

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний економічний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

СТЕЛЬМАЩУК Дмитро Володимирович

БЕЗПРОВІДНА СИСТЕМА ЗБОРУ ДАНИХ ДЛЯ ЛИВАРНОГО ЦЕХУ.
/WIRELESS DATA ACQUISITION SYSTEM FOR FOUNDRY

спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
магістерська програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Магістерська робота

Виконав студент групи АКІТм-2141
Д.В. Стельмахук

Науковий керівник:
к.т.н., О.М. Заставний

Магістерську роботу допущено до захисту:

"___" _____ 20__ р.

Завідувач кафедри

_____ Я.М. Николайчук

Тернопіль 2018

Тернопільський національний економічний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем
Освітній ступінь "магістр"

спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
магістерська програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри СКС

_____ Я.М.Николайчук
"____" _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
СТЕЛЬМАЦУК Дмитро Володимирович

(прізвище, ім'я по-батькові)

1. Тема магістерської роботи

Безпроводна система збору даних для ливарного цеху / Wireless data acquisition system for foundry.

керівник роботи к.т.н., О.М. Заставний
затверджені наказом по університету від "14" листопада 2017 р. № 804

2. Строк подання студентом закінченої магістерської роботи 16 листопада 2018р.

3. Вихідні дані до магістерської роботи:

1. Ливарний цех
2. Процес ливарного виробництва
3. Закони регулювання
4. Вимоги до технічної експлуатації системи

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Дослідження процесу ливарного виробництва
2. Розробка система збору даних для ливарного цеху
3. Реалізація компонентів та протоколу системи
4. Контроль параметрів технологічного процесу

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

6. Консультанти розділів магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 14 листопада 2017 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Дослідження процесу ливарного виробництва	11.2017р. – 01.2018р.	
2	Розробка система збору даних для ливарного цеху	02.2018р. – 04.2018р.	
3	Реалізація компонентів та протоколу системи	05.2018р. – 07.2018р.	
4	Контроль параметрів технологічного процесу	08.2018р. – 11.2018р.	

Студент

_____ (підпис)

Д.В. Стельмашук

Керівник магістерської роботи

_____ (підпис)

к.т.н., О.М. Заставний

РЕФЕРАТ

Робота виконана на 74 сторінках та містить 27 рисунків, 2 таблиці, 38 джерел за переліком посилань.

Мета роботи: є розробка безпроводної системи збору даних для ливарного цеху.

Методи дослідження. Методи, методики та технології створення САУ процесами та комплексами різного призначення. Інструментальні засоби моделювання, планування, математичного, алгоритмічного і програмного забезпечення задач аналізу та синтезу складних розподілених у просторі гнучких комп'ютерно-інтегрованих систем.

Результати роботи та їх новизна. розроблена безпроводна система моніторингу процесів ливарного виробництва, система контролю параметрів технологічного процесу з використанням модулів образно кластерної моделі.

Рекомендації по використанню результатів роботи: полягає у тому, розроблена безпроводна система моніторингу ливарних об'єктів дозволяє автоматизувати процес контролю різних етапів ливарного виробництва та виявляти події які можуть привести до браку кінцевої продукції на ранніх етапах в реальному часі.

Можливі напрямки розвитку. Результати роботи служитимуть інструментом для створення нових комп'ютеризованих систем моніторингу та керування процесами ливарного виробництва, аналізу впливу різних параметрів на якість продукції та напрацювання масивів даних на основі яких можна розробляти методи підвищення ефективності виробництва.

Ключові слова: ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА, МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА, БЕЗПРОВІДНА МЕРЕЖА, СЕНСОРНА СИСТЕМА.

ABSTRACT

Work is executed on 74 pages and including 27 illustrations, 2 tables, 38 source after the list of references.

Purpose of work: is to develop a wireless data acquisition system for the foundry workshop.

Research methods. Methods, techniques and technologies for the creation of SAC processes and complexes of various purposes. Instrumental means of modeling, planning, mathematical, algorithmic and software of problems of analysis/synthesis of complex distributed in the space of flexible integrated systems.

Results of work and their novelty. A wireless monitoring system for foundry processes, a system for controlling the parameters of the process using modular cluster model is developed.

Recommendations after the use of job performances: is that a wireless monitoring system for casting objects has been developed to automate the process of controlling the various stages of foundry production and to identify events that can lead to shortages of finished products in the early stages in real time.

Possible development directions The results of the work will serve as a tool for the creation of new computerized systems for monitoring and managing the foundry processes, analysis of the impact of various parameters on product quality and the development of data arrays on the basis of which it is possible to develop methods for improving the efficiency of production.

Keywords: TECHNOLOGICAL PROCESS OF LIVER MANUFACTURE, MICROPROCESSOR SYSTEM, NETWORK NETWORK, SENSOR SYSTEM.

ПЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП.....	9
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	11
1.1 Аналіз технологічного процесу ливарного виробництва.....	11
1.2 Види технологічних процесів лиття.....	18
1.3 Дефекти виливків, причини їх утворення, заходи попередження і методи виправлення	20
1.3 Контроль якості продукції в ливарних цехах	25
1.4 Аналіз підходів до побудови комп'ютеризованих систем в ливарному виробництві	31
2 РОЗРОБКА СИСТЕМА ЗБОРУ ДАНИХ ДЛЯ ЛИВАРНОГО ЦЕХУ.....	42
2.1 Розробка структури мережі для об'єктів та процесів ливарного виробництва.....	42
2.2 Розроблення об'єктного модуля моніторингу процесів ливарного виробництва.....	44
2.3 Розробка модуля центральної станції бездротової мережі системи моніторингу	45
2.4 Розробка програмного забезпечення модулів об'єктних і абонентських систем бездротової мережі моніторингу об'єктів і технологічних процесів в ливарному виробництві	46
3. РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПОНЕНТІВ ТА ПРОТОКОЛУ СИСТЕМИ.....	51
3.1 Аналіз елементної бази для створення засобів комп'ютерних мереж дистанційного моніторингу	51
3.2 Розроблення протоколу зв'язку між базовою станцією та комп'ютерною системою	58
4. КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	60
4.1 Функції комп'ютеризованих систем моніторингу нештатних станів об'єкта управління	60
4.2 Ідентифікація станів об'єктів управління	62

4.3 Реалізація способу контролю параметрів технологічного процесу.....	65
ВИСНОВКИ	70
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	71

ПЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АС - абонентська станція;

АЦІ - аналого-цифровий інтерфейс;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

КС - комп'ютерна система;

ОМ - об'єкт моніторингу;

ОС – об'єктна система;

СБС – система базової станції;

ТО – технологічний об'єкт;

ТП – технологічний процес;

ЦПП - центральний процесорний пристрій.

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасне виробництво практично неможливо уявити без засобів автоматики та автоматизації. Дані засоби дозволяють ефективно використовувати енергоресурси та сировину, а також дозволяють прогнозувати випуск якісної продукції та проводити контроль всіх станів технологічного процесу, де на кожному етапі можна зупинити процеси які приводять до браку вихідної продукції. Особливо це актуально для енергоємних виробництв до яких відноситься ливарна промисловість. Впровадження засобів контролю та автоматизації дозволяє не тільки підвищити якість вихідної продукції, але й знизити енергозатрати на її виробництво, а також підвищити екологічні показники виробництва.

Часто на вітчизняних виробництвах використовується застаріле обладнання, яке за браком коштів неможливо замінити на сучасне, проте впровадження сучасних інформаційних технологій дозволяє підвищити якісні показники виробництва, та знизити затрати сировини та енергоносіїв, що в дозволяє підвищити рентабельність виробництва.

В таких умовах доцільним є використання безпроводних сенсорних мереж, оскільки дані системи вимагають мінімум затрат на встановлення, оскільки не вимагають проведення комунікацій, що дозволяє зменшити час введення в експлуатацію даних систем, а в окремих випадках дозволяє встановлювати засоби моніторингу на рухомих елементах, де прокладання дротових мереж є ускладненим або взагалі неможливим.

Мета і завдання дослідження. Метою досліджень є вирішення актуальної задачі створення нових систем безпроводного моніторингу процесу ливарного виробництва на всіх етапах виготовлення виробу. Для досягнення мети в ході досліджень вирішувалася низка завдань, головними з яких є:

- дослідження процесу ливарного виробництва та визначення точок моніторингу;
- розробка мікропроцесорної безпроводної системи моніторингу за процесом ливарного виробництва;

- контроль параметрів технологічного процесу.

Об'єктом дослідження є технологічний процес ливарного виробництва.

Предмет дослідження. є модуль безпроводної сенсорної мережі, як елемент системи безпроводного моніторингу системи ливарного виробництва.

Методи дослідження. Методи, методики та технології створення САУ процесами та комплексами різного призначення. Інструментальні засоби моделювання, планування, математичного, алгоритмічного і програмного забезпечення задач аналізу та синтезу складних розподілених у просторі гнучких комп'ютерно-інтегрованих систем.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що розробка безпроводних інформаційно-вимірювальних систем, адаптованих для систем та засобів ливарного виробництва в умовах високої енергоємності та шкідливості, дозволяє оперативно виявляти процеси які приводять до браку та погіршення екологічної обстановки.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що для реалізації розробленої безпроводної системи моніторингу процесів ливарного виробництва потрібно порівняно небагато затрат, а ефективність виробництва при цьому може суттєво покращитися.

Публікації. Стельмащук Д.В. Побудови кореляційних моделей в сферичній системі координат / А.І. Сегін, О.І. Перхалюк, П.А. Кривий // Збірник матеріалів конференції "Автоматизоване управління багатовимірними об'єктами на засадах обчислювального інтелекту".-Івано-Франківськ.- 2018.- с. 183-184.

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

1.1 Аналіз технологічного процесу ливарного виробництва

Технологічний процес виробництва виливків складається з наступних операцій[1,3]:

- виготовлення моделей і стрижневих ящиків;
- виготовлення ливарних форм за моделями;
- виготовлення стрижнів;
- розплавлення металу і заливки форм рідким металом;
- вилучення виливків з форм;
- обрубки і очистки виливків;
- термічної обробки (якщо вона необхідна за технічними умовами).

Ливарні форми виготовляють із застосуванням дерев'яних або металевих моделей, розміри і обриси яких відповідають одержуваним виливкам. Однак розміри моделей повинні бути трохи більші розмірів виливків, так як при охолодженні відбувається усадка металу. Припуски в моделях на усадку виливків з різних ливарних сплавів слід передбачати згідно зі зменшенням розмірів сплавів при охолодженні[2].

Моделі виготовляються так, щоб їх можна було витягти з формувальної суміші, не руйнуючи форми. Для цього моделі зі складними обрисами роблять роз'ємними частини яких легко сполучаються за допомогою шпильок. На рисунку 1 показані роз'ємна модель і виливок, виготовлена по ній.

Міцність дерев'яних моделей залежить від породи дерева (липа, сосна, клен, вільха і ін.) І від технології їх виготовлення[2].

Найбільш міцні моделі, виготовлені не з цілісного шматка дерева, а складені і склеєні з окремих частин з урахуванням напрямку волокон деревини (див. рисунок.1).

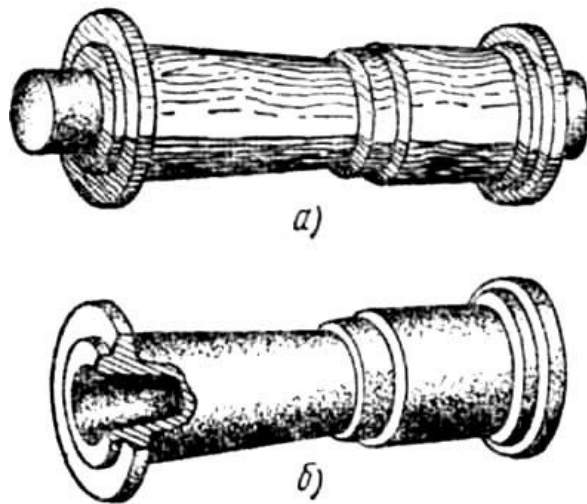


Рисунок 1.1 - Рознімна модель (а) і виготовлений по ній виливок (б)

При конструюванні і виготовленні моделей слід враховувати умови процесу формування, що впливають на зносостійкість моделей[4,5]:

- удари по моделям трамбовками при набиванні формувального матеріалу;
- удари при роботі на струшуючих і пресових машинах; вплив на моделі при звільненні форм і стрижнів;
- тертя поверхні моделей при зіткненні з твердими частинками формувальних матеріалів і ін.

Щоб вберегти дерев'яні моделі від вогкості, їх фарбують. Моделі, які призначаються для виливків з різних металів, фарбують в різні кольори, щоб було зручніше розрізнити їх.

Згідно ГОСТ моделі для виливків з чавуну і сталі фарбують в червоний колір, а моделі для виливків з кольорових металів - в жовтий[6].

Поверхні моделей для виливків, що піддаються механічній обробці, покривають чорними плямами по основному фоні. Стрижневі знаки, тобто виступи у моделей, що утворюють порожнини для закріплення стрижнів в формах, фарбують в чорний колір.

У масовому виробництві при машинному формуванні моделі виготовляють не з дерева, а з різних металевих сплавів.

Тонкостінні моделі для ручної і машинної формовки зазвичай виготовляють з сірого чавуну.

Моделі для машинної формовки, що піддаються великому зносу, виготовляються з алюмінієвих сплавів[5].

Формування. Ливарні форми бувають тимчасові або разові, тобто розраховані на виготовлення однієї виливки і руйнуються при добуванні виливки з форми; напівпостійні, тобто придатні для виробництва декількох виливків; постійні, використовувані для виготовлення партії виливків[5].

Разові ливарні форми виготовляють з формувальної суміші, що складається з формувального піску і різних добавок для додання суміші спеціальних властивостей (тирса, кам'яне вугілля, торф та ін.).

Такі форми застосовують сирими або ж перед заливкою їх просушують в печях.

Формувальні піски залежно від вмісту глинистих речовин поділяються на класи (табл. 1).

Таблиця 1.1 - Класифікація формувальних пісків

Умовне позначення	Найменування	Вміст глини,%
К	кварцеві	до 2
Т	худі	2-10
П	напівжирні	10-20
Ж	жирні	20-30
ОЖ	дуже жирні	30-50

Глини по вогнетривкості діляться наступним чином: високою вогнетривкістю (не менше 1580 °С); середньою (не менше 1350 °С); низькою (вогнетривкість не нормується).

При виготовленні піщано-глинистих форм повинні бути забезпечені наступні вимоги, що пред'являються до формувальних сумішей і їх властивостей:

1) форма повинна бути міцною, щоб важкий струмінь рідкого металу не міг зруйнувати її при заливці, і в той же час матеріал форми повинен бути досить пластичним;

2) матеріал форми повинен бути газопроникним, щоб гази, що виходять з металу при застиганні, не залишалися в виливці і не скупчувалися між відливанням і формою;

3) формувальна суміш повинна бути вогнетривкою, тобто в ній не повинно бути речовин, легкоплавких і здатних сплавлятися з металом, що викликає псування поверхні виливків (пригар).

Зменшити пригар формувальної суміші до металу виливки можна введенням в її склад від 5 до 15% кам'яновугільної пилу[5]. При чавунному литті кількість кам'яновугільного пилу береться тим більше, чим більші виливки. Поверхню сухих форм покривають тонким шаром фарби, в склад якої входять графіт, кокс, маршаліт, тальк та інші речовини. Це дозволяє уникнути пригорання формувальної суміші до відливання.

Щоб усунути пригар, поверхню вологих форм покривають також порошками, званими пріпилами. Як пріпили використовують кам'яновугільний пил, графіт або цемент.

Для форм, що піддаються сушці в печах, до формувальної суміші додають дрібну тирсу, соломку, торф та інші речовини, здатних при сушінні згоряти і збільшувати газопроникність суміші завдяки утворенню в них дрібних пор.

Приготування формувальної суміші і ливарних форм з неї - трудомісткий процес, тому в сучасному ливарному виробництві багато операцій виконуються за допомогою спеціального обладнання.

Для приготування формувальних сумішей застосовують механічні сита, що розмелюють, змішувальні бігуни, розпушувачі, глином'ялки і інші машини, що полегшують працю і підвищують її продуктивність.

Півпостійні ливарні форми, розраховані на отримання кількох виливків, виготовляють з міцних і вогнетривких матеріалів - графіту, шамоту та ін.

Постійні форми (кокілі) виготовляють з чавуну або сталі. Їх застосовують в масовому і серійному виробництві деталей не дуже складної форми і невеликих розмірів.

При литті в металеві форми продуктивність на одного робітника підвищується в два-три рази, зменшуються припуски обробки, поверхня виливків виходить чистою.

Вартість лиття в металевих формах залежить від їх стійкості: при отриманні сталевих деталей металеві форми витримують до 600-700 виливків, чавунних деталей нескладної форми - до 10 тис. виливків[16].

Стійкість металевих форм підвищують, покриваючи їх робочі поверхні особливими вогнетривкими складами або фарбами.

Внутрішній об'єм і лінійні розміри форм повинні бути більшими, ніж розміри виливків, так як застигаючий метал має лінійну і об'ємну усадку, тобто зменшується в розмірах.

Стрижні. Суцільні виливки без порожнин отримують заливанням рідкого металу в робочу порожнину форми, в якій немає стрижня. Для отримання пустотілої виливки в робочу порожнину форми поміщають стержень, що перешкоджає суцільному її заповненню рідким металом. У тому місці, де знаходиться стержень, в виливці утворюється порожнина, відповідна розмірам й обрисам стрижня.

При виготовленні стрижнів, так само як і моделей, необхідно враховувати зміну розмірів виливки при затвердінні.

Лінійні розміри і об'єм стрижнів повинні бути менше розмірів порожнини в литві на величину усадки металу[16].

Стрижні виготовляють з кварцового піску і глини з додаванням різних зв'язуючих речовин. Застосовують сполучні на основі рослинної олії (ЧДУ), продуктів переробки нафти, торфу, вугілля, сланців і деревини (КТ, ГТФ, КВ, П, ПС, сульфідна барда і ін.), Неорганічних сполук (рідке скло, цемент) і ін.

Виготовляють стрижні за допомогою стрижневих ящиків ручним і машинним способами. Виготовлені стрижні сушать.

Сушка стрижнів проводиться в печах в протягом 5-10 годин при температурі від 200 до 400 ° С в залежності від складу стрижневої маси і від властивостей зв'язуючої речовини. При сушінні волога випаровується, матеріал зв'язки твердне і завдяки цьому досягається необхідна міцність стрижнів.

Встановлюють і закріплюють стрижні в формах по «знаках», тобто по спеціальних опорних виступах, а також за допомогою особливих підставок - жеребейок. Сплавляючись з залитим в форму металом, жеребейки залишаються в литві. Щоб поліпшити зварюваність з основним металом, жеребейки оберігають від окислення лудінням або обмідненням.

Процес формування проводиться різними способами. Деталі нескладні і великого розміру іноді отримують залиттям у відкриту або закриту ґрунтову форму, виготовлену в долівці формувального цеху. Відкриту ґрунтову форму застосовують для виливків, що не вимагають обробки і мають пласку верхню поверхню (плити, колосники і т. д.).

Процес виготовлення форми полягає в наступному: яму глибиною до 200 мм завантажують наповнюючою сумішшю і суміш покривають облицювальним матеріалом, шаром 10-15 мм. В отримане «ліжко» вдавлюється модель, а збоку моделі вирізається літнікова система: літнікова чаша, канал для заповнення форми металом і зливний канал для спуску надлишку металу[7]. Після видалення моделі проводиться заливка.

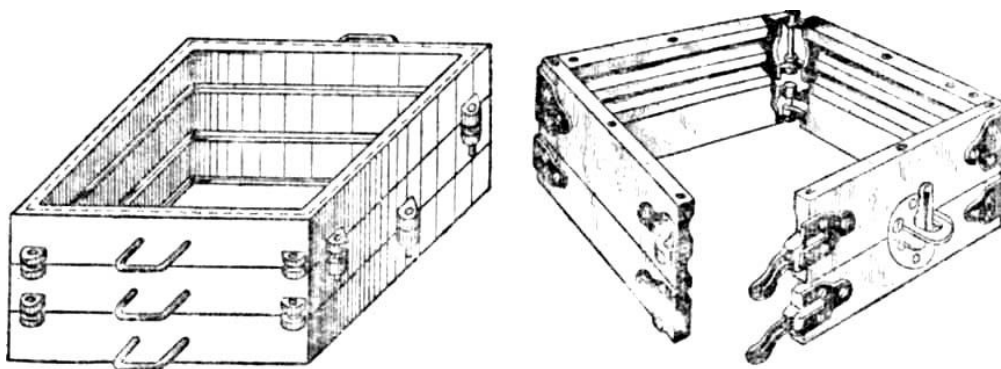


Рисунок 1.2 - Металева (а) і дерев'яна роз'ємна (б) опоки

Закрита ґрунтова форма застосовується для отримання виливків з чистою поверхнею і фасонною верхньою частиною, а також при виробництві великого одиничного лиття - виливків вагою понад 5т, а іноді більше 100 т . Форму виготовляють більш складним механізованим способом в спеціальних ямах (кесонах).

Найбільш поширене формування в опоках (рис. 1.2), тобто в особливих жорстких рамах, виготовлених з сталі або з чавуну, а іноді і з дерева. Стінки опок

скріплюють болтами або штирями. Щоб краще утримувалася формувальна суміш, стінки опок всередині роблять гофрованими.

Прикладом формування вилівки з внутрішньою порожниною може служити процес отримання форми для пустотілої втулки (рисунок 1.3).

Нижню половину рознімної моделі кладуть на підмодельну плиту площиною роз'єму і описаним вище способом виробляють формовку в нижній опоці (рисунок 1.3б).

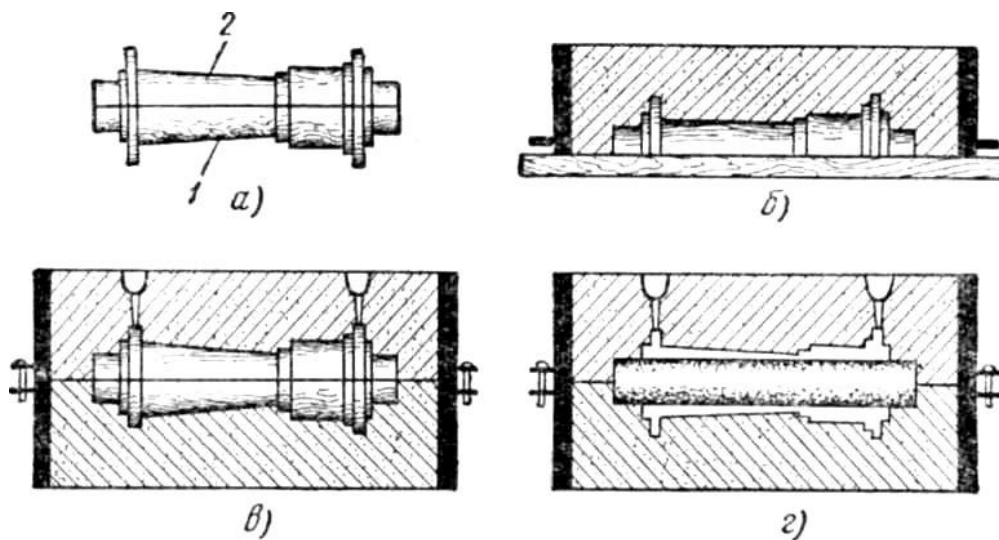


Рисунок 1.3 - Схема формування порожнистої втулки:

а - модель втулки: 1 - нижня половина моделі, 2 верхня половина моделі; б - формування в нижній опоці, в - формування у верхній опоці, г - зібрана форма зі стрижнем

Перевернувши нижню опоку і знявши підмодельну плиту, на заформовану половину моделі накладають її другу половину, а потім формують верхню опоку (рисунок 1.3б). При цьому встановлюють моделі літнікового стояка і випору для утворення відповідних каналів[8]. Після роз'єму опок, виконання каналів живильника і шлаковловлювача і вилучення з формувальної суміші обох половин моделі в готову форму поміщають стрижень для створення в виливці внутрішньої порожнини (рисунок 1.3г).

Відлита втулка після її вилучення з форми і літнікова система показані на рисунку 1.4.

Машинне формування. Застосування формувальних машин для виготовлення ливарних форм дозволяє різко збільшити продуктивність праці,

підвищити якість виливків, знизити собівартість лиття, а також механізувати і автоматизувати процес виготовлення ливарних форм. Формувальні машини виконують операції ущільнення суміші і видалення моделі з форми для лиття. За способом ущільнення формувальної суміші машини діляться на пресові, встряхувальні і піскомети.

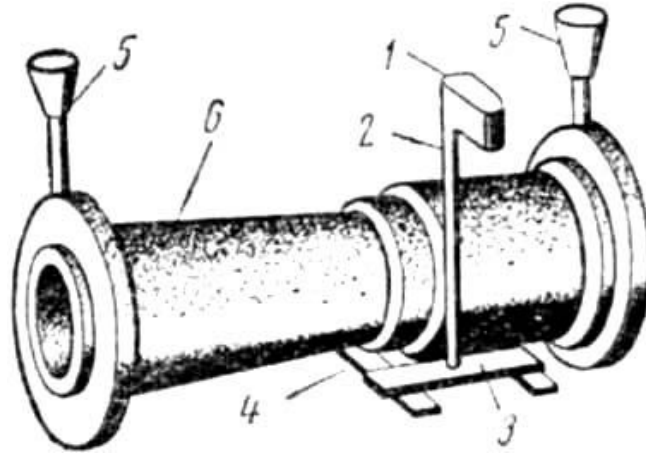


Рисунок 1.4 - Відлита втулка після вилучення з форми: 1 - літнікова чаша, 2 - літніковий стояк, 3 - шлаковловлювач. 4 - живильники, 5 - випор, 6 - виріб

1.2 Види технологічних процесів лиття

1.2.1 Лиття в піщано-глинисті форми

При виробництві великогабаритних установок, переважно з чавуну і сталі, використовують цей спосіб. Для виготовлення форми існує модельний комплект: стрижень для формування, моделі виробу, моделі ливникової системи. Формування відбувається в формувальних ящиках у вигляді рам (опоках). Технологічний процес[3]:

1. на підмодельну дошку встановлюється опока, в її нижній частині розташовується півмодель, яка засипається піщано-глиняною сумішшю і утрамбовується;

2. опока з півмоделлю перевертається, на неї ставиться друга півмодель і опока, знову засипається та ж суміш і встановлюється літнікова модель (через неї заливається метал), отвори для газів;

3. верхня опока знімається, виймається модель, стрижні вставляються для відводу, форма збирається, сушиться і надходить на заливку.

Процес формування механізований. Форма розбивається, виймаються стрижні і продукт надходить на обрубку і зачистку.

1.2.2 Лиття по виплавлюваних (випалюваних) моделям.

Суть в тому, що модель з легкоплавкого металу виплавляється (згоряє) при заливці в форму основного металу. Етапи: - виготовлення прес-форм для моделей деталей і літників. - пресування моделей - збірка моделей і літників і обробка оболонки - збірка моделей в опоці - заливка металу; з виплавою (випалюванням) моделей отримання виливки високої міцності і хорошої чистоти обробки.

Використовуються для ріжучих інструментів, лопат і т.д. Висока продуктивність, автоматизація, виробу з кольорових металів.

1.2.3 Лиття в оболонкові форми

Суть полягає в тому, що разову ливарну форму виготовляють у вигляді оболонки, використовуються для формувальної суміші в якості сполучного матеріалу фенольні смоли з наповнювачем. Лиття застосовують у великосерійному і масовому виробництві. Технологічний процес складається з наступних етапів: - установка моделі на підмодельную плиту і її розігрів; - установка плити на бункер з формувальної сумішшю, переверт бункера і обсіпання моделі сумішшю, отримання з розплавленої на поверхні моделі суміші тонкої оболонки; - зняття оболонкової напівформи; - складання форми, установка її в ящик і засипка піском, заливка металом[10].

В оболонкових формах ллють деталі з чавуну, сталі, кольорових металів. Переваги: легкість формування, механізація виробництва оболонок, висока точність і чистота обробки.

1.2.4 Лиття в кокіль

Кокіль являє собою металеву форму багаторазового користування в яку заливають метал. Лиття в кокіль дає високу точність, не вимагає подальшої

обробки поверхні, відрізняється високою продуктивністю, не вимагає виготовлення модельно-опочної оснастки. Недоліки: висока вартість прес-форми, можливість утворення тріщин через невіддатливості металевих прес-форм. Застосовують при масовому виробництві виливків з чорних і кольорових металів. Технологічний процес складається з:

1. очищення поверхні кокіля, його змазки, збірки;
2. заливки металу.

Відцентрове лиття При такому литті метал заливають у обертову до його застигання форму. При обертанні форми метал відцентровими силами притискається до її стінок, що дозволяє отримувати більш щільні виливки, тому що шлак витісняється до центру і потім видаляється механічною обробкою. Використовують при отриманні тіл обертання в масовому і серійному виробництві, в т.ч. при виробництві чавунних каналізаційних труб діаметром від 80 до 300 мм.

Виготовлення виливків литтям під тиском. При такому литті металева прес-форма заповнюється металом під тиском, який підтримується до повної кристалізації. Тиск забезпечує швидке і повне заповнення прес-форми, високу точність і малу шорсткість виливки, виключає появу залишкових раковин (порожнечі всередині металу) і пористості. Отримані цим методом відливання, як правило, не мають допусків, і після вилучення з прес-форми є готовими виробами. Можна отримувати виливки з товщиною стінок до 0,5 мм, складної конфігурації, з отворами $D = 1$ мм. Висока вартість прес-форм обумовлює використання такого лиття в масовому і великосерійному виробництві.

1.3 Дефекти виливків, причини їх утворення, заходи попередження і методи виправлення

У ливарному виробництві застосовують:

- контроль попередній, що включає перевірку властивостей шихтових і формувальних матеріалів, якості виготовленої модельної і ливарного

технологічного оснащення, а також виконання окремих стадій технологічного процесу отримання виливків (виготовлення форм і стрижнів, збірка форм при їх підготовці до заливання і т.д.);

- контроль виконавчий, що полягає в прийманні отриманих виливків. З урахуванням вимог, записаних в технічних умовах, виливки упорядковано на групи: придатні, дефектні, які слід виправити; дефектні, що направляються на переплавку.

Щоб визначити, в яку з цих груп слід направити виливок, в ливарних цехах застосовують такі методи контролю виливків:

- візуальний, при якому 100% виливків піддаються огляду неозброєним оком або за допомогою лупи, яка дає збільшення до 30 разів[11];
- контроль для виявлення на поверхнях виливків дрібних тріщин і раковин, який здійснюється спеціальними методами магнітної, люмінесцентної або кольорової дефектоскопії;
- контроль для виявлення внутрішніх дефектів у виливках з допомогою рентгенівських і гамма-променів, а також ультразвуковим методом.

З вини формувальника машинного формування можуть утворитися в виливках такі дефекти, як газові і піщані раковини, затоки, Пригара, невідповідність розмірів і конфігурації виливків кресленнями та ін.

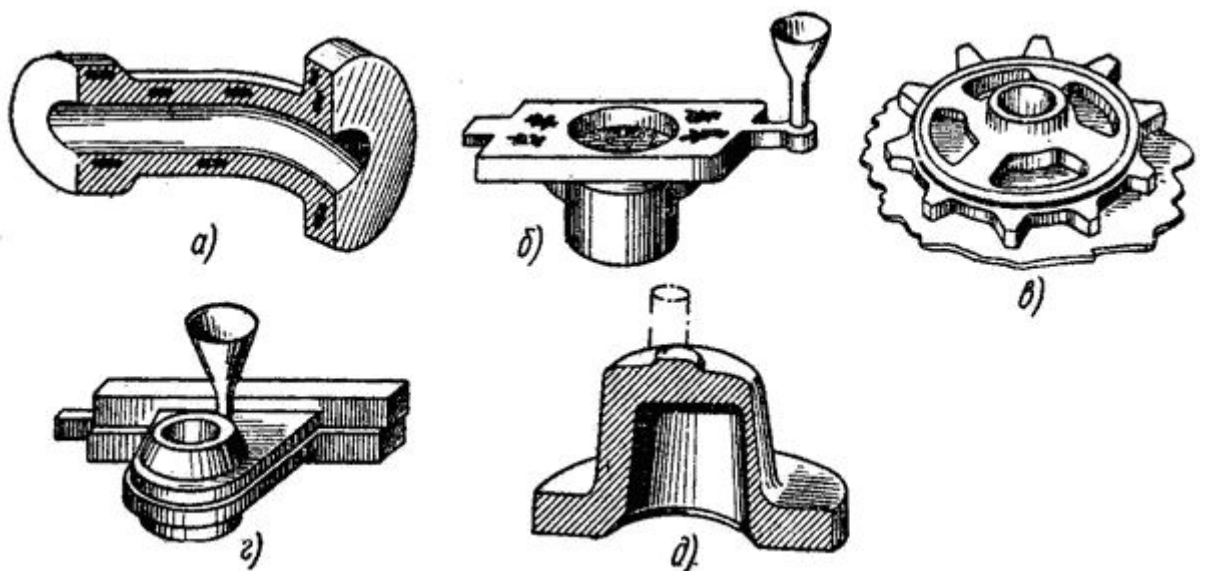


Рисунок 1.5 - Дефекти виливків: а - з газовими раковинами, б - з піщаними раковинами, в - з затокою, г - з перекрученою конфігурацією через перекіс півформ, д - з різностінністю

Газові раковини (рисунок 1.5а) - бульбашки повітря або газів, які залишилися в тілі виливка після заливки ливарної форми розплавом. Вони мають чисту, гладку поверхню і закруглену форму, можуть бути відкритими і закритими (внутрішніми), одиночними і гніздову. Газові раковини утворюються через недостатню газопроникність, підвищеної вологості або переущільнення формувальної суміші при її набиванні і ін. Виникнення в виливках газових раковин виключають рівномірним ущільненням суміші, пристроєм штучної вентиляції форми шляхом наколів каналів голкою, виводом газів зі стрижнів, установкою в форму охолоджених (Не гарячкуй) стрижнів і ін.

При лиття з кольорових сплавів, схильних до газонасиченості, для боротьби з газовими раковинами хороші результати дає метод вакуумного відсмоктування газів з стрижнів в процесі заливки форми (рис. 20).

Піщані раковини (див. рисунок. 1.5б) - найчастіше відкриті різної форми порожнечі в тілі виливка, частково або повністю заповнені формувальною сумішшю. Вони утворюються внаслідок обвалів частин форми при недостатній міцності формувальної суміші, зриву і змиву окремих частин форми струменем заливається в форму розплаву при неправильному його підводі, в результаті недбалої збірки форм і з інших причин. Попередити утворення піщаних раковин можна додатковим зміцненням звисаючих і виступаючих частин форми за допомогою залізних гачків, дерев'яних «солдатиків», шпильок (цвяхів), а також плавним підведенням металу в форму, при якому не буде розмиву форми і зривів окремих її частин струменем заливається розплаву.

Затоки (рисунок. 1.5в) - тонкі, різні за розміром і формою непередбачений кресленням виступи на литві. Вони найчастіше утворюються на місці роз'єму форми і вздовж стрижневих знаків. Причинами утворення заток є: недостатнє навантаження форми, наявність зазорів між знаками стрижнів і контурами порожнини форми і т.д. запобіганню заток попереджають надійним скріпленням півформ при підготовці форм до заливання, очищенням опоки від сміття і суміші під час складання форми, винятком застосування прокладочної глини і ін.

Пригар - забруднення поверхні виливки міцно присталою формувальною сумішшю. Він виходить через недостатню вогнетривкість формувальної суміші, її засміченості шкідливими домішками, поганої якості ливарних фарб. На утворення пригару впливає також нерівномірність ущільнення суміші в формі і використання крупнозернистого піску. Попередити утворення пригару можна застосуванням облицювальних сумішей з підвищеною вогнетривкістю, покриттям робочої поверхні форми прішилите (графіт, тальк, пилоподібний кварц і т. Д.) Або ливарними фарбами. Фарби повинні бути відповідної щільності і наноситися рівним шаром.

Невідповідність розмірів і конфігурації виливки кресленнями є наслідком перекошу половин форми або стрижня, неправильних розмірів моделі і т.д. перекіс форми викликає зсув однієї частини виливки щодо іншої (рисунок 1.5г) і виходить головним чином при неправильному центруванні опок, що є наслідком зносу штирів або службовців для їх посадки втулок (отворів у вушках опоки). Перекіс стержня (рисунок. 1.5д) викликає різностінність виливки і виходить внаслідок неправильної установки або недостатньо міцного його кріплення в формі.

Найбільш поширеними методами виправлення ливарних дефектів виливків є: закладення замазками або мастиками, просочення різними складами, газова і електрична заварка.

Закладення дефектів замазками є декоративним виправленням і допускається для дрібних поверхневих раковин на відливаннях невідповідального призначення[5]. Перед заповненням мастикою дефектні місця очищають від бруду і знежирюють бензином. Після заповнення раковини мастикою виправлене місце загладжують гладилкою, висушують і затирають шматком пемзи, графіту або коксу. Що володіють водо- і маслостійкістю, а також стійкістю до дії різних розчинників замазки готують на базі стиракрилапластику холодного твердіння. Стиракрил - рожевий порошок, попередньо перемішують з чавунною стружкою. Отриману суміш змішують з ефіром у співвідношенні 2: 1. Отримана однорідна тістоподібна замазка з щільністю 1,16-1,18 г / см³ твердне при 15-20 ° С за 3-4 год. Її ударна в'язкість - 8-10 кг/см², а міцність на вигин - 700-800 кг/см².

Просочування складами усуває пористість виливків, що піддаються гідравлічному випробуванню. З цією метою виливки, що мають незначне протікання (каналізаційні труби та ін.) Занурюють на 8-12 год у водний розчин хлористого амонію (нашатирю). Проникаючи в проміжки між зернами металу, розчин утворює оксиди, які закупорюють пори виливки.

Заварка застосовується для виправлення дрібних раковин, а найчастіше дефектів виливків в місцях, що зазнають велике навантаження. Вона полягає в сильному розігріві (до оплавлення) місця дефекту з наступним його закладенням розплавленим присадним матеріалом. Щоб отримати заварку високої якості, необхідно застосовувати присадочний матеріал, який за своїми властивостями не відрізнявся б від властивостей металу виливки. При заварці нагрівають місце дефекту і розплавляють пруток присадочного матеріалу полум'ям киснево-ацетиленового пальника (газова заварка) або за допомогою спеціальних зварювальних апаратів (електрична заварка). Щоб уникнути появи тріщин, виливки перед заваркою нагрівають до 350-600 °С, а після заварки повільно охолоджують до кімнатної температури. Для кращої оброблюваності виливки піддають термічній обробці - відпалу.

Виправлені будь-яким методом відливання повинні оглядати і приймати працівники відділу технічного контролю.

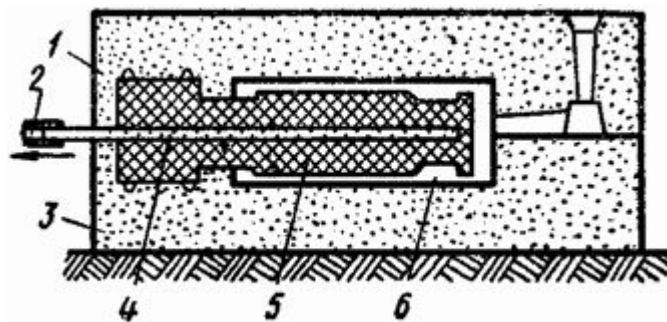


Рисунок 1.6 - Схема застосування вакууму для відсмоктування газів з стрижня ливарної форми: 1 - верхня півформа, 2 -штуцер підключення до вакуум-насоса, 3 - нижня півформа, 4 - трубка з отворами, 5 - піщаний стрижень, 6 - порожнина форми.

1.3 Контроль якості продукції в ливарних цехах

Ливарне виробництво відрізняється від ряду інших виробництв багатоопераційністю і різноманітністю використовуваних в технологічному процесі матеріалів. Відхилення від необхідної якості одного з матеріалів або неправильне виконання однієї з операцій може призвести до невідповідності якості виливки пропонованим вимогам. Якість відливання, в свою чергу, впливає на якість наступних операцій металопокриттів.

Своєрідність ливарного виробництва полягає ще і в тому, що більша частина його процесів позбавлена безпосередньої наочності і відбувається при змінних фізико-хімічних умовах. Все це ускладнює технічний контроль ливарного виробництва.

У ливарному виробництві підлягають контролю: основні і допоміжні матеріали, що надходять у виробництво; властивості отриманих сплавів; модельно-опочне оснащення; формувальні і стрижневі суміші; стрижні; форми; виливки на різних стадіях виготовлення і обробки.

Основні і допоміжні матеріали надходять в ливарний цех переважно через склади формувальних матеріалів і шихти. Деякі допоміжні матеріали надходять через цехові комори. Завдання контролю на цій ділянці - відбраковування некондиційних матеріалів.

Нижче викладені окремі види контролю в ливарних цехах і їх короткий зміст.

Контроль процесу плавки. Методи контролю плавильного процесу залежать від типу плавильного агрегату і роду металу.

Контроль якості сплавів.

Контроль режиму заливки. Заливку форми контролюють по температурі металу, що заливається оптичним пірометром і за тривалістю заливки - секундоміром. Система контролю вибіркова; для великих і відповідальних виливків - суцільний контроль.

Контроль оснастки. Підвищення вимог до точності чорнових розмірів виливків визначає необхідність систематичного контролю стану моделей, ящиків,

опок та іншої оснастки. Чим вище клас точності виливків, тим менші допустимі відхилення на розміри оснащення і періодичність контролю.

Контроль якості сумішей. Якість сумішей, як і вихідних матеріалів, визначається їх підготовкою, шихтовки і перемішуванням.

Властивості сумішей - вологість, газопроникність і міцність - піддають систематичному контролю. Методика визначення властивостей сумішей встановлена ГОСТ 2189-78.

Щільність ливарних фарб перевіряють кожні 1,5-2 год ареометром.

Контроль стрижнів. Контроль стрижнів є попереджувальним по відношенню до виливків і в той же час приймальним по відношенню до стержнів як самостійних напівфабрикатів.

Такі дефекти, як обсіпальність, тріщини, перевитрата, визначають зовнішнім оглядом. Вологість великих стрижнів можна проконтролювати вологоміром або простукуванням. Шаблони, що застосовуються для контролю розмірів стрижнів, як правило, граничні і лише в окремих випадках, переважно для масового виробництва, індикаторні.

Контроль якості форми. Якість виготовленої форми в значною - мірою визначає якість подальшого відливання. Ступінь і рівномірність ущільнення форми визначають спеціальним твердоміром, придатним для перевірки горизонтальних, вертикальних і похилих поверхонь. Використовуючи твердомір, можна організувати ефективний контроль щільності набивання форм та домогтися різкого зменшення браку за дефектами формування.

Контроль правильності розмірів форми поширюється головним чином на процес установки стрижнів; контроль виконують в більшості випадків з використанням шаблонів, які суміщають виробниче та контрольне призначення.

Різноманіття причин, здатних впливати на якість виливків, обумовлює ефективність статистичного методу контролю в ливарному виробництві.

Завдання статистичного методу аналізу і контролю в ливарному виробництві наступні.

1. Виявлення найбільш важливих технологічних факторів, що визначають якість продукції, а також основних причин, що впливають на ці фактори. Такими

факторами при виготовленні виливків є, наприклад, температура рідкого металу, його текучість, газопроникність, міцність і вологість форм і т.д. На ці фактори відповідно впливають такі змінні величини, як розміри і маса складових частин шихти, розміри шматків коксу, тиск дуття, режим приготування сумішей, тиск стисненого повітря в мережі та ін. в кожному окремому випадку фактори і впливаючі на них показники слід вибирати з урахуванням особливостей даного цеху, характеру лиття, головних видів браку.

2. Встановлення математичною обробкою даних великого числа вимірів функціонального зв'язку між технологічними факторами.

3. Встановлення допустимих відхилень для контрольованих елементів технологічного процесу.

4. Використання статистичного методу для безперервного контролю за допомогою контрольних графіків, службовців для своєчасного запобігання браку. У цьому плані особливе значення набуває правильна вибірковість контролю, що встановлюється математичним аналізом.

Види дефектів лиття, причини їх утворення та заходи попередження. Ефективність боротьби з браком лиття визначається в значній мірі правильністю діагнозу - виявленням дійсного виду браку виливки, його причини і винуватця браку. Тільки правильним вирішенням цих питань, що становлять сутність контролю готових виливків, можна забезпечити умови для ліквідації виниклого браку і попередити появу його в подальшому.

Основні види дефектів лиття[6]: спай, недолив (неповний виливок), затоки, нарости, пригар, відбіл (чавунне лиття), раковини газові, раковини усадочні, рихлоти, пористість, раковини земляні, раковини шлакові, тріщини гарячі, тріщини холодні, викривлення, механічні ушкодження, окислення і перевитрата, невідповідність розмірів і конфігурацій виливків заданим (перекіс, різностість і ін.), невідповідність заданому хімічному складу металу, мікроструктури і фізико-механічні властивості. Більш докладно дефекти описані у відповідних ГОСТ та у спеціальній літературі. Кожен з дефектів виливок може бути наслідком ряду причин і їх комбінації.

Найбільш ймовірні причини виникнення того чи іншого дефекту встановлюють з урахуванням даних приймального контролю (журналів шихт, сумішей і т.д.), що характеризують стан окремих елементів технологічного процесу. Заходи запобігання браку залежать від найбільш вірогідної причини браку. Останньою визначаються і місце виникнення браку і, відповідно до організаційним побудовою виробництва, конкретний винуватець.

Для ефективної боротьби з браком і належного інструктажу винуватців велике значення має правильно організована площадка браку. Площадка повинна бути місцем щоденного розбору, пред'явлення і роз'яснення браку його винуватцям, встановлення в присутності винуватця заходи стягнення, а також інформації цехового колективу про стягнення за брак і заохочення до його зниження. Працівники технічного контролю повинні бути активними учасниками роботи на майданчиках браку, а також учасниками всіх технологічних заходів, долучаються колективи ливарних цехів до самоконтролю при виконанні кожної виробничої операції.

Найбільш важливим є оснащення кожної операції необхідними регулюючими та контрольно-вимірювальними приладами.

Контроль за зовнішнім виглядом. Контроль виливків по їх зовнішньому вигляду дозволяє виявити ливарні дефекти (недоливи, нарости, спаї, тріщини, поверхневі раковини, пригар та ін.), А також дефекти обробки виливків (задирки, переточки, залишки літнікової системи і ін.).

Огляд виливків слід організувати таким чином, щоб виключити потрапляння дефектних виливків на наступні операції. Так, безпосередньо після вибивання доцільно піддавати виливки первинному розбракуванню з відсорткування явного браку і тільки після цього направляти їх на подальші оздоблювальні операції.

Готовий вилівок, пред'явлений для приймання ВТК, в першу чергу піддають огляду по зовнішньому вигляду. Але в ряді випадків огляд виливків неозброєним оком є недостатнім. Тоді використовують лупи різного збільшення. Для виявлення дрібних зовнішніх вад, в тому числі мікротріщин, застосовують люмінесцентний метод.

Гідравлічне випробування виливків. Виливки, призначені для роботи під тиском, слід випробовувати на гідравлічну або повітряну щільність.

В одиничному виробництві для контролю щільності виливків застосовують окремі пробки, заглушки, фланці з гумовими прокладками і стяжними болтами або струбцинами, за допомогою яких заглушують кожен отвір в окремо. В умовах серійного або масового виробництва щільність виливків перевіряють з використанням спеціальних пристосувань - гідростанків.

За методом випробування розрізняють гідростанки, в яких випробування проводять при заповненні порожнини виливки водою (в цьому випадку дефекти виявляють при утворенні течі або «потінні» стінок виливки), повітрям із зануренням виливки в воду (про дефекти свідчить поява на поверхні бульбашок повітря). Іноді занурення випробуваної виливки в воду замінюють змочуванням перевіряється поверхні мильним розчином.

За способом закріплення виливки верстати діляться на ручні, в яких для закріплення виливків і закривання отворів використовують гвинтові або ексцентрикові затискачі, і механізовані, в яких для закріплення застосовують швидкодіючі пневматичні затиски.

Конструкція гідростанка повинна забезпечувати надійне закривання всіх отворів і можливість проведення випробування при заданому тиску, вільний доступ для огляду всіх контрольованих поверхонь виливки, достатню продуктивність механізацією таких операцій, як установка виливки, закривання отворів, подача і випуск води і т.д.

Контроль розмірів виливків. Розміри будь виливки включають припуск на механічну обробку: допуски на розміри характеризують точність виготовлення виливки.

Припуском на обробку називають товщину надлишкового шару металу, що призначається в виливці в тих місцях виробу, де потрібне отримання чистої і точної поверхні механічною обробкою. Значення припуску визначається класом точності виготовлення виливки і має винятково велике значення в машинобудуванні, так як в значній мірі визначає трудомісткість механічної обробки. Підвищення точності заготовок і зниження обсягу механічної обробки,

що має велике народногосподарське значення, зумовили обмеження припусків і допусків на лиття відповідними ГОСТами.

Креслення виливки повинно бути розроблене на підставі креслення готового виробу з внесенням уточнень, які визначаються технологією ливарного виробництва. Для створення єдиного приймального документа в креслення зазвичай включають і інші дані з числа передбачених технічними умовами для повної характеристики необхідної якості виливки.

Методи контролю геометричних розмірів виливків визначаються виключно типом виробництва.

В умовах одиничного виробництва основний контроль розмірів виливки виконують розміткою, при якій з заготовки по суті «викроюють» придатний виріб. У цьому випадку навіть не цілком точну заготовку (виливок) можна використовувати при правильному розподілі наявних на литві припусків.

Механічна обробка в великосерійному і масовому виробництві характеризується застосуванням спеціального обладнання, кондукторів та пристроїв, точно визначають положення заготовки щодо різального інструменту при механічній обробці, а також заздалегідь розрахованими режимами різання. У цих умовах контроль розмірів виливків набуває особливого значення і обумовлений наступними вимогами: контроль повинен бути швидким і точним; перевірка розмірів повинна бути об'єктивною. Використання в таких умовах універсального вимірювального інструмента стає скрутним, і його все частіше замінюють спеціальними контрольними-вимірювальними інструментами і пристосуваннями.

Найбільш прості засоби вимірювання відхилень фактичних розмірів від номінальних - скоби, пластини, кільця, пробки, шаблони, тобто жорсткий граничний вимірювальний інструмент. Такий інструмент можна широко застосовувати при контролі геометричних розмірів виливків, що не піддаються механічній обробці, але обумовлених певними допусками за умовами складання або експлуатації.

При контролі в виливках розмірів, пов'язаних з робочою поверхнею, необхідно визначити, чи забезпечений заданий припуск на обробку в допустимих

межах (тобто не залишиться чорнота після обробки), рівномірно чи розподілений заданий припуск всієї оброблюваної поверхні, а також чи немає надмірного збільшення припуску на обробку, що може привести до поломки інструменту, порушення встановленого режиму різання і т.д. У цих випадках застосування граничного вимірювального інструмента недостатньо, і його доводиться за змінювати спеціальними контрольними пристроями. Контрольні пристосування для перевірки виливків повинні забезпечувати: виконання всіх контрольних вимірювань від базових місць, прийнятих для механічної обробки; можливість відліку відхилення перевірюваного розміру або припуску на обробку або можливість визначення, чи знаходяться вони в допустимих межах; виконання всіх контрольних вимірів з однієї установки перевіряється виливки; максимальне спрощення процесу вимірювань для використання працівників низької кваліфікації; досить високу продуктивність; точні і незмінні відомості; легкість регулювання.

1.4 Аналіз підходів до побудови комп'ютеризованих систем в ливарному виробництві

Економічна ситуація, що склалася в даний час, вимагає від ливарних підприємств випуску продукції, конкурентоспроможної на внутрішньому і зовнішньому ринках. Конкурентоспроможність багато в чому визначається вартістю і якістю продукції, що, в свою чергу, обумовлено застосовуваною технологією, контролем за точністю її дотримання, а також кількістю і вартістю використовуваних в роботі матеріалів[13].

Аналіз технології, що застосовується при роботі ливарних цехів, показав, що необхідно вести болем точний контроль за збором і обробкою інформації про стан кожного етапу виробництва оливи і оперативно представляти цю інформацію операторам у вигляді різного роду графіків і таблиць з використанням передісторії процесу.

Рішення проблем підвищення якості ливарного виробництва розглянуто в [18-20]. Підвищення ефективності роботи ливарних цехів в значній мірі визначається якістю і обґрунтованістю проектних рішень, застосуванням комп'ютеризованих комплексів і експертних систем. Ключовими проблемами підвищення якості ливарного виробництва є контроль і підтримка в заданих межах характеристик і параметрів технологічних процесів лиття, показників і параметрів вихідних матеріалів і режимів роботи обладнання, а також оперативне виявлення і заміна недоброякісних матеріалів, прогнозування несправностей устаткування і т. Д. Ці завдання вирішуються за допомогою застосування багаторівневої інтегрованої комп'ютерної мережі моніторингу і системи контролю і диспетчеризації (SCADA) процесу ливарного виробництва [21].

Впровадження інтегрованої комп'ютерної мережі дистанційного моніторингу параметрів технологічних процесів з системою диспетчеризації SCADA, засобів обробки і передачі інформативних даних, що характеризують якість виконання технологічних процесів лиття, дозволить ефективно організувати управління ливарним виробництвом з урахуванням мінімізації витрат і підвищення якості виливків.

Автоматизація ливарного виробництва призвела до того, що якість і надійність функціонування автоматизованих формувальних і ливарних ліній, різних механізмів ливарних цехів істотно впливають на кінцевий результат виробництва. У свою чергу, автоматизовані комплекси і машини управляються і контролюються фізичною та розумовою працею великої кількості людей. При цьому вплив людського фактора на якість виробництва істотно збільшується, що вимагає організації забезпечення якості виробництва на його різних рівнях. На рисунку 1.7 представлена структурна схема технологічних процесів ливарного виробництва.

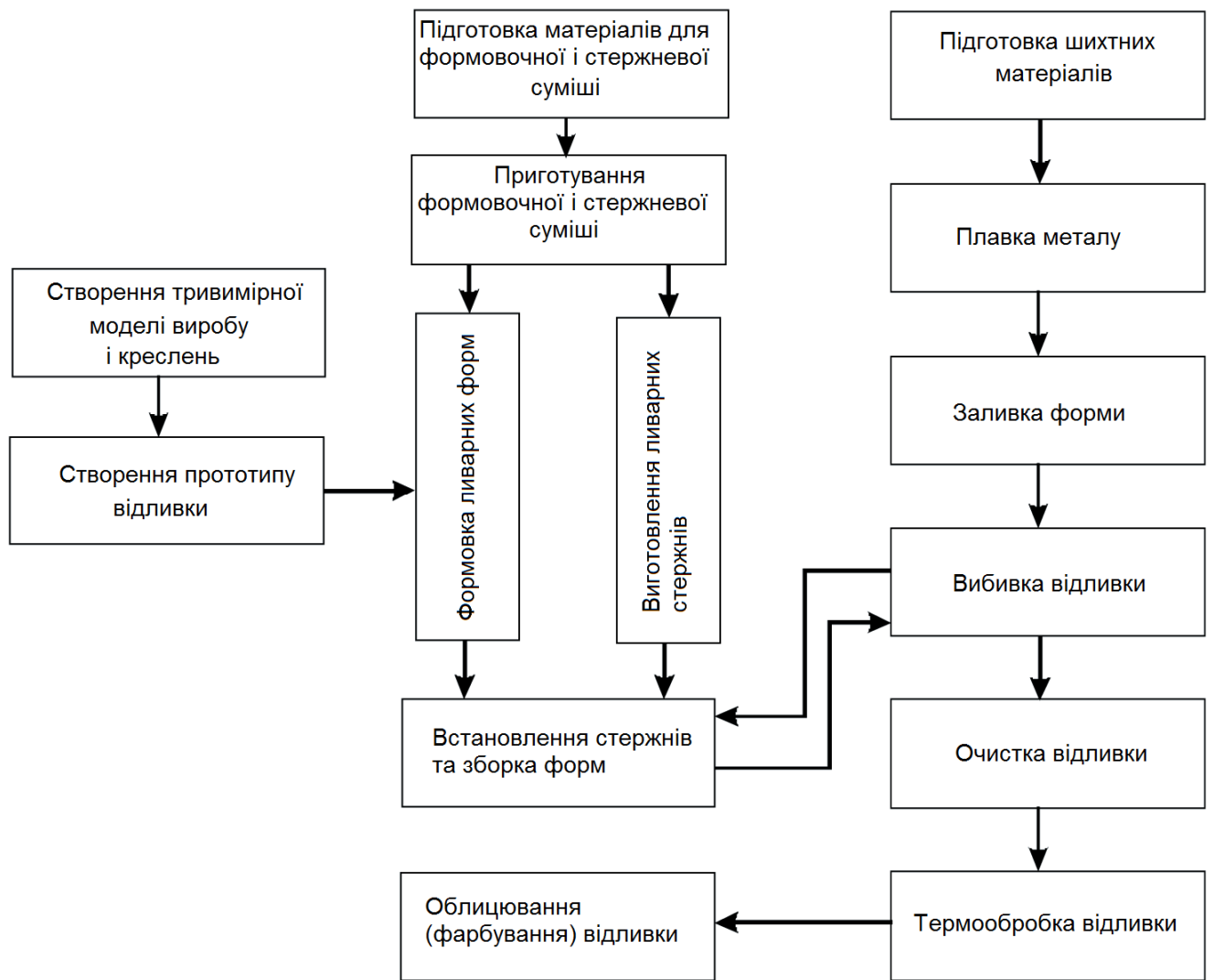


Рисунок 1.7 – Структурна схема технологічних процесів ливарного виробництва

Інтегровану систему моніторингу можна розподілити на 14 етапів підсистем моніторингу. Як видно з рис. 1, виріб проходить етапи від комп'ютерної моделі до готової продукції, відповідно, важливий моніторинг параметрів кожного етапу виробництва, щоб домогтися високої якості і знизити енергетичні витрати.

При створенні тривимірної моделі виробу і креслень більшість виробників ливарного оснащення використовують спеціалізовані CAD-системи, що дозволяє скоротити термін виконання замовлення, особливо для складних ливарних форм, підвищити якість і збільшити продуктивність. Система автоматизованої підтримки інженерних рішень при проектуванні форм для лиття забезпечує:

- скорочення трудомісткості проектних розрахунків, конструювання та випуску робочих креслень форм за рахунок всебічної інформаційної підтримки

проектування (бази даних, графічні бази знань, розрахункові процедури), автоматизації прийняття проектних рішень, автоматизації редагування і випуску конструкторської текстової та графічної документації;

- скорочення часу проектування форм за рахунок застосування типових конструкцій, виступаючих в якості моделей, зі збереженням якості;
- автоматизацію розрахунків блоку і пакета форми з урахуванням розмірів робочої зони;
- редагування креслень форм без повтору розрахункових процедур;
- отримання конструкторської документації в більш короткий термін;
- швидку розробку нових моделей фахівцем-конструктором і підключення їх до існуючої бази типових рішень.

Проектування форми можна розбити на наступні етапи: розрахунок розмірів напівфабрикату і вибір технологічних умов; розробка робочої зони форми (в даній версії виконується вручну) і визначення гніздної форми; вибір обладнання вилівки; підбір формотворної і виштовхувальної систем форми і види пакета форми; розробка формотворної системи (розрахунок ФОД, літнікової системи та інших); формування пакету форми, систем виштовхування, кріплення форми (розрахунок плит, які фіксують фланців і інших), термостатування і вентиляційної системи, складального креслення форми.

Кожен етап в процесі проектування необхідно розбивати на кілька стадій до тих пір, поки рішення задачі на останній стадії не зведеться до простого математичного або логічного вирішення.

Вихідними даними для проектування форми є креслення деталі і технічні умови на її виготовлення, за якими необхідно визначити робочі поверхні, точку (місце) вприскування розплаву, лінію роз'єму форми, вид (модель) ливарної форми, орієнтацію деталі (деталей) у формі.

За вказаною в кресленні матеріалу в системі проектування форми визначаються властивості ливарного матеріалу - температурні режими переробки матеріалу: щільність, питома маса, коефіцієнт теплопровідності, коефіцієнти усадки і ін.

Наступним етапом є створення прототипу виробу або форми за допомогою технологій швидкого прототипування, одержувані за допомогою 3D-принтерів на ливарних підприємствах.

Технологія швидкого прототипування (Rapid Prototyping - RP) - це швидке виготовлення прототипів, технологія, що дозволяє за даними з 3D CAD-додатків (SolidWorks, КОМПАС-3D, Autodesk Inventor та інших) створювати тривимірні фізичні моделі-прототипи без інструментального їх виготовлення. Технологія стала доступною завдяки появі 3D-принтерів, принцип роботи яких полягає в пошаровому формуванні фізичної моделі. Традиційний метод виготовлення моделі полягає в тому, що модель створюється відділенням матеріалу від заготовки, скрапленням окремих елементів моделі. При традиційному методі відбувається інструментальне виготовлення моделі - процес трудомісткий, повільний, при якому неможливо виготовити складні моделі. 3D-принтери дозволяють протягом декількох годин виготовити геометрично складні прототипи з внутрішніми елементами і частинами, що рухаються.

Процес побудови автоматизований і дозволяє отримувати якісні, порівняно недорогі, функціональні моделі в найкоротші терміни.

Як відомо, для виготовлення моделей багато підприємств використовують макетні майстерні на базі деревообробних цехів. Неможливість виготовити кілька абсолютно ідентичних виробів, наявність спеціально навченого персоналу, трудомісткість процесу, майстерні, що займають багато місця, - це неповний перелік основних недоліків традиційного виготовлення майстер-моделей з дерева або пінополістиролу. Автоматизувати процес виготовлення моделей можна за допомогою 3D-принтера, який дозволяє вносити коригування геометрії.

Для ливарних цехів не настільки важливі точності характеристики моделей, можливість швидкої зміни математичної віртуальної моделі та повторного виготовлення доопрацьованого прототипу і, головне, ефективне використання в процесі лиття виробів в металі.

В Україні на даний момент представлені 3D-принтери двох розробників: Objet Geometries (Ізраїль) і Z-Corporation (США). Компанія Objet розробила

комбіновану технологію PolyJet, суть якої полягає в пошаровому побудові моделей з фотополімера.

Фотополімер розпорошується на площині побудови 3D-принтера тонким шаром в 16 мікрон блоком головок і полімеризується під дією УФ ламп.

В результаті виходять досить міцні і точні пластикові моделі з гладкими кривими поверхнями.

3D-принтери Z-Corporation виготовляють моделі з порошку на гіпсовій основі з різними добавками і присадками. На площині побудови розподіляється шар порошку товщиною 80 мікрон і друкуюча головка наносить сполучну речовину (клей) згідно з алгоритмом даного шару. В результаті виходять моделі на гіпсовій основі. Щоб надати їм необхідну міцність необхідно обробити просоченням, яка також поставляється виробником, компанією Z-Corporation.

Лиття по виплавлюваних моделях (Lost-Wax)

- один із самих економічних способів створення деталей складної форми з металу, а в деяких випадках - і єдиний можливий метод лиття, наприклад, коли деталі мають тонкі стінки або складну конфігурацію. Зазвичай для такого методу лиття використовуються моделі з воскової модельної маси, виготовлені аналогічно лиття пластмас під тиском: модельна маса запресовується в прес-форму з алюмінію. Цей процес добре освоєний і використовується на практиці тисячами ливарних виробництв по всьому світу.

Однак серед недоліків використання даної технології для невеликих партій виробів слід назвати тривалість процесу, починаючи з розробки і закінчуючи виготовленням, а також високу вартість оснащення для виробництва моделей.

Крім того, моделі, виготовлені на 3D-принтерах обох виробників, можна використовувати для лиття в піщані форми. В даному випадку 3D-моделі використовуються в якості майстер-моделей, які формуються в опоку.

Багато ливарних компаній за кордоном, що використовують технологію швидкого прототипування для скорочення циклу виробництва, не схильні відкривати свої ідеї щодо використання 3D-моделей.

Застосування додаткових матеріалів (рідкої гуми, епоксидних смол, платинкаст і інших) спільно з 3D-моделями розширює можливість використання

останніх в ливарної індустрії. Поряд з системами швидкого прототипування розробка нових підходів оптимального управління технологічними процесами лиття є актуальним завданням. Це обумовлено розвитком сучасних комп'ютерних систем управління, як правило, побудованих на базі мережевих програмованих логічних контролерів і персональних комп'ютерів. При цьому комп'ютер, володіючи найбільш потужними обчислювальними ресурсами, застосовується для вирішення математично нескладних завдань: візуалізації стану елементів технологічної системи, документування параметрів технологічного процесу і програмування керуючої програми. Тим самим унікальний інструмент для інтелектуальної обробки інформації, чисельних методів розв'язання системи рівнянь в звичайних і окремих похідних залишається незатребуваним.

Традиційний підхід до управління технологічними процесами лиття включає наступні етапи: розрахунок режимів обробки на базі імовірнісних моделей, формування керуючої програми, синтез регуляторів по керованим параметрам (рисунок 1.8).

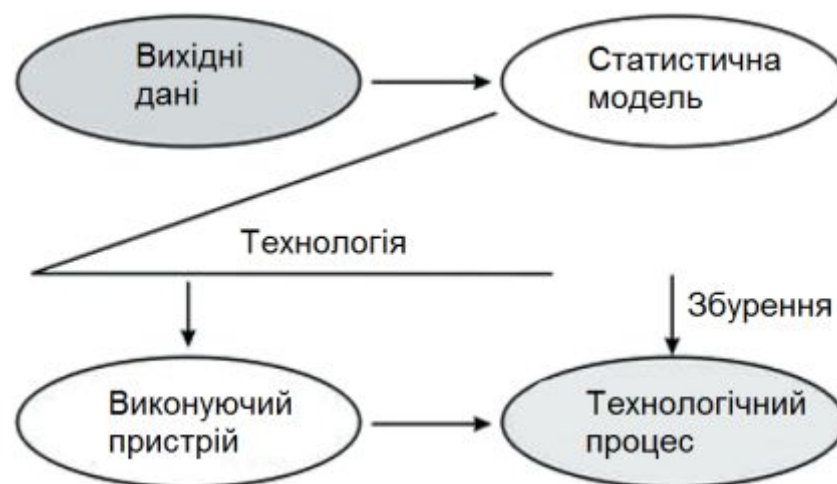


Рисунок 1.8 – Традиційний підхід до керування ТП

Апріорний підхід базується на побудові математичної моделі технологічного процесу, визначенні цільової функції і методу оптимізації (рисунок 1.9).

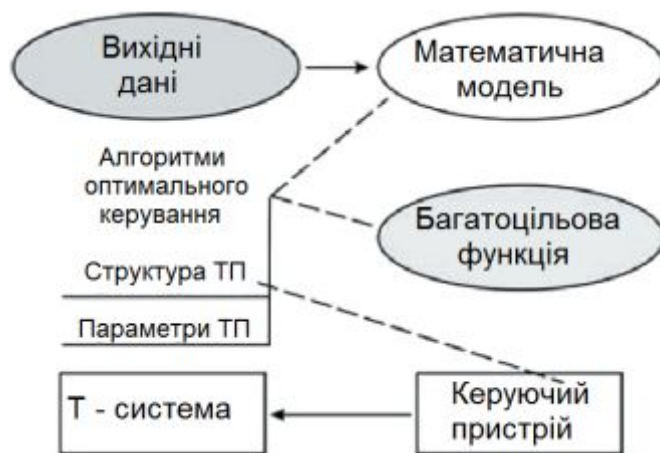


Рисунок 1.9 – Априорний метод оптимізації

Мета оптимального управління – знайти найкращий варіант з множини можливих альтернатив з позиції багатоцільової функції. Визначаючи роль в методології оптимального керування грає математична модель, що являє собою множину співвідношень між змінними обмеженнями і цільовою функцією. Послідовність рішень поставленої задачі включає наступні операції: формулювання завдання оптимального управління; розробка априорної математичної моделі; підготовка керуючої програми; уточнення рішення.

Існуючі априорні детерміновані математичні моделі не враховують ймовірнісну природу технологічних процесів. Тому точність априорної моделі зазвичай недостатня і при вирішенні задач оптимізації вірогідних технологічних процесів вигідно виділити априорний та оперативний методи оптимізації.

Оперативний метод оптимізації, що базується на обробці інформації в реальному масштабі часу, дозволяє істотно підвищити якість управління.

Математична модель дозволяє регулювати технологію, адаптувати її до реального процесу, адекватно реагувати на вибухонебезпечні впливи. Для таких систем властиві неповний детермінізм, логічність дії та прогнозування. Таким чином, для даного підходу можна виділити два компоненти управління - априорна технологічна програма та математична модель у реальному масштабі часу для коригування керуючої програми. Загальний принцип управління можна представити у вигляді наступної структурної схеми (рисунок 1.10):

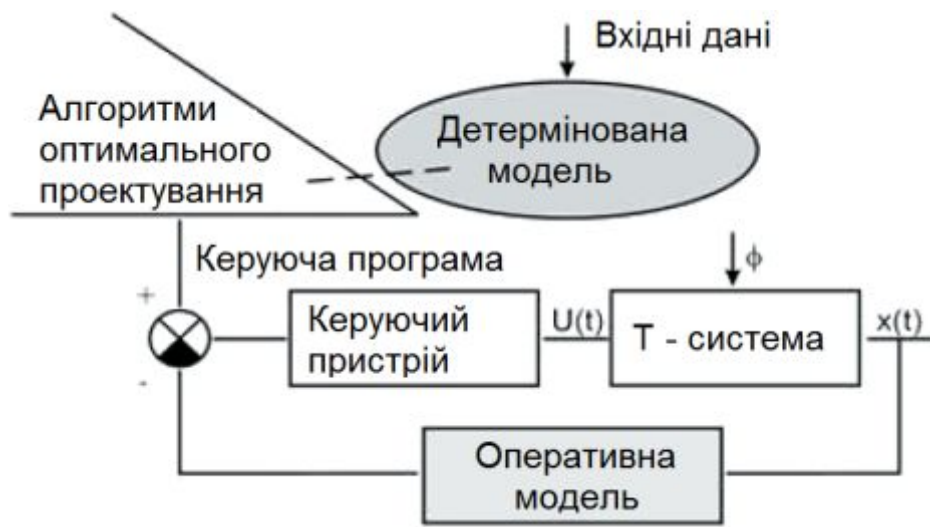


Рисунок 1.10 - Оперативний метод оптимізації

Метод управління технологічним процесом з навчанням, зміст якого полягає в автоматичній обробці результатів технологічних процесів, їх аналізі та формуванню ймовірнісних моделей - наступний етап розвитку (рисунок 1.11). В якості його прикладу можна привести операцію вакуумного відпалу виробів з метою отримання оптимальної структури металу, зняття залишкових напруг після термообробки, збереження заданої форми виробів. Зниження концентрації водню до величини, при якій відсутні явища водної крихкості, визначає момент при розрахунку режиму вакуумного відпалу.

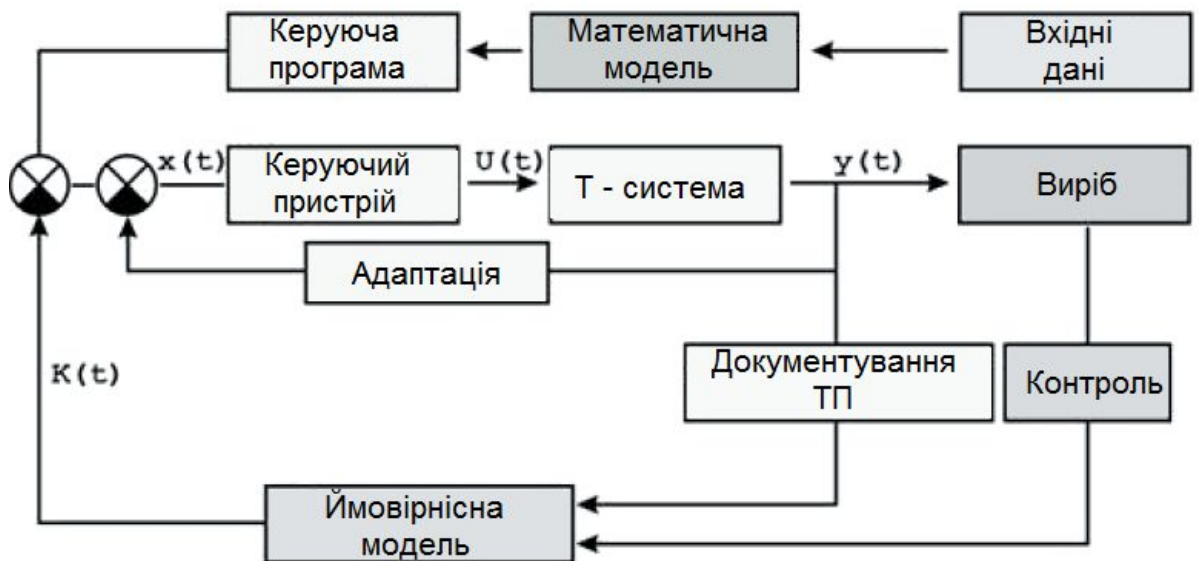


Рисунок 1.11 – Метод оптимізації з навчанням.

Величина рівномірного тиску P_p над металом при невеликих концентраціях водню описується рівнянням Бореліуса

$$P_p = \psi C^2 \exp \frac{\Delta H}{RT},$$

де ψ – коефіцієнт, що залежить від ентропії; ΔH – теплота розчинення водню в металі; R – універсальна газова стала; T – температура; C – концентрація газу в металі.

Тиск, що забезпечується вакуумною установкою, можна прийняти за рівноважне тиск водню в рівнянні Бореліуса. Параметри ψ і ΔH визначаються по експериментальних даних. Знаючи значення концентрації газу в металі C , можна визначити температуру вакуумного відпалу. Час зниження вмісту водню від вихідної C_0 до кінцевої концентрації на половині товщини можна наближено оцінити наступним рівнянням:

– для циліндру

$$\tau = \frac{r^2}{5,78D} \ln \frac{C_0 - C_p}{C_k - C_p},$$

– для плити або листа

$$\tau = \frac{h^2}{\pi^2 D} \ln \frac{C_0 - C_p}{C_k - C_p},$$

де r – радіус циліндра, мм; h – товщина плити (листа), мм; D – коефіцієнт дифузії водню в металі;

C_p – рівноважна концентрація водню у відповідності з рівнянням Бореліуса.

Таким чином, формуються необхідні параметри програми нагрівання - швидкість нагрівання, температура відпалу та час витримки. За результатами аналізу структури металу після технологічного процесу уточнюються коефіцієнти для розрахунку оптимальних параметрів програми нагрівання, тобто проводиться процедура навчання з корекцією коефіцієнтів. Швидкість нагрівання та охолодження визначаються з недопустимості короблення конструкції.

Представлена структурна схема системи управління (рисунок 1.12) - ієрархічна по інформаційній моделі, функціях керування і архітектурі програмного забезпечення. Організація світове та розподіл задач між мережевими

ПЛК виконані за територіальним та функціональним ознаками. Така архітектура СУ дозволяє легко адаптувати систему під технологічні системи будь-якої складності.

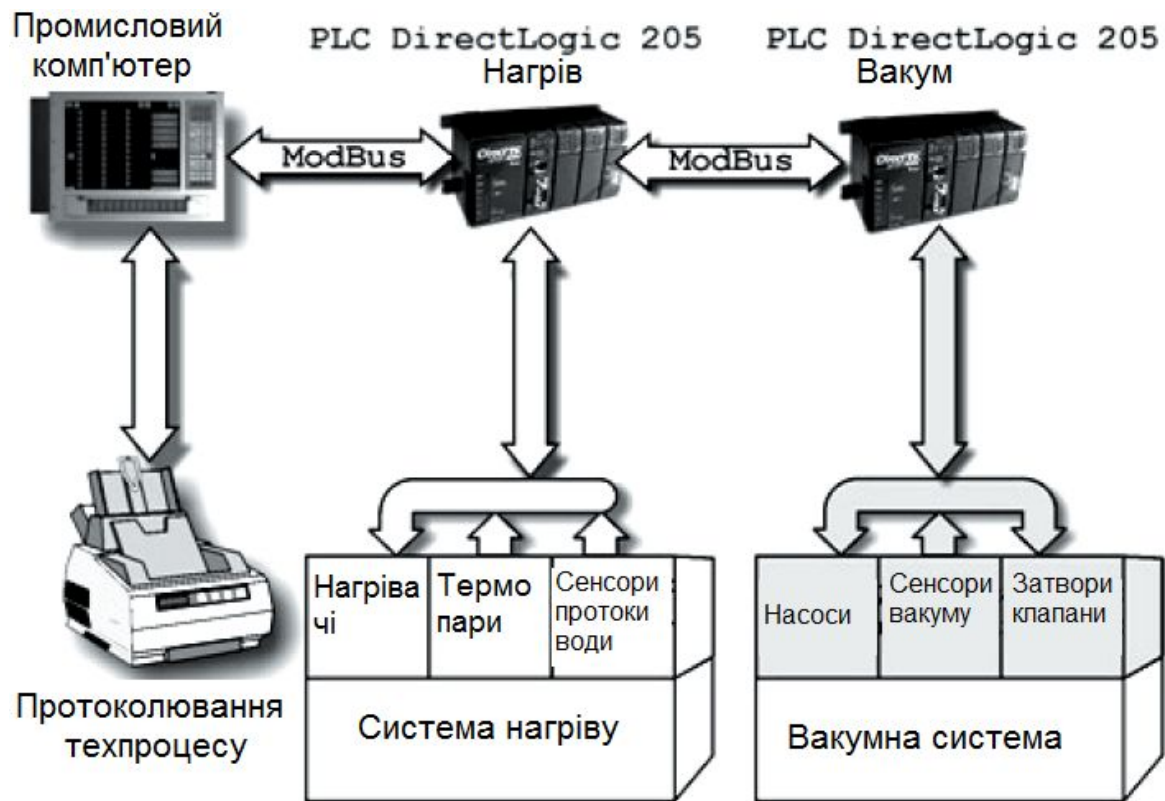


Рисунок 1.12 – Структурна схема системи керування

Програмне забезпечення ПЛК забезпечує багатоконтурне регулювання температури з будь-яким кількістю ділянок керуючої програми, розширеною діапазоном зміни швидкості нагрівання та охолодження, адаптивним управлінням наростанням температури з організацією зворотнього зв'язку за тиском - зупинка нагріву до набору робочого вакууму. Алгоритм автоматичного підтримання вакууму скорочує час технологічного процесу і оптимізує його.

При автоматизації ливарного виробництва багато об'єктів технологічного процесу є мобільними виробничими частинами, що ускладнює їх інтеграцію в стандартну промислову мережу.

2 РОЗРОБКА СИСТЕМА ЗБОРУ ДАНИХ ДЛЯ ЛИВАРНОГО ЦЕХУ

2.1 Розробка структури мережі для об'єктів та процесів ливарного виробництва

У ливарному виробництві, які в більшості виробництв у яких відбувається практично повний цикл виробництва, міститься багато ділянок, на яких необхідно контролювати технологічні параметри технічного процесу. Оскільки дані параметри безпосередньо впливають на якість виробництва як на кожному етапі, так і кінцеву продукцію в цілому. Так, наприклад, в ливарному виробництві можна виділити етапи формування, плавки та теплової обробки відливок. Так як це різні етапи і вони можуть знаходитися як в різних цехах так і в різних ділянках цеху, то зрозуміло, що для зняття параметрів технічного процесу повинні бути різні об'єктні системи для кожної ділянки, де в подальшому дані з кожного ділянки передаються в одну комп'ютерну систему. Що при належній документації кожної стадії, дозволяє стежити за процесами, та визначати як вони впливають на якість кінцевої продукції. Це дозволяє контролювати якість виконання кожного етапу, а також дозволяє отримувати кінцеву продукцію стабільно високої якості. Проводити дослідження з зміною різних показників і впливом їх на якість кінцевої продукції, що дозволяє вдосконалити технологічні процеси для підвищення якісних показників.

Структура мережі системи наведена на рисунку 2.1. На даному рисунку показані наступні складові системи: ОСп - об'єктна система; Р - ретранслятор; СБС - система базової станції.

Об'єктні системи ОС1, ОС2, ОС3 розміщуються безпосередньо біля об'єктів моніторингу, з яких знімаються дані технологічних процесів, такі як тиск, температура, вібрація та ін.

В даній системі для передачі інформації передбачено використання радіоканалу, оскільки прокладка кабельних мереж пов'язана з багатьма труднощами, а також обмеженням використання існуючих кабельних трас, оскільки інформаційні лінії не рекомендується прокладати поруч із силовими.

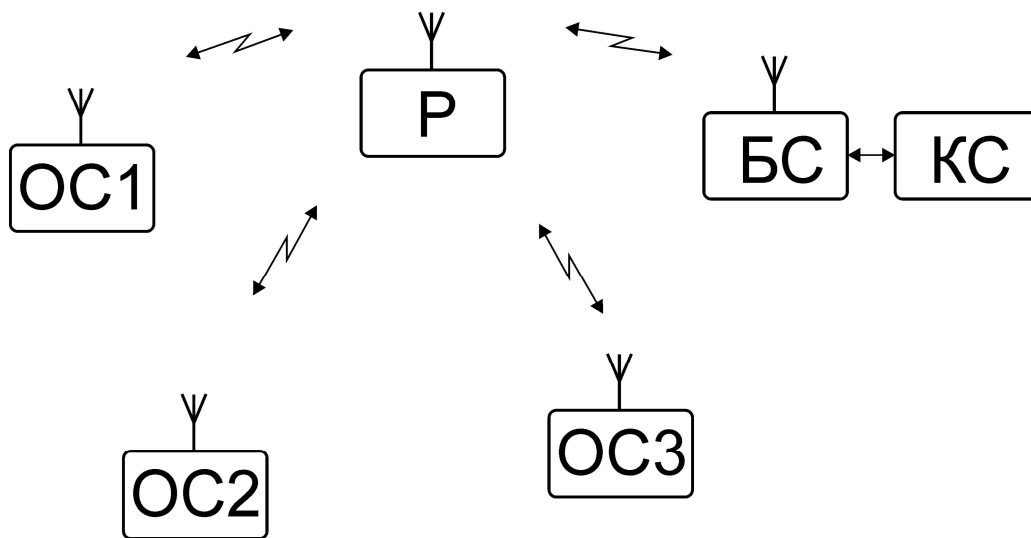


Рисунок 2.1 - Структура системи моніторингу

При використанні радіоканалу знімається питання з прокладкою кабелів, але з'являються задача з надійною передачею даних по радіоканалу. При цьому слід зазначити, що радіозв'язок надійно працює при наявності прямої видимості та може також обійти перешкоди. При цьому, чим вище частота тим вище інформаційна ємність каналу зв'язку, і чим нижче тим більша дальність і краща здатність обходити перешкоди, але швидкість передачі даних менша. Тому для забезпечення високої інформативності рекомендується використовувати високу частоту та наявність прямої видимості.

Для вирішення цієї задачі передбачено використання ретранслятора, оскільки звичайно ливарні цехи досить просторі, що при розміщенні ретранслятора (одного або декількох) на стелі цеху дозволяє створювати практично пряму видимість між об'єктними системами та базовою станцією. Відповідно, при наявності прямої видимості та надійного зв'язку система є менш вразливою для різного роду промислових завод.

Тем не менше, для запобігання різним крайнім ситуаціям в системі крім основного каналу зв'язку (на частоті 2,4ГГц) передбачено використання резервного каналу зв'язку на частоті 433МГц.

При цьому на частоті 2,4ГГц підтримуються швидкості передачі даних 2 Мбіт/с, 1Мбіт/с і 250кбіт/с. На частотах 433МГц максимальна швидкість складає до 300 кбіт/с при звичайній передачі і від 0,018 кбіт/с до 37,5кб/с при використанні шумоподібних сигналів. Що дозволяє при вихідній потужності в

100мВт передавати дані на відстані до 5-ти кілометрів при наявності прямої видимості.

2.2 Розроблення об'єктного модуля моніторингу процесів ливарного виробництва

Для моніторингу процесів та об'єктів ливарного виробництва використовується об'єктний модуль моніторингу, який представляє собою спеціалізовану систему збору та передачі інформації.

В завдання об'єктного модуля входить: збір технологічної моніторингової інформації з сенсорів; попередня її обробка; кодування та передача до базової станції для подальшого аналізу та обробки.

На рисунку 2.2 представлена структурна схема процесора вводу, обробки, кодування та передачі інформації.

Рисунок 2.2 - Структурна схема процесора вводу, обробки, кодування і передавання інформації

На структурній схемі можна виділити наступні групи: модулі вводу інформації (який складається з модуля введення цифрових сигналів і модуля введення аналогових сигналів); модуль обробки та кодування інформації

(мікроконтролер і флеш-пам'ять); модулі передачі інформації (радіомодулі 2,4ГГц і 433МГц, інтерфейси RS485 та USB).

Модуль введення цифрових сигналів призначений для відстеження та фіксації дискретних сигналів стану об'єкта моніторингу. Модуль введення аналогових сигналів призначений для моніторингу аналогових сигналів формувачами яких можуть виступати сенсори тиску, температури, вологості та ін. В основному ці модулі призначені для попередньої підготовки вхідних сигналів (посилення, ослаблення), а також для захисту вхідних кіл мікроконтролера, що забезпечує подальшу обробку вхідних сигналів.

Мікроконтролер призначений для виконання функцій цифрового оброблення сигналів та кодування інформації, крім цього він виконує функції керування пристроєм: режимами енергоспоживання, керуванням радіомодулями (режимами їх роботи, номерами використовуваних каналів зв'язку, вихідною потужністю), а також здійснює передачу даних з використанням інтерфейсів RS485 та USB . Останній в основному використовується для конфігурації пристрою, і в якості зв'язку може використовуватися лише в безпосередній близькості від комп'ютера.

Флеш-пам'ять призначена для зберігання результатів моніторингу та різних таблиць додаткової обробки даних, якщо їх розмір не дозволяє розміщувати їх у внутрішній пам'яті мікроконтролера.

Таким чином, за допомогою модулів введення моніторингова інформація надходить в мікроконтролер, де вона обробляється, кодується і за допомогою радіосистеми або провідної мережі (RS485) передається на базову станцію для подальшої обробки.

2.3 Розробка модуля центральної станції бездротової мережі системи моніторингу

Модуль центральної станції призначений для взаємодії з модулями об'єктних систем, координування їх роботи та збирання моніторингової

інформації з об'єктних систем та введення її в комп'ютерну систему. Оскільки центральна станція повинна тісно взаємодіяти з об'єктними модулями, то в ній повинні бути передбачені всі канали зв'язку нарівні з об'єктними модулями. Структура модуля центральної станції представлена на рис.4.1

Рисунок 2.3 - Структура модуля центральної станції

Тут аналогічно об'єктним системам радіомодуль на 2,4 ГГц використовується в якості основної лінії зв'язку, а радіомодуль на 433МГц і інтерфейс RS485 в якості альтернативних.

Для зв'язку з комп'ютерною системою передбачений інтерфейс USB, хоча можна і використовувати RS485.

2.4 Розробка програмного забезпечення модулів об'єктних і абонентських систем бездротової мережі моніторингу об'єктів і технологічних процесів в ливарному виробництві

Програмне забезпечення модулів об'єктних і абонентських систем бездротової мережі призначене для забезпечення виконання моніторингових функцій для об'єктних систем, забезпеченням взаємодії з бездротовою мережею

системи моніторингу та передачі зібраної інформації в комп'ютерну систему для подальшої обробки та аналізу.

Оскільки в системі використовується 2 типу пристроїв, то відповідно необхідна розробка програмного забезпечення для кожного з них. Структурна схема мережі зображена на рис.2.4.

Рисунок 2.4 - Структурна схема системи моніторингу

На даній схемі зображено наступні елементи: ОС - об'єктна система; ОМ - об'єкт моніторингу; АС - абонентська станція; КС - комп'ютерна система.

З об'єкта моніторингу (ОМ) за допомогою сенсорів знімається необхідна інформація для моніторингу стану об'єкту яка зберігається в об'єктній системі (ОС) і по радіоканалу передається на абонентську систему (АС), де також проводиться збереження. З абонентської системи зібрана інформація передається в комп'ютерну систему (КС). Де проводиться її збереження, відображення стану ОМ і аналіз їх роботи.

Робота мережі забезпечується координатором мережі в якості якого виступає АС, даний модуль черзі опитуємо ОС і збирає з них дані стану об'єктів моніторингу.

Рисунок 2.5 – Блок схема алгоритму роботи ОС

ОС після включення проводить ініціалізацію всіх підсистем у відповідності з поточними налаштуваннями. В налаштування входить вибір кількості опитуваних сенсорів об'єкту моніторингу, вибір частоти опитування для кожного з сенсорів, вибір радіоканалу для роботи системи, вибір швидкості передавання даних по радіоканалу.

Після проведення ініціалізації модуль ОС переходить в штатний режим роботи. Тобто по черзі опитуються сенсори і записується їх стан в пам'ять пристрою при виникненні запиту з боку АС збережені дані передаються в абонентську систему, тут потрібно відзначити що вимірювані процеси, часто повільно протікають, а тому використовується невисока частота опитування сенсорів (до декількох разів на секунду) і відповідно навантаження на мережу невелике, що дозволяє працювати декільком ОС в одному каналі зв'язку і при

цьому відображати інформацію про стан ОМ в реальному часі, при цьому кожна ОС, зберігає в пам'яті інформацію про перебіг технологічного процесу і дозволяє його відновити в разі збою роботи бездротової мережі.

АС координує роботу ОС і управляє роботою бездротової мережі, блок схема алгоритму роботи представлена на рисунку 2.6.

Рисунок 2.6 - Блок схема алгоритму роботи АС

Перед початком роботи проводиться ініціалізація периферійних пристроїв модуля АС, і починається робочий цикл в якому по черзі опитуються ОС, і

зібрана інформація записується в пам'ять пристрою і передається для аналізу в комп'ютерну систему. Також з'являється можливість віддаленого налаштування роботи ОС, де можна змінити кількість та частоту опитування датчиків, а також номер каналу радіозв'язку і швидкість передачі інформації між АС і ОС.

3. РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПОНЕНТІВ ТА ПРОТОКОЛУ СИСТЕМИ

3.1 Аналіз елементної бази для створення засобів комп'ютерних мереж дистанційного моніторингу

У складі засобів комп'ютерних мереж дистанційного моніторингу входять наступні компоненти: сенсори; контролер; мережа передавання інформації; комп'ютерна система зберігання та відображення моніторингової інформації (рисунок 3.1)

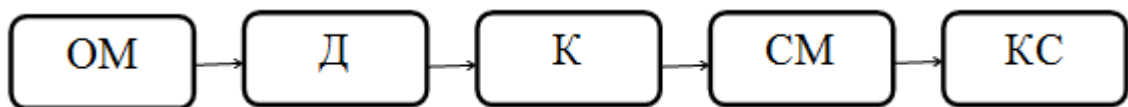


Рисунок 3.1 - Комп'ютерна система дистанційного моніторингу

На рисунку позначені:

ОМ - об'єкт моніторингу;

Д - датчики;

К - контролер;

СМ - мережа моніторингу;

КС - комп'ютерна система.

В даній схемі (рисунок 3.1) параметри об'єкту моніторингу за допомогою сенсорів фіксуються і за допомогою контролера групуються і при необхідності виконується первинна обробка сигналів (наприклад фільтрація) далі за допомогою мережі інформація передається комп'ютерну систему.

В системі моніторингу завжди присутній об'єкт або процес моніторингу, з якого необхідно знімати потрібну інформацію. Власне параметри об'єкту моніторингу визначають параметри і набір сенсорів для конкретного об'єкту моніторингу. Найбільш часто в ливарному виробництві використовуються процеси, в яких необхідно контролювати температуру і тиск. Які використовуються як в процесі формоутворення, так і в процесі лиття.

Варто відзначити, що якщо розглядати процес формоутворення, то в даному процесі часто використовуються відносно низькі температури і тиску. На рисунку 3.2 зображені низькотемпературні сенсори тиску.

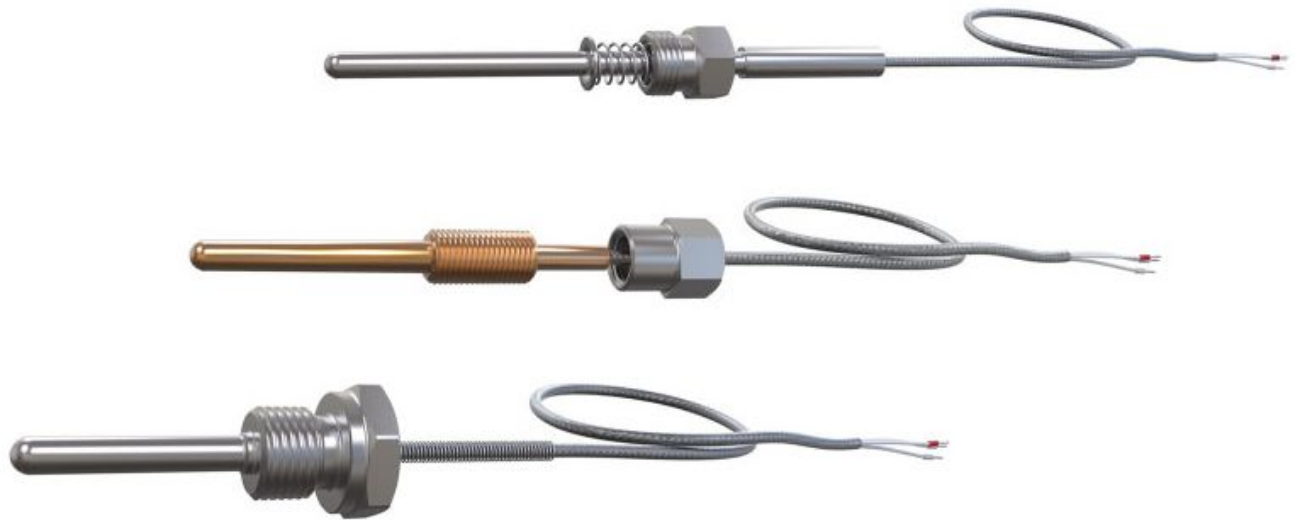


Рисунок 3.2 – Термоопори з кабельним виводом ДТСхх4.

Дані сенсори призначені для температурних вимірювань твердих, рідких та газоподібних середовищ, які неагресивні до захисної арматури та матеріалу чутливого елемента (ЧЕ) датчика. Кабельний вивід зручність та простоту монтажу, але обмежує верхню межу вимірювальних температур – до 150 °С (ДТС з мідним ЧЕ) та 250 °С (ДТС з платиновим ЧЕ).

Номінальні статичні характеристики (НСХ) за ДСТУ 6651-ТО:

- ТОМ 50М и 100М ($W_{100} = 1,428$, $\alpha = 0,00428$ °С⁻¹)
- ТОП 50П и 100П ($W_{100} = 1,391$, $\alpha = 0,00391$ °С⁻¹)
- ТОП Pt100, Pt500, Pt1000 ($W_{100} = 1,385$, $\alpha = 0,00385$ °С⁻¹)

Варіанти виконання ДТС за типом підмикання: двох-, трьох-, та чотиридротова схеми підмикання.

Стійкість до зовнішніх механічних впливів за ГОСТ 12997-84: термоперетворювачі опору без монтажних елементів (у металевій захисній арматурі) відповідають групі V2, інші – групі N2.

Показники надійності термоопорів ДТСхх4 при дотриманні умов експлуатування (ймовірність безвідмовної роботи):

– ДТС з платиновим ЧЕ:

- у діапазоні температур від -50 до +250 °С – не менше 0,95 за 40 000 год;
- у діапазоні температур від -196 (-70 °С – для РТ100, РТ500, РТ1000) до -50 °С – не менше 0,95 за 15 000 год.

– ДТС з мідним ЧЕ:

- у діапазоні температур від -50 до +150 °С – не менше 0,95 за 15 000 год.

Сенсори ОВЕН ПД100И моделей 111, 171, 181 призначені для безперервного вимірювання абсолютного, вакуумметричного та надлишково-вакуумметричного типів тиску та перетворення одержаних значень в уніфікований сигнал 4...20 мА постійного струму. Основні області застосування ПД100И – системи обліку тепла в ЖКГ, а також нафтогазова галузь промисловості. За рахунок компактності датчики цього типу можливо розміщувати у важкодоступних місцях, а також використовувати в системах, де критичні габарити перетворювача.

У сенсорі ПД100И застосовується високостабільний сенсор, який уварюється в штуцер із застосуванням лазерного зварювання. Для додаткового захисту від зовнішніх впливів плата перетворювача покривається неполімеризуючим компаундом.

Сенсори ПД100И моделей 111, 171, 181 приєднуються до системи за допомогою штуцера з різьбою М20×1,5, G1/2, G1/4 відповідно.



Рисунок 3.3 – Сенсор тиску ОВЕН ПД100И

Для вимірювання більш високих температур використовуються термопари, але їх використання крім високої ціни на високотемпературні термопари, також пов'язане з більш складними вимірювальними перетворювачами. При цьому існують термопари К - типу з робочою температурою до $-40 \dots + 800^{\circ}\text{C}$, чи наприклад типу N з температурою $-40 \dots + 1350^{\circ}\text{C}$



Рисунок 3.4 – Промислова термопара К – типу

Для вимірювання рівня рідин пропонується використовувати поплавковий сенсор тиску з струмовим виходом 4-20мА (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 – Поплавковий рівнемір з струмовим виходом 4-20мА

Поплавкові магнітні рівнеміри ОВЕН ПДУ – це пристрої, які призначені для моніторингу поточного рівня рідини у резервуарі та перетворення виміряного значення в уніфікований вихідний сигнал 4...20 мА постійного струму.

Рівнеміри можуть застосовуватись у системах контролю рівня рідини у різних резервуарах, у тому числі тих, що знаходяться під тиском. Робочим середовищем для датчиків цього типу є хімічно нейтральні та агресивні рідини, що не проявляють корозійну активність до матеріалу датчика (нержавіючої сталі 12Х18Н10Т) та не утворюють летучих вибухонебезпечних сполук.

Характеристики ОВЕН ПДУ-И

- Довжина штоку: від 250 мм до 4000 мм (кратність 250 мм).
- Дискретність перетворення: 5 або 10 мм.
- Діапазон робочих температур вимірювального середовища: $-60\dots+125$ °С.
- Діапазон робочого тиску вимірювального середовища: від вакууму до 4 МПа.
- Густина робочого середовища: $\geq 0,66$ г/см³.
- Термін служби – не менше 10 років.

Конструктивні особливості та принцип дії ОВЕН ПДУ-И

Поплавковий магнітний рівнемір конструктивно є штоком, по якому переміщується поплавок. Всередині штоку розташовані геркони з кроком 5 або 10 мм. У поплавку знаходиться магніт, під дією магнітного поля якого відбувається замикання герконових контактів (Рисунок 3.6).



Рисунок 3.6 - Принцип дії та особливості конструкції ПДУ-И

Вимірювальний контур працює за схемою трьохдротового потенціометра, коли вихідний опір датчика, пропорційний рівню рідини у резервуарі, перетворюється у відповідний сигнал 4...20 мА постійного струму.

Датчики ОВЕН ПДУ-И призначені для роботи в агресивних та в'язких середовищах, чистих або з різними домішками. Наявність у робочому середовищі щільних домішок, окремих бульбашок та піни не впливає на точність вимірювань. Поплавкові рівнеміри не рекомендується застосовувати для вимірювання рівня липких або схильних до засихання та/або замерзання рідин (приклад використання сенсора ПДУ-И наведено на рисунку 3.7). Крім того, небажано застосовувати ПДУ-И у рідких середовищах, які містять тверді абразивні домішки.

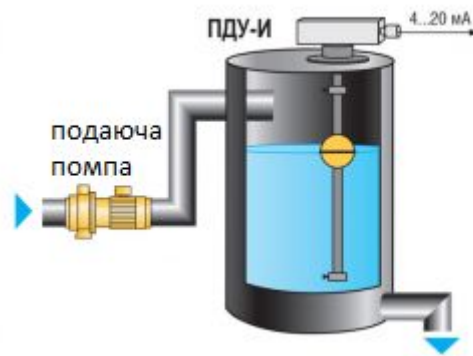


Рисунок 3.6 - Застосування ПДУ-И

Для вимірювання вологості та температури можна використовувати ПВТ100 (рисунок 3.7)



Рисунок 3.7 – Сенсор вологості та температури ПВТ100

Промисловий датчик температури та вологості ОВЕН ПВТ100 призначений для роботи в неагресивних середовищах. Здійснює безперервне перетворення значень температури та відносної вологості робочого середовища в два незалежні уніфіковані сигнали струму 4...20 мА. Виміряні значення передаються через інтерфейс RS-485 за протоколом Modbus RTU.

Особливості та функціональні можливості

- Температура вимірювання: $-40...+80$ °С.
- Розширений діапазон вимірювання температури (до $+120$ °С) завдяки застосуванню високотемпературного кабелю.
- Висока точність вимірювання: абсолютна похибка вимірювання вологості – до $\pm 2,5$ %, температури – до $\pm 0,5$ °С.
- Висока повторюваність результатів вимірювання: $\pm 0,1$ %RH, $\pm 0,1$ °С.
- Висока стабільність: $\pm 0,25$ %RH, $\pm 0,02$ °С на рік.
- Два незалежні вихідні канали 4..20 мА.
- Можливість обміну інформацією за інтерфейсом RS-485 (протокол Modbus RTU), швидкість до 57600 біт/с.

- Розбірна конструкція, що дозволяє здійснювати заміну сенсора та/або фільтра зонда за необхідністю.

- Ергономічний корпус зі ступенем захисту IP65.

Основна область застосування ОВЕН ПВТ100 - системи вентилявання та кондиціонування. Сенсори можуть розміщуватися у каналах припливної вентиляції, повітроходах та димоходах, сушильних, коптильних та холодильних камерах, овоче- та зерносховищах, у тому числі неопалювальні приміщення з важкими температурними умовами.

3.2 Розроблення протоколу зв'язку між базовою станцією та комп'ютерною системою

Оскільки найпростішим варіантом з'єднання з комп'ютером найпростішим варіантом є використання USB інтерфейсу. Проте оскільки з точки зору програмування його доволі складно підтримувати, то доцільно використовувати віртуальний СОМ-порт, для підтримки якого, як для комп'ютерної системи так і для мікроконтролерів є типові драйвери.

Для зв'язку системи моніторингу з комп'ютерною системою накопичення, відображення та аналізу даних запропоновано використати наступний протокол, зв'язку.

1. Протокол формується у вигляді пакетів, кожен пакет закінчується паузою довжиною не менше 3,5 символи на заданій швидкості передавання (по аналогії з Modbus), в Modbus пауза на високих швидкостях складає 7,8мс.

2. Для зв'язку пропонується використовувати СОМ порт, планується використати віртуальний СОМ порт на основі USB інтерфейсу. Планована швидкість для початку 921600bps.

3. Запропоновано використання має бути двох типи протоколів:

- перший який передає послідовно всі канали, з однаковою частотою вибірки (1с), для кожного каналу;

- другий з різною частотою вибірки.

4. Параметри налаштування com порта:

- швидкість – 921600bps;
- кількість біт 8;
- кодування: 1 старт біт, 8 біт даних, 1стоп біти;
- тип передачі: молодшим бітом вперед.

5. Формат пакету:

<СТАРТ> <ЧАС> <№ОС> <ДАНИ> <CRC>

<СТАРТ> - 2байти (спочатку молодший потім старший):

Молодший: довжина пакету (включаючи CRC) – 8 біт;

Старший: 0 - Тип протоколу, вказує на версію протоколу, можливо потім потрібно буде для сумісності;

<ЧАС> - 2 байти – відносний час 1/100 секунди (на два байти виходить близько 10хв, якщо пакет за 5хв не прийшов, то для системи реального часу він не дуже і потрібен вже);

<№ОС> 2 байти - молодший байт номер об'єктної системи

Старший байт – 0

<ДАНИ> - n байт

<CRC> - 2 байти - CRC16 для пакету, щоб перевірити достовірність даних.

6. Формат поля даних:

<ЗАГОЛОВОК> <ДАНИ> < ДАНИ > ... <ДАНИ>

<ЗАГОЛОВОК> -1байт, Старший півбайт – номер каналу ОС

Молодший півбайт:

Старший біт – 0 без автоінкременту номеру каналу

1 – з автоінкрементом номеру каналу

Молодші 3 біти – кількість слів даних (по 2 байти)

<Дані> 2 байти: Молодший байт – молодша частина вимірювання

Старший байт – старша частина вимірювання

4. КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

4.1 Функції комп'ютеризованих систем моніторингу нештатних станів об'єкта управління

Важливою проблемою вдосконалення та підвищення ефективності автоматизованих систем управління є відповідний розвиток методів інтегрованого образного відображення на рівні оператора штатних, нештатних, передаварійних та аварійних станів об'єкта управління (ОУ). Особливо це стосується вибухо– та екологічно небезпечних ОУ. До таких об'єктів належать мобільні транспортні та літальні апарати, атомні електростанції, установки видобутку, підготовки, транспортування, переробки та зберігання продуктів нафтогазової промисловості, шахти, хімічні, металургійні та інші підприємства.

Спосіб контролю параметрів технологічного процесу [33] полягає у вимірі фізичних параметрів об'єкта, розрахунку їх статистичних характеристик та відображенні станів технологічного процесу у вигляді: таблиці усіх або за вибором оператора певної групи виміряних та розрахованих технологічних параметрів; трендів графіків реєстрації виміряних параметрів та розрахованих статистичних характеристик станів технологічного процесу у часі; реалістичного структуризованого представлення об'єкта чи технологічного процесу на моніторі оператора.

Недоліком такого способу є звужені функціональні можливості та низька інформативність, оскільки відображення окремих технологічних та віртуальних розрахункових параметрів здійснюється не інтегровано на екрані монітора оператора і не дозволяє здійснювати структуризовану ідентифікацію стану технологічного процесу та об'єкту контролю. При певній складності об'єкту контролю і великому числі контрольованих та розрахункових технологічних параметрів спостерігається низька ефективність та можливість появи великого числа помилок дій оператора при ідентифікації станів технологічного процесу "норма", "прогноз аварії" та "аварія".

Спосіб контролю параметрів технологічного об'єкта, який реалізований у пристрої контролю роботи технологічного об'єкту [34] полягає у тому, що стани технологічного об'єкта "норма", "прогноз аварії" та "аварія" розраховуються на основі вимірних параметрів та обчисленої кластерної моделі і кожен з цих станів відображається на окремому індикаторі.

Недоліком такого способу є звужені функціональні можливості та низька інформативність, оскільки результатом аналізу технологічного процесу є контроль відхилення від норми тільки ймовірнісних переходів кластерної моделі без врахування його вимірних та розрахованих статистичних характеристик. Також недоліком є контроль параметрів технологічного процесу шляхом відображення його станів "норма", "прогноз аварії" та "аварія" на багатьох окремих індикаторах, які здійснюють тільки реєстрацію факту відхилення від норми і не дозволяють інтегровано ідентифікувати ці стани.

Спосіб контролю параметрів технологічного процесу [35] включає циклічний вимір значень кожного параметра і їхнє запам'ятовування, визначення стану технологічного процесу шляхом порівняння вимірюваних значень параметра в області можливих значень норми, ідентифікацію стану квазістаціонарного об'єкта, визначення структурної автокореляційної функції та нормованого коефіцієнта взаємкореляції, за якими порівнюють ковзні статистичні характеристики математичного сподівання, структурну кореляційну функцію, коефіцієнти нормованої взаємкореляції між двома параметрами.

Недоліком даного способу є звужені функціональні можливості, які обумовлені тим, що контроль параметрів технологічного процесу не здійснюється шляхом визначення вибірових та зважених ковзних математичних сподівань параметрів технологічного процесу, порівняння спектральних характеристик вимірювальних значень параметрів технологічного процесу в області можливих значень норми, визначення матриці ймовірностей переходу технологічного процесу з одного стану в інший, визначення оцінки кореляційної ентропії технологічного процесу, формування еталонного зображення образно-кластерної моделі стану технологічного процесу "норма", порівняння параметрів еталонного стану з вимірними, спостережуваними та розрахованими параметрами

технологічного процесу "норма", "прогноз аварії" та "аварія" та ідентифікацію стану технологічного процесу відображення на моніторі оператора у вигляді образно-кластерної моделі, що знижує інформативність ідентифікації стану технологічного процесу.

Аналіз функцій комп'ютеризованих систем моніторингу та особливостей взаємодії оператор – моніторингова система (ОМС) у системах управління дозволяє зробити наступні висновки.

1. В існуючих системах даного класу контроль та моніторинг відхилень станів та технологічних процесів об'єктів управління виконується виключно шляхом контролю та реєстрації відхилень по амплітуді.

2. Функції та інформаційна взаємодія ОМС в інструкціях по експлуатації та описах систем практично відсутні.

3. Недостатньо досліджені моделі та способи відображення даних інтерактивного моніторингу операторами систем.

4. Практично не використовується для інтегрованого відображення на моніторах операторів результати статистичного, кореляційного, спектрального, кластерного, ентропійного та логіко-статистичного опрацювання квазістаціонарних переходів об'єктів управління у різні інформаційні, технологічні, семантичні та евристичні стани

5. Не проаналізовано перспективу підвищення ефективності роботи операторів в умовах виникнення нештатних, передаварійних, аварійних та еколого-небезпечних ситуацій на промислових установках.

4.2 Ідентифікація станів об'єктів управління

При зростанні складності технології виробництва керованими мікропроцесорними засобами, відповідно зростають об'єми, структурна складність моніторингових інформаційних потоків та небезпека виникнення нештатних або аварійних станів контрольованих ОУ.

Одночасно зростає роль та відповідальність операторів до забезпечення швидкої суб'єктивної реакції на відхилення ОУ від норми та швидкого прийняття

правильних рішень по їх ліквідації. На рисунку 4.1 наведена структура моніторингу та ідентифікації станів ОУ згідно якої описуються параметри ОУ: $M_x, D_x, \delta_x, R_{xx}, S_w, I_x$ – атрибутами фрейму оператора X_{OY} [36].

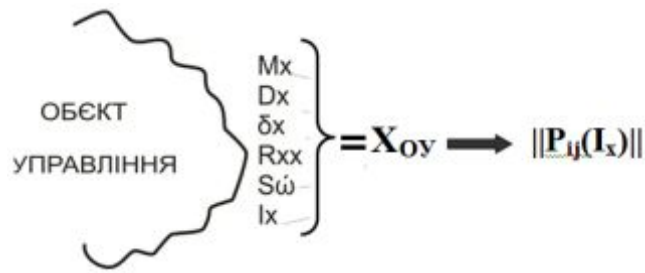


Рисунок 4.1 - Ідентифікація станів ОУ

Згідно визначення параметрів ОУ, контроль параметрів технологічного процесу з можливістю передбачення розвитку передаварійних та аварійних станів технологічного процесу, здійснюється згідно наступної послідовності операцій:

$$X_{OY} = F(\{x_i\}, \{x_j\}, S_{OY}, M_x, M_j, M_v, D_x, \delta_x, R_{xx}, R_{xy}, S_w, L_i, \rho_{ij}, S_{ij}, P_{ij}, I_x), \quad (4.1)$$

де: $\{x_i\}, \{y_i\}$ - масиви оцифрованих моніторингових даних параметрів ОУ; S_{OY} - відповідно семантичний, інформаційний та технологічний стани ОУ; M_x, M_j, M_v - відповідно вибіркове, ковзне та вагове математичні сподівання; D_x, δ_x - відповідно дисперсія та середньоквадратичне відхилення; R_{xx} - автокореляційна функція; S_w - спектри параметрів ОУ у різних теоретико-числових базисах; L_i – логіко-статистичні інформаційні моделі (ЛСІМ), $i \in \overline{1, 5}$; ρ_{ij} - матриця коефіцієнтів взаємкореляції; I_x - кореляційна міра ентропії стану ОУ.

Спосіб контролю параметрів технологічного процесу включає циклічний вимір значень кожного параметра і їхнє запам'ятовування, визначення стану технологічного процесу шляхом порівняння вимірюваних значень параметра з граничними уставками, ідентифікацію стану квазістаціонарного об'єкта, визначення структурної автокореляційної функції та нормованого коефіцієнта взаємкореляції, за якими порівнюють ковзні статистичні характеристики математичного сподівання[36-38]., в якому

- додатково визначають вибіркові математичні сподівання, згідно виразів:

$$M_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad M_y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i,$$

які характеризують відповідність значень уставкам регуляторів ТП;

- додатково визначають зважені ковзні математичні сподівання параметрів, згідно виразів:

$$M_{vx} = \frac{1}{n} \sum_{i=1+j}^{n+j} V_{i-j} X_{i+j}, \quad M_{vy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1+j}^{n+j} V_{i-j} Y_{i+j},$$

які дозволяють виконувати екстраполяцію та передбачення зміни станів технологічного процесу в часі, де V_{i-j} - вагова функція, що визначає інформативність вимірюного значення технологічного процесу з нульовим ефектом старіння інформації, що дозволяє прогнозувати тенденцію та майбутні стани технологічного процесу;

- додатково виконують порівняння спектральних характеристик вимірюваних значень параметрів в області можливих значень норми, згідно виразів:

$$L_4 = \begin{cases} 0, S_1 < S_w < S_2 \\ 1, S_1 \geq S_w \geq S_2 \end{cases},$$

де $S_w = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \rho_{xx}(j) \cdot w_j \cdot e^{-\alpha j}$, w - кругова частота косинусного перетворення

Фур'є, $\rho_{xx}(j) = \frac{R_{xx}(j)}{D_x}$ - нормована і центрована автокореляційна функція

контрольованого параметру технологічного процесу, $D_x = \sigma_x^2$ - дисперсія

технологічного процесу, $R_{xx}(j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \dot{x}_i \cdot \dot{x}_{i+j}$ - центрована автокореляційна

функція параметра технологічного процесу, $\dot{x}_i = x_i - M_x$;

- додатково визначають матрицю ймовірностей переходу технологічного процесу з одного стану в інший P_{ij} :

$$P_{ij} = \begin{pmatrix} \boxed{P_{11}} & \boxed{P_{12}} & \dots & P_{1j} & \dots & \boxed{P_{1n}} \\ P_{21} & \boxed{P_{22}} & \dots & P_{2j} & \dots & \boxed{P_{2n}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{i1} & \boxed{P_{i2}} & \dots & \boxed{P_{ij}} & \dots & \boxed{P_{in}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \boxed{P_{m1}} & P_{m2} & \dots & \boxed{P_{mj}} & \dots & P_{mn} \end{pmatrix},$$

де $\boxed{P_{ij}}$ – ймовірнісний стан норми, $\boxed{P_{ij}}$ – ймовірнісний стан прогнозу різних видів передаварійних станів, P_{ij} – ймовірнісний стан аварії, $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$;

- додатково здійснюють оцінку кореляційної ентропії технологічного процесу, яка відображає деградацію кореляційних характеристик технологічного процесу і передбачає розвиток передаварійних станів технологічного процесу, згідно виразу:

$$I_x = n \cdot \hat{E} \left[\frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (D_x^2 - R_{xx}^2(j)) \right],$$

де m - число точок автокореляційної функції, $\hat{E}[\bullet]$ - цілочисельна функція з округленням до більшого цілого [4];

- додатково формують еталонне зображення образно-кластерної моделі стану технологічного процесу "норма", додатково порівнюють параметри еталонного стану з вимірними, спостережуваними та розрахованими параметрами технологічного процесу "норма", "прогноз аварії" та "аварія" та ідентифікують стан технологічного процесу додатковим відображенням на моніторі оператора структуризованої образно-кластерної фейс-моделі.

4.3 Реалізація способу контролю параметрів технологічного процесу

Згідно визначення параметрів ТП, контроль параметрів технологічного процесу з можливістю передбачення розвитку передаварійних та аварійних станів технологічного процесу, здійснюється згідно наступної послідовності операцій:

$$\begin{aligned} X &= F(\{x_i\}, \{x_j\}, S, M_j, M_{xj}, M_{yj}, \delta_x, \delta_y, C_{xx}(j), \\ &R_{xy}(0), \rho_{xy}, L_1, L_2, L_3, M_x, M_y, M_{vx}, M_{vy}, L_4, P_{ij}, I_x), \end{aligned} \quad (4.2)$$

де $M_x, M_y, M_{vx}, M_{vy}, L_4, P_{ij}, I_x$ - визначаються параметри ТП та формування еталонного стану ТП «норма», порівняння параметрів еталонного стану з вимірними, спостережуваними та розрахованими параметрами ТП «норма», прогноз аварії та «аварія», ідентифікацію стану ТП відображенням на моніторі оператора з підвищеною швидкодією реакції оператора на відхилення технологічного процесу від норми та попередити виникнення аварійних станів.

Реалізацію способу контролю параметрів для різних станів технологічного процесу у порівнянні з еталонним, показано в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - станів технологічного процесу

Стан технологічного процесу	Параметри технологічного процесу									
	$\{x_i\}$	$\{y_i\}$	S	M_j	M_{xj}	M_{yj}	σ_x	σ_y	$C_{xx}(j)$	$R_{xy}(0)$
Еталон	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Норма	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Прогноз аварії	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
Аварія	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-

продовження таблиці 4.1

Стан технологічного процесу	Параметри технологічного процесу										
	ρ_{xy}	L_1	L_2	L_3	M_x	M_y	M_{vx}	M_{vy}	L_4	P_{ij}	I_x
Еталон	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Норма	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Прогноз аварії	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Аварія	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Запропонований спосіб передбачає наступні види контролю, виконувани в приведеному нижче порядку:

- контроль перебування отриманого значення ковзного математичного сподівання M_j контрольованих параметрів в області можливих значень норми L_1 ;

- контроль середньостатистичної динаміки $C_{xx}(j)$ станів технологічного процесу по кожному параметру в області можливих значень норми L_2 ;
- контроль нормованих коефіцієнтів взаємкореляції між кожною парою параметрів ρ_{xy} в області можливих значень норми L_3 ;
- додатковий контроль вибірових математичних сподівань M_x, M_y ;
- додатковий контроль зважених математичних сподівань M_{vx}, M_{vy} ;
- додатковий контроль відхилень параметрів технологічного процесу по спектру L_4 в області можливих значень норми;
- додатковий контроль кластерної моделі матриці ймовірностей переходу технологічного процесу з одного стану в інший (P_{ij});
- додатковий контроль відхилень параметрів технологічного процесу згідно кореляційної міри ентропії I_x .

Відображення динаміки зміни структуризованого зображення образно-кластерної моделі на екрані монітора оператора відбувається згідно відповідного програмного забезпечення шляхом порівняння вимірних, спостережуваних та розрахованих параметрів технологічного процесу з еталонними.

На рисунку 4.2 представлена система контролю, що реалізує запропонований спосіб контролю параметрів технологічного процесу.

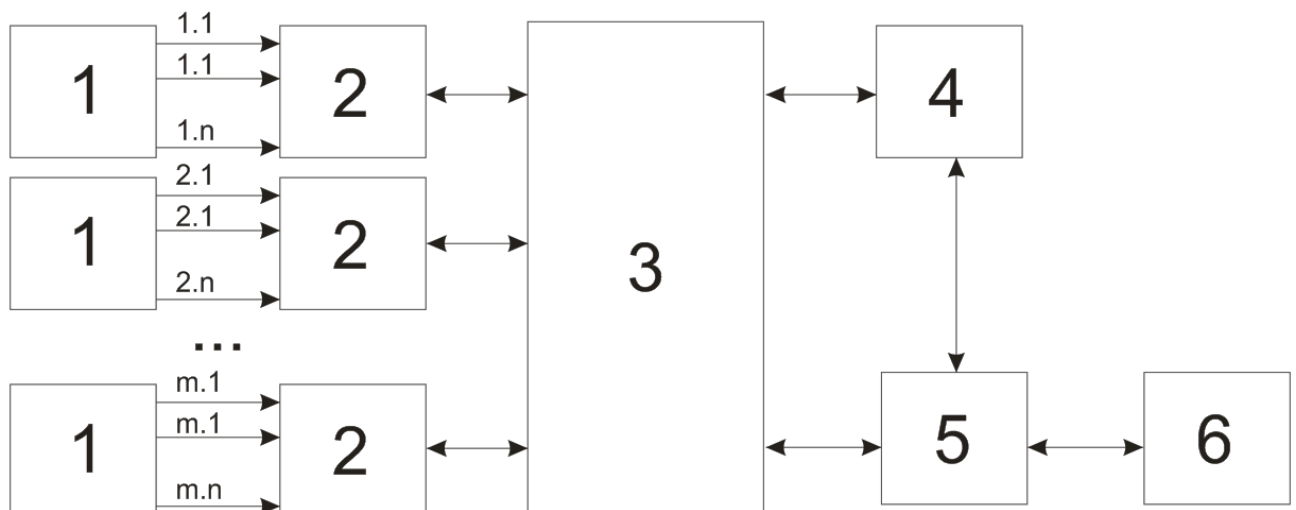


Рисунок 4.2 - Система контролю параметрів технологічного процесу

Система контролю параметрів технологічного процесу включає:

1 – сенсори вимірів параметрів 1.1, 1.2, ... m.n

2 – об'єктні системи, призначені для збору інформації від контролюваного об'єкту та передавання її на блок збору інформації;

3 - блок збору інформації, який за допомогою об'єктних систем 2, агрегує інформацію від об'єкту контролю;

4- пульт оператора,

5 - пристрій підготовки та обробки інформації,

6 – монітор оператора.

Об'єктна система 2 призначена для видачі

Блок збору інформації 3 призначений для видачі по сигналу ідентифікації стану об'єкта контролю від пульта 4 кодів значень вимірних параметрів і передачі їх в пристрій підготовки інформації 5. Коди вимірних значень, супроводжуються кодом стану об'єкта S_j , які передаються з пульта оператора 4 в блок попередньої підготовки інформації 5.

Пристрій підготовки інформації 5 являє собою програмний контролер, що реалізує паралельне опитування датчиків і перетворення кодів вихідних величин сенсорів, отриманих від блока збору інформації 3 у значення відповідних параметрів. На виході блока збору інформації 3 в пристрій підготовки інформації надходить набір кодів ансамблю параметрів, які визначаються кодом стану керування S_j , що надходять з пульта оператора 4 в блок збору інформації 3. Необхідність паралельного формування кодів параметрів об'єкта, які надходять у пристрій підготовки інформації 5 обумовлено необхідністю виключення ефектів старіння інформації, які можуть виникати при організації циклічного опитування сенсорів і негативно впливають на розрахунок структурної кореляційної функції та коефіцієнтів нормованої взаємкореляції.

Процес виміру та ідентифікації станів об'єкту контролю включає наступні етапи:

- з пульта оператора 4 подачу сигналу стану технологічного процесу S подається в блок збору інформації 2 та пристрій підготовки інформації 5;

- прийом і розшифровку сигналу виклику ансамблів n з m параметрів блока збору інформації 3 і видачу кодів в пристрій підготовки інформації 5;

- перетворення і запам'ятовування отриманих значень кодів параметрів;
- визначення стану технологічного процесу;
- додаткове формування еталонного зображення образно-кластерної моделі стану технологічного процесу "норма";
- додаткове порівняння параметрів еталонного стану з вимірними, спостережуваними та розрахованими параметрами технологічного процесу;
- додаткове виведення значення параметрів технологічного процесу на моніторі оператора у вигляді образно-кластерної моделі.

Результатом запропонованого способу контролю параметрів технологічного процесу є розширення функціональних можливостей та підвищення інформативності інтегрованого представлення станів об'єкта управління, що дозволяє збільшити швидкодію реакції оператора на виникнення нештатних ситуацій та покращення можливостей попередження виникнення аварій на об'єктах.

ВИСНОВКИ

В магістерській своїй роботі було розроблено структуру, схемотехнічні і програмні рішення для безпроводної системи моніторингу ливарного виробництва.

Досліджено технологічний процес створення відливок та типи браку які виникають в даному процесі. Проведено аналіз поставленої задачі, розглянуто будову, принцип роботи, основні методи контролю і діагностики різних технологічних процесів ливарного виробництва.

Розроблено модулі системи моніторингу ливарного виробництва, зокрема модуль об'єктної системи, який встановлюється безпосередньо на об'єкті моніторингу та модуль базової станції який встановлюється біля комп'ютерної системи та здійснює опитування об'єктних модулів та передавання інформації з об'єктів моніторингу в комп'ютерну систему.

Також в роботі розглянута система які можуть використовуватись для вимірювання тих чи інших параметрів системи. Розроблені алгоритми роботи та програмне забезпечення для мікроконтролерів STM32, які забезпечують функціонування всіх вузлів об'єктних систем та базової станції.

Запропоновано метод підвищення ефективності управління етапами ливарного виробництва. Таким чином, запропонована та розроблена безпроводна система моніторингу забезпечує швидке розгортання системи на об'єкті.

Практична цінність роботи полягає в тому, що для реалізації такої схеми потрібно порівняно небагато затрат, але впровадження системи моніторингу дозволить значно покращити процеси виробництва за рахунок вчасної реакції на відхилення в технологічному процесі а так можливості за рахунок ведення записів моніторингової інформації прогнозувати відхилення чи аналізувати ефективність роботи при заданих параметрах.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Некрасов, Г. Б. Основы технологии литейного производства. Ручное и машинное изготовление форм и стержней : учебное пособие для учащихся учреждений профессионально–технического образования по специальности «Технология металлургического производства и металлообработки» и среднего специального образования по специальностям «Металлургическое производство и материалобработка (металлургия)», «Машины и технологии литейного производства» / Г. Б. Некрасов, И. Б. Одарченко. – Минск : Вышэйшая школа, 2015. – 223 с. : ил., табл.
2. Некрасов, Г. Б. Основы технологии литейного производства. Плавка, заливка металла, кокильное литье : [учебное пособие для профессионально–технического образования по специальности «Технология металлургического производства и материалобработки» (квалификации «Плавильщик металла и сплавов», «Заливщик металла», «Кокильщик–сборщик»)] / Г. Б. Некрасов, И. Д. Одарченко. – Минск : Вышэйшая школа, 2013. – 223 с. : ил., табл. – (ПрофТЕХ).
3. Литье под давлением / М. Б. Беккер [и др.]. – 3–е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1990. – 400 с. : ил.
4. Кукуй, Д. М. Автоматизация литейного производства : [учебное пособие для вузов по специальностям «Машины и технология литейного производства», «Литейное производство черных и цветных металлов»] / Д. М. Кукуй, В. Ф. Одиночко.– Минск : Новое знание, 2008. – 240 с. : ил. – (Техническое образование).
5. Кукуй, Д. М. Теория и технология литейного производства : [учебное пособие для специальности «Технология, оборудование и автоматизация обработки материалов» вузов] / Д. М. Кукуй, В. А. Скворцов, В. Н. Эктова ; под общ. ред. Д.М. Кукуй. – Минск : Дизайн ПРО, 2000. – 415 с. : ил.
6. Кукуй, Д. М. Теория и технология литейного производства. Формовочные материалы и смеси : [учебное пособие для вузов по специальности «Машины

- и технология литейного производства»] / Д. М. Кукуй, Н. В. Андрианов. – Минск : БНТУ, 2005. – 390 с. : ил.
7. Калиновский, В. Р. Технологии горячей обработки : учебное пособие для студентов вузов по техническим специальностям / В. Р. Калиновский, В. М. Капщевич, А. Ф. Ильющенко. – 2-е изд., перераб и доп. – Минск : ИВЦ Минфина, 2010. – 352 с. : ил.
 8. Земсков, И. В. Вертикальное непрерывное литье заготовок : [монография] / И. В. Земсков, А. Н. Крутилин. – Мн.: БНТУ, 2015. – 204 с. : ил.
 9. Дембовский, В. В. Автоматизация литейных процессов : справочник / В. В. Дембовский. – Ленинград : Машиностроение, Ленинградское отделение, 1987. – 264 с. : ил.
 10. Гини, Э. Ч. Технология литейного производства. Специальные виды литья : [учебник для вузов по специальности «Машины и технологии литейного производства»]/Э. Ч. Гини, А. М. Зарубин, В. А. Рыбкин ; под ред. В. А. Рыбкин. – Москва: Академия, 2005. – 350 с. : ил. – (Высшее профессиональное образование. Машиностроение).
 11. Визуально–оптическая дефектоскопия и размерный контроль в литейном производстве/Е. И. Марукович [и др.]; под общ. ред. Е. И. Марукович. – Минск : Белорусская наука, 2007. – 152 с. : ил.
 12. Абрамов, Г. Г. Справочник молодого литейщика / Г. Г. Абрамов, Б. С. Панченко. – Москва : Высшая школа, 1991. – 319 с.
 13. Неустроев, А. А. Микропроцессорные устройства в литейном производстве : [учебное пособие для средних профессионально–технических училищ] / А. А. Неустроев, В. П. Пантюхин. – Москва : Высшая школа, 1988. – 79 с. : ил. – (Интенсификация и повышение эффективности литейного производства ; [N] 2).
 14. Неустроев, А. А. Новые процессы электроплавки металлов : [учебное пособие для средних профессионально–технических училищ] / А. А. Неустроев. – Москва : Высшая школа, 1988. – 71 с. : ил. – (Интенсификация и повышение эффективности литейного производства ; [N] 1).

15. Оптико–волоконное скопирование в литье и металлургии / А. П. Марков [и др.] ; под общ. ред. Е. И. Марукович ; Национальная академия наук Беларуси, Институт технологии металлов. – Минск : Беларуская навука, 2010. – 320 с. : ил.
16. Пикунов, М. В. Плавка металлов, кристаллизация сплавов, затвердевание отливок : учебное пособие для студентов вузов по специальности 150104 (110400) «Литейное производство черных и цветных металлов» / М. В. Пикунов. – Москва : МИСИС, 2005. – 415 с. : ил., табл. – (Металлургия и материаловедение XXI века).
17. Остапенко Ю.А. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів і систем керування : навчальний посібник / Ю.А Остапенко, В. М. Дубовой. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 308 с.
18. Информационная технология оперативного дистанционного мониторинга состояний объектов литейного производства / О. И. Шинский, Б. М. Шевчук, В. П. Кравченко, И. О. Шинский // Процессы литья. – 2007. – № 1-2. – С. 117-125.
19. Лисецкий Ю. М., Бобров А. Н. Пример построения корпоративной интегрированной информационной системы // УСиМ. – 2007. – № 6. – С. 9-16.
20. Шевчук Б. М. Методи визначення та відображення показників інформаційних станів об'єктів тривалого моніторингу // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – 2005. – № 4. – С. 78-85.
21. Лисецкий Ю. М., Бобров С. Н., Бобров А. Н. Национальная сеть беспроводного доступа в интернет // УСиМ. – 2007. – № 5. – С. 81-85.
22. Бабич М.П. Комп'ютерна схемотехніка / Бабич М.П., Жуков І.А. – К.: МК-Прес, 2004. – 412 с. — ISBN 978-966-8806-31-5.
23. Тимченко А.А. Основы системного проектирования та системного аналізу складних об'єктів: Підручник: У двох книгах. Книга 1 Основы САПР та системного проектирования складних об'єктів / За ред. В.І.Бикова.– К.: Либідь, 2000.– 272 с.
24. Трегуб В.Г. Основы комп'ютерно-інтегрованого керування (інтегровані автоматизовані системи керування): Навчальний посібник. / В.Г. Трегуб– К.: НУХТ, 2005.– 191 с.

25. Швец В.А. Одноплатные микроконтроллеры / Швец В.А. - К.: МК-Пресс, 2005. – 59 с.
26. Трамперт В. Измерение, управление и регулирование с помощью AVR-микроконтроллеров / Трамперт В. - К.: МК-Пресс, 2007. - 187 с.
27. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Mega / Евстифеев А.В.– М.: Додэка-XXI, 2007. – 375 с.
28. Иванов В.Б. Программирование микроконтроллеров для начинающих / Иванов В.Б.- К.: МК-Пресс, 2010. – 59 с.
29. Проць Я. І. Автоматизація виробничих процесів. / Я. І. Проць, В. Б. Савків, О. К. Шкодзінський, О . Л. Ляшук. - 2011. - 344 с.
30. Боровский В.П. Справочник по схемотехнике для радиолюбителя / Боровский В.П. – К.: Техника, 1989.
31. Самофалов К.Г. Прикладная теория цифровых автоматов / Самофалов К.Г. - Киев: Высшая школа, 1987.
32. Томашевський В.М. Моделювання систем. / В.М. Томашевський – К.: Видавнича група ВНУ, 2005.– 352 с.
33. www.abb.ua / Промислова система 800xA c4
34. Патент України на корисну модель №68874. – 10.04.2012р., Бюл.№7
35. деклараційний патент України на корисну модель №71122. – 10.07.2012р., Бюл.№13
36. Николайчук Я.М. Теорія джерел інформації / Я.М. Николайчук / Тернопіль: ТНЕУ, 2008.-536с.
37. Николайчук Я.М. Проектування спеціалізованих комп'ютерних систем / Я.М. Николайчук, Н.Я. Возна, І.Р. Пітух / Навчальний посібник / – Тернопіль: ТЗОВ «Терно-граф», 2010.–392 с.
38. Опорний конспект лекцій з дисципліни “Теорія автоматичного управління” (Частина 1) для здобувачів вищої освіти на першому (бакалаврському) рівні за спеціальністю 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Укл.: Николайчук Я.М., Возна Н.Я.– Тернопіль: Гал-друк, 2016. – 71 с.