

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістр

Освітній рівень

Метод автоматизованого керування установкою безперервного розливу

Назва теми

КВРАКІТР.2023200.02.06 ПЗ

Галузь знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»

Шифр, назва

Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»

Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»

Назва

Виконав:

студент ІІ курсу, група АКІТРм-23-2

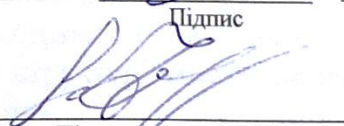


Підпис

Владислав КРИЧКІВСЬКИЙ

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник

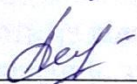


Підпис, дата

Юрій ФОРКУН

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер

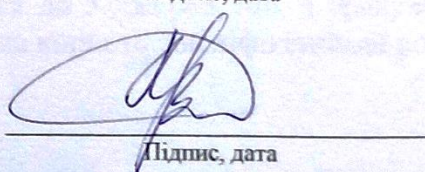


Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри АКІТтаР



Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

« 13 » грудня 2024 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації

Спеціальність 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

Освітня програма Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКІТтаР

Валерій МАРТИНЮК

01 вересня 2024р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ Кричківському Владиславу Володимировичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи Метод автоматизованого керування установкою безперервного розливу

Керівник роботи Форкун Юрій Вікторович, к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 26.08.2024 р. №60

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 02.12.2024р.





3 Вихідні дані до роботи Аналіз існуючих методів виготовлення сталі. Розробка алгоритмічного та програмного забезпечення

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. Аналіз технологічного процесу безперервного розливу. Модель процесу безперервного розливу сталі. Розробка системи управління для установки безперервного розливу. Розробка SCADA-системи керування. Висновки

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
презентаційні матеріали (слайди)

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКІТтаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКІТтаР		

7 Дата видачі завдання 01 вересня 2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів дипломної роботи	Примітка
1	Вступ	10.09.2024р.	Виконано
2	Огляд літературних джерел та патентних даних	25.09.2024р.	Виконано
3	Огляд існуючих методів виготовлення сталі	15.10.2024р.	Виконано
4	Алгоритмічне проектування	30.10.2024р.	Виконано
5	Розробка програмного забезпечення	10.11.2024р.	Виконано
6	Висновки	15.11.2024р.	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки до ДР	20.11.2024р.	Виконано
7	Оформлення презентаційних матеріалів	1.12.2024р.	Виконано

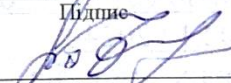
Студент


Підпис

Владислав КРИЧКІВСЬКИЙ

Ім'я, прізвище

Керівник роботи


Підпис

Юрій ФОРКУН

Ім'я, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Метод автоматизованого керування установкою безперервного розливу».

Автор роботи: Кричківський Владислав Володимирович.

Керівник роботи: Форкун Юрій Вікторович, к.т.н., доцент

Пояснювальна записка: 87 с., 62 рис., 8 табл., 1 дод., 71джерел.

Графічна частина: 13 презентаційних слайдів.

Ключові слова: ПРОЦЕС, БЕЗПЕРЕРВНИЙ РОЗЛИВ СТАЛЬ, УПРАВЛІННЯ, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА.

Мета роботи: є забезпечення стабільності та безпеки безперервного розливання сталі, а також підвищення якості одержуваних заготовок та довговічності обладнання.

В ході роботи проаналізовано безперервний процес розливу та його пристрої, визначено технічне забезпечення процесу регулювання основних параметрів. Розраховано параметри безперервної заливки.

На основі досліджень розроблено автоматизовану систему керування пристроєм безперервного розливу.



Підпис студента

02.12.24

Дата

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ.....	4
ВСТУП.....	5
1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ БЕЗПЕРЕРВНОГО РОЗЛИВУ.....	7
1.1 Дослідження процесу безперервного розливу сталі.....	7
1.2 Дослідження установки безперервного розливу	13
1.3 Фактори забезпечення якості заготовки під час безперервного лиття....	18
1.4 Технічні засоби для контролю параметрів розливу	24
1.5 Постановка задач досліджень	27
1.6 Висновки до першого розділу	28
2 МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ БЕЗПЕРЕРВНОГО РОЗЛИВУ СТАЛІ	30
2.1 Обрання виду та типорозмірів машин безперервного розливу	30
2.2 Параметрична модель устаткування безперервного лиття	33
2.3 Вибір параметрів керування для установки безперервного розливу	36
2.4 Визначення значень параметрів безперервного розливу	38
2.5 Висновки до другого розділу.....	42
3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДЛЯ УСТАНОВКИ БЕЗПЕРЕРВНОГО РОЗЛИВУ	43
3.1 Вибір середовища для розробки системи управління для установки безперервного розливу.....	43
3.2 Розробка алгоритму роботи системи управління для установки безперервного розливу.....	46
3.3 Висновки до третього розділу	49
4 Розробка SCADA-системи керування.....	50
4.1 Створення елементів установки безперервного розливу в TraceMode ...	50
4.2 Розробка інтерфейсу користувача системи управління	63
4.3 Експериментальне дослідження впливу отриманих параметрів за допомогою повного факторного експерименту	74

	3
4.4 Висновки до четвертого розділу.....	76
ВИСНОВКИ	78
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	80
ДОДАТКИ	Помилка! Закладку не визначено.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

АСУ ТП – автоматизована система управління технологічними процесами;

БЛ – безперервне розливу;

ГЕ – графічний елемент;

ЗВО – зона вторинного охолодження;

МБЛ – машини безперервного розливу;

ШОС – шлакообразуюча суміш;

ТМ – Trace mode.

ВСТУП

Сьогодні автоматизовані системи керування безперервним розливом (CL) швидко розвиваються, оскільки процес масового виробництва металевих виробів/виливків у ливарних цехах давно застарів і наближається «фаза безперервного розливу». Цей процес виготовлення виробів/виливків підходить для кольорових металів і сталі.

Процес безперервної розливки полягає в безперервному заливанні розплаву в кристалізатор, а загартована вилівка в ньому безперервно витягується, як правило, вертикально вниз.

За допомогою безперервного розливу можна:

- скоротити цикл металургійного виробництва;
- отримати вилівків необмеженої довжини і бажаного перетину;
- покращити якості вилівків за рахунок їх високої однорідності, що зменшить технічні відходи при подальшій обробці тиском, а також зменшить розкид технічних параметрів;
- поліпшити якості поверхні вилівків.

Основною технічною проблемою горизонтального лиття є запобігання поверхневим тріщинам і руйнуванню лиття, викликаним тертям об форму. Графіт, який використовується в кристалізаторах, повинен відповідати суворим вимогам, таким як щільність, міцність і стабільність. Нові технічні прийоми сприяють підвищенню якості БЛ.

Крім розробки кристалізатора і підтримки процесу безперервного лиття, дуже важливий і процес управління цехом безперервного лиття, оскільки від цього безпосередньо залежить один з основних параметрів литва - якість.

Тобто необхідний грамотний менеджмент, який дозволить своєчасно та достовірно визначити фактори ризику.

Шляхи вирішення проблеми підвищення ефективності управління безперервним литтям литва досліджуються і сьогодні, оскільки використання нової техніки, технологій і методів виробничої діяльності завжди призводить до принципових змін у змісті праці. По-перше, необхідно забезпечити безперебійність системи безперервного заповнення, обслуговування та

налагодження обладнання.

Тоді необхідно вирішити проблему усадки виливка, що не відповідає параметрам налаштування, таким як конусність (тип стінки) кристалізатора та розчин опорного ролика, що призводить до утворення ряду дефектів. Також необхідно постійно керувати параметрами самого процесу БЛ. Все це впливає на придбання якісних виливків, що робить вирішення проблем управління особливо актуальним.

Метою роботи є забезпечення стабільності та безпеки безперервного розливання сталі МБЛ, а також підвищення якості одержуваних заготовок та довговічності обладнання.

Об'єкт дослідження – процес керування установкою безперервного розливу.

Предмет дослідження – метод керування машиною безперервного лиття.

Методи дослідження – теорія множин, теорія автоматичного керування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- аналіз безперервних процесів розливу;
- аналіз установок безперервного розливу;
- дослідження факторів, що впливають на якість заготовок у процесі безперервного лиття;
- розробка алгоритмів автоматизованих систем керування на цехах безперервного розливу;
- розробка автоматизованої системи управління установкою;
- провести експериментальні дослідження створеної системи управління.

Наукова новизна розроблена система керування, яка контролює наступні параметри: швидкість розливу, частоту та амплітуду коливань, рівень металу в кристалізаторі та положення запірної арматури кристалізатора

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ БЕЗПЕРЕРВНОГО РОЗЛИВУ

1.1 Дослідження процесу безперервного розливу сталі

Безперервна розливка – це складний нестационарний процес із набором взаємозалежних вхідних і вихідних параметрів, який характеризується створенням температурних деформацій виливка [8].

Процес безперервної розливки полягає в наступному: розплавлений метал з металоприймача / проходить через графітове сопло в водоохолоджуваній кристалізатор і застигає у вигляді виливка, який витягується спеціальним обладнанням.

Є багато різних методів БЛ, якщо під час заливки виходять довгі зліпки, розріжте їх на заготовки потрібної довжини - виходять різноманітні зліпки. Зазвичай цим способом отримують виливки з чавуну, міді, алюмінію та інших сплавів. Виливки, отримані цим методом, не містять неметалічних включень, усадочних раковин і пористості, які викликані спрямованим затвердінням сплаву.

«Безперервне розливання скорочує тривалість циклу металургійного виробництва і значно підвищує якість виливків. Ефективність безперервного розливу найбільш повно підвищується при поєднанні безперервного розливу і прокатки в одному агрегаті» [8, 9].

Розглянемо традиційні методи безперервного розливу:

1. Кристалізатор.

Ключовим фактором оцінки якості слябів є точне положення меніска у формі та його рух.

Границя розділу рівня кристалізатора (тобто між твердим ливарним флюсом і рідким шлаком) була визначена радіометричними вимірюваннями.

Реальний рівень рідини сталі в кристалізаторі контролюють вихровим методом.

Щоб виключити поверхневі дефекти, процес заливки слід відрегулювати таким чином, щоб висота меніска залишалася приблизно постійною і не змінювалася значних коливань.

Висота меніска істотно змінюється в залежності від співвідношення добавок ливарного флюсу, шлаку, що утворюється внаслідок плавлення ливарного порошку, і витрати шлаку, що використовується для змащування рухомої заготовки.

Вібрація кристалізатора при заданій амплітуді є фактором - якість поверхні заготовки БЛ і безпеку процесу розливу.

2. Напрямок потоку розчину.

Інструкції щодо потокового передавання є ключовими. Відхилення положення ролика від заданого положення може викликати неконтрольоване переміщення заготовки з незагартованим стрижнем, створюючи поверхневі або внутрішні дефекти.

На початку кожного робочого циклу використовується спеціальний пристрій для управління направляючим роликом.

Датчики, встановлені на насінні, визначають положення кожної пари напрямних роликів у новому циклі, надаючи вимірювання, які дозволяють безперервно контролювати налаштування обладнання.

Будь-які зміни відстані між валками негайно виявляються, візуалізуються та можуть бути скориговані, іноді навіть під час поточних операцій розливу.

3. Охолодити. При охолодженні і гартуванні сталь проходить кілька зон зниженої пластичності.

У високотемпературному діапазоні зона мінімального стиснення знаходиться в діапазоні температур від 900 до 700 0С, тобто в цьому діапазоні слід уникати будь-якої деформації плити, оскільки напруги, що виникають при цьому, залишаються некомпенсованими і можуть призвести до появи тріщин. [11].

Різні види сталі мають різні методи охолодження. Так, наприклад, для суперперитектичних сталей (сплавів з вмістом титану більше 0,15%) їх

охолоджують методом «жорсткого» охолодження, при якому температура поверхні заготовки БЛ підтримується нижче зона мінімальної пластичності (нижче 700°C) [12].

Мікролегована сталь охолоджується в «м'якому» режимі, коли температура поверхні вище пластичного мінімуму (тобто вище приблизно 900 0C). Індикатори тріщиноутворення наведені на рисунку 1. 1.1, вказуючи на те, що згадане вище зменшення тріщиноутворення в кутах заготовки в основному відбувається при охолодженні суперперитектичної сталі в «жорсткому» режимі.

Перитектичні сталі (сплави, що містять менше 0,15% титану).

Порівняння індексу тріщиноутворення перитектичної та суперперитектичної сталі при різних методах охолодження 1.1 [13].

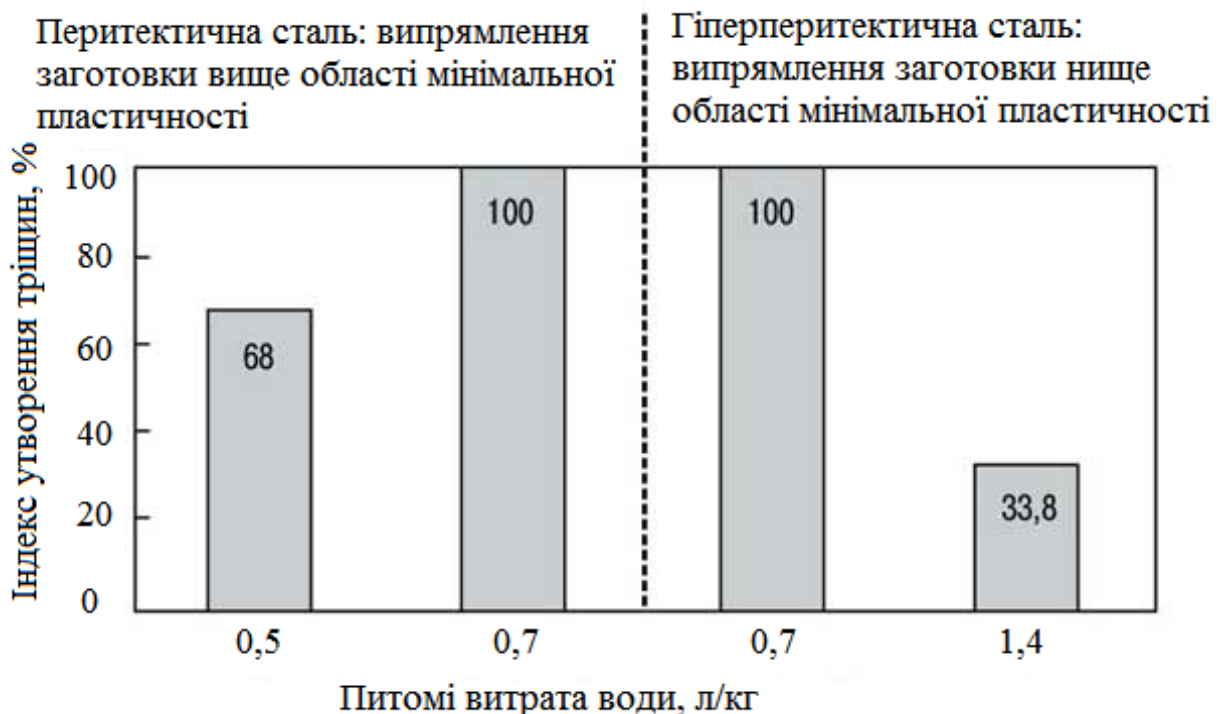


Рисунок 1.1 – Порівняння індексів тріщиноутворення перитектичної та гіперперитектичної сталей за різних режимів охолодження

Для забезпечення рівномірного розподілу температури по ширині плити і отримання заданої температури на її поверхні, особливо в кутових зонах, необхідно створити певні умови для вторинного охолодження.

Тому на сучасних МБЛ певні сопла можна вибірково відкривати або закривати в залежності від ширини плити [14].

На рисунку 1.2 наведено схему технологічної лінії криволінійної МБЛ. Процес БЛ складається з наступних етапів. Після початку розливу ківш 1 з розплавленою сталлю 2 встановлюється на розливний стіл 3. Далі сталь надходить у проміжний ковш 4 і попередньо нагрівається до температури 1100-1150 °С [10]. Проміжний ковш продовжується заповнення рідким металом до досягнення проектного рівня (700 мм). Після того, як метал у ковші досягне заданого рівня рідини, ківш розгерметизують за допомогою зануреного стакана (рис. 1.2) 5 і маслоохолоджуваного кристалізатора (рис. 1.2) 6, в якому відбувається початкове формування сляба, яка починає заповнюватися рідким металом. Сляби — це напівфабрикати (товсті заготовки прямокутного перетину), що виготовляються прокаткою.

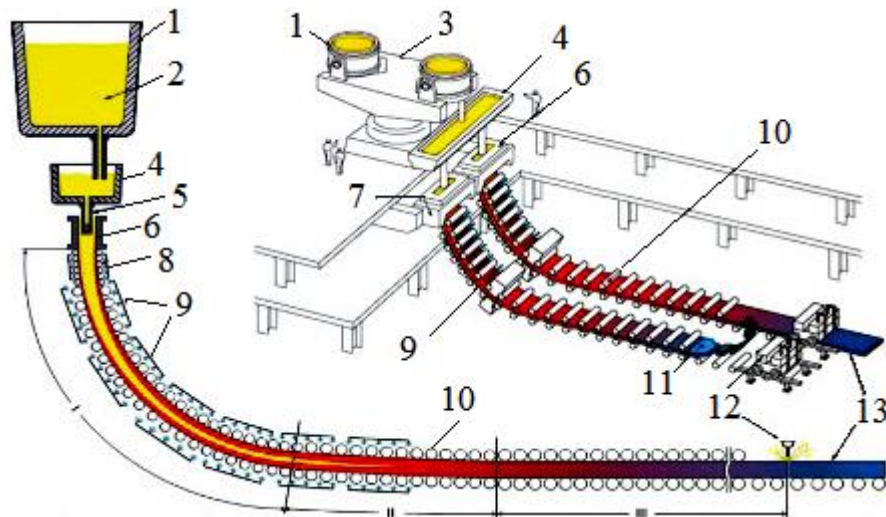


Рисунок 1.2 – Схема технологічної лінії криволінійної МБЛ, де 1 – розливний ківш; 2 – рідка сталь; 3 – поворотний стелд; 4 – проміжний ківш; 5 – погрузна склянка; 6 – водоохолоджений кристалізатор; 7 – механізм гойдання кристалізатора; 8 – підтримуюча система; 9 – форсунки зони вторинного охолодження; 10 – ролики; 11 – запал; 12 – газорезка; 13 – готовий сляб

Під час заповнення кристалізатора шлак наноситься на меніск металу за допомогою шлакоутворюючої суміші (ШОС) і відкривається механізм повороту кристалізатора 7. Метал виходить з кристалізатора і через опорну систему потрапляє в зону валків радіального перерізу зони вторинного охолодження 8. Це запобігає розширенню кірки у всьому об'ємі загартованої заготовки за рахунок статичного заліза. тиску, забезпечуючи його рух і за допомогою форсунки додатково охолоджується 9 .

Під час руху насіння 11 заготовка автоматично відкривається послідовно під охолоджувальною частиною сопла.

При литті на машині безперервного криволінійного лиття (МБЛ) заготовка охолоджується різними потоками води вздовж малого і великого радіусів технологічної лінії, щоб мінімізувати необґрунтовані температури поперечного перерізу плити.

Після того, як сляб залишає роликову секцію радіальної секції вторинного охолодження, він потрапляє в роликову секцію кривої секції, далі охолоджується водою та поступово розширюється, і, нарешті, виходить до роликової секції горизонтальної секції секції вторинного охолодження. Зона охолодження (ЗВО) 10 [12].

Після виходу з ЗВО сляби транспортуються за допомогою роликового конвеєра до зони газового різання 12, де вони розрізаються на виміряну «довжину» 13 відповідно до вимог.

При звичайній схемі безперервного лиття можна отримати циліндричні виливки діаметром від 70 ... 80 мм до 1000 ... 1200 мм (алюмінієві сплави) і до 500 мм (мідні сплави).

Безперервний і напівбезперервний розлив здійснюється на спеціальних, дорогих і великогабаритних установках (площина площею десятки квадратних метрів і висотою більше 20 м). Основною частиною установки напівбезперервного розливу є рухомий стіл, на якому розміщуються литі («витяжні») відливки. Для малих перерізів (діаметр 100 ... 300 мм) на столі (рис. 1.2) розміщують і відливають одночасно 15 і більше виливків» [10].

Далі сляби подають з потоку в пучках по два в роликові візки або спеціальні збірники (якщо роликові візки виконують технічні операції в інших зонах). Потім сляби переміщуються на зручний транспортний роликовий конвеєр складу слябів.

Час, необхідний для транспортування пачки плит від роликового візка до станції перевантаження, становить 10 хвилин.

Таким чином, технологія сталі БЛ дозволяє отримувати виливки (заготовки злитків), які згодом використовуються для прокатки, пресування або кування, формуючи метал, коли він потрапляє на одну сторону так званого прес-форми, одночасно видаляючи його з частково загартованою частиною заготовки з іншої сторони.

Після розливу розплав піддається інтенсивному охолодженню, в результаті чого відбувається спрямована кристалізація, що супроводжується зменшенням неоднорідності матеріалу і кількості в ньому газових і неметалічних включень.

Розплав безперервно подається безпосередньо до кристалізованої виливки (точніше, у її верхню частину), а також подається фронт зростаючого кристала, що впливає на усунення дефектів осадження, таких як оболонки, пористість і пори.

Тобто безперервний розлив використовується для забезпечення можливості постійної подачі та спрямованої кристалізації виливка.

За допомогою аналізу було встановлено, що для отримання стабільного безперервного процесу розливання сталі необхідно виконати наступні основні умови:

- робота МБЛ повністю механізована та автоматизована;
- метал рівномірно розподіляється при подачі в кристалізатор;
- симетричність кристалізації та формування структури заготовки;
- охолодження у вторинній зоні охолодження завершено.

1.2 Дослідження установки безперервного розливу

Розглянемо можливість використання машини для безперервного заповнення пустих місць.

В даний час заготовки МБЛ поділяються на три типи відповідно до методів формування: вертикальні - з вигнутими зливками та радіальні (вигнуті) особливості. 1.3, а, б.

У всіх типах МБЛ метал зі сталеливарного ковша потрапляє в проміжний ковш, звідки потрапляє в мідний водоохолоджуваній кристалізатор. Використовують також мідні кристалізатори, внутрішні поверхні яких електролітично покривають нікелем [14].

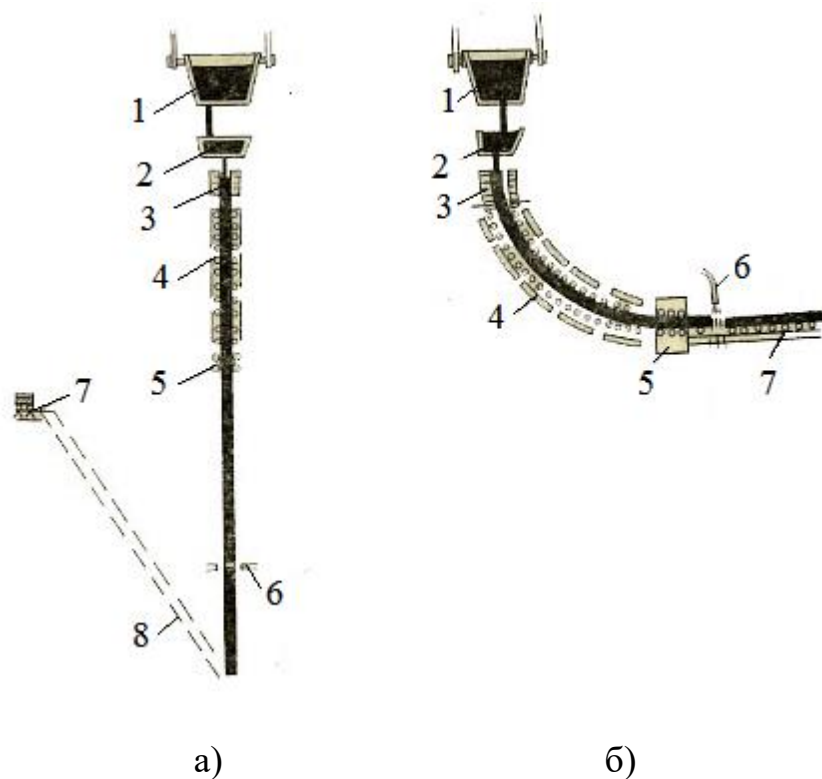


Рисунок 1.3 – Машини безперервного розливу заготовок: а) вертикальна МБЛ;
б) радіальна МБЛ

Вертикальна машина безперервного розливу МС-LX8 (рисунок 1.4).

Машина МС-LX8 високопродуктивна та економічна. Він простий в управлінні, що дозволяє отримати потрібний вид начинки в найкоротші

терміни.

Герметична плавильна камера захищена інертним газом (аргоном або азотом).

Ця машина може відливати золото, срібло, смугасті та інші профілі, круглі прутки, квадратні прутки, круглі труби та інші профілі з високою продуктивністю та коротким часом.



Рисунок 1.4 – Вертикальна установка безперервного розливу MC-LX8

Високопродуктивний унікальний хвильовий індукційний нагрів сприяє рівномірному плавленню металу, одночасно збільшуючи продуктивність і швидкість заливки.

Детальні параметри вертикальної машини безперервного наповнення MC-LX8 наведені в таблиці. 1.1.

Таблиця 1.1 – Параметри вертикальної машини безперервного розливу МС-LX8

Параметр	Значення
напруга трифазна	380 В \pm 20%
потужність на виході	10 кВт
потужність на вході	12 кВт
частота	1 кГц-25 КГц
метод охолодження	вода

Діапазон використання залежить від тигля (ємності з вогнетривкого матеріалу для плавлення металу), обсягу індукційної котушки.

Горизонтальна машина безперервного розливу, її кристалізатор показаний на рисунку 1.5.

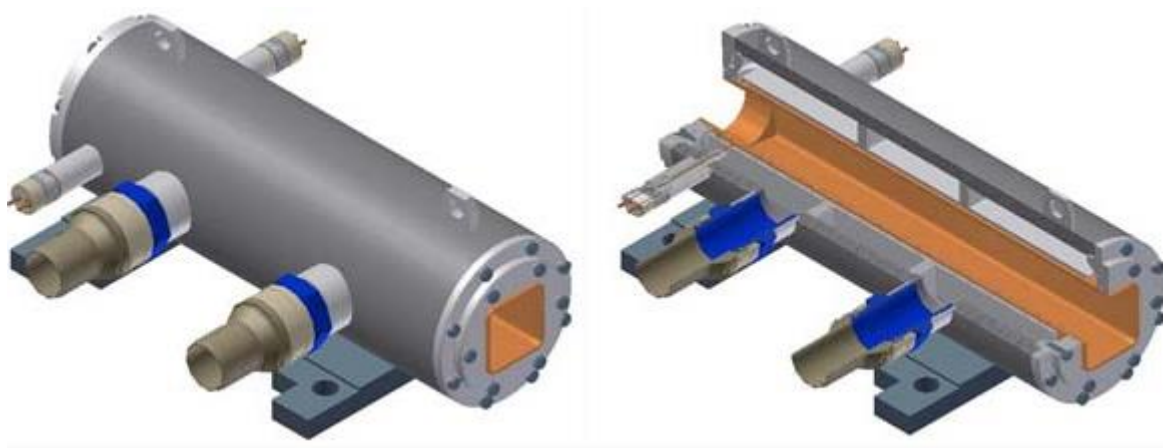


Рисунок 1.5 – Кристалізатор МБЛ горизонтального типу

В якості прикладу в таблиці 1.2 наведені характеристики горизонтальної машини безперервного розливу фірми "SEW" (Германія).

Таблиця 1.2 – Параметри горизонтальної машини безперервного розливу

Місце встановлення	"SEW"
перетин заготовки, мм	Ø80...360
число струмків	1...6
швидкість розливу, м/хв.	до 2-х
спосіб розливу	"плавка на плавку" серіями до 8 годин
марки сталей	низько- та високолеговані
Розміри, м	
довжина	86
ширина	35
висота	8.1
продуктивність, т/год.	15...60
сталеплавильне обладнання	ДСП 45т, "піч-ковш"

Горизонтальна машина безперервного розливу має мінімальну конструктивну висоту, тому її можна розмістити в існуючих цехах і спрощує встановлення та обслуговування обладнання, розташованого на виробничій лінії.

При переливанні металу з приймача металу в кристалізатор вторинного окислення не відбувається. Ця перевага дає можливість відливати високоякісні високолеговані сталі на горизонтальних машинах [15].

Приклад горизонтальної машини безперервного розливу показаний на рисунку 1.6 [16].

На рис. 1.6 елемент: 1 – блок металоприймач-кристалізатор; 2 – зона вторинного охолодження; 3 – тянуча кліть; 4 – пристрій порізки заготовок; 5 – проміжний рольганг; 6 – приводний рольганг; 7 – холодильник; 8 – редуктор з серводвигуном.

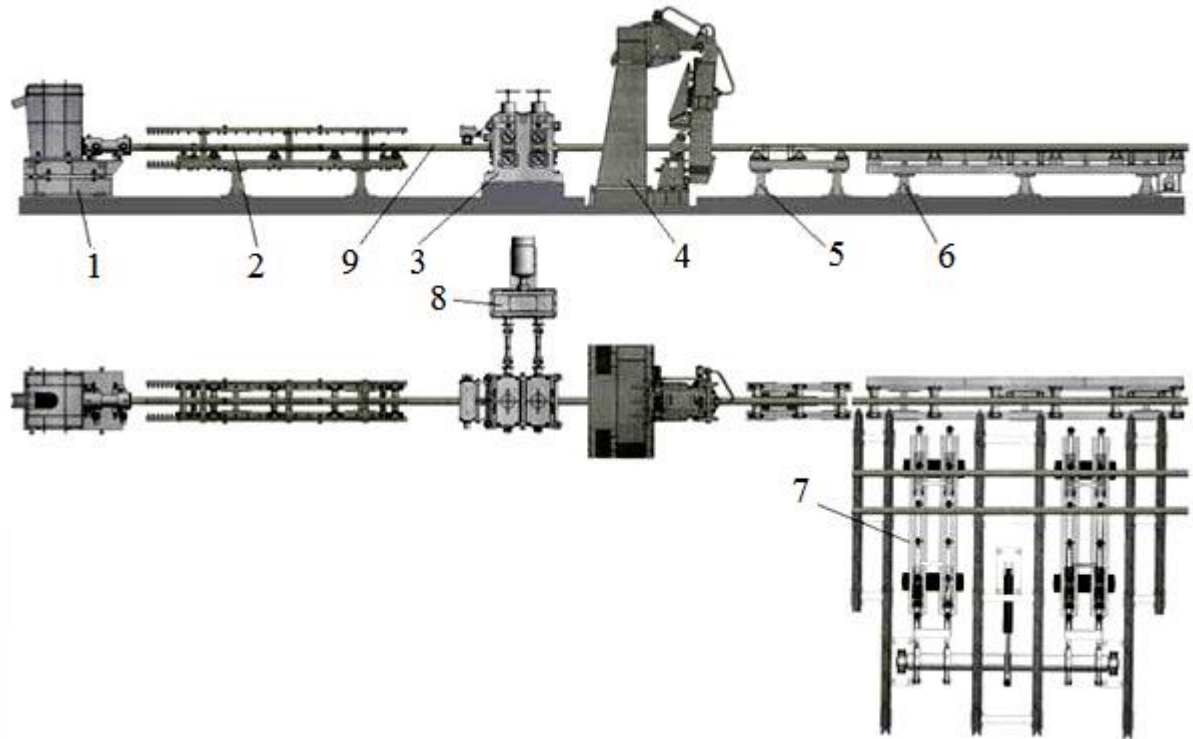


Рисунок 1.6 – Схема машини горизонтального безперервного розливу

Приклад установки розливу на експериментальній МБЛ горизонтального типу наведено на рис. 1.7 [16].



Рисунок 1.7 – Установки розливу експериментального МБЛ горизонтального типу

На рис. 1.8 представлені варіанти використання машини горизонтального розливу на мікро-металургійних виробництвах.

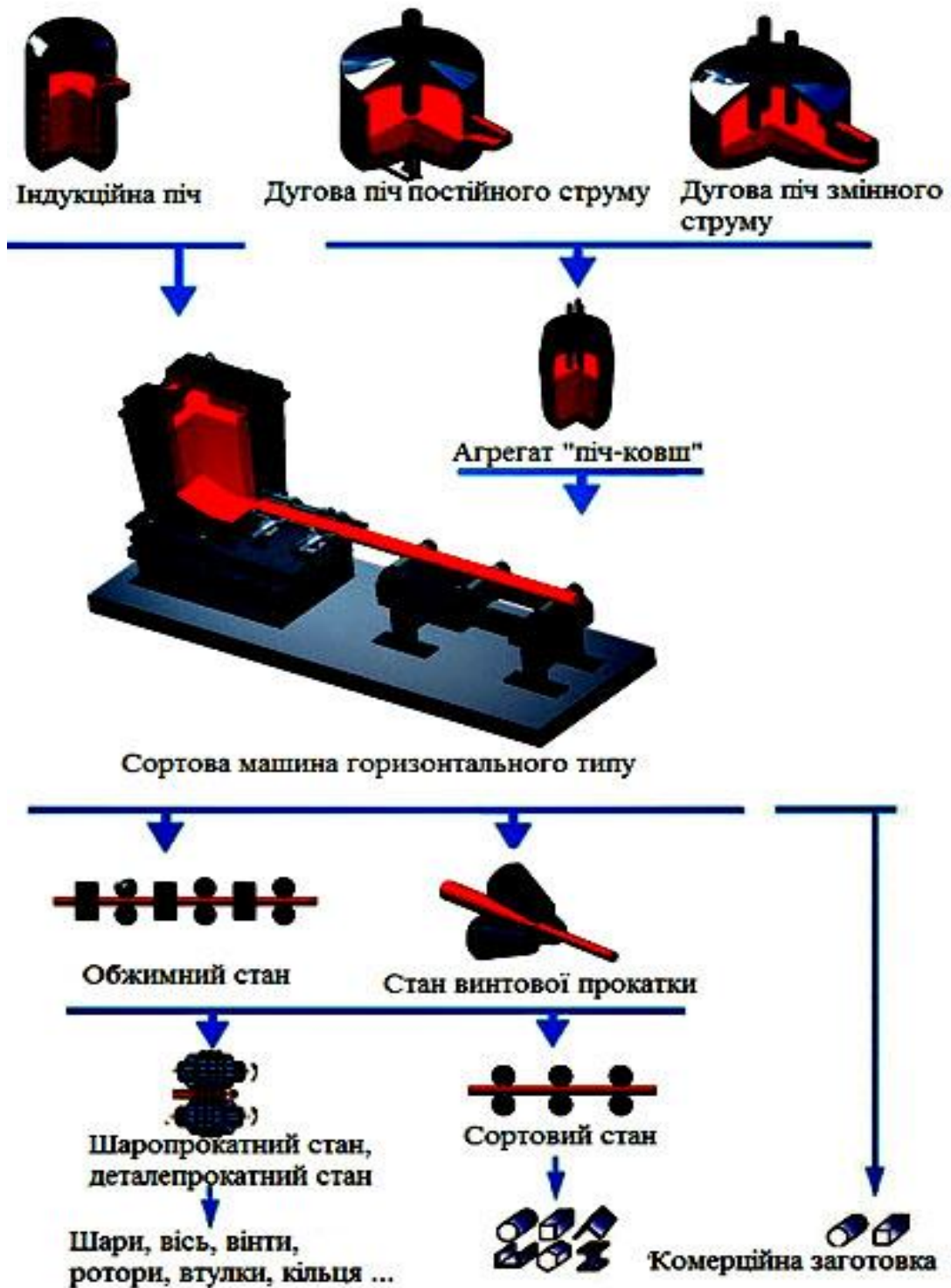


Рисунок 1.8 – Варіанти використання машин горизонтального розливу

1.3 Фактори забезпечення якості заготовки під час безперервного лиття

Для отримання якісних виливків необхідно вжити ряд найбільш розумних заходів, що запобігають виникненню дефектів.

Формування якості лиття БЛ починається на ранній стадії - приготування шлаку (суміш рудної сировини, флюсів і палива), а також доменне виробництво, зовнішня плавка і обробка виливків в печі.

Дослідження показали, що найчастіше на появу дефектів впливають такі фактори:

- умови заливки металу;
- умови процесу плавки та хімічний склад матеріалів;
- конструкцію кристалізатора та стан його робочих поверхонь;

На якість виливка значною мірою впливає швидкість заливки і пов'язана зі здатністю отриманої литої оболонки протистояти різним навантаженням. Ця здатність пов'язана з умовами охолодження та температурою сталі.

Швидкість заливки залежить від розміру заготовки і марки сталі. Дозволена швидкість багато в чому залежить від товщини кірки, її здатності витримувати феростатичний тиск і розтягнення.

Тобто необхідно розумно організувати спосіб охолодження, інакше температура поверхні виливка буде раптово змінюватися по її висоті та периметру. Ця зміна викличе зростання металу і руйнування його цілісності.

Впровадження нових конструкцій МБЛ тісно пов'язане з організацією теплових процесів у БЛ, які безпосередньо беруть участь в одержанні якісних виливків.

Розглянемо фактори, що сприяють формуванню високоякісних виливків, отриманих БЛ (рис. 1.9).

Налаштування пристрою залежить від процесу в пристрої:

- підігрів обладнання;
- нерівності;
- деформація;
- накип в установках водоохолодження.

Хімічний склад сталі і її температура перед заливкою є найважливішими факторами для отримання якісного литва.

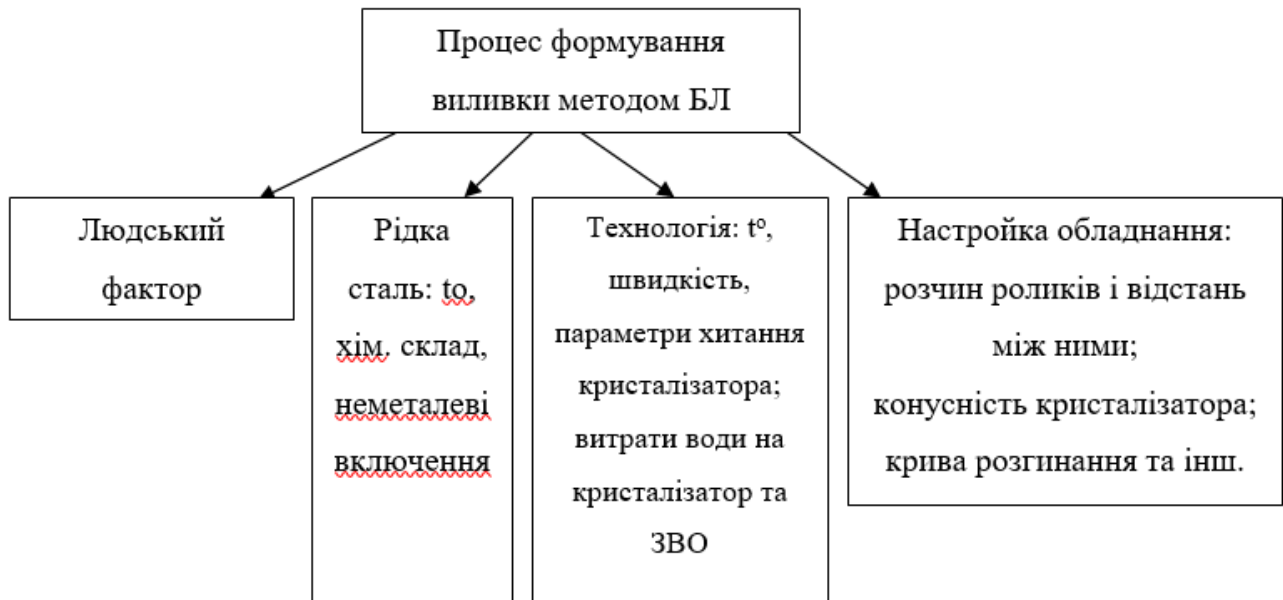


Рисунок 1.9 – Фактори якості процесу формування вилівки

Розглянемо взаємозв'язок основних технологічних і структурних параметрів розливки сталі МБЛ та їх вплив на продуктивність і якість литва (рис. 1.10) [10].

Температура розплавленої сталі є основним параметром, що впливає на процес і якість лиття. Якщо сталь недостатньо нагріта, сипучість матеріалу у вологому стані знижується, а умови заливки ускладнюються. Якщо сталь нагрівати більше необхідного (перегрів) - з'являються дефекти (тріщини) і збільшується уявна усадкова пористість вилівка.

Тому дотримання температурного режиму процесу розливу є одним із основних технічних завдань.

На рисунку 1.10 показано, що швидкість розливу відіграє вирішальну роль у наступних показниках БЛ:

- значення усадки сляба в формі та зоні вторинного охолодження (ЗВО);
- товщина оболонки сляба (твердої оболонки) на виході з форми;
- середній рівень температури, коли плита розрізається на вимірну довжину.

Товщина оболонки плити є найважливішим фактором імовірності розтріскування її оболонки під формою. На товщину земної кори впливають:

- способи подачі рідкого металу;
- рівень металу;
- відведення тепла від кристалізатора;
- початковий розподіл температури в кристалізаторі;
- гідродинаміка його структурного руху.

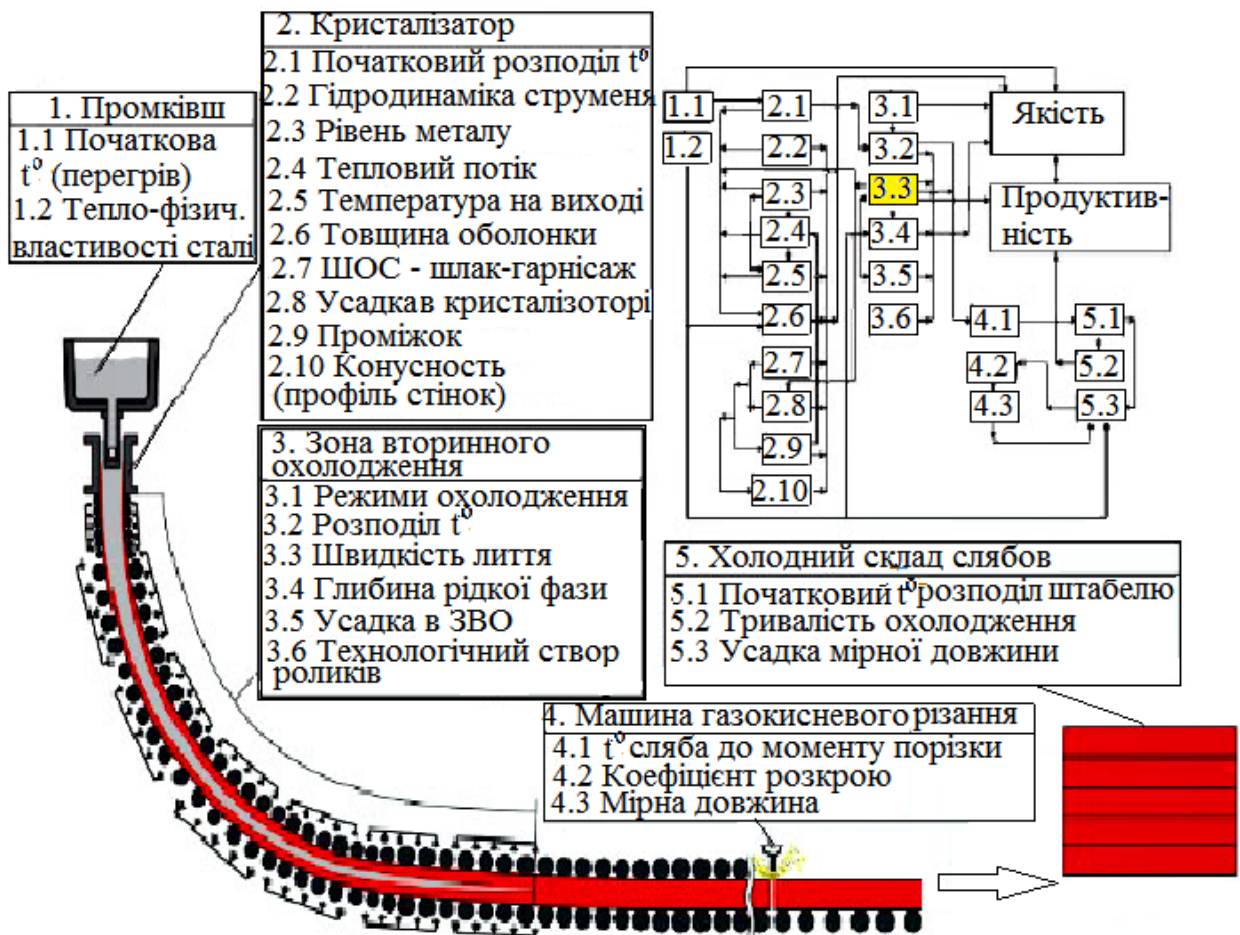


Рисунок 1.10 – Взаємозв'язкі основних технологічних та конструктивних характеристик розливу сталі

Величина нагрівання вище температури ліквідусу також має практичне значення. Оптимальних показників якості лиття можна досягти за умови оптимального перегріву металу в проміжному ковші та вихідному ковші.

Якщо необхідно зменшити ступінь розрідження ліквідусу, пошкодження слябів від тріщин, величину пористості ліквідусу, а також зменшити розмитість вогнетривів (скло, пробки), перегрів вихідного металу, що надходить у

кристалізатор, температура повинна бути мінімум вище температури ліквідусу.

Оптимальними можна вважати такі температурні умови перегріву [10]:

– температура металу в проміжному ковші на 20-30 0С вище температури ліквідусу;

– перепад температур металу в проміжному ковші від +15 0С до -10 0С;

– перегрів в ковші на 40-45 °С вище температури в ковші.

Значення температури ліквідусу можна знайти, використовуючи емпіричну залежність від заданого хімічного складу сталі, або наближено отримати з діаграми Fe-C бінарного сплаву.

Підвищення інтенсивності охолодження сляба сприяє прискоренню лиття, оскільки лімітуючим фактором є можливість дефектів внаслідок зростання термічних напруг.

Зі збільшенням швидкості заливки збільшується глибина свердловини для рідини - зростає феростатичний тиск на оболонку сляба, що більш шкідливо для вилівка, ніж термічна напруга.

Швидкість заливки повинна бути встановлена відповідно до міцності оболонки кристалізованого металу під час проходження заготовки через форму. При невиправданому збільшенні швидкості розливу відбудеться розрив під дією феростатичного тиску.

Таким чином, швидкість затвердіння та розтягування та глибина рідкої фази є основними технологічними параметрами процесу БЛ.

Тому одним із основних завдань є визначення інтенсивності охолодження та марки сталі (її фізичних властивостей).

Таким чином, процес стабілізації сталі БЛ допомагає отримати стабільну швидкість розливу, а постійний рівень металу в кристалізаторі є одним з основних факторів процесу, який безпосередньо впливає на якість поверхні та центральних ділянок заготовки.

Розглядаємо метод охолодження заготовки як фактор, оскільки він безпосередньо впливає на ймовірність виникнення різних тріщин, коли БЛ забезпечує метод охолодження заготовки в ЗВО.

МБЛ має різноманітні режими охолодження, від «м'якого» охолодження, яке використовується під час лиття марок сталі, чутливих до розтріскування, до «жорсткого».

Якщо використовуються марки сталі, чутливі до розтріскування, рівні температури в ЗВО значно вищі, ніж при розливі «твердих» марок сталі [11].

Крім конусності прес-форми, ще одним конструктивним параметром, який впливає на якість, є відстань між роликками вздовж товщини заготовки, або так зване рішення для фрезерування роликків. Різниця між товщиною сляба та розчином валків уздовж довжини маршруту валків може призвести до дефектів (проблем з шкірою перед тим, як сляб ковзатиме в тяговому валку) щонайменше, що призведе до зниження якості роботи та збільшення кількості дефектних заготовок.

Під час процесу затвердіння заготовки БЛ температура поверхні твердої оболонки в більшості зон охолодження перевищує 600 0С, тому межа пружності сталі низька. Під дією високотемпературної термічної напруги кристалічна оболонка знаходиться в області пластичної деформації, і цей фактор необхідно враховувати [11, 12].

Отже, фактори, що впливають на якість:

- направлення потоку – Відхилення в положенні ролика;
- коливання кристалізатора заданої амплітуди є чинником, який має вирішальний вплив на якість поверхні заготовки БЛ і безпеку процесу лиття;
- збільшення перегріву призведе до збільшення можливості прориву рідкої сталі, але цю проблему можна вирішити з урахуванням термічної напруги – Інтенсивність охолодження, оскільки перегрів мало впливає на температуру твердої поверхні; заготовка (лиття). Тобто зміна температури поверхні не має нічого спільного з перегрівом, а основним його лімітуючим фактором є інтенсивність охолодження;
- швидкість екстракції впливає на глибину рідкої фази. Збільшення швидкості витягування збільшує глибину рідкої фази - зі збільшенням швидкості розливу необхідно збільшити інтенсивність охолодження вторинної

зони охолодження.

1.4 Технічні засоби для контролю параметрів розливу

Основним компонентом в процесі безперервного лиття є кристалізатор, в якому здійснюється процес формування виробу. Потім розплав повинен надходити в кристалізатор в необхідній кількості, що можна визначити наступним чином.

Контроль рівня металу в кристалізаторі буде здійснюватися за допомогою спеціального датчика - вихрострумowego датчика рівня XLEV, який визначає рівень розплавленого металу (рис. 1.11).



Рисунок 1.11 – Вихрострумовой давач XLEV

Датчики XLEV засновані на технології електромагнітних вихрових струмів і можуть вимірювати відстані до металевих поверхонь. Розроблений AVEMIS, він включає:

- 1 головка датчика (підвісна або виступаюча);
- 1 кабель гарячої зони;
- 1 панель цифрового процесора та сенсорний екран НМІ.

Переваги включають: вимірювання фактичного рівня сталі та повну цифрову обробку сигналу.

Для різних типів виливків (плити, листи тощо) використовуються різні конструкції головок.

У пластині МБЛ вони розміщені безпосередньо в стінці кристалізатора.

Точне вимірювання швидкості має вирішальне значення для контролю безперервного лиття, тому був обраний оптичний прилад для вимірювання швидкості розливу металу - LSV-2100 (рисунок 1.12).



Рисунок 1.12 – Оптичний давач ProSpeed LSV-2100

До його переваг можна віднести:

- лазерний прецизійний безконтактний принцип вимірювання;
- не вимагає повторного калібрування;
- проста інтеграція процесів, відстань очікування до 3 м;
- прямий зворотній зв'язок через сенсорний екран.

Вибір цифрового частотоміра 10-199,9 Гц для вимірювання частоти коливань (рисунок 1.13).

Частотомір цифровий: напруга 80 ... 300 В, тому що в залежності від типу і конструкції МБЛ кристалізатор має амплітуду коливань 1 - 50 мм (частіше 2 - 15 мм) і частоту від 20 до 600 циклів. в хвилину, тобто 120 Гц.



Рисунок 1.13 – Цифровий частотомір

Вібрація вимірюватиметься за допомогою датчика 640B01 - промислового датчика швидкості, вихід 4–20 мА, 0–1 дюйм/с, 3–1 кГц, верхній вихід, 2-контактний роз'єм.

Діапазон частот: ($\pm 10\%$) від 180 до 60 000 об / хв (від 3 до 1000 Гц).

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

Датчик положення ковша – датчик лінійного переміщення серії LTR для вимірювання коротких переміщень за допомогою поворотної пружини (рис. 1.14). Важливою особливістю датчиків положення серії LTR є їх поворотна пружина.

Принцип потенціометричного вимірювання.

Цей пристрій було обрано, оскільки він має наступні характеристики:

- діапазон вимірювання від 10 мм до 150 мм;
- висока якість і довговічність – до 100 мільйонів циклів;
- висока швидкість руху - 5 м/с;
- відхилення від лінійності 0,6%.



Рисунок 1.14 – Давач лінійного переміщення

1.5 Постановка задач досліджень

За відносно короткий проміжок часу БЛ отримав широке застосування у світовій металургійній промисловості. Спочатку процес БЛ використовувався для алюмінію та його сплавів, а пізніше для міді та сталі.

Геометричні параметри верстата для безперервного лиття заготовок/слябів контролюються з метою запобігання відхилень співвідносі з технічними осями вузлів МБЛ і механізму пристрою (машини). Це забезпечить стабільність і безпеку процесу безперервного розливу МБЛ, а також якість отриманих заготовок і довговічність машинного обладнання.

В магістерській кваліфікаційній роботі необхідно відобразити зв'язок параметрів установки для отримання дефектів заготовки/плити, що допоможе вирішити розумну задачу управління установкою безперервного заливки.

З цією метою було проаналізовано процес безперервного розливання та встановлено, що основними факторами, які впливають на якість заготовки, є: кристалізатор та направляюча потоку.

Таким чином, мета роботи з атестації магістра - забезпечити стабільність і безпеку безперервного розливу сталі МБЛ, а також підвищити якість отриманих заготовок і довговічність обладнання.

Для досягнення поставлених цілей необхідно вирішити наступні завдання:

- аналіз безперервних процесів розливу;
- аналіз установок безперервного розливу;
- дослідження факторів, що впливають на якість заготовок у процесі безперервного лиття;
- розробка алгоритмів автоматизованих систем керування на цехах безперервного розливу;
- розробка автоматизованої системи управління установкою;
- провести експериментальні дослідження створеної системи управління.

-

1.6 Висновки до першого розділу

Результати проведеного аналізу в області безперервного лиття показують, що безперервне лиття найчастіше використовують для отримання якісних заготовок з достатньо високою точністю розмірів, чистою поверхнею, щільною структурою, відсутністю усадочних дефектів і низьким вмістом газу. Але іноді висока швидкість охолодження розплаву може призводити до утворення значних внутрішніх напруг або тріщин у відливці.

На основі аналізу були визначені основні фактори, що впливають на якість заготовки: кристалізатор (через струшування кристалізатора на нього впливає рівень меніска, що означає точне положення кристалізатора, меніск у необхідний кристалізатор і його переміщення;

Тобто для отримання якісної заготовки/сляба (без дефектів) крім параметрів процесу найважливішим є конструкція кристалізатора та стан його робочої поверхні.

Висота меніска істотно змінюється в залежності від співвідношення добавок ливарного флюсу, шлаку, що утворюється внаслідок плавлення ливарного порошку, і витрати шлаку, що використовується для змащування рухомої заготовки. Висота меніска залишається приблизно постійною і не відчуває значних коливань.

Поряд зі струшуванням кристалізатора є ще один фактор - конусність (профіль стінки) кристалізатора, який в основному впливає на якість.

Відхилення положення ролика від заданого положення може викликати неконтрольоване переміщення заготовки з незагартованим стрижнем, створюючи поверхневі або внутрішні дефекти.

На початку кожного робочого циклу використовується спеціальний пристрій для управління направляючим роликом. Будь-які зміни відстані між коліщатами прокручування миттєво виявляються, візуалізуються та можуть бути скориговані.

Для процесу розливу одним з головних технічних завдань є дотримання строгих температур процесу розливу.

Було проаналізовано установку БЛ (вертикальні та горизонтальні машини). Встановлено, що відсутність вторинного окислення при заливанні металу з металоприймача в кристалізатор є перевагою, що дозволяє відливати високоякісні високолеговані сталі на горизонтальних машинах. Крім того, горизонтальна машина безперервного наповнення має мінімальну конструктивну висоту.

Перевага безпосередньо вертикально розташованого кристалізатора полягає в тому, що він може краще видаляти гази з неметалічними частинками під час процесу лиття та підходить для виробництва слябів безперервного лиття, які пред'являють суворі вимоги до чистоти матеріалу заготовки.

2 МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ БЕЗПЕРЕРВНОГО РОЗЛИВУ СТАЛІ

2.1 Обрання виду та типорозмірів машин безперервного розливу

Для того, щоб вибрати МБЛ, необхідно визначити характер литої плити: сляб або сорт.

Існує два типи МБЛ:

- сляб МБЛ - використовується для отримання заготовок (слябів) прямокутного перерізу;

- різновид МБЛ - використовується для отримання квадратних (квіткових) або близьких до квадратних перерізів заготовок, використовується для виробництва прокату.

У кваліфікаційній роботі рекомендується вибрати сляб товщиною ($a=150$ мм) і шириною ($b=900$ мм) як об'єкт формування 3Sp (вуглець нормальної якості) (рисунок 2.1).

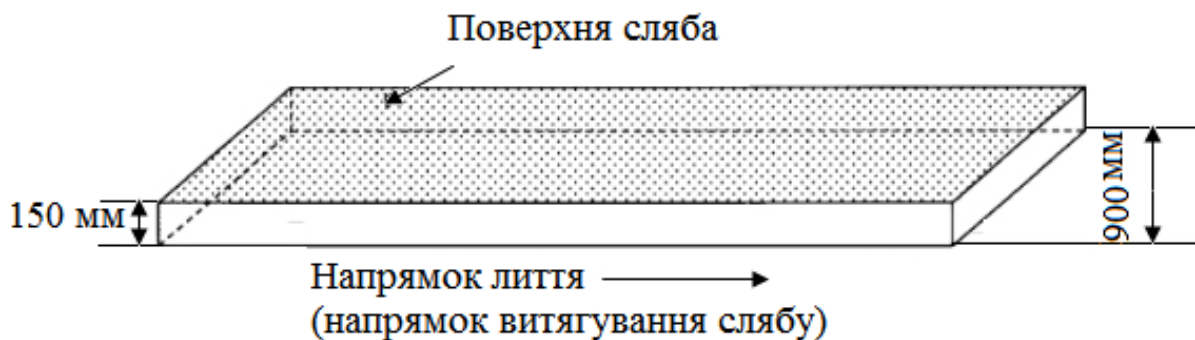


Рисунок 2.1 – Розміри слябу

Тому була обрана плита МБЛ.

Залежно від дизайну, МБЛ доступний у вертикальному та вигнутому стилях.

Перевага вигнутих МБЛ полягає в тому, що вони найбільш широко використовуються в майстернях великого обсягу через їх високу одиничну місткість і відносно невелику висоту установки.

Вертикальний МБЛЗ найчастіше використовується для отримання:

- порожніх трубних заготовок і трубних заготовок великого діаметру, розливання автоматної сталі і інших матеріалів, схильних до тріщин;
- заготовок з високолегованої та електродної сталі.

Тому обрано криволінійну МБЛ.

Далі необхідно обрати скільки повинно бути струмків.

Кількість струмків (одночасно заготовок, що відливаються) на існуючих МБЛ коливається від 1 до 8:

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

Так як обрано криволінійна слябова МБЛ, то в машині буде 1 або 2-а струмки.

До установки необхідно приймати МБЛ з мінімально можливим числом струмків, а значить, в даному випадку 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 двухструмкових перевищує допустимі значення.

Таким чином, обрана однострумкова слябова машина безперервного розливання сталі криволінійного типу МБЛ, характеристики наведені в табл. 2.1 [13].

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики МБЛ

Найменування		Значення показника
Тип		криволінійна 1-струмкова <u>слябового типу</u>
Технологічна довжина, м		20 – 40
Довжина ділянки розгинання,		3 – 7
Найменування		Значення показника
Довжина мідних стінок кристалізатора, мм		900 – 1000
Перетин заготовок, що відливаються	Товщина, мм	150 – 315
	Ширина, мм	575 – 2520
Ємність <u>сталерозливочного</u> ковша, т	80 – 385	
Ємність проміжного ковша, т	20 – 55	
Число хитань кристалізатора, хв ⁻¹	До 400	
Хід хитання кристалізатора, мм	0 – 12	
Швидкість розливання, м/хв	До 2	

Загальний вид обраної МБЛ наведено на рис. 2.2 [13].



Рисунок 2.2 – Загальний вид обраної МБЛ

2.2 Параметрична модель устаткування безперервного лиття

Створення параметричних моделей необхідне для визначення ключових параметрів конкретного процесу лиття та його формалізації, що необхідно як при проектуванні нових МБЛ, так і при оптимізації процесів лиття в існуючих робочих осередках.

Після ознайомлення з обраним МБЛ було виявлено, що наступні групи впливають на процес безперервного розливання металу:

$$b = (V_p, G_{KP}, P_{ПС}, T_{БЛ}, M_{lv}), \quad (2.3)$$

де V_p – швидкість розливу металу;

G_{KP} – геометричні параметри кристалізатора;

$P_{ПС}$ – положення стопора промковша;

$T_{БЛ}$ – температурні режими.

M_{lv} – рівень металу в кристалізаторі.

Кожен з параметрів має набір своїх значень і характеристик, які об'єднані в групи.

Швидкість розливу металу можна представити як:

$$V_p = \langle W_o, u_o \rangle, \quad (2.4)$$

де W_o – швидкість металу на виході з розливного отвору;

u_o – швидкість рідкого металу з якою він зустрічається з поверхнею розплаву.

Геометричні параметри кристалізатора можна представити як:

$$G_{KP} = \langle \Phi_{kp}^i, H_{kp}, F_{kp}, R_{kp} \rangle, \quad (2.5)$$

де Φ_{kp}^i – форма кристалізатора, при $i = 1 \dots I$, де I – кількість типів форм, наприклад, форма з паралельними стінками, або пряма чи зворотна конусність для лиття металів;

H_{kp} – висота кристалізатора;

F_{kp} – площа поперечного перерізу порожнини кристалізатора;

R_{kp} – відстань між протилежними стінками кристалізатора, яка включає такі характеристики:

$$R_{kp} = \langle R_{kp}^e, R_{kp}^h \rangle, \quad (2.6)$$

де R_{kp}^e – відстань між протилежними стінками кристалізатора зверху;

$R_{кр}^H$ – відстань між протилежними стінками кристалізатора знизу.

Температурні режими впливають, як на технологію лиття, так і на якість одержуваної заготовки та можна виразити, як:

$$T_{БЛ} = \langle T_{нк}^M, T_{ск}^M, T_{кЗВО}, T_{лк} \rangle, \quad (2.7)$$

де $T_{нк}^M$ – температура металу в проміжному ківші, °С;

$T_{ск}^M$ – температура металу в сталерозливному ківші, °С;

$T_{кЗВО}$ – температура в кінці процесу затвердіння, °С;

$T_{лк}$ – температура ліквідус (при якій в рівноважних умовах випадає перший кристал), °С.

На основі проаналізованого ансамблю запропонована модель чорного ящика показана на рисунку 2.3.

Набір вхідних даних «чорного ящика» представлено виразом (2.3), який описує всі параметри, необхідні і достатні для повного вибору параметрів безперервного лиття.

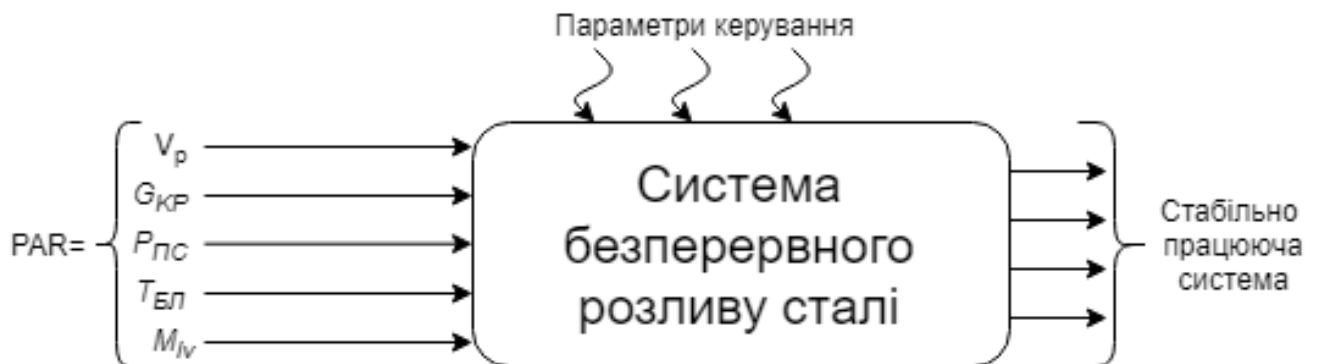


Рисунок 2.3 – Модель чорного ящика

Всередині «чорного ящика» знаходиться безліч (П) всіх можливих варіантів параметрів лиття (Р), яка має такі властивості:

- можливість існування $\Pi \in P$, за умови $P \rightarrow \max$;
- безліч Π містить в собі підмножину $(T_1, T_2, \dots, T_r) \in T$, як логічно упорядкований набір параметрів які необхідні для лиття.

На виході необхідно отримати максимально стабільну та працюючу систему.

2.3 Вибір параметрів керування для установки безперервного розливу

У першому розділі розглядається процес БЛ та обладнання (установка), необхідне для реалізації заливки, таким чином вибирається модель БЛ. У подальшому необхідно вибрати, які параметри БЛ потрібно налаштувати. і як вони впливають на якість литого виробу.

В основній сертифікаційній роботі кристалізатор буде розглядатися як пристрій БЛ, тому що це один з найважливіших функціональних вузлів, який визначає розумну роботу БЛ. Також є пристрій корекції тяги.

Функція кристалізатора полягає в прийомі рідкого металу, що надходить із проміжного ковша, і переведенні частини рідкої сталі у твердий стан шляхом відведення тепла від охолоджуючої води [14-16].

Формування заготовки відбувається безпосередньо в кристалізаторі.

Утворення кірки заготовки та первинна кристалізація зливка є основними завданнями, розумне вирішення яких впливає на отримання якісних заготовок із заданими параметрами [14].

Тому для визначення основних параметрів установки, що впливають на якість безперервного лиття заготовок, необхідно проаналізувати можливі аварії та їх причини (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Основні аварійні ситуації при БЛ

Тип аварійної ситуації	Місце аварійної ситуації	Причина	Спосіб усунення
Розрив сляба	Кристалізатор	Велика швидкість витягування злитку	Завдання швидкості відповідно до діаграми швидкості розливання і прискорення
Деформація товщини скоринки	Кристалізатор	Рівень металу	Необхідна швидкість розливу металу, що залежить від перетину кристалізатора і прохідного перетину дозатора ківшу
Деформація слябу	Кристалізатор	Надмірне хитання кристалізатора	Відстань між роликками по товщині заготовки або конструктивні особливості механізму качання
Переливання сталі через краї кристалізатора	Кристалізатор	Порушення регулювання положення стопора ковша	Регулювання положення стопора ковша
Тип аварійної ситуації	Місце аварійної ситуації	Причина	Спосіб усунення
Деформація злитка	Тягнуче-правильний агрегат	Велика швидкість витягування злитка	Завдання швидкості відповідно до діаграми швидкості розливання і прискорення

Отже, проаналізувавши причини, визначено, що для управління необхідно вибрати такі параметри:

1) Швидкість заливки металу, тому що цей параметр впливає на:

- частота коливань;
- амплітуда коливань;
- форма коливань (синусоїдальна/несинусоїдальна).

2) Рівень металу в кристалізаторі.

При контролі рівня металу в кристалізаторі необхідно дотримуватися:

- рух пробки ковша (ковзної перегородки) має бути якомога меншим;
- запобігання пульсації металевого струменя, що надходить у форму, під час процесу заливки;
- безперервний потік (потік) металу під час заливки;
- стабілізація рівня металу в кристалізаторі.

Рівень металу в кристалізаторі повинен бути стабільним з малим значенням діапазону регулювання, без статичної похибки, або похибка не перевищувати: $\pm 15 - 20$ мм/МБЛ, для лиття тонких заготовок (круглих) діаметром $10 \div 19$ мм ; довжина сторони $10 \div 19$ мм, ширина смуги $12 \div 45$ мм і т. д. використовуються на МБЛ для лиття слябів (товстих сталевих листів) [17].

3) Положення обмежувача ковша.

Всі ці параметри впливають на отримання необхідної товщини кори, тобто зовнішньої оболонки майбутнього злитка.

2.4 Визначення значень параметрів безперервного розливу

Миттєве значення частоти, амплітуди і форми вібрації визначається швидкістю розливу металу. Вони впливають на якість заготовки, тому необхідно визначити їх оптимальні значення.

Значення температури поверхні в кінці гартування для деяких марок сталі наведені в таблиці (2.3). [29].

Таблиця 2.3 – Значення температури поверхні в кінці затвердіння

Марка сталі	60	30ХН3А	10ХСНД	3Сп	17ГС
$t_{кЗВО}$, °С	1000	1005	950	980	1000

Зазвичай робочу швидкість витягування заготовки визначають, виходячи з багатьох факторів: сорту сталі, розміру поперечного перерізу відливої заготовки, температури металу в проміжному кошику, вмісту шкідливих домішок у сталі та ін. [19, 24].

У таблиці 2.5 наведені граничні значення швидкості витягування плити.

Таблиця 2.5 – Граничні значення швидкості витягування слябової заготовки

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

Швидкість розливання визначається (для одного струмка) за формулою 2.9.

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

Щільність затверділої сталі в кінці зони вторинного охолодження становить [18]:

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

Тоді швидкість розливу $q = \rho_{cm} \cdot a \cdot b \cdot v = 7,548 \cdot 0,15 \cdot 0,9 \cdot 1,6 \approx 2$, м/хв.

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

Робоча швидкість витягування заготовки v_p визначається за формулою, що наведена нижче [19]:

$$v_p = k_v \cdot \frac{a+b}{a \cdot b} = 0,3 \cdot \frac{0,15+0,9}{0,15 \cdot 0,9} = 0,3 \cdot \frac{1,05}{0,135} = 0,9 \approx 1 \text{ м/хв},$$

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

k_v – коефіцієнт швидкості витягування заготовки, м² /хв;

a – товщина заготовки, м;

b – ширина заготовки, м;

Частоту коливання кристалізатора можна визначити за формулою:

$$\nu = \frac{K_{on}}{\tau_{on}} \cdot 60, \quad (2.8)$$

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 трапеціальном законі $K_{on} = 0,71 - 0,75$.

Допустимий час випередження складає 0,1 – 0,3 с.

Тоді визначимо частоту коливання кристалізатора:

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

для трапеціального закону $\nu = \frac{K_{on}}{\tau_{on}} \cdot 60 = \frac{0,71}{0,1} \cdot 60 = 426, \text{ хв}^{-1}$.

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

$$\delta = 14,8 \cdot \nu_{\max} \cdot \tau_{on} = 14,8 \cdot 164 \cdot 0,1 = 242, \text{ мм}, \quad (2.9)$$

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

τ_{on} – допустимий час випередження, с.

Залежно від типу і конструкції МБЛ амплітуда коливання кристалізатора становить 1 – 50 мм (частіше 2 – 15 мм), а частота від 20 до 600 циклів в хвилину.

Тобто, амплітуда буде:

$$\delta = 14,8 \cdot 164 \cdot 0,1 = 242, \text{ мм}.$$

Робоча висота кристалізатора визначається довжиною кристалізатора і величиною недоливу рідкого металу до верхнього краю мідної гільзи кристалізатора.

$$h_{кр} = H_{кр} - h_{недолив}, \quad (2.10)$$

де $H_{кр}$ – висота кристалізатора, м;

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

Довжина (висота) кристалізатора залежить від поперечного перерізу

злитка, що відливається, і зазвичай може коливатися від 300 до 1200 мм.

При аналізі роботи сучасних МБЛ встановлено, що кристалізатор довжиною 800-1000 мм може гарантувати надійну роботу машини і задовільну якість зливка.

Недоливка металу в кристалізатор забезпечує безвідмовну роботу, а виливання під шлакоутворюючу суміш відповідно до організаційно-технічних можливостей витримується рівень 0,05 - 0,15 м.

Тоді можна отримати робочу висоту кристалізатора (рівень металу):

$$h_{кр} = 1 - 0,15 = 0,85, \text{ м.}$$

2.5 Висновки до другого розділу

У другій частині, враховуючи параметри, типи і розміри, в якості формовочного матеріалу ЗСп (карбон звичайної якості) рекомендується вибрати сляб товщиною 150 мм і шириною 900 мм - вигнутий МБЛ, тому що найбільш широко використовується в цехах великої потужності, має високу одиничну потужність і відносно невелику висоту установки, але основним критерієм вибору є технічні характеристики машини (довжина мідної стінки форми, поперечний переріз ливарної заготовки тощо).

Тому для безперервного лиття гнutoї сталі була обрана однопотокова слябова машина типу МБЛ.

Розроблено параметричні моделі, які необхідні як для проектування нових МБЛ, так і для оптимізації процесів лиття в існуючих робочих камерах.

Обраними контрольними параметрами пристрою безперервного розливу є: швидкість розливу металу, частота коливань, амплітуда коливань, рівень металеві рідини в кристалізаторі та положення пробки ковша.

Розраховано параметри безперервного розливу: швидкість розливу металу, частоту коливань та амплітуду коливань. Обрано технічні засоби контролю параметрів розливу.

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДЛЯ УСТАНОВКИ БЕЗПЕРЕРВНОГО РОЗЛИВУ

3.1 Вибір середовища для розробки системи управління для установки безперервного розливу

Розглянемо такі системи: MasterSCADA, GENESIS-32, Trace Mode.

Для аналізу було обрано MasterSCADA, оскільки це найсучасніший, інноваційний, потужний і зручний інструмент для швидкої та якісної розробки систем [20].

Структура програмного комплексу містить такі основні принципи: єдине середовище розробки (тобто забезпечення уніфікації програмування SCADA/HMI та SoftLogic розділеної конфігурації структури ACS TP (Automated Process Management System) та об'єктної логічної структури); відкритість інтерфейсу.

Всі функції системи розробки зосереджені в одному вікні. Пакет містить близько 150 функцій і функціональних блоків для проектування систем. Гнучка система створення оповіщень, автоматичної генерації повідомлень тощо [20].

Важливою підмогою для системних інтеграторів можна вважати готові елементи в MasterSCADA для створення відповідних систем. Є також загальнопромислова арматура, насоси, регулююча арматура тощо. Є також спеціальний комплект для систем вентиляції та кондиціонування [21].

Переваги MasterSCADA:

- система має достатній функціонал: настроювана система архівації, рівні керування користувачами, виведення різноманітних повідомлень про порушення та інциденти, можливість створення звітів звичайними засобами тощо;

- широкий інструментарій для створення графічних форм і написів;

- реалізація скриптів може бути виконана за допомогою двох можливих мов програмування C# і ST (PASCAL), а палітра інструментів включає об'єкти для реалізації спеціальних функцій.

Недоліки MasterSCADA:

- затримка подачі замовлень і записів до тегів;
- недостатнє інтуїтивне розуміння при використанні системи;
- середовище розробки нестабільне, тобто іноді система може видавати повідомлення про помилки та вимикатися;
- екран не масштабується (наблизитися до об'єкта під час редагування).

Розглянемо функціональні можливості та основні технічні характеристики SCADA-системи Iconics - GENESIS32.

Пакет програмного забезпечення GENESIS32 має традиційний набір атрибутів і характеристик систем SCADA, а також включає низку нещодавно з'явилися нових програмних компонентів для наскрізної автоматизації виробництва.

GENESIS32 включає наступні клієнтські програми: GraphWorX32, TrendWorX32, AlarmWorX32, ScriptWorX32 - ці програми можна придбати окремо або включити в пакет GENESIS32 [20].

Екрани у вигляді візуалізацій параметрів процесу (мнемоніки процесу) створюються на основі вбудованих засобів малювання інших виробників (бібліотек елементів відображення) або елементів керування ActiveX. Можлива анімація елементів дисплея.

Функціональні можливості GENESIS32: автоматизована розробка, створення автоматизованого програмного забезпечення системи без безпосередньої обробки основної інформації для представлення інформації у вигляді діаграм, гістограм і т.д. [22].

Перевага GENESIS32 полягає в тому, що система має гнучку систему безпеки, яка об'єднує всі додатки пакету програмного забезпечення; ця система безпеки застосовує власну конфігурацію облікових записів користувачів і груп і може бути інтегрована з системами NT.

Одним з головних недоліків є неможливість роботи в глобальних мережах інтернету.

Далі розглянуто пакет SCADA Trace Mode(TM), що формує єдину

інформаційну базу для управління виробництвом від датчиків до бізнес-систем.

Контролер Intelligent TM Controller використовує новітню адаптивну технологію для швидкої обробки даних і автоматичного керування процесами. Розширені графічні інструменти модуля TM дозволяють операторам переглядати та контролювати потоки процесів.

TM створює інформаційну основу для управління виробництвом у реальному часі. TM — інтегрована платформа для управління виробництвом.

SCADA Trace Mode – це модульний продукт, де кожен модуль має унікальні характеристики та використовується відповідно до свого функціонального призначення [20, 23]:

- інструментальна система – середовище розробки проекту;
- виконавчі модулі «Монітор реального часу (МРВ)» – НМІ модулі для запуску і роботи проекту в режимі реального часу з різними функціями (архівування, GSM-протокол, гаряче резервування, сервер документування та ін.);
- OPC-сервер – для зв'язку з іншими SCADA;
- Micro Trace Mode – для програмування ПЛК WinPAC;
- дистанційна графічна консоль – для візуалізації проекту на віддаленому комп'ютері;
- Data Center – для візуалізації проекту за допомогою WEB-протоколу.

Переваги TM полягають у наступному:

- підтримка операційних систем Linux і Windows;
- підтримує 2700 пристроїв усіх марок промислової автоматизації;
- можна розробити власний драйвер.

До недоліків TM можна віднести необхідність знання мови програмування системи SCADA або спеціальної мови програмування при створенні нестандартних функціональних блоків.

У роботі систему TM вибирають через її зручність у вирішенні поставленої задачі.

3.2 Розробка алгоритму роботи системи управління для установки безперервного розливу

Для розробки алгоритму роботи програми була розроблена і проаналізована функціональна схема, приведена на рисунку 3.1

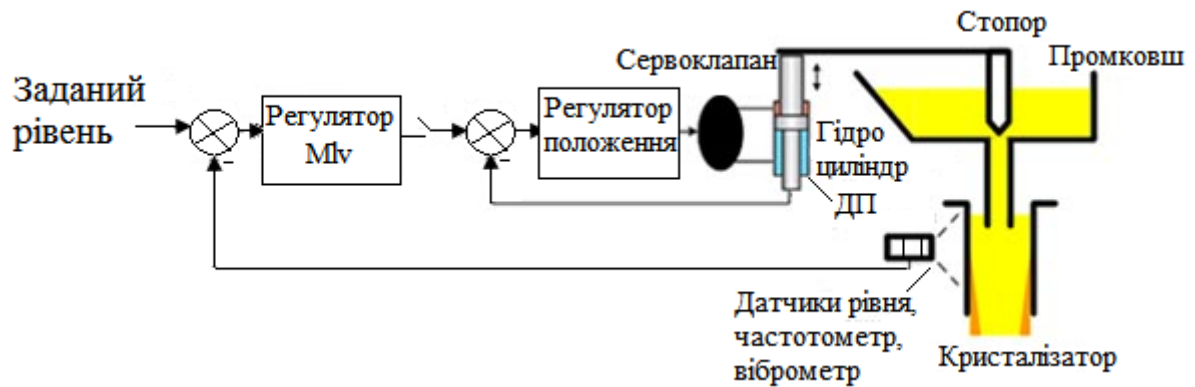


Рисунок 3.1 – Функціональна схема системи керування

ДП – датчик переміщення.

Наступним було проаналізовано функціональну схему і результатом аналізу була розроблена модель керування безперервним розливом, що представлено на рис. 3.2

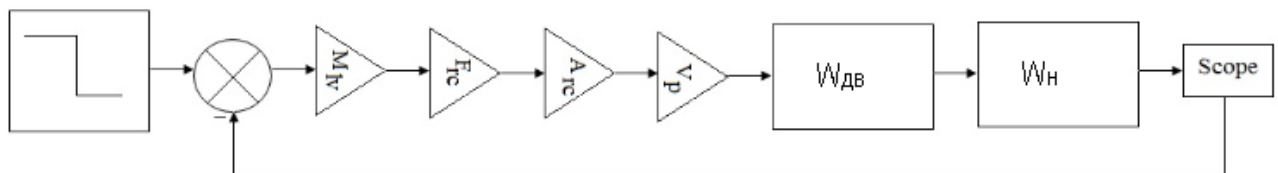
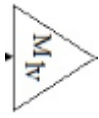


Рисунок 3.2 – Модель керування безперервним розливом

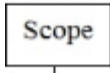
де

 – ступеневий вплив.

 – суматор для зворотного зв'язку;



– коефіцієнт посилення;



– осцилограф.

Передавальна функція двигуна в загальному вигляді [24 – 27]:

$$W_{\text{дв}} = \frac{\Delta\omega(p)}{\Delta U(p)}, \quad (3.1)$$

де $\Delta\omega(p)$ – діапазон швидкостей двигуна;

$\Delta U(p)$ – діапазон допустимих напруг.

Передавальна функція двигуна в загальному вигляді:

$$W_H = \frac{K_M}{T_1^2 p^2 + T_2 p + 1} \cdot e^{-p\tau}, \quad (3.2)$$

де T – постійні часу.

K_M – коливальне ланка.

Розроблено алгоритм роботи системи управління для установки безперервного розливу (рис. 3.3), який працює наступним чином:

- спочатку вмикається живлення, заливається розплавлений метал із ковша в охолоджуваний водою кристалізатор, формується плита в мідній гільзі та охолоджується;

- перевіряється швидкість заливки, якщо значення дорівнює 2, поступово залийте плиту в кристалізатор. Якщо швидкість менше або більше 2, то ця швидкість призведе до руйнування плити, що означає, що швидкість заливки повинна контролюватися ПІД-регулятором;

- перевіряється форма коливання, якщо вона синусоїдна, то частота

коливань повинна дорівнювати 164. Якщо ця умова виконується, то амплітуду коливання слід перевірити пізніше.

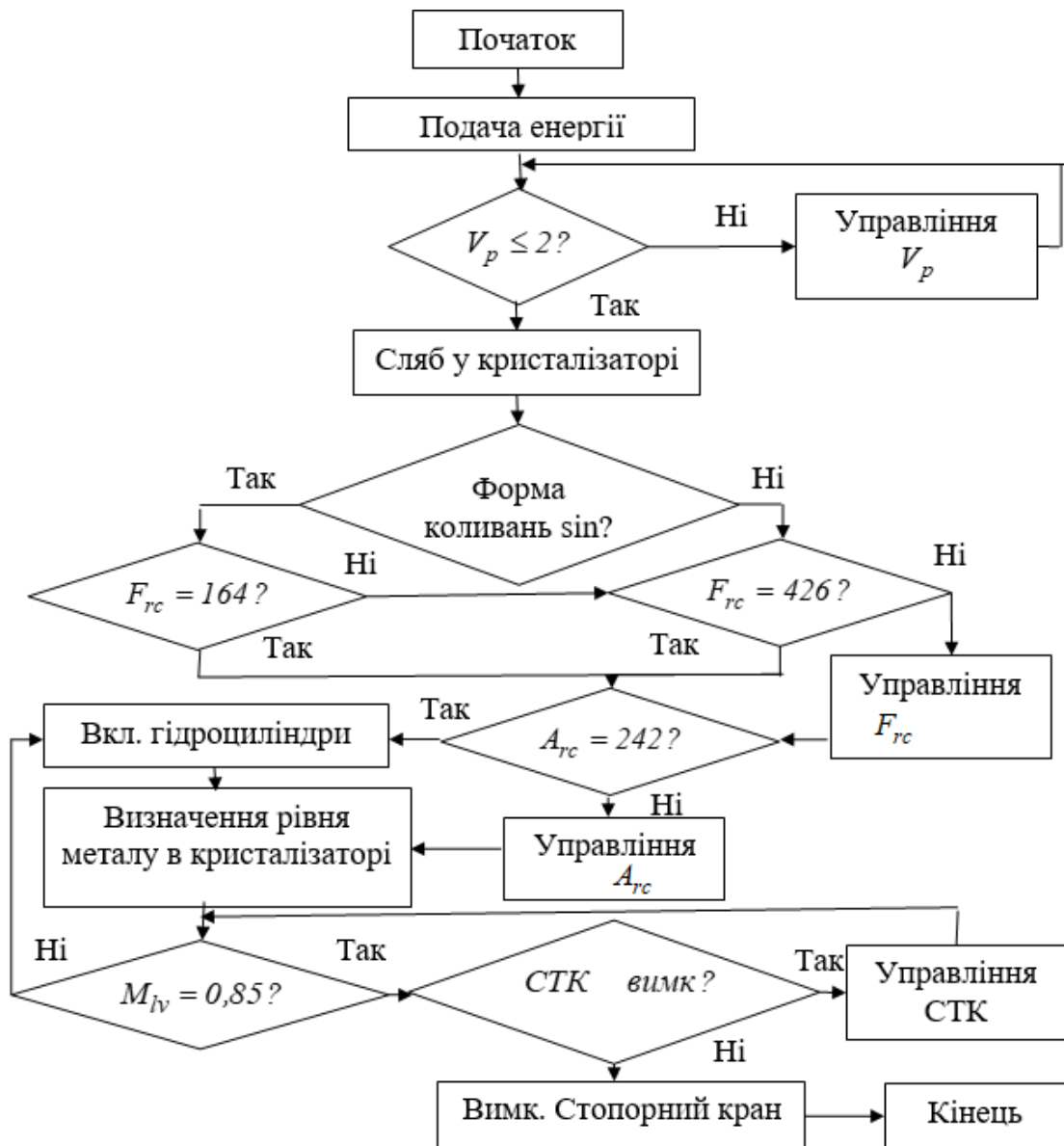


Рисунок 3.3 – Алгоритм роботи системи керування

Якщо частота коливань не 164, то треба визначити, чи дорівнює вона 426.

Якщо так, то форма коливань не є синусоїдальною.

Якщо частота коливань зазвичай більше або менше 426, потрібно контролювати значення цього параметра.

4) Перевірити амплітуду коливань, вона повинна бути 242, якщо умови виконуються, відкрити гідроциліндр.

Пластинчастий кристалізатор МБЛ приводиться в рух двома гідроциліндрами, розташованими з обох боків рухомої рами.

Якщо ні, необхідно відрегулювати частоту коливань.

5) Важливим завданням при заливці металу є підтримка заданого рівня металу в кристалізаторі. Тому необхідно визначити вміст металу в кристалізаторі. За розрахунком рівень металу повинен бути 0,85.

Якщо ця умова виконується, пробковий кран слід закрити.

Якщо ця умова не виконується, потрібно повернутися до відкриття гідроциліндра.

б) Може статися так, що кран не закритий, а його в цей час потрібно закрити.

Тому нехай розроблена система умовно складається з двох контурів: внутрішнього контуру регулювання положення пробки та контуру регулювання рівня металу в кристалізаторі.

3.3 Висновки до третього розділу

У розділі вибране середовище розробки системи контролю безперервного розливу - Trace Mode 6. Для цього було проаналізовано MasterSCADA, GENESIS-32 і Trace Mode та визначено їх переваги та недоліки.

Розроблено алгоритм роботи системи керування установкою безперервного розливу.

Для установки безперервного розливу розроблена система керування, яка контролює та контролює наступні параметри: швидкість розливу, частоту та амплітуду коливань, рівень металу в кристалізаторі та положення запірної арматури кристалізатора.

4 РОЗРОБКА SCADA-СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

4.1 Створення елементів установки безперервного розливу в TraceMode

Система створена за допомогою функціональних блоків. Спочатку необхідно створити проект, який включає вузол станції оператора та ПІД-регулятор ARIES TRM 210 з інтерфейсом RS-485. Зв'язок між станцією оператора і пристроєм відбувається за протоколом ОВЕН. Автоматичний перетворювач служить перетворювачем інтерфейсу RS-485 в RS-232. Базова адреса пристрою - 2. Курс 115200[36]. Пристрій буде підключено до СОМ-порту 1.

Створимо новий проект і виберемо стиль розробки «Простий». У правому вікні проекту з'явиться дерево проекту, що містить створений вузол RTM_1. У правому вікні проекту показано вміст вузла RTM_1 - це порожня група «Канал» і канал виклику класу «Екран 1», який використовується для відображення графічного екрана.

1) Значення швидкості заливки металу датчика, підключеного до регулятора PID, повинно відображатися на екрані.

Далі розробимо проект на рівні «Джерело/Приймач», де опишемо компонент «Джерело» для введення даних від TRM 210, який отримує дані від датчика вимірювання швидкості переповнення.

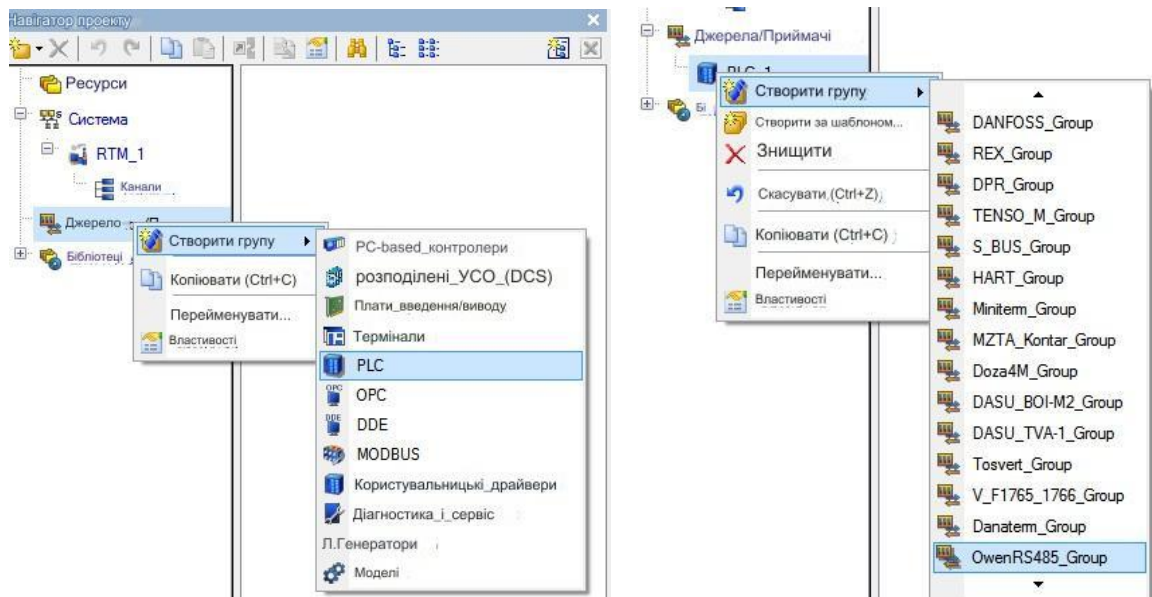
За допомогою контекстного меню створимо групу PLC_1 (рис. 4.1, а). Всередині цієї групи створимо групу Aries RS485_group (рис. 4.1, б).

Далі створимо компонент Owen RS485 у групі Owen RS485_group (рис. 1.2, в). Редагуємо компонент Owen RS485 (рис. 4.2):

- змінити назву;
- Номер порту 0, оскільки він відповідає СОМ1 комп'ютера (відповідно до умови);
- Адреса 2 (відповідно до умов інструкції TRM 210);
- Залишаємо тип і поле «Ідентифікатор» за замовчуванням (0, оскільки

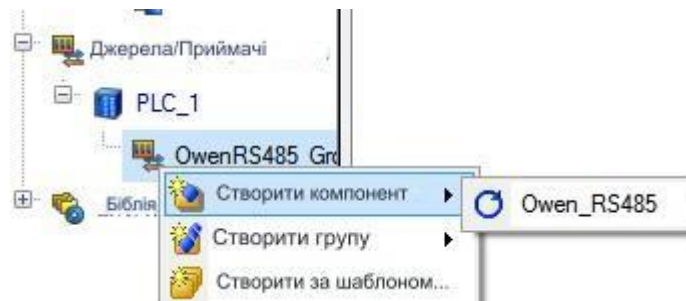
адресація буде через назву змінної);

- У полі «Додатково» введіть «VГ» - це ім'я змінної, що читається.



а)

б)



а) створення групи; б) створення компоненту групи; в) створення компоненту

Рисунок 4.1 – Процес створення нової групи в ТМ

Основні	
Ім'я	Швидкість розливу
Кодування	TW0
Коментар	
Параметри	
Порт	0
Адреса	2
Тип	1,2-int, 3-6-float
Ідентифікатор	0x0
Напрямок	Input
Додатково	Бр

Рисунок 4.2 – Вікно редагування компоненту Owen RS485

Метод перетягування блоків за допомогою миші часто використовується в проектах, тому відтепер будемо називати цей метод drag and drop.

Методом drag-and-drop переносимо компонент «Overflow Rate» (Owen RS485) в групу «Channels» вузла (рис. 4.3, а). Таким чином створюється канал класу Float (рис. 4.1, б). Float – для обробки 4-байтових дійсних чисел.

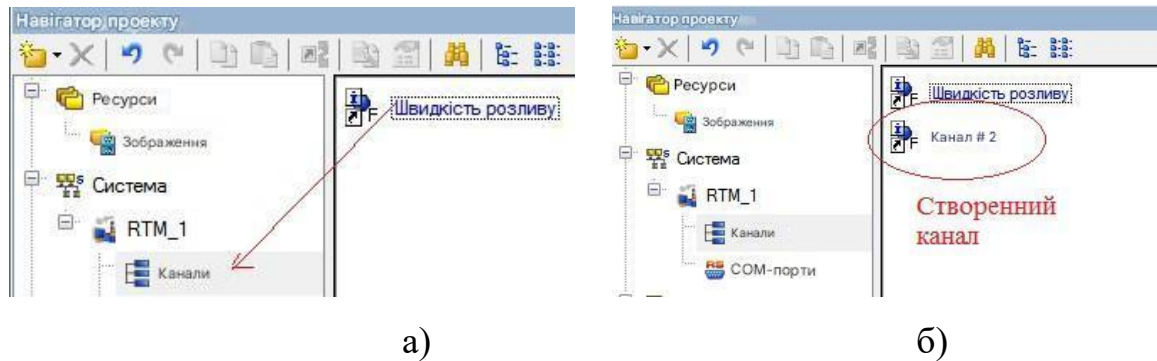


Рисунок 4.3 – Створення нового каналу в ТМ

а) приклад перетягування елементів у ТМ; б) створення каналу

Оскільки TRM210 підключено до комп'ютера станції оператора через послідовний інтерфейс, створимо та налаштуємо послідовний порт для вузла RTM_1 у вікні «Навігатор проекту» системного рівня «RTM_1». групу за допомогою Виберіть у контекстному меню COM-порт (рис. 4.2, а).

У цій групі створимо компонент COM port, всі його налаштування залишимо за замовчуванням, крім швидкості, яку встановимо відповідно до налаштувань пристрою (TRM), яка становить 115200 (рис. 4.4, б).

2) Значення параметрів «частота коливань» і «амплітуда коливань» потрібно вивести на екран.

Давайте створимо шари OwenRS485_Group_2 і OwenRS485_Group_3 на основі шаблону.

Кожен набір складається з двох компонентів, Owen_RS485 #2 і Owen_RS485 #3. Перейменуйте компоненти на частоту коливань і амплітуду коливань.

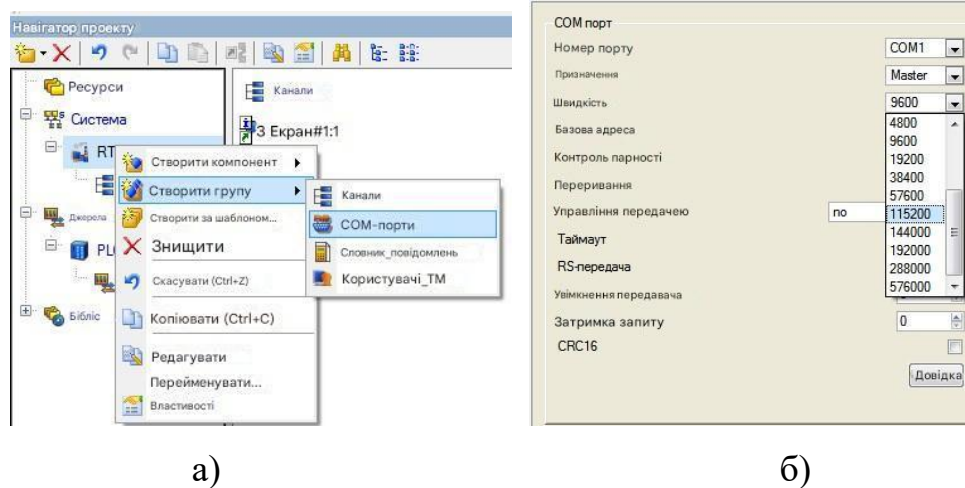


Рисунок 4.4 – Створення групи СОМ порти

а) створення групи СОМ-портів; б) редагування компоненту СОМ-порту

Відредагуємо компонент Частота коливань (рис. 4.5, а, б).

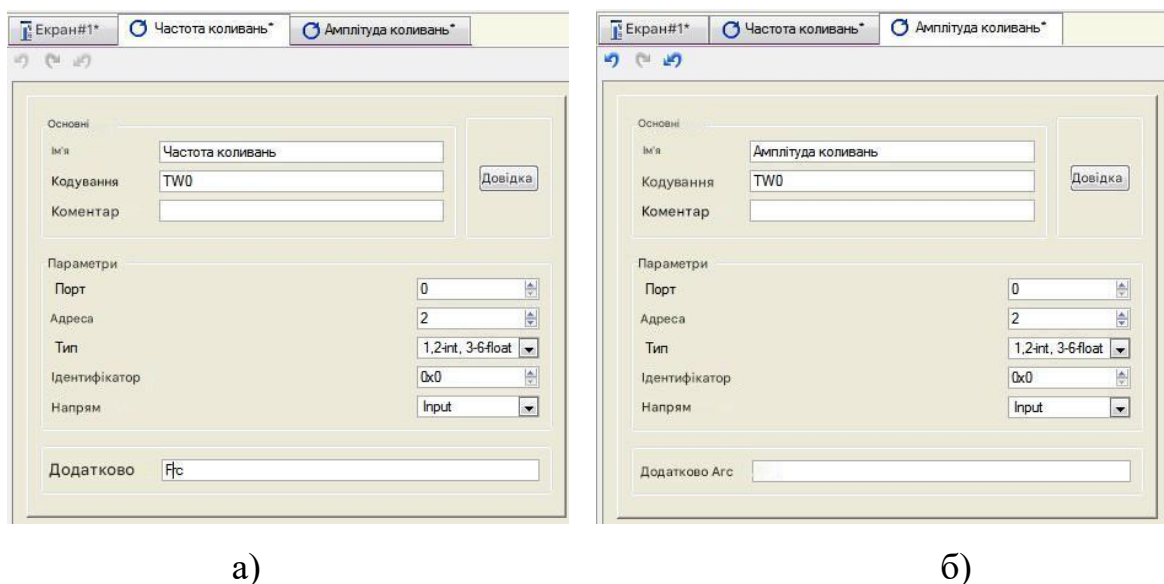
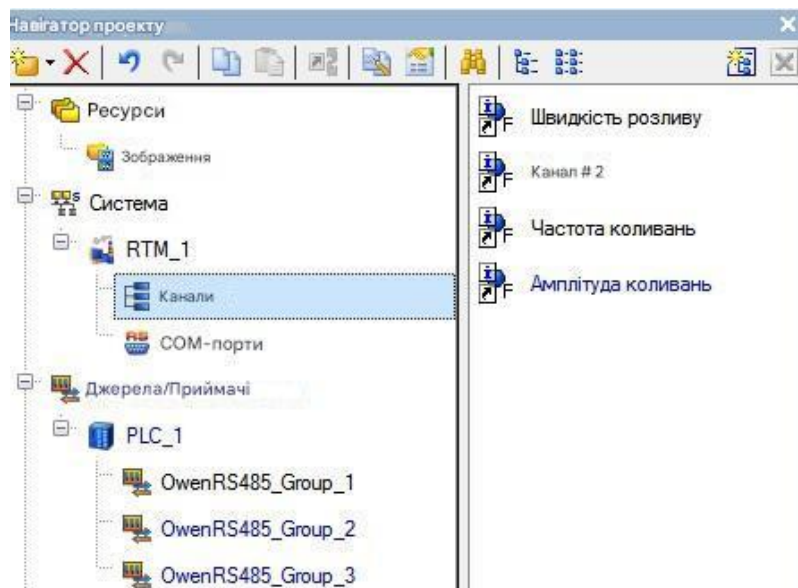


Рисунок 4.5 – Налаштування параметрів компонентів: а) вікно настройки параметрів компоненту «Частота коливання»; б) вікно настройки параметрів компоненту «Амплітуда коливання»

Використовуємо перетягування, щоб прив'язати компонент до шару «Канали», «перетягуємо» елементи дерева навігації до шару «Канали», а потім компонент відобразиться в дереві компонентів «Канали». Канали» (рис. 4.3, а).

Перенесемо ці компоненти в таблицю «Параметри», щоб не створювати вручну ці параметри, необхідні для зв'язку з елементами екрана (інтерфейсу) (рис. 4.6, б).



а)

Ім'я	Тип	Тип даних	Значення за замовчуванням	Прив'язка
Швидкість_розливу_R	IN	REAL		Швидкість розливу: Реальне значення (Система.RTM_1.Канали)
Частота_коливань_R	IN	REAL		Частота коливань: Реальне значення (Система.RTM_1.Канали)
Амплітуда_коливань_R	IN	REAL		Амплітуда коливань: Реальне значення (Система.RTM_1.Канали)

б)

Рисунок 4.6 – Дерево навігатора проекту

а) дерево навігатора проекту; б) вікно проекту «Переметри»

3) Підключіть генератор до режиму Trace для перетворення електричної енергії джерела постійного струму (джерела живлення) в задану форму енергії електричних коливань – синусоїдальних і несинусоїдальних хвиль, і подальшого виведення значення генератора на графічний елемент (GE) "тренд".

Створимо групу «Генератори_2» у шарі «Джерела/Приймачі» (рис. 4.7, а, б).

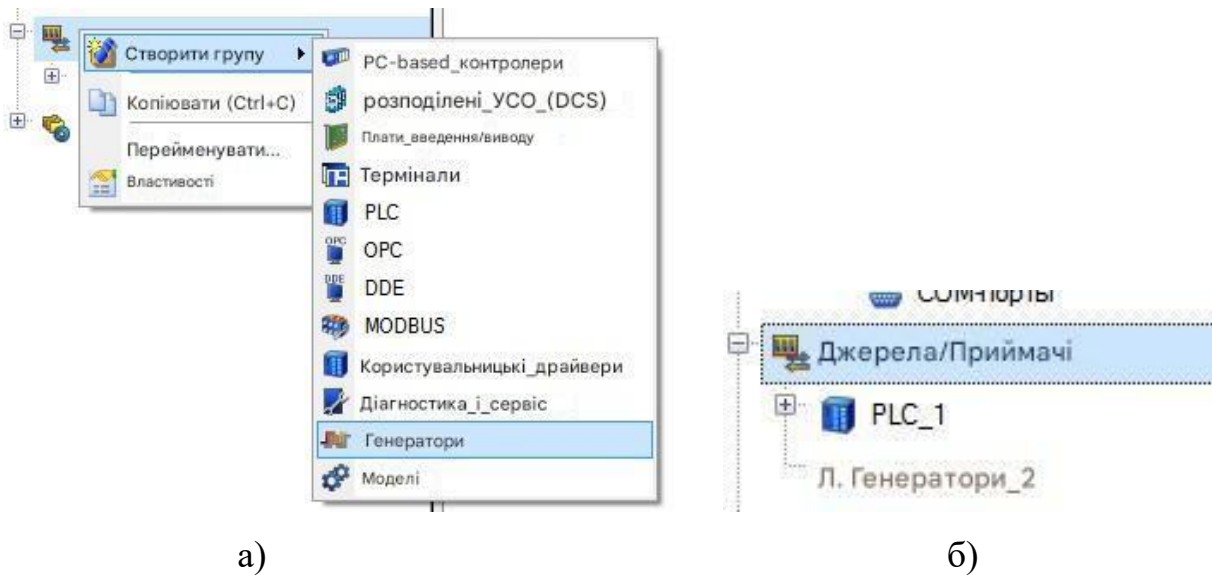


Рисунок 4.7 – Дерево навігатора проекту

а) Створення генератора; б) дерево навігатора з створеним генератором

Створимо компоненти «Синусоїда» і «Пила» (рис. 4.4, а). Зробимо прив'язку компонентів «Синусоїда» і «Пила» до вузла RTM_1 методом drag-and-drop в шар «Канали» (рис. 4.8, б).

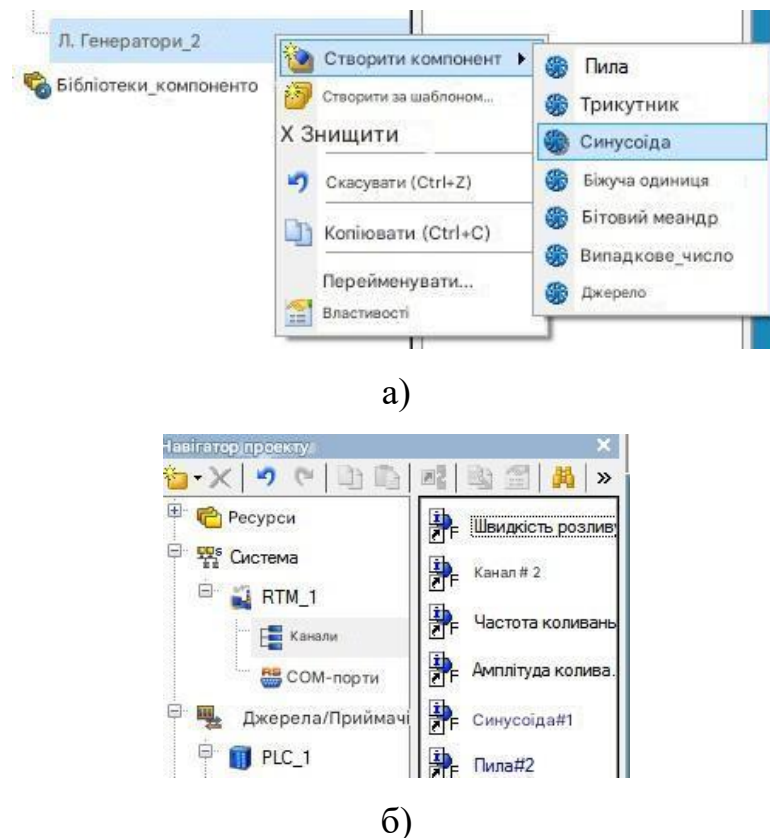


Рисунок 4.8 – Створення компоненту «Синусоїда»

а) створення компоненту «Синусоїда»; б) дерево навігатора проекту

Створимо аргумент «Синусоїда» та «Пила» також методом drag-and-drop з вікна компонентів у вікно «Аргументи» (рис. 4.9).

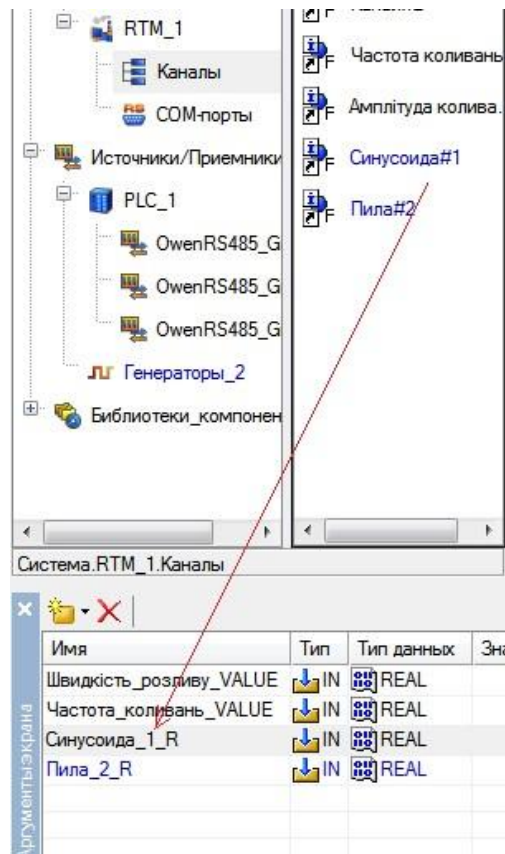


Рисунок 4.9 – Створення аргументів «Синусоїда» та «Пила»

3) Далі потрібно вивести на екран інтерфейсу значення параметра «Рівень металу» в кристалізаторі.

У шарі «Джерело/приймач» опишіть компонент «Джерело», який використовується для введення даних із TRM 210. За допомогою контекстного меню у вже створеній групі PLC_1 створіть групу OwenRS485_Group_4. У цій групі створимо компонент Aries RS485_group і змінимо його назву на «Metal Level» (Рис. 4.10).

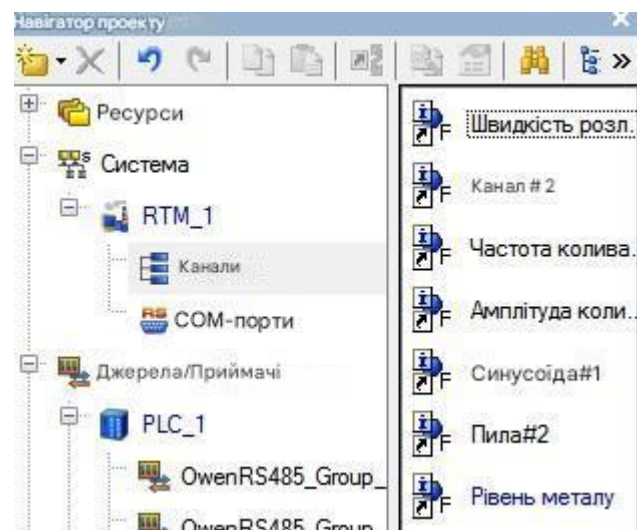
Прив'яжемо компонент «Рівень металу» до шару «Канали» методом перетягування (рис. 4.9, а). Створимо аргумент методом drag-and-drop у вікні «Аргументи» (перетягніть компонент із шару Канали у вікно Аргументи) (рис. 4.11, б).

The dialog box is titled 'Основні' (Basic) and contains the following fields:

- Ім'я (Name): Рівень металу
- Кодування (Encoding): TWO
- Коментар (Comment): [Empty]
- Порт (Port): 0
- Адреса (Address): 2
- Тип (Type): 1,2-int, 3-6-float
- Ідентифікатор (Identifier): 0x0
- Напрямок (Direction): Input
- Додатково Miv (Additional Miv): [Empty]

A 'Довідка' (Help) button is located to the right of the 'Кодування' field.

Рисунок 4.10 – Вікно настройки параметру «Рівень металу»



а)

Ім'я	Тип	Тип даних	Значення за замовчуванням	Прив'язка
Швидкість_розливу_R	IN	REAL		Швидкість розливу: Реальное значение (Система.RTM_1.Канали)
Частота_коливань_R	IN	REAL		Частота коливань: Реальное значения (Система. RTM_1. Канали)
Амплітуда_коливань_R	IN	REAL		Амплітуда коливань: Реальное значения (Система. RTM_1. Канали)
Синусоїда_1_R	IN	REAL		Синусоїда # 1: Реальное значения (Система. RTM_1. Канали)
Рівень_металу__R	IN	REAL		Рівень металу :Реальное значение (Система.RTM_1.Канали)
Пила_2_R	IN	REAL		Пила # 2: Реальное значения (Система. RTM_1. Канали)

б)

Рисунок 4.11 – Створення нового компоненту та його аргументу:

а) вікно дерева навігатора б) вікні «Аргументи»

Отже, в середовищі ТМ створюється елемент «джерело», з якого сигнал проходить по каналу (компоненті) через СОМ-порт і далі відображається на екрані інтерфейсу, де параметри виступають елементами з'єднання.

4) Необхідно створити екран 2 і реалізувати керування механізмом блокування МБЛ.

Давайте створимо групу MODBUS_3 у шарі «Джерела/Приймачі» та створимо групи в ній:

Read_state_Coil – читання стану дискретного виходу

Read_State_Inp – читання стану дискретного входу

Write_Singl_Coil – дискретне керування виходом.

Давайте створимо компонент Rout_Byte (1) на основі першої команди групи Read_state_Coil (рис. 4.12).

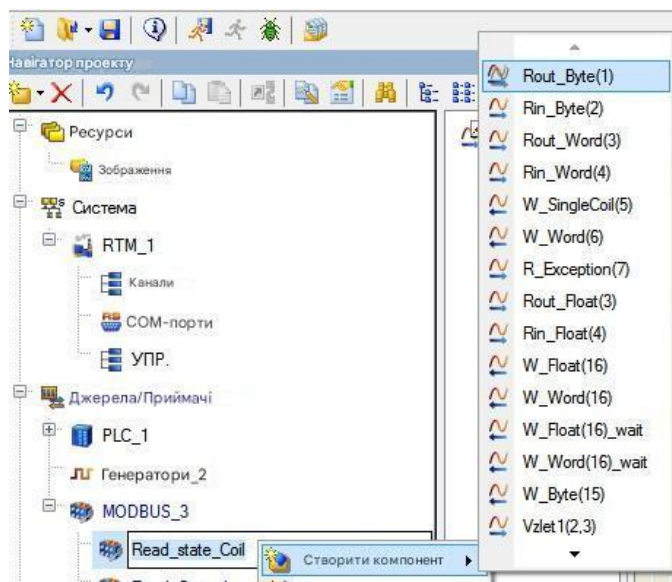


Рисунок 4.12 – Створення компоненту Rout_Byte (1)

Цей компонент необхідно відредагувати (рис. 4.13).

Команда Rout_Byte(1) дозволяє зчитувати стан 8 дискретних виходів, але в цьому випадку цікавить молодший 1. Так само створюємо компонент Rin_Byte (2) №1 у другій групі Read_State_Inp (рис. 4.14, а).

Компонент Rin_Byte (2) # 1 – 2 Для другої команди також відредагуємо її властивості.

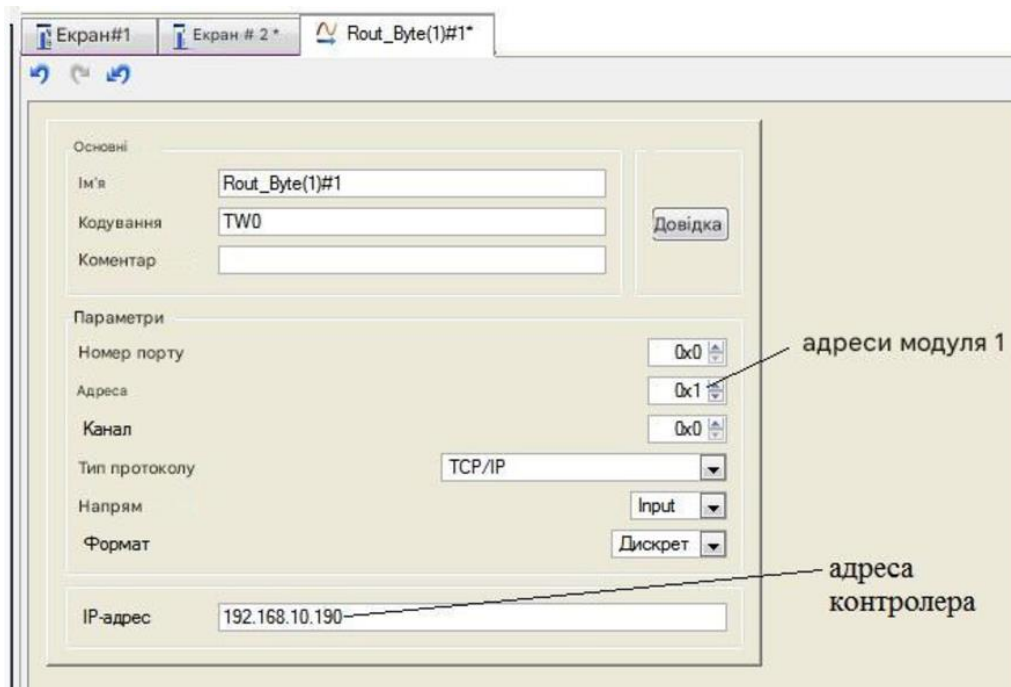


Рисунок 4.13 – Вікно настройки компоненту Rout_Byte (1)

У цьому випадку значущим є перший молодший біт, який буде зчитано з модуля. Створюємо третій компонент W_SingleCoil(5)#1 у групі Write_Singl_Coil (рис. 4.13, а). Відредагуємо властивості компонента W_SingleCoil (5) №1 (рис. 4.15, б).

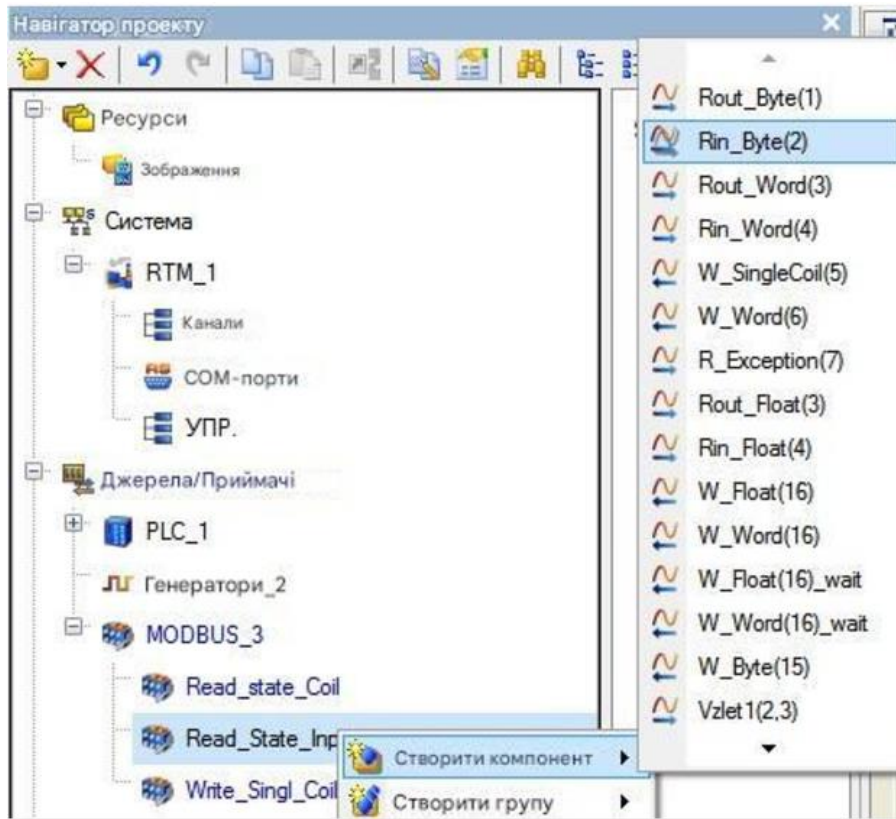
Використовуючи метод drag-and-drop, «перетягніть» групу MODBUS_3 до вузла RTM_1.

Далі потрібно відкрити групу в сфері "RTM_1", яка містить ще 3 групи, і створіть компонент для кожної групи.

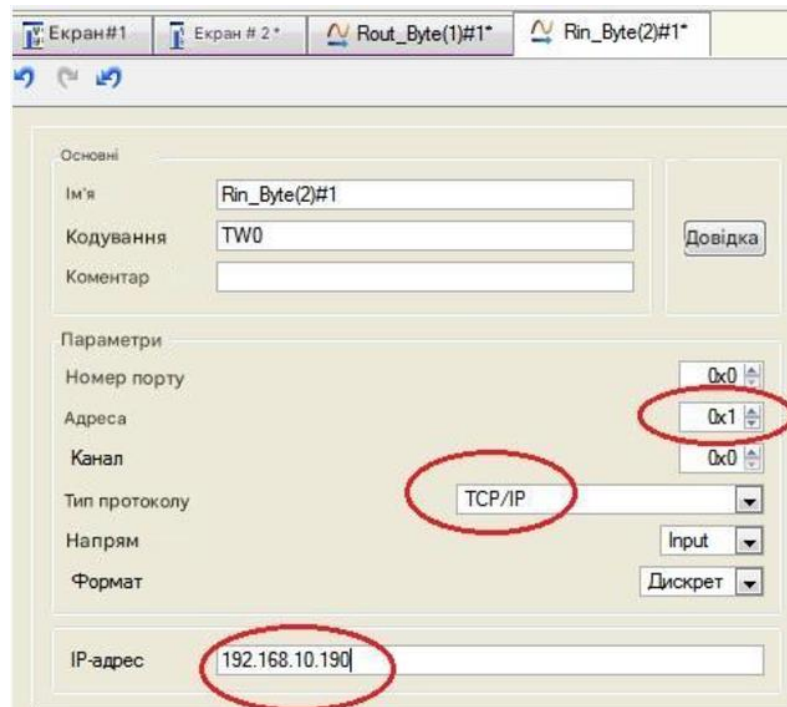
Тому те, що отримано в першій групі Read_state_Coil, є каналом Rout_Byte(1)#1 класу Neh 16, який зчитує стан 1 дискретного виходу.

На рис 4.16 показано вікно налаштування властивостей цього каналу.

Канал Rin_Byte (2) №1 також є класом Neh 16 і зчитує стан 1 дискретного входу. Встановимо прапорець у полі «Інвертувати» для коректного використання графічних елементів на графічному екрані (рис. 4.17).



а)



б)

Рисунок 4.14 – Формування другого компонента Rin_Byte (2) # 1:

а) формування компоненту Rin_Byte (2) # 1; б) налаштування параметрів нового компоненту

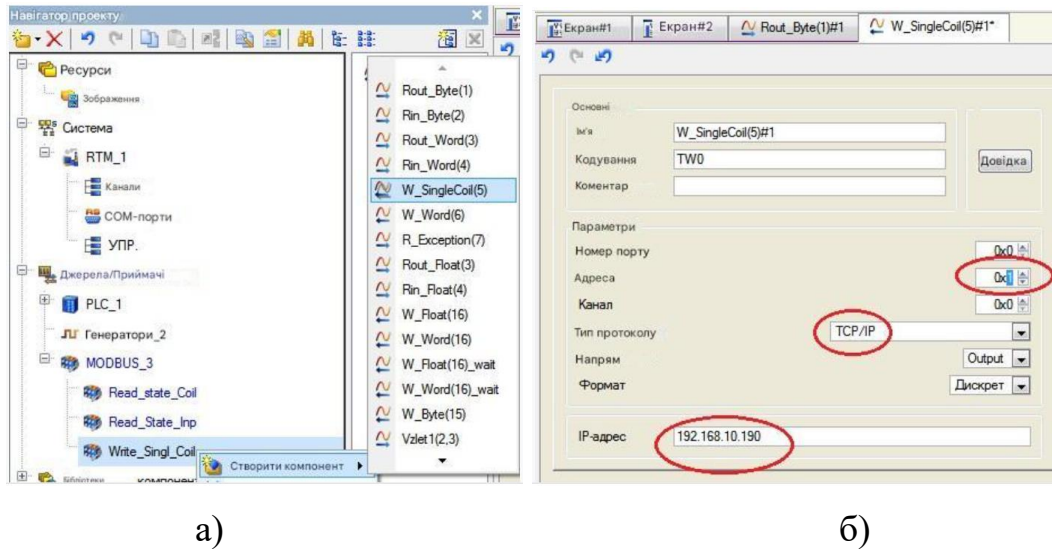


Рисунок 4.15 – Створення третього компонента W_SingleCoil(5)#1:
а) створення компонента; б) редагування властивостей компонента

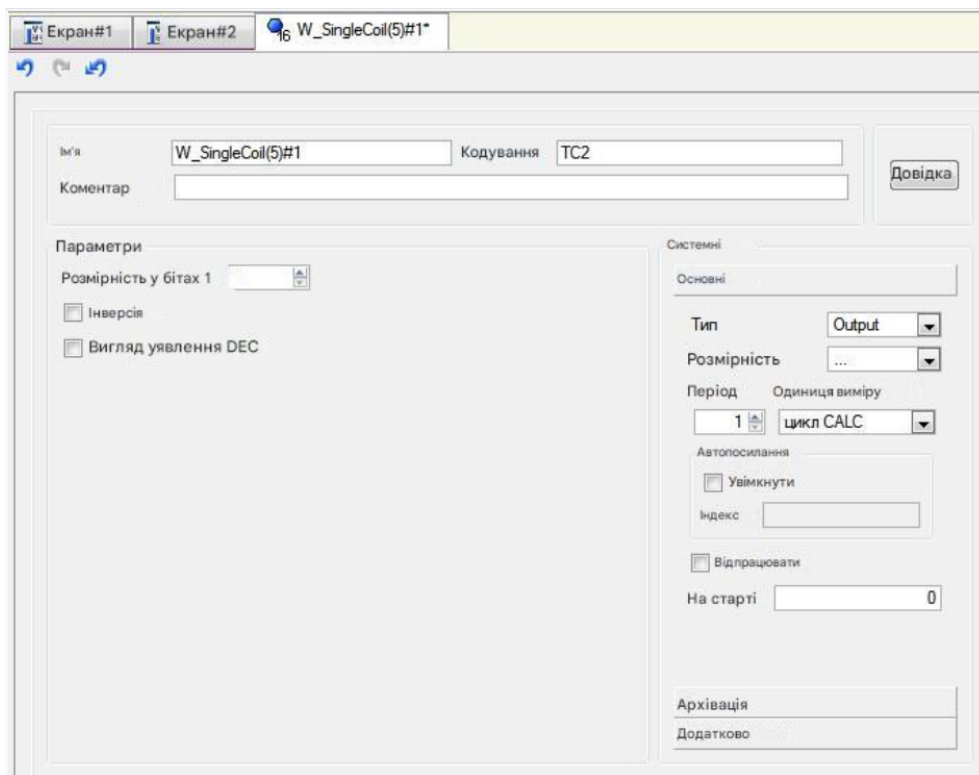


Рисунок 4.16 – Вікно налаштування властивостей Read_state_Coil

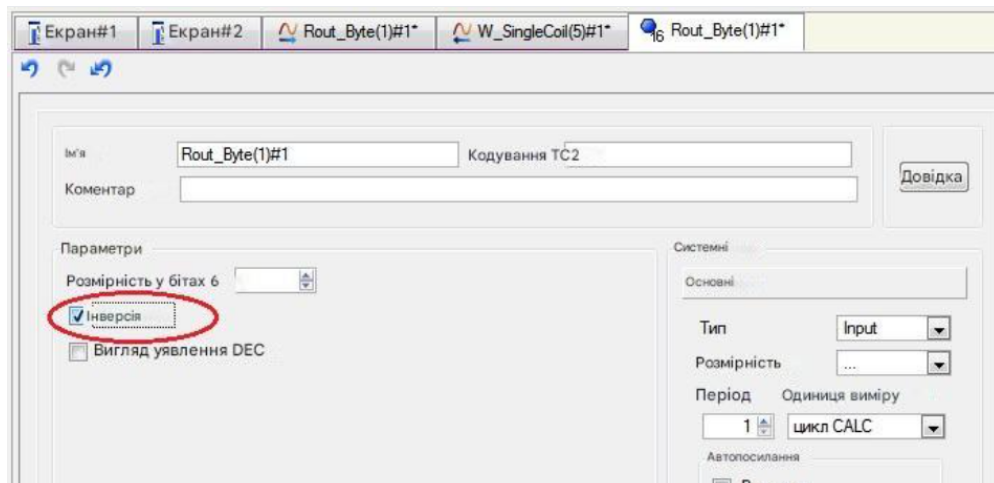


Рисунок 4.17 – Вікно настройки властивостей Rin_Byte (2) # 1

У 3ій групі Write_Singl_Coil є один канал класу Hex 16 типу Outprt, який зчитує стан одного дискретного входу, що керує дискретним виходом (рис. 4.18).

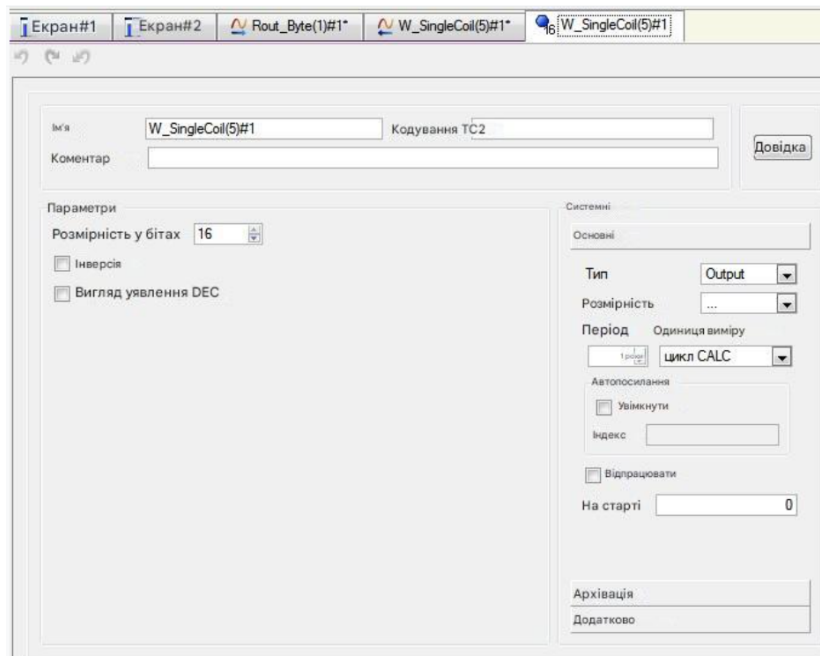


Рисунок 4.18 – Вікно настройки властивостей Write_Singl_Coil

Створимо аргументи з якими буде відбуватись взаємодія Екрану 2. Для зробімо прив'язку аргументів до компонентів та змінимо їх тип, тип даних та імена (рис. 4.19).

Имя	Тип	Тип данных	Значения за замовчуванням	Прив'язка
ARG_000	IN	UINT		16 Rin_Byte(2)#1: Реальне значення (Система. RTM_1.MODBUS_3.Read_State_Inp)
ARG_001	IN	UINT		16 Rout_Byte(1)#1: Реальне значення (Система. RTM_1.MODBUS_3.Read_state_Coil)
ARG_002	IN/OUT	BOOL		16W_SingleCoil (5)#1: Реальне значення (Система. RTM_1.MODBUS_3.Write_Singl_Coil)
ARG_003	IN/OUT	BOOL		16W_SingleCoil (5)#2: Реальне значення (Система. RTM_1.MODBUS_3.Write_Singl_Coil)
ARG_004	IN/OUT	BOOL		16W_SingleCoil (5)#3: Реальне значення (Система. RTM_1.MODBUS_3.Write_Singl_Coil)

Рисунок 4.19 – Вікно зі створеними аргументами

ARG_000 – зчитування стану дискретних входів.

ARG_001 – зчитування стану дискретних виходів.

ARG_002 – засіб управління дискретним виходом.

В даному проекті обрано моніторинг за станом одного дискретного виходу але аналогічним чином можна створити і для більшої кількості каналів.

4.2 Розробка інтерфейсу користувача системи управління

Тепер розробимо графічний інтерфейс для відображення даних на моніторі оператора.

1) Нехай TRM210 відображає значення «Overflow Speed» у текстовому вікні та в графічному елементі (GE) «Camera Device».

Двічі клацніть компонент «Screen1», щоб відкрити його для редагування:

– Відображення заголовка екрана. Для цього виберіть графічний елемент (GE) «Текст» і «перетягніть» його на екран. Далі потрібно змінити тип і розмір шрифту та прив'язати елементи до потрібних компонентів (рис. 4.20, а, б).

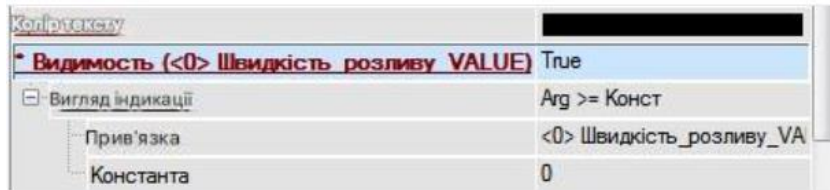
Результат створеного заголовка інтерфейсу показано на рисунку 4.21.

Далі створимо параметр шаблону екрана для відображення інформації про поточне значення Overflow Rate.

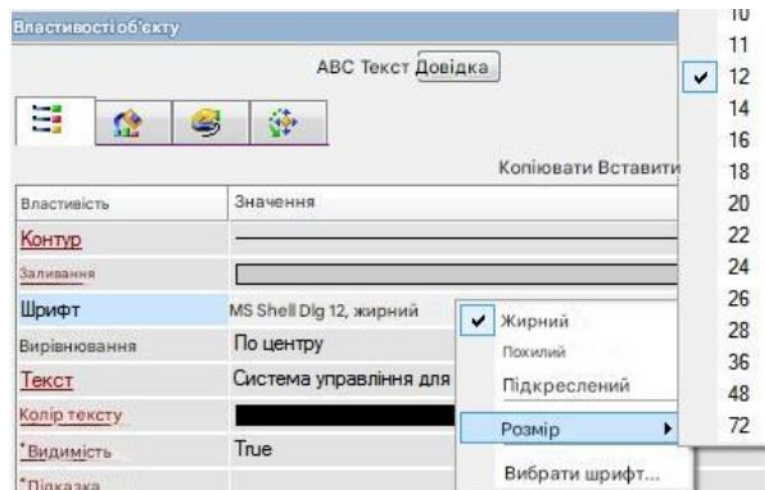
Параметри в ТМ — це змінні, які використовуються створеною програмою для зв'язку з іншими модулями в TraceMode 6 (такими як модуль «Екран», модуль «Джерело/приймач» тощо).

Для цього відкрийте вкладку Параметри меню Вид і виберіть пункт

Параметри (рис. 4.22).



а)



б)

Рисунок 4.20 – Налаштування параметрів ГЕ «Текст»:

а) прив'язка ГЕ «Текст»; б) налаштування параметрів шрифту

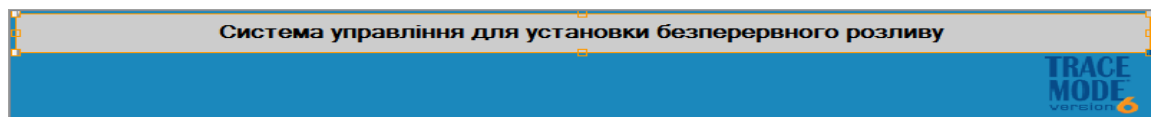


Рисунок 4.21 – Створений заголовок інтерфейсу

Далі створимо параметр шаблону екрана. Для цього виберіть створений елемент «Швидкість переповнення» в групі «Канали» і «перетягніть» його в таблицю параметрів раніше відкритого екрану.

Властивості каналу, параметри або властивості «джерело/приймач» можуть бути прикріплені до параметрів (рисунок 4.23).

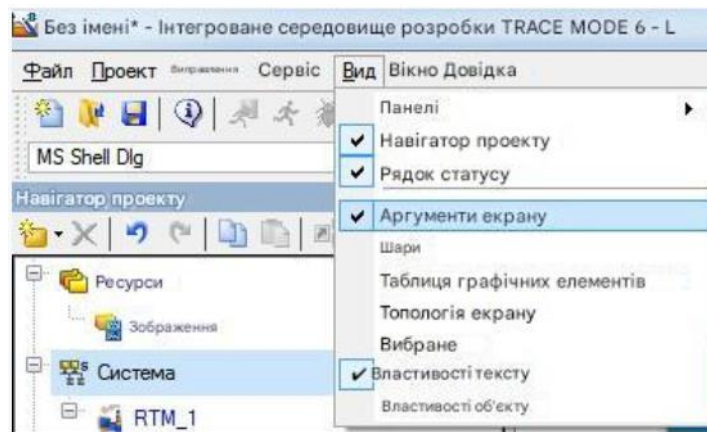


Рисунок 4.22 – Підключення вікна «аргументи»

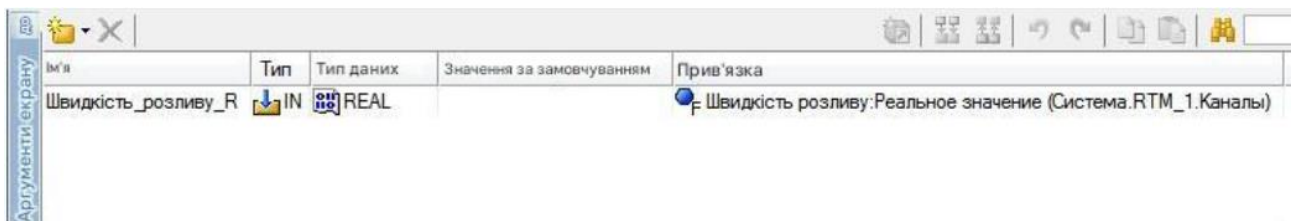




Рисунок 4.23 – Вікно «Аргументи»

Якщо зчитування з порту пристрою, тому тип INP, якщо записування в порт тоді OUTP. Розташуємо ГЕ для відображення даних про «Швидкість розливу» на екрані:

– вивести ГЕ «Текст»  та «Стрілочний прилад»  (рис. 3.25, а) на екран.

Змінити поділ шкали ГЭ на від 1 до 10 м/хв, хоча максимальне значення може бути 15 м/хв (рис. 4.24, б).

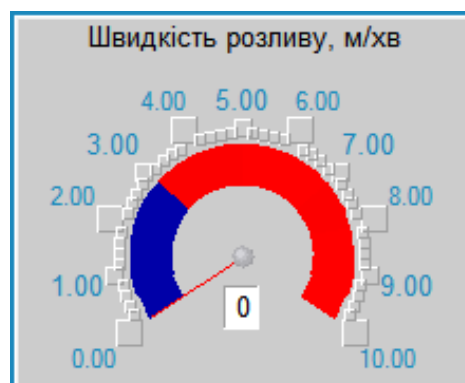


Рисунок 4.24 – Налаштування елемента відображення «Стрілочний прилад»

- – для прив'язки до GE «Текст» «перетягніть» з таблиці параметрів екрана «Параметри» на «Текст» (безпосередньо на екрані);
- - зайти у властивості «Пристрій захоплення» та клацніть мишею на полі «Видимий розмір», відкриється поле «Посилання», натисніть на поле «Посилання» та зв'яжіть елемент, який був підготовлений у «Швидкість перепоповнення» екран (мишкою виділіть необхідні елементи) і натисніть кнопку Підготувати (рис. 4.25).

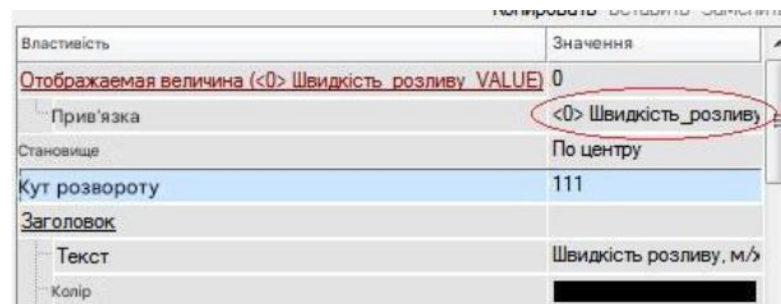



Рисунок 4.25 – Налаштування прив'язки GE «Стрілочний прилад»

Для перевірки, чи вірно встановлена прив'язка GE до аргументів екрану, необхідно скористатися режимом емуляції. Перехід у режим емуляції відбувається за допомогою іконки  на панелі інструментів. При натисканні на екран графічного редактора, виводиться вікно завдання значення аргументу у відповідному полі (рис. 4.26, а, б).

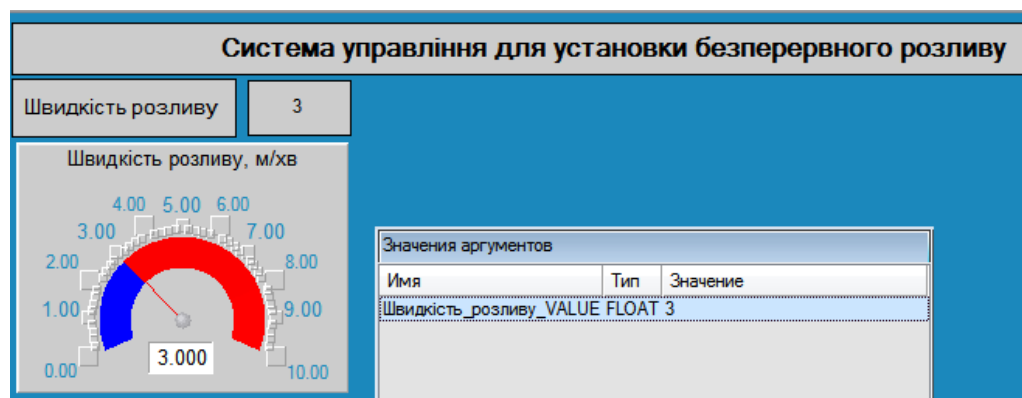


Рисунок 4.26– Вікно розробленого інтерфейсу

Давайте додамо індикатор, який заповнює статус швидкості. При значенні швидкості більше 3 м/хв індикатор горить червоним кольором, при

нормальній, тобто від 1 до 3 м/хв, індикатор синім (рис. 4.27, а, б). Для цього виберіть сферу «Сфера» і налаштуйте її в полі «Базовий колір» і прив'язку в полі «Прив'язка» разом з необхідним кольором. Далі встановлюємо постійну 3 м/хв, якщо значення більше, то загориться червоний колір, значить сталася аварія.



Рисунок 4.27 – Вікно розробленого інтерфейсу в режимі емуляції

Для керування значенням параметра «Швидкість перепоповнення» необхідно створити набір каналів «UPR» і додати до нього компоненти (рис. 4.28, а) та налаштувати ці компоненти і створити параметри, як показано на рисунку 4.28, б).

Ім'я	Тип	Тип даних	Значення за замовчуванням	Прив'язка
Упр_R	IN	REAL		Кер. Р: Реальне значення (Система. RTM_1.УПР.)
Упр_Frc_R	IN	REAL		Кер. Frc: Реальне значення (Система. RTM_1.УПР.)
Упр_Arc_R	IN	REAL		Кер. Arc: Реальне значення (Система. RTM_1.УПР.)

Рисунок 4.28 – Вікно навігатора проекту - аргументи каналу «УПР»

Необхідно налаштувати контроль значень параметрів шляхом введення інформації у спливаючому вікні. Для цього перейдіть на вкладку Події текстового GE та налаштуйте параметри (рис. 4.29, а, б).

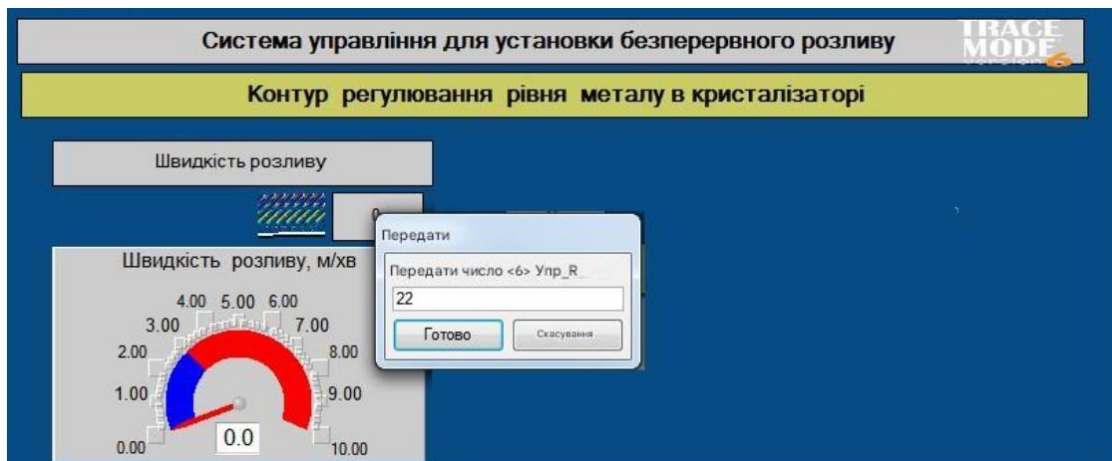


Рисунок 4.29 – Інтерфейс системи управління в режимі емуляції - управління даними «Швидкість розливу»

Для того, щоб введені дані візуалізувати зробимо нову прив'язку ГЕ «Стрілочний прилад» (рис. 4.30).

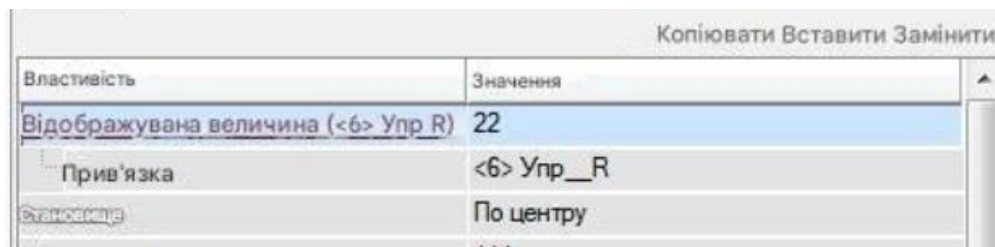


Рисунок 4.30 – Вікно настройки ГЕ «Стрілочний прилад»

2) Нехай TRM210 відображає частоту та амплітуду коливань у текстовому вікні.

Візуалізація процесу управління значеннями цих параметрів стане можливою завдяки ГЕ «Слайдер». Додамо до графічного інтерфейсу елементи для відображення даних про частоту та амплітуду коливань на моніторі оператора (рис. 4.31, а):

- для напису використано два «тексти» ГЕ: «частота коливань» і «амплітуда коливань»;
- два «тексти» ГЕ для напису: «Виправлення»;
- два ГЕ «тексту» для виведення значень цих параметрів;

- два «повзунки» GE.

Вікно налаштування GE «Текст», яке використовується для виведення значення параметра «частота коливань», показано на рисунку 4.31, б, в.



Рисунок 4.31 – Інтерфейс системи управління - екран з елементами «Текст» та «Повзунок»

Тому перетягніть GE "Текст" з параметра "Frequency_of_oscillations_R" на елемент на екрані. Подія налаштована як Упр__Frc_R.

Подібним чином налаштовуємо «Текст» GE параметра «Амплітуда коливань» методом перетягування з параметра «Амплітуда_коливань_R» на елемент на екрані. Прив'язка переходить до Control_Arc_R лише тоді, коли встановлено подію.

Далі необхідно налаштувати «повзунок» GE так, щоб при коригуванні інформації значення виводилося на екран.

Вікно налаштування «повзунка» GE показано на рисунку 4.32.

Так само GE налаштовується як "амплітуда коливань", прив'язана тільки до параметра Упр__Арц_R.

3) Коливання генератора будуть відображені у вікні GE Trend.

Вікно налаштувань показано на рисунку 4.33, а, б.

У налаштуваннях цього елемента змінено колір графіки, товщину ліній, діапазон значень.

Використовуйте метод перетягування, щоб прив'язати параметр "Sinusoid_1_R" до елемента на екрані.

Таким же чином прив'яжіть параметр «Saw_2_R» до елемента на екрані.

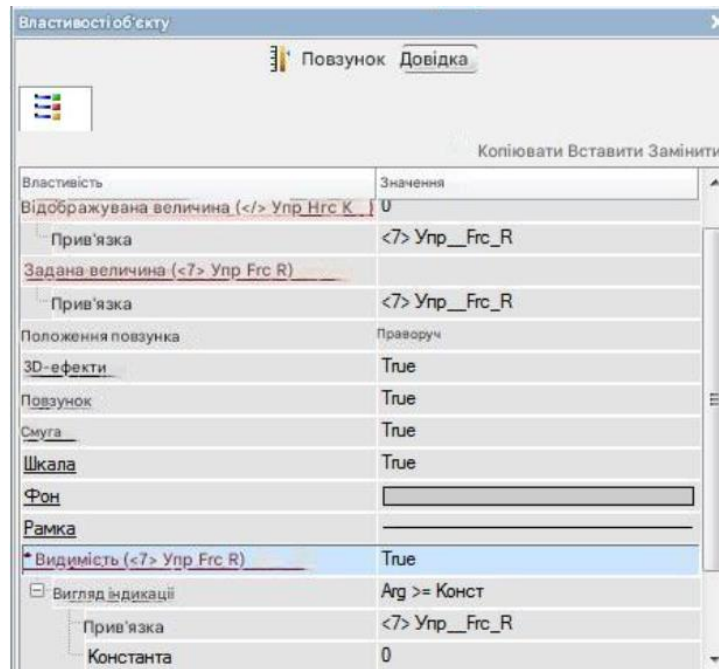


Рисунок 4.32 – Вікно настройки GE «Повзунок»

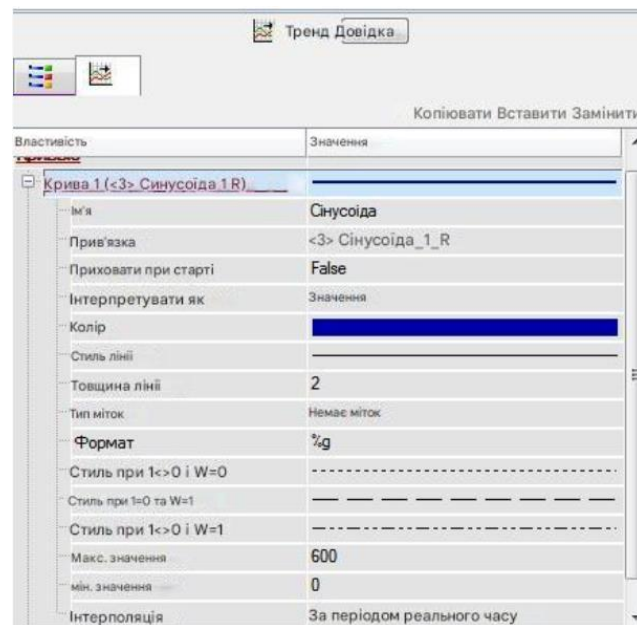


Рисунок 4.33 – Вікно настройки GE «Тренд» - настройка «Синусоїди»

Таким же способом, тобто через тип передачі «Вхід і передача» GE «Текст», налаштуйте керування параметрами «Частота коливань» і «Амплітуда коливань» у вкладці «Подія».

Створіть 3 GE «тексти» для параметра «Metal Level» і налаштуйте їх (рис. 4.34, а, б, в.) Але додайте «повзунок» GE і налаштуйте його.

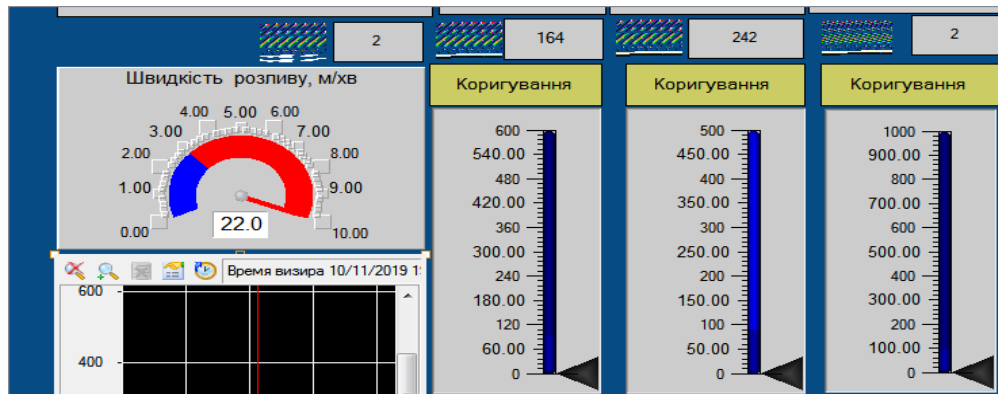



Рисунок 4.34 – Вікна ТМ - інтерфейс користувача системи управління

Додамо на екран ГЕ «Дата и время» для спостереження за реальним часом .

Додамо на екран 3 ГЕ «Кнопка» для того, щоб запустити на виконання проект та зупинити. Третя кнопка для переходу на 2 екран, на якому здійснюватиметься управління стопорним механізмом МБЛ.

Налаштування ГЕ «Кнопка» для переходу на Екран 2 на рисунку 4.35.

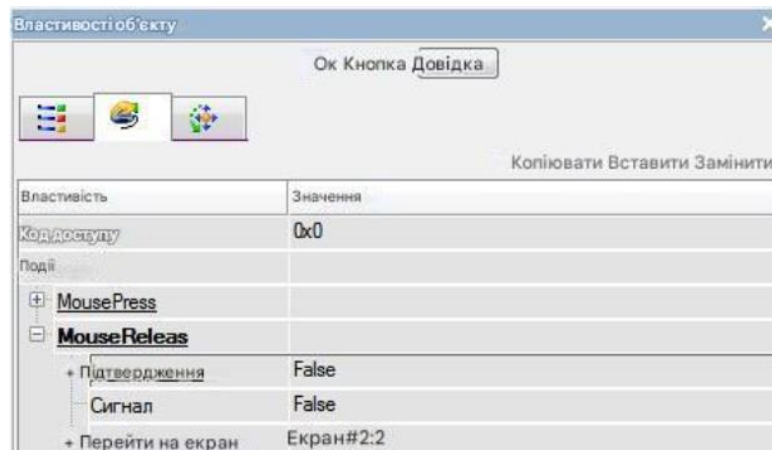



Рисунок 4.35 – Вікна настройки ГЕ «Кнопка»

4) Додамо на Екран 2 ГЕ «Вимикач»  щоб показувати стан вкл / викл. гідравлічних циліндрів. Зробимо редагування його атрибутів (рис. 4.36).

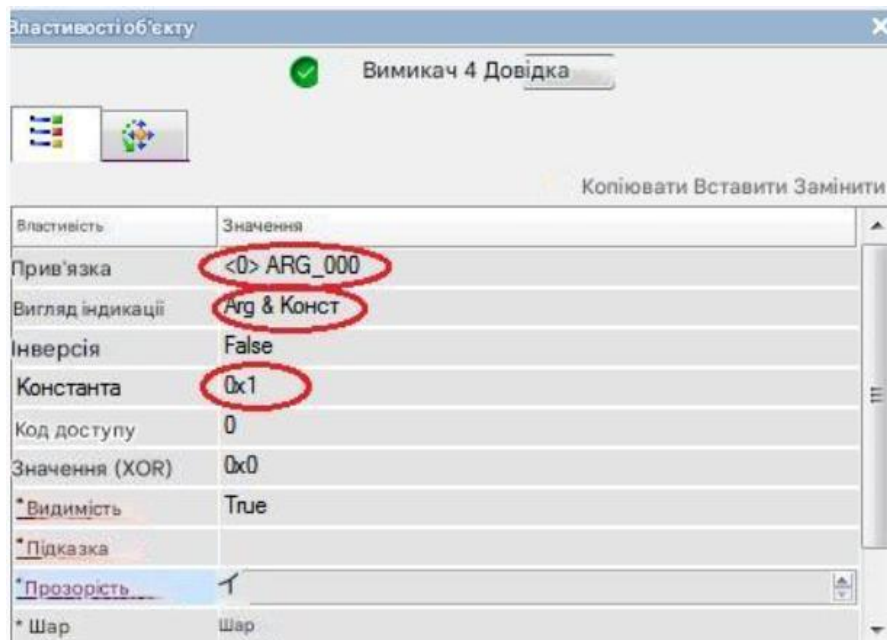


Рисунок 4.37 – Вікна настройки властивостей ГЕ «Вимикач»

Щоб відобразити стан первинного дискретного виходу, використовуйте константу 0x1 і тип відображення Arg & Const.

Для вмикання/вимкнення гідроциліндра на екрані GE розмістимо «кнопки» – елементи індикації та керування (рис. 4.38).

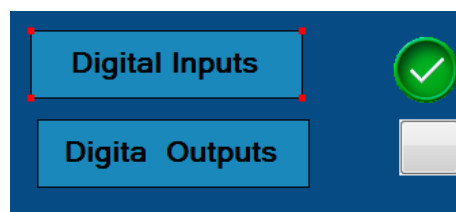


Рисунок 4.38 – Інтерфейс (Кран 2)

Вікно налаштувань наведено на рис. 4.39.

Сформувати напис на кнопці на основі бітів, прочитаних командою №1. Якщо зчитування біта = 0, на кнопці буде написано OFF і навпаки.

MousePressed (натискання ЛК на ГЕ); MouseReleased (віджаття ЛК на ГЕ).

Повністю розроблени Екран 2 наведений на рис. 4.40.

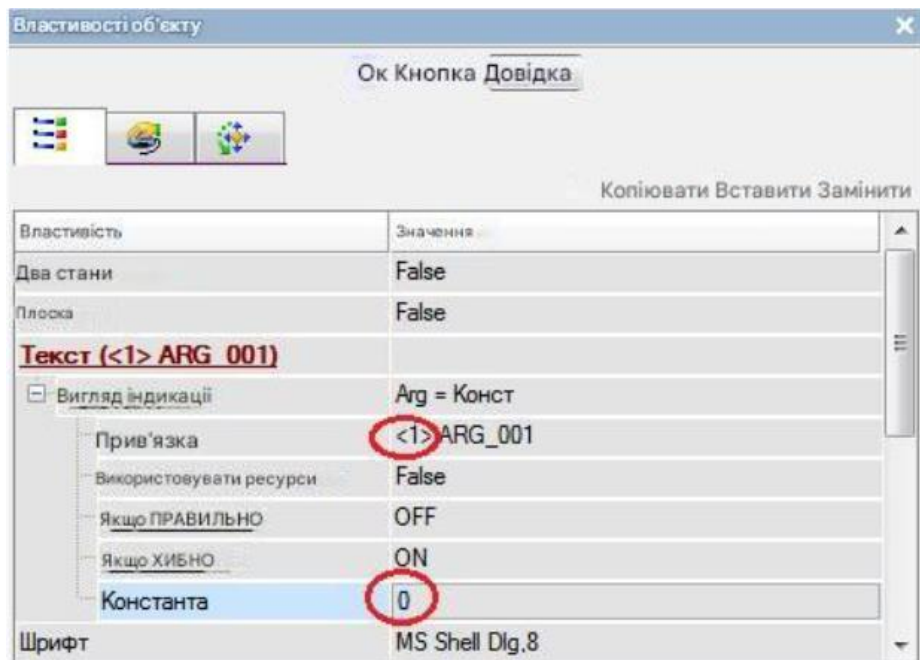


Рисунок 4.39 – Вікно настройки ГЕ «Кнопка»

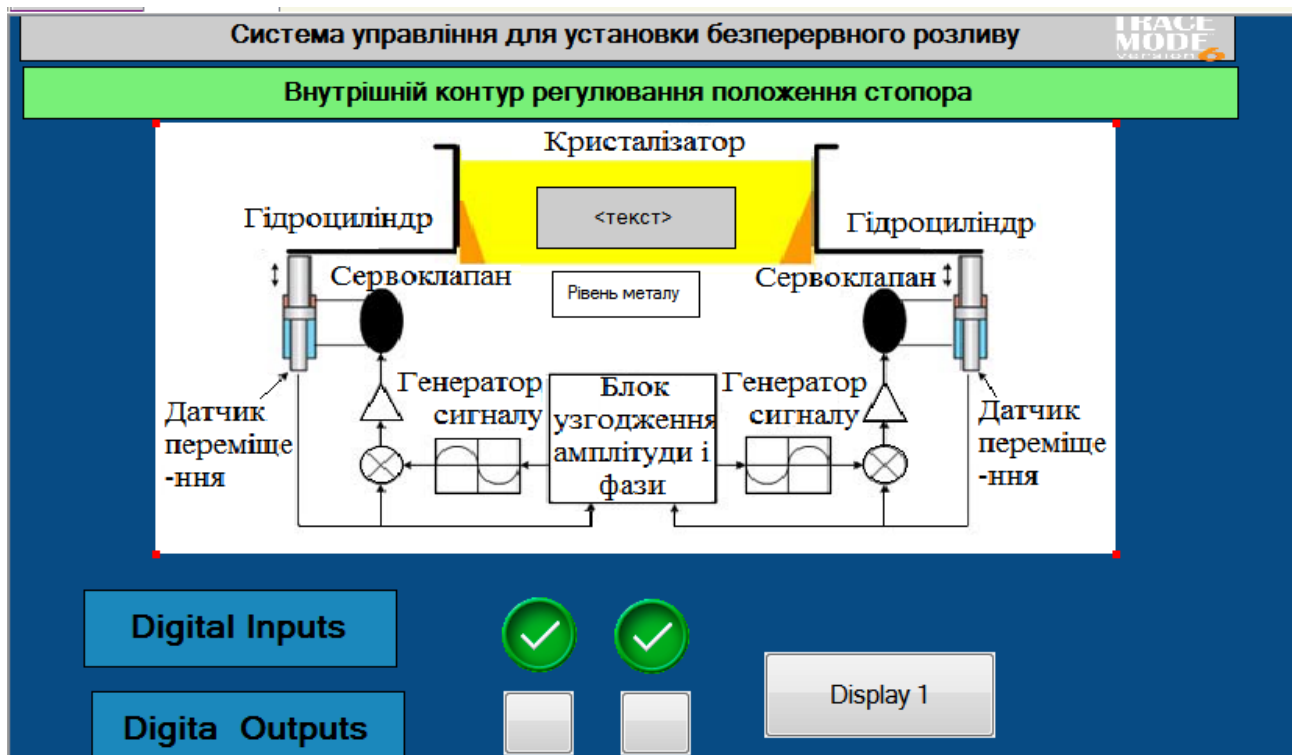


Рисунок 4.40 – Розроблений інтерфейс користувача системи управління (Екран 2)

Якщо потрібно вимкнути стопорний кран, то потрібно натиснути на кнопку і вона змінить надпис з «ON» на «OFF».

4.3 Експериментальне дослідження впливу отриманих параметрів за допомогою повного факторного експерименту

Для експериментального порівняння були обрані процедури керування обладнанням безперервного розливу.

Програмне забезпечення управління ливарною установкою закрито, але доступний модуль моделювання лиття металу.

АВАХ TubeStar – автоматична система стеження за кристалізатором є особливістю нашої стандартної системи автоматичного керування для ступенів МБЛ (рис. 4.41).

Користувач покроково вводить вхідні дані, необхідні для моніторингу кристалізатора. Дані проекту зберігаються та можуть відображатися у звітах.

Наступна інформація контролюється і записується у неперервному режимі:

- кількість плавки і вага відлитих злитків в тоннах;
- марки сталі, що розливаються і вже розлитих плавки;
- швидкість розливання;
- відведення тепла;
- різниця температур на первинному охолодженні;
- розташування струмка;
- поточна внутрішня геометрія гільз, яка вимірюється за допомогою системи.

Обладнання, обране для експерименту: процесор: msi b450 max (BIOS 7C02v33); графічний процесор: Sapphire Pulse RX 5700; чиста потужність: Crucial MX500 2.5 500 GB; Windows 10.

Вхідні дані в таблиці використовуються для експериментів. Використовується для контролю процесу розливання сталі.

Весь експеримент розділено на два етапи для порівняння: перший етап – це введення даних, а другий етап – моніторинг процесу формування листового виробу.

Як стандарт порівняння підраховуємо кількість відмов модулів за певний період часу (тобто два дні).

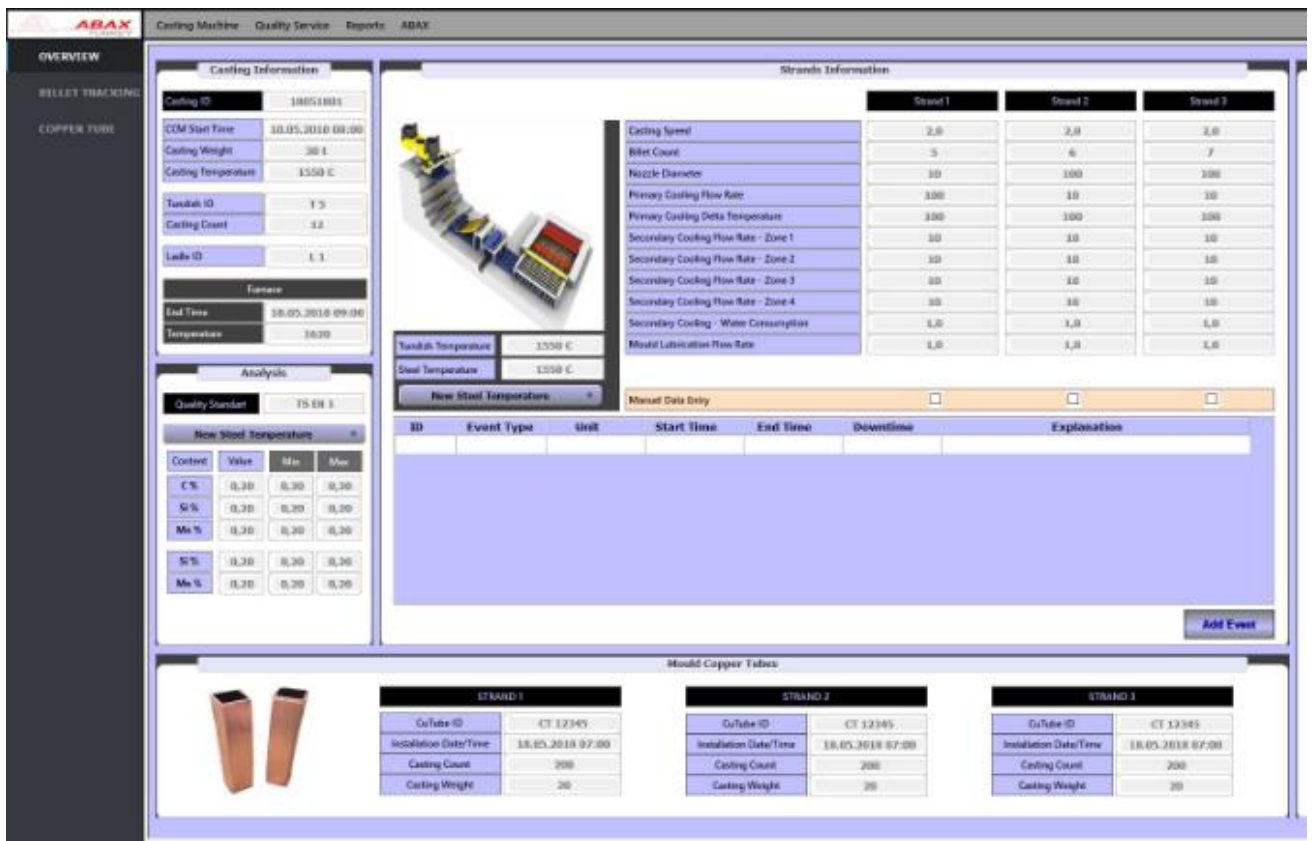


Рисунок 4.41 – Інтерфейс системи АВАХ TubeStar

Таблиця 4.1 – Вхідні данні експериментального дослідження

Характеристика	Значення									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Швидкість розливу, м/хв										
Частота коливання,	164	164	164	165	165	165	166	164	166	166
Амплітуда коливання	242	242	242	243	243	243	244	244	244	244
Рівень металу	0,85	0,85	0,85	0,86	0,86	0,86	0,87	0,87	0,87	0,87

Результати досліджень для наочності наведено на діаграмі рис. 4.42.

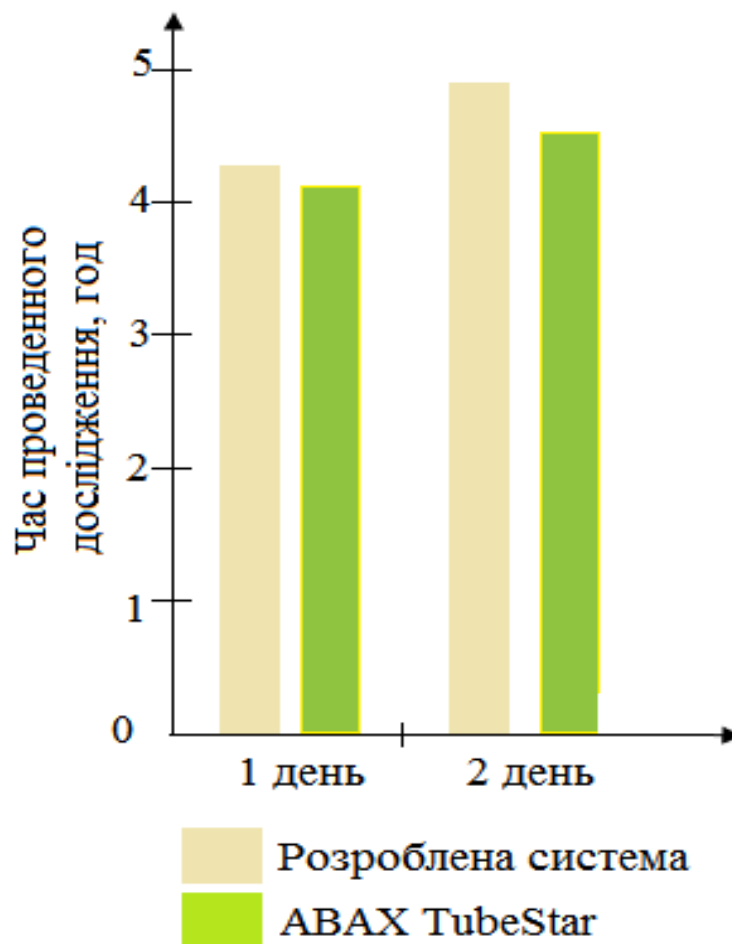


Рисунок 4.42 – Діаграма збоїв розробленої системи та модуля АВАХ TubeStar

Тому вибирається одна система, оскільки інші є платними, і ці програми є вузькоспеціалізованими та розробленими для певного розміру МБЛ. Було виявлено, що протягом двох днів використання цих програм розроблена система працювала «безвідмовно» довше, ніж АВАХ TubeStar.

4.4 Висновки до четвертого розділу

Розроблено користувальницький інтерфейс системи управління, простий і зручний у використанні.

Оскільки системи керування БЛ є вузькоспеціалізованими системами та дорогими, проводилися експерименти з використанням лише одного модуля

АВАХ TubeStar. Взявши за стандарт порівняння кількість відмов модуля протягом 2 днів, розроблена система має на 30 хвилин більше «безвідмовної роботи», ніж АВАХ TubeStar..

ВИСНОВКИ

В ході виконання магістерської атестаційної роботи було проаналізовано галузь безперервного лиття та встановлено, що безперервне лиття найчастіше використовують для отримання якісних заготовок з достатньо високою точністю розмірів, чистотою поверхонь і щільністю. Конструкція не має усадочних дефектів і має низьку газоємність. На основі цього аналізу були визначені основні фактори, що впливають на якість заготовки - кристалізатор (струсування кристалізатора, рівень меніска) і положення запірної арматури (перетікання сталі з краю кристалізатора). Крім того, для отримання якісної заготовки/сляба (без дефектів) крім параметрів процесу необхідно враховувати конструкцію кристалізатора та стан його робочої поверхні.

У даній роботі проаналізовано установку вертикальних і горизонтальних машин БЛ, виявлено їх конструктивні та функціональні характеристики.

В якості формувального матеріалу було рекомендовано вибрати сляб товщиною 150 мм і шириною 900 мм (вуглець нормальної якості). було обрано машину безперервного лиття для криволінійної сталі МБЛ. Однопотокова машина для лиття слябів.

Розроблено параметричні моделі, які необхідні як для проектування нових МБЛ, так і для оптимізації процесів лиття в існуючих робочих камерах.

Обраними контрольними параметрами пристрою безперервного розливу є: швидкість розливу металу, частота коливань, амплітуда коливань, рівень металевої рідини в кристалізаторі та положення пробки ковша.

Розраховано параметри безперервного розливу: швидкість розливу металу, частоту коливань та амплітуду коливань.

Обрати технічні засоби контролю параметрів розливу.

Проаналізовано MasterSCADA, GENESIS-32 і Trace Mode, щоб визначити їхні переваги та недоліки, і, нарешті, виберіть Trace Mode 6, середовище розробки системи керування.

Розроблено алгоритм роботи системи керування установкою

безперервного розливу.

Для установки безперервного розливу розроблена система керування, яка контролює наступні параметри: швидкість розливу, частоту та амплітуду коливань, рівень металу в кристалізаторі та положення запірної арматури кристалізатора.

Розроблено користувальницький інтерфейс системи управління, простий і зручний у використанні.

Оскільки системи керування БЛ є вузькоспеціалізованими системами та дорогими, проводилися експерименти з використанням лише одного модуля АВАХ TubeStar. Взявши за стандарт порівняння кількість відмов модуля протягом 2 днів, розроблена система має на 30 хвилин більше «безвідмовної роботи», ніж АВАХ TubeStar.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: підручн. / Д. Ф. Чернега та ін.; за ред. Д. Ф. Чернеги, Ю. Я. Готвянського. Київ : Вища школа, 2006. - 503 с.
2. Пономар О. С., Огурцов А. П. Удосконалення технології безперервного розливання сталі на ВАТ «Дніпровський металургійний комбінат». Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету. Технічні науки. 2013. Вип. 1. С. 65–70.
3. Лекції. Розливка і кристалізація. URL: стали<https://uadoc.zavantag.com/text/26028/index-1.html?page=11> (дата звернення: 01.03.2021).
4. Вплив технологічних параметрів розливання і кристалізації сталі на якісні показники безперервнолитої заготовки / Е. В. Парусов та ін. Наукові праці ВНТУ. 2016, № 2. С. 1–8.
5. Казачков О. І., Мосейко Ю. В., Громак Г. А. Спеціальні феросплави лігатури і модифікатори: навч.-метод. посіб. для студ. спец. 6.05040101 «Металургія чорних металів» всіх форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2013. 112 с.
6. Полішко С. О., Кушнір М. А., Татарко Ю. В., Санін А. Ф. Вплив модифікування на характеристики маловуглецевої сталі Ст1кп та колісної КПТ. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2013. Вип. 3. С. 60–66.
7. Кропівний В. М., Кузик О. В., Кропівна А. В., Засінець Г. М. Чавун з вермикулярним графітом: навч.посібн.: навч.-метод. комплекс для студентів денної і заочної форм навчання; заг. ред. В.М. Кропівного. Кропивницький : Видавець Лисенко В.Ф., 2019. 222 с.
8. Zych J., Żyrek A. Vermicular cast iron production in the «Inmold» technology (in the Metalpol casting house) and the assessment of its thermal fatigue

resistance. Archives of Foundry Engineering. 2011. Vol.11, Is.3. pp.255–260.

9. Терновий Ю.Ф. Воденнікова О. С., Білан В. І. Отримання комплексних лігатур на основі марганцю методом розпилення розплаву водою. Науковий вісник Херсонської державної морської академії. Вип. 1(20). Херсон: ХДМА, 2019. С. 162–167.

10. Автоматизована система керування технологічними процесами в SCADA системі TRACE MODE 6 : навч. посіб. / І. Ш. Невлюдов, А. О. Андрусевич, В. В. Євсєєв, та ін. – Кривий Ріг : Криворізький коледж НАУ, 2018 р. – 320 с.

11. Босюк, П. В. Технологія безперервного лиття широкосмугових спіралей шнеків [Текст] / П. В. Босюк // Матеріали II Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання “. – 2009. –№1. – С. 191-195.

12. Діденко, В. О. Якість функціонування системи керування гідроприводом механізму хитання кристалізатора МБЛЗ [Текст] / В. О. Діденко // НТУ "ХПІ". –2015. – С. 477-480.

13. SIMATIC Automation System S7-300. Fail-Safe Signal Modules. Manual. – Siemens, Edition 04/2006, 236 p.

14. Sio K.C., Lee C.K. Stability of fuzzy PID controllers. – IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A, vol. Issue 4, Jul 1998, p. 490 – 495.

15. Skoczowski S., Domek S., Pietruszewicz, K., Broel-Plater, B. A method for improving the robustness of PID control. – IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 52, Issue 6, Dec. 2005, p.1669 – 1676.

16. Smit J., Hancke G.P. The design and implementation of a general-purpose, secure, measurement and control network incorporating Internet-based access. – Proceedings of the 20th IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, 2003. IMTC '03. Vol. 2, May 20-22, 2003, p. 1643 – 1647.

17. Smith O.J.M. Close Control of Loops with Dead Time. – Chemical Engineering Progress, v. 53, 1957, pp. 217-235.

18. Software functional requirements specification. Athena DeviceNet interface module. Rev. 1.40, Feb 2, 2001. – 37 p.
19. Wu S., Watanabe K., Muramatsu E., Ariga Y., Endo S. Robust stability of approximate Smith predictor control systems. – SICE 2004 Annual Conference. vol. 2, 4-6 Aug. 2004, p. 1522 – 1527.
20. Wu H., Ming J., Yang Y., Zhu S. Integrating embedded-Web technology and real-time Ethernet for modern distributed control. – Fifth World Congress on Intelligent Control and Automation, 2004. WCICA 2004. Vol. 2, June 15-19, 2004, p. 1323 – 1325.
21. Xi B., Fang Y., Chen M., Liu J. Use of Ethernet for Industrial Control Networks. – ICIEA – 1st IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, May 2006. – p. 1 – 4.
22. Xia F., Yin H., Wang Z., Sun Y. Function block oriented architecture for open distributed automation. – Fifth World Congress on Intelligent Control and Automation, vol. 3, June 15-19, 2004, p. 2706 – 2710.
23. Xu J., Feng X. Design of adaptive fuzzy PID tuner using optimization method. – Fifth World Congress on Intelligent Control and Automation, 2004. WCICA 2004, vol. 3, 15-19 June 2004, p. 2454 – 2458.
24. Yamamoto T., Kaneda M., Oki T., Watanabe E., Tanaka K. Intelligent tuning PID controllers. – IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 1995. ‘Intelligent Systems for the 21st Century’, vol. 3, 22-25 Oct. 1995, p. 2610 – 2615.
25. Yamamoto T., Fujii K., Kaneda M. A self-tuning PID controller and its application for an ethylene cracking furnace. – 2007 IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, EFTA ‘96. Proceedings, vol. 1, 18-21 Nov 2007, p. 275 – 281.
26. Yang T.-M., Xiong S.-B. Neural network based online selflearning adaptive PID control for automatic ranging cutting height of shearer. – Proc. 2002 International Conference on Machine Learning and Cybernetics, vol. 2, 2002, p. 857 – 859.

27. Коруд В.І., Електротехніка: Підручник / В.І. Коруд, О.Є. Гамола, С.М. Малинівський; За заг. ред. В.І. Коруда. – 3-є вид., переробл. і доп. – Львів: Магнолія Плюс, 2006. – 447 с.
28. Михайленко В.Є., Інженерна та комп'ютерна графіка: Підручник / В.Є. Михайленко, В.В. Ванін, С.М. Ковальов; За ред. В.Є. Михайленка. – 6-е вид. – К.: Каравела, 2012. – 368 с.
29. Титаренко М.В., Електротехніка: Навчальний посібник/ М.В. Титаренко. – К.: Кондор, 2013. – 240 с.
30. Будіщев М. С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка : Підручник / М. С. Будіщев. – Львів : Афіша, 2001. – 424 с.
31. Колонтаєвський Ю. П. Промислова електроніка і мікросхемотехніка / Ю. П. Колонтаєвський, А. Г. Сосков. під ред. А. Г. Соскова. – Вид. 2-ге, виправл. і доповн. – Харків : ХДАМГ, 2003. – 281 с.
32. Теорія електропривода : Підручник / [М. Г. Попович, М.Г. Борисик, В.А. Гаврилюк та ін.] ; за ред. М. Г. Поповича. – Київ : Вища шк., 1993. – 454 с.
33. Руденко В. С. Промислова електроніка / В. С. Руденко, В. Я. Ромашко, В. В. Трифонюк. – Київ : Либідь, 1993. – 432 с.
34. Костін М. О. Теоретичні основи електротехніки [Текст]: підручник у 3 т. / М. О. Костін, О. Г. Шейкіна. – Дніпро: Вид-во ДНУЗТ, 2006. – Т. 1. – 336 с; 2007.- Т.2.- 276 с; 2011. – Т.3, Ч.1. – 224 с; 2012.– Т.3, Ч.2. – 352 с.
35. Качан Ю. Г. Лінійна електротехніка (теоретичні основи) [Текст]: навч. посібник / Ю. Г. Качан.– Запоріжжя: Вида-во Запорізької держ. інж. академії, 1995. – 206 с.
36. Гуржій А. М. Електротехніка та основи електроніки : підручник для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти / А. М. Гуржій, С. К. Мещанінов, А. Т. Нельга, В. М. Співак. - Київ : Літера ЛТД, 2020. - 288 с.
37. Електрика та магнетизм : підручник / Л. Д. Дідух. - Тернопіль : Підручники і посібники, 2020. - 464 с. - Режим доступу : <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/31412..>

38. Автоматика та електропривод техніки реєстрації інформації [Електронний ресурс] : навч. посіб. / Г. Г. Власюк, В. М. Співак, К. О. Трапезон, В. Б. Швайчен-ко. - Київ : Освіта України, 2010. - 159 с. - Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/19129>.
39. Колонтаєвський Ю. П. Електроніка і мікросхемотехніка : підручник / Ю. П. Колонтаєвський. - Київ : Каравела, 2006. - 384 с.
40. Макаренко В. В. Цифрова та імпульсна схемотехніка. Моделювання та аналіз : навч. посіб. для студентів, які навчаються за напрямом підготовки «Акустотехніка» [Електронний ресурс] / В. В. Макаренко, В. М. Співак ; НТУУ «КПІ». - Київ : НТУУ «КПІ», 2015. - 314 с. - Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/19099>.
41. Панчевний Б. І. Загальна електротехніка: теорія і практика / Б. І. Панчевний, Ю. Ф. Свергун. - 2-ге вид. - Київ : Каравела, 2004. - 440 с.
42. Воробйова О. М. Технічні засоби автоматизації: навч. посіб. / О. М. Воробйова, Ю. В. Флейта. - Одеса : ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2018. - 208 с.
43. Бойко В. І. Мікрокомп'ютерна техніка / В. І. Бойко, А. Т. Нельга. - 2-ге вид. - Київ : Науково-методичний центр вищої освіти, 2008. - 254 с.
44. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній: Підручник / Є.Л. Жулай, Б.В. Зайцев, Ю.М. Лавріненко, О.С. Марченко, Д.Г. Войтюк; За ред. Є.Л. Жулая. – К.: Вища освіта, 2001. – 288 с.: іл.
45. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник /Барало О.В., Самойленко П.Г.,Гранат С.Є., Ковальов В.О. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с.
46. Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 617 с.
47. Матвійчук А. Я. Електротехніка: навчально-методичний посібник/ Матвійчук А. Я., В. Л. Стінянський; Вінницький державний педагогічний університет ім. М.Коцюбинського.– Вінниця, 2017. -270 с.

48. Загальна електротехніка з основами автоматики: Навчальний посібник / Т.В.Левченко. – К., 2010. – 358 с.
49. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі: навчальний посібник / Коновалюк О.В., Кіяшко В.М., Колісник М.В. – К.: Аграрна освіта, 2013. – 404 с.
50. Електричні машини і апарати: навчальний посібник / Ю.М. Куценко, В.Ф. Яковлев та ін. – К.: Аграрна освіта, 2011. – 449 с.
51. Електроніка та мікросхемотехніка: Навчальний посібник / За ред. проф. В.Ф. Яковлева. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 329 с.
52. Паначевний Б.І., Свергун Ю.Ф. Загальна електротехніка: теорія і практикум. - К.: Каравела, 2003. – 440 с.
53. Монтаж електрообладнання і систем керування / За заг. ред. проф. Яковлева В.Ф. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 348 с.
54. Довідникова книга з електроенергетики: навчальний посібник/ П.В. Волох, М.П. Цоколенко, Л.В. Ревенко, В.А. Грічаненко та ін. –К. : Аграрна освіта, 2014. – 506 с.
55. Електроніка і мікропроцесорна техніка / Сенько В.І., Лисенко В.П., Юрченко О.М., Лукін В.Є., Руденський А.А. — К. : «Агроосвіта», 2015. — 676 с.
56. Електропостачання агропромислового комплексу : підруч. / Козирський В.В., Каплун В.В., Волошин С.М. – К. : Аграрна освіта, 2011. – 448 с.
57. Ремонт машин та обладнання : підручник / [Сідашенко О.І. та ін.]; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. – К. : Агроосвіта, 2014. – 665 с.
58. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва : підруч. у 2 т : Т 1 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін. ; за ред. А.В. Рудя. – К. : Агроосвіта, 2012. – 584 с.; іл.
59. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва : підруч. у 2 т : Т 2 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін. ; за ред. А.В. Рудя. – К. : Агроосвіта, 2012. – 434 с.;

іл.

60. Комп'ютери та комп'ютерні технології : навч. посіб. Ч. 1. Програмування в математичному пакеті MathCAD / В.П. Лисенко. І.М. Болбот. – К. : Аграрна освіта, 2010. – 229 с.
61. Костинюк Л.Д. Моделювання електроприводів/ Л.Д. Костинюк, В.І. Мороз, Я.С. Паранчук. - Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2004. - 404 с.
62. Ткачук В.І. Електромеханотроніка. Підручник/ В.І. Ткачук. - Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2006. - 440 с.
63. Навчально-методичний посібник “Взаємна індукція у колах змінного струму”. / укл. Щерба А.А., Грудська В. П., Чибеліс В.І., Спінул Л.Ю. - К.: ВПЦ «Політехніка».- 2006.
64. Розрахунок електричних кіл постійного струму. Навчальне видання. / Уклад.: І.А. Курило, І.Н. Намацалюк, А.А. Щерба. – К.: НТУУ “КПІ”, ФЕА, 2006. – 51 с.
65. Розрахунок електричних кіл синусоїдного однофазного струму. Методичні вказівки до виконання розрахункових робіт. / Уклад.: І.А. Курило, І.Н. Намацалюк, А.А. Щерба. – К.: НТУУ “КПІ”, 2004. – 82 с.
66. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теоретичних основ електротехніки: цикл 1./ Укл. А.А. Щерба, В.С. Бойко, В.І. Чибеліс, І.А. Курило.– К., НТУУ "КПІ", 2008. – 28 с.
67. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теоретичних основ електротехніки: цикл 2./ Укл. А.А. Щерба, В.С. Бойко, В.І. Чибеліс та інші. – К., НТУУ "КПІ", 2008. – 36 с.
68. Метельский В.П. Електричні машини та мікромашини/ В.П. Метельский. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2001. – 600 с.
69. Шевченко В.П. Електричні машини Ч.1. Машини постійного струму/ В.П. Шевченко, Л.Я. Белікова. – О.: ОДПУ, 2000. – 120 с.
70. Шевченко В.П. Трансформатори: навч. посіб./ В.П. Шевченко, Л.Я. Белікова. – О.: Наука і техніка, 2001. – 129 с.

71. Ткачук В.І. Електромеханотроніка. Підручник/ В.І. Ткачук. - Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2006. - 440 с.

Додаток А
Стаття у фаховому журналі (подана до редакції журналу «Вимірювальна та обчислювальна техніка у технологічних процесах»)

МАКАРИШКІН Денис

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0003-3447-811X>

makaryshkinde@khmnu.edu.ua

ФОРКУН Юрій

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-7906-4191>

forkynjv@khnu.km.ua

СЛИВА Артур

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0009-0004-0930-7823>

КРИЧКІВСЬКИЙ В.В.

Хмельницький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ БЕЗПЕРЕРВНОГО РОЗЛИВУ

У роботі було проаналізовано установку безперервного лиття (вертикальні та горизонтальні машини). Встановлено, що відсутність вторинного окислення при заливанні металу з металоприймача в кристалізатор є перевагою, що дозволяє відливати високоякісні високолеговані сталі на горизонтальних машинах. Крім того, горизонтальна машина безперервного наповнення має мінімальну конструктивну висоту.

Перевага безпосередньо вертикально розташованого кристалізатора полягає в тому, що він може краще видаляти гази з неметалічними частинками під час процесу лиття та підходить для виробництва слябів безперервного лиття, які пред'являють суворі вимоги до чистоти матеріалу заготовки.

Ключові слова: безперервне лиття, металоприймач, заготовка, якість.

MAKARYSHKIN Denys, FORKUN Yuriy, SLYVA Artur,

KRYCHKIVSKY V.V.

Khmelnyskyi National University

RESEARCH ON THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF CONTINUOUS CASTING

The results of the analysis in the field of continuous casting show that continuous casting is most often used to obtain high-quality workpieces with sufficiently high dimensional accuracy, a clean surface, a dense structure, the absence of shrinkage defects and a low gas content.

Based on the analysis, the main factors affecting the quality of the workpiece were determined: the crystallizer (due to the shaking of the crystallizer, it is affected by the meniscus level, which means the exact position of the crystallizer, the meniscus in the required crystallizer and its movement).

That is, to obtain a high-quality workpiece/slab (without defects), in addition to the process parameters, the most important thing is the design of the crystallizer and the condition of its working surface.

The height of the meniscus varies significantly depending on the ratio of casting flux additives, slag formed as a result of melting the casting powder, and the flow rate of slag used to lubricate the moving workpiece.

A deviation of the roller position from the specified position can cause uncontrolled movement of the workpiece with an unhardened core, creating surface or internal defects. At the beginning of each work cycle, a special device is used to control the guide roller. Any changes in the distance between the scroll wheels are instantly detected, visualized and can be corrected. For the bottling process, one of the main technical challenges is to maintain strict bottling process temperatures.

The work analyzed the continuous casting plant (vertical and horizontal machines). It was found that the absence of secondary oxidation when pouring metal from the tundish into the mold is an advantage that allows casting high-quality high-alloy steels on horizontal machines. In addition, the horizontal continuous filling machine has a minimum structural height.

The advantage of a directly vertically located mold is that it can better remove gases with non-metallic particles during the casting process and is suitable for the production of continuous casting slabs, which impose strict requirements on the purity of the workpiece material.

Keywords: continuous casting, tundish, workpiece, quality.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Безперервна розливка – це складний нестационарний процес із набором взаємозалежних вхідних і вихідних параметрів, який характеризується створенням температурних деформацій виливка [1].

Процес безперервної розливки полягає в наступному: розплавлений метал з металоприймача проходить через графітове сопло в водоохолоджуваній кристалізатор і застигає у вигляді виливка, який витягується спеціальним обладнанням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Є багато різних методів безперервне лиття, якщо під час заливки виходять довгі зліпки, розріжте їх на заготовки потрібної довжини - виходять різноманітні зліпки. Зазвичай цим способом отримують виливки з чавуну, міді, алюмінію та інших сплавів. Виливки, отримані цим методом, не містять неметалічних включень, усадочних раковин і пористості, які викликані спрямованим затвердінням сплаву.

«Безперервне розливання скорочує тривалість циклу металургійного виробництва і значно підвищує якість виливків. Ефективність безперервного розливу найбільш повно підвищується при поєднанні безперервного розливу і прокатки в одному агрегаті» [1, 2].

Розглянемо традиційні методи безперервного розливу:

1. Кристалізатор.

Ключовим фактором оцінки якості слябів є точне положення меніска у формі та його рух.

Границя розділу рівня кристалізатора (тобто між твердим ливарним флюсом і рідким шлаком) була визначена радіометричними вимірюваннями.

Реальний рівень рідини сталі в кристалізаторі контролюють вихровим методом.

Щоб виключити поверхневі дефекти, процес заливки слід відрегулювати таким чином, щоб висота меніска залишалася приблизно постійною і не змінювалася значних коливань.

Висота меніска істотно змінюється в залежності від співвідношення добавок ливарного флюсу, шлаку, що утворюється внаслідок плавлення ливарного порошку, і витрати шлаку, що використовується для змащування рухомої заготовки.

Вібрація кристалізатора при заданій амплітуді є фактором - якість поверхні заготовки безперервне лиття і безпеку процесу розливу.

2. Напрямок потоку розчину.

Інструкції щодо потокового передавання є ключовими. Відхилення положення ролика від заданого положення може викликати неконтрольоване переміщення заготовки з незагартованим стрижнем, створюючи поверхневі або внутрішні дефекти.

На початку кожного робочого циклу використовується спеціальний пристрій для управління направляючим роликом.

Датчики, встановлені на насінні, визначають положення кожної пари напрямних роликів у новому циклі, надаючи вимірювання, які дозволяють безперервно контролювати налаштування обладнання.

Будь-які зміни відстані між валками негайно виявляються, візуалізуються та можуть бути скориговані, іноді навіть під час поточних операцій розливу.

3. Охолодити. При охолодженні і гартуванні сталь проходить кілька зон зниженої пластичності.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття

На даний час не в повній мірі вирішене питання детальної систематизації знань про відоме устаткування безперервного лиття заготовок з металу.

Формулювання цілей статті

Для проектування автоматизованих систем керування установками безперервного лиття металевих заготовок, необхідно провести детальний аналіз відомого обладнання і сформулювати вимоги до нього. Завданням даної статті є опис діючого обладнання і виділення невирішених проблем та встановлення напрямків їх вирішення.

Виклад основного матеріалу

У високотемпературному діапазоні зона мінімального стиснення знаходиться в діапазоні температур від 900 до 700 °С, тобто в цьому діапазоні слід уникати будь-якої деформації плити, оскільки напруги, що виникають при цьому, залишаються некомпенсованими і можуть призвести до появи тріщин. [3].

Різні види сталі мають різні методи охолодження. Так, наприклад, для суперперитектичних сталей (сплавів з вмістом титану більше 0,15%) їх охолоджують методом «жорсткого» охолодження, при якому температура поверхні заготовки підтримується нижче зона мінімальної пластичності (нижче 700°C) [4].

Перитектичні сталі - сплави, що містять менше 0,15% титану. Порівняння індексу тріщиноутворення перитектичної та суперперитектичної сталі при різних методах охолодження рис. 1[5].

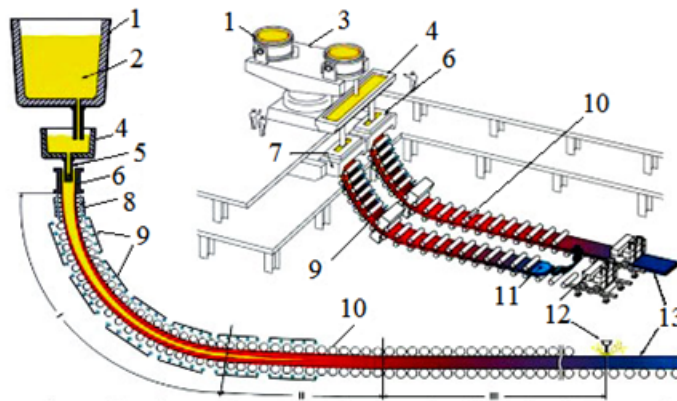
Для забезпечення рівномірного розподілу температури по ширині плити і отримання заданої температури на її поверхні, особливо в куткових зонах, необхідно створити певні умови для вторинного охолодження. Тому на сучасних Безперервне лиття певні сопла можна вибірково відкривати або закривати в залежності від ширини плити [6].



Рис. 1 – Порівняння індексу розтріскування перитектичної та суперперитектичної сталі при різних методах охолодження

Розглянемо процес безперервного лиття. Після початку розливу ківш (рис. 2) 1 з розплавленою сталлю (рис. 2) 2 встановлюється на розливний стіл (рис. 2) 3. Далі сталь надходить у проміжний ковш (рис. 2) 4 і попередньо нагрівається до температури 1100-1150 0С (рис. 2) [10]. «Проміжний ковш» продовжується заповнення рідким металом до досягнення проектного рівня (700 мм).

Після того, як метал у ковші досягне заданого рівня рідини, ківш розгерметизують за допомогою зануреного стакана (рис. 2) 5 і маслоохолоджуваного кристалізатора (рис. 2) 6, в якому відбувається початкове формування сляба, яка починає заповнюватися рідким металом. Сляби — це напівфабрикати (товсті заготовки прямокутного перетину), що виготовляються прокаткою.



1 – розливний ківш; 2 – рідка сталь; 3 – поворотний стелд; 4 – проміжний ківш; 5 – погрузна склянка; 6 – водоохолоджений кристалізатор; 7 – механізм гойдання кристалізатора; 8 – підтримуюча система; 9 – форсунки зони вторинного охолодження; 10 – ролики; 11 – запал; 12 – газорезка; 13 – готовий сляб

Рис. 2 – Технологічна схема лінії криволінійної Мбезпервнє лиття

Під час заповнення кристалізатора шлак наноситься на меніск металу за допомогою шлакоутворюючої суміші (ШОС) і відкривається механізм повороту кристалізатора (рис. 2) 7. Метал виходить з кристалізатора і через опорну систему (рис. 2) потрапляє в зону валків радіального перерізу зони вторинного охолодження (рис. 2) 8. Це запобігає розширенню кірки у всьому об'ємі загартованої заготовки за рахунок статичного заліза тиску, забезпечуючи його рух і за допомогою форсунки додатково охолоджується (рис. 2) 9. Під час руху запалу (рис. 2) 11 заготовка автоматично відкривається послідовно під охолоджувальною частиною сопла.

При литті на машині безперервного криволінійного лиття заготовка охолоджується різними потоками води вздовж малого і великого радіусів технологічної лінії, щоб мінімізувати необґрунтовані температури поперечного перерізу плити.

Після того, як сляб залишає роликову секцію радіальної секції вторинного охолодження, він потрапляє в роликову секцію кривої секції, далі охолоджується водою та поступово розширюється, і, нарешті, виходить до роликової секції горизонтальної секції вторинного охолодження. Зона охолодження (рис. 2) 10 [7].

Після виходу з Мбезпервнє лиття сляби транспортуються за допомогою роликового конвеєра до зони газового різання (рис. 2) 12, де вони розрізаються на виміряну «довжину» (рис. 2) 13 відповідно до вимог.

При звичайній схемі безперервного лиття можна отримати циліндричні виливки діаметром від 70 ... 80 мм до 1000 ... 1200 мм (алюмінієві сплави) і до 500 мм (мідні сплави).

Безперервний і напівбезперервний розлив здійснюється на спеціальних, дорогих і великогабаритних установках (площею десятки квадратних метрів і висотою більше 20 м). Основною частиною установки напівбезперервного розливу є рухомий стіл, на якому розміщуються литі («витяжні») відливки. Для малих перерізів (діаметр 100 ... 300 мм) на столі (рис. 2) розміщують і відливають одночасно 15 і більше виливків» [8].

Далі сляби подають з потоку в пучках по два в роликові візки або спеціальні збірники (якщо роликові візки виконують технічні операції в інших зонах). Потім сляби переміщуються на зручний транспортний роликовий конвеєр складу слябів. Час, необхідний для транспортування пачки плит від роликового візка до станції перевантаження, становить 10 хвилин опівдні.

Таким чином, технологія сталі безперервного лиття дозволяє отримувати виливки (заготовки злитків), які згодом використовуються для прокатки, пресування або кування, формуючи метал, коли він потрапляє на одну сторону так званого прес-форми, одночасно видаляючи його з частково загартованої частина заготовки.

Після розливу розплав піддається інтенсивному охолодженню, в результаті чого відбувається спрямована кристалізація, що супроводжується зменшенням неоднорідності матеріалу і кількості в ньому газових і неметалічних включень.

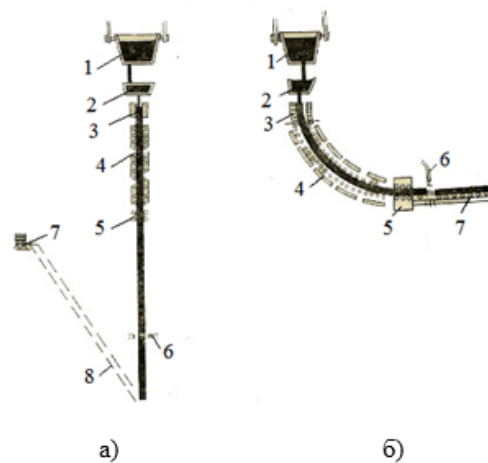
Розплав безперервно подається безпосередньо до кристалізованої виливки (точніше, у її верхню частину), а також подається фронт зростаючого кристала, що впливає на усунення дефектів осадження, таких як оболонки, пористість і пори. Тобто безперервний розлив використовується для забезпечення можливості постійної подачі та спрямованої кристалізації виливка.

За допомогою аналізу було встановлено, що для отримання стабільного безперервного процесу розливання сталі необхідно виконати наступні основні умови:

- робота Мбезперервне лиття повністю механізована та автоматизована;
- метал рівномірно розподіляється при подачі в кристалізатор;
- симетричність кристалізації та формування структури заготовки;
- охолодження у вторинній зоні охолодження завершальне.

Розглянемо можливість використання машини для безперервного заповнення пустих місць. В даний час заготовки Мбезперервне лиття поділяються на три типи відповідно до методів формування: вертикальні - з вигнутими зливками та радіальні (вигнуті) особливості рис. 3, а, б.

У всіх типах Мбезперервне лиття метал зі сталеливарного ковша потрапляє в проміжний ковш, звідки потрапляє в мідний водоохолоджуваний кристалізатор. Використовують також мідні кристалізатори, внутрішні поверхні яких електролітично покривають нікелем [9].



а) вертикальна Мбезперервне лиття; б) радіальна Мбезперервне лиття

Рисю 1.3 – Машини безперервного розливу заготовок

Вертикальна машина безперервного розливу MC-LX8 (рис. 4). Машина MC-LX8 високопродуктивна та економічна. Вона проста в управлінні, що дозволяє отримати потрібний вид начинки в найкоротші терміни. Герметична плавильна камера захищена інертним газом (аргоном або азотом). Ця машина може відливати золото, срібло, смугасті та інші профілі, круглі прутки, квадратні прутки, круглі труби та інші профілі з високою продуктивністю та коротким часом [10].

Високопродуктивний унікальний хвильовий індукційний нагрів сприяє рівномірному плавленню металу, одночасно збільшуючи продуктивність і швидкість заливки.

Детальні параметри вертикальної машини безперервного наповнення MC-LX8 наведені в таблиці 1.

Горизонтальна машина безперервного розливу має мінімальну конструктивну висоту, тому її можна розмістити в існуючих цехах і спрощує встановлення та обслуговування обладнання, розташованого на виробничій лінії.

При переливанні металу з приймача металу в кристалізатор вторинного окислення не відбувається. Ця перевага дає можливість відливати високоякісні високолеговані сталі на горизонтальних машинах [11].



Рис. 4 – Вертикальна машина безперервного розливу MC-LX8

Таблиця 1 – Характеристики вертикальної машини безперервного розливу MC-LX8

Параметр	Значення
напруга трифазна	380 В ±20%
потужність на виході	10 кВт
потужність на вході	12 кВт
частота	1 кГц-25 КГц
метод охолодження	вода

Діапазон використання залежить від тигля (ємності з вогнетривкого матеріалу для плавлення металу), обсягу індукційної котушки. Прикладом, характеристики горизонтальної машини безперервного розливу фірми "SEW" (Германія) наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Параметри горизонтальної машини безперервного розливу

Місце встановлення	"SEW"
перетин заготовки, мм	Ø80...360
число струмків	1...6
швидкість розливу, м/хв.	до 2-х
спосіб розливу	"плавка на плавку" серіями до 8 годин
марки сталей	низько- та високолеговані
Розміри, м	
довжина	86
ширина	35
висота	8.1
продуктивність, т/год.	15...60
сталеплавильне обладнання	ДСП 45т, "піч-ковш"

Для отримання якісних виливків необхідно взяти ряд найбільш розумних заходів, що запобігають виникненню дефектів.

Формування якості лиття безперервне лиття починається на ранній стадії - приготування шлаку (суміш рудної сировини, флюсів і палива), а також доменне виробництво, зовнішня плавка і обробка виливків в печі.

Дослідження показали, що найчастіше на появу дефектів впливають такі фактори:

- умови заливки металу;
- умови процесу плавки та хімічний склад матеріалів;

- конструкцію кристалізатора та стан його робочих поверхонь.

На якість виливки значною мірою впливає швидкість заливки і пов'язана зі здатністю отриманої литої оболонки протистояти різним навантаженням. Ця здатність пов'язана з умовами охолодження та температурою сталі.

Швидкість виливки залежить від розміру заготовки і марки сталі. Дозволена швидкість багато в чому залежить від товщини кірки, її здатності витримувати феростатичний тиск і розтягнення. Тобто необхідно розумно організувати спосіб охолодження, інакше температура поверхні виливка буде раптово змінюватися по її висоті та периметру. Ця зміна викличе зростання товщини металу і руйнування його цілісності.

Впровадження нових конструкцій безперервне лиття тісно пов'язане з організацією теплових процесів у безперервне лиття, які безпосередньо беруть участь в одержанні якісних виливків.

Розглянемо фактори, що сприяють формуванню високоякісних виливків, отриманих безперервне лиття (рис. 5).



Рис.5 – Фактори процесу утворення якісної виливки

Налаштування пристрою залежить від процесу в пристрої:

- підігрів обладнання;
- пересування;
- деформація;
- накип в установках водоохолодження.

Хімічний склад сталі і її температура перед заливкою є найважливішими факторами для отримання якісного литва.

Розглянемо взаємозв'язок основних технологічних і структурних параметрів розливки сталі безперервне лиття та їх вплив на продуктивність і якість литва (рис. 6) [12].

Температура розплавленої сталі є основним параметром, що впливає на процес і якість лиття. Якщо сталь недостатньо нагріта, силючість матеріалу у вологому стані знижується, а умови заливки ускладнюються. Якщо сталь нагрівати більше необхідного (перегрів) - з'являються дефекти (тріщини) і збільшується уявна усадкова пористість виливка.

Тому дотримання температурного режиму процесу розливу є одним із основних технічних завдань.

На рис. 6 видно, швидкість розливу відіграє вирішальну роль у наступних показниках безперервного лиття:

- значення усадки сляба в формі та зоні вторинного охолодження;
- товщина оболонки сляба (твердої оболонки) на виході з форми;
- середній рівень температури, коли плита розрізається на виміряну довжину.

Товщина оболонки плити є найважливішим фактором імовірності розтріскування її оболонки під формою. На товщину земної кори впливають:

- способи подачі рідкого металу;
- металевий рівень;

- відведення тепла від кристалізатора;
- початковий розподіл температури в кристалізаторі;
- гідродинаміка його структурного руху.

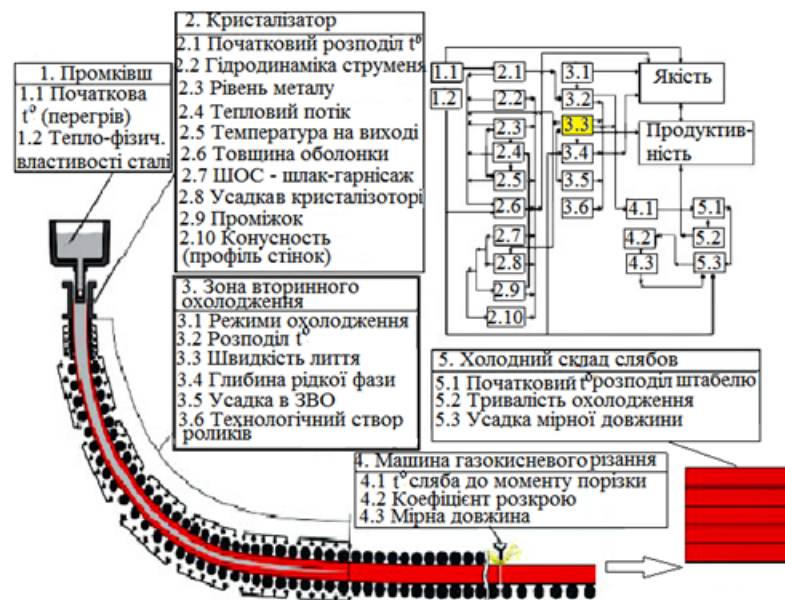


Рис. 6 – Схема взаємозв'язків технологічних та конструктивних параметрів, що є основними

Величина нагрівання вище температури ліквідусу також має практичне значення. Оптимальних показників якості лиття можна досягти за умови оптимального перегріву металу в проміжному ковші та ковші.

Якщо необхідно зменшити ступінь розрідження ліквідусу, пошкодження слябів від тріщин, величину пористості ліквідусу, а також зменшити розмитість вогнетривів (скло, пробки), перегрів вихідного металу, що надходить у кристалізатор, температура повинна бути мінімум вище температури ліквідусу.

Оптимальними можна вважати такі температурні умови перегріву [13-15]:

- температура металу в проміжному ковші на 20-30 0С вище температури ліквідусу;
- перепад температур металу в проміжному ковші від +15 0С до -10 0С;
- перегрів в ковші на 40-45 0С вище температури в ковші.

Значення температури ліквідусу можна знайти, використовуючи емпіричну залежність від заданого хімічного складу сталі, або наближено отримати з діаграми Fe-C бінарного сплаву.

Підвищення інтенсивності охолодження сляба сприяє прискоренню лиття, оскільки лімітуючим фактором є можливість дефектів внаслідок зростання термічних напруг.

Зі збільшенням швидкості виливки збільшується глибина воронки для рідини - зростає феростатичний тиск на оболонку сляба, що більш шкідливо для виливка, ніж термічна напруга.

Швидкість заливки повинна бути встановлена відповідно до міцності оболонки кристалізованого металу під час проходження заготовки через форму. При невиправданому збільшенні швидкості розливу відбудеться розрив під дією феростатичного тиску.

Таким чином, швидкість затвердіння та розтягування та глибина рідкої фази є основними технологічними параметрами процесу безперервного лиття.

Тому одним із основних завдань є визначення інтенсивності охолодження та марки сталі (її фізичних властивостей).

Таким чином, процес стабілізації сталі безперервного лиття допомагає отримати стабільну швидкість розливу, а постійний рівень металу в кристалізаторі є одним з основних факторів процесу, який безпосередньо впливає на якість поверхні та центральних ділянок заготовки.

Ми розглядаємо метод охолодження заготовки як фактор, оскільки він безпосередньо впливає на

ймовірність виникнення різних тріщин, коли безперервного лиття забезпечує метод охолодження заготовки в зоні охолодження.

Безперервне лиття має різноманітні режими охолодження, від «м'якого» охолодження, яке використовується під час лиття марок сталі, чутливих до розтріскування, до «жорсткого».

Якщо використовуються марки сталі, чутливі до розтріскування, рівні температури в зоні охолодження значно вищі, ніж при розливі «твердих» марок сталі [16].

Крім конусності прес-форми, ще одним конструктивним параметром, який впливає на якість, є відстань між роликками вздовж товщини заготовки, або так зване рішення для фрезерування роликів. Різниця між товщиною сляба та розчином валків уздовж довжини маршруту валків може призвести до дефектів (проблем з шкірою перед тим, як сляб ковзатиме в тяговому валку) щонайменше, що призведе до зниження якості роботи та збільшення кількості дефектних заготовок.

Під час процесу затвердіння заготовки безперервного лиття температура поверхні твердої оболонки в більшості зон охолодження перевищує 600 °С, тому межа пружності сталі низька. Під дією високотемпературної термічної напруги кристалічна оболонка знаходиться в області пластичної деформації, і цей фактор необхідно враховувати [11, 12].

Отже, фактори, що впливають на якість:

- направлення потоку;
- відхилення в положенні ролика;
- коливання кристалізатора заданої амплітуди є чинником, який має вирішальний вплив на якість поверхні заготовки безперервного лиття і безпеку процесу лиття;
- збільшення перегріву призведе до збільшення можливості прориву рідкої сталі, але цю проблему можна вирішити з урахуванням термічної напруги – Інтенсивність охолодження, оскільки перегрів мало впливає на температуру твердої поверхні; заготовка (лиття). Тобто зміна температури поверхні не має нічого спільного з перегрівом, а основним його лімітуючим фактором є інтенсивність охолодження;
- швидкість екстракції впливає на глибину рідкої фази. Збільшення швидкості витягування збільшує глибину рідкої фази - зі збільшенням швидкості розливу необхідно збільшити інтенсивність охолодження вторинної зони охолодження.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Результати проведеного аналізу в області безперервного лиття показують, що безперервне лиття найчастіше використовують для отримання якісних заготовок з достатньо високою точністю розмірів, чистою поверхнею, щільною структурою, відсутністю усадочних дефектів і низьким вмістом газу. Але іноді висока швидкість охолодження розплаву може призводити до утворення значних внутрішніх напруг або тріщин у відливці.

На основі аналізу були визначені основні фактори, що впливають на якість заготовки: кристалізатор (через струшування кристалізатора на нього впливає рівень меніска, що означає точне положення кристалізатора, меніск у необхідний кристалізатор і його переміщення;

Тобто для отримання якісної заготовки/сляба (без дефектів) крім параметрів процесу найважливішим є конструкція кристалізатора та стан його робочої поверхні.

Висота меніска істотно змінюється в залежності від співвідношення добавок ливарного флюсу, шлаку, що утворюється внаслідок плавлення ливарного порошку, і витрати шлаку, що використовується для змашування рухомої заготовки. Висота меніска залишається приблизно постійною і не відчуває значних коливань.

Поряд зі струшуванням кристалізатора є ще один фактор - конусність (профіль стінки) кристалізатора, який в основному впливає на якість.

Відхилення положення ролика від заданого положення може викликати неконтрольоване переміщення заготовки з незагартованим стрижнем, створюючи поверхневі або внутрішні дефекти.

На початку кожного робочого циклу використовується спеціальний пристрій для управління направляючим роликом. Будь-які зміни відстані між коліщатами прокручування миттєво виявляються,

візуалізуються та можуть бути скориговані.

Для процесу розливу одним з головних технічних завдань є дотримання строгих температур процесу розливу.

У статті було проаналізовано установку безперервного лиття (вертикальні та горизонтальні машини). Встановлено, що відсутність вторинного окислення при заливанні металу з металоприймача в кристалізатор є перевагою, що дозволяє відливати високоякісні високолеговані сталі на горизонтальних машинах. Крім того, горизонтальна машина безперервного наповнення має мінімальну конструктивну висоту.

Перевага безпосередньо вертикально розташованого кристалізатора полягає в тому, що він може краще видаляти гази з неметалічними частинками під час процесу лиття та підходить для виробництва слябів безперервного лиття, які пред'являють суворі вимоги до чистоти матеріалу заготовки.

Тому потрібно розробити систему автоматичного керування безперервної розливки що більш точно буде підтримувати технологічні параметри, контролювати їх дотримання, керувати виконавчими механізмами.

Література

1. Методичні вказівки до самостійного вивчення дисципліни «Теорія та технологія розливки сталі» для здобувачів вищої освіти освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 136 «Металургія» денної та заочної форм навчання / Укладач: Кашеев М.А. - Кам'янське: ДДТУ, 2018.
2. Воденнікова О. С. Розливка сталі та спеціальні модифікатори, лігатури: конспект лекцій для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Металургія» освітньо-професійної програми «Металургія». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2021. 157 с.
3. ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Прес-релізи URL: <https://ukraine.arcelormittal.com/index.php?id=10&pr=340> (дата звернення: 01.03.2021).
4. Воденнікова О. С., Воденнікова Л. В. Сучасний стан та проблеми безперервної розливки сталі в Україні. Матеріали XXII науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів і викладачів ЗДІА. Том 1. Металургія та енергозбереження як основа сучасної промисловості. Запоріжжя: ЗДІА. 2017. С. 11.
5. Воденніков С. А., Падалка В. П., Воденнікова О. С. Технологія розливання і кристалізації сталі: навч.-метод. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2011. 188 с.
6. Воденнікова О. С. Металургія чорних металів : конспект лекцій для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Металургія» освітньо-професійної програми «Металургія». національний університет, 2021. 144 с. Запоріжжя : Запорізький
7. Афтандіянц Є. Г., Зазимко О. В., Лопатько К. Г., Поліщук А. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: конспект лекцій в 153и2-х книгах. Київ: НУБіП України, 2016. 125с.
8. Устаткування для розливання <https://kema.at.ua/book9.html> (дата звернення: 01.03.2021). сталі. URL:
9. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: підручн. / Д. Ф. Чернега та ін.; за ред. Д. Ф. Чернеги, Ю. Я. Готвянського. Київ : Вища школа, 2006. 503 с.
10. Пономар О. С., Огурцов А. П. Удосконалення технології безперервного розливання сталі на ВАТ «Дніпровський металургійний комбінат». Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету. Технічні науки. 2013. Вип. 1. С. 65–70.
11. Лекції. Розливка і кристалізація. URL: [сталиhttps://uadoc.zavantag.com/text/26028/index-1.html?page=11](https://uadoc.zavantag.com/text/26028/index-1.html?page=11) (дата звернення: 01.03.2021).
12. Вплив технологічних параметрів розливання і кристалізації сталі на якісні показники безперервнолитої заготовки / Е. В. Парусов та ін. Наукові праці ВНТУ. 2016, № 2. С. 1–8.
13. Казачков О. І., Мосейко Ю. В., Громак Г. А. Спеціальні феросплави лігатури і модифікатори: навч.-метод. посіб. для студ. спец. 6.05040101 «Металургія чорних металів» всіх форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2013. 112 с.

14. Полішко С. О., Кушнір М. А., Татарко Ю. В., Санін А. Ф. Вплив модифікування на характеристики маловуглецевої сталі Ст1кп та колісної КПП. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2013. Вип. 3. С. 60–66.
15. Кропивний В. М., Кузик О. В., Кропивна А. В., Засінець Г. М. Чавун з вермикулярним графітом: навч. посібн.: навч.-метод. комплекс для студентів денної і заочної форм навчання; заг. ред. В.М. Кропивного. Кропивницький: Видавель Лисенко В.Ф., 2019. 222 с.
16. Zych J., Żyrek A. Vermicular cast iron production in the «Inmold» technology (in the Metalpol casting house) and the assessment of its thermal fatigue resistance. Archives of Foundry Engineering. 2011. Vol.11, Is.3. pp.255–260. 59. Терновий Ю.Ф. Воденнікова О. С., Білан В. І. Отримання комплексних лігатур на основі марганцю методом розпилення розплаву водою. Науковий вісник Херсонської державної морської академії. Вип. 1(20). Херсон: ХДМА, 2019. С. 162–167.

References

1. Metodichni vkazivky do samostiinoho vyvchennia dystsypliny «Teoriia ta tekhnolohiia rozlyvky stali» dlia zdobuvachiv vyshchoi osvity osvitno-profesiinoi prohramy pershoho (bakalavrskoho) rivnia zi spetsialnosti 136 «Metalurhiia» dennoi ta zaочної form navchannia / Ukladach: Kashcheiev M.A. - Kam'ianske: DDTU, 2018.
2. Vodennikova O. S. Rozlyvka stali ta spetsialni modyfikatory, lihatury: konspekt lektsii dlia zdobuvachiv stupenia vyshchoi osvity bakalavra spetsialnosti «Metalurhiia» osvitno-profesiinoi prohramy «Metalurhiia». Zaporizhzhia: Zaporizkyi natsionalnyi universytet, 2021. 157 s.
3. PAT «ArselorMittal Kryvyi Rih». Pres-relizy URL: <https://ukraine.arcelormittal.com/index.php?id=10&pr=340> (data zvernennia: 01.03.2021).
4. Vodennikova O. S., Vodennikova L. V. Suchasnyi stan ta problemy bezperervnoi rozlyvky stali v Ukraini. Materialy KhKhII naukovo-tekhnichnoi konferentsii studentiv, mahistrantiv, aspirantiv i vykladachiv ZDIA. Tom 1. Metalurhiia ta enerhozberezhennia yak osnova suchasnoi promyslovosti. Zaporizhzhia: ZDIA. 2017. S. 11.
5. Vodennikov S. A., Padalka V. P., Vodennykova O. S. Tekhnolohiia rozlyvannia i krystalizatsii stali: navch.-metod. posib. Zaporizhzhia: ZDIA, 2011. 188 s.
6. Vodennikova O. S. Metalurhiia chornykh metaliv: konspekt lektsii dlia zdobuvachiv stupenia vyshchoi osvity bakalavra spetsialnosti «Metalurhiia» osvitno-profesiinoi prohramy «Metalurhiia». natsionalnyi universytet, 2021. 144 s. Zaporizhzhia: Zaporizkyi
7. Aftandiliants Ye. H., Zazymko O. V., Lopatko K. H., Polishchuk A. V. Tekhnolohiia konstruktsiinykh materialiv i materialoznavstvo: konspekt lektsii v 153y2-kh knykhakh. Kyiv: NUBiP Ukrainy, 2016. 125 s.
8. Ustatkuvannia dlia rozlyvannia <https://kema.at.ua/book9.html> (data zvernennia: 01.03.2021). stali. URL:
9. Osnovy metalurhiinoho vyrobnytstva metaliv i splaviv: pidruchn. / D. F. Cherneha ta in.; za red. D. F. Chernehy, Yu. Ya. Hotvianskoho. Kyiv: Vyshcha shkola, 2006. 503 s.
10. Ponomar O. S., Ohurtsov A. P. Udoskonalennia tekhnolohii bezperervnogo rozlyvannia stali na VAT «Dniprovskiy metalurhiinyi kombinat». Zbirnyk naukovykh prats Dniprodzerzhynskoho derzhavnogo tekhnichnogo universytetu. Tekhnichni nauky. 2013. Vyp. 1. S. 65–70.
11. Lektsii. Rozlyvka i krystalizatsiia. URL: [stalyhttps://uadoc.zavantag.com/text/26028/index-1.html?page=11](https://uadoc.zavantag.com/text/26028/index-1.html?page=11) (data zvernennia: 01.03.2021).
12. Vplyv tekhnolohichnykh parametriv rozlyvannia i krystalizatsii stali na yakisni pokaznyky bezperervnolytoi zahotovky / E. V. Parusov ta in. Naukovi pratsi VNTU. 2016, № 2. S. 1–8.
13. Kazachkov O. I., Moseiko Yu. V., Hromak H. A. Spetsialni ferosplavy lihatury i modyfikatory: navch.-metod. posib. dlia stud. spets. 6.05040101 «Metalurhiia chornykh metaliv» vsikh form navchannia. Zaporizhzhia: ZDIA, 2013. 112 s.
14. Polishko S. O., Kushnir M. A., Tatarco Yu. V., Sanin A. F. Vplyv modyfikuvannia na kharakterystyky malovuhletsevoi stali St1kp ta kolisnoi KPT. Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho

natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana. 2013. Vyp. 3. S. 60–66.

15. Kropivnyi V. M., Kuzyk O. V., Kropivna A. V., Zasinets H. M. Chavun z vermykuliarnym hrafitom: navch.posibn.: navch.-metod. kompleks dlia studentiv dennoi i zaочноi form navchannia; zah. red. V.M. Kropivnoho. Kropyvnytskyi : Vydavets Lysenko V.F., 2019. 222 s.

16. Zych J., ŽyrekA. Vermicular cast iron production in the «Inmold» technology (in the Metalpol casting house) and the assessment of its thermal fatigue resistance. Archives of Foundry Engineering. 2011. Vol.11, Is.3. pp.255–260. 59. Ternovyi Yu.F. Vodennikova O. S., Bilan V. I. Otrymannia kompleksnykh lihatyr na osnovi marhantsiu metodom rozpylennia rozplavu vodoiu. Naukovyi visnyk Khersonskoi derzhavnoi morskoi akademii. Vyp. 1(20). Kherson: KhDMA, 2019. S. 162–167.

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Кричківський Владислав Володимирович

Тема: Метод автоматизованого керування установкою безперервного розливу

Спеціальність: 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість сторінок записки 87

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою роботи є забезпечення стабільності та безпеки безперервного розливання сталі МБЛ, а також підвищення якості одержуваних заготовок та довговічності обладнання.
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі на основі аналізу були визначені основні фактори, що впливають на якість заготовки: кристалізатор (через струшування кристалізатора на нього впливає рівень меніска, що означає точне положення кристалізатора, меніск у необхідний кристалізатор і його переміщення. У другому розділі розроблено параметричні моделі, які необхідні як для проектування нових МБЛ, так і для оптимізації процесів лиття в існуючих робочих камерах. Обраними контрольними параметрами пристрою безперервного розливу є: швидкість розливу металу, частота коливань, амплітуда коливань, рівень металевої рідини в кристалізаторі та положення пробки ковша. Розраховано параметри безперервного розливу: швидкість розливу металу, частоту коливань та амплітуду коливань. Обрано технічні засоби контролю параметрів розливу. У третьому розділі обрано середовище розробки системи контролю безперервного розливу - Trace Mode 6. Для цього було проаналізовано MasterSCADA, GENESIS-32 і Trace Mode та визначено їх переваги та недоліки. Розроблено алгоритм роботи системи керування установкою безперервного розливу. Для установки безперервного розливу розроблена система керування, яка контролює та контролює наступні параметри: швидкість розливу, частоту та амплітуду коливань, рівень металу в кристалізаторі та положення запірної арматури кристалізатора. У четвертому розділі розроблено користувацький інтерфейс системи управління.
4. Позитивні сторони роботи: забезпечено стабільність та безпеку безперервного розливання сталі МБЛ, а також підвищення якості одержуваних заготовок та довговічності обладнання.

5. Негативні сторони роботи: наявні граматичні, стилістичні помилки, недостатньо уваги приділено огляду наявних технічних рішень

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

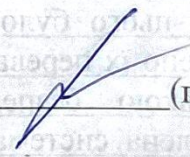
7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: задовільно (3,50/D)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) к.т.н., доцент кафедри кібербезпеки Тітова Тіра Юріївна

"16" 12 2024 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри АКІТтаР
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Кричківський Владислав Володимирович

ПШБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 2 курс, групи АКІТРм-23-2

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

02.12.24

дата



підпис

Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Владислав КРИЧКІВСЬКИЙ

Співавтор:

Назва: Кричківський на антиплагіат

Науковий керівник: Юрій ФОРКУН

Підрозділ: Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Коефіцієнт подібності 1: 5.1%

Коефіцієнт подібності 2: 2.2%

Мікропробіли: 6

Заміна букв: 17

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2024-12-13 08:09:15.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

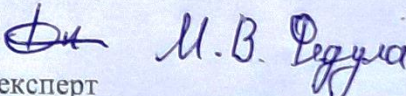
Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедурам. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2024-12-13

Дата


експерт

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 4.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. **Помилоч в документах: 13%**

ID: 158535 Назва: МКР Метод автоматизованого керування установкою безперервного розливу Додано в БД: 2024-12-13 Автора: Владислав КРИЧКІВСЬКИЙ Керівники: Юрій ФОРКУН Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	74724	715	4413 (6%)	60 (8%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Метод автоматизованого керування установкою безперервного розливу

Автор: Кричківський Владислав Володимирович

Спеціальність: 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Науковий керівник: Форкун Юрій Вікторович, кандидат технічних наук, доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальнозживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

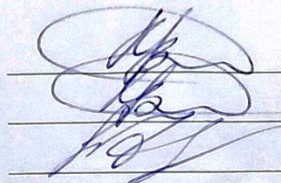
3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 5,10% і адресується до 5 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи



Валерій МАРТИНЮК

Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН