рівень металу (сировини) в проміжному ковші / промковші (ПК) (рис. 1.5, а, б) стабілізується комплектом апаратури, наприклад, що складається з тензометричних датчиків маси і регулюючого пристрою, керуючого приводом, наприклад, стопора-моноблока ківшу [23].

Рівень металу (сировини) в проміжному ковші регулюється опосередковано шляхом стабілізації його маси. Тоді регулюючий пристрій працює по двохпозиційному закону регулювання.



а)



б)

а) схематичне зображення елементiв, що задiянi в безперервному виливанні;

б) ТП безперервного виливання

Рисунок 1.5 – Загальна схема процесу безперервного розливу металу

Застосування стопора-моноблока для регулювання сировини має наступнi переваги:

– хороша сумiснiсть з системами автоматичної пiдтримки рiвня металу в кристалiзаторi;

– можливiсть оперативної змiни витрати металу.

Таким чином, розрiзняють три основнi методи дозування сировини (металу) [24]:

– вiльне витiкання металу з ПК при суворої регламентації дiаметра отвору склянки-дозатора (швидкiсть розливання при цьому регулюється за рахунок

висоти наливу металу в ПК);

- застосування стопора-моноблока, який може переміщатися щодо склянки-дозатора і змінювати тим самим витрати металу в широких межах;
- застосування трьохплітного шибєрного затвора, що встановлюється на днище ПК.

Для забезпечення першого методу при розливанні застосовуються спеціальні склянки-дозатори (рис. 1.6), оснащені цирконовими вставками, що мають високу вогнетривку й ерозійну стійкість.

Внутрішня вставка такої склянки-дозатора виготовляється з дорогого діоксиду цирконію (вміст на рівні 95-97 %), а зовнішній стакан з цирконосилікату ($ZrO_2 \cdot SiO_2$) з вмістом оксиду цирконію в межах 60-65 % та оксиду кремнію 30-35 %. Вони забезпечують тривале розливання без істотної зміни внутрішнього діаметра (до 15-20 годин) [24].



Рисунок 1.6 – Спеціальні склянки-дозатори

Висока точність підтримки оптимального рівня металу (сировини) в кристалізаторах – допустиме відхилення повинно не перевищувати ± 5 мм [25]. Для забезпечення постійних гідродинамічних умов дозування металу в кристалізатори необхідно стабілізувати рівень металу в ПК.

В даний час на ряді металургійних заводів світу замість стопора-моноблока в ПК застосовується трьохплітний шибєрний затвор (рис. 1.7). Дозування сталі при цьому здійснюється за рахунок переміщення середньої плити [24].

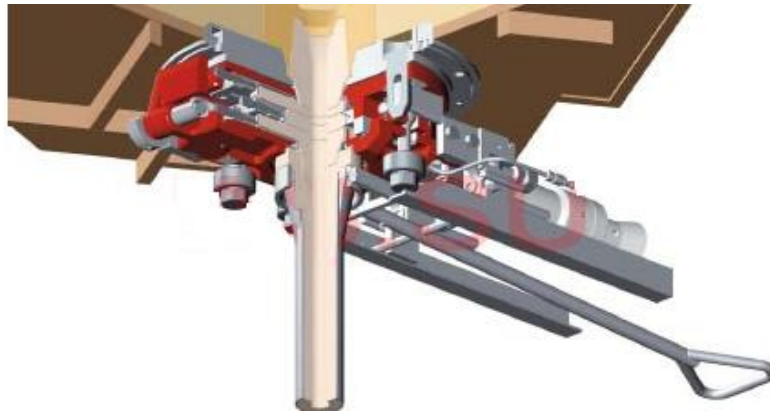


Рисунок 1.7 – Схема подачі стали з ПК через трехплітний шибєрний затвор

В цілому, трехплітний шибєрний затвор може при певних умовах забезпечити розливання серіями 8-10 плавок, що, тим не менш, помітно поступається показникам, які досягаються при використанні стопорів-моноблоків (15-25 плавок). Також застосування шибєрних затворів певною мірою змінює умови розливання, що може впливати як на сам процес лиття, так і на якість безперервнолитої заготовки. Особливо це відноситься до процесу старту лиття і регулювання витрати металу в ході розливання [24].

У порівнянні з розливанням зі стопором розливання з ПК через трехплітний шибєрний затвор має наступні досить серйозні функціонально-технічні недоліки [24]:

- при зміщенні шибєрної плити можливе утворення «мертвих» зон, в яких відбувається намерзання крапель металу і відкладення неметалічних включень, що може істотно впливати на точність дозування металу;

- регулювання витрат металу при використанні шибєрного затвора здійснюється за рахунок зміни положення середньої плити, а в ході такого дроселювання відбувається руйнування компактної геометричної форми струменя, його розбризкування і руйнування вогнетривів, що входять в контакт зі струменем;

- при розливання сталі через трехплітний шибєрний затвор в силу інерційності приводу «загрубляється» система автоматичної підтримки рівня металу в кристалізаторі, що призводить до великих робочих амплітудних значень і, можливо, до зниження якості поверхні.

Якщо рівень металу (сировини) в сталеплавильному ковші (сталь-ковші) та ПК перед стопором регулювати заслінками / затворами, які працюють в умовах дуже значних температурних і механічних навантажень, то для підвищення їх довговічності слід вживати заходи щодо обмеження частоти та інтенсивності зміни керуючих впливів на їх привід. Так як саме під час переміщення затвора зростає небезпека його пошкодження.

На поверхні розплавленого металу в сталь-ківшу знаходиться шар шлаку завтовшки 0,22 – 0,25 м (рис. 1.8) [24], який захищає метал від окислення. Випуск шлаку з сталь-ківшу вкрай не бажаний, тому що шлак, який потрапив в ПК, може в подальшому вступити в кристалізатори, що призводить до дефекту в заготовках. У той же час, занадто раннє припинення розливання призводить до того, що досить велика кількість якісного металу разом зі шлаком йде у відвал [25]. Шлак – спливаючі неметалічні включення, які захищають метал від окислення.

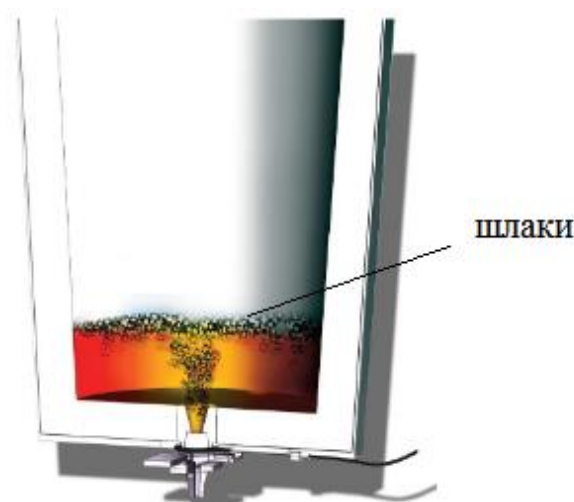


Рисунок 1.8 – В сталь-ковші знаходиться шар шлаку

Таким чином, при управлінні випуском металу з сталь-ківшу необхідно виникають завдання [25]:

- підтримувати заданий рівень в ПК, не допускаючи невинновдано частих й інтенсивних впливів на привід затвора;
- не допускати попадання шлаку з сталь-ківшу в ПК, своєчасно зупиняючи розливання;

– не допускати занадто раннього припинення розливання металу.

Для вирішення всіх зазначених вище завдань необхідна реєстрація сировини (поточні значення рівнів металу в сталь-ковші і ПК), яка повинна бути достовірною та своєчасною.

В даний час оцінку рівнів металу (сировини) здійснюють, як правило, ваговим способом [25].

Для цього стальковш і ПК розташовуються на вагах, за показами яких проводиться перерахунок ваги в рівень. При цьому істотний вплив на точність оцінки рівнів надають похибки ваг.

На початковому етапі розливання, коли ковші заповнені металом, похибка зважування складає близько 0,5 % від ваги бруто. Однак, у міру зменшення рівня, а, отже, і маси металу, похибка у зважуванні збільшується.

В результаті, рівень металу регулюється опосередковано шляхом стабілізації його маси, який забезпечується заслінкою / затвором, що залежить від переміщення штока електродотримача (точність та швидкість).

Отже, реєстрації сировини є важливим етапом на шляху до підвищення якості заготовки бо дозволяє:

- знизити втрати металу зі шлаком за рахунок раннього розпізнавання шлаку;
- підвищити ресурс «затвора сталь-ківшу» за рахунок зниження інтенсивності керуючих впливів;
- підвищити точність стабілізації рівня в ПК;
- поліпшити умови роботи контурів регулювання рівнів в кристалізаторах.

В наслідок аналізу всіх методів дозування сировини (металу) виявлено, що всі вони при переливу матеріалу з ПК в кристалізатор в даний час широко застосовуються на металургійних заводах і відповідають вимогам надійності, безпеки і сумісності з сучасними системами автоматизації, зокрема, з системою підтримки рівня металу в кристалізаторі.

Процес безперервного розливання сталі є складним процесом з розподіленими параметрами, тобто контури управління впливають один на

одного. Зміна одного з регульованих параметрів призводить до зміни інших параметрів – перехресні зв'язки через об'єкт управління.

1.4 Постановка задач досліджень

У поняття «метиз» входять різноманітні вироби, які виробляються з металів. Такі вироби не втрачають власну актуальність ніколи бо вони необхідні в повсякденному житті.

До прогресивних і високопродуктивних технологій виготовлення МТЗ відноситься метод холодного штампування, а основний метод виготовлення заготовок для МТЗ – технологія безперервного розливу металу.

Управління і реєстрація сировини на виробництві виробів з металу забезпечить якість одержуваних заготовок і підтримку заданого рівня матеріалу в ПК, не допускаючи невиправдано частих й інтенсивних впливів на привід затвора, а також непопадання шлаку з сталь-ківшу в ПК.

В магістерській атестаційній роботі необхідно відобразити зв'язок параметрів, що будуть управлятися та реєструватися з отриманням дефектів заготовки / сляба, що дозволить вирішити задачу раціонального управління сировиною на виробництві метизів.

Для цього наведено аналіз особливостей виробництва виробів з метала результаті якого визначено, що одним з прогресивних і високопродуктивних технологій виготовлення МТЗ відноситься метод холодного штампування – методика дає можливість отримувати високі за якістю МТЗ з різними типорозмірами, а метод безперервного розливу безпосередньо впливає на якість отримання заготовки.

В результаті визначено, що до основних характеристик ВМ відносять матеріал, конструкційна особливість та режими розливання, а до основних параметрів: довжина, діаметр, висота, тип різблення, матеріал та клас міцності.

Головними факторами, що впливають на якість заготовки є: положення стопору, рівень сировини в ПК та кристалізаторі, швидкість розливу металу.

Таким чином, метою магістерської атестаційної роботи є розробка математичної моделі та системи для управління і реєстрації сировини на стадії формоутворення заготовок з металу на виробництві.

Для досягнення поставленої мети потрібно рішення наступних завдань:

- провести аналіз особливостей процесу формоутворення заготовок з металу на виробництві;
- вибрати конкретну групу ВМ та провести огляд найпоширеніших виробів;
- провести вибір та обґрунтування оснащення для технологічного процесу формоутворення заготовок з металу;
- розробити математичну модель процесу формоутворення заготовок з металу;
- розробити автоматизовану систему для управління і реєстрації сировини на стадії формоутворення заготовок з металу на виробництві;
- провести експериментальне дослідження для оцінки створеної системи;
- оформити пояснювальну записку згідно з методичними вказівками [1], та вимогами ДСТУ 3008:2015 [2].

1.5 Висновки до 1-го розділу

В першому розділі проаналізовано особливості процесу формоутворення виробів з металу та їх заготовок, виявлено, що одним з прогресивних і високопродуктивних технологій виготовлення ВМ відноситься метод холодного штампування – дає можливість отримувати високі за якістю вироби з різними типорозмірами. Виготовлення кріпильних виробів механічними способами залишається затребуваним. Найпоширеніший метод для отримання заготовок з металу – безперервне розливання бо дозволяє підвищити якість виливків у зв'язку з можливістю отримання виливків з необмеженою довжиною і необхідним поперечним перерізом та високим ступенем їх однорідності, а це призведе до зменшення технологічних відходів при подальшій обробці тиском, а також дозволить зменшити розкид технологічних параметрів.

Вибрано конкретну групу ВМ – метизні вироби та проведено огляд найпоширеніших виробів та проаналізовано їх характеристики. Таким чином, до основних характеристик відносять матеріал МТЗ та конструкційна особливість. Матеріал МТЗ: латунь, мідь, сталь, алюміній і сплави. Основними параметрами МТЗ є довжина, діаметр, висота, тип різьблення, матеріал та клас міцності.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ФОРМОУТВОРЕННЯ ЗАГОТОВКИ З МЕТАЛУ

2.1 Вибір технологічного обладнання та його параметрів при формоутворенні заготовки з металу

Під технологічним обладнанням будемо мати на увазі машину для безперервного розливання (МБР), а під вибором параметрів – вид та типорозмір МБР.

Для того, щоб вибрати МБР необхідно знати, який виріб буде виготовлятися, тому, є загальний розподіл всіх металевих заготовок, які отриманні методом виливання: слябова та сортова. Сляб – заготовки прямокутного перетину (слябів). Сортова заготовка – квадрат (блум) або близького до такого перетину заготовки.

Відповідно існують слябові машини (СЛМ) для лиття та сортова (СРМ).

Слябові застосовується на виробництві листового прокату та стрічки.

Сортові – на виробництві сортового прокату.

В магістерській атестаційній роботі пропонується за об'єкт формування обрати високоміцну «експериментальну гайку», такий МТЗ можна назвати тим елементом, який найбільш часто застосовується для комплектації різних об'єктів, область застосування: в машинобудуванні, приладобудуванні і будівництві, як деталі з'єднання. Форма гайки – шестигранна, різьблення гайки – метричне (з кроком і основними параметрами різьблення в міліметрах (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Експериментальна гайка

Тому розміри заготовки для подальшого отримання (методом холодного штампування) МТЗ виберемо сляб товщиною ($a = 190$ мм) та шириною ($b = 1200$ мм); матеріал Ст3Сп (вуглецева звичайної якості) (рис. 2.2).

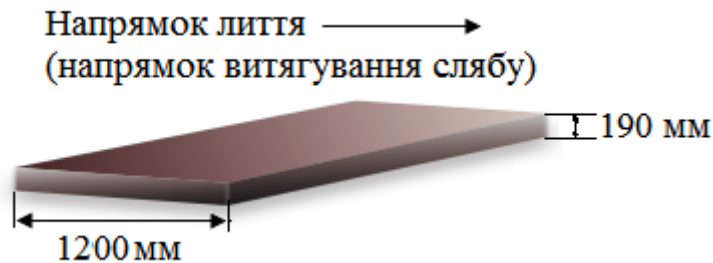


Рисунок 2.2 – Розміри слябу

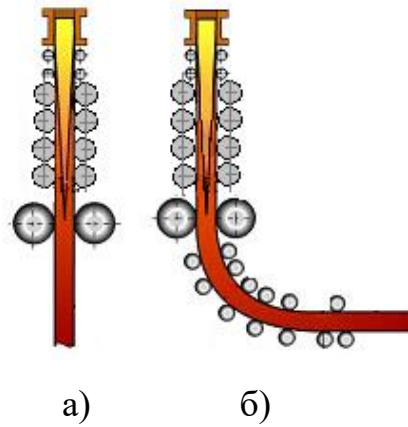
Конструкційні особливості МБР постійно розвивається і вдосконалюється протягом всього періоду їх застосування в промисловості [24].

Основні конструктивні та технологічні рішення зазвичай спрямовані на:

- підвищення продуктивності та компактності машин;
- забезпечення високої якості заготовки;
- зниження трудомісткості процесу та підвищення забезпеченості автоматичними системами управління.

Але не дивлячись на все найважливішим при цьому є раціональна конфігурація, розташування і профіль поперечного перерізу заготовки, а також поєднання дискретного характеру подачі сталі від плавильного агрегату з безперервною роботою МБР. Всі машини безперервного розливу поділяються на вертикальні (рис. 2.3, а, б) [24] та криволінійні.

Рідка сталь при розливанні надходить в простір між валками і при контакті з поверхнею валків кристалізується, утворюючи скоринки, які рухаються разом з поверхнею і виходять з валків у формі листа, товщина якого визначається відстанню між валками, а ширина – бічними стінками кристалізатора. Для відводу тепла, що виділяється, валки виготовляються, як правило, зі сплаву міді з хромом та охолоджуються водою [24].

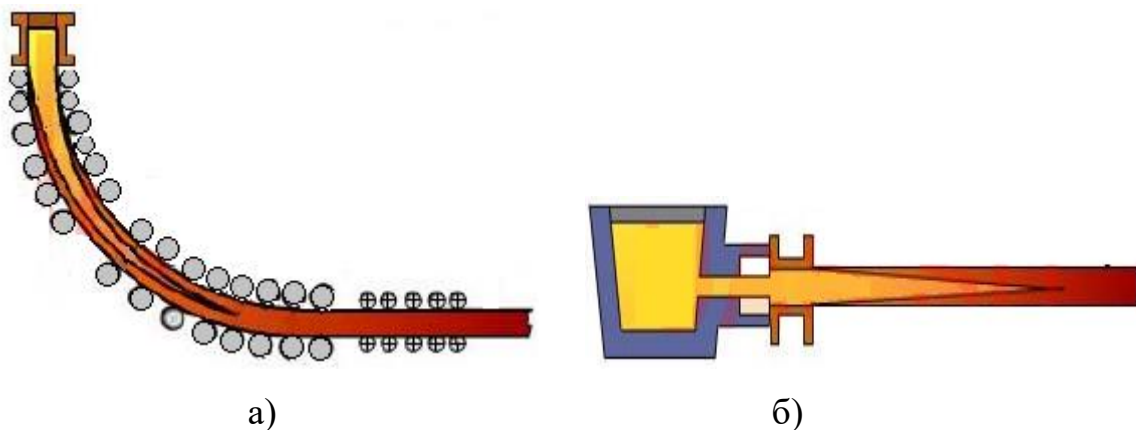


а) вертикальна МБР; б) вертикальна з загином МБР

Рисунок 2.3 – Схема вертикальної МБР

Переваги таких МБР в тому, що всі процеси формування заготовки відбуваються у вертикальній площині, а це забезпечує отримання високої якості внутрішньої структури заготовки і спрощує конструкцію машини в цілому.

Відомі також МБР, технологічні лінії яких розташовані криволінійно (рис. 2.3, а) та горизонтально (рис. 2.3, б). Горизонтальні МБР видаються вельми перспективними в частині зниження витрат на їх будівництво [24].



а) криволінійна МБР; б) горизонтальна МБР

Рисунок 2.4 – Схеми МБР

Переваги криволінійних МБР – знаходяться в площині підвищення якості заготовки (в першу чергу, поверхневих і підповерхневих шарів); такі МБР найбільш широко застосовуються в цехах великої потужності, бо вони мають

високу одиничну потужність і порівняно невелику висоту установок.

Переваги горизонтальних МБР – вони компактні та їх зручно розміщувати в діючих цехах; зручне і просте обслуговування, ремонт і заміна основних вузлів таких машин. Але якість заготовки при цьому буде значно нижче, внаслідок того, що неметалеві включення і бульбашки газу будуть спливати до верхньої межі.

Вертикальні МБР теж мають досить серйозні обмеження по швидкості розливання (а, отже, продуктивності), оскільки її підвищення передбачає збільшення технологічної довжини машини і суттєве подорожчання обладнання, тому, виберемо криволінійну МБР.

До параметрів МБР відносяться: необхідна кількість установок в цеху, їх продуктивність, кількість струмків на кожній установці, максимально допустима швидкість розливання, число хитань кристалізатора [26].

Отже необхідно обрати скільки повинно бути струмків.

Кількість струмків на існуючих МБР може бути від 1 до 8:

- слябові МБР: 1 та 2-х струмкові;
- сортові (криволінійні): 2, 4 та 6-ти струмкові;
- сортові (вертикальні): 2, 4, 6 та 8-ми струмкові.

Так, як вибрана криволінійна слябова МБР, то в машині буде 1 або 2-а струмки. Кількість струмків означає скільки одночасно заготовок буде відливатися.

Взагалі-то, намагаються приймати МБР з мінімально можливим числом струмків, тому нехай буде один струмок, бо такі машини простіше в експлуатації та по конструкції, менш займають місця та надійні в роботі.

Машини в яких більш ніж 2 струмки, слід приймати лише у випадках, коли тривалість розливання на одно або двохструмкових перевищує допустимі значення.

В результаті, вибрано індукційну однострумкову слябову машину безперервного розливання сталі криволінійного типу, характеристики наведені в табл. 2.1 [26].

Таблиця 2.1 – Основні характеристики МБР

Параметр	Значення параметра
Тип машини	Слябова криволинейна з вертикальною ділянкою
Маса плавки, т	120
Ємність промківшу, т	25
Кількість струмків, шт	1
Кристалізатор	
довжина, мм	900
частота коливання, хитань в хв	0 – 300
амплітуда коливання, мм	1 – 3
крива коливання	синусоїдальна
товщина плит, мм	55
Максимальна швидкість витягування заготовки, м / хв	1,6
Виробництво, днів / рік	323
Час підготовки МБР до роботи, хв	55
Час розливання плавки, хв	45 – 55
Ширина слябів, мм	1200
Товщина слябів, мм	190, 270
Довжина слябів, м	3,9 – 5,2

Необхідно вибрати марку сталі та по табл. 2.2 параметри процесу [26].

Таблиця 2.2 – Технологічні параметри роботи МБР

Марка сталі	Температура металу в промковші, °К	Робоча швидкість витягування, м / хв
Ст3сп	1798-1818	1,6-2,0
40Х	1793-1813	0,5-0,6
12ХН3А	1803-1843	0,45-0,64
Ст20-45	1793-1813	1,4-1,6 1,2-1,4
Ст50	1763-1783	0,7-0,8
ШХ15	1753-1768	0,5-0,55

В якості матеріалу вибрано Ст3сп.

Переваги сталі СтЗсп: підвищена корозійна стійкість, оптимальне поєднання пружності і твердості, повна відсутність флокеночутливості (при литві не виникає дефектів), відсутність відпускнуї крихкості.

Для визначення рівня металу в сталерозливному ковші спочатку потрібно визначитися з розміром сталерозливного ківшу (табл. 2.3) [24].

Оскільки згідно з табл. 2.1 маса плавки дорівнюється 129 т, отже, необхідна 130 т, а висота сталерозливного ківшу 4300 мм, тобто 4,3 м. Таким чином, згідно [24] рівень рідкого металу буде 3000 мм, тобто 3 м з урахуванням конструкції того ківшу – зварений металевий кожух ківшу охоплений металевим поясом з верхнім кільцем діаметром 3920 мм і нижнім кільцем діаметром 3840 мм. Відстанню між кільцями 1400 мм.

Таблиця 2.3 – Основні розміри сталерозливних ківшів

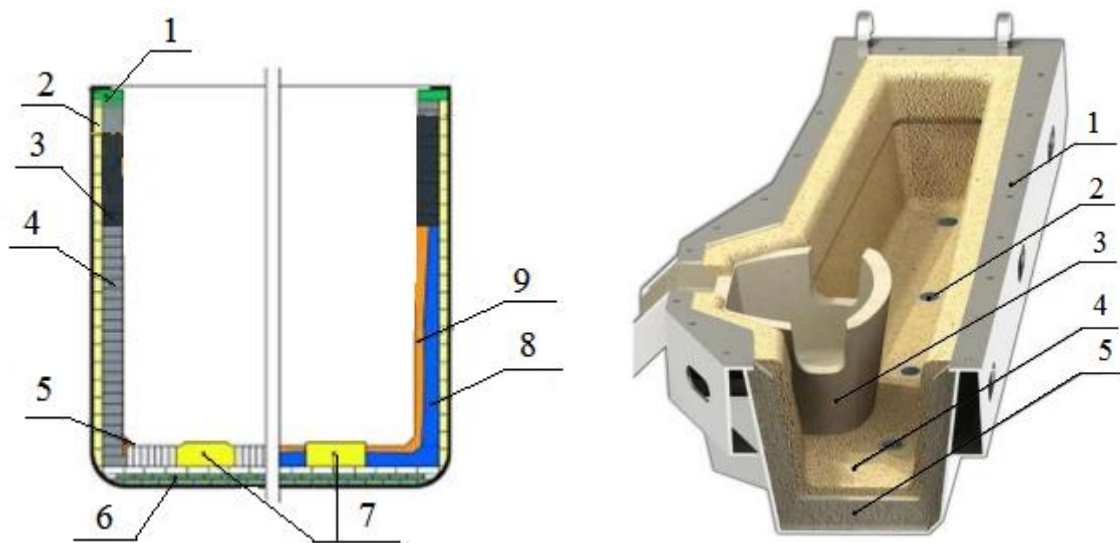
Ємність ківшу, т	Основні розміри ківшу, мм			Маса, т	
	висота	діаметр		футеровки	навантаженого ківшу
		зверху	знизу		
50	2800	2600	2340	9,7	80,0
100	3450	3400	2950	18,0	140,0
130	4300	3920	3840	22,5	170,0
250	4350	4200	3570	35,8	320,0
400	5660	5340	4615	62,3	630,0

Взагалі-то, сталерозливний ківш складається з зварного кожуха, виготовленого із сталевих листів товщиною 16 – 40 мм і має форму усіченого конуса з розширенням догори. Днище ківшу може бути плоским або мати сферичну форму (в ківшах великого обсягу). Воно виготовляється з більш товстих листів і має пристосування для кантування.

У верхній частині кожуха приварюють кільце жорсткості і передбачають (якщо це необхідно) отвори для шлакового носика і для кріплення його на корпусі. Рівень поду носка розташований на 100 – 150 мм нижче верхнього

краю ківшу.

Футеровка проводиться для забезпечення захисту поверхонь від можливих механічних, термічних, фізичних і хімічних пошкоджень. Схема футеровки сталерозливного ківшу на рис. 2.5, а штучними виробами (зліва) і наливними бетонами (праворуч): 1 та 2 – фіксуючі і теплоізолюючий шар; 3 – шлаковий пояс, 4 – стіна; 5 – вирівнюючий захист; 6 – вирівнюючий шар; 7 – блоки; що встановлені там де падає струмінь; 8,9 – початковий та ремонтний шари бетону [24].



а) схема футеровки сталерозливного ківшу; б) схема промківшу

Рисунок 2.5 – Ковші при розливанні сталі

Схема промківшу на рис. 2.5, б: 1 – сталевий кожух; 2 – стакан-дозатор; 3 – метало-приймальник; 4 – торкрет шар; 5 – наливний бетон.

Торкрет шар – нанесення на поверхню бетонних або залізобетонних конструкцій шару бетону або інших будівельних розчинів (штукатурки, глини).

Рівень металу в промківшу доводять до робочого (700 мм від днища ківшу або 200 мм від верху) і підтримують протягом всього розливання постійним. Допустиме зниження рівня металу в промківшу в процесі розливання не більше 100 мм.

Взагалі-то, промковш накопичує метал в обсягах, необхідних для

стабільного процесу лиття (висота наливу $h = 700 \dots 1200$ мм = 0,7 ...1,2 м) протягом усього періоду розливання [24, 27], таким чином, із табл. 2.1 визначено, що об'єм ківшу 25 т, а значить, $h = 700$ мм = 0,7 м.

Рівень металу в кристалізаторі можна визначити [26]:

$$h_{кр} = H_{кр} - h_{недолив} = 0,9 - 0,15 = 0,75, \text{ м.} \quad (2.1)$$

де $H_{кр}$ – висота кристалізатора значення з табл. 2.1;

$h_{недолив}$ – величина недоливу рідкого металу до верхнього краю мідної гільзи кристалізатора, м.

Довжина (висота) кристалізатора залежить від перетину злитків, що розливають і в загальному випадку може змінюватися від 300 до 1200 мм [26].

При аналізі експлуатації сучасних МБЛ виявлено, що надійна робота машини при задовільній якості злитків може забезпечуватися кристалізатором довжиною 800 – 1000 мм [26].

Недолив металу в кристалізаторі забезпечує безаварійну роботу, а також дозволяє проводити розливання під шлакоутворювальні сумішами. Залежно від організаційно-технічних можливостей його підтримують на рівні 0,05 – 0,15 м [26].

2.2 Розробка математичної моделі процесу формоутворення заготовок з металу

На сьогоднішній день оцінку рівнів сировини найчастіше реалізують ваговим способом. Для цього сталеплавильний та ПК поміщають на ваги, по показникам яких виконується перерахунок ваги в рівень, але такий метод дає не зовсім точний результат бо ваги мають власну похибку. На початку розливання при заповненні ківшу сировиною (розплавом), похибка складає біля 0,5 % від ваги брутто. Однак, по мірі зменшення рівня, а значить, і маси сировини,

похибка у зважування збільшується. Згідно [28] залежність відносної похибки δ від значення зважуваної величини X описується в (2.2)

$$\delta = \pm \left[0,5 + 10 \left(\frac{X_{\max}}{X} - 1 \right) \right], \quad (2.2)$$

де X_{\max} – межа виміру вагів.

Аналіз виразу (2.1) показав, що значення абсолютної похибки зважування сировини в сталеплавильному ковші збільшується від ± 1 т на початку розливання (коли вага ківшу з сировиною є приблизно 200 т) до ± 7 т в момент закінчення розливання (коли вага ківшу з шлаком та залишками складає біля 60 т). Тобто, похибка значна і враховуючи це для підвищення точності визначення рівня сировини ківшах пропонується математична модель, яка може бути в подальшому застосована в нелінійному динамічному спостерігачі стану сировини та взагалі процесу виробництва, що надасть можливість більш точно визначати рівень сировини.

Більш точне визначення рівнів дозволить [26]:

- знизити втрати металу зі шлаком за рахунок більш раннього розпізнавання;
- підвищити ресурс стопору за рахунок зниження інтенсивності управляючих впливів;
- підвищити точність стабілізації рівня в ПК;
- покращити умови роботи контурів регулювання рівнів в кристалізаторах.

Отже, на базі аналізу найбільш розповсюджених типів МТЗ та особливостей їх виготовлення, проведеного в розділі 1 та в публікації [8] обрані основні параметри, що характеризують об'єкт дослідження. Ці параметри дозволяють розробити систематизувати залежності і приналежності кожного параметру до основних етапів виробництва метизних виробів (плавка,

розливання в сталеплавильний та проковш, первинне та вторинне охолодження).

Необхідні і достатні параметри у загальному вигляді представимо у вигляді кортежу параметрів у виразі (2.3) де *CCP* – continuous casting process:

$$CCP = \langle M, DF, CM, SP, G_{стк}, G_{пк}, G_{кр} \rangle, \quad (2.3)$$

де *M* – матеріал (сировина);

DF – конструкційна особливість установки для розливання, а саме, кристалізатора;

CM – режими розливання;

SP – положення стопорного механізму;

$G_{стк}$ – витрати металу з сталеплавильного ківшу;

$G_{пк}$ – витрати металу з сталеплавильного ківшу;

$G_{кр}$ – витрати металу в кристалізаторі.

Характеристиками матеріалу *M* нехай будуть параметри, що використовуються для опису об'єкту:

$$M = \langle T_i, B_i, \rho_m, ChC_m \rangle, \quad (2.4)$$

де T_i – тип матеріалу (сировини), $i = 1 \dots N$, N – кількість типів;

B_i – марка матеріалу (сировини), $i = 1 \dots N$, N – кількість типів (наприклад, конструкційні сталі звичайної якості нелеговані позначають буквами Ст; цифра, що стоїть після букв, умовно означає процентний вміст вуглероду в сталь (в десятих долях Ст3сп; індекс сп – ступінь розкислення сталі (спокійна)));

ρ_m – щільність матеріалу, т/м³;

ChC_m – хімічний склад марки матеріалу.

Кристалізатор є найважливішим технологічним вузлом МБР, так як в ньому відбувається формування злитка (заготовки). Основне призначення кристалізатора – це формоутворення злитка і відведення від кристалізується стали такої кількості тепла, яке забезпечує умови для безперервного формування твердої скоринки злитка достатньої товщини і міцності, щоб вона не руйнувалася під дією тертя і феростатичного тиску на виході з кристалізатора, тому характеристиками конструкційної особливості установки для розливання DF будуть характеристики кристалізатора – параметри переставлені виразом (2.5):

$$DF = \langle D_{bw}, H_{кр}, h_{кр}, M_i^x \rangle, \quad (2.5)$$

де D_{bw} – відстань між протилежними стінками вгорі і внизу кристалізатора,

м;

$H_{кр}$ – висота кристалізатора, м;

$h_{кр}$ – робоча (активна) висота кристалізатора, тобто рівень металу в кристалізаторі з урахуванням недоливу, м;

$h_{нед}$ – величина недоливу рідкого металу до верхнього краю мідної гільзи кристалізатора, м.

M_i^x – механізм хитання кристалізатора при $i = 1$ – механічний, $i = 2$ – гідравлічний резонансний.

Відстань між протилежними стінками вгорі і внизу кристалізатора визначається наступними параметрами:

$$D_{bw} = \langle A_m^{верх}, A_m^{ниж}, B_m^{верх}, B_m^{ниж} \rangle, \quad (2.6)$$

де $A_M^{верх}$, $B_M^{верх}$ – відстань між протилежними стінками вгорі, м;

$A_M^{ниж}$, $B_M^{ниж}$ – відстань між протилежними стінками внизу, м.

Визначити відстань між протилежними стінками можна по виразах (рис. 2.6):

$$A_M^{верх} = (1,04...1,05) \cdot a, \quad (2.7)$$

$$B_M^{верх} = (1,02...1,03) \cdot b, \quad (2.8)$$

$$B_M^{ниж} = (1,01...1,02) \cdot b, \quad (2.9)$$

$$A_M^{ниж} = (1,03...1,04) \cdot a. \quad (2.10)$$

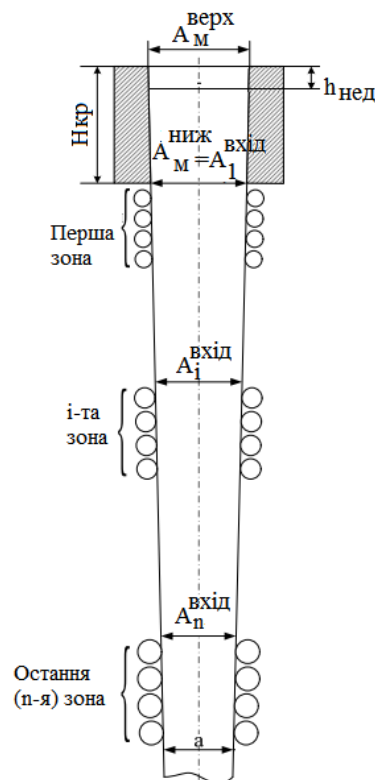


Рисунок 2.6 – Схема налаштування МБР вертикального типу по товщині заготовки

Механізм хитання кристалізатора запускається автоматично при запуску агрегату витягування, або в ручному режимі по команді розливальника.

Миттєві значення частоти, амплітуди і форми коливань визначаються швидкістю розливання металу.

Механізм хитання кристалізатора включає такі параметри:

$$M_{oc} = \langle N_{кр}^x, \nu_{кр}^x, A_{кр}^x, Sh_{кр_i}^x \rangle, \quad (2.11)$$

де $N_{кр}^x$ – число хитань кристалізатора;

$\nu_{кр}^x$ – частота коливань кристалізатора;

$A_{кр}^x$ – амплітуда коливань кристалізатора.

$Sh_{кр_i}^x$ – форма коливань, де $i = 1$ – синусоїдальна форма, $i = 2$ – трапецеїдальна форма.

Характеристиками режими розливання CM будуть параметри, що використовуються для опису об'єкту:

$$CM = \langle T_{БР}, q_i, \tau_{кр}, \nu_p, k_v, \tau_z^i, k_z \rangle, \quad (2.12)$$

де $T_{БР}$ – температурні режими, °С;

q_i – швидкість розливання ($i = 1$ – для одного струмка);

$\tau_{кр}$ – тривалість перебування матеріалу в кристалізаторі;

ν_p – робоча швидкість витягування заготовки, м/хв;

k_v – коефіцієнт швидкості витягування заготовки;

τ_z^i – тривалість затвердіння, хв; $i = 1 \dots N$, N – кількість зон вторинного охолодження;

k_3 – коефіцієнт затвердіння, мм / хв $^{1/2}$.

Температурні режими визначаються наступними параметрами:

$$T_{БР} = \langle T_{СТК}, \Delta T_{СТК}, T_{ПК}, \Delta T_{ПК}, T_{КР}, t_{нЗВО_i}, t_{кЗВО_i} \rangle, \quad (2.13)$$

де $T_{СТК}$ – температура металу в сталерозливному ковші, °С;

$\Delta T_{СТК}$ – температура перегріву металу в сталерозливному ковші, °С;

$T_{ПК}$ – температура метала в промковші, °С;

$\Delta T_{ПК}$ – температура перегріву металу в промковші, °С;

$T_{КР}$ – температура робочої поверхні кристалізатора, °С;

$T_{лікв}$ – температура ліквідусу, °С;

$t_{нЗВО_i}$ – температура поверхні заготовки і-ої ділянки зони вторинного охолодження, °С;

$t_{кЗВО_i}$ – температура затверділої сталі в кінці зони вторинного охолодження, °С.

Температура ліквідусу складається з таких параметрів:

$$T_{лікв} = \langle T_3^ч, [E]_i, \Delta t_{E_i}^{лікв} \rangle, \quad (2.14)$$

де $T_3^ч$ – температура затвердіння чистого заліза, °С;

$[E]_i$ – середній вміст розчиненого елемента в сталі, % при $i = 1 \dots N$, N – кількість інших домішків матеріалів, що входить в склад сталі;

$\Delta t_{E_i}^{лікв}$ – величина зниження температури затвердіння заліза при введенні в нього 1 % відповідного елемента (табл. 2.4), °С.

Таблиця 2.4 – Зниження температури ліквідус ($\Delta t_{E_i}^{лікв}$) при введенні в сталь 1 % елементів

Елемент E_i	$\Delta t_{E_i}^{лікв}$	Елемент E_i	$\Delta t_{E_i}^{лікв}$
Вуглерод	73	Хром	1
Кислород	65	Молібден	3
Сіра	30	Вольфрам	1
Кремній	12	Алюміній	3
Марганець	3	Ванадій	2
Фосфор	28	Титан	18
Мідь	7	Кобальт	1,8

Характеристика положення стопорного механізму SP складається з:

$$SP = \langle P_{hcr}, P_{vlv} \rangle, \quad (2.15)$$

де P_{hcr} – положення штока гідроциліндра;

P_{vlv} – положення клапану.

Характеристики витрати металу $G_{стк}$ з сталеплавильного ківшу переставлені виразом (2.16):

$$G_{стк} = \langle S_l, h_l, h_{ш}, \mu \rangle, \quad (2.16)$$

де S_l – площа випускного отвору стопора, m^2 ;

h_l – рівень металу, m ;

$h_{ш}$ – рівень шлаку, m ;

μ – коефіцієнт витрат, що залежить від в'язкості рідкої марки сталі, яка

розливається.

Величина площі випускного отвору S_l визначається на базі вимірюваного положення стопора.

Характеристики витрати металу з промківшу $G_{нк}$ можна представити аналогічно (2.16).

2.3 Вибір параметрів управління на стадії формоутворення заготовок з металу

В 1 розділі було розглянуто особливості виробництва ВМ, виробництва заготовок для ВМ та етапи ТП виробництва. В підрозділі основні параметри були формалізовані у вигляді математичної моделі.

Проаналізовано основні характеристики та властивості ВМ, в результаті, вибрано ВМ типу гайка та модель МБР і надалі, необхідно обрати, якими параметрами виробництва заготовок необхідно управляти та якими чином вони впливають на якість виробу, отриманого виливанням.

Пропонується декомпозиція складного технологічного процесу формоутворення заготовок з металу на локальні об'єкти-зони: сталерозливного та промківшу, зона первинного охолодження (кристалізатор) і на базі вищеприведеного в підрозділах 1.3, 2.2 можна визначити ключові параметри управління, які впливають на рівень сировини так і на якість заготовки на стадії формоутворення заготовок з металу.

Швидкість розливу металу бо цей параметр впливає на: частоту, амплітуду та форму коливання (синусоїдальна / несинусоїдальна).

Визначення робочої швидкості витягування заготовки і діапазон допустимих її значень дозволяє розрахувати робочу швидкість розливання і можливий діапазон її зміни [26].

Залежність між швидкістю витягування заготовки і відповідної їй швидкістю розливання (для одного струмка) можна представити у вигляді:

$$q = \rho_{cm} \cdot a \cdot b \cdot v, \quad (2.17)$$

де q – швидкість розливання, м/хв;

ρ_{cm} – щільність затверділої сталі в кінці зони вторинного охолодження, т/м³;

a – товщина заготовки, що відливається на машин, м;

b – ширина заготовки, м;

v – швидкість витягування заготовки, м/хв.

Щільність затверділої сталі в кінці зони вторинного охолодження обчислюється за формулою [29]:

$$\rho_{cm} = \frac{\rho_0}{1 + 3 \cdot \alpha \cdot t_{кЗВО}}, \quad (2.18)$$

де ρ_0 – щільність сталі при 0 °С, т/м³;

α – коефіцієнт лінійного розширення твердої сталі, що дорівнює (1,4 – 1,5) · 10⁻⁵, 1/град;

$t_{кЗВО}$ – температура затверділої сталі в кінці зони вторинного охолодження, °С.

Щільність сталі при 0 °С (ρ_0) може бути визначена за літературними даними або обчислена наближено за змістом легуючих елементів:

$$\rho_0 = \frac{100}{\frac{100 - \sum E_i}{7,85} + \sum \frac{E_i}{\rho_i}}, \quad (2.19)$$

де E_i – середній вміст і-го легуючого елемента, %;

ρ_i – щільність і-го легуючого елемента, т/м³.

Значення температури поверхні в кінці затвердіння ($t_{кЗВО}$) для деяких

марок сталей наведені в табл. 2.5 [29].

Таблиця 2.5 – Значення температури поверхні в кінці затвердіння

Марка сталі	Зсп	30ХН3А	10ХСНД	17ГС
$t_{кзВО}, ^\circ\text{C}$	980	1005	950	1000

Зазвичай робочу швидкість витягування заготовки, призначається з урахуванням багатьох факторів: марки сталі, розмірів поперечного перерізу заготовки, що відливається, температури металу в проміжному коші, змісту в сталі шкідливих домішок та інші. [21, 24].

Але якщо температура металу, що розливають та зміст шкідливих домішок в ньому відповідають вимогам технічного завдання, то визначити швидкість витягування заготовки (ν) можна за формулою:

$$\nu_p = k_\nu \cdot \frac{a+b}{a \cdot b}, \quad (2.20)$$

де ν_p – робоча швидкість витягування заготовки, м/хв;

k_ν – коефіцієнт швидкості витягування заготовки, м²/хв;

a – товщина заготовки, м;

b – ширина заготовки, м.

Значення коефіцієнта швидкості витягування k_ν для слябових заготовок наведені в таблиці 2.6

Таблиця 2.6 – Значення коефіцієнта швидкості витягування k_v для слябової заготовки

Марка сталі, призначення	k_v
Вуглецева звичайної якості і низьковуглецева стабілізована алюмінієм для холоднокатаного листа	0,3
Вуглецева і низьколегована конструкційна; вуглецева і низьколегована для суднобудування, мостобудування та трубна	0,24
Кипляча звичайної якості для гарячекатаного листа і сталь вуглецева конструкційна кипляча загального призначення і для холоднокатаного листа	0,24
Легована і конструкційна	0,20
Низьковуглецева електротехнічна динамна та трансформаторна сталь	0,18

Граничні значення швидкості витягування слябової заготовки наведені в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Граничні значення швидкості витягування слябової заготовки

Товщина сляба, мм	v_p , м/хв
150 ...200	1,6
250	1,4
300	1,2

Визначимо щільність сталі 3Сп при 0 °С по довіднику: $\rho_0 = 7,850 \text{ т/м}^3$.

Визначимо щільність затверділої сталі в кінці зони вторинного охолодження

$$\rho_{cm} = \frac{\rho_0}{1 + 3 \cdot \alpha \cdot t_{кзВО}} = \frac{7850}{1 + 3 \cdot 1,4 \cdot 10^{-5} \cdot 980} = 7,548 \text{ т/м}^3.$$

Таким чином, визначимо швидкість розливання (для одного струмка) по

формулі (2.17):

$$q = \rho_{cm} \cdot a \cdot b \cdot v = 7,548 \cdot 0,190 \cdot 1,2 \cdot 1,6 = 2,75 \approx 3 \text{ м/хв.}$$

Робочу швидкість витягування заготовки v_p визначимо по формулі (2.19):

$$v_p = k_v \cdot \frac{a+b}{a \cdot b} = 0,3 \cdot \frac{0,19+1,2}{0,19 \cdot 1,2} = 0,3 \cdot \frac{1,39}{0,228} = 1,82 \approx 2 \text{ м/хв.}$$

В табл. 2.1 згідно [26] значення дорівнює 2 м/хв, в розрахунках, що проведено теж отримано 2 м/хв.

Оптимальну амплітуду коливання обирають тільки для максимальної швидкості витягування злитка з урахуванням τ_{on} та приймають її постійною для всіх швидкостей витягування, менших максимальної:

$$\delta = 14,8 \cdot v_{max} \cdot \tau_{on}, \quad (2.21)$$

де v_{max} – максимальна швидкість витягування заготовки, м/хв;

τ_{on} – допустимий час випередження, с.

Амплітуда коливання кристалізатора залежить від типу і конструкції МБР, тому згідно табл. 2.1 вона становить 1 – 3 мм, а частота 0 – 300 циклів в хвилину.

Частоту коливання кристалізатора можна визначити за формулою:

$$\nu = \frac{K_{on}}{\tau_{on}} \cdot 60, \quad (2.22)$$

де K_{on} – критерій оптимального випередження;

ν – частота хитання кристалізатора, хв^{-1} ;

τ_{on} – допустимий час випередження, с.

Для синусоїдального закону коливання $K_{on} = 0,274$, а при трапецеїдальному законі $K_{on} = 0,71 - 0,75$.

Допустимий час випередження складає $0,1 - 0,3$ с.

Тобто визначимо частоту коливання кристалізатора для синусоїдального закону бо в табл. 2.1 описано, що амплітуда коливань синусоїдальна:

$$\nu = \frac{K_{on}}{\tau_{on}} \cdot 60 = \frac{0,274}{0,1} \cdot 60 = 164 \text{ хв}^{-1}.$$

Тоді визначимо амплітуду значення ν_{max} взято з табл. 2.2:

$$\delta = 14,8 \cdot 2 \cdot 0,1 = 2,96 \approx 3 \text{ мм.}$$

Отже на основі аналізу параметрів, їх можливих діапазонів значень та описів, які вони можуть приймати, а також проведеного розрахунку, нижче формалізуємо ці параметри.

Перший параметр – температура метала в промковші $T_{ПК}$:

$$T_{ПК} = \begin{cases} T_{ПК1}, \text{ якщо} & 1753 \leq T_{ПК} \leq 1768, \\ T_{ПК2}, \text{ якщо} & 1763 \leq T_{ПК} \leq 1783, \\ T_{ПК3}, \text{ якщо} & 1793 \leq T_{ПК} \leq 1813, \\ T_{ПК4}, \text{ якщо} & 1803 \leq T_{ПК} \leq 1843, \\ T_{ПК5}, \text{ якщо} & 1793 \leq T_{ПК} \leq 1813, \\ T_{ПК6}, \text{ якщо} & 1798 \leq T_{ПК} \leq 1818, \end{cases} \quad (2.23)$$

де $T_{ПК1}$ – діапазонів значень $T_{ПК}$ для марки сталі ШХ15;

$T_{ПК2}$ – діапазонів значень $T_{ПК}$ для марки сталі Ст50;

$T_{ПК3}$ – діапазонів значень $T_{ПК}$ для марки сталі Ст20-45;

$T_{ПК4}$ – діапазонів значень $T_{ПК}$ для марки сталі 12ХН3А;

$T_{ПК5}$ – діапазонів значень $T_{ПК}$ для марки сталі 40Х;

$T_{ПК6}$ – діапазонів значень $T_{ПК}$ для марки сталі Ст3сп.

Тобто, згідно табл. 2.2 $T_{ПК}$ для Ст3сп дорівнює $1798 - 1818 \text{ К} = 1524 \dots 1544 \text{ } ^\circ\text{С}$.

Температура перегріву металу в промковші $\Delta T_{ПК}$, $^\circ\text{С}$:

$$T_{ПК} = T_{лікв} + \Delta T_{ПК}, \quad (2.24)$$

де $T_{лікв}$ – температура ліквідусу (температура, при якій в рівноважних умовах випадає перший кристал), $^\circ\text{С}$.

$$\Delta T_{ПК} = \begin{cases} \Delta T_{ПК1}, \text{ якщо} & 1768 \leq \Delta T_{ПК} \leq 1793, \\ \Delta T_{ПК2}, \text{ якщо} & 1778 \leq \Delta T_{ПК} \leq 1808, \\ \Delta T_{ПК3}, \text{ якщо} & 1808 \leq \Delta T_{ПК} \leq 1838, \\ \Delta T_{ПК4}, \text{ якщо} & 1818 \leq \Delta T_{ПК} \leq 1868, \\ \Delta T_{ПК5}, \text{ якщо} & 1808 \leq \Delta T_{ПК} \leq 1838, \\ \Delta T_{ПК6}, \text{ якщо} & 1818 \leq \Delta T_{ПК} \leq 1843, \end{cases} \quad (2.25)$$

де $\Delta T_{ПК1}$ – діапазонів значень $\Delta T_{ПК}$ для марки сталі ШХ15;

$\Delta T_{ПК2}$ – діапазонів значень $\Delta T_{ПК}$ для марки сталі Ст50;

$\Delta T_{ПК3}$ – діапазонів значень $\Delta T_{ПК}$ для марки сталі Ст20-45;

$\Delta T_{ПК4}$ – діапазонів значень $\Delta T_{ПК}$ для марки сталі 12ХН3А;

$\Delta T_{ПК5}$ – діапазонів значень $\Delta T_{ПК}$ для марки сталі 40Х;

$\Delta T_{ПК6}$ – діапазонів значень $\Delta T_{ПК}$ для марки сталі Ст3сп.

Величина оптимального перегріву змінюється від $15 - 25 \text{ } ^\circ\text{С}$ при

розливання плавки закритим струмком на протязі до однієї години, а у більшості випадків на сучасних МБР застосовується подача металу в кристалізатор закритою струменем з тривалістю розливання плавки не довше 60 хвилин, тоді для сталі СтЗсп $\Delta T_{ПК} = 1818 - 1843 \text{ К} = 1539 \dots 1569 \text{ }^\circ\text{С}$.

Другий параметр – температура металу згідно в сталерозливному ковші $T_{СТК}$ (сталерозливний ківш відноситься до основного металургійного обладнання та застосовується для прийому, транспортування, обробки сталі в ковші і розливання розплавленого металу):

$$T_{СТК} = \begin{cases} T_{СТК1}, \text{ якщо} & 1773 \leq T_{СТК} \leq 1818, \\ T_{СТК2}, \text{ якщо} & 1783 \leq T_{СТК} \leq 1833, \\ T_{СТК3}, \text{ якщо} & 1813 \leq T_{СТК} \leq 1863, \\ T_{СТК4}, \text{ якщо} & 1823 \leq T_{СТК} \leq 1893, \\ T_{СТК5}, \text{ якщо} & 1813 \leq T_{СТК} \leq 1843, \\ T_{СТК6}, \text{ якщо} & 1823 \leq T_{СТК} \leq 1848, \end{cases} \quad (2.26)$$

де $T_{СТК1}$ – діапазонів значень $T_{СТК}$ для марки сталі ШХ15;

$T_{СТК2}$ – діапазонів значень $T_{СТК}$ для марки сталі Ст50;

$T_{СТК3}$ – діапазонів значень $T_{СТК}$ для марки сталі Ст20-45;

$T_{СТК4}$ – діапазонів значень $T_{СТК}$ для марки сталі 12ХН3А;

$T_{СТК5}$ – діапазонів значень $T_{СТК}$ для марки сталі 40Х;

$T_{СТК6}$ – діапазонів значень $T_{СТК}$ для марки сталі СтЗсп.

Температура металу згідно [29] в сталерозливному ковші $T_{СТК} = 1823 - 1848 \text{ К} = 1550 \dots 1575 \text{ }^\circ\text{С}$.

Температура перегріву металу в сталерозливному ковші, $\Delta T_{СТК}$:

$$\Delta T_{CTK} = \begin{cases} \Delta T_{CTK1}, \text{ якщо} & 1787 \leq \Delta T_{CTK} \leq 1837, \\ \Delta T_{CTK2}, \text{ якщо} & 1793 \leq \Delta T_{CTK} \leq 1852, \\ \Delta T_{CTK3}, \text{ якщо} & 1827 \leq \Delta T_{CTK} \leq 1852, \\ \Delta T_{CTK4}, \text{ якщо} & 1837 \leq \Delta T_{CTK} \leq 1912, \\ \Delta T_{CTK5}, \text{ якщо} & 1827 \leq \Delta T_{CTK} \leq 1862, \\ \Delta T_{CTK6}, \text{ якщо} & 1837 \leq \Delta T_{CTK} \leq 1867. \end{cases} \quad (2.27)$$

Температура перегріву металу в сталерозливному ковші для матеріалу СтЗСП $\Delta T_{CTK} = 1837 - 1867 \text{ К} = 1564 \dots 1594 \text{ }^\circ\text{C}$.

Третій параметр – температура робочої поверхні кристалізатора T_{KP} :

$$160 \leq T_{KP} \leq 180, \text{ }^\circ\text{C}. \quad (2.28)$$

За різними оцінками, що базуються на прямих вимірах, температура робочої поверхні кристалізатора зазвичай становить 160-180 $^\circ\text{C}$. Значення цієї температури може змінюватися в залежності від ряду факторів: теплопровідності матеріалу стінки кристалізатора, інтенсивності відбору тепла водою, товщини стінки кристалізатора, складу і товщини робочого покриття і т.п.

Швидкість розливання сталі залежить від її температури в промковші можемо описати як:

$$2 \leq q \leq 3, \text{ м/хв}. \quad (2.29)$$

Четвертий параметр – частота коливання кристалізатора можемо описати як:

$$0 < \nu \leq 300, \text{ хв}^{-1}. \quad (2.30)$$

П'ятий параметр – амплітуда коливання кристалізатора:

$$1 \leq \delta \leq 3, \text{ мм.} \quad (2.31)$$

Шостий параметр – положення стопору SP також віднесемо до головних параметрів, що необхідно контролювати бо є можливість оперативної зміни витрати металу:

$$SP = \begin{cases} SP_1, \text{ якщо} & SP = [open], \\ SP_2, \text{ якщо} & SP = [close]. \end{cases} \quad (2.32)$$

Сьомий параметр – рівень металу в сталерозливному ковші $h_{l_{СТК}}$:

$$2,5 \leq h_{l_{СТК}} \leq 3. \quad (2.33)$$

Восьмий параметр – рівень металу в промковші $h_{l_{нк}}$:

$$0,7 \leq h_{l_{нк}} \leq 1,2. \quad (2.34)$$

Дев'ятий параметр – рівень металу в кристалізаторі $h_{l_{кр}}$:

$$0,75 \leq h_{l_{кр}} \leq 0,85. \quad (2.34)$$

2.4 Технічні засоби для контролю параметрів на стадії формоутворення заготовок з металу

Контроль рівня сировини (металу) в сталерозливному (СТК) та промковші (ПК), кристалізаторі (КР) буде здійснюється за допомогою спеціального датчика – вихрострумний датчик рівня XLEV, який визначає

рівень розплавленого металу.

Датчик XLEV заснований на електромагнітній вихрострумовій технології, яка дозволяє вимірювати відстань до металевої поверхні. Він включає в себе: 1-ну сенсорну головку (підвісний або виступаючий тип); 1-ин кабель гарячої зони; 1-ну панель цифрового процесора та сенсорний екран HMI.

До переваг можна віднести: вимірює фактичний рівень сталі та повна цифрова обробка сигналів.

В слябових МБР розміщуються безпосередньо в стінці кристалізатора.

Швидкість розливання сталі будемо вимірювати оптичним датчиком для виміру швидкості розливу металу – ProSpeed LSV-2100.

Цей датчик вибрано бо він має наступні переваги: лазерна точність вимірювання; безконтактне вимірювання; немає необхідності повторного калібрування; проста інтеграція процесів з великими відстанями очікування до 3 м; прямий зворотний зв'язок через сенсорний дисплей.

Для виміру температур обрано інфрачервоний пірометр (ІЧП) SEM DT– вимір високих температур в важкодоступних місцях. Він здатен виміряти температуру понад 1000 градусів (-50 °C...+1600 °C) на відстані в кілька метрів без дотику до об'єкта дослідження.

Датчики можна розміщувати в кожній критичній точці процесу, яким слід керувати та керувати ним. У міру вдосконалення технології Genie для підвищення ефективності можна розміщувати більше датчиків.

Частоту коливання кристалізатора можна виміряти цифровим частотоміром 10-199,9 Гц. Його вибрано бо має наступні характеристики: напруга 80 ... 300 В; може виміряти амплітуду коливання кристалізатора в діапазоні від 1 до 50 мм; частоту від 20 до 600 циклів в хвилину.

Амплітуду коливання будемо вимірювати датчиком 640B01 – промисловий перетворювач швидкості. Він має такі характеристики: вихід від 4 до 20 мА; від 0 до 1 дюйм / с, 3-1 кГц, верхній вихід; 2-контактний роз'єм.

Діапазон частот: ($\pm 10\%$) від 180 до 60000 об / хв (від 3 до 1000 Гц).

Діапазон вимірювання: від 0,0 до 1 дюйма / сек (від 0,0 до 25,4 мм / сек).

Інформацію про переміщення стопора формується датчиком лінійного переміщення штока гідроциліндра стопорного механізму.

Датчик положення стопора – датчик лінійного переміщення серії LTR для виміру коротких переміщень зі зворотною пружиною. Важлива особливість датчиків положення серії LTR полягає в наявності зворотної пружини.

Потенціометричний принцип вимірювання.

Цей пристрій обрано бо він має наступні характеристики:

- діапазон вимірювань від 10 мм до 150 мм;
- висока якість та термін служби – до 100 мільйонів циклів;
- висока швидкість переміщення – 5 м / с;
- відхилення від лінійності 0,6 %.

Схему системи управління стопорним механізмом наведена на рис. 2.7.

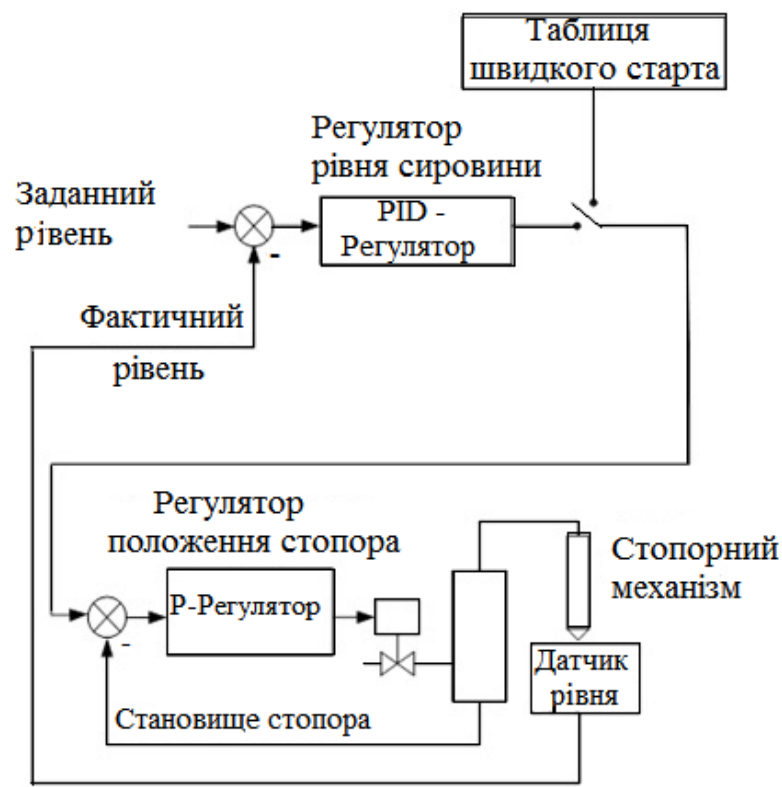


Рисунок 2.7 – Структурна схема управління стопорним механізмом промківша

2.5 Висновки до 2 розділу

В другому розділі для виробу «Експериментальна гайка» з урахуванням її параметрів було вибрано вид та типорозмір технологічного обладнання для отримання заготовки – однострумкова слябова машина безперервного розливання сталі криволінійного типу, бо до переваг криволінійних МБР – підвищення якості заготовки (в першу чергу, поверхневих і підповерхневих шарів).

Вибрано основні параметри для управління на виробництві заготовок: температура метала в промковші; температура металу в сталерозливному ковші; швидкість розливання сталі; частота та амплітуда коливання кристалізатора; положення стопору бо ці параметри впливають на рівень сировини в сталерозливному ковші та промковші, кристалізаторі. Миттєві значення частоти, амплітуди і форми коливань визначаються швидкістю розливання металу від якої також залежить рівень сировини, щоб не було переливів чи недоливів.

Величина температури сталі в ПК впливає на продуктивність МБР та якість отриманих заготовок. При малому перегріві можливо «заморожування» та передчасне припинення розливання. При високій температурі приходится знижувати швидкість розливання щоб уникнути прориву скоринки злитка, що приводить до зниження виходу гідного металу. Кожній марці сталі зазвичай відповідає певний оптимальний діапазон температур перегріву над температурою ліквідус, при яких досягається найвища продуктивність МБР і найкращу якість продукції.

Розроблено математичну модель, яка може бути в подальшому застосована в нелінійному динамічному спостерігачі стану сировини та взагалі процесу виробництва, що надасть можливість більш точно визначати рівень сировини.

Новизною є те, що розроблена математична модель процесу формоутворення заготовок з металу представлено у вигляді кортежу параметрів не тільки режимів власне самого процесу формоутворення, а й враховує особливості матеріалу (сировини); конструкційні особливості установки для

розливання, а саме, кристалізатора та положення стопорного механізму.

В результаті, на основі математичної моделі буде розроблено автоматизовану систему для управління і реєстрації сировини на стадії формоутворення заготовок з металу. А запропонований опис параметрів дасть можливість не допустити отримання бракованої заготовки шляхом врахування числових значень в розробленій системі, та своєчасного їх регулювання при необхідності.

Розраховано параметри безперервного розливу: швидкість розливу металу, частота коливань, амплітуда коливань.

Обрані технічні засоби для контролю параметрів розливу.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ І РЕЄСТРАЦІЇ СИРОВИНИ НА СТАДІЇ ФОРМОУТВОРЕННЯ ЗАГОТОВОК З МЕТАЛУ НА ВИРОБНИЦТВІ

3.1 Вибір середовища розробки

Сучасні автоматизовані системи управління (АСУ) мають вирішальне значення для промислових організацій, оскільки вони допомагають підтримувати ефективність, обробляти дані для прийняття більш розумних рішень та повідомляти системні проблеми, щоб допомогти зменшити час простою та можливо уникнути брак як виробів, так і заготовок [10].

АСУ обробляє, розподіляє та відображає дані, допомагаючи операторам та іншим працівникам аналізувати дані та приймати важливі рішення [10].

С початку розглянемо програмний пакет SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), бо цей пакет – система, яка добре працює на багатьох типах підприємств, оскільки вона може варіюватися від простих конфігурацій до великих складних установок. Системи SCADA є основою багатьох сучасних галузей. SCADA має безліч функцій, але основної її відмітністю є наявність інтерфейсу з користувачем. При відсутності такого інтерфейсу все зійде до функцій засобів програмування контролерів, а управління є автоматичним, на противагу диспетчерського.

Вибір пакету SCADA-систему є важким завданням.

SCADA-система – спеціалізоване програмне забезпечення, яке здійснює двосторонній зв'язок оператора технологічного процесу (диспетчера) з АСУ технологічним процесом.

До переваг SCADA можна віднести:

- дружність інтерфейсу;
- повнота і наочність представленої інформації;

– зручність користування засобами управління, що підвищує ефективність взаємодії диспетчера з системою, а це зменшує ризик помилок управління.

В SCADA оператор несе, як правило, загальну відповідальність за управління системою, яка, при нормальних умовах, тільки зрідка вимагає підстроювання параметрів для досягнення оптимальної продуктивності.

SCADA-система має можливість архівувати всі параметри, які необхідно контролювати, вони представлені як у вигляді дискретних даних, так і у вигляді історичних трендів – дозволяє проаналізувати результати роботи системи у потрібний період часу.

В SCADA легко з'ясувати причини збоїв або втрати якості продукції, що випускається.

В структуру SCADA-системи входять наступні основні компоненти (рис. 3.1) [30]:

– центральна контрольна станція моніторингу – один або кілька центральних серверів (центральний сервер хост-комп'ютера);

– станція проміжного збору даних – вхідні блоки віддаленого терміналу RTU (блоки віддалених терміналів) або PLC (програмовані логічні контролери) програмовані блоки управління з реле функцій доставки з приводами (датчики рівня поля, коробки керування розподільчим пристроєм та клапанами приводу й інш.);

– система зв'язку – промислові мережі зв'язку, телекомунікаційне обладнання та мультиплексні комутаційні пристрої з функціями передачі даних на рівні полів до блоків управління та серверів;

– людський інтерфейс – пристрій, що відображає процес обробки даних для оператора для управління процесом роботи системи.

Головним недоліком SCADA залишається висока ціна технічної підтримки.

Дорогою (з точки зору трудомісткості) залишається адаптація універсальної SCADA до конкретного завдання [31, 32].

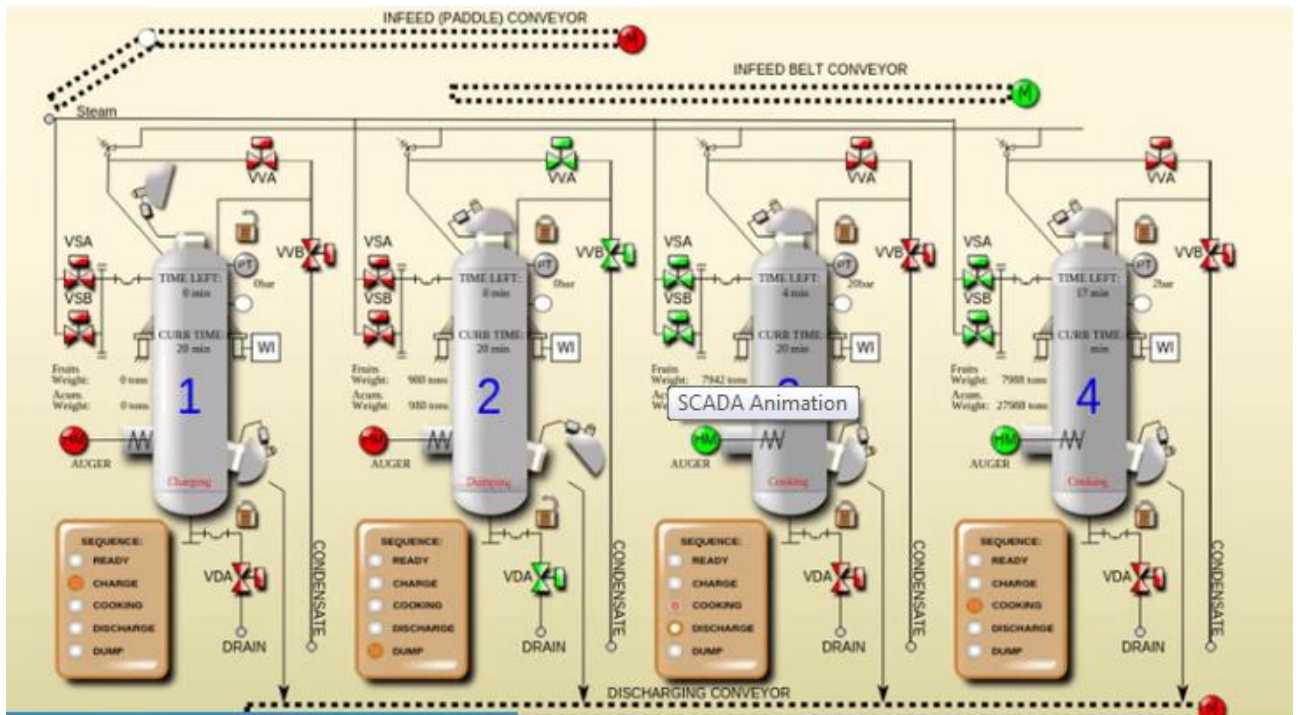


Рисунок 3.1 – Інтерфейс оператора в SCADA

Перевага SCADA в тому, що вона є головним і найбільш кращим методом автоматичного управління складними процесами.

В даний час найбільш поширеними універсальними SCADA є MasterSCADA, Trace Mode [33].

SCADA Trace Mode.

SCADA-система Trace Mode 6 фірми AdAstrA складається з інструментальної системи і набору виконавчих модулів. До складу Trace Mode 6 входять також засоби управління бізнес-процесами виробничого підприємства (рис. 3.2) [34].

За допомогою виконавчих модулів TRACE MODE проект АСУ запускається на виконання в реальному часі. SCADA TRACE MODE дозволяє створювати проект відразу для декількох виконавчих модулів – вузлів проекту. Кожному вузлу проекту відповідає одна інсталяція виконавчого модуля [30, 33].

Для збільшення швидкості розробки проекту користувача застосовується оригінальна технологія автопобудови. Автоматично в SCADA можуть бути побудовані: джерела даних ПЛК і модулів вводу-виводу за відомою

конфігурації; канали за джерелами даних; зв'язки каналів з редактора аргументів; зв'язки контролер-сервер і сервер-сервер; SQL-запити; зв'язку з OPC-сервером.

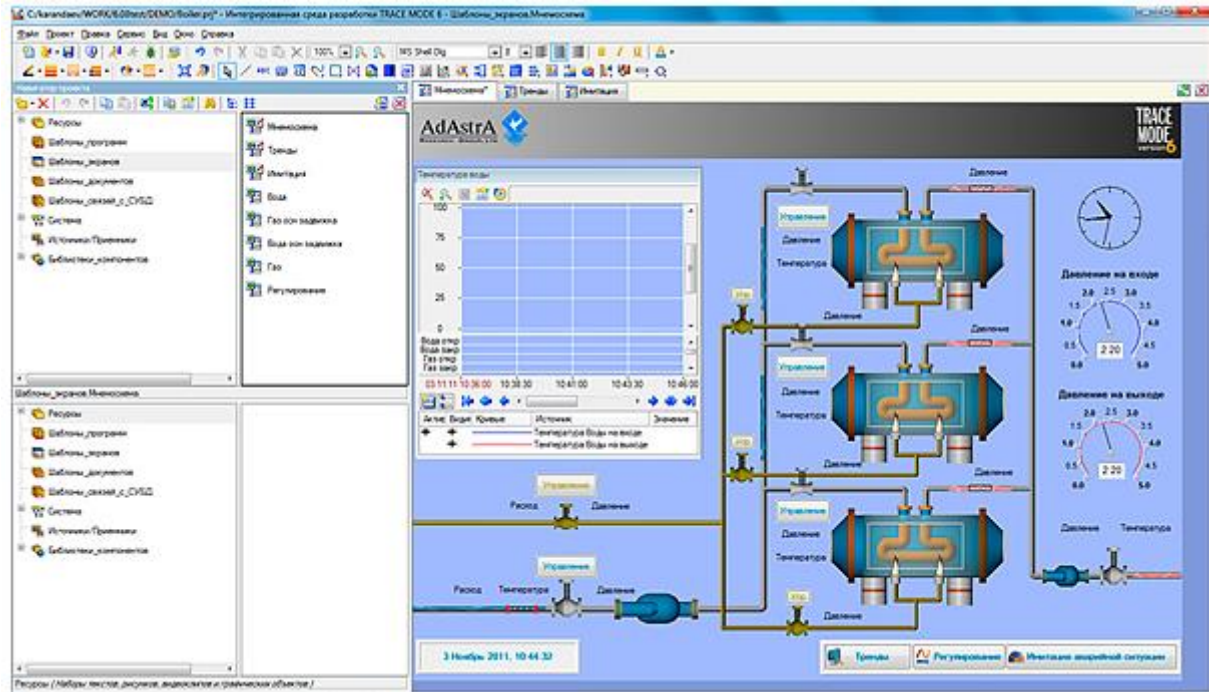


Рисунок 3.2 – Интерфейс оператора в Trace Mode 6

Перевага Trace Mode в тому, що до складу системи входять безкоштовні драйвери для більш ніж 2-х тисяч контролерів.

Недолік Trace Mode – те, що для створення нестандартного функціонального блоку необхідно знати спеціальні мови програмування, хоча, Trace Mode в своєму класі одна з найбільш потужних і гнучких, орієнтована на легкодоступні та недорогі програмні засоби типу MS-DOS, Windows або NetWare, але зарубіжні аналоги часто вимагають для роботи унікальних операційних систем.

MasterSCADA.

MasterSCADA – це не просто один із сучасних SCADA- та SoftLogic- пакетів, це принципово новий інструмент розробки систем управління та диспетчеризації. У ній реалізовані засоби та методи розробки проектів, що забезпечують скорочення скорочення трудової діяльності та підвищення

надійності створеної системи [35].

В Master SCADA – реалізовано об'єктний підхід до розробки системного управління, навчання або диспетчеризації. Для кожного об'єкта створено свій опис на технологічному мові програмування. Опис включає в себе властивості об'єкта та документи об'єкта. Документами об'єкта є його зображення, мнемосхема, графічні змінювання змінних і т. д. Будь-який документ в системі відноситься до деякого об'єкту. Такий підхід дозволяє легко розмножувати один раз створені об'єкти, що підвищує швидкість настройки SCADA на завдання користувача [35].

Переваги Master SCADA – необмежена гнучкість обчислювальних можливостей.

Недоліки Master SCADA – недостатній рівень інтуїтивної зрозумілості при роботі з системою; відсутня пряма можливість експорту дрібних напрацювань з проекту в проект, наприклад, графічних об'єктів; експортувати можна тільки вікна; система довідки слабо структурована і не описує всіх можливих властивостей об'єктів.

Genie. Система Genie, розроблена фірмою AdvanTech та є інструментальним засобом для створення програмного забезпечення збору даних і оперативного диспетчерського управління [36].

Хоча система Genie теж має такі ж недоліки, як і Master SCADA, але ця система дійсно є інтуїтивно зрозумілою.

Система Genie має модульно-орієнтовану відкриту архітектуру.

Розробка системи зводиться до розміщення користувачем функціональних блоків у вікні завдання і встановленню між ними зв'язків, що визначаються алгоритмом обробки даних.

Відкритість архітектури дозволяє легко реалізовувати взаємодію Genie з іншими додатками для спільного доступу до даних під час виконання стратегій.

В роботі обрана система Genie, так як проста в освоєнні, особливо в порівнянні з SCADA, Trace Mode та Master SCADA.

Genie – оптимальний інструмент для розробки програмного забезпечення

верхнього рівня в багатьох проектах АСУ технологічного процесу, в тому числі з обмеженим бюджетом.

До переваг Genie можна віднести те, що людино-машинний інтерфейс реалізується за допомогою стандартних засобів, звичних оператору-технологу.

Тобто, більшість з сучасних пакетів SCADA-систем них має приблизно однаковий набір функціональних можливостей, який дозволяє виконувати основні вимоги, що пред'являються до верхнього рівня АСУ технологічним процесом, тому, вирішено обрати Genie бо ця система є інтуїтивно зрозумілою; має досить широкий набір інструментів для створення графічних форм і написів. Розробка всіх елементів проекту Genie ведеться в єдиному інструментальному середовищі. Це і розробка апаратної архітектури системи, і опис логічної структури і бази параметрів, розробка системи візуалізації, звітів і журналів й інших компонентів системи. Genie ефективна для вирішення таких завдань, як управління та реєстрації сировини на стадії формоутворення заготовок з металу.

3.2 Розробка алгоритму роботи автоматизованої системи для управління і реєстрації сировини

На основі аналізу розробленої математичної моделі (3.2) та з урахуванням опису параметрів формоутворення заготовок з металу розроблено алгоритм роботи автоматизованої системи, який наведено на рис. 3.3:

Автоматизована система починає свою роботу з подачі сировини з МБР в сталерозливний ківш (сталь-ківш).

Далі йде перевірка температури сировини в сталь-ковші, якщо умови виконуються, то далі вмикається гідродвигун АІ 1, що штовхає стопор в сталь-ковші АІ 2.

Якщо умови не виконуються, то необхідно управління за допомогою PID 1.

Далі йде перевірка рівня сировини в сталь-ковші, якщо умови не виконуються, то необхідно управління за допомогою PID 2.

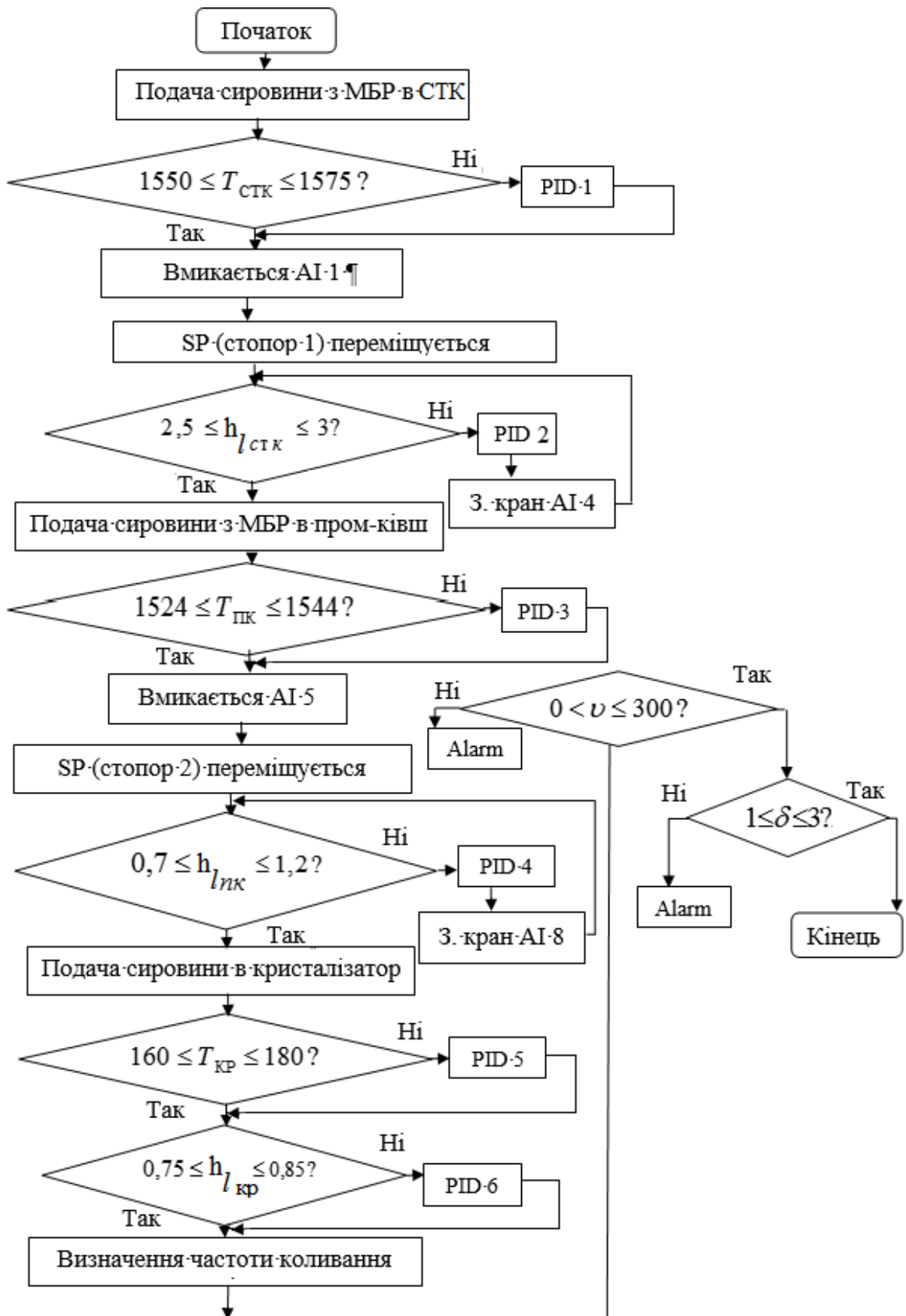


Рисунок 3.3 – Алгоритм роботи автоматизованої системи для управління і реєстрації сировини

Якщо умови виконуються, то сировина попадає в пром-ківш. Та алгоритм повторюється, як у випадку з сталь-ковшем.

Після перевірки умов стосовно температури та рівня сировини в кристалізаторі йде перевірка частоти та амплітуди коливання, якщо значення цих параметрів не в зазначеному діапазоні, то на Display 2 подається сигнал, що аварійна ситуація. В даному випадку регулювання не передбачено бо за замовчуванням вважається, що ці параметри знаходяться в потрібних діапазонах значень.

3.3 Розробка системи мнемосхеми автоматизованої системи для управління і реєстрації сировини

По розробленому алгоритму було написано програма стратегія якої показано на рис. 3.4.

Одним з основних модулів Genie є «будівник стратегій» де розробляється стратегія, яка складається з мнемосхеми, яка розробляється в «Редакторі задач».

Стратегія – сукупність однієї або декількох завдань разом з однією або більшою кількістю екранних форм, а також одним основним сценарієм. Задача – набір функціональних блоків, що відображаються у вікні завдання у вигляді піктограм [37]. Мнемосхема складається з блоків та зв'язків між ними.

З'єднання між функціональними блоками в процесі розробки стратегії можуть встановлюватися за допомогою видимих та невидимих зв'язків. З'єднання між піктограмами блоків є видимими у вікні «Редактора задач».

TASK 1 – вікно задач 1 в редакторі задач, де розробимо мнемосхему (рис. 3.4).

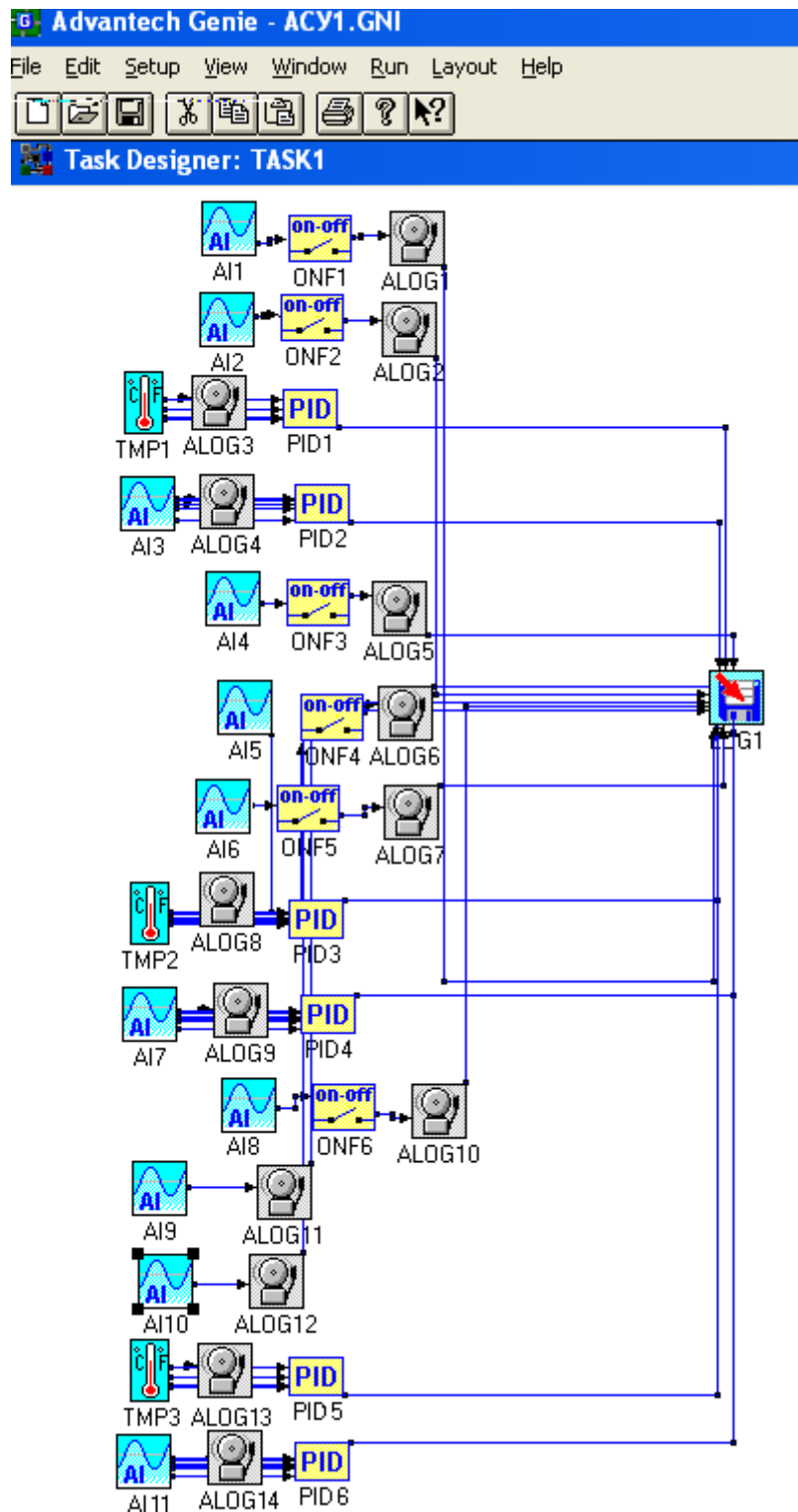


Рисунок 3.4 – Розроблена мнемосхема

Блоки AI (блок аналогового введення Analog Input) підключені до датчиків, які будуть здійснювати зчитування значень вимірюваних параметрів.

Блок AI призначений для прийому інформації від пристроїв, що мають підсистему введення аналогових сигналів, і передачі зазначення сигналів іншим

блокам та елементам відображення (рис. 3.5).

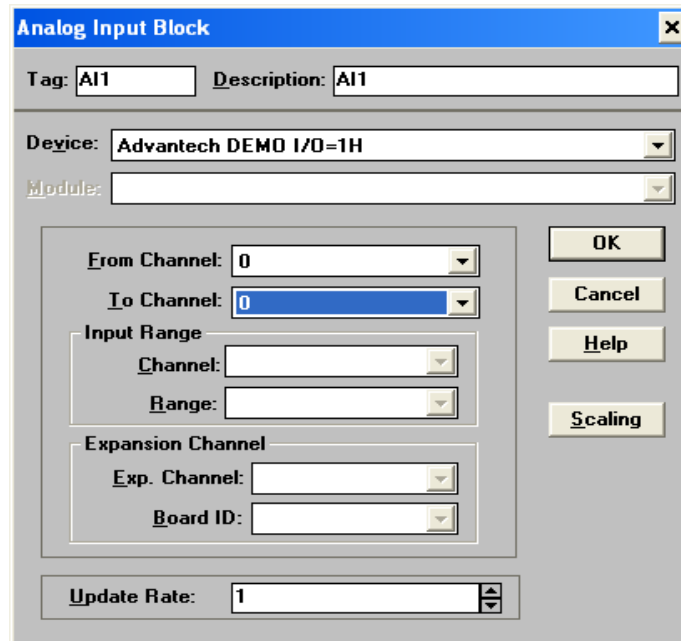


Рисунок 3.5 – Вікно «Analog Input Block»

Поле «Tag» – назва тегу в системі Genie.

Поле «Description» – поле для введення опису пристрою (значення в полі залишено за замовчуванням).


Поле «Device» призначене для вибору пристрою, до якого буде підключений даний блок. Тип подібного пристрою буде відображений в полі «Module» діалогової панелі, але так як в роботі застосована демо-версія програми, то буде підключено пристрій Advantech Demo.

Після вибору пристрою або модуля аналогового вводу слід встановити параметри каналів «From Channel» та «To Channel» (список опитуваних каналів), інформація від яких буде надходити в блок аналогового введення. Кількість апаратних каналів, інформація від яких може бути прийнята блоком аналогового введення, може становити 1 – 16.

Поле «Input Range» – діапазон вхідного сигналу. Поля даної групи параметрів (Канал і Діапазон) дозволяють встановити для кожного каналу діапазон вхідного сигналу, що подається на канал, і одержуваного на виході функціонального блоку.

Поле «Expansion Channel» – комутатор / підсилювач аналогових сигналів. Дана група дозволяє описати параметри додаткової плати комутатора / підсилювача аналогових сигналів, підключеної до одного з каналів основної плати вводу аналогових сигналів.

Поле «Update rate» – частота оновлення. Значення у даному полі є дільником, який дозволяє викликати блок аналогового введення і сканувати відповідні йому канали пристрою аналогового введення рідше, ніж викликається вся задача, в яку входить даний функціональний блок. Значення 1 встановлено для того, щоб завдання викликалось (сканується) один раз в 50 мс, якщо було б 250 мс, то слід встановити в поле «Частота оновлення» значення 5.

Блок AI 1 підключено за допомогою блоку «Провідник»  до блоку ONF. AI 1 отримує сигнал з гідродвигуна.

«Провідник» застосовують для встановлення видимих зв'язків між піктограмами функціональних блоків завдання. Деякі блоки допускають передачу даних тільки в одному напрямку. При підключенні необхідно обрати по якому каналу буде підключення (рис. 3.6).

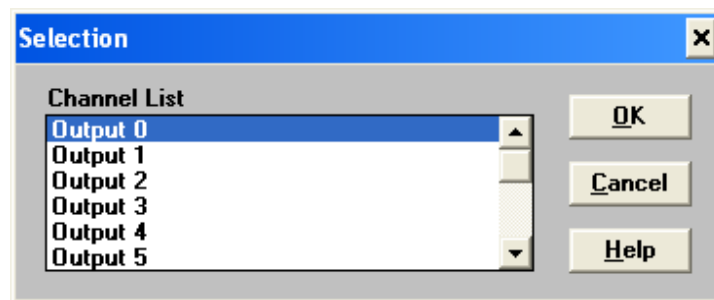


Рисунок 3.6 – Вікно «Selection»

Блок ONF призначений для реалізації найпростішого алгоритму двохпозиційного управління і має вхід, на який подається сигнал зворотного зв'язку від об'єкта управління, і дискретний вихід, логічне стан якого залежить від поточного значення на вході, заданої уставки і значень порогів включення і виключення (рис. 3.7).

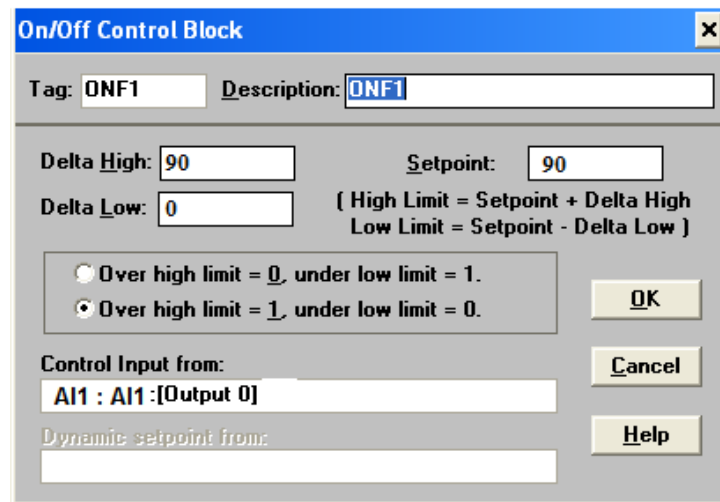


Рисунок 3.7 – Вікно «On/Off Control Block»

Поля «Delta High» і «Delta Low» – поріг включення / виключення.

Поле «Delta High» – зона нечутливості регулятора при формуванні вихідного сигналу, що включає об'єкт управління. Верхня межа регулювання визначається шляхом підсумовування порогу виключення і значення уставки.

Так як елемент «Двигун» може працювати в наступних режимах: увімкнено ($0^\circ \rightarrow 90^\circ$) та вимкнено ($90^\circ \rightarrow 0^\circ$), то уставка нехай буде 90.

Поле «Уставка» (Setpoint) – містить значення, з яким порівнюється сигнал зворотного зв'язку на вході блоку. Уставка може бути фіксованою або динамічно змінною сигналом від іншого функціонального блоку стратегії.

Поле «Control Input from» – вхід управління з виходу каналу 0 (при налаштуванні значень для блоку ONF 1, це поле заповнюється автоматично самою системою).

Вибрано «Over high limit = 1, under low limit = 0» бо, якщо значення сигналу вище верхньої межі, то присвоюємо значення 1 (двигун увімкнено), а якщо нижче нижньої межі = 0 (двигун вимкнено)).

Блок ONF 1 підключено до ALOG 1 (призначений для збереження в архіві інформації про зафіксовані аварійні події, пов'язаних з сигналом, що надходять на вхід блоку архіву тривоги. Блок має вхід і вихід).

Блок ALOG 1 – значення, що будуть відображати положення елемента двигун: «увімкнено» та «вимкнено» та якщо під час початку процесу

розливання елемент двигун не працює.

Блок «AI 2» – отримує сигнал з датчика положення серії LTR, що фіксує положення стопору № 1 (переміщення стопора формується датчиком лінійного переміщення штока гідроциліндра стопорного механізму).

Гідроциліндр – об'ємний гідродвигун зворотно-поступального руху.

Блок «AI 2» підключено до ONF 2, а далі до ALOG 2.

Блок «Блок вимірювання температури» TMP 1 отримує сигнал з ІЧП СЕМ DT, що вимірює температуру в сталерозливному ковші. Якщо значення температури не в діапазоні від 1550 °С до 1594 °С, то аварійна ситуація, тому застосовується блок ALOG 3, котру можна вирішити, управлінням за допомогою PID 1 (рис. 3.8).

Рисунок 3.8 – Блок «Alarm Log Block»

Блок ALOG призначений для збереження в архіві інформації про зафіксовані аварійні події, пов'язаних з сигналом, що надходять на вхід блоку архіву тривоги. Блок має вхід і вихід.

Поле «Alarm Settings» – значення параметрів тривоги. Значення сигналів на вході блоку потрапляють в такі діапазони:

- 1 – вище верхнього граничного значення High-High;
- 2 – максимальне значення High;
- 3 – нижче нижнього граничного значення Low-Low;
- 4 – мінімальне значення Low.

Поле «Alarm Message Format» формат повідомлень про тривоги:

- поле «Date» (MM/DD/YY) – дата (місяць, день, рік);
- поле «Time HH»: MM:SS – час (години, хвилини, секунди);
- поле «Alarm Type» (High-High, High, Low-Low, Low) – тип тривоги (верхній граничний; максимальний; нижній граничний; мінімальний);
- поле «Tag name» – ім'я тегу;
- поле «Operator name» – ім'я оператора (тільки 10 символів).

Поле «Comment 3D» – коментар 3D.

Блок ALOG підключено до PID.

Блок «PID» має входи і вихід управління (рис. 3.9).

Поле «Type of PID Control» – для встановлення типу ПІД регулювання: Position – по положенню та Velocity – по швидкості.

Поле «Default (Initial) Settings» – початкові значення: Setpoint (уставка), коефіцієнти P, I та D (P коефіцієнт пропорційного ланки, D коефіцієнт диференціюючої ланки, I коефіцієнт інтегруючого ланки).

Управління в режимі 1 (пропорційне регулювання) – коефіцієнт P – при цьому керуючий вплив формується у вигляді різниці між значенням стабілізації і вимірним значенням сигналу зворотного зв'язку, помноженої на коефіцієнт пропорційності (P). Більшому значенню коефіцієнта пропорційності відповідає більш висока швидкість реакції регулятора. Іншими словами, регулятор швидше відпрацьовує різниця між уставкой і значенням сигналу зворотного зв'язку. Пропорційний регулятор може бути отриманий шляхом установки нульових значень в полях «Коефіцієнт I» (коефіцієнт інтегруючого ланки регулятора) і «Коефіцієнт D» (коефіцієнт диференціюючої ланки регулятора) діалогової панелі налаштування параметрів блоку ПІД-регулювання.

The image shows a 'PID Control Block' configuration window. It includes fields for 'Tag' and 'Description' (both 'PID1'), radio buttons for 'Position' and 'Velocity' (with 'Position' selected), a 'Filter Constant' field (0.), and a 'Default (Initial) Setting' section with 'Setpoint' (0.), 'P Value' (1.), 'I Value' (0.), and 'D Value' (0.). There is also an 'Output Clamp' section with 'High Clamp' (1575.), 'Low Clamp' (1550.), and 'Rate Clamp' (600.). Below these are several 'Dynamic' parameter fields, all set to 'TMP1 : TMP1'. At the bottom are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

Рисунок 3.9 – Блок «PID Control Block»

Управління в режимі 2 (пропорційно-інтегральне регулювання).

Даний алгоритм регулювання дозволяє знизити похибку регулятора за рахунок того, що неузгодженість між регульованим параметром і уставкою (значенням стабілізації) надходить на вхід інтегруючої ланки регулятора і після інтегрування підсумовується зі значенням на виході пропорційної ланки. Пропорційно-інтегральний регулятор може бути отриманий шляхом установки нульового значення в поле «Коефіцієнт D» (коефіцієнт диференціюючої ланки регулятора) діалогової панелі налаштування параметрів блоку ПІД-регулювання.

Управління в режимі 3 (пропорційно-інтегрально-диференційне регулювання). Даний алгоритм регулювання дозволяє враховувати динаміку зміни регульованого параметра шляхом обчислення значення і знака його похідної з подальшим відніманням з значення сигналу на виході пропорційно-інтегральної ланки регулятора, що забезпечує можливість досягнення мінімуму помилки на виході ПІД-регулятора за найбільш короткий інтервал часу.

Поле «Output Clamp» – обмеження вихідного сигналу (верхня та нижня межа).

Поле «Rate Clamp» – обмеження по швидкості. Визначає максимально допустиму швидкість наростання вихідного сигналу ПІД-регулятора, що вимірюється в одиницях в хвилину. При надмірно великому зміні значення сигналу зворотного зв'язку або динамічної уставки, вказаний параметр дозволяє запобігти формуванню керуючого впливу з швидкістю, що перевищує допустиму для пристрою. У подібних випадках швидкість зміни сигналу на виході ПІД-регулятора буде дорівнює заданої в поле «Швидкість обмеження».

Поле «Filter Constant» – постійна фільтра. Дане поле може містити коефіцієнт фільтрації шумів, які можуть бути присутніми у вхідному сигналі зворотного зв'язку ПІД-регулятора. При нульовому значенні в даному полі фільтрація відсутній. При максимальному значенні, рівному 1,0, ефект фільтрації стає найбільш вираженим.

Поле «Setpoint» – уставка. Дане поле призначене для введення значення, яке повинен мати стабілізується параметр при правильному регулюванні.

Блок AI 3 – отримує сигнал з датчика для виміру рівня сировини (металу) в сталерозливному ковші – датчик XLEV.

Блок AI 4 – отримує сигнал з датчика положення, що управляє запірним краном № 1.

Блок AI 5 – отримує сигнал з гідровигуна, що подає сигнал для того, щоб стопор № 2 переміщався.

Блок AI 6 – отримує сигнал з датчика положення серії LTR, що управляє положенням стопорним механізмом № 2 (переміщення стопора формується датчиком лінійного переміщення штока гідроциліндра стопорного механізму).

Блок TMP 2 – отримує сигнал з датчика ІЧП СЕМ DT, що фіксує температуру в ПК.

Блок TMP 2 підключено до ALOG 8, для виміру температури в промковші.

Рисунок 3.10 – Блок «Alarm Log Block»

Блок AI 7 – отримує сигнал з датчика для виміру рівня сировини (металу) в ПК – датчик XLEV.

Блок AI 8 – отримує сигнал з датчика положення, що управляє запірним краном № 2.

Блок AI 9 – отримує сигнал з датчика, що вимірює частоту коливання кристалізатора – цифровий частотомір.

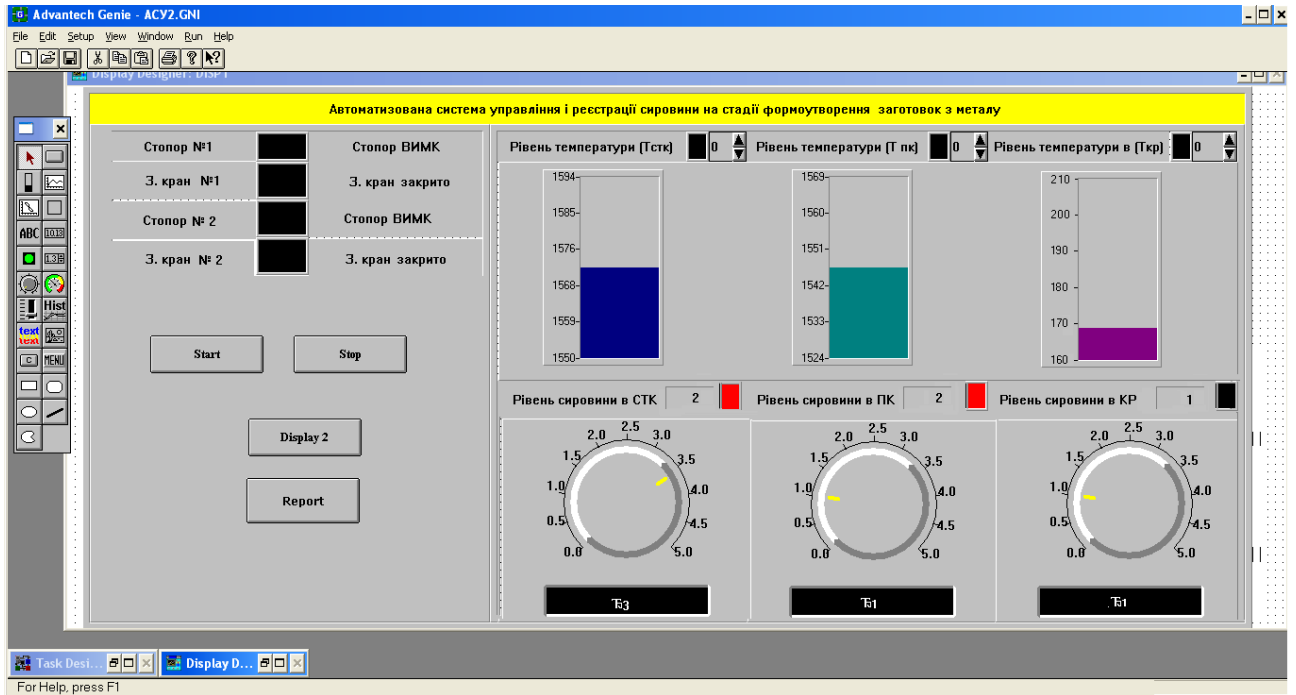
Блок AI 10 – отримує сигнал з датчика, вимірює амплітуду коливання кристалізатора – датчик 640B01.

Блок LOG 1 – для архівації даних та запису в файл інформації, що надходить на його входи (до 8-ми входів) від інших функціональних блоків стратегії. Інформація, що зберігається в файлі і яка надається форматі ASCII, може бути розміщена в вісім колонок.

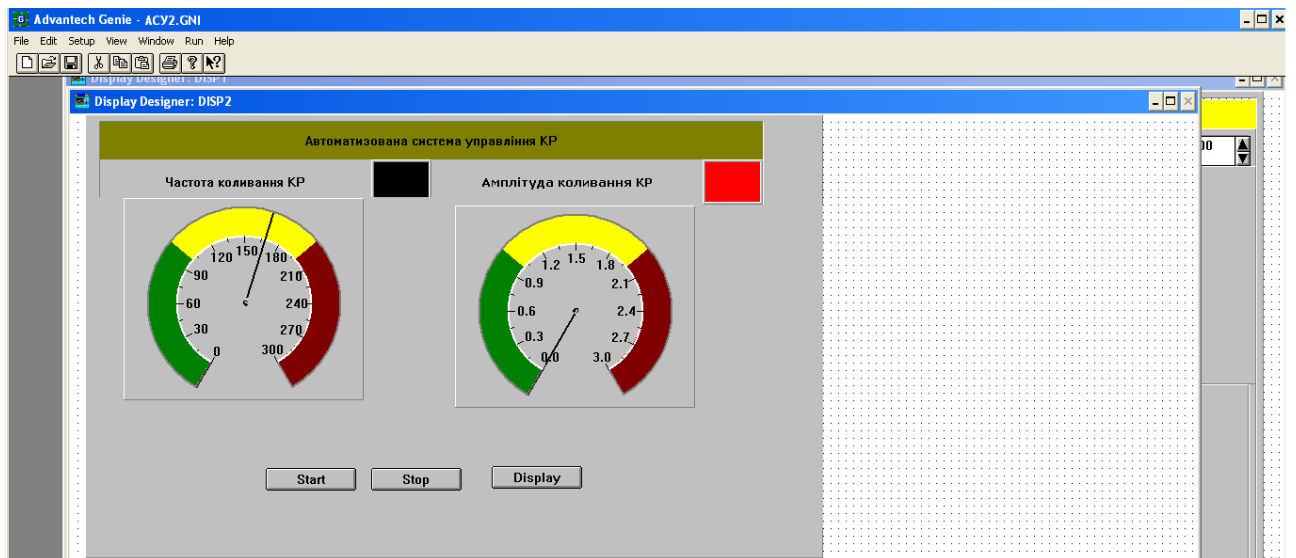
3.4 Розробка інтерфейсу автоматизованої системи для управління і реєстрації сировини

Кожна стратегія (проект) має свою екранну форму – інтерфейс, який розробляється в «Редакторі форм». З'єднання між піктограмами блоків «Редактора задач» та елементами відображення «Редактора форм» невидимі,

вони називаються зв'язками. Вікно розробленого інтерфейсу системи, складається з двох дисплеїв, які наведені на рис. 3.11, а, б.



а)




б)

а) дисплей 1 (Display 1); б) дисплей 2 (Display 2)

Рисунок 3.11 – Інтерфейс автоматизованої системи для управління і реєстрації сировини

Розроблено два інтерфейси: Display 1 – головний та Display 2 – допоміжний для моніторингу за параметрами кристалізатора: частота та амплітуда коливання.

Інтерфейс автоматизованої системи на рис. 3.11 складається з:

– елементів «Текстовий рядок»  – відображення не має засобів зв'язку з функціональними блоками та іншими елементами відображення / управління стратегії і призначений для виведення на екран монітора статичної символічного рядка, яка визначається на етапі розробки стратегії. Є можливість вибору типу і розміру шрифту, яким буде виводитися текстовий рядок.

Автоматизована система управління і реєстрації сировини на стадії формоутворення заготовок з металу

а)

Стопор №1

З. кран №1

З. кран №1

З. кран № 2

б)

Рівень температури [Тстк]

Рівень температури [Тпк]

Рівень температури в [Ткр]

в)

Рівень сировини в СТК

Рівень сировини в ПК

Рівень сировини в КР

г)

Автоматизована система управління КР

д)

Частота коливання КР

Амплітуда коливання КР

ж)

а) назва дисплею 1; б, в, г) текстові поля для сигналізаторів на дисплеї 1;
д) назва дисплею 2; ж) текстові поля для сигналізаторів на дисплеї 2

Рисунок 3.12 – Елемент «Текстовий рядок»

Вікно «Text String Display Item» для настройки параметрів цього елемента (рис. 3.13).

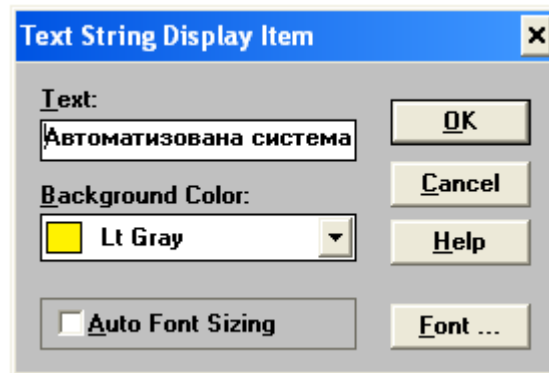



Рисунок 3.13 – Вікно «Text String Display Item»

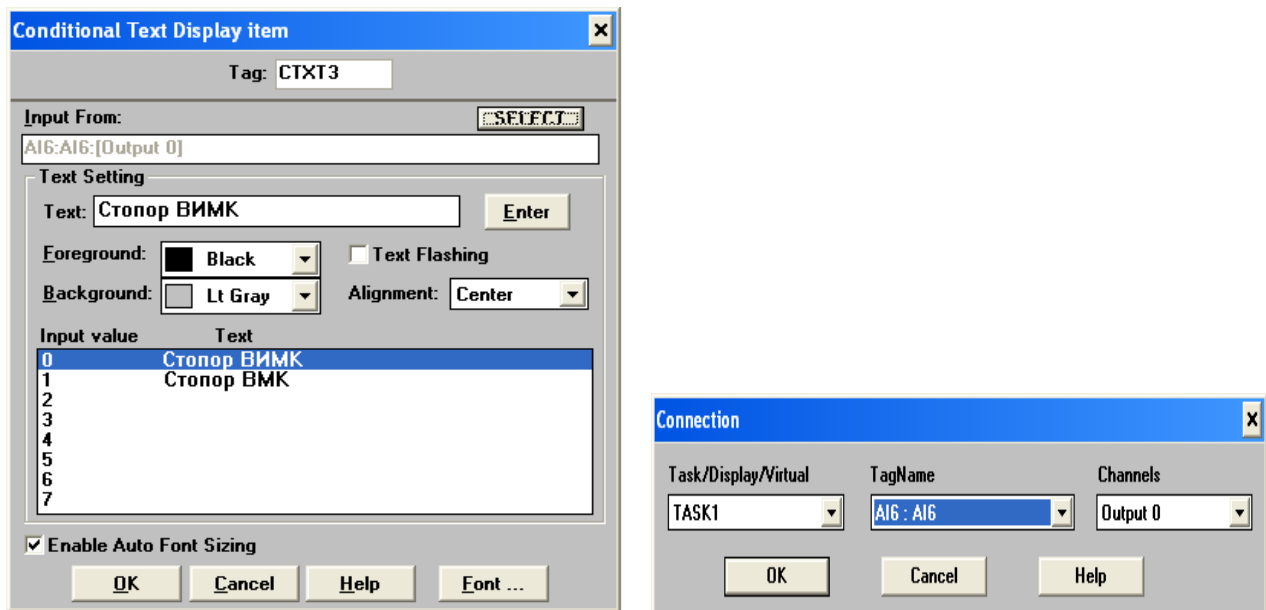
– «елемент відображення Індикатор»  – одиничний індикатор, призначений для відображення логічного стану пов'язаного з ним дискретного виходу функціонального блоку стратегії. Індикатор перетворюється на стан «Вмк» при появі логічної одиниці на виході пов'язаного з ним функціонального блоку. Індикатор перетворюється на стан «Вимк» з появою логічного нуля на виході пов'язаного з ним функціонального блоку. Розміри, форма і колір індикатора в різних станах можуть бути встановлені за допомогою діалогової панелі налаштування параметрів індикатора.

– елемент відображення «Поле виведення тексту за умовою» СТХТ – для візуалізації процесу у реальному часі, забезпечує можливість прийому і передачі інформації. Елемент можна налаштовувати за допомогою діалогової панелі «Conditional Text Display Item» (рис. 3.14, а, б).

Поле «Input From» (ввод з) – для підключення до пристрою з якого буде сигнал (з AI 6 – отримує сигнал з датчика положення серії LTR, що управляє положенням стопорним механізмом № 2).

Поле «Input Value» (вхідне значення) – на вхід елемента відображення можуть надходити цілі числа в діапазоні від 0 до 7 від приєднаного функціонального блоку стратегії (назначається текст, який відображається за умовами).

Поле «Text Flashing» – переривчасте світіння тексту.




а)

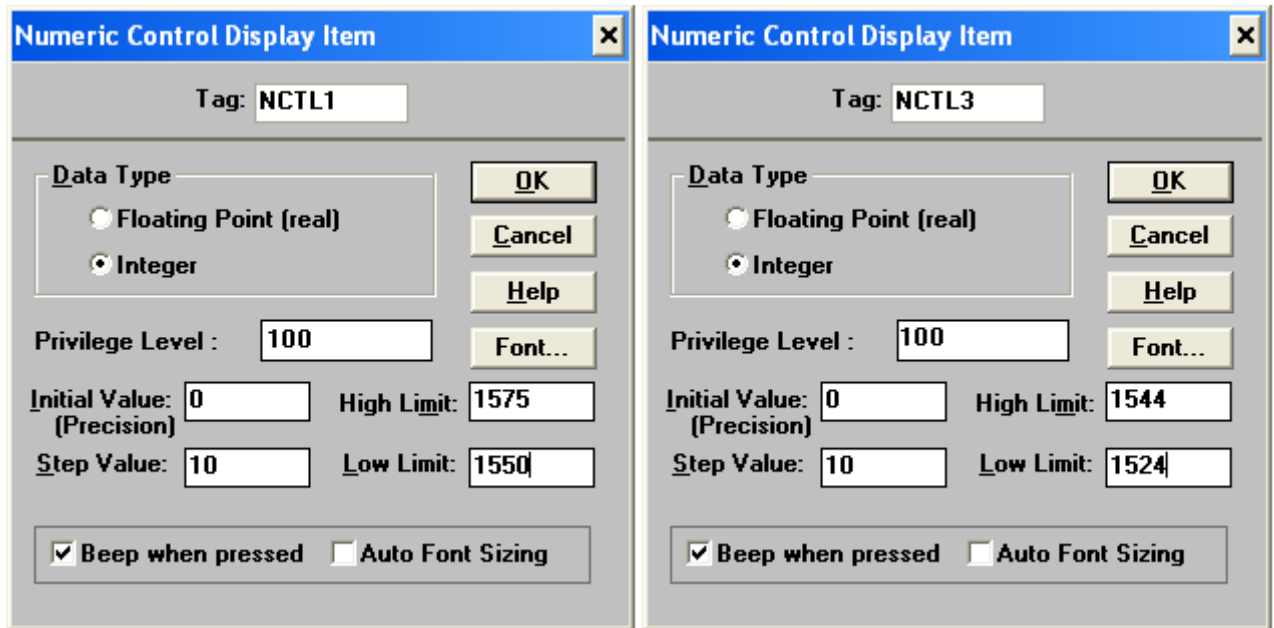
б)

а) налаштування параметрів елемента; б) налаштування зв'язку з блоком АІ 6

Рисунок 3.14 – Вікно «Conditional Text Display Item»

– елемент управління «Інкрементний регулятор» NCTL  – для управління, в даному випадку, рівнями температури в сталерозливному та промківшах, кристалізаторі. На рис. 3.15, а елемент приймає сигнал з $T_{стк}$, тому і встановлено такий діапазон температур; на рис. 3.15, б приймає сигнал з $T_{пк}$.

Поле «Privilege level» – рівень привілеїв призначене для захисту функцій управління, пов'язаних з інкрементним регулятором. Рівень привілеїв може приймати значення від 0 до 255, причому більшому значенню відповідає більш високий рівень привілеїв. Таким чином, якщо для регулятора встановлений рівень привілеїв, рівний 100, то змінити значення на його виході зможуть користувачі з правами доступу від 100 і вище (рис. 3.15).



а)

б)


а) елемент підключено до $T_{\text{стк}}$ (TMP1)б) елемент підключено до $T_{\text{пк}}$ (TMP2)

Рисунок 3.15 – Вікно «Numeric Control Display Item»

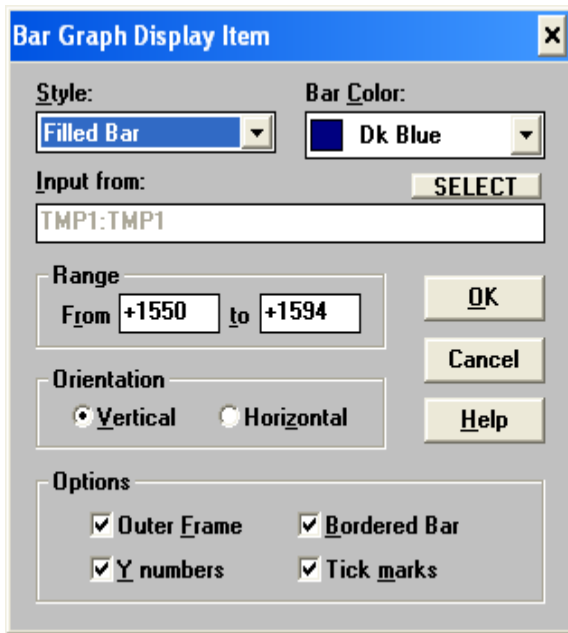
Поле «Step Value» (крок зміни) визначає величину зменшення / збільшення значення на виході регулятора при одноразовому натисканні лівою клавішею миші на кнопках зменшення / збільшення, розташованих праворуч від області відображення значення на виході інкрементного регулятора.

Поле «Initial Value (Precision)» (початковий значення (точність)) визначає значення на виході інкрементного регулятора при запуску стратегії на виконання.

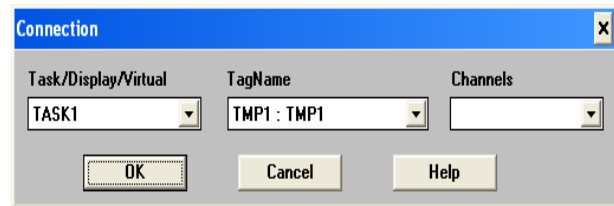
Beep when pressed – звук при натисканні.

– елемент відображення «Лінійний індикатор»  – для графічного представлення параметра, що надходить від приєднаного функціонального блоку стратегії, у вигляді закрашеного прямокутника, довжина однієї із сторін якого змінюється пропорційно величині параметра.

На рис. 3.16, а «Лінійний індикатор» завдяки «Select» підключено до TMP 1 (рис. 3.16, б).




а)




б)

а) налаштування «Лінійного індикатора»; б) підключення до TMP1

Рисунок 3.16 – Вікно «Bar Graph Display Item»

– елемент відображення «Цифровий індикатор»  – для відображення значення параметра на виході приєднаного функціонального блоку стратегії, а також для виведення на екран текстових рядків, що надходять з виходу блоку процедури користувача або блоку Бейсік-сценарію в процесі виконання стратегії. Цифрові індикатори з'єднані з AI 3, AI 7, AI 11 (датчики рівня сировини XLEV)

– елемент управління «Аналоговий регулятор» KNOB  – управління рівнями сировини.

Поле «Display Current Value» (відобразити поточне значення) – перемикач дозволяє включити / відключити відображення поточного значення регулятора на суміщеному цифровому індикаторі.

Поле «Knob action» – режим регулювання (обрано плавне регулювання).

Поле «Decimal Places» – кількість знаків після коми.

Поле «Initial Value» – початкове значення визначає значення на виході аналогового регулятора при запуску стратегії на виконання.

Поле «Privilege Level» – рівень привілеїв призначене для захисту функцій

управління, пов'язаних з аналоговим регулятором. Рівень привілеїв може приймати значення від 0 до 255, причому більшому значенню відповідає більш високий рівень привілеїв. Таким чином, якщо для регулятора встановлений рівень привілеїв, рівний 100, то змінити значення на його виході зможуть користувачі з правами доступу від 100 і вище (рис. 3.17).

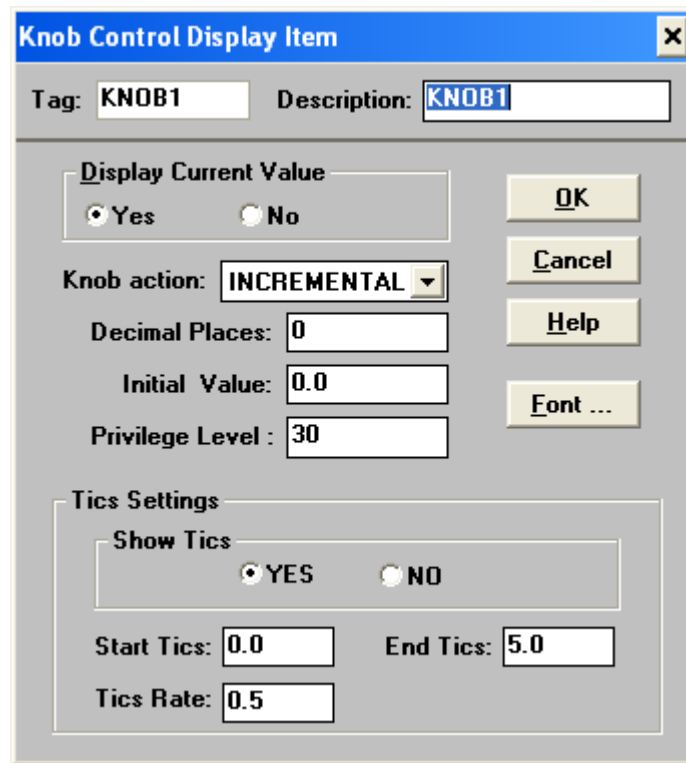



Рисунок 3.17 – Вікно «Knob Control Display Item»

– елемент управління «Командна кнопка (Кнопка меню)» **MENUB**  – для створення командних кнопок у вікні форми відображення, що дозволяють управляти процесом виконання стратегії.

Для елемента керування «Кнопка меню» є можливість реалізації однієї з двох функцій: Action / Display Switch (дія / перемикання вікна форми відображення).

Функція Action (дія) дозволяє обрати одну з наступних операцій при натисканні на кнопку меню: **START** запуск стратегії на виконання, **STOP** завершення виконання стратегії, **PAUSE** припинення виконання стратегії, **RESUME** відновлення виконання після припинення, **CLOSE** завершення

виконання стратегії та завершення сеансу виконавчої середовища Genie.

Вікно налаштування параметрів елементу «Командна кнопка» MENU4 наведено на рис. 3.18.

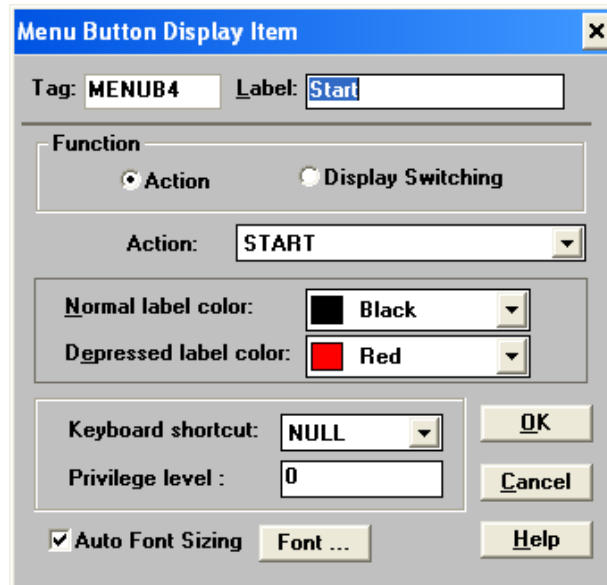



Рисунок 3.18 – Вікно «Menu Button Display Item»

– елемент відображення «Стрілочний індикатор» METER  – представлення інформації від пов'язаного з ним функціонального блоку на графічному аналоговому стрілочному індикаторі (рис. 3.19).

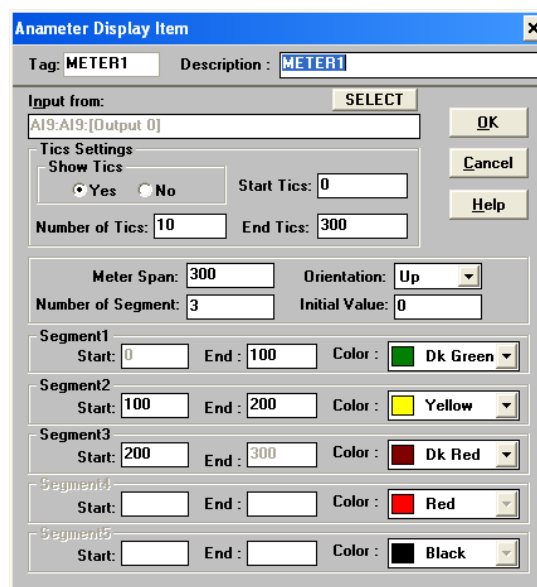



Рисунок 3.19 – Вікно «Anameter Display Item»

Поле «Meter Span» (мінімальний дозвіл) – дозволяє встановити загальну кількість рівнів квантування пов'язаного параметра, що відображаються індикатором.

Поле «Number of Tics» – кількість поділок на індикаторі.

На рис. 3.18 елемент «Стрілочний індикатор» підключено до AI 9 (датчик, що вимірює частоту коливання кристалізатора – цифровий частотомір).

10) Створення звіту з реєстрацією рівня сировини для цього елемент управління «Командна кнопка (Кнопка меню)» MENU  (рис. 3.20).

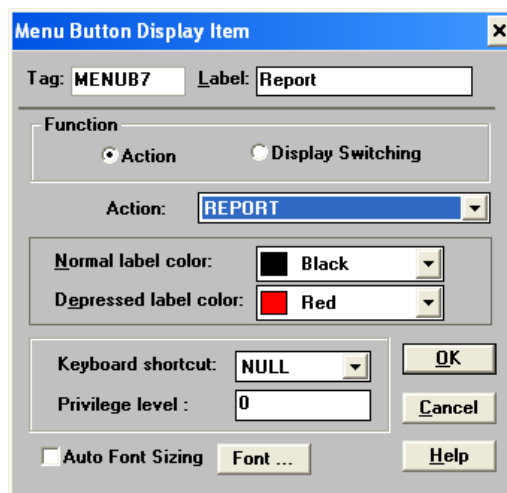
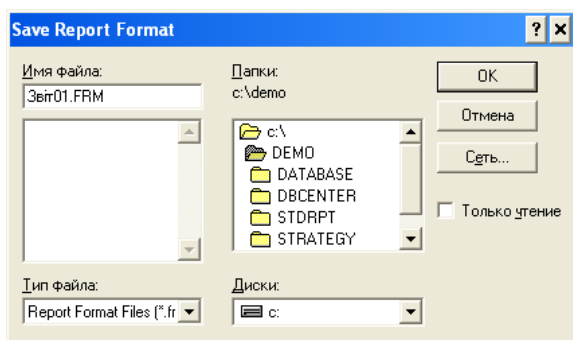
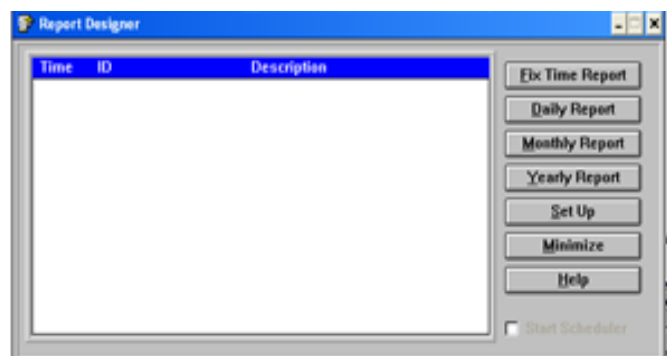


Рисунок 3.20 – Вікно «Menu Button Display Item»

Для реєстрації рівня сировини був створений добовий звіт. Добові звіти розроблені для реалізації добових системних зведень (рис. 3.21, а, б, в).



а)



б)

Рисунок 3.21 – Створення звіту

Daily Report Parameter Configuration

Report ID: 201

Description: Реєстрація сировини

Report Type: Listing Report Formatted Report

File Name: ЗВІТ01.FRM User System

звіт01.frm Звіт про реєстрацію сировини
 звіт01.frm Звіт про реєстрацію сировини
 звіт01.frm Звіт про реєстрацію сировини
 звіт01.frm Звіт про реєстрацію сировини

Print Status: Enable Disable

Report Print Time

Time: : :

в)

Report Format Configuration

Report Comment: Рівень сировини

Header: Рівень сировини

Details:

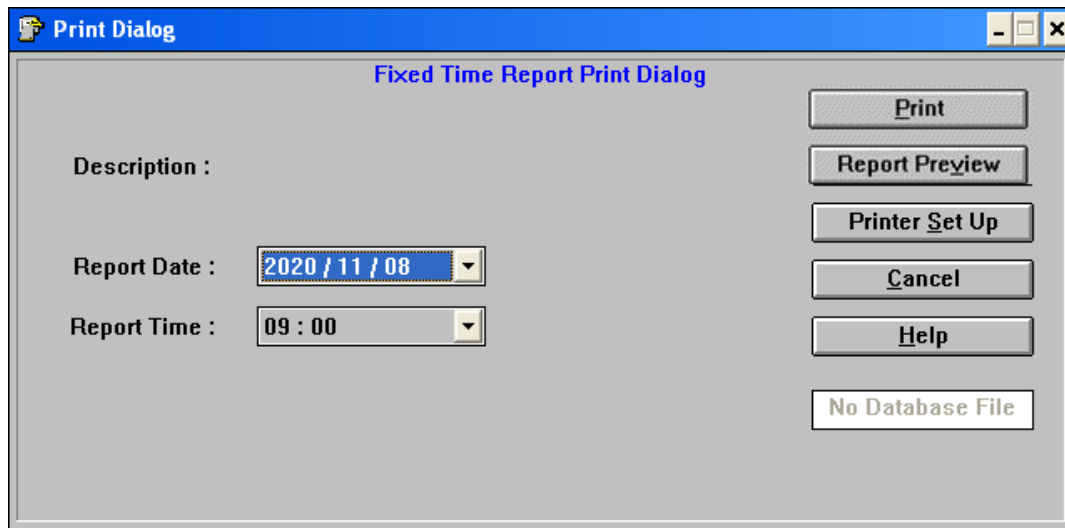
	A	B	C	D
1	Час	г	9:00	12:00
2	Рівень сировини в СТК	мм	\$SAVE[@TASK1#AI[3]]	\$SAVE[@TASK1#AI[3]]
3	Рівень сировини в ПК	мм	\$SAVE[@TASK1#AI[7]]	\$SAVE[@TASK1#AI[7]]
4	Рівень сировини в КР	мм	\$SAVE[@TASK1#AI[11]]	\$SAVE[@TASK1#AI[11]]
5				
6				
7				
8				

Footer: Оператор: Начальник

Buttons: Insert Col, Insert Row, Delete Col, Delete Row, Save As, Cancel, Help

г)

Рисунок 3.21 – Створення звіту



д)

- а) зберігання файлу зі звітом; б) форма для вибору типу звіту;
 в) створені звіти з різними часовим проміжком;
 г) створення конфігурації звіту; д) вибір дати та версії звіту для друку

Рисунок 3.21 – Створення звіту

Запис через спеціальні символи: \$ AVE (середнє значення на заданому каналі функціонального блоку за звітний період) синтаксис: \$AVE(@TASK1#AI[01]).

Кнопка «Configure» призначена для настройки параметрів звіту, обраного в списку діалогової панелі.

Звіт з тим або іншим ідентифікаційним номером (ID) може бути активізований (Enabled) або блокований (Disabled). При блокуванні звіту, виведення його на друк в процесі виконання стратегії виконуватися не буде.

Поле «Start Scheduler» діалогової панелі, реалізоване у вигляді прапорця, дозволяє користувачеві активізувати або блокувати планувальник звітів. Даний прапорець стає доступним тільки під час виконання стратегії.

При установці перемикача в положення «Listing Report» буде генеруватися звіт у вигляді виконуваного файлу, який містить інформацію про зафіксовані аварійні події і формує зведення тривоги. При установці перемикача в положення «Formatted Report» користувач має можливість самостійно

визначити формат генерується звіту.

Друк звіту буде виконано в моменти часу, встановлений в полях редагування з номерами від 1 до 24 в групі параметрів «Report Time».

3.5 Проведення експерименту та порівняння результатів

Для проведення експерименту та подальшого порівняння отриманих результатів було обрано програмне забезпечення (ПЗ), що використовується для управління процесом формоутворення металевих виробів при безперервному розливі. Оскільки таке ПЗ найчастіше знаходиться у закритому доступі, то будемо порівнювати з існуючими модулями моделювання лиття металів.

Перша система, що буде розглянута – АВАХ TubeStar з пакетами модульних рішень автоматизації:

- MouldStar (контроль рівня) (рис. 3.21) [38];
- SprayStar Secondary та Cooling Automation (забезпечує оптимальний термічний профіль заготовки з урахуванням мінливих умов лиття, таких як швидкість, склад стали, перегрів);
- TubeStar (відстежує стан та історію всіх труб кристалізатора, які є найбільш важливим параметром процесу лиття);
- Process Star (відстеження і запис даних процесу; прогноз якості заготовки; звіти по плавці та заготівлі; відстеження терміну служби обладнання).

Тобто, система дозволяє відстежувати і відображати всі необхідні дані для кожної використовуваної прес-форми.

АВАХ MouldStar доступний як автономний пакет і може бути реалізований на будь-якій розливній машині, що має систему ММІ (рис. 3.22).

Користувач вводить поетапно вхідні дані необхідні для стеження за процесом формоутворення, дані можуть бути відображені в звітах.

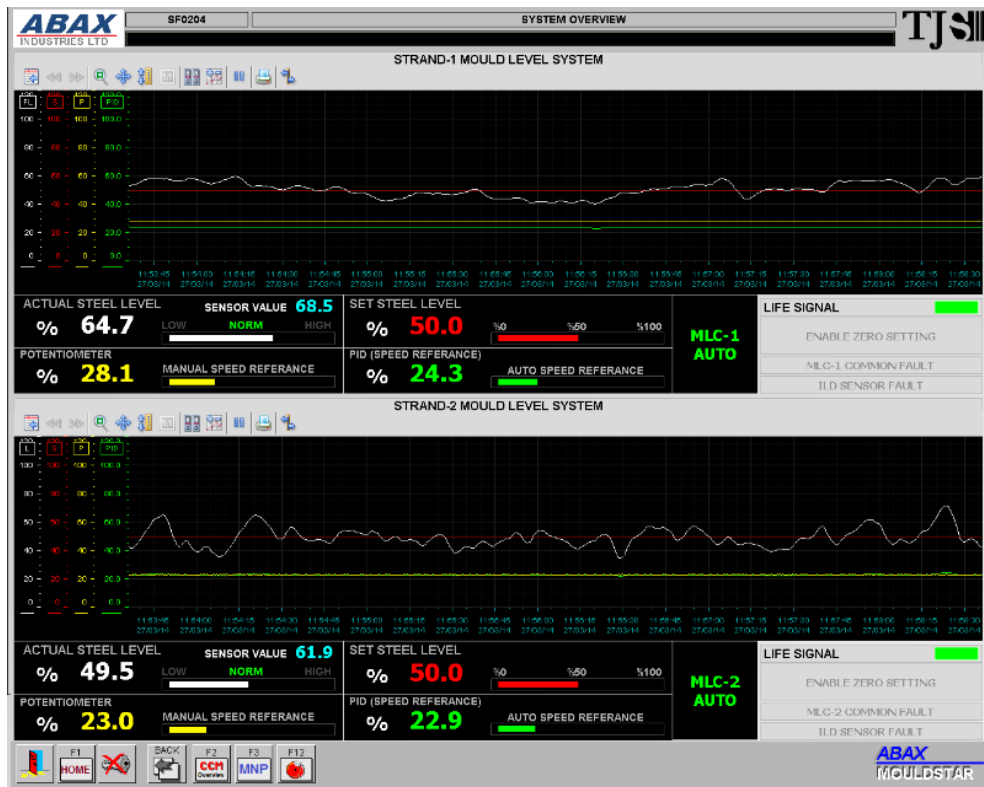


Рисунок 3.22 – Вікно «ABAX MouldStar»

Основні особливості [38]:

- безпечна робота;
- висока стабільність рівня меніска;
- висока експлуатаційна надійність;
- більш проста операція;
- без радіоактивних матеріалів;
- низькі вкладення і обслуговування.

Другою для розгляду буде система Electrical and Automation Systems for Continuous Casting Plants від Ingeteam рис. 3.23 [39]. Ця система також має власні модульні рішення автоматизації:

- MLC – контроль рівня сировини;
- TLC – контроль рівня сталі в розливних машинах;
- MWC – контроль ширини форми;
- контроль розриву – контроль температури прес-форми, прогноз розриву;
- контроль ваги в башті ківшу, розливної візку, продукті;

- вимірювання температури і активності O_2 в рідкій сталі;
- оптимізоване відстеження заготовки до маркувальних машин.



Рисунок 3.23 – Вікно «Ingeteam»

Основні особливості [39]:

- безпечна робота;
- висока експлуатаційна надійність;
- більш проста операція;
- «обширний» контроль і виробничий моніторинг;
- оптимізація технологічних процесів;
- визначення складних математичних моделей.

Для проведення експерименту були використанні вхідні данні з табл. 3.1 для моніторингу за рівня сировини при формоутворенні.

Весь експеримент розподілено на два етапи по яким буде проведено порівняння: перший – введення даних, другий – моніторинг за процесом формування виробу типу сляб.

В якості критерію порівняння будемо рахувати кількість збоїв модуля за три дні.

Таблиця 3.1 – Вхідні данні експериментального дослідження

Характеристика	Значення									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Швидкість розливу, м/хв										
Частота коливання, оборотів в хв	162	163	164	165	165	165	166	164	166	166
Амплітуда коливання, мм	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5
Рівень металу в СТК, мм	2,5	2,5	2,5	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,1
Рівень металу в ПК, мм	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,2	1,3	1,4

Результати досліджень для можна представити у вигляді діаграми рис. 3.24.

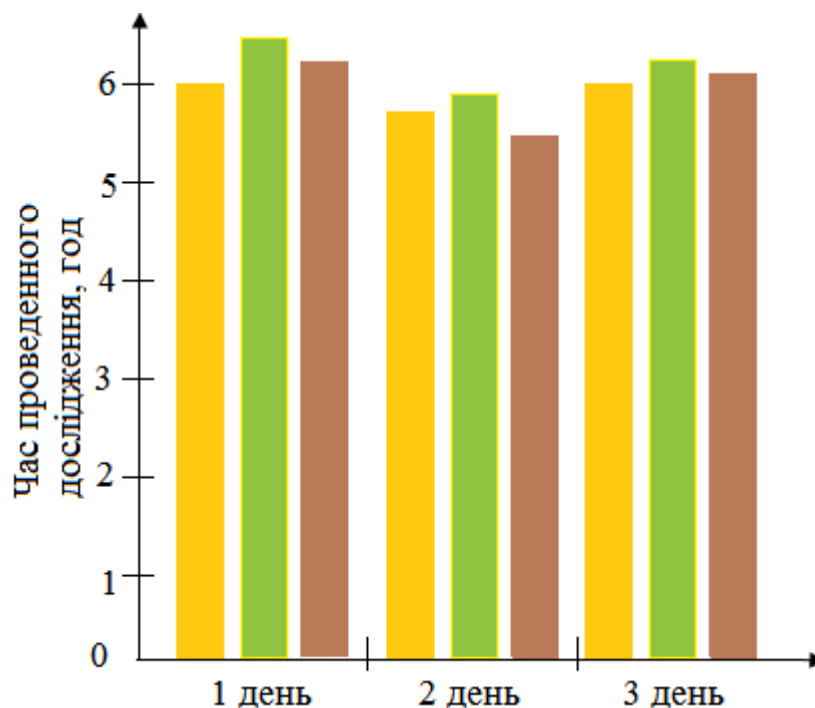


Рисунок 3.24 – Діаграма порівняння середнього часу роботи розробленої системи та аналогів

На рис. 3.23: ■ – MouldStar від АВАХ, ■ – та Electrical and Automation Systems for Continuous Casting Plants від Ingeteam ■ – розроблена система.

В результаті, обрані системи є автономними модулями, вузькоспеціалізовані та розробляються для конкретного типорозміру МБР. Виявлено, що за три дні застосування цих модулів розроблена система «пропрацювала» довше ніж ABAH MouldStar та Electrical and Automation Systems for Continuous Casting Plants від Ingeteam.

3.6 Розрахунок електробезпеки та забезпечення безпечних умов праці

Електроживлення здійснюється від трифазної чотирипровідної мережі з глухим заземленням нейтралі змінною напругою 220/380 В, частотою 50 Гц.

Для забезпечення нормальних умов праці ДСанПиН 3.3.2-007-98 встановлює на одне робоче місце площа виробничого приміщення не менше 6 м², висота приміщення повинна бути не менше 3,2 м, об'єм повітряного простору 20 м³. У даному разі реальна площа на одного працюючого складає 8 м², що відповідає санітарним нормам.

Електричне живлення обладнання здійснюється від трифазної чотирипровідної мережі з глухим заземленням нейтралі напругою 220/380В, частотою 50 Гц.

Захист персоналу від ураження електричним струмом, необхідно здійснювати за допомогою занулення НПАОП 40.1-1.32-01. Для цього з'єднати металеві частини, що не проводять струм, обладнання з нульовим проводом мережі, за допомогою алюмінієвого дроту, переріз якого дорівнює перерізу фазного проводу мережі.

З метою зниження небезпеки ураження людини електричним струмом передбачається використання таких технічних засобів захисту: необхідно проводити контроль ізоляції згідно з вимовами ПУЕ-2011.

Контроль проводити між нульовим і фазним провідниками та між фазами.

Опір ізоляції не менше ніж 500 кОм на фазу. Контроль проводити не рідше ніж 1 раз на рік при вимкненому електроживленні.

При замиканні фази на занулення корпусу електроустановка автоматично вимикається, якщо значення струму однофазного короткого замикання I_{κ} , А, задовольняє умові:

$$I_{\kappa} \geq \kappa \cdot I_{\text{НОМ}}, \quad (3.1)$$

де $I_{\text{НОМ}}$ – номінальний струм плавкої вставки запобіжника або струм спрацьовування автоматичного вимикача, А;

κ – коефіцієнт кратності струму.

Він приймається в залежності від типу захисту електроустановки. Якщо захист здійснюється автоматичним вимикачем, що мають тільки електромагнітний розчіплювач (відсічку), тобто, який спрацьовує без витримки часу, то κ приймається в межах 1,25.

Якщо установка захищена плавкими запобіжниками, час перегорання яких залежить від величини струму, то κ приймають ≥ 3 (у вибухонебезпечних приміщеннях ≥ 4):

$$I_{\kappa 3} = \frac{U_{\phi}}{Z_T / 3 + Z_{\Pi}}, \quad (3.2)$$

де $Z_T / 3$ – повне опір обмоток трансформатора, визначається, виходячи з потужності трансформатора, $Z_T / 3 = 0,226$ Ом;

Z_{Π} – опір петлі «фаза-нуль», $Z_{\Pi} = 0,8$ Ом.

Розрахуємо дійсний струм $I_{\kappa 3}$ за формулою (3.3),

$$I_{\kappa 3} = \frac{220}{0,226 / 3 + 0,8} = 251 \text{ А.}$$

З умови формули (3.1)

$$I_n < \frac{I_{кз}}{k},$$

де $k = 1,25$ – коефіцієнт кратності струму.

$$I_n < \frac{251}{1,25} = 200 \text{ А.}$$

Обираємо автоматичний вимикач АВВ s201 у якого, $I_n = 100 \text{ А}$.

Згідно НАПБ Б.03.002-2007 [40], по вибухово-пожежній і пожежній небезпеці, робоче місце відноситься до категорії В. Ступінь вогнетривкості будівлі згідно ДБН В.1.1.7-2002 – II (стіни та перегородки з цегли, перекриття залізобетонні) [41].

Згідно з ГОСТ 12.1.004-91 [42] пожежна безпека лабораторії забезпечується системами попередження пожежі та протипожежного захисту.

Згідно НАПБ Б.03.001-2004 [43] робоче місце для розробки методу автоматизації проектування ПП для АСК ТПВ обладнано 1 вуглекислотним вогнегасником ВВК-2.

Організаційно-технічні заходи по забезпеченню пожежної безпеки включають в себе наступні пункти:

- інструктаж персоналу по забезпеченню пожежної безпеки;
- нагляд за засобами пожежогасіння;
- розміщення плану евакуації на видному місці.

3.7 Висновки до 3 розділу

В третьому розділі було проведено аналіз найпоширеніших система для автоматизації управління виробництвом: SCADA, Trace Mode, Master SCADA та Genie. Були виявлені їх переваги та недоліки, на основі яких обрано Genie.

Розроблено алгоритм роботи автоматизованої системи для управління і

реєстрації сировини на базі якого побудовано проект в редакторі задач та інтерфейс в редакторі форм.

Детально описано всі блоки та їх налаштування.

В редакторі форм застосовано два типи елементів: відображення («Текстовий рядок», «Індикатор», «Поле виведення тексту за умовою», «Лінійний та цифровий індикатор», «Стрілочний індикатор») та управління («Інкрементний регулятор», «Аналоговий регулятор», «Командна кнопка»).

Створено звіт з інформацією про реєстрацію сировини на стадії формоутворення, який планується виводити на друк у встановлений час.

Було проведено експеримент в якому порівнювалися системи MouldStar від ABAH, Electrical and Automation Systems for Continuous Casting Plants від Ingeteam та розроблена система. В результаті, виявлено, що за три дні застосування цих модулів (в середньому 6 годин напрацювання кожен день) розроблена система «пропрацювала без зупинок» довше ніж аналоги.

Було проведено розрахунок електробезпеки та забезпечення безпечних умов праці, а саме, розрахунок дійсного струму, в результаті, вибрано автоматичний вимикач АВВ s201 у якого, $I_n = 100$ А, який буде використано на робочому місці оператора.

Розроблена система відрізняється від аналогів тим, що можна управляти і температурними режимами, і рівнем сировини в одній системі, а найчастіше в аналогах можна управляти рівнем сировини і швидкістю розливу, а інші параметри в окремих модулях.

ВИСНОВКИ

В першому розділі: проаналізовано особливості процесу формоутворення виробів з металу та їх заготовок; вибрано конкретну групу ВМ – метизні вироби та проведено огляд найпоширеніших виробів та проаналізовано їх характеристики. Таким чином, до основних характеристик відносять матеріал МТЗ та конструкційна особливість. Матеріал МТЗ: латунь, мідь, сталь, алюміній і сплави. Основними параметрами МТЗ є довжина, діаметр, висота, тип різьблення, матеріал та клас міцності.

В другому розділі: вибрано конкретний виріб – гайка та задано їй матеріал типу СтЗсп, бо він має підвищену корозійну стійкість, оптимальне поєднання пружності і твердості, відсутність відпускнуї крихкості; вибрано вид та типорозмір технологічного обладнання для отримання заготовки – однострумкова слябова машина безперервного розливання сталі криволінійного типу, бо вона забезпечує отримання заготовки необхідного розміру та до переваг криволінійних МБР – підвищення якості заготовки (в першу чергу, поверхневих і підповерхневих шарів); розроблено математичну модель, яка може бути в подальшому застосована в нелінійному динамічному спостерігачі стану сировини та взагалі процесу виробництва, що надасть можливість більш точно визначати рівень сировини та значно підвищити якість виробів; на базі розробленої моделі вибрано основні параметри для управління на виробництві заготовок: температура метала в СТК, ПК та КР, частота та амплітуда коливання кристалізатора; положення стопору бо ці параметри впливають на рівень сировини. Миттєві значення частоти, амплітуди і форми коливань визначаються швидкістю розливання металу від якої також залежить рівень сировини, щоб не було переливів чи недоливів.

Вибрані технічні засоби для контролю параметрів на стадії формоутворення заготовок.

Поряд з сучасними технологіями пропонується також впровадження

автоматизованої систем для управління і реєстрації сировини на стадії формоутворення заготовок з металу для забезпечення необхідного рівня якості продукції та стабільності виробництва, що представлено в третьому розділі. Розроблена система заснована на застосуванні локальних PID-регуляторів.

Було проведено декомпозицію складного технологічного процесу на локальні об'єкти-зони: сталерозливного та промківшу, зона первинного охолодження (кристалізатор).

Розроблена система відрізняється від аналогів тим, що можна управляти і температурними режимами, і рівнем сировини в одній системі, а найчастіше в аналогах можна управляти рівнем сировини і швидкістю розливу, а інші параметри в окремих модулях.

Було проведено розрахунок електробезпеки та забезпечення безпечних умов праці, а саме, розрахунок дійсного струму, в результаті, вибрано автоматичний вимикач АВВ s201 у якого, $I_n = 100$ А, який буде використано на робочому місці оператора.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки з «Розробки й оформлення магістерської атестаційної роботи» для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології освітні програми: «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва», «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи» / Упоряд. І.Ш. Невлюдов, В.В. Косенко, В.В. Євсєєв. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 55 с.

2. ДСТУ 3008: 2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. - К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 31 с.

3 Основи наукових досліджень: [навч. посіб.] / І. Ш. Невлюдов, Ю. М. Олександров, А. О. Андрусевич, О. О. Чала. – Кривий Ріг : КК НАУ, 2017. – 344 с.

4. Положення про організацію освітнього процесу в ХНУРЕ [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www/](http://www.nure.ua) URL: <https://nure.ua/polozhennya-pro-organizatsiyu-osvitnogo-protsesu-v-hnure> - 29.08.2019р. – Загл.с екрана.

5. Положення про протидію академічному плагіату в ХНУРЕ [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www/](http://www.nure.ua) URL: https://nure.ua/wp-content/uploads/Main_Docs_NURE/Polozhennya-pro-protidiyu-akademichnomu-plagiatu-v-HNURE----290-vid-28.04.2017.pdf - 29.08.2019р. - Загл. с екрана.

6. Положення про роботу екзаменаційних комісій ХНУРЕ [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www/](http://www.nure.ua) URL: https://nure.ua/wp-content/uploads/Main_Docs_NURE/Polozhennya-pro-poryadok-stvorennya-ta-organizatsiyu-roboti-ekzamenatsiynih-komisiy....pdf - 29.08.2019р. - Загл. с екрана.

7. Положення про авторське право в ХНУРЕ [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www/](http://www.nure.ua) URL: https://nure.ua/wp-content/uploads/Main_Docs_NURE/Polozhennya-pro-avtorske-pravo-v-HNURE.pdf - 29.08.2019 р. – Загл. с екрана.

8. Бородин, К. О. Процесс регулирования и реестрации сировини на виробництві метизних виробів [Текст] / К.О. Бородин // Automation and Development of Electronic Devices. – Х. ХНУРЕ – 2020. – № 2. – с. 21.

9. Невлюдов, І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації. Збірник задач: Навчальний посібник [Текст] / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, Г.В. Пономарьова, А.О. Функендорф. – Кривий Ріг: КК НАУ, 2018. – 332 с.

10. Невлюдов, І.Ш. Автоматизована система керування технологічними процесами в SCADA системі TRACE MODE 6: Навчальний посібник [Текст] / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, В.В. Євсєєв, С.С. Максимова, М.Г. Стародубцев, В.В.Невлюдова. – Кривий Ріг: КК НАУ, 2018. – 316 с.

11. Невлюдов, І.Ш. Автоматичне управління технологічними об'єктами [Текст] / І.Ш. Невлюдов, О.В. Токарева. – Київ: НАУ, 2018. – 200 с.

12. Чукин, В.В. Анализ показателей качества стали 40С2А в процессах производства гнутых пружинных изделий [Текст] / В.В. Чукин, И.Ю. Мезин, И.Г. Гун и др. // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Metallurgy. – Южно-Урал: ЮУрГУ, 2017. – с. 47-51.

13. Производство крепежа (метизов) [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www/ URL: https://to-biz.ru/proizvodstvo-krepezh-metizov/#1](http://www/URL:https://to-biz.ru/proizvodstvo-krepezh-metizov/#1) - 29.08.2020 р. - Загл. с экрана.

14. Оборудование для производства саморезов и шурупов холодным способом [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www/ URL: https://www.metiz.com.tw/cold_punch_screws.htm](http://www/URL:https://www.metiz.com.tw/cold_punch_screws.htm) - 09.09.2020 р. - Загл. с экрана.

15. Габелая, Д. Теплофизические основы технологии непрерывной разливки стали [Текст] / Д. Габелая, З. Кабаков, Ю. Грибкова. М. :Инфра-Инженерия, 2019. - 400 с.

16. Метизы: определение, виды и классификация [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www/ URL: https://uniform-met.ru/articles/metizy-opredelenie-vidy-i-klassifikatsiya](http://www/URL:https://uniform-met.ru/articles/metizy-opredelenie-vidy-i-klassifikatsiya) - 15.04.2020 р. - Загл. с экрана.

17. Виды резьб [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www/ URL:](http://www/URL:)

<https://www.mir-krepega.ru/vidi-rezbi/> - 02.03.2020 г. - Загл. с экрана.

18. Болты и шпильки. Плюсы и минусы средств крепежа в различных ситуациях [Электронный ресурс] / Режим доступа: [www/ URL: <https://krepezhinfo.ru/bolty-i-shpilki-plyusy-i-minusy-sredstv-krepezha-v-razlichnyh-situatsiyah/>](http://www.krepezhinfo.ru/bolty-i-shpilki-plyusy-i-minusy-sredstv-krepezha-v-razlichnyh-situatsiyah/) - 11.09.2020 г. - Загл. с экрана.

19. Общие характеристики метизов [Электронный ресурс] / Режим доступа: [www/ URL: <http://www.elta.dn.ua/obshhie-karakteristiki-metizov.html>](http://www.elta.dn.ua/obshhie-karakteristiki-metizov.html) - 25.08.2020 г. - Загл. с экрана.

20. Strauss, K. Applied science in the casting of metals [Текст] / К. Strauss. – Elsevier, 2013. – 542 с.

21. Куклев, А. В. Практика непрерывной разливки стали [Текст] / А. В. Куклев, А. В. Лейтес. – М.: Metallurgizdat. – 2011. – 428 с.

22. Ячиков, И. М. Непрерывная разливка стали. Расчеты медных кристаллизаторов [Текст] / И. М. Ячиков, В. В. Точилкин, К. Н. Вдовин. – Магнитогорск: Из-во МГТУ. – 2014. – 190 с.

23. Машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) для стали [Электронный ресурс] / Режим доступа: [www/ URL: \[https://uralinduktor.ru/products/mashiny-nepreryvnogo-litya-zagotovok-mnlz/mnlz-mashiny-nepreryvnogo-litya-zagotovok-dlya-stali/?gclid=Cj0KCQjwuL_8BRCXARIsAGiC51DGvT7aZ_z6eqEGBJ3BbyUtJxE1H_BE_dIASv6CWxvgJ_4N6e_JBIoaAkuwEALw_wcB\]\(https://uralinduktor.ru/products/mashiny-nepreryvnogo-litya-zagotovok-mnlz/mnlz-mashiny-nepreryvnogo-litya-zagotovok-dlya-stali/?gclid=Cj0KCQjwuL_8BRCXARIsAGiC51DGvT7aZ_z6eqEGBJ3BbyUtJxE1H_BE_dIASv6CWxvgJ_4N6e_JBIoaAkuwEALw_wcB\)](https://uralinduktor.ru/products/mashiny-nepreryvnogo-litya-zagotovok-mnlz/mnlz-mashiny-nepreryvnogo-litya-zagotovok-dlya-stali/?gclid=Cj0KCQjwuL_8BRCXARIsAGiC51DGvT7aZ_z6eqEGBJ3BbyUtJxE1H_BE_dIASv6CWxvgJ_4N6e_JBIoaAkuwEALw_wcB) - 22.05.2019 г. - Загл. с экрана.

24. Вдовин, К. Н. Непрерывная разливка стали [Текст] / К. Н. Вдовин, В. В. Точилкин, И. М. Ячиков. – Магнитогорск: Из-во МГТУ. – 2012. – 540 с.

25. Кривоносов, В. А., Повышение точности оценки уровней металла в стальковше и промковше МНЛЗ с использованием нелинейного наблюдателя состояния [Текст] / В.А. Кривоносов, А.С. Митин // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2010. – Т. 6. – №. 4. – с. 26-30.

26. Шаповалов, А. Н. Расчет параметров непрерывной разливки стали

[Текст] / А. Н. Шаповалов. – Новотроицк: НФ НИТУ «МИСиС», 2013. – 56 с.

27. Бреславский, Д. В. Управление качеством непрерывно литых заготовок [Текст] / Д. В. Бреславский, О. Н. Хорошилов, О. И. Пономаренко. // Вісник ДДМА. – 2010. – № 3. – С. 41 – 46.

28. Маркин, Н.С. Основы теории обработки результатов измерений [Текст] / Н.С. Маркин. – М.: Высшая школа. – 1991. – 173 с.

29. Роцин, В.Е. Электрометаллургия и металлургия стали: учебник [Текст] / В.Е. Роцин, А.В. Роцин. – 4-е изд., перераб. и доп. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ. – 2013. – 572 с.

30. Кангин, В. Разработка SCADA-систем [Текст] / В. Кангин, М. Кангин, Д. Ямолдинов. – М.: Инфра-Инженерия. – 2019. – 564 с.

31. Елизаров, И.А. Интегрированные системы проектирования и управления. SCADA-системы [Текст] / И.А. Елизаров и др. – Тамбов: ФГБОУ ВПО «ТГТУ» – 2015. – 160 с.

32. Зарипова, Р.С. Место SCADA-пакетов как составной части информационных технологий в учебной подготовке инженеров [Текст] / Р.С. Зарипова // Будущее машиностроения России. – 2017. – С. 616-618.

33. Пользовательский интерфейс, SCADA-пакеты [Электронный ресурс] / Режим доступа: [www/ URL: https://www.bookasutp.ru/chapter9_4.aspx](http://www/URL:https://www.bookasutp.ru/chapter9_4.aspx) - 12.06.2018 г. - Загл. с экрана.

34. Look, B.G. Handbook of SCADA/control systems security [Текст] / B.G. Look – CRC Press. – 2016. – 389 p.

35. Thomas, M.S., Power system SCADA and smart grids [Текст] / M.S. Thomas, J.D. McDonald – CRC press. – 2017. – 299 p.

36. Аблин, И. Е. SCADA-системы в диспетчеризации зданий [Текст] / И. Е. Аблин // Автоматизация в промышленности. – 2009. – №10. – С. 52 – 54.

37. Швецов, Д. SCADA-система GENESIS32 в сквозной автоматизации производства [Текст] / Д. Швецов // ИСУП. – 2007. – №4(16). – С. 28 – 30.

38. Automation Systems [Электронный ресурс] / Режим доступа: [www/ URL: http://www.abax.com.tr/automation-systems/](http://www.abax.com.tr/automation-systems/) - 10.05.2018 г. - Загл. с экрана.

39. Automation Ingeteam [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www/URL: https://www.ingeteam.cz/en/products/automation](http://www.ingeteam.cz/en/products/automation) - 15.06.2020 р. - Загл. с екрана.

40. ПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою [Текст]. – Введ. 2007.12.03. – К.: Министерство по вопросам чрезвычайных ситуаций, 2007.

41. ДБН В.1.1.7-2002. Защита от пожара. Пожарная безопасность объектов строительства [Текст]. – Введ. 2002.05.01. – К.: Госбуд Украины, 2002.

42. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования [Текст]. – Введ. 1991.07.01. – К.: МВС СРСР, 1991.

43. НАПБ Б.03.001-2004. Типові норми належності вогнегасників [Текст]. – Введ. 2004.04.02. – К.: Министерство по вопросам чрезвычайных ситуаций, 2004.