

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ**

**РОБОЧА ПРОГРАМА,
методичні вказівки та індивідуальні завдання
до вивчення дисципліни
«Алгоритмізація управління технологічними процесами за фахом»
для студентів заочної форми навчання
за освітньо-професійною програмою
«Технології та обладнання виробництва металів і сплавів»
підготовки здобувачів вищої освіти
на другому (магістерському) рівні
спеціальності 136 «Металургія»
(Профіль: *МЕ04 «Електрометалургія сталі та феросплавів»*)**

УДК 621.187.519

Робоча програма, методичні вказівки та індивідуальні завдання до вивчення дисципліни «Алгоритмізація управління технологічними процесами за фахом» для студентів заочної форми навчання за освітньо-професійною програмою «Технології та обладнання виробництва металів і сплавів» підготовки здобувачів вищої освіти на другому (магістерському) рівні спеціальності 136 «Металургія» (Профіль: *МЕ04 «Електрометалургія сталі та феросплавів»*) / Укл.: О.В.Жаданос. – Дніпро: НМетАУ, 2016. – 70 с.

Наведені робоча програма дисципліни з методичними вказівками, рекомендованою літературою і питаннями для самоперевірки за окремими темами, а також індивідуальне домашнє завдання.

Призначена для студентів заочної форми навчання за освітньо-професійною програмою «Технології та обладнання виробництва металів і сплавів» підготовки здобувачів вищої освіти на другому (магістерському) рівні спеціальності 136 «Металургія» (Профіль: *МЕ04 «Електрометалургія сталі та феросплавів»*).

Укладачі: О.В.Жаданос, канд. техн. наук, доц.

Відповідальний за випуск М.І. Гасик, д-р техн. наук, проф.

Рецензент О.М. Кукушкін, д-р техн. наук, проф. (НМетАУ)

Національна металургійна академія України
49600, Дніпро, пр. Гагаріна, 4

Редакційно-видавничий відділ НМетАУ

Робоча програма

з дисципліни	<u>Алгоритмізація управління технологічними процесами</u>	
Спеціальність	8.136	<u>Металургія</u>
Спеціалізація		<u>Електрометалургія сталі і феросплавів</u>
Факультет		<u>Заочний</u>
Кафедра		<u>Електрометалургії</u>

Розклад навчальних годин

	Всього	по семестрах
		3
Усього годин за навчальним планом	90	90
у тому числі: Аудиторні заняття	12	12
з них:		
– лекції	8	8
– лабораторні заняття	-	-
– практичні заняття	4	4
– семінари	-	-
Самостійна робота	78	78
у тому числі при:		
– підготовці до аудиторних занять	-	-
– підготовка до контрольних заходів	-	-
– виконанні курсових проектів (робіт)	-	-
– виконання індивідуальних завдань	-	-
– опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях	-	-
Підсумковий контроль (екзамен, залік)	залік, контр раб	залік, контр раб

Зміст дисципліни

№ м о д у л я	Навч. тиждень	Вид заняття	Тема і зміст занять	К-ть годин	Поточний контроль
		Л	Особливості електрометалургійних процесів як об'єктів автоматичного управління і регулювання. Основні поняття. Класифікація систем управління і регулювання. Особливості електрометалургійних процесів як об'єктів автоматичного управління і регулювання.	4	
		Л	Блок-схеми алгоритмів управління електрометалургійними процесами Типові елементи блок-схем та їх використання. Основні правила складання блок-схем. Розробка структурної схеми алгоритма управління електрометалургійним агрегатом на прикладі системи управління положення електродів рафінувальної електропечі	4	
		ПР	Робота на моделі-тренажері пульт управління дугової сталеплавильної печі	2	
		ПР	Робота на моделі-тренажері пульт управління агрегатами позапічної обробки електросталі	2	

Зміст

	стор.
Вступ	5
Лекція №1 <i>Особливості електрометалургійних процесів як об'єктів автоматичного управління і регулювання (4 години)</i>	7
1.1. Основні поняття	7
1.2 Визначення АСУ ТП	7
1.3 Функції АСУ ТП	9
1.4 Класифікація АСУ ТП	13
1.5 Склад АСУ ТП	15
1.6 Життєвий цикл АСУ ТП	17
1.7 Особливості електрометалургічних процесів як об'єктів автоматичного управління і регулювання	19
1.8 АСУТП виплавки феросплавів	23
Контрольні питання	29
Лекція №2 <i>Блок-схеми алгоритмів управління електрометалургійними процесами (2 години)</i>	30
2.1 Требования к алгоритмам	30
2.2 Правила составления блок-схем алгоритмов	31
2.3 Особенности алгоритмов систем автоматизации	33
2.4 Программный опрос датчиков	33
2.5 Ввод сигналов по прерыванию	35
2.6 Типовой алгоритм ввода сигналов от двухпозиционных датчиков	36
2.7 Алгоритмические методы повышения надежности	37
2.8 Алгоритмы систем автоматического регулирования	40
2.9 Описание алгоритма управления положением электродов рафинировочной печи СКБ-6063	42
Контрольні питання	44
Практичні роботи	45
Практична робота №1 Робота на моделі-тренажері пульт управління дугової сталеплавильної печі	45
Практична робота №2 Робота на моделі-тренажері пульт управління агрегатами позапічної обробки електросталі	47
Індивідуальні завдання до виконання контрольної роботи	50
Література	52

ВСТУП

Використання сучасних систем автоматизації для управління процесами виплавки і розливки електросталі, електроферосплавів, забезпечує чітке дотримання встановленої технології, мінімальний розкид фізичних і механічних властивостей отриманої металопродукції від плавки до плавки, стабільну економію матеріальних і енергетичних ресурсів.

В економічному плані впровадження АСУ ТП дозволяє зробити наступне:

1. Вирішити основне завдання підвищення продуктивності праці , скорочення чисельності основного і допоміжного персоналу в результаті зменшення часу на обслуговування і вибору оптимальних умов роботи агрегатів.
2. Зменшити непродуктивні витрати сировини та енергії.
- 3 . Підвищити якість продукції. Соціальний ефект АСУ ТП полягає в тому , що поліпшуються умови праці , створюються умови для підвищення кваліфікації кадрів; і створюються об'єктивні умови для вдосконалення технологічних процесів і обладнання.

Удосконалення систем автоматичного контролю та управління в металургійної промисловості України є безперервним процесом , проте можна виділити кілька основних етапів розвитку автоматизації:

1. Впровадження контрольно-вимірювальних приладів , що дозволило об'єктивно оцінювати стан і хід технологічних процесів .
2. Застосування дистанційного управління регулюючими органами (клапанами , шиберами, механізмами завантаження і т.д.), яке звільнило персонал від фізичної роботи , часто виконуваної в умовах високої температури і значної загазованості .
3. Централізація приладів контролю та дистанційного керування, їх розміщення на загальному щиті в спеціальному приміщенні. Це сприяє більш глибокому аналізу виробничих ситуацій і підвищує ефективність управління.
4. Впровадження розімкнутих систем управління з блокуваннями, забезпечуючи безпеку персоналу і технологічного устаткування. Розімкнені системи виконують операції в певній послідовності за заданою програмою . Наприклад, переклад повітрянагрівачів з одного режиму на інший , програмне регулювання температури та ін.

5. Широке впровадження замкнених систем автоматизованого регулювання окремих параметрів технологічних процесів (температури, тиску, витрати та ін.) Цей етап є дуже важливим. Людина тільки встановлює завдання автоматичному регулятору, який підтримує заданий режим.
6. Розробка комплексних систем контролю і управління, враховуючих взаємні зв'язки між параметрами процесу і роботу комплексу технологічних агрегатів. Впровадження цих систем сприяло істотному підвищенню технологічних показників виробничих процесів.
7. Розробка і впровадження у виробництво оптимальних систем управління із застосуванням керуючих обчислювальних машин (КОМ), об'єднаних в керуючі комплекси. Основне призначення цих систем - об'єднати локальні системи в єдину, взаємопов'язану систему, що забезпечує управління на якісно новому рівні - з використанням в управлінні техніко-економічних параметрів і критеріїв.
8. Створення інтегрованих АСУ, тобто узгодження дії АСУТП з автоматизованими системами управління виробництвом (АСУВ) і підпорядкування дій АСУ ТП стратегії і тактиці управління виробництва в цілому.

У даній роботі розглянуті особливості електromеталургійних процесів як об'єктів автоматичного управління і регулювання, елементи і системи автоматичного управління електromеталургійними агрегатами і процесами, блок-схеми алгоритмів управління електromеталургійними процесами. Значна увага приділена використанню ПЕОМ для моделювання роботи систем управління електromеталургійними процесами. Для закріплення теоретичних знань і набуття навичок дисципліни розроблені практичні роботи з використанням ПЕОМ.

Лекція №1 (4 години)

ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОМЕТАЛУРГІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ЯК ОБ'ЄКТІВ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ І РЕГУЛЮВАННЯ

Зміст: Основні поняття. Класифікація систем управління і регулювання. Особливості електрометалургійних процесів як об'єктів автоматичного управління і регулювання

1.1. Основні поняття

Системы управления современными металлургическими процессами характеризуются большим количеством технологических параметров, число которых может достигать нескольких сотен. Для поддержания требуемого режима работы, а в конечном счете и качества выпускаемой продукции все эти величины необходимо поддерживать постоянными или изменять по определенному закону.

Физические величины, определяющие ход технологического процесса, называются *параметрами технологического процесса*. Например, параметрами технологического процесса могут быть температура, давление, расход, напряжение и т.д. Параметр технологического процесса, который необходимо поддерживать постоянным или изменять по определенному закону, называется *регулируемой величиной*, или *регулируемым параметром*. Значение регулируемой величины в рассматриваемый момент времени называется *мгновенным значением*.

Значение регулируемой величины, полученное в рассматриваемый момент времени на основании данных некоторого измерительного прибора называется ее *измеренным значением*.

Объект управления (объект регулирования, ОУ) – это устройство, требуемый режим работы которого должен поддерживаться извне специально организованными управляющими воздействиями.

Управление – это формирование управляющих воздействий, обеспечивающих требуемый режим работы ОУ.

Регулирование – это частный вид управления, когда задачей является обеспечение постоянства какой-либо выходной величины ОУ.

Автоматическое управление – это управление, осуществляемое без непосредственного участия человека.

Входное воздействие (X) – это воздействие, подаваемое на вход системы или устройства.

Выходное воздействие (Y) – это воздействие, выдаваемое на выходе системы или устройства.

Внешнее воздействие – это воздействие внешней среды на систему.

Задающее воздействие (то же, что и входное воздействие X) – это воздействие на систему, определяющее требуемый закон изменения регулируемой величины).

Управляющее воздействие (u) – это воздействие управляющего устройства на объект управления.

Возмущающее воздействие (f) – это воздействие, стремящееся нарушить требуемую функциональную связь между задающим воздействием и регулируемой величиной.

Ошибка управления ($e=x-y$) – это разность между предписанным (x) и действительным (y) значениями регулируемой величины.

Регулятор (P) – это комплекс устройств, присоединяемых к регулируемому объекту и обеспечивающих автоматическое поддержание заданного значения его регулируемой величины или автоматическое изменение ее по определенному закону.

Автоматическая система регулирования (АСР) – это автоматическая система с замкнутой цепью воздействия, в котором управление (u) вырабатывается в результате сравнения истинного значения y с заданным значением x .

Дополнительная связь в структурной схеме АСР, направленная от выхода к входу рассматриваемого участка цепи воздействий, называется обратной связью (ОС). Обратная связь может быть отрицательной или положительной.

1.2 Визначення АСУ ТП

Автоматизированная система управления (АСУ) – это человеко-машинная система, обеспечивающая автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления

некоторым объектом в соответствии с заданным критерием. Обычно среди АСУ выделяют системы управления производством (АСУП) и системы управления технологическими процессами (АСУ ТП).

Первые предназначены для решения основных задач управления производственно-хозяйственной деятельностью предприятия в целом или его частей на основе применения экономико-математических методов и средств вычислительной техники. Что касается АСУ ТП, то они решают задачи выработки управляющих воздействий и выдачи их на технологический объект.

В составе АСУ обязательно есть человек. Необходимым элементом АСУ является вычислительный комплекс, с помощью которого и осуществляется автоматизированный сбор и обработка информации в системе.

Коренными отличиями АСУ ТП от АСУП являются:

- наличие непосредственной связи с объектом;
- функционирование в режиме реального времени.

Под непосредственной связью (on-line) понимают такой режим работы АСУ, при котором информация вводится в систему непосредственно из места ее возникновения, а после обработки выводится на объект в место ее окончательного использования, минуя промежуточные стадии.

В отличие от АСУП, входные данные поступают в АСУ ТП от технологических датчиков и первичных преобразователей, а не только с клавиатуры или других органов ручного ввода. Выходные сигналы поступают из АСУ ТП непосредственно на регулирующие органы объекта, а не только на экраны дисплеев или печатающие устройства.

Режим *реального времени (real-time)* предполагает, что информация, поступающая в систему, обрабатывается там и выдается на объект настолько быстро, что на объекте за это время не успевают произойти необратимые изменения

1.3 Функції АСУ ТП

Каждая АСУ ТП в процессе функционирования выполняет многочисленные и разнообразные действия. По функцией АСУ ТП понимают лишь такие действия, выполнение которых обеспечивает достижение частной цели управления. Иначе говоря, функциями являются только такие действия,

которые проявляются вне системы. Например, выдача команд на включение и отключение каких-то механизмов, или индикация регулируемых параметров на экране дисплея являются функциями АСУ ТП, тогда как преобразование входного аналогового сигнала в цифровой код функцией АСУ ТП считаться не может.



Рис. 1. Функции АСУ ТП

Функции АСУ ТП подразделяются на информационные и управляющие. В качестве примера рассмотрим систему автоматизации электродуговой установки ковш-печь. Современная АСУ установки ковш-печь имеет двухуровневую архитектуру:

- первый уровень, включающий первичные измерительные приборы, исполнительные механизмы и программируемый микропроцессорный контроллер, в котором происходит преобразование аналоговых входных сигналов в цифровые, а также вырабатываются управляющие воздействия;
- второй уровень включает центральный пульт оператора, на котором установлены промышленные компьютеры. На основании получаемой с

программируемого микропроцессорного контроллера информации оператор управляет процессом внепечной обработки.

В АСУ установки ковш-печь можно выделить как функции управления, так и информационные функции. К функциям управления относятся:

- управление механизмом подъема и опускания водоохлаждаемой крышки;
- управление расходом инертного газа;
- управление подачей легирующих и шлакообразующих материалов в ковш из расходных бункеров;
- автоматическое управление положением электродов;
- управление электрическим режимом нагрева;
- управление охлаждением свода.

Информационные функции АСУ установки ковш-печь заключаются в отображении всех необходимых параметров работы на пульте управления: температура и химический состав стали; активная, реактивная электрические энергии; первичные, вторичные токи и напряжения; расход аргона, легирующих и шлакообразующих материалов, воды для охлаждения свода.

Наиболее простой из управляющих функций является дискретное управление. В результате выполнения этой функции формируется дискретный двухпозиционный сигнал на включение или отключение какого-то исполнительного механизма. При этом принятию решения по управлению обычно предшествует элементарная логическая обработка входных сигналов. Таковы, к примеру, функции систем транспортной автоматики.

Более сложной функцией программно-логическое управление. Здесь выработке двухпозиционного управляющего сигнала предшествуют многочисленные нередко довольно сложные вычисления и логические процедуры. Хорошим примером системы, выполняющей описанные функции, является система управления раскромом проката на летучих ножницах.

Совсем иначе организуется выполнение функций управления непрерывными процессами. Для них управляющие воздействия вычисляются в соответствии с законами теории автоматического управления, теории оптимальных и адаптивных систем.

Как видно из рис. 1, к числу управляющих относят также функции, которые оканчиваются не выдачей управляющих воздействий на объект управления, а лишь формированием рекомендаций по управлению. Эти

функции выделены в отдельную группу. В зависимости от того, как организуется выполнение управляющих функций, различают режимы их реализации (рис. 2).

Автоматизированные режимы характеризуются непосредственным включением человека в контур управления. В *ручном режиме* ВК только предоставляет оператору информацию о значениях технологических параметров. Анализ же ее, принятие решений по управлению и их реализация возложены на оператора.

В *режиме советчика оператора* ВК выдает рекомендации по управлению, но окончательное решение о том, воспользоваться этими рекомендациями или нет остается за человеком.

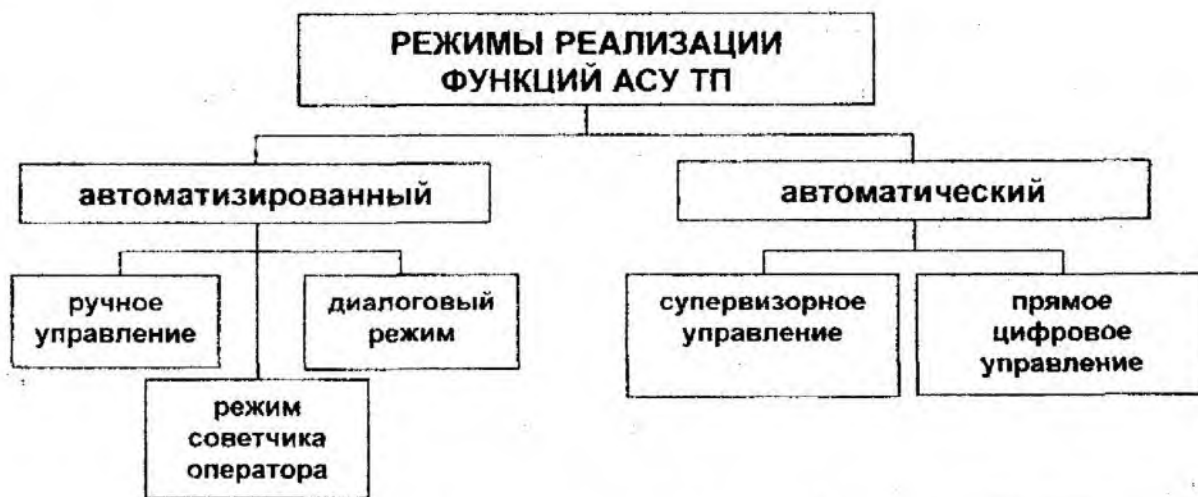


Рис. 2. Режимы реализации управляющих функций АСУ ТП

Диалоговый режим, по существу, повторяет режим советчика оператора. Отличие состоит лишь в том, что здесь у оператора появляется возможность изменять условия решения задачи, вводя дополнительные ограничения или изменяя критерии управления. Другими словами, оператор может вести диалог с ВК во время его работы.

Автоматизированные режимы применяются в случаях, когда управляемый процесс еще недостаточно изучен, когда для него отсутствует математическое описание и не разработаны надежные алгоритмы управления, когда полностью заменить человека-оператора вычислительной техникой не представляется возможным.

В *автоматических режимах* роль человека сведена к наблюдению за работой ВК, который самостоятельно формирует и выдает на исполнительные механизмы управляющие воздействия.

Различают два автоматических режима. В режиме супервизорного управления управляющие воздействия формируются ВК в виде уставок локальным подсистемам нижнего уровня. Так, например, на непрерывных прокатных станах валки каждой клетки приводятся от отдельного двигателя, оснащенного системой автоматического регулирования скорости (АСРС). Заданные же значения скорости формируются подсистемой регулирования межклетевых натяжений, работающей в супервизорном режиме.

При *прямом цифровом управлении (ПЦУ)* ВК формирует управляющие воздействия в виде сигналов, поступающих непосредственно на исполнительные механизмы. Если, например, АСРС создана на базе компьютера или специализированного контроллера, то она относится к системам ПЦУ.

Сравнивая описанные автоматические режимы, можно говорить о меньшей надежности систем ПЦУ, отказ от которых приводит к немедленной остановке объекта, тогда как при отказе системы супервизорного управления ее функции хотя бы на некоторое время может взять на себя оператор. С другой стороны, системы ПЦУ более гибки, по сравнению с супервизорными, поскольку в них и закон регулирования, и его параметры могут быть легко и быстро изменены для обеспечения оптимальности управления.

1.4 Класифікація АСУ ТП

В соответствии с отечественной классификацией для АСУ ТП различают пять классификационных признаков. *По уровню, занимаемому в организационно-производственной иерархии*, различают АСУ ТП нижнего, верхнего уровня и многоуровневые. При этом первые осуществляют управление отдельными технологическими агрегатами, установками или участками, вторые – группами установок, цехами, производствами, а третьи – включают в свой состав подсистемы, как нижнего, так и верхнего уровня. То есть уровень АСУ ТП определяется в зависимости от решаемой задачи управления. Иную классификацию можно встретить в переводной литературе и

рекламных проспектах зарубежных фирм. Западные производители различают АСУ ТП по уровню в зависимости от используемых технических средств. Так, под нулевым уровнем АСУ ТП (уровнем объекта управления) понимают датчики и исполнительные механизмы. К нижнему уровню относят АСУ ТП, использующие для решения задач управления специализированные контроллеры. В системах верхнего уровня применяются промышленные компьютеры. Системы всех уровней связаны воедино с помощью цифровых сетей.

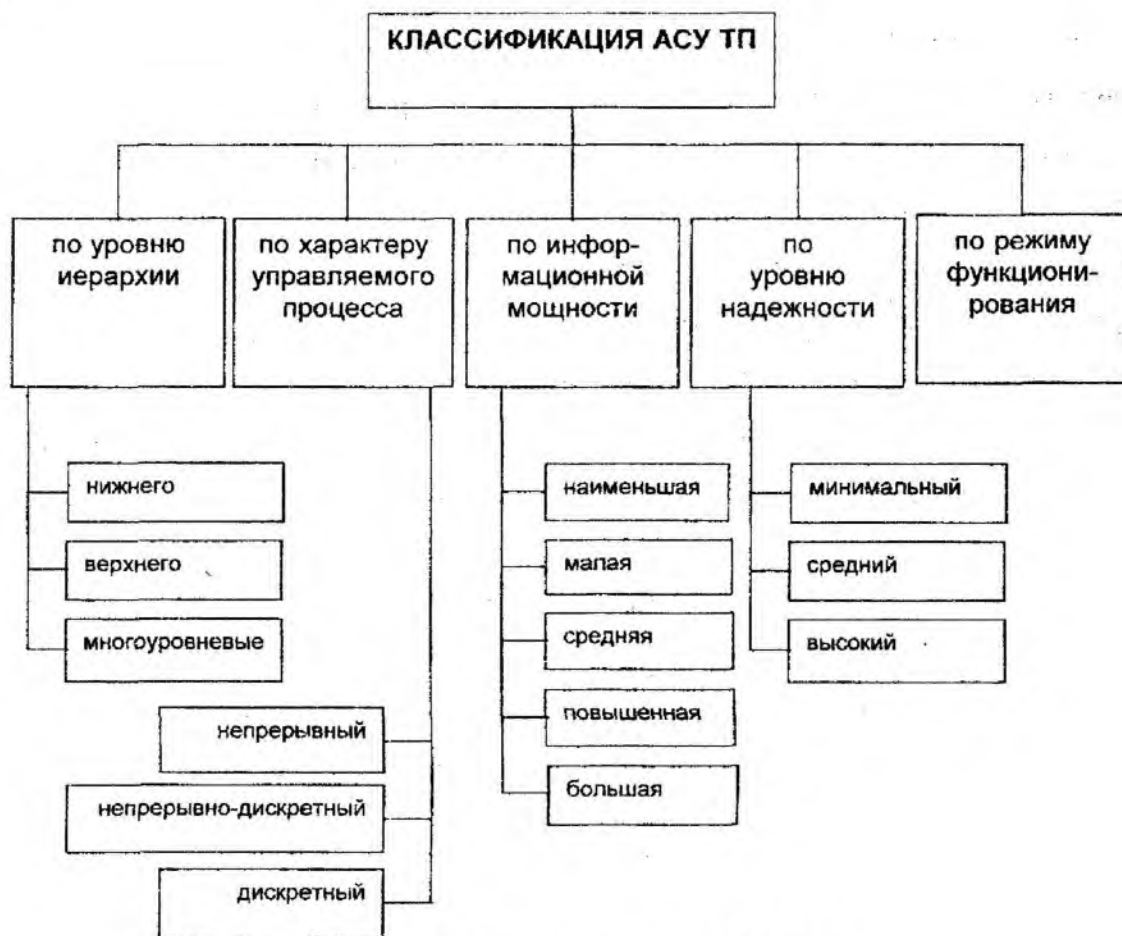


Рис. 3. Классификация АСУ ТП

По характеру протекания управляемого процесса во времени различают АСУ непрерывными, непрерывно-дискретными и дискретными технологическими процессами. В зависимости от количества измеряемых или контролируемых технологических переменных классифицируют АСУ ТП *по условной информационной мощности*: наименьшей (если контролируемых переменных меньше 40), малой (41-160), средней (161-650), повышенной (651-2500) и большой (более 2500). Хотя условность такого деления очевидна,

правомерность введения указанного классификационного признака сомнений не вызывает.

По функциональной надежности различают АСУ ТП с минимальным, средним и высоким уровнем надежности. Для первых показатели надежности вообще не регламентируются. Отказы вторых не приводят к остановке объекта управления. (Обычно это информационные системы). При отказе третьих на объекте автоматизации возникают аварии и поэтому для них требуются жесткие меры по обеспечению достаточной безотказности, восстанавливаемости и ремонтпригодности.

Классификация АСУ ТП *по типу функционирования* практически совпадает с приведенной ранее классификацией (рис. 2) режимов реализации управляющих функций и не требует дополнительных пояснений.

1.5 Состав АСУ ТП

Выполнение функций АСУ ТП достигается благодаря взаимодействию ее составных частей, которые называются видами обеспечения (рис. 4).

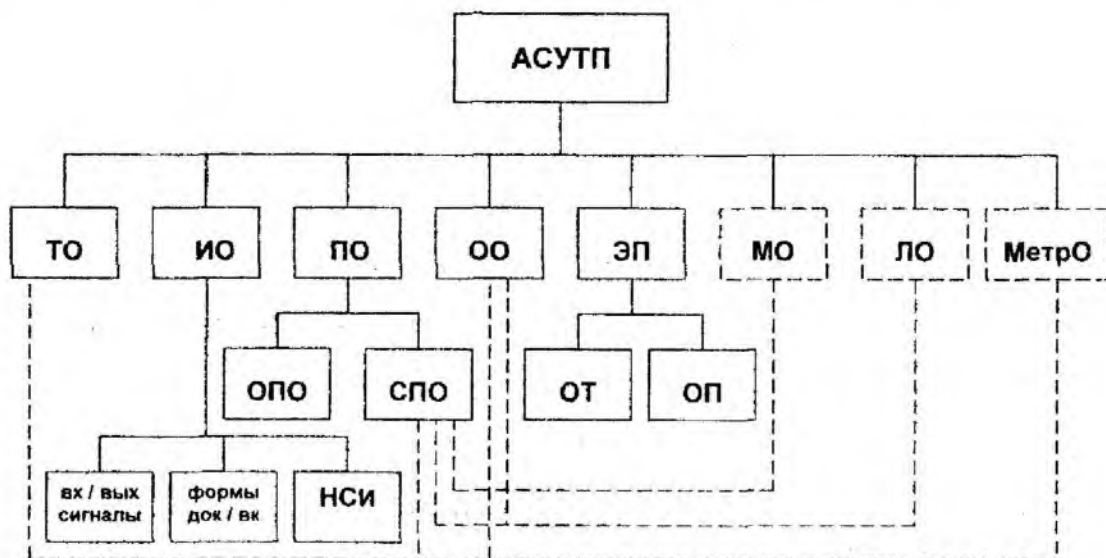


Рис. 4. Состав АСУ ТП

Техническим обеспечением (ТО) называется полная совокупность технических средств, достаточная для функционирования АСУ ТП и выполнения всех ее функций. В состав ТО входят датчики, средства вторичной обработки информации, в том числе вычислительная техника, исполнительные механизмы, средства ручного ввода и отображения информации – то есть все

«железо» за исключением регулирующих органов. Последние входят в состав объекта управления.

Информационное обеспечение (ИО) включает в себя:

- перечни и характеристики входных и выходных сигналов, поступающих в ВК от объекта автоматизации, а также выдаваемых ВК на объект;
- Описания массивов информации, форм документов и видеокадров, используемых в системе;
- Нормативно-справочную документацию, необходимую для функционирования АСУ ТП;
- Описание принципов классификации и кодирования информации.

Программное обеспечение (ПО) представляет совокупность программ и эксплуатационной программной документации, необходимых для реализации функций системы в заданном режиме функционирования.

ПО, в свою очередь, разделяется на общее (ОПО) и специальное (СПО) программное обеспечения. ОПО обычно поставляется вместе со средствами вычислительной техники и включает программные средства, необходимые для разработки программ, компоновки ПО, организации функционирования ВК, прикладные пакеты, стандартные библиотеки и т.п.

СПО включает программы, реализующие собственно основные и вспомогательные функции АСУ ТП. Обычно СПО разрабатывается специально для конкретной АСУ ТП, хотя в него и могут входить некоторые стандартные или типовые программные модули.

Под **организационным обеспечением (ОО)** понимают описание АСУ ТП, а также инструкции оперативному персоналу, необходимые для его полноценной работы.

Оперативный персонал (ОП) также является неотъемлемой составной частью АСУ ТП. Это, прежде всего, - **операторы-технологи (ОТ)**, для которых АСУ ТП является инструментом, помогающим им управлять технологическим объектом, а также – **эксплуатационный персонал (ЭП)**, обеспечивающий правильность функционирования комплекса технических и программных средств системы.

Помимо перечисленных основных видов обеспечения, в состав АСУ ТП входит еще и три вспомогательных. Они разрабатываются в процессе

проектирования АСУ ТП, но в явном виде в состав функционирующей системы не входят.

Математическое обеспечение (МО) – это совокупность математических методов и моделей, используемых в системе, которые реализуются в составе СПО. (Эта связь на рис. 4 показана пунктирной линией).

Лингвистическое обеспечение (ЛО) – совокупность языковых средств для общения ОП со средствами вычислительной техники. Этот вид обеспечения включается в СПО (языки программирования) и в ОО (инструкции персоналу о языке общения с ВК).

Метрологическое обеспечение (МетрО) – совокупность проектных решений, технических и программных средств, обеспечивающая заданные точностные характеристики функций АСУ ТП, реализованных на основе измерительной информации. МетрО реализуется в составе ТО и СПО.

1.6 Життєвий цикл АСУ ТП

От момента начала работы над созданием системы до ее демонтажа каждая АСУ ТП проходит ряд этапов и стадий, последовательность которых составляет ее жизненный цикл (рис. 5).



Рис. 5. Жизненный цикл АСУ ТП

Проектированию АСУ ТП предшествует этап **технико-экономического обоснования (ТЭО)**. Целью этого этапа является обоснование экономической целесообразности и технической возможности создания системы. Для

достижения этой цели проводят анализ объекта управления с выявлением существующих узких мест и резервов повышения эффективности его работы, определяют первоочередные задачи автоматизации, решение которых может принести наибольший эффект. Причем эффект не всегда должен быть экономическим, ведь цели создания АСУ ТП могут быть и социальными: например, улучшение условий труда на объекте управления, обеспечение безопасности производственных процессов, повышение культуры производства и т.п.

Для доказательства необходимости создания системы проводят научно-исследовательскую работу (НИР). На основании доступной научной, технической и патентной информации анализируют достигнутый уровень автоматизации аналогичных объектов, выявляют достоинства и недостатки существующих систем-аналогов и известных технических решений, проводят необходимые экспериментальные исследования на действующих объектах либо имитационное моделирование на ЭВМ. Именно на этом этапе обычно принимают решение о принципе действия будущей АСУ.

По результатам работы на этапе ТЭО составляется одноименный документ, который служит основанием для принятия решения о проектировании АСУ ТП. Однако, началу проектирования предшествует еще одна предпроектная стадия: *техническое задание (ТЗ)*.

На стадии ТЗ формулируют требования к системе и создают соответствующий документ, в соответствии с которым в дальнейшем предстоит проектировать, монтировать, наладивать и вводить в эксплуатацию АСУ ТП.

Проектирование АСУ ТП осуществляется обычно в две стадии. На первой, которая называется технический проект (ТП) принимаются общие проектные решения: определяют структуру системы, выбирают элементную базу, осуществляют функциональную компоновку управляющего ВК, составляют перечни входных и выходных сигналов и данных, разрабатывают алгоритм функционирования системы и т.п.

Принятые в ТП решения подвергаются детальной проработке на следующей стадии *рабочей документации (РД)*. Здесь уже появляются принципиальные схемы и схемы соединений, алгоритм превращается в конкретную программу, создаются технические описания и инструкция персоналу.

Иногда, в случае, если аналогичные системы уже проектировались разработчиком и, следовательно, большинство общих проектных решений уже известно, от двухстадийной схемы проектирования отказываются, заменяя ТП и РД одной стадией **техно-рабочего проекта (ТРП)**. Это существенно сокращает сроки проектирования и удешевляет проектные работы.

По окончании проектирования приступают к изготовлению нестандартных технических средств (если таковые предусмотрены в составе АСУ ТП) и монтажно-наладочным работам на объекте автоматизации. У современных системы стадия изготовления чаще всего отсутствует, поскольку они создаются методом компоновки из стандартных серийных модулей, изготавливаемых специализированными фирмами. Таким образом, выполнение заказа на поставку технических средств сводится к простой комплектации комплекса ранее изготовленными модулями и устройствами со склада.

Монтаж и наладка АСУ ТП обыкновенно предполагает установку технических средств в машинных залах, на постах управления или в технологическом потоке, прокладку и подключение сигнальных и питающих кабелей, загрузку и отладку программного обеспечения, «горячую» прогонку технических и программных средств на объекте в рабочих режимах с использованием «живых» сигналов объекта управления.

Смонтированную и отлаженную систему **подвергают предварительным испытаниям**, в ходе которых специально создаваемая комиссия проверяет соответствие АСУ ТП техническому заданию. По итогам предварительных испытаний система сдается в **опытную эксплуатацию**. Это означает, что в течение времени, оговоренного ТЗ, система эксплуатируется на объекте, ее работа тщательно контролируется персоналом, а выявленные недостатки фиксируются в специальных журналах и устраняются разработчиком.

По окончании опытной эксплуатации проводят окончательные **приемосдаточные испытания** системы. В случае их успешного завершения подписывается акт приемки АСУ ТП в **промышленную эксплуатацию**.

1.7 Особливості електрометалургійних процесів я об'єктів автоматичного управління і регулювання

При рассмотрении электрометаллургических агрегатов как объектов автоматического контроля и регулирования можно указать на некоторые особенности, выделяющие их из общего ряда промышленных объектов контроля и регулирования и налагающих особые требования при создании АСУ.

Электрометаллургические процессы в основных агрегатах являются, как правило, сложными процессами (сложными объектами), которые можно подразделить на ряд элементарных звеньев, простых объектов, простых процессов. С точки зрения понятий теории автоматического регулирования сложные объекты представляют как системы, составленные из ряда параллельно и последовательно соединенных элементарных (типовых) звеньев. Разделение сложного объекта на элементарные звенья по их физической сущности и динамическим свойствам может не совпадать. В случае регулирования температуры металла объект в целом представляют одним динамическим звеном, входом которого является расход электроэнергии, а выходом – температура расплава, или двумя последовательно соединенными звеньями, причем входом первого будет служить расход электроэнергии, а входом второго – температура рабочего пространства печи, а выходом – температура расплава. С физической же точки зрения каждое из этих двух звеньев является сложным сочетанием разнородных процессов.

Правильное представление о сложности объекта контроля и регулирования, его физической и динамической структуре является необходимым условием создания рациональной и эффективной системы автоматического управления. Например, только при правильном анализе механизма теплообмена и движения газов в рабочем пространстве дуговой сталеплавильной или рудовосстановительной печи можно добиться предварительного замера температуры при установке термоэлектрического преобразователя или пирометрического преобразователя полного излучения.

Физическая сложность, многофакторность процесса выплавки и обработки металла приводит к тому, что основные металлургические агрегаты являются многосвязными объектами, функционирование которых определяется рядом входных и выходных величин, испытывающих взаимные влияния.

Например, изменение расхода воздуха, подаваемого в печь, вызывает одновременно изменение температуры в печи, состава газов, заполняющих рабо

чее пространство, и давления в печи. Подавляющее большинство металлургических объектов принадлежит к системам с распределенными параметрами, т.е. к системам, физические характеристики которых (температура, масса, тепловые потоки, теплоемкость, теплопроводность и т.п.) распределены в пространстве и являются функциями координат трехмерного пространства.

В связи с тем, что математическое описание объектов с распределенными параметрами требует использования аппарата дифференциальных уравнений с частными производными, теоретические методы анализа поведения систем управления такими объектами являются более сложными и имеют ряд особенностей.

Несмотря на то, что металлургические процессы подчиняются основным законам переноса тепла, вещества и импульса, отсутствуют достаточно точные математические описания, математические модели реальных производственных процессов, представляющих собой, как указывалось выше, сложные комплексы взаимозависимых физико-химических явлений. Совмещение разнородных явлений усложняет исследование, понимание процессов, формулировку и решение их математических выражений.

Существующие математические модели строят на ряде упрощений и допущений, которые позволяют составить исходные математические выражения и найти их решения строго аналитическими, приближенными или численными способами. Существующие модели оказывают большую помощь в исследовании и познании металлургических процессов, в определении рациональных технологических и теплотехнических режимов и способов управления этими режимами. Однако приближенность существующих моделей не позволяет полностью решить все эти вопросы.

Сложность основных металлургических объектов и разнообразие возмущений, приложенных в различных местах агрегатов, приводят к тому, что объекты характеризуются большим числом контролируемых величин и управляющих воздействий.

Большое число управляющих воздействий, каждое из которых влияет чаще всего на несколько выходных величин, требует от операторов высокой квалификации при управлении процессами, а при создании автоматизированных систем управления необходимы обширные исследования

взаимных связей и влияний между входными и выходными величинами, разработка и приборная реализация сложных алгоритмов управления.

На металлургических объектах значительно затруднено осуществление автоматического контроля основных параметров. Это обусловлено в основном высокими температурами и химической агрессивностью сред, принимающих участие в производственном процессе.

Использование пирометрических преобразователей полного излучения для бесконтактного измерения температуры поверхности расплава и элементов кладки печей ограничивается погрешностями, возникающими из-за переменной степени черноты этих поверхностей, запыленности сред и т.д. Металлургические объекты принадлежат, как правило, к классу нелинейных объектов, т.е. объектов, поведение которых описывается нелинейными математическими выражениями.

Методы анализа и синтеза нелинейных объектов и систем регулирования значительно сложнее, чем методы анализа и синтеза линейных объектов и систем регулирования. Поэтому в тех случаях, когда это возможно, стремятся нелинейные характеристики объектов аппроксимировать линейными с применением известных методов линеаризации.

Процессы металлургического производства реализуются в агрегатах как непрерывного, так и периодического, циклического действия. К агрегатам периодического действия принадлежат дуговые сталеплавильные печи, рафинировочные печи для выплавки ферросплавов силикотермическим способом. К агрегатам непрерывного действия относятся рудовосстановительные печи для выплавки ферросплавов углеродотермическим способом.

Непрерывные производственные процессы легче поддаются автоматизации, чем периодические, так как непрерывные процессы характеризуются стационарными режимами при относительно небольших отклонениях контролируемых параметров и управляющих воздействий от некоторых номинальных значений, что упрощает автоматизацию управления ими. Параметры периодических процессов претерпевают, как правило, значительные колебания. А управляющие воздействия могут варьироваться по абсолютной величине многократно.

Глубокие изменения контролируемых величин и управляющих воздействий в агрегатах периодического действия, сопровождающихся изменениями статических и динамических характеристик объектов во времени, усложняют синтез систем автоматического управления, так как регуляторы с постоянной структурой и настройками не могут обеспечить приемлемое качество регулирования при существенных изменениях характеристик объекта. Все реальные промышленные объекты имеют запаздывание, которое достигает довольно больших значений (нескольких десятков минут) в объектах, где протекают тепло- и массообменные процессы, и невелико (всего несколько секунд) в объектах, выходные величины которых представляют собой расход или давление жидкостей или газов.

Наличие запаздывания в объектах (в АСР) усложняет задачу регулирования технологического параметра в объекте. Поэтому необходимо стремиться к его уменьшению: устанавливать датчик и исполнительное устройство системы как можно ближе к объекту регулирования, применять малоинерционные измерительные преобразователи, уменьшать протяженность потоков и т.д.

Электрометаллургические агрегаты принадлежат к энерго- и материалоемким объектам. Большая материалоемкость и энергоемкость металлургических объектов определяет возможность получения значительных экономических эффектов, связанных с увеличением производительности, уменьшением расходов сырья и энергии, улучшением качества готовой продукции при внедрении совершенных систем автоматизации.

1.8 АСУТП виплавки ферросплавів

Главная задача применения ЭВМ состоит в ликвидации колебаний параметров технологического процесса за счет уменьшения степени участия человека в принятии оперативных решений по управлению работой печи при нарушениях режима.

Вычислительную технику для управления ферросплавными электропечами за рубежом начали применять в 60-х гг. Имеются сведения об использовании ЭВМ на ферросплавных заводах Норвегии, США, Японии, Канады, Испании. В Украине разработана автоматизированная система управления

технологическим процессом (АСУТП) с применением ЭВМ для печей большой мощности НЗФ (рис. 6).

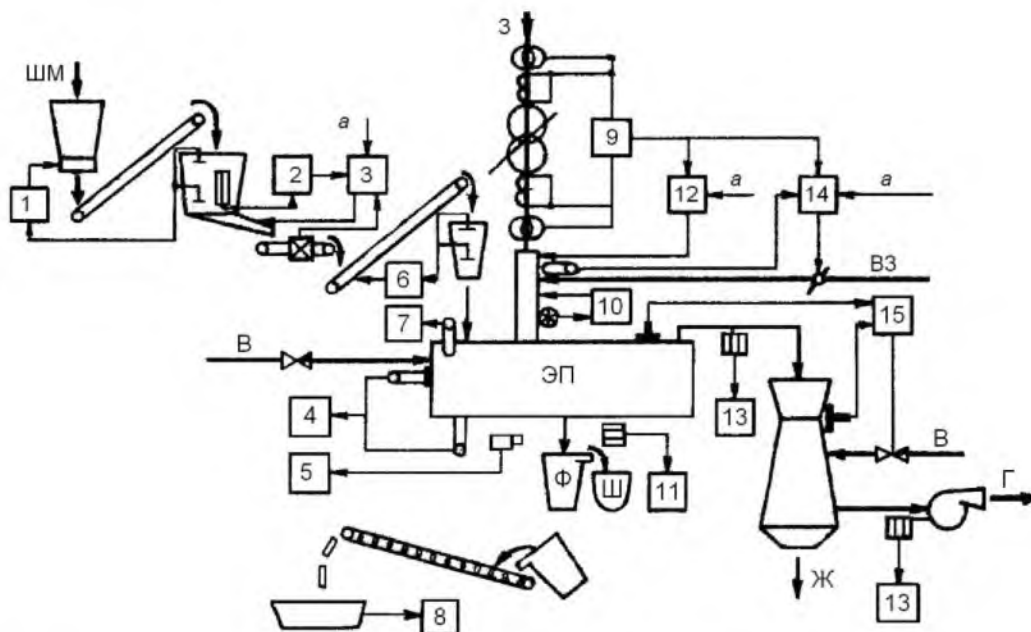


Рис. 6. Блок-схема автоматизации процесса выплавки ферросплавов:

1 – система управления загрузкой дозирочных бункеров шихтовыми материалами (ШМ); 2 – влагомер кокса; 3 – система автоматического дозирования компонентов шихты; 4 – устройство контроля температуры стен и подины печи (ЭП); 5 – то же, сплав (Ф) на выпуске; 6 – система загрузки бункеров ЭП шихтой; 7 – устройства контроля температуры газа под сводом печи; 8 – устройство контроля массы готовой продукции; 9 – устройства контроля электрических параметров установки; 10 – устройство автоматического перепуска электродов; 11 – устройства анализа химического состава металла (Ф) и шлака (Ш); 12 – регулятор электрического режима плавки; 13 – анализаторы химического состава колошникового газа; 14 – устройство автоматического регулирования режима спекания электродов; 15 – система автоматической стабилизации давления газа под сводом печи и регулирования режима газоочистки; ВЗ – воздух; Ж – шлак; В. – вода; Г – газ; а - задание

Система обеспечивает согласование по параметрам и во времени отдельных сторон технологического процесса. Она включает следующие основные объекты взаимосвязанного регулирования: дозирочный пункт, тракт подачи и загрузки шихты в печные карманы, электропечи с системой газоочистки, разливочное отделение и склад готовой продукции. Система гарантирует максимальную производительность печей или минимальный расход электроэнергии при рациональном использовании сырья. В этом случае достигается минимизация себестоимости продукции, так как при углеродотермическом способе себестоимость определяется в основном

удельным расходом электроэнергии и извлечением ведущего элемента из шихты.

На АСУТП возлагаются следующие основные функции: сбор и первичная обработка выходной информации; оперативный контроль и регистрация главных параметров процесса; контроль отклонения параметров от заданных значений и выдача информации о нарушениях режима; контроль состояния оборудования; управление системой автоматического дозирования компонентов шихты с учетом химического состава и влажности; регулирование электрического режима плавки при наличии колебаний питающего напряжения и технологических параметров процесса; автоматизация перепуска электродов; определение момента выпуска сплава из печи в зависимости от расхода электроэнергии и технологических параметров процесса; расчет технологических параметров процесса, непосредственное измерение которых невозможно или не обеспечивает необходимую точность; определение технико-экономических и эксплуатационных показателей работы электропечей; выдача рапортов и сводок.

Основными входными сигналами системы являются сигналы о содержании влаги в коксе, производительности дозаторов шихты, активной и реактивной мощностях печи и под электродом, токе и напряжении на высокой стороне печного трансформатора, токе и напряжении электродов, величине перепуска электродов, положении электродов, химическом составе и расходе колошникового газа, давлении и температуре газа под сводом и в системе газоочистки, температуре подины и стен печи, положении передвижных конвейеров у печных карманов, состоянии леток. В связи с отсутствием отдельных средств автоматического контроля ряд технологических параметров вводится в информационно-управляющий вычислительный комплекс (ИУВК) вручную (химический состав шихтовых материалов, сплава шлака, масса сплава и шлака). Аналогично в систему вводится справочно-нормативная информация (марка сплава, константы и др.). Ручной ввод осуществляется с помощью устройств печати с клавиатурой. Введенная информация по каналам связи поступает в ИУВК.

Из ИУВК выводятся два вида сигналов: информационные и управляющие. В число информационных сигналов входят основные параметры процесса, отклонения параметров от заданных пределов, информация о состоянии

оборудования, рекомендации по управлению процессом. Эти сигналы поступают на мнемощиты, дисплеи и устройства печати. Информация служит для принятия решений эксплуатационным персоналом по управлению процессом плавки, а также для периодической подачи рапортов и сводок. Управляющие сигналы поступают непосредственно в локальные системы автоматизации в виде установок и корректирующих воздействий. Локальные системы автоматизации осуществляют управление дозированием шихты электрическим режимом плавки, режимом спекания и перепуска электродов, давлением газа под сводом и режиме газоочистки.

На данном этапе отечественная и зарубежная практика, производства ферросплавов располагает лишь отдельными приближенными алгоритмами управления технологическим процессом в крупных печах. Эти алгоритмы не могут обеспечить работу АСУТП в комбинированном режиме, когда вычислительный комплекс непосредственно воздействует на локальные системы управления. Поэтому программы составляются по принципу «идеального технолога», при котором ЭВМ только вырабатывает рекомендации по рациональному управлению процессом, а принятие окончательного решения и управление локальными системами автоматизации осуществляются оператором.

Методика разработки специальных программ АСУТП заключается в составлении перечня наиболее часто встречающихся нарушений технологического режима, определении характера и количественного изменения входных и выходных параметров при этих нарушениях, выборе воздействий на процесс для устранения нарушений, составлении алгоритмов по управлению процессом в виде количественных зависимостей входных параметров и управляющих воздействий на процесс. Использование таких программ обеспечит независимость принятия решений по управлению процессом от эксплуатационного персонала и стандартность управляющих воздействий на процесс при одних и тех же нарушениях технологического режима.

Для отображения технологической информации в системе предусмотрены мнемощиты диспетчерского пункта, мнемощит дозировочного пункта, табло рекомендаций плавильщика, дисплейный модуль и устройства печати.

На средства отображения информации выводятся текущие значения основных параметров процесса, отклонения контролируемых параметров от допустимых значений, рекомендации по перепуску электродов, выпуску сплава, изменению электрического режима, задания по изменению дозировки шихтовых компонентов. Рекомендация этих задач в автоматическом режиме связана со сложностью согласования во времени различных параметров отражающих текущие значения, в то время как информация о загрузке шихты и выпуска сплава имеет временный дисбаланс, связанный с определением временем прохождения шихты от загрузочных воронок до подины печи. Поэтому реализация возможностей ЭВМ связана прежде всего с установлением тесных обоснованных корректируемых связей множества технологических параметров на различных стадиях процесса.

На ЗФЗ при выплавке ферросилиция внедрена АСУТП с расширенными функциональными возможностями на базе промышленных компьютеров фирмы ADVANTECH (рис. 7).

Система установлена на модернизированной ферросплавной печи РКЗ-16,5 с повышением ее мощности до 27 МВА, обеспечиваемой тремя однофазными трансформаторами, оснащенными УПК. Электродпечь снабжена гидравлическим приводом перемещения электрододержателей и пневматическим механизмом перемещения электродов.

Разработанная система предназначена для обеспечения эффективного функционирования электродпечи путем автоматизированного выполнения контроля, анализа, координации и регулирования основных параметров электрического и шихтового режимов плавки, а также режима спекания и перепуска электродов.

Функции контроля и управления, выполняемые системой:

- сбор, подготовка и выдача технологическому персоналу оперативной информации о ходе технологического процесса, включая нарушения и отказ средств контроля и оборудования;
- стабилизация активной мощности печи при равномерном ее распределении по электродам с учетом налагаемых ограничений;

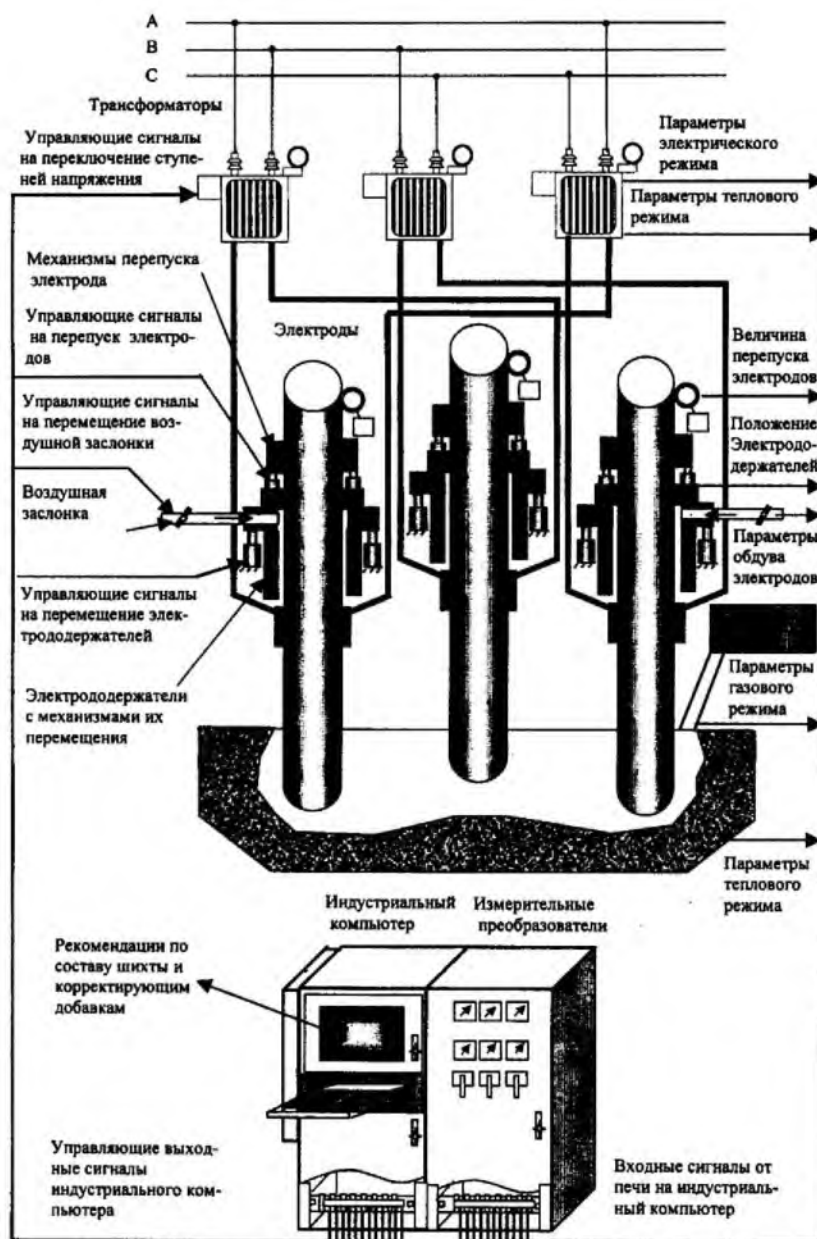


Рис. 7. Структурная схема управления АСУ ТП ферросплавной печи мощностью 27 МВА для выплавки ферросилиция

- управление режимом спекания и перепуска электродов и оценка положения реакционной зоны в ванне печи;
- контроль баланса углерода в ванне печи и выдача рекомендаций по составу шихты и корректирующим добавкам.

В АСУТП стрелочные, показывающие и самопишущие приборы исключены до минимума. Их функции возложены на промышленный компьютер (ИК), устройство связи с объектом (УСО) и монитор, расположенные в пультовом помещении. На монитор выводится наиболее важная информация по печи, включая сигнализацию о нарушениях. Вывод

любой другой информации, касающейся работы печи, осуществляется по запросу плавильного персонала.

Для обеспечения высокой помехоустойчивости и надежности работы системы при трассировке кабелей и заземления соблюден ряд специфических требований.

Комплекс технических сред включает:

- средства получения информации о состоянии электропечного агрегата (все компоненты производства стран СНГ);

- измерительные преобразователи E854, E855, E859 и E860 электрических параметров;

- датчики температуры TCM-1088, ТХКП-УЗ, ТХА-0706-02 и преобразователя МТМ 402;

- датчики давления, разрежения типа Сафир и Метран-45-ДИВ-5310;

- пускатели, контакторы, реле, конечные выключатели, датчики угла поворота исполнительного механизма БСПТ-10;

- датчик перепуска электрода ДП-1.

Средства вычислительной техники (фирмы ADVANTECH):

- индустриальный IBM PC – совместимый компьютер (в т.ч. УСО);

- промышленная клавиатура и трекбол;

- источник бесперебойного питания;

- источники питания 24В;

- клеммные наборы WAGO;

- кондиционер для системы;

- электротехнический шкаф фирмы Rittal.

На НЗФ разрабатывается автоматическая система контроля и управления электрическим режимом (АСК ЭР-6) шестиэлектродной ферросплавной печи типа РПЗ-63И1, позволяющая определять оптимальное положение электродов относительно подины печи, осуществлять управление электрическим режимом печи и режимом перепуска электродов.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что внедрение АСУТП на ферросплавных заводах позволит увеличить производительность электропечей на 5%, снизить расход электроэнергии на 3—5%, уменьшить расход шихтовых материалов на 1—2%, улучшить качество продукции. При этом повысится надежность и качество управления, что создаст условия для использования скрытых резервов производства.

Контрольные вопросы

1. Дать определения терминам объект управления, управление, регулирование, автоматическое управление, входное воздействие, выходное воздействие (Y), внешнее воздействие, задающее воздействие, управляющее воздействие (u), возмущающее

воздействие (f), ошибка управления, регулятор (P), автоматическая система регулирования (АСР)?

2. Дать определения термина АСУ ТП?
3. Какие Вы знаете виды АСУ ТП?
4. В чем заключаются функции АСУ ТП?
5. Какие Вы знаете классы АСУ ТП?
6. Назовите основные элементы АСУ ТП?
7. Какие основные параметры контролируются и регулируются в дуговых сталеплавильных, рафинировочных, рудовосстановительных ферросплавов?
8. Поясните структуру АСУТП выплавки ферросплавов?

Лекція №2 (4 години)

БЛОК-СХЕМИ АЛГОРИТМІВ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОМЕТАЛУРГІЙНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Зміст: Типові елементи блок-схем та їх використання. Основні правила складання блок-схем. Розробка структурної схеми алгоритма управління електрометалургійним агрегатом на прикладі системи управління положення електродів рафінувальної електропечі

2.1 Требования к алгоритмам

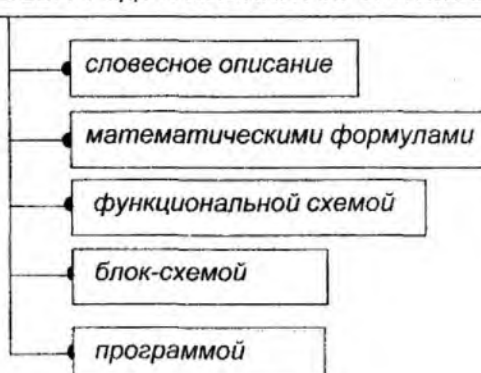
Алгоритм – это точное описание способа решения задачи, устанавливающее какие операции и в какой последовательности выполнить, чтобы получить результат, однозначно определяемый исходными данными.

Основные требования к алгоритмам

Требования	Для вычислительных алгоритмов	Для алгоритмов систем автоматизации
1 Определенность	Абсолютная понятность, исключающая любую возможности неоднозначного толкования	
2 Массовость	Применимость к решению задачи при любых вариациях входных переменных, остающихся в области допустимых значений	Способность обеспечить управление объектом при любых возможных сочетаниях сигналов, появляющихся на входах вычислительного комплекса в произвольные моменты времени

3 Результативность	Завершение процесса решения задачи за конечное число шагов	
---------------------------	--	--

СПОСОБЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ АЛГОРИТМОВ



2.2 Правила составления блок-схем алгоритмов

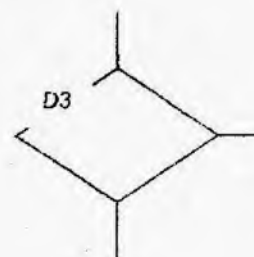
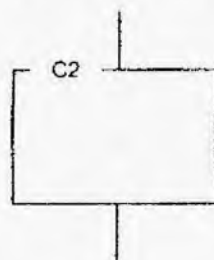
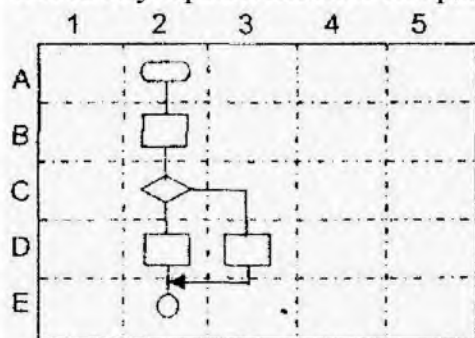
УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ (ГОСТ 19.003-80)

	Наименование	Обозначение	Пояснение
	1. Процесс		Вычислительные действия или их последовательность
	2. Решение		Проверка выполнения условий
	3. Ввод-вывод		Ввод-вывод данных, команд, сигналов
	4. Ручной ввод		Ввод информации с операторского пульта
	5. Предопределенный процесс		Вычисление по подпрограмме или стандартной программе
	6. Документ		Вывод информации на печатающее устройство
	7. Вывод на дисплей		Вывод информации на экран дисплея
	8. Внутространичный соединитель		Обозначение разрывов линий связи, расположенных в пределах одного листа схемы
	9. Межстраничный соединитель		Обозначение разрывов линий связи, расположенных на разных листах схемы
	10. Пуск – останов		Обозначение начала и конца алгоритма

ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ (ГОСТ 19.002-80)

- Для облегчения поиска символов на схеме рекомендуется поле листа разбивать на зоны

- В каждую зону помещают один символ
- Символу присваивают координаты зоны, в которой он расположен

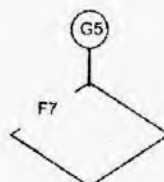
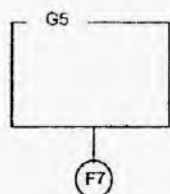


- Линии потока, идущие в неосновных направлениях, должны оканчиваться стрелками

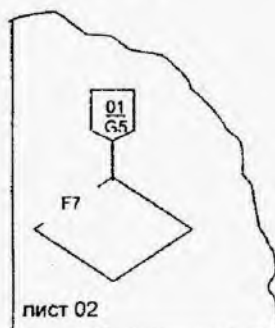
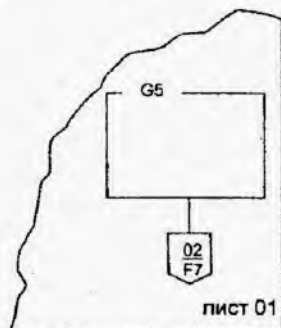


- При большой насыщенности схем линии потока допускается обрывать.

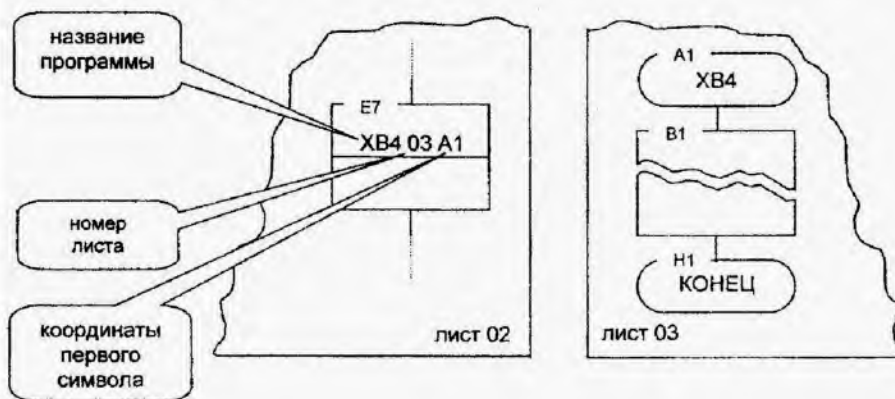
В случае, если оба места обрыва находятся на одном листе, -



В случае, если места обрыва находятся на разных листах, -



- Для детализации некоторой программы, представленной на схеме одним символом «Процесс», необходимо

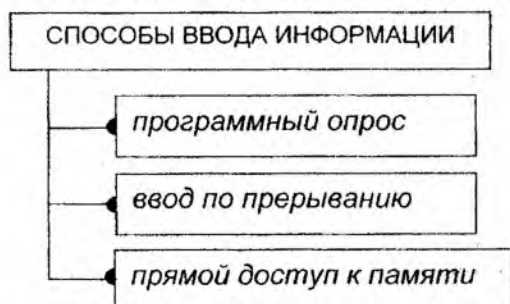


2.3 Особенности алгоритмов систем автоматизации

НАЛИЧИЕ БЕСКОНЕЧНОГО ПРОГРАММНОГО цикла



НЕОБХОДИМОСТЬ ВВОДА ИНФОРМАЦИИ С ДАТЧИКОВ И ИЗМЕРИТЕЛЕЙ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ



2.4 Программный опрос датчиков

Сущность:

Информация вводится в систему в момент выполнения команды опроса датчика, которая включена в основной программный цикл

Достоинство:

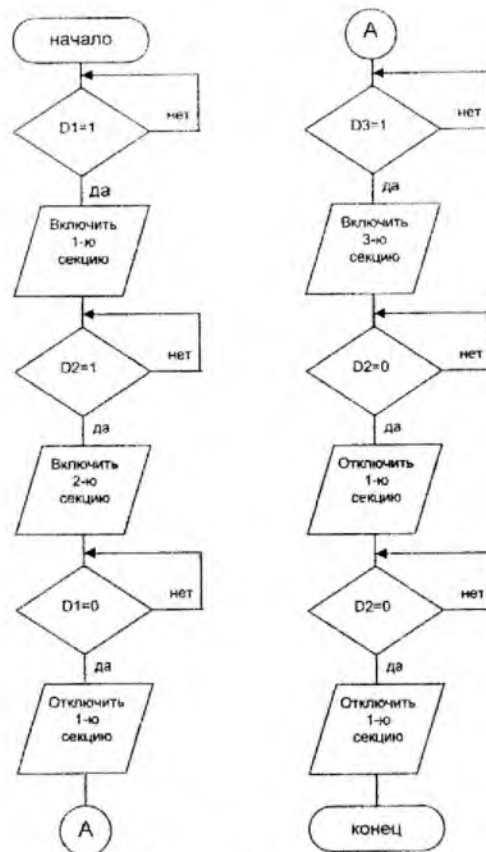
Простота

Недостаток:

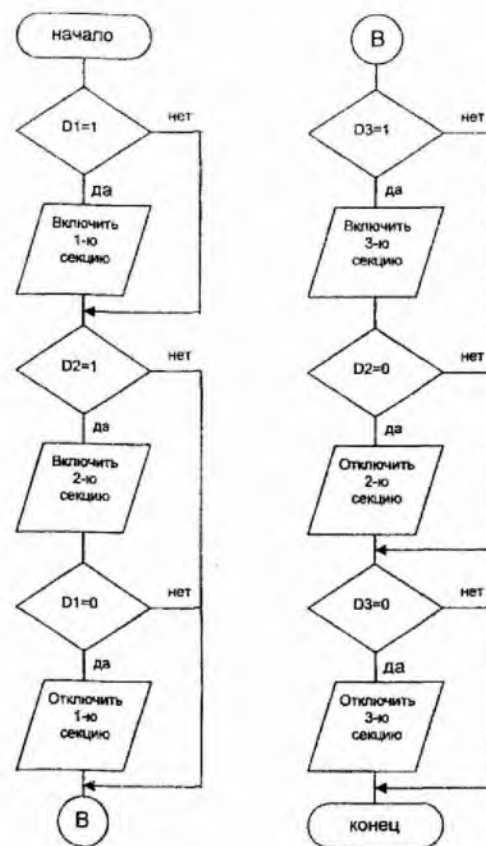
Наличие временной задержки между моментом срабатывания датчика и моментом обнаружения этого события системой



Решение 1. метод «Ожидания»



Решение 2. метод «Обегания цикла»



2.5 Ввод сигналов по прерыванию

Применяется:

- При необходимости немедленного реагирования на срабатывание датчика
- Если периодичность срабатывания датчика меньше времени программного цикла

Сущность прерывания:

В момент срабатывания датчика выполнение программы основного цикла приостанавливается на время выполнения отдельной программы обработки произошедшего прерывания

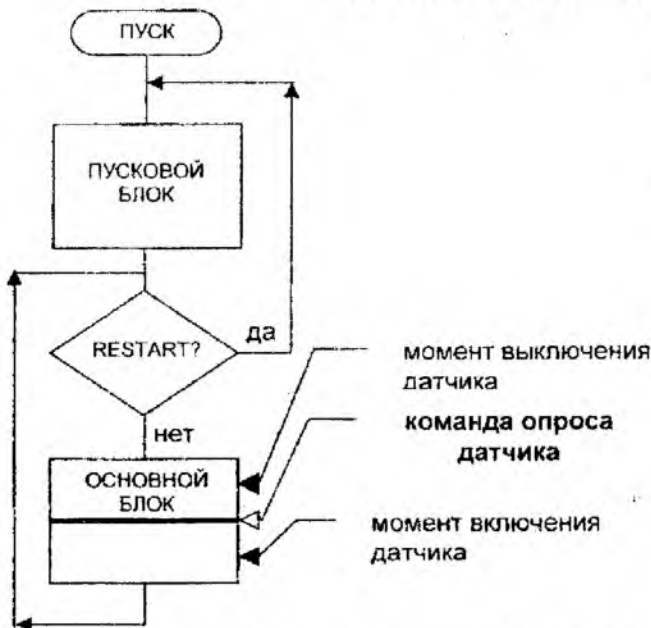


Схема обработки прерывания в случае более высокого приоритета 2-го датчика

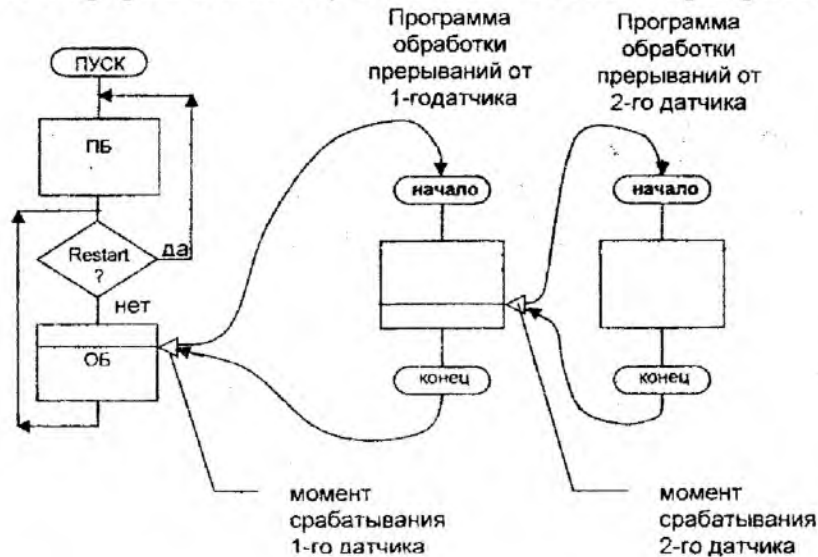


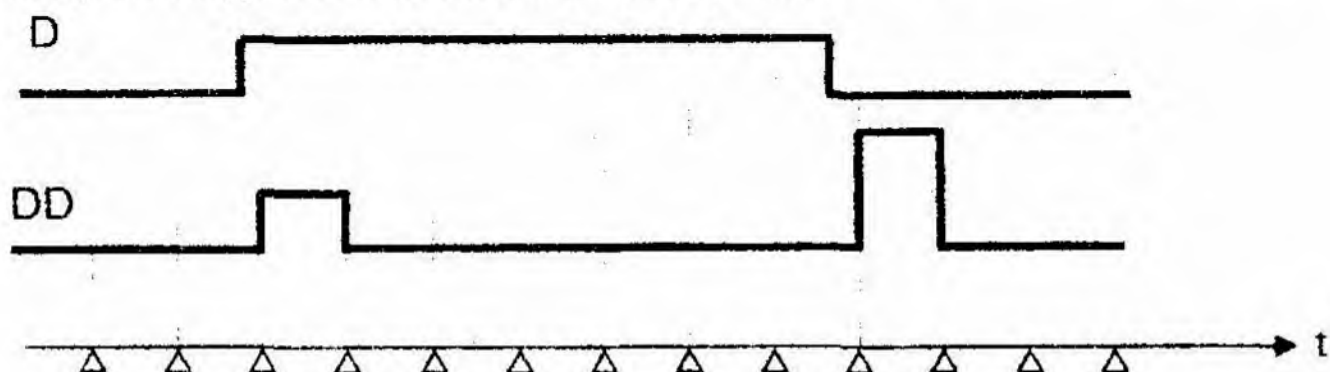
Схема обработки прерываний в случае более высокого приоритета 1-го датчика



2.6 Типовой алгоритм ввода сигналов от двухпозиционных датчиков

При вводе двухпозиционных сигналов в системы автоматизации наиболее часто интерес представляет не само значение сигнала, а момент перехода датчика из одного состояния в другое (фронт сигнала).

Сущность: Для выделения фронта двухпозиционных сигналов в алгоритмах АСУ ТП формируют специальный признак (DD), который находится во взведенном состоянии только в том программном цикле, в котором обнаружено изменения состояния датчика.



D – признак состояния датчика

DD – признак наличия фронта сигнала

$DD = 0$ – нет фронта

$DD = 1$ – передний фронт

$DD = 2$ задний фронт

SD – признак состояния датчика в предыдущем

АЛГОРИТМ ВЫДЕЛЕНИЯ ФРОНТОВ ДВУХПОЗИЦИОННОГО СИГНАЛА

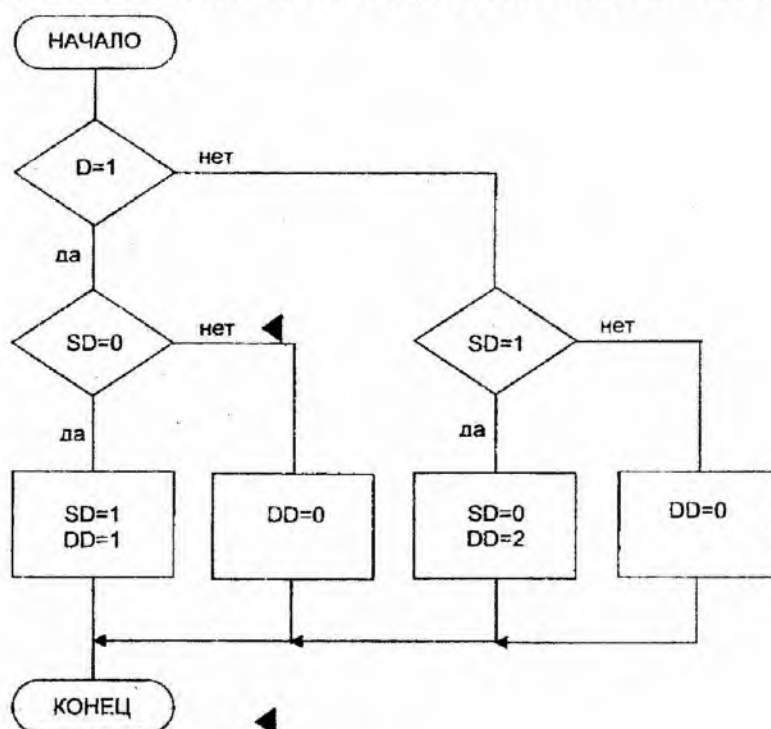


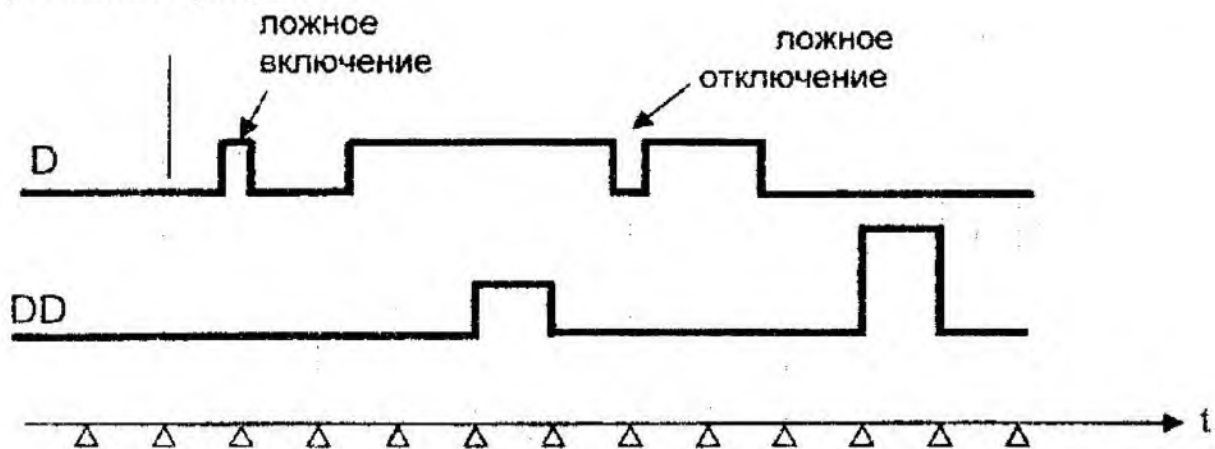
Таблица состояния признаков

№ цикла	D	SD	DD
0	0	0	0
1	0	0	0
2	1	1	1
3	1	1	0
4	1	1	0
5	1	1	0
6	1	1	0
7	0	0	2
8	0	0	0
9	0	0	0

2.7 Алгоритмические методы повышения надежности

АЛГОРИТМ ДВУКРАТНОГО ВВОДА СИГНАЛОВ ДВУХПОЗИЦИОННОГО ДАТЧИКА

Сущность: Решение о наличии фронта сигнала принимается в системе при условии, что датчик перешел в новое состояние и остается в нем в течение двух циклов программы.



D – признак состояния датчика

DD – признак наличия фронта сигнала

DD = 0 – нет фронта

DD = 1 – передний фронт

DD = 2 задний фронт

SD – признак состояния датчика в предыдущем

PD1 – признак наличия переднего фронта в предыдущем цикле

PD2 – признак наличия заднего фронта в предыдущем цикле

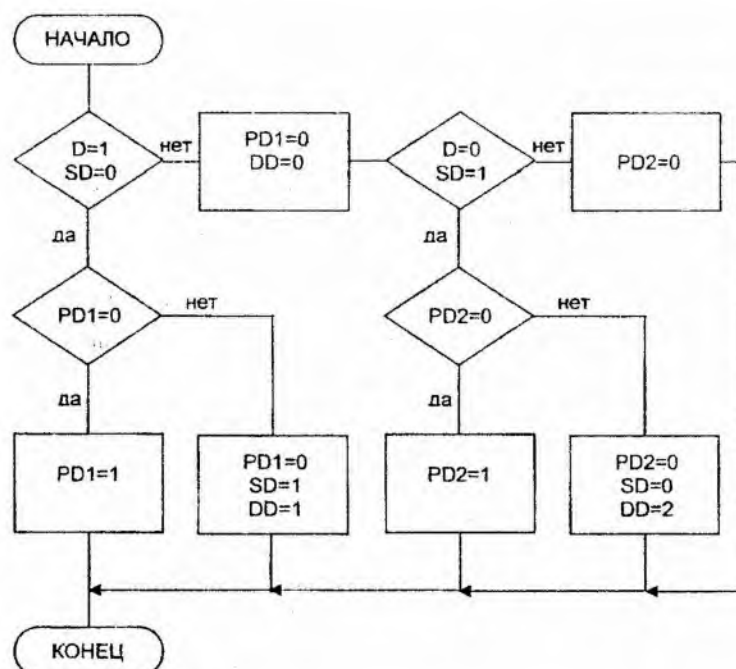
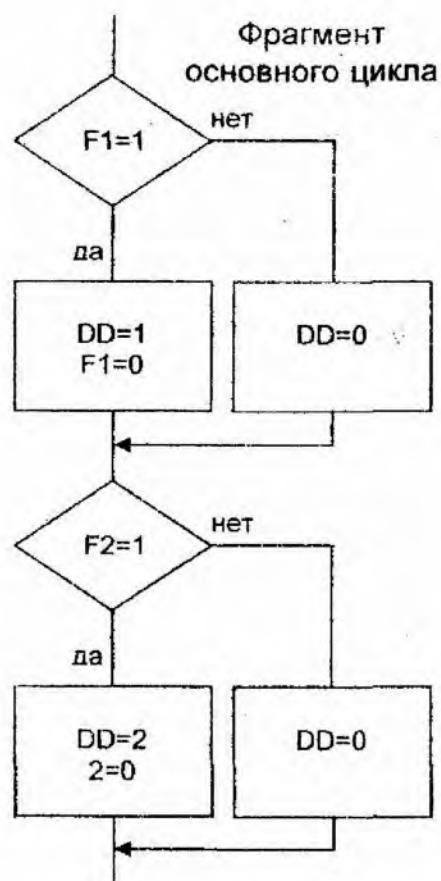
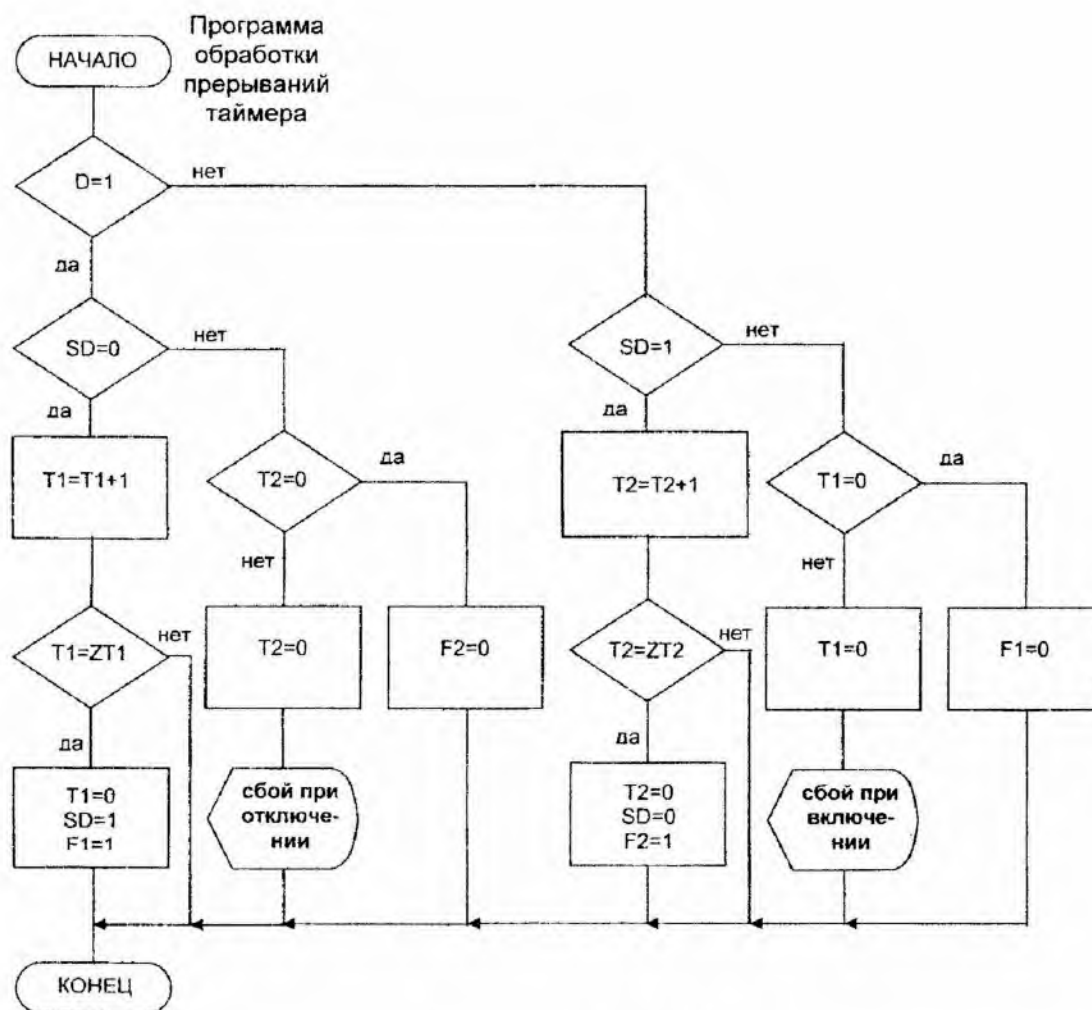


Таблица состояния признаков

№ цикла	D	SD	PD1	PD2	DD
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0
2	1	0	1	0	0
3	0	0	0	0	0
4	1	0	1	0	0
5	1	1	0	0	1
6	1	1	0	0	0
7	0	1	0	1	0
8	1	1	0	0	0
9	0	1	0	1	0
10	0	0	0	0	2
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0

ВВОД СИГНАЛОВ ДВУХПОЗИЦИОННОГО ДАТЧИКА С ВРЕМЕННОЙ ЗАДЕРЖКОЙ

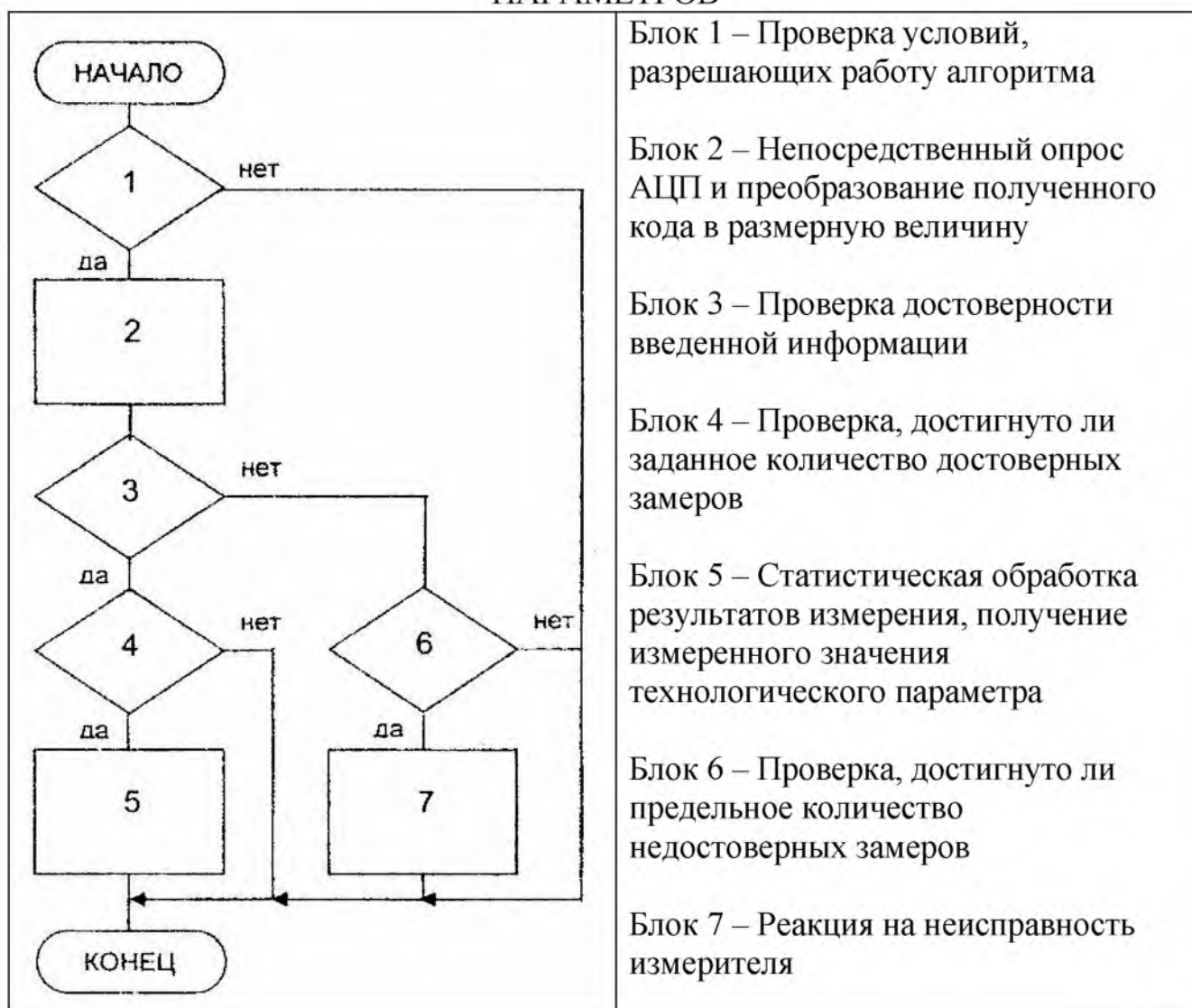
Сущность: Решение о наличии фронта сигнала принимается в системе при условии, что датчик перешел в новое состояние и остается в нем в течение заданного временного интервала, ни разу не возвращаясь в исходное.



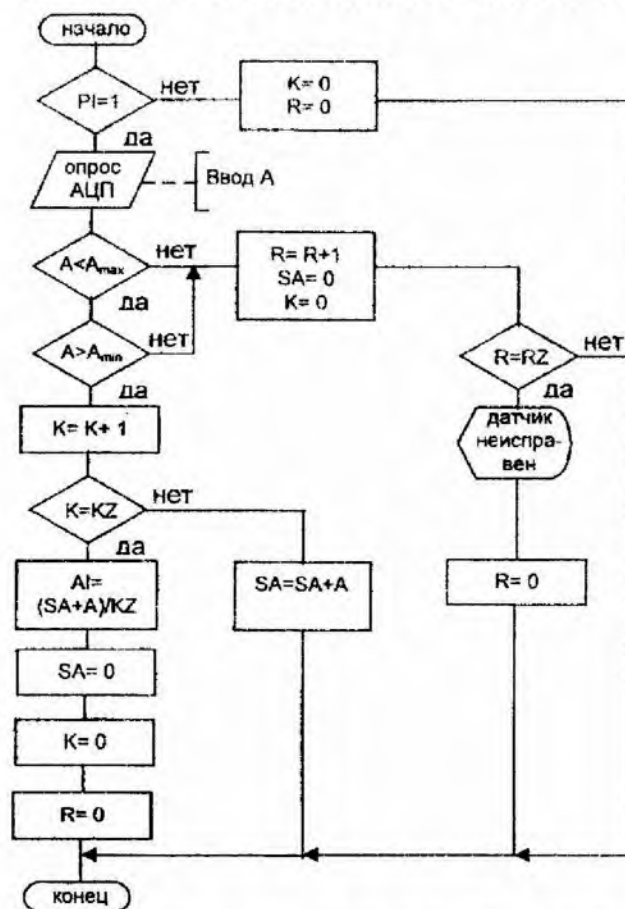
2.8 Алгоритмы систем автоматического регулирования



ТИПОВОЙ АЛГОРИТМ ОПРОСА ИЗМЕРИТЕЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ



ВОЗМОЖНЫЙ ВАРИАНТ АЛГОРИТМА ОПРОСА ИЗМЕРИТЕЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ



A – значение измеряемого параметра
 A_{\max} , A_{\min} – предельные значения A

Al – измеренное значение A

SA – сумма значений A

Pl – признак разрешения опроса измерителя

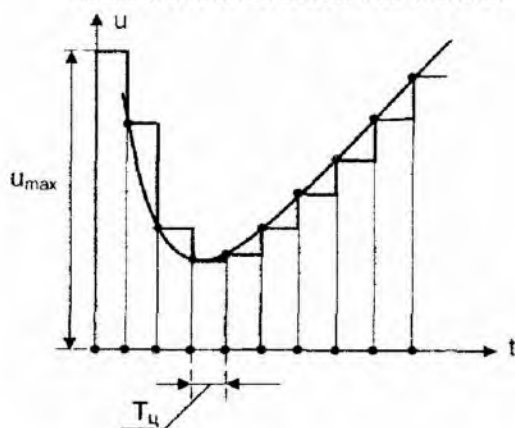
K – текущее количество достоверных замеров

KZ – заданное количество достоверных замеров

R – текущее количество недостоверных замеров

RZ – предельное количество недостоверных замеров

АЛГОРИТМ ВЫРАБОТКИ УПРАВЛЯЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ



При реализации системы на УВМ расчет регулирующего воздействия осуществляется в дискретные моменты времени (один раз в каждом цикле программы)

Условие получения квазинепрерывной системы

$$T_{\Pi} \leq \frac{2 \cdot \pi}{3 \cdot \omega_c}$$

ω_c – частота среза системы

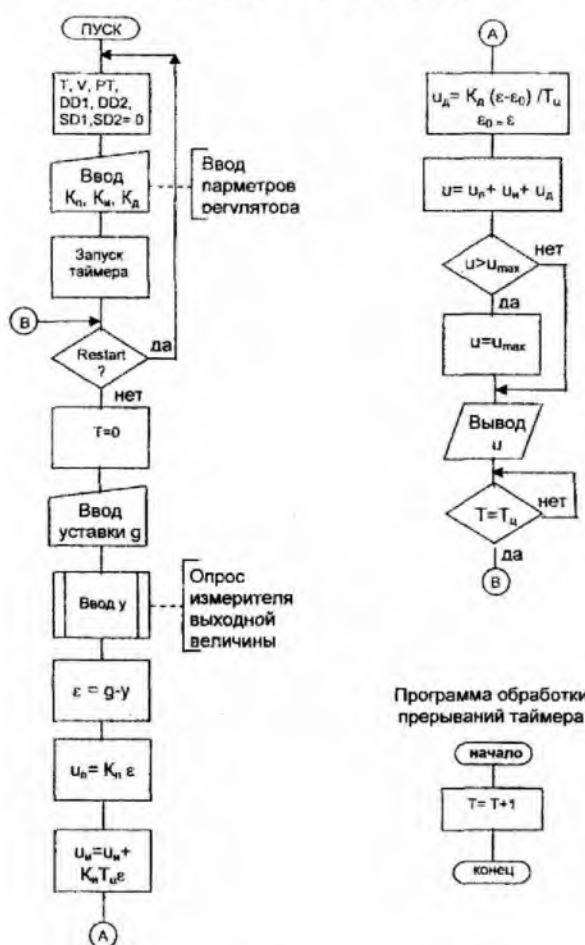
ПИД-закон регулирования в непрерывной форме записи

$$u(t) = K_n \cdot \varepsilon(t) + K_{\Pi} \int_0^t \varepsilon(t) dt + K_d \frac{d\varepsilon(t)}{dt}$$

ПИД-закон регулирования в дискретной форме записи

$$u(r) = K_n \cdot \varepsilon(r) + K_{\Pi} \cdot T_{\Pi} \cdot \sum_{i=1}^r \varepsilon(i) + K_d \cdot \frac{1}{T_{\Pi}} [\varepsilon(r) - \varepsilon(r-1)]$$

ВАРИАНТ АЛГОРИТМА, РЕАЛИЗУЮЩЕГО ОДИН КОНТУР РЕГУЛИРОВАНИЯ



2.9 Описание алгоритма управления положением электродов рафинировочной печи СКБ-6063

Электродпечь СКБ-6063 предназначена для выплавки различных флюсов, используемых при сварке и электрошлаковом переплаве.

Выплавка флюсов заключается в сплавлении компонентов шихты с последующим нагревом полученного жидкого флюса до температуры

1350÷1700°C, в зависимости от марки флюса. Печь СКБ-6063 является дуговой трёхфазной электропечью закрытого типа с круглой ванной и расположением электродов по вершинам равностороннего треугольника. Регулировка электрического режима (автоматическая или ручная) выполняется по току.

Основным назначением АСУ перепуском электродов является автоматическое управление ходом технологического процесса выплавки флюса. Проектируемая система обеспечивает:

- поддержание и контроль хода технологического процесса;
- увеличение производительности установки за счет поддержания требуемой длины дуги;
- снижение затрат электроэнергии при переходе на режим “короткой” дуги;
- изменение с заданной скоростью положения электродов за счет использования регулируемого гидравлического цилиндра;
- предотвращение возникновения аварийных ситуаций.

Схема алгоритма управления положением всех трех электродов представлена на рис 8. Так как система управления положением электродов состоит из трех независимых подсистем управления каждым электродом, то рассмотрим алгоритм на примере управления положением электрода А. По нажатии кнопки К1 ($K1=1$) на пульте управления (Блок 2) начинается процесс нагрева расплава. Происходит выработка управляющего сигнала $\mathcal{E}_a=1$, который передается на регулятор гидроцилиндра, через модуль аналогового вывода на исполнительный механизм и электрод опускаются вниз (Блок 3). Опускание электрода А будет продолжаться до тех пор, пока он не коснется расплава. Признаком касания расплава электродом, является выполнение условия $J_a > J_{\max}$ (Блок 4), т.е возникает ток короткого замыкания. В случае выполнения условия происходит выработка управляющего сигнала $\mathcal{E}_a=2$, который передается на исполнительный механизм и электрод подымается вверх. Происходит зажигание дуги.

Происходит постоянный опрос на наличие сигнала $K=1$ от кнопки на пульте оператора (Блок 6). Если $K=1$, то процесс плавки продолжается. В случае, если значение тока дуги находится в диапазоне $J_{\min} < J_A$ (Блок 7), то вырабатывается управляющий сигнал $\mathcal{E}_a=0$ на запрет перемещения электрода (Блок 8). Вернемся к блоку 7. Если условие $J_{\min} < J_A$ не выполняется, то это означает, что сила тока дуги ниже нижнего предела зоны нечувствительности. Вырабатывается управляющий сигнал $\mathcal{E}_a=1$ на опускание электрода. При выключении кнопки К1, появляется управляющий сигнал $K=0$, означающий окончание плавки. На электроды подается управляющий сигнал $\mathcal{E}_a=3$; $\mathcal{E}_b=3$; $\mathcal{E}_c=3$ и электроды перемещаются в исходное положение (Блок 24).

Аналогичным образом организован алгоритм работы остальных двух электродов.

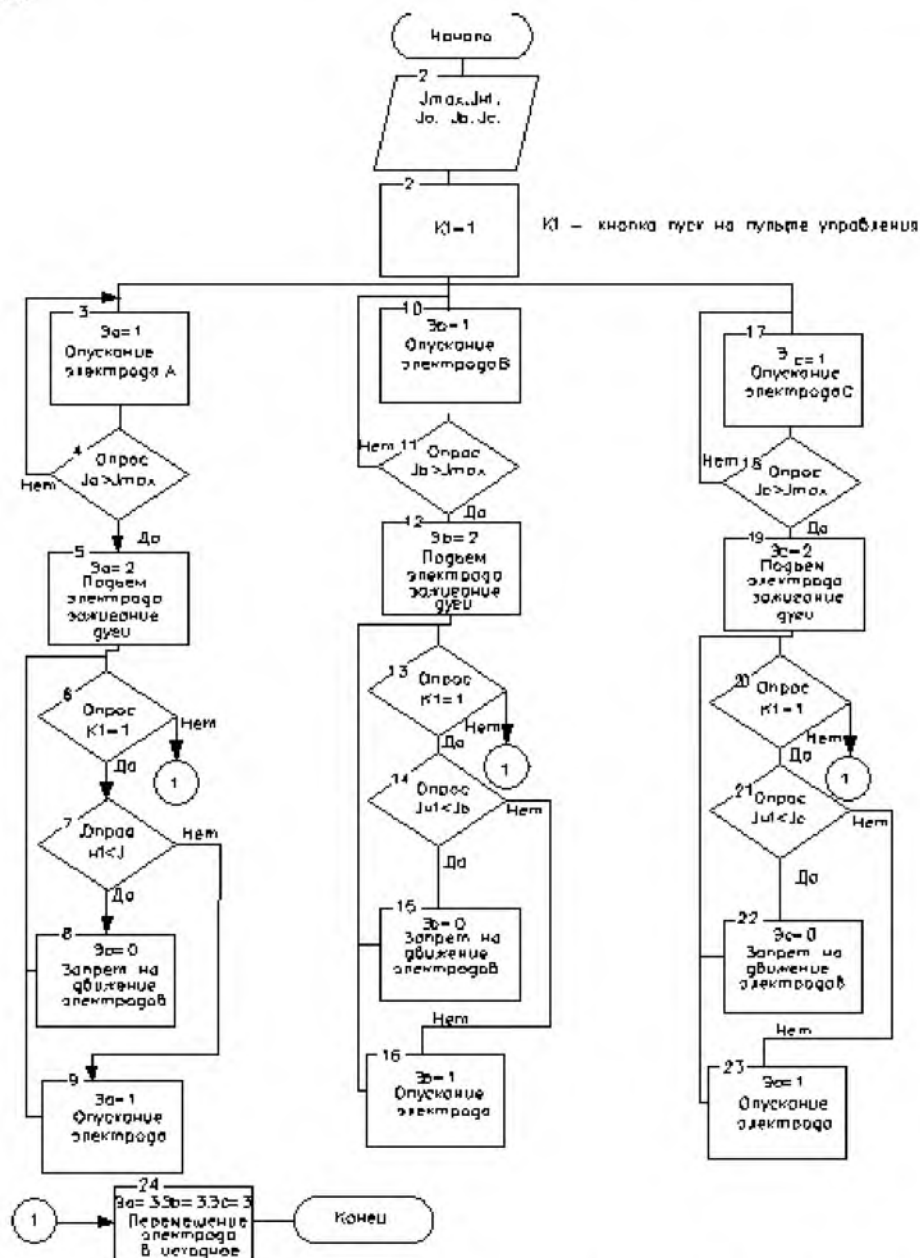


Рис. 9. Блок-схема алгоритма управления положением электродов рафинировочной печи СКБ-6063 для выплавки ферросплавов силикотермическим способом

Контрольные вопросы

1. Дайте определение термина алгоритм?
2. Каковы требования к алгоритмам?
3. Приведите типичные элементы блок-схем и их назначение?
4. Сформулируйте основные правила составления блок-схем?
5. Каковы особенности алгоритмов систем автоматизации?
6. В чем суть типового алгоритма опроса измерителя технологических параметров?

7. Сформулируйте основное назначение АСУ перепуском электродов?

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1 РОБОТА НА МОДЕЛІ-ТРЕНАЖЕРІ ПУЛЬТ УПРАВЛІННЯ ДУГОВОЇ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЇ ПЕЧІ

Мета роботи:

Выплавить металл-полупродукт заданного химического состава за заданное время, управляя процессом с виртуального пульта управления дуговой электросталеплавильной печи программой среды Steeluniversity

ПОРЯДОК І ХІД ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Steeluniversity.org - это **бесплатный**, отмеченный наградами интернет-проект, разработанный International Iron and Steel Institute (Международным Институтом Чугуна и Стали). В рамках проекта предлагается полный пакет интерактивных, информативных, интегрированных и отвечающих современным требованиям ресурсов электронного обучения металлургическим технологиям, охватывающих все аспекты производства - от производства чугуна и выплавки стали до получения металлопродукции, ее применения и утилизации.

Steeluniversity.org предоставляет возможность изучения и применения основных научных, металлургических и инженерных принципов, термодинамики и кинетики, которые являются основополагающими для производства и использования стали. Центр проекта - это серия реалистичных, **игровых моделей** основных металлургических процессов.

Этот сайт предназначен для студентов, аспирантов, их преподавателей, лекторов и профессоров, а также для работников (как правило, с высшим образованием) компаний, имеющих отношение к металлургической промышленности, а также их руководителей. Некоторые модели подходят для использования старшеклассниками.

При работе с моделью **Дуговая сталеплавильная печь** студент выступает в роли инженера-металлурга, ответственного за эксплуатацию ЭДП. Основная задача: отобрать нужный лом и переплавить его в ЭДП, получив целевой состав выбранной марки стали, затем выпустить плавку с учетом пределов по **времени и температуре**, управляя при этом основными технологическими параметрами электродуговой плавки. Для выполнения этой работы студент должен **уметь**:

Назвать и объяснить функции основных элементов электродуговой печи

Описать типовой режим мощности печи при загрузке 2-х корзин лома

Перечислить различные типы стального лома

Дать основные соображения по загрузке корзин лома

Объяснить преимущества вспенивания шлака, и как оно достигается

Описать важные химические реакции, происходящие на этапе рафинирования

Объяснить стратегии предотвращения выхода легирующих

Смоделировать процесс ЭДП - отобрать, расплавить и переплавить лом, чтобы достичь целевой состав и температуру

Порядок выполнения работы

1. На сайте Steeluniversity.org загрузить модель **Дуговая сталеплавильная печь**

2. Выполнить основные этапы работы:

1. Выбор **марки стали** в соответствии с номером варианта и смешивание различных видов металлолома таким образом, чтобы получить целевой состав

2. Загрузка выбранных материалов в **корзины (бадьи)**

3. Завалка, расплавление и рафинирование в **электродуговой печи**

Завалка лома в печь при помощи корзин

Нагрев и расплавление лома

Добавление легирующих и шлакообразующих смесей

Вдувание углеродсодержащих материалов и кислорода для вспенивания шлака

Контроль над оборудованием

Выпуск металла

3. Сформулировать выводы по работе

4. Оформить отчет

Варианты заданий

Вариант №1

Конструкционная сталь общего назначения – это достаточно нетребовательная марка, требующая минимальной обработки, поэтому она рекомендуется для новичков. Вашей основной целью здесь будет являться обеспечение необходимых уровней легирующих добавок.

Вариант №2

Сверхнизкоуглеродистая сталь TiNb для кузовных автомобильных частей с содержанием углерода ниже 0.0035 %C для максимальной штампуемости. Вашей основной целью здесь будет являться выбор сырьевых материалов с

относительно низким содержанием углерода, так как его нужно будет удалять в ходе последующей внепечной обработки.

Вариант №3

Трубопроводная сталь для систем газоснабжения – это очень требовательная марка, так как для такого сочетания высокой прочности и высокой вязкости при разрушении необходим очень низкий уровень примесей (S, P, H, O и N). Мы рекомендуем эту марку для опытных пользователей.

Вариант №4

Машиностроительная сталь – это низколегированная сталь, подвергаемая термообработке. Она содержит значительное количество Cr и Mo.

Учтите, что целевой состав для различных марок стали в этой модели соответствует параметрам, необходимым для дальнейшей внепечной обработки. Учтите, что эти значения **не эквивалентны** окончательному химсоставу стали перед разливкой.

Таблица 1 Целевой состав для четырех марок стали, используемых в модели ЭДП

	Конструкци- онная сталь		Сверхнизко- углеродистая сталь TiNb		Трубопро- водная сталь		Машиностро- ительная сталь	
	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.
C	0.10	0.130	0.05	0.10	0.040	0.060	0.30	0.45
Si	0.10	0.50	0.15	0.50	0.10	0.30		0.50
Mn	1.00	1.50	0.65	1.20	0.90	1.30	0.60	1.20
P		0.025	0.055	0.075		0.008		0.035
S		0.10		0.050		0.010		0.080
Cr		0.10		0.050		0.060		1.2
Al				0.055		0.035		0.030
B		0.0005		0.005		0.005		0.005
Cu		0.15		0.080		0.060		0.35
Ni		0.15		0.080		0.050		0.30
Nb		0.050		0.030		0.018		
Ti		0.010		0.035		0.010		
V		0.010				0.010		0.010
Mo		0.040		0.010		0.010		0.30

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

РОБОТА НА МОДЕЛІ-ТРЕНАЖЕРІ ПУЛЬТ УПРАВЛІННЯ АГРЕГАТАМИ ПОЗАПІЧНОЇ ОБРОБКИ ЕЛЕКТРОСТАЛІ

Мета роботи:

Путем внепечной обработки из металла-полупродукта получить сталь заданного качества за заданное время со строго регламентированной температурой, управляя агрегатами внепечной обработки стали с виртуального пульта управления участка внепечной обработки программной среды Steeluniversity

ПОРЯДОК І ХІД ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

При работе с моделью **Внепечная обработка** студент выступает в роли инженера-металлурга, ответственного за внепечную обработку. Основная задача: выпустив металл-полупродукт из сталеплавильного агрегата получить сталь заданного качества за заданное время со строго регламентированной температурой при минимальных экономических затратах, управляя при этом основными технологическими параметрами внепечной обработки. Для выполнения этой работы студент должен **уметь**:

Объяснить общее назначение внепечной обработки.

Описать оборудование и процессы, используемые при внепечной обработке.

Смоделировать цех внепечной обработки, применив основные термодинамические и кинетические принципы.

Порядок выполнения работы

1. На сайте Steeluniversity.org загрузить модель **Внепечная обработка**
2. Выполнить основные этапы работы:
 1. Выбор **марки стали** в соответствии с номером варианта
 2. Планирование технологического процесса (выбор агрегатов внепечной обработки и технологической последовательности)
 3. Непосредственной внепечная обработка
 - Добавление легирующих и шлакообразующих смесей
 - Подвод энергии
 - Контроль над оборудованием
 - Разливка металла
3. Сформулировать выводы по работе
4. Оформить отчет

Варіанти завдань

Вариант №1

Конструкционная сталь общего назначения – это достаточно нетребовательная марка, требующая минимальной обработки, поэтому она рекомендуется для новичков. Вашей основной целью здесь будет являться обеспечение необходимых уровней легирующих добавок.

Вариант №2

Сверхнизкоуглеродистая сталь TiNb для кузовных автомобильных частей с содержанием углерода ниже 0.0035 %C для максимальной штампуемости. Вашей основной целью здесь будет являться выбор сырьевых материалов с относительно низким содержанием углерода, так как его нужно будет удалять в ходе последующей выпечной обработки.

Вариант №3

Трубопроводная сталь для систем газоснабжения – это очень требовательная марка, так как для такого сочетания высокой прочности и высокой вязкости при разрушении необходим очень низкий уровень примесей (S, P, H, O и N). Мы рекомендуем эту марку для опытных пользователей.

Вариант №4

Машиностроительная сталь – это низколегированная сталь, подвергаемая термообработке. Она содержит значительное количество Cr и Mo.

Учтите, что целевой состав для различных марок стали в этой модели соответствует параметрам, необходимым для дальнейшей выпечной обработки. Учтите, что эти значения **не эквивалентны** окончательному химсоставу стали перед разливкой.

Таблица 2 Целевой состав для четырех марок стали, используемых в модели выпечная обработка

	Конструкционная сталь	Сверхнизкоугле- родистая сталь TiNb для кузовных деталей автомобилей	Трубопроводная сталь	Сталь для машиностроения
C	0.1450	0.0030	0.0700	0.4150
Si	0.2000	0.2100	0.1800	0.4000
Mn	1.4000	0.7500	1.0500	0.7500
P	<0.0250	0.0650	<0.0120	0.0350
S	<0.0200	<0.0120	<0.0030	0.0350
Cr	<0.1000	<0.0500	<0.0600	1.0500
Al	0.0350	0.0450	0.0300	0.0225
B	<0.0005	0.0030	<0.0050	0.0050
Ni	<0.1500	<0.0800	<0.0500	0.3000
Nb	0.0500	0.0200	0.0150	0.0000
Ti	<0.0100	0.0300	<0.0100	0.0000
V	<0.0100	-	<0.0100	0.0100
Mo	<0.0400	<0.0100	<0.0100	0.2250
As	-	<0.0010	-	0.0000
Ca	-	-	<0.0050	0.0000
N	<0.0050	<0.0040	<0.0045	0.0050
H	<0.0005	<0.0005	<0.0002	0.0002
O	<0.0010	<0.0005	<0.0007	0.0005

ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Мета і завдання контрольної роботи

Основна мета контрольної роботи полягає у набутті студентами знань типових елементів блок-схем та їх використання, основних правил складання блок-схем. призначення, мети та функції АСУ ТП, різновидності АСУ ТП, склад основні компонентів АСУ ТП та вмінь розробки структурних схем алгоритмів управління електрометалургійними агрегатами з метою забезпечення оптимальних технологічних режимів.

Для досягнення цієї мети розроблені індивідуальні завдання, виконуючи які студент розробляє алгоритм управління технологічним процесом електрометалургійного агрегату.

Порядок оформлення контрольних робіт

1. Контрольна робота оформлюється в окремому зошиті і повинна містити наступні необхідні елементи:
2. Стислі теоретичні відомості щодо класифікації систем управління і регулювання, особливостей електрометалургійних процесів як об'єктів автоматичного управління і регулювання, типових елементів блок-схем та їх використання, основні правила складання блок-схем.
3. Стислий опис об'єкту управління.
4. Розв'язання індивідуального завдання щодо розроблення блок-схеми алгоритму управління технологічними параметрами електрометалургійним агрегатом (у відповідності з номером варіанту).
5. Номер варіанту індивідуального завдання призначає викладач.

Варіанти індивідуальних завдань

Варіант 1

Розробити структурну схему алгоритму управління положенням електродів установки ківш-піч

Варіант 2

Розробити структурну схему алгоритму управління електричним режимом дугової сталеплавильної печі ДСП-100 в період плавлення шихти

Варіант 3

Розробити структурну схему алгоритму управління тепловим режимом дугової сталеплавильної печі ДСП-100 при переплавці окатишів

Варіант 4

Розробити структурну схему алгоритму управління електричним режимом дугової сталеплавильної печі ДСП-100 під час відновлювального періоду.

Варіант 5

Розробити структурну схему алгоритму управління положенням електродів рафінувальної електропечі РКО-7,0 при виплавці металічного марганцю

Варіант 6

Розробити структурну схему алгоритму розрахунку теплового режиму установки ківш-піч

Варіант 7

Розробити структурну схему алгоритму оптимізації енергетичного режиму печі ДСП-180

Варіант 8

Розробити структурну схему алгоритму управління положенням електродів шестиелектродної рудовідновлювальної печі РПЗ-63 при виплавці феросилікомарганцю МнС17

Варіант 9

Розробити структурну схему алгоритму управління положенням електродів рудовідновлювальної печі РКГ-75 при виплавці високовуглецевого феромарганцю

Варіант 10

Розробити структурну схему алгоритму розрахунку необхідної кількості феросплавів при обробці на установці ківш-піч для забезпечення заданого хімічного складу металу

ЛІТЕРАТУРА

1. Проектирование и оборудование электросталеплавильных цехов: Учебник [для студентов высших учебных заведений] / В. А. Гладких, М. И. Гасик, А. Н. Овчарук, Ю. С. Пройдак. – Днепропетровск: Системные технологии, 2004. - 736 с.
2. Гасик М.И., Лякишев Н.П. Теория и технология электрометаллургии ферросплавов. Учебник. – М.: СП Интермет-Инжиниринг. 1999. – 764 с.
3. А.И. Панченко, А.С. Сальников, Л.Н. Скрипка, А.В. Жаданос, М.И. Гасик. Математическая модель управления корректировкой химического состава подшипниковой электростали на установке ковш-печь // Metallургическая и горнорудная промышленность – 2010, №6 – с. 31-36.
4. Жаданос А.В., Кукушкин О.Н., Гасик М.И. Разработка автоматизированной информационной системы агрегата ковш-печь для прогнозирования содержания легирующих элементов в конструкционной стали // Системные технологии – 2010, №1 – с. 12-20.
5. Пирожников В.Е., Каблуковский А.Ф. Автоматизация контроля и управления электросталеплавильными установками. - М.: Metallургия, 1974 - 208 с.
6. Пирожников В.Е. Автоматизация электросталеплавильного производства. - М.: Metallургия, 1985 - 184 с.
7. Анализ сложных систем: Учебное пособие / С.В. Бейцун, О.Н. Кукушкин, А.В. Жаданос, Д.А. Рубцов. - Днепропетровск: ГИПОпром, 2007. - 68 с.
8. Потап О.Е., Бейцун С.В., Лебедь В.В. Автоматизированное проектирование информационных и управляющих систем: Учебное пособие. - Днепропетровск, НМетАУ, 2002. - 108 с.
9. Проектирование и оборудование электросталеплавильных и ферросплавных цехов: / В.А. Гладких, М.И. Гасик, А.Н. Овчарук, Ю.С. Пройдак. - Днепропетровск: Системные технологии, 2004. - 736 с.
10. Бабичев А.К., Старосоцкий А.В., Керейник Ю.Ф. Комплексная АСУ ТП сталеплавильного производства и современные требования к оборудованию для выплавки, внепечной обработки и разлива стали // Metallургическая и горнорудная промышленность. - 2002. - №10. - С. 10-11.
11. Хебенрайх Л., Оберманн В., Ангермайер Б. Новые концепции для новых требований к автоматизации сталеплавильных цехов // Черные металлы. - июнь 2004. - С. 31-35.
12. Четвертных В.В., Яхнис М.А., Морозов Г.И. Система управления установкой печь-ковш // Сталь. - 2006. - №6. - С. 33-36.
13. Романо М., Зоччи Г. Установки ковш-печь на заводах с полным metallургическим циклом // Электрометаллургия. - 2004. - №3. - С. 24-26.
14. Ангермайер Б., Хофингер С., Хубмер Р. Системы автоматизации для внепечной обработки стали // Сталь. - 2006. - №5. - С. 63-65.
15. Агапитов Е.Б., Корнилов Г.П., Храмшин Т.Р. и др. Управление тепловым и электрическим режимами агрегата ковш-печь // Электрометаллургия. - 2006. - №6.

16. Автоматизация металлургических производств. Версия 1.0 [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / В.А. Осипова, Т.В. Астахова, А.А. Дружинина, И.И. Лапаев. – Электрон. дан. (2 Мб). – Красноярск : ИПК - СФУ, 2008.
17. <http://www.steeluniversity.org>