МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. М.О.АУЕЗОВА
КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦИИ, КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ

Инков А.М.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТИПОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Конспект лекции для студентов специальности
36.01.40 и 36.02.40 по теме **Схемы автоматизации типовых технологических процессов**
Часть 1

ШЫМКЕНТ 2007

УДК 66-52:66(075)
ББК 6П7.1

Инков А.М. Автоматизация типовых технологических процессов. Конспект лекции для студентов специальности 36.01.40 и 36.02.40 **Часть 1** Шымкент, Южно-Казахстанский Государственный Университет (ЮКГУ). 2007 г. – 45 стр.

В конспекте приведен материал по теме « по теме Схемы автоматизации типовых технологических процессов.», приведены примеры использования типовых решений

Рецензенты:
д.т.н., профессор кафедры ПАОС ЮКГУ Ескендиров Ш.З.

к.т.н., доцент Казахско-турецкого университета им. А.Ясауви
Каланов С.М.

Рассмотрены и рекомендованы к печати научно - методическим центром ЮКГУ, протокол № __ от __ __ 200__ г.

© Южно-Казахстанский Государственный Университет (ЮКГУ), 2007 г.

© Инков А.М., 2007 г.

Содержание

Стр

Введаение. 4
Системы автоматического регулирования типовых химико-технологических процессов 4
Объекты управления и их основные свойства 4
Емкость 5
Нагрузка 5
Самовыравнивание 5
Запаздывание 7
1 Типовые САР гидродинамическими объектами 8
2 Регулирование расхода методом дросселирования потока в байпасном трубопроводе 9
3 Смешение жидкостей 9
4 Регулирование процесса перемешивания в трубопроводе 11
5 Автоматизация тепловых процессов 11
6 Автоматизация теплообменников 11
6.1 Регулирование теплообменников смешения 11
7 Автоматизация трубчатых печей 13
7.1 Каскадная САР. 14
7.1 САР с регулятором соотношения 14
9 Автоматизация массообменных процессов 16
10 Автоматизация процесса абсорбции 16
11 Автоматизация процесса ректификации 18
12 Автоматизация процесса сушки 19
12.1 Автоматизация барабанной сушилки 20
13 Кислородно-конвертерный процесс 22
13.1 ККП как объект управления 22
13.3 Системы контроля, применяемые на ККП 27
13.4 Цели и структура АСУ 30
14 Мартеновское производство 33
14.1 Процесс как объект управления 33
15 Производства стали на МНЛЗ 35
15.2Описание 4-ручьевой МНЛЗ ККЦ ОАО «НТМК» для круглых заготовок 37
Основная рекомендуемая литература 39

Введаение.

Системы автоматического регулирования типовых химико-технологических процессов

Несмотря не огромное разнообразие технологических процессов химической промышленности , все они состоят из отдельных технологических операций , каждую из которых можно отнести к одной из следующих групп типовых процессов:

1. механические,
2. гидродинамические,
3. тепловые,
4. массообменные,
5. химические (реакторные),
6. термодинамические.

В основе процессов каждой группы лежат общие физико-химические закономерности , что предопределяет значительное сходство их свойств как объектов автоматизации. Благодаря этому оказывается возможной разработка типовых схем автоматизации для объектов каждой группы.

Однако , одного технологического признака недостаточно для типизации объектов автоматизации , т.к. процессы одной группы могут иметь различное аппаратурное оформление (например, сушка в барабанной сушилке или в сушилке с кипящим слоем) и , как объекты автоматизации , существенно различаться по своим свойствам.

Следовательно, только сочетание двух признаков - типа технологического процесса и типа аппарата , в котором этот процесс осуществляется , полностью определяет типовой объект автоматического регулирования в химическом производстве.

Для каждого типового объекта можно разработать один или несколько вариантов систем автоматизации.

Объекты управления и их основные свойства

Объект управления является основной составной частью автоматической системы , определяющий ее характер. При всем разнообразии объектов управления они могут быть распределены на небольшое число типов , обладающих аналогичными динамическими характеристиками и характеризующихся следующими свойствами : **нагрузкой, емкостью ,способностью к самовыравниванию, запаздыванием процесса.**

Емкость

Способность объектов аккумулировать рабочую среду , запасать ее внутри объекта называется аккумулирующей способностью или емкостью объекта.Накопление вещества или энергии возможно благодаря тому , что в каждом объекте имеется сопротивление выходу.

Объекты управления подразделяются на одноемкостные и многоемкостные. Объект называется одноемкостным если он состоит из одного сопротивления и емкости (аппарат в котором регулируется уровень , теплообменник смещения).

Многоемкостным объектом называется такой , который имеет две или более емкости, участвующие в процессе управления и разделенные переходными сопротивлениями (трубчатый теплообменник). В многоемкостных объектах различают емкости на входе и выходе.

Мерой емкости служит **коэффициент емкости**- количество вещества или энергии , которое нужно подвести к объекту , чтобы изменить управляемую величину на единицу :

$$C = \Delta Q \frac{dt}{dy}$$, где

ΔQ- разность между притоком и расходом вещества или энергии, Y- управляемый параметр, t- время.

Чем больше коэффициент емкости объекта , тем меньше скорость изменения управляемого параметра при одном и том же изменении количества подаваемого продукта. А это значит , что легче поддаются управлению те объекты , коэффициент емкости которых больше.

Нагрузка

Нагрузка -количество вещества или энергии , отбираемых из объекта для производственных нужд. Изменение нагрузки является сильным возмущающим воздействием. Чем чаще и в больших масштабах изменяется нагрузка тем сложнее управлять объектом.

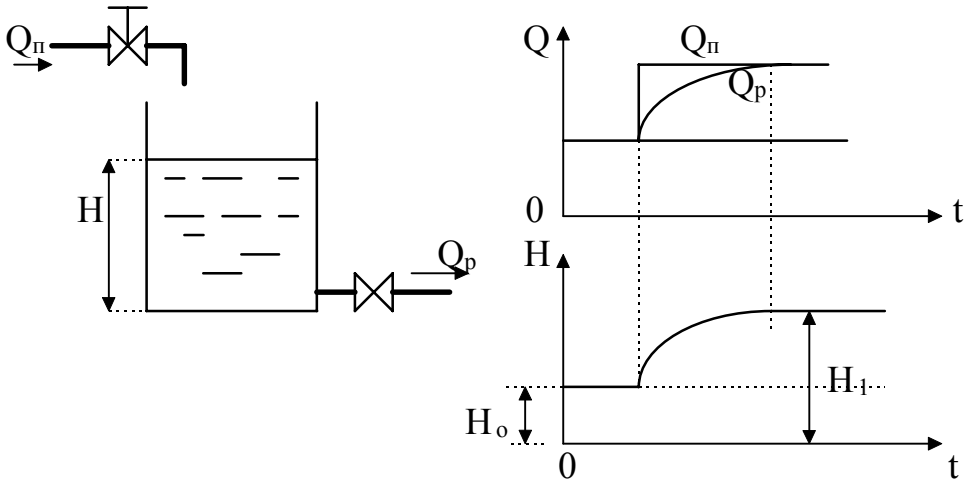
Самовыравнивание .

Способность объекта приходить после возмущения в новое установившееся состояние без вмешательства управляющего устройства называется самовыравниванием объекта.

Объекты обладающие самовыравниванием называются ***статическими объектами.*** Чем больше величина самовыравнивания , тем меньше отклоняется управляемый параметр от состояния равновесия, существовавшего до возмущения. Самовыравнивание облегчает работу управляющего устройства.

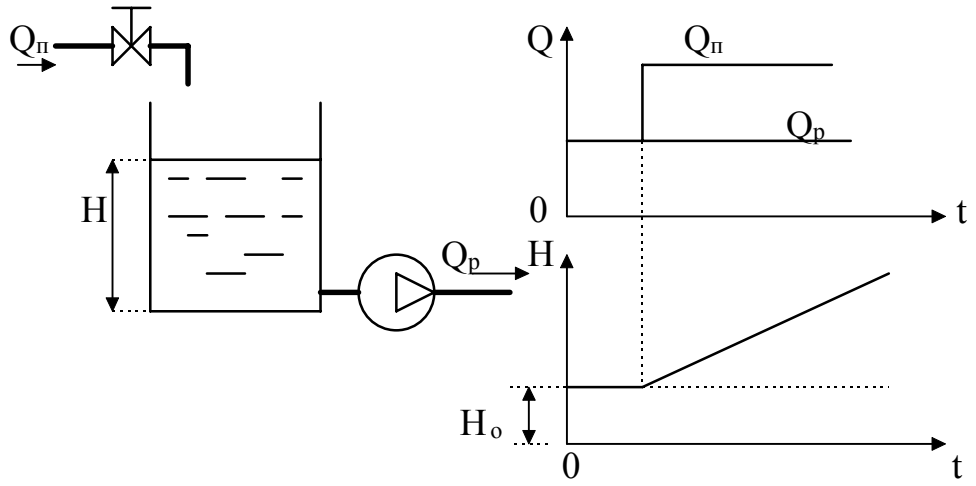
Объекты , не обладающие самовыравниванием , называются ***нейтральными*** или ***астатическими.*** Отсутствие самовыравнивания ухудшает возможности управления объектом.

Объект с самовыравниванием:



$Q_п$ и $Q_р$ -величины расходов жидкости на притоке и расходе. Н- уровень в емкости.

Объект без самовыравнивания:



Некоторые объекты обладают идеальным самовыравниванием, например, резервуар с переливной трубой , обеспечивающий постоянный уровень при любых изменениях притока жидкости.

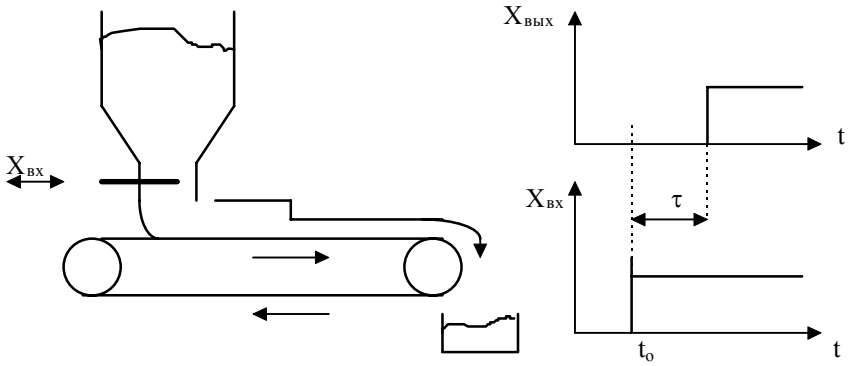
Самовыравнивание характеризуется коэффициентом (степенью) самовыравнивания: $\rho = \lambda / y$, где $\lambda = \Delta Q_п / Q_{макс}$, $y = \Delta H / H_o$.
Коэффициент самовыравнивания не является постоянной величиной , а зависит от нагрузки объекта , Максимальной нагрузке соответствует максимальное значение ρ.

Запаздывание

В реальных объектах часто между моментом нарушения равновесия и началом изменения управляемой величины проходит некоторое время-**запаздывание.** Запаздывание объясняется наличием сопротивлений и инерционностью системы.

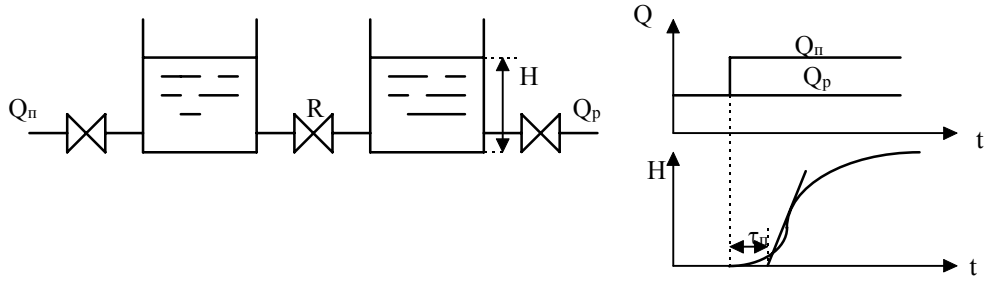
Различают два вида запаздывания : чистое (или транспортное) и переходное (емкостное).

Чистым запаздыванием называется время τ от момента внесения возмущающего воздействия до начала изменения управляемой величины. Это время необходимо для того , чтобы поток вещества или энергии , обладающий скоростью v , прошел расстояние L от места внесения возмущающего воздействия до места , в котором измеряется значение управляемой величины. Например , контроль толщины насыпного слоя на ленте транспортера:



Чистое запаздывание смещает во времени реакцию на выходе в объекте по сравнению с моментом нанесения входного воздействия на величину запаздывания , не изменяя величину и форму воздействия.

Обычно в управляемых объектах имеется не только чистое , но и переходное запаздывание, которое характерно для многоемкостных объектов. Запаздывание возникает при преодолении потоком вещества или энергии сопротивлений , разделяющих гидравлические, тепловые и другие емкости объекта. Например:



Время переходного запаздывания определяется отрезком $\tau_п$. Переходное запаздывание определяется числом емкостей и величиной переходных сопротивлений. Поскольку величины переходных сопротивлений в процессе

эксплуатации объекта могут изменяться , величины запаздываний могут возрастать.

Общее запаздывание $\tau_{общ}$ в объекте управления равно сумме чистого и переходного запаздываний:

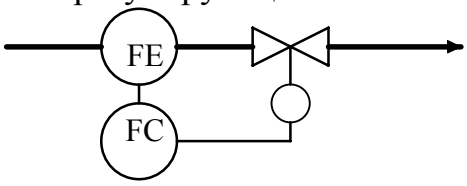
$$\tau_{общ} = \tau + \tau_{п}.$$

Как чистое так и переходное запаздывания всегда неблагоприятно сказываются на качестве управления.

1 Типовые САР гидродинамическими объектами

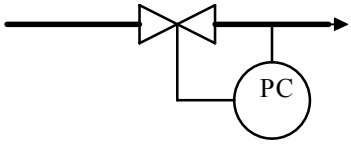
К ним относятся системы автоматического регулирования : **расхода, уровня , давления, смешения.**

САР расхода. Чаще всего возникает задача регулирования расхода газа, жидкости или пара , транспортируемого по трубопроводу. Регулирование расхода в такой системе производится путем дросселирования потока , которое зависит от степени открытия регулирующего клапана



Объектом регулирования фактически является участок трубопровода между датчиком расхода и регулирующим клапаном, который можно считать безынерционным усилительным звеном. Следовательно , динамическая характеристика заданной части САР определяется только динамическими свойствами датчика расхода и регулирующего органа. Для поддержания заданной величины расхода без остаточного отклонения в САР расхода обычно применяются ПИ-регуляторы.

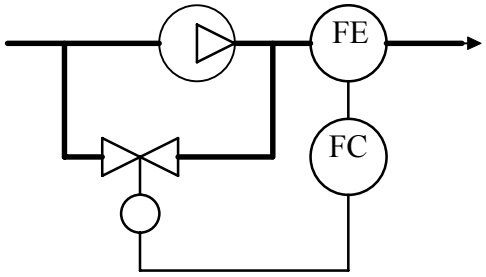
АСР давления жидкости ,газа или пара, транспортируемого по трубопроводу имеет много общего с САР расхода, т.к. объекты регулирования обладают одинаковыми свойствами. Иногда для регулирования давления в трубопроводах пара или сжатого воздуха применяют П-регуляторы прямого действия.



При отсутствии резких и значительных по амплитуде возмущений они обеспечивают хорошее качество регулирования благодаря минимальной инерционности контура регулирования.

2 Регулирование расхода методом дросселирования потока в байпасном трубопроводе

При использовании поршневых насосов регулирующие органы нельзя устанавливать на напорном трубопроводе, т.к. изменение степени открытия такого органа приводит лишь к изменению давления в нагнетательной линии , расход же остается постоянным. Полное закрытие регулирующего органа может привести к поломке насоса. В таком случае регулирующий орган устанавливается на байпасной линии, соединяющей всасывающий и нагнетательный трубопроводы.



Недостатком данного способа регулирования является низкая экономичность. Более экономичным является метод регулирования изменением показателей работы насоса: **числа оборотов вала , хода поршня , угла наклона лопастей.**

Число оборотов вала можно изменить: **1.**переключением обмотки статора на различное число пар полюсов, **2.**введением реостата в цепь ротора двигателя, **3.**изменением частоты питающего тока, **4.**применяя регулируемые муфты скольжения между насосом и асинхронным двигателем.

3 Смешение жидкостей

При разработке типового решения под объектом управления будем понимать емкость с механической мешалкой , в которой смешиваются две жидкости. Цель управления- получение жидкости (смеси) с определенной концентрацией какого-либо компонента.

Расходы жидкостей А и Б и их концентрации могут изменяться при нарушении технологического режима предыдущих процессов. Расход смеси определяется последующим технологическим процессом.

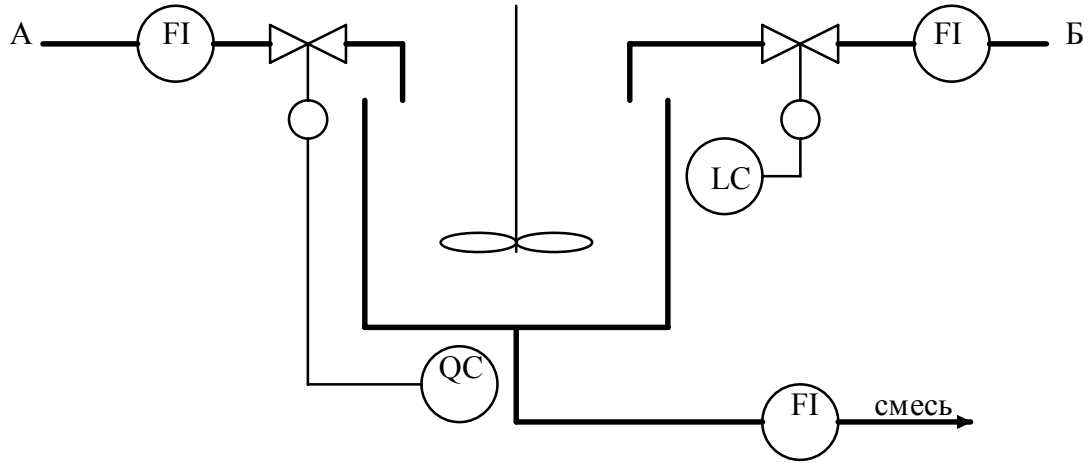
Требуется при проведении процесса смешения:

1.поддерживать материальный баланс смесителя ,т.е. $F_А + F_Б = F_{смеси}$.

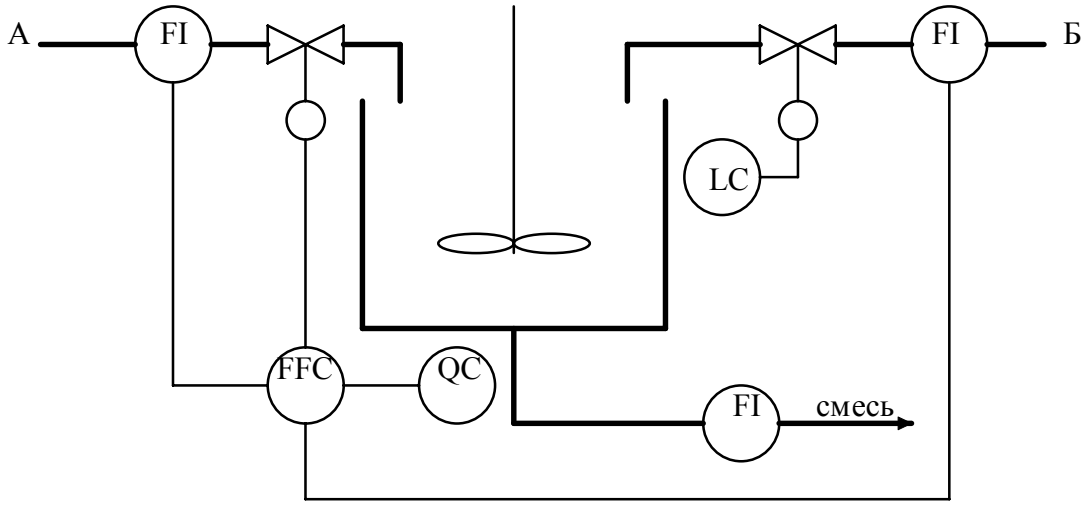
2.поддерживать постоянной концентрацию смеси , т.е $Q_{смеси} = const$.

Для поддержания материального баланса следует в качестве регулируемой величины выбрать уровень смеси в баке. Постоянство уровня

достигается изменением расхода $F_{Б.}$ Постоянство концентрации $Q_{смеси}$ может быть при этом обеспечено изменением расхода $F_{A.}$.

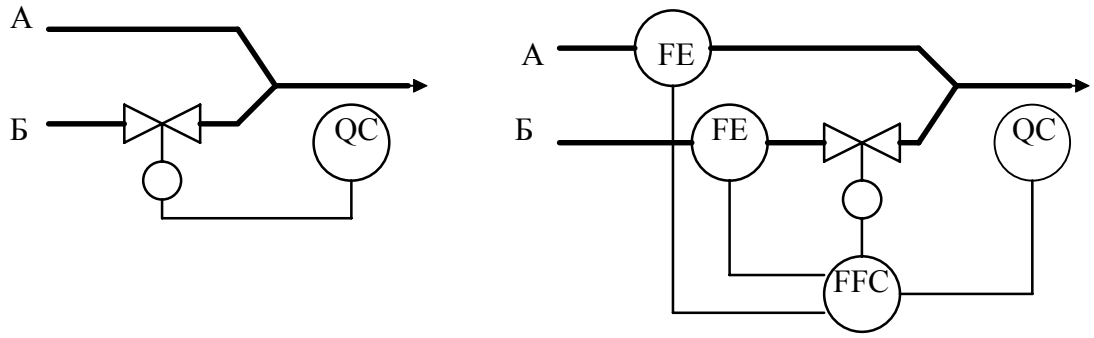


Если расход жидкости Б сильно изменяется при регулировании уровня , для улучшения качества регулирования концентрации следует использовать регулятор соотношения расходов жидкостей с коррекцией по концентрации. Этот регулятор способствует уменьшению возмущений по концентрации , поступающих при первоначальном изменении расхода жидкости. При поступлении других возмущающих воздействий , например, с изменением концентрации компонентов в жидкостях, изменится задание соотношения расходов.



4 Регулирование процесса перемешивания в трубопроводе

Если процесс перемешивания производится непосредственно в трубопроводе , то отпадает необходимость в узле стабилизации уровня , достаточно установить регулятор концентрации компонента в смеси или регулятор соотношения расходов (с коррекцией или без коррекции).



5 Автоматизация тепловых процессов

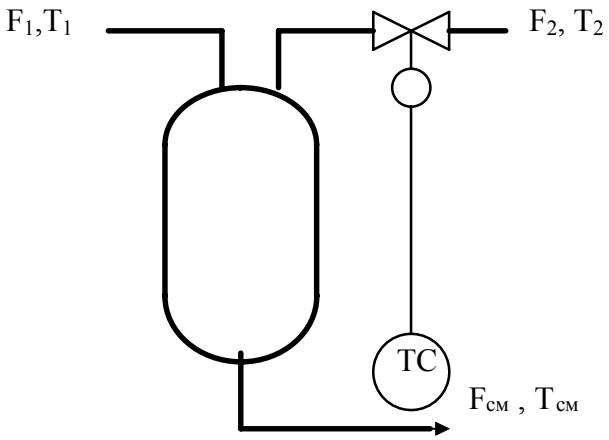
Тепловые эффекты часто составляют основу технологических процессов. В связи с этим , вопросы автоматизации теплообменников , трубчатых печей, выпарных аппаратов и других объектов , связанных с передачей тепла , играют существенную роль.

6 Автоматизация теплообменников

Различают теплообменники :непосредственного смешения, поверхностные. В поверхностных теплообменниках теплопередача может протекать : 1.без изменения агрегатного состояния теплоносителей (нагреватели , холодильники), 2. с изменением агрегатного состояния (испарители,конденсаторы).

6.1 Регулирование теплообменников смешения

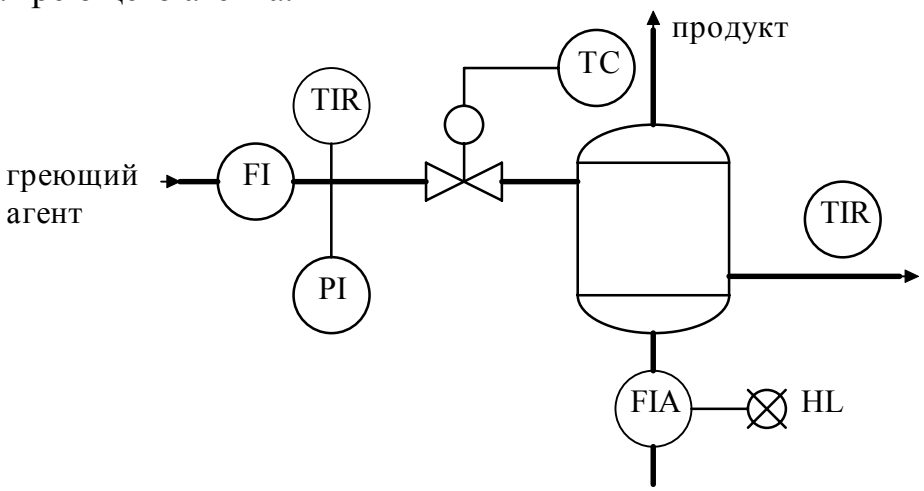
Регулирование теплообменников смешения заключается в поддержании постоянства температуры суммарного потока на выходе теплообменника. Входными величинами являются расходы жидкостей на входе и их температуры. Температуру суммарного потока обычно стабилизируют посредством изменения расхода одного из входных потоков. Теплообменники обладают малым запаздыванием и значительным самовыравниванием.



Регулирование поверхностных теплообменников заключается в поддержании постоянства температуры одного из теплоносителей на выходе из теплообменника.

Процесс теплопередачи зависит от величин расходов продукта и греющего агента, изменения их удельных теплоемкостей, начальных температур, коэффициента теплопередачи, поверхности теплообмена. Коэффициент теплопередачи меняется незначительно и его можно считать величиной постоянной. Площадь теплообмена -величина постояная. Таким образом возмущающими воздействиями будут изменения: **расхода продукта, удельных теплоемкостей, начальной температуры продукта.**

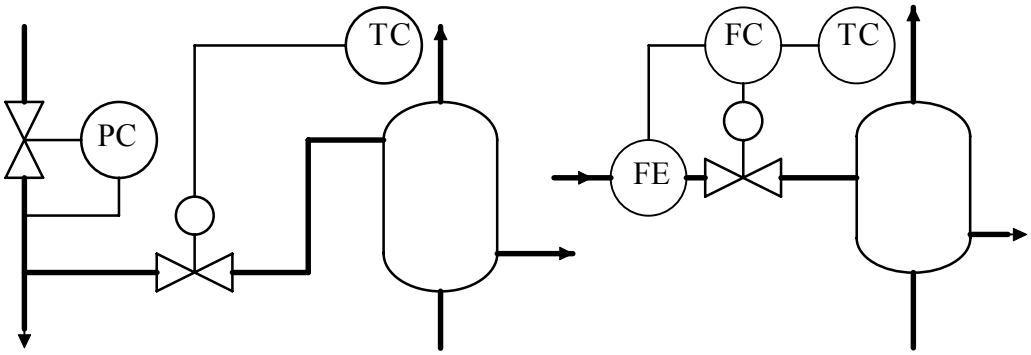
В качестве регулирующего воздействия выбирается изменение расхода греющего агента.



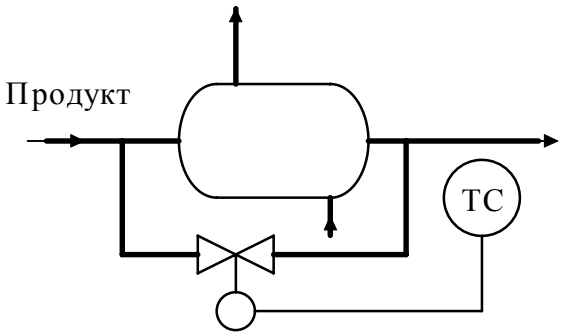
Как объекты регулирования температуры теплообменники обладают большими запаздываниями , поэтому следует тщательно выбирать место установки датчика и закона регулирования. Знание начальных и конечных температур , расходов требуется для наладки и нормальной эксплуатации процесса. Прекращение подачи продукта может быть причиной

выхода из стороя теплообменника , поэтому отсутствие расхода продукта подлежит сигнализации.

При изменениях давления греющего агента (пара) меняется количество агента, поступающего в теплообменник , чем вносятся сильные возмущающие воздействия. Чтобы исключить их , используют регулятор давления в питающем коллекторе или двухконтурную САР.



Если по условиям технологии не допускается изменение потоков теплоносителей , то температуру продукта регулируют путем байпасирования части продукта .



Такая схема позволяет улучшить динамические характеристики системы регулирования, вследствии уменьшения времени запаздывания объекта. Недостатком является больший расход теплоносителя (для перегрева продукта).

7 Автоматизация трубчатых печей

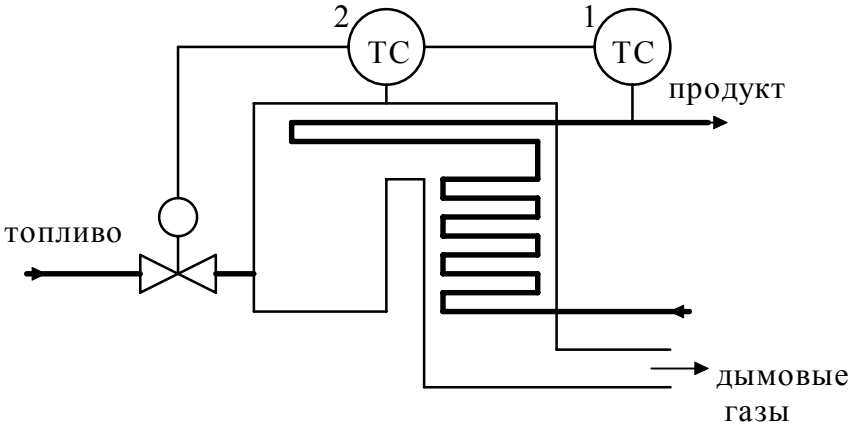
Прокачиваемый через змеевик трубчатой печи продукт нагревается за счет тепла , образующегося при сжигании топливного газа.

Цель регулирования трубчатых печей -поддержание постоянства температуры продукта на выходе из печи.

Возмущениями являются : расход и температура исходного продукта; теплотворная способность топлива ; расход и температура воздуха , подаваемого для сжигания топлива; потери тепла в окружающую среду.

Вследствии большого запаздывания по передаче тепла от дымовых газов через стенку змеевика к продукту одноконтурная система регулирования не обеспечивает хорошего качества регулирования (большие динамическая ошибка и время регулирования). Лучшими показателями качества регулирования обладает каскадная система.

7.1 Каскадная САР.



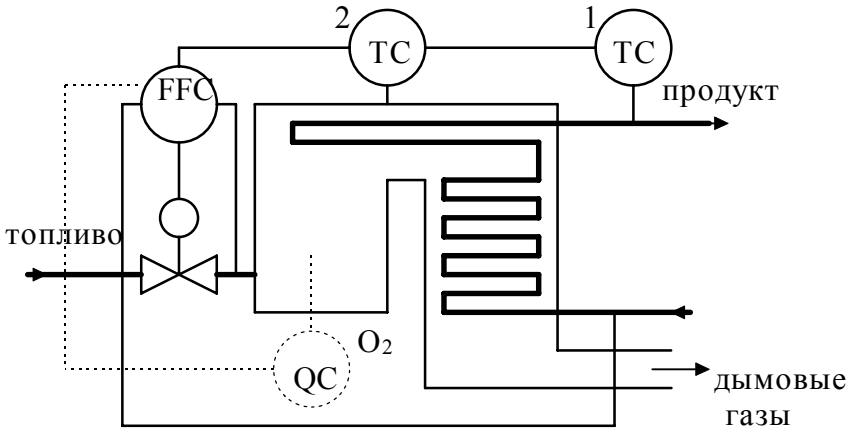
1-корректирующий регулятор (основной) температуры выхода продукта из печи. 2-регулятор (вспомогательный) стабилизирующий температуру газов над перевальной стенкой печи.

Стабилизирующий регулятор начинает компенсировать возмущения , влияющие на процесс сгорания топлива , прежде чем они приведут к изменению температуры прдукта.

7.1 САР с регулятором соотношения

При резких изменениях нагрузки печи и наличии возмущений по расходу топлива применяют схему с регулятором соотношений расходов продукта и топлива. (Смотри рисунок ниже).

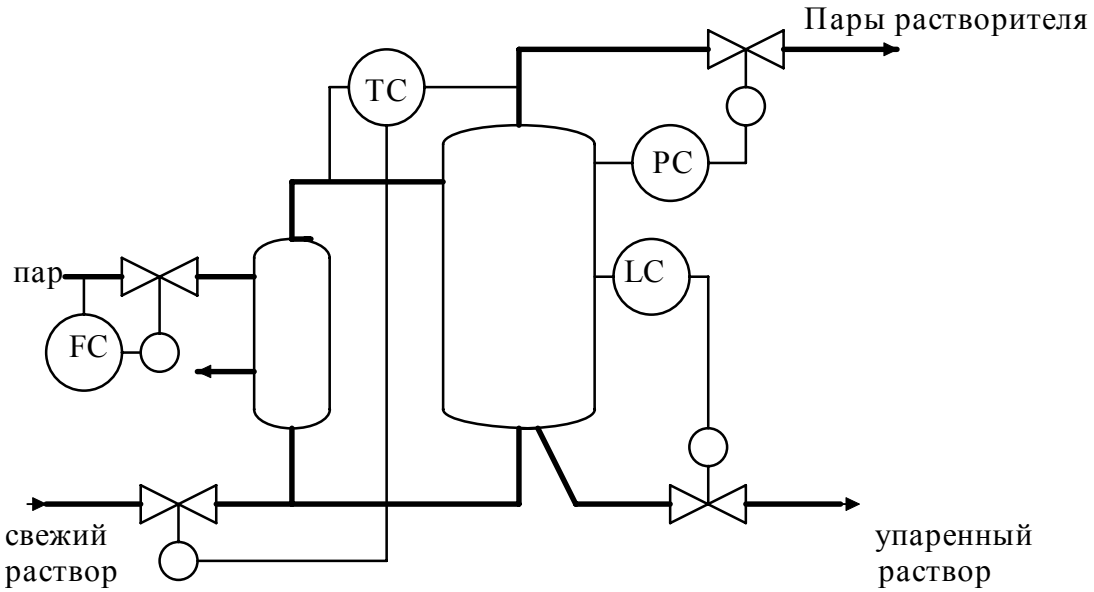
Если теплотворная способность топлива меняется то используется корректирующий сигнал на регулятор соотношения от регулятора содержания кислорода в топочных газах.



8 Процессвыпаривания

Основные принципы управления процессом выпаривания рассмотрим на примере однокорпусной выпарной установки естественной циркуляции с выносным кипятильником.

Цель управления-поддержание определенного значения концентрации вещества в упаренном растворе.



Основные возмущающие воздействия: изменение концентрации свежего раствора, колебания расхода раствора, изменение расхода теплоносителя.

Анализ объекта регулирования показывает , что цель управления может быть достигнута путем регулирования расхода свежего раствора в зависимости от концентрации упаренного раствора. Причем концентрация упаренного

раствора измеряется по разности между температурами кипения раствора и растворителя (температурной депрессии). (Регулятор ТС).

Дополнительно следует регулировать давление паров растворителя , уровень упаренного раствора и расход теплоносителя. При этом давление однозначно связано с температурой паров растворителя. Стабилизация уровня позволяет выполнить требование поддержания материального баланса. Возмущающее воздействие со стороны расхода теплоносителя компенсируются стабилизацией его (контур FC).

9 Автоматизация массообменных процессов

Массообменные процессы применяются с целью разделения смеси веществ или получения целевого продукта заданного состава путем перевода одного или нескольких компонентов из одной фазы в другую.

Основной регулируемой величиной в таких процессах является концентрация определенного компонента в получаемом продукте (или содержание примесей).

Интенсивность протекания массообменных процессов зависит от гидродинамического режима потоков веществ в технологических аппаратах , а также от тепло- и массообмена между этими потоками.

Как правило , аппараты, в которых протекают процессы , характеризуются большой инерционностью и запаздыванием. К массообменным процессам относятся: **абсорбция**, **адсорбция , ректификация , экстракция, сушка.**

10 Автоматизация процесса абсорбции

Абсорбция-процесс поглощения компонентов газовой смеси при контактировании ее с жидкостью с целью разделения этой смеси или получения растворов компонентов.

Целью управления является поддержание постоянства заданной концентрации извлекаемого компонента в обедненном газе , а также соблюдение материального и теплового баланса.

Основными возмущающими воздействиями являются :расход газовой среды , начальная концентрация компонента.

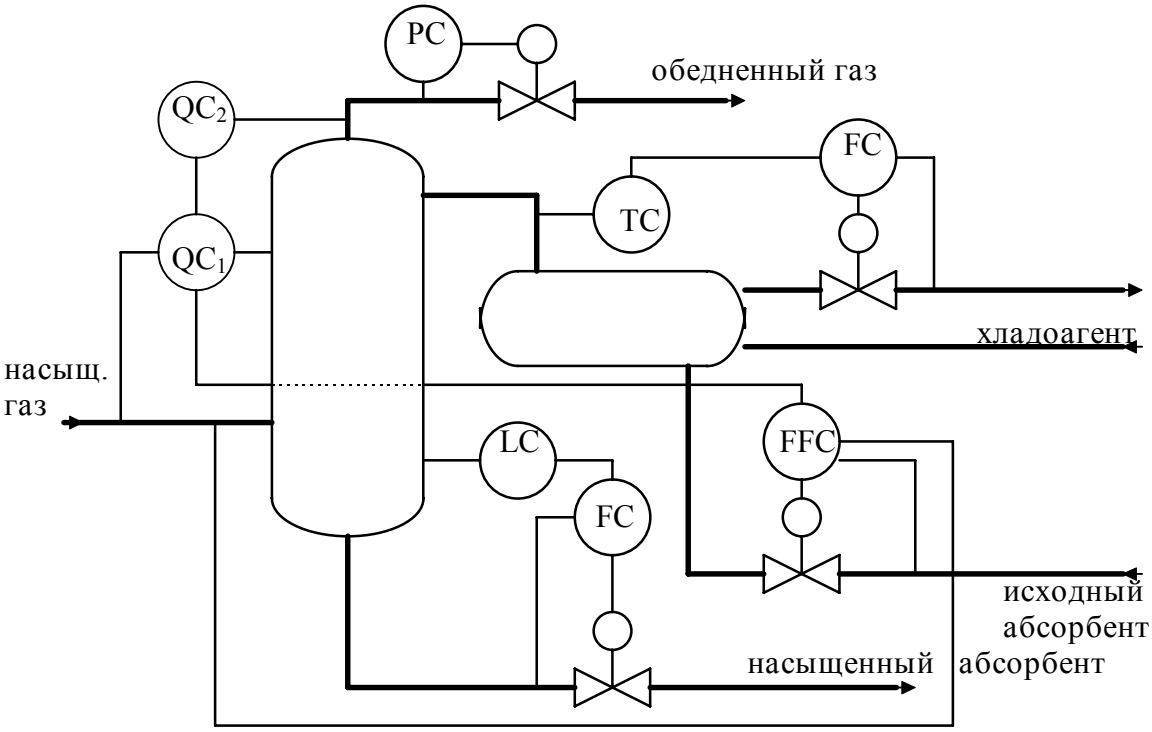
Регулирующими воздействиями являются : расход свежего абсорбента , расход обедненного газа, расход насыщенного абсорбента.

Компенсация изменения расхода исходного насыщенного газа обеспечивается путем использования регулятора соотношения расходов этого

газа и свежего абсорбента, выходной сигнал которого управляет подачей абсорбента.

При переменной концентрации извлекаемого компонента в исходной смеси дополнительно предусматривают корректировку соотношения расходов насыщающего газа и исходного абсорбента с помощью регулятора концентрации извлекаемого компонента в газовой смеси QC_1.

Задание же этому регулятору обеспечивает регулятор концентрации извлекаемого компонента в обедненном газе QC_2.



Насыщенный абсорбент , отбираемый из куба абсорбера направляют на десорбцию. Поэтому вполне достаточно обеспечивать равномерную подачу насыщенного абсорбента в десорбер и одновременно поддерживать постоянство уровня в кубе абсорбера. Для этого применяют двухконтурную каскадную систему регулирования (LC,FC), воздействующую на расход отводимого из абсорбера кубового продукта. Стабилизирующим в этой системе является регулятор расхода , а корректирующим- регулятор уровня в кубе.

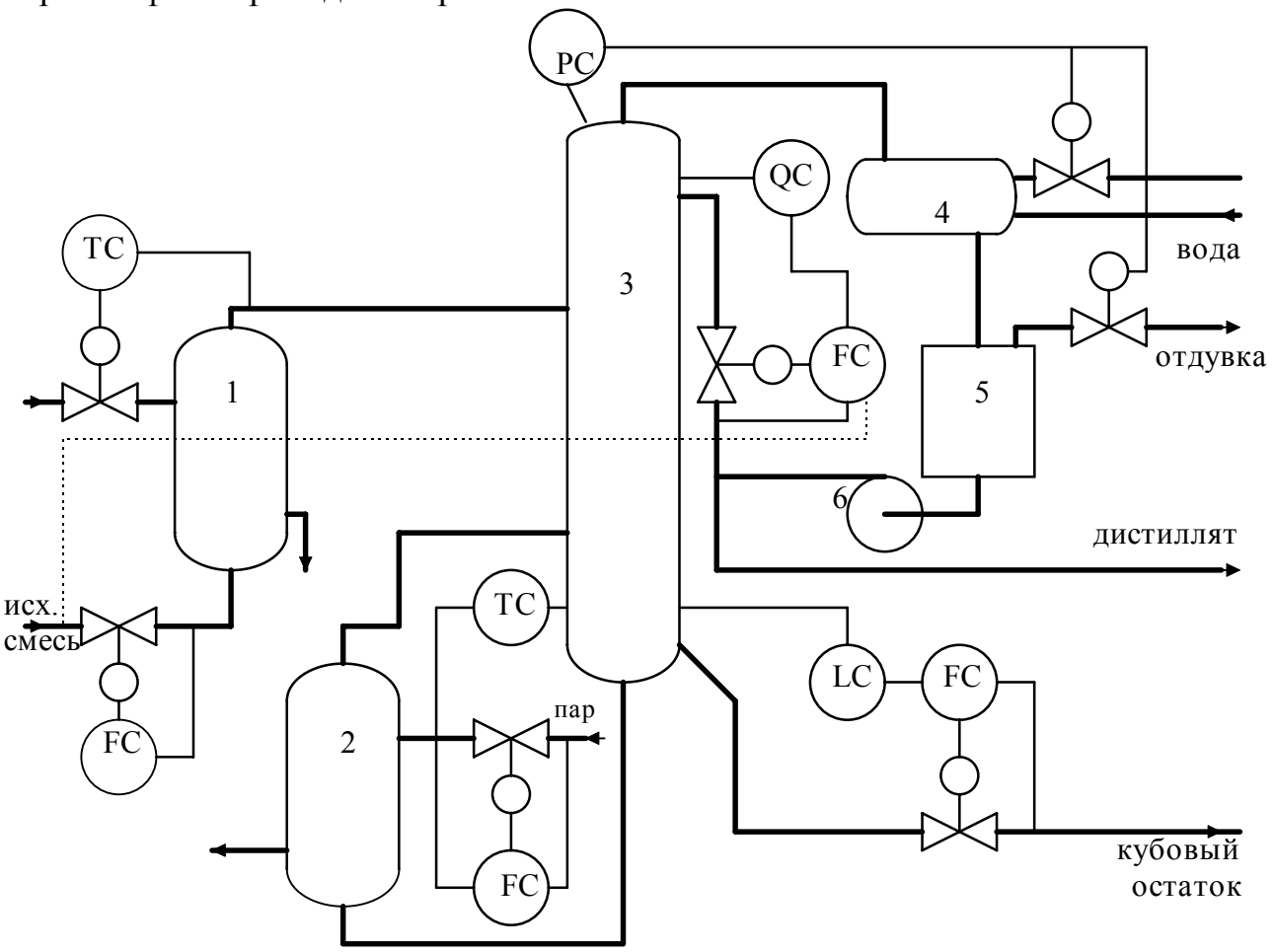
Возмущения по расходу хладоагента компенсируются с помощью каскадной системы регулирования расхода хладоагента с корректировкой по температуре охлажденного абсорбента.

Давление (оно способствует извлечению ценных компонентов из газовой среды) стабилизируется регулятором давления на линии обедненного газа.

11 Автоматизация процесса ректификации

Задача управления процессом состоит в получении целевого продукта заданного состава при установленной производительности установки и минимальных затратах теплоагентов.

Исходная смесь нагревается в теплообменнике 1 до температуры кипения и поступает в ректификационную колонну 3 на тарелку питания. Находящаяся в кубе колонны жидкость испаряется в выносном кипятильнике 2 и в виде паровой фазы проходит вверх по колонне.



Паровой поток, выходя из колонны, попадает в дефлегматор 4, охлаждаемый водой. Образовавшаяся жидкая фаза стекает в флегмовую емкость 5 , откуда насосом подается в верхнюю часть колонны на орошение в виде флегмы и частично отводится с установки в виде дистиллята. Часть кубового продукта, называемого остатком, отводится с установки. Целевыми продуктами установки могут быть дистиллят или кубовый остаток.

Основными регулируемыми технологическими величинами являются составы дистиллята или кубового остатка.

Возмущающими воздействиями являются: состав ,расход, температура исходной смеси; параметры тепло и хладоагента; давление в колонне и другие величины.

Управляющие воздействия: расходы флегмы в колонну и теплоносителя в кипятильник.Причем расход флегмы в основном влияет на состав дистиллята, а расход греющего пара -на состав кубового остатка.

Колебания расхода исходной смеси (наиболее сильное возмущение) компенсируется АСР расхода. Исходная смесь подается при температуре кипения (поддерживается АСР температуры).

Гидравлическое сопротивление колонны почти не изменяется. Поэтому давление достаточно стабилизировать в одном месте (в верхней части колонны). Давление регулируют расходом хладоагента в дефлегматор и изменением гидравлического сопротивления на линии отдувки.

Для реализации управляющего воздействия (расход флегмы) применяют каскадную схему , в которой регулятор состава дистиллята вырабатывает корректирующий сигнал , направляемый в качестве задания регулятору расхода флегмы.

Для подачи греющего пара в кипятильник применяют систему регулирования расхода , задание которой изменяет регулятор температуры на контрольной тарелке отгонной части колонны.

При дальнейшем разделении кубового остатка необходимо одновременно обеспечить постоянство его уровня в кубе и постоянство подачи на следующую по технологической линии установку. Для этой цели используется АСР расхода со стабилизирующим регулятором, задание которому корректируется регулятором уровня продукта в кубе колонны.

В случае , когда невозможно стабилизировать расход исходной смеси , то в контуры АСР составов дистиллята (кубового остатка) вводят дополнительные контуры по возмущению, учитывающих изменение расхода исходной смеси (пунктир на схеме).

12 Автоматизация процесса сушки

Сушка- тепловой процесс обезвоживания твердых материалов путем испарения влаги и отвода образующихся паров. Продолжительность процесса сушки определяется временем ,необходимым для понижения влагосодержания материала от начального значения $М_н$ до конечного $М_к$.

Цель управления заключается в обеспечении высушивания поступающего влажного твердого материала до заданного влагосодержания при определенной производительности по влажному материалу.

Основными возмущениями являются:

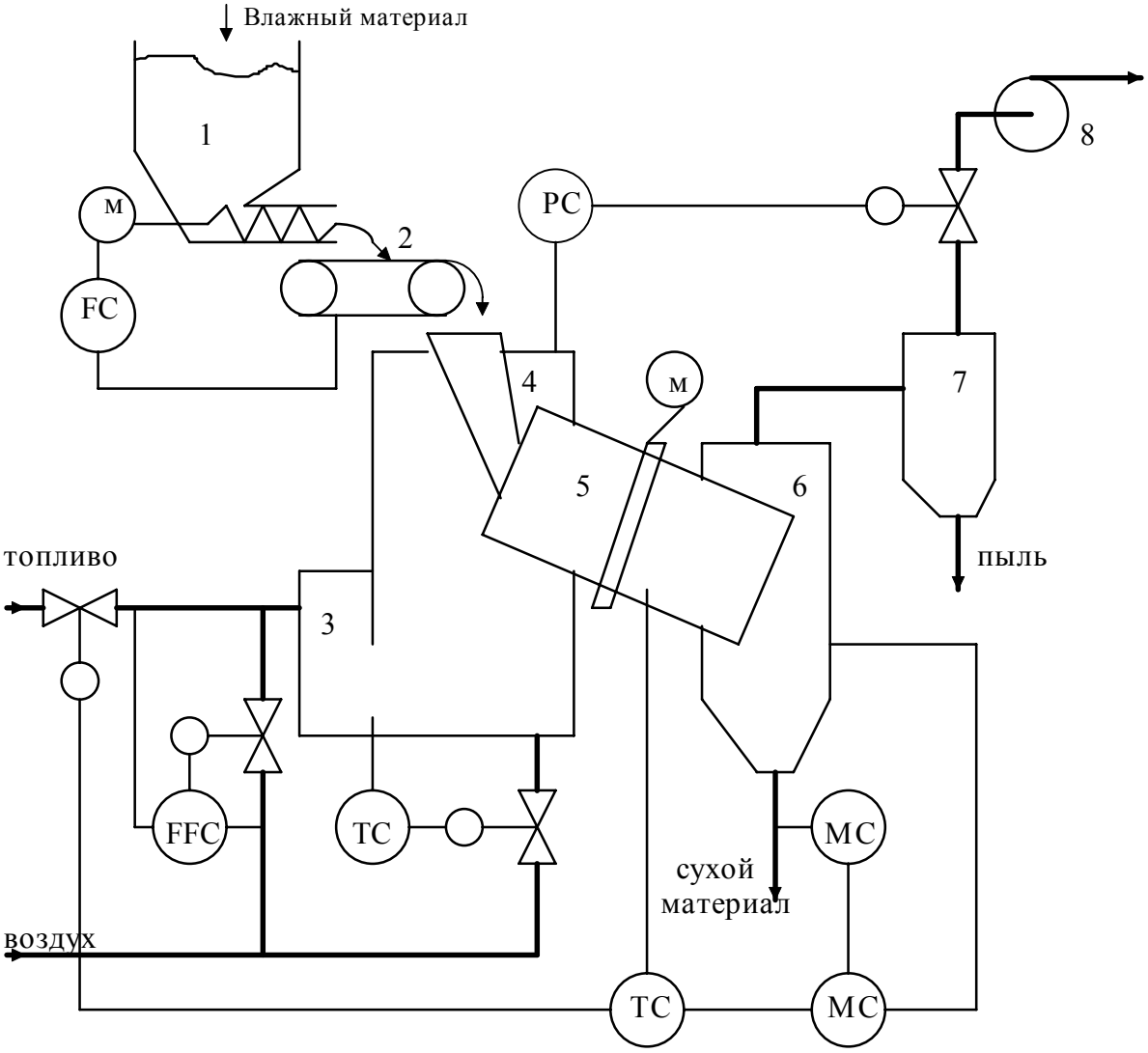
1.изменение расхода , начальной влажности, дисперсного состояния твердого материала,

2. изменение расхода и начальной температуры теплоносителя.

Основная регулируемая величина -остаточная влажность твердого материала. Однако , вследствие отсутствия надежных измерительных преобразователей остаточной влажности твердого материала, при автоматизации процесса в качестве регулируемых величин используют температуры или влажность сушильного агента.

Процесс сушки реализуется либо в барабанных сушилках , либо в сушилках с псевдоожиженным слоем.

12.1 Автоматизация барабанной сушилки



1-бункер, 2-дозатор, 3-топка, 4-смесительная камера, 5-сушильный барабан, 6-бункер сухого материала, 7-циклон, 8- вентилятор.

Процесс сушки обычно регулируют по влажности теплоносителя на выходе из барабана. В следствие большого запаздывания в объекте качественное регулирование может быть обеспечено только с помощью многоконтурных систем. Например , подачей топливного газа управляет каскадная система регулирования температуры воздуха в барабане (стабилизирующий регулятор) с корректировкой по влажности воздуха на выходе из сушилки (корректирующий регулятор). При наличии надежного измерительного преобразователя остаточной влажности высушиваемого материала возможно введение в данную систему еще одного контура с регулятором влажности твердого материала, выходной сигнал которого в качестве задания направляют на регулятор влажности сушильного агента.

Для повышения чувствительности АСР температуры воздуха датчик температуры (обычно термопара) устанавливают в пределах первой трети длины барабана (т.к. здесь температура теплоносителя изменяется более интенсивно).

Стабилизацию расхода влажного материала обеспечивает стабилизирующий регулятор расхода (FC).

Полнота сгорания топлива обеспечивается АСР соотношения расходов газа и воздуха , обеспечивающей подачу первичного воздуха в топку.

Требуемая температура воздуха на входе в барабан обеспечивается стабилизирующим регулятором температуры , воздействующим на подачу вторичного воздуха в камеру смешения.

Нагрузка объекта по сушильному агенту (воздуху) поддерживается на постоянном значении регулятором разрежения воздуха в смесительной камере, воздействующим на клапан , установленный на линии отвода воздуха после циклона.

Контролю и регистрации подлежат расходы топливного газа и вторичного воздуха , а также разряжение и температура в бункере сухого материала.

13 Кислородно-конвертерный процесс

13.1 ККП как объект управления

Общей целью управления производством является получение продукта с заданными характеристиками в заданное время с минимальными экономическими затратами при выполнении ограничений по экологии.

Задачей управления ККП является получение к концу продувки металла с заданным химическим составом и температурой, причем одновременно, а также выполнение условий по определенным переменным (сера, фосфор и т.д.).

Конвертерный процесс с точки зрения управления сложен: он характеризуется высокими скоростями протекания, сложным взаимодействием жидкой, твердой и газовой фазы и т.д. ККП характеризуется присутствием большой доли стохастической составляющей, большой неопределенностью начального состояния, а также трудностями с получением достоверной апостериорной информации.

Основные характеристики и особенности ККП как объекта управления:

Агрегат без дополнительных источников тепла;

Процесс идет по вполне определенной траектории, близкой к стационарному неравновесному состоянию (СНС). Отклонение от этой траектории происходит во время ввода сыпучих материалов;

Время переходного процесса зависит, прежде всего, от массы шлака (от 15 до 40 с). В ККП система шлак-металл «отвечает» за СНС, т.к. там имеет место наименьшая проводимость, т.е. максимальный grad μ. Это вызвано тем, что взаимодействия носят последовательный характер и имеет место закон непрерывности. Система шлак-металл является медленным звеном процессов взаимодействия (при наличии в ванне лома определяющим может являться процесс его растворения).

На ранних стадиях развития ККП существовал ряд проблем:

Возникновение выбросов;

Бурный и неконтролируемый подъем шлака;

Сложности с остановкой процесса в требуемой области [С] и t металла, причем при одновременном попадании в заданную область по обоим параметрам. .

В Японии впервые были установлены 4-сопловые фурмы, что позволило добиться лучшей организации ванны, а также улучшить качество перемешивания (отбойные струи захватывают металл и отгоняют его к футеровке). На данном этапе начали предприниматься попытки управлять отклонением процесса от СНС: для понижения grad μ необходимо перемешивание, и именно данный фактор стал управляющим воздействием. Перемешивание ванны не приводит к росту скорости протекания процесса, а приближает систему к равновесию:

$$V = S \cdot L \cdot \text{grad}\, \text{м},$$

где V- скорость взаимодействия= const;

S- площадь поверхности взаимодействия, возрастает;

L- коэффициент Онзагера, характеризующий проводимость, возрастает;

grad μ- градиент химического потенциала, уменьшается.

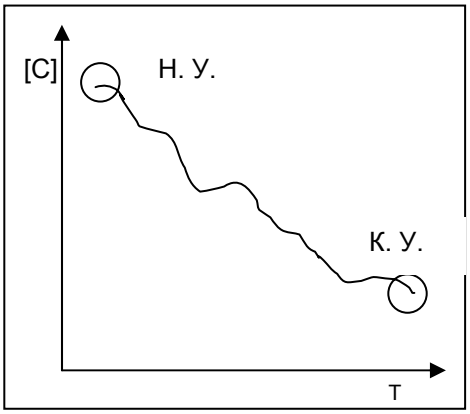
Управление ККП можно условно разделить на 4 этапа:

Расчет шихты на процесс;

Пусковой период, наведение шлака;

Стационарное ведение процесса;

Остановка процесса в заданной области по Т и [С].



Задачи и пути их решения, стоящие на каждом из 4 этапов управления процессом:

Шихтовка процесса играет решающую роль с точки зрения управления ККП, так как в конвертерном процессе весь тепловой потенциал фактически определяется шихтовкой. Корректная реализация этой стадии управления является необходимым условием одновременного попадания в заданную область температуры и химического состава стали, поскольку определяет начальные условия процесса. Задача расчета шихты на процесс решается с помощью статических моделей. Базисом для составления математической модели расчета шихты на плавку являются законы сохранения массы и энергии, выполняющиеся в любых условиях и системах.

Модели расчета шихты позволяют термически и материально сбалансировать процесс. Они, обеспечивая термический и материальный баланс, чаще всего

решают задачу расчета соотношения масс лома и чугуна, а также необходимого количества кислорода продувки, при заданной массе металла и его характеристик по составу и температуре при завершении всего рафинировочного периода.

От уровня подготовки шихты (стабилизации ее характеристик), правильности выполнения расчетных рекомендаций, выдаваемых системой расчета шихты, в дальнейшем должен определиться уровень сложности динамического управления процессом на последующих стадиях. Необходимо отметить, что важнейшую роль с точки зрения управления процессом играет стандартизация начала продувки, что достигается, в том числе, путем сортировки лома и завалки его в одинаковых пропорциях по сортам от плавки к плавке. То есть для всех плавок осуществляется завалка лома одинакового химического и фракционного состава. В странах дальнего зарубежья производится разделение металлического лома по 9 сортам: от легковеса до тяжеловесного лома и от низкоуглеродистого к высокоуглеродистому:

	Н.у.	Ср.у.	В.у.
Легковес	1	2	3
Пакеты	4	5	6
Тяжеловесный	7	8	9

Пусковой период плавки характеризуется сложностями, связанными с намораживанием чугуна. Перед началом процесса в конвертер загружаются известь и лом, имеющие температуру окружающей среды, и во время залива чугуна происходит процесс размывания лома, который характеризуется:

разбавлением чугуна ломом;

резким снижением температуры получаемого расплава.

Чугун разбавляется, что приводит к снижениям концентраций примесей в нем, возрастает температура плавления, в то же время температура получаемого расплава падает, происходит намораживание чугуна на лом. Причем этот эффект тем сильнее, чем больше доля легковесного лома в шихте, так как с уменьшением фракции возрастает поверхность взаимодействия лом-чугун.

К началу продувки количество затвердевшего чугуна может достигать 60% от залитого в конвертер. Такое положение вещей часто является причиной долгого незажигания плавки. Твердая фаза сохраняется в течение 75% времени продувки, поэтому расплав постоянно обогащается кремнием, марганцем, серой лома. Таким образом, не изменяющаяся массовая доля примеси в расплаве

говорит не о том, что примесь не окисляется, а о том, что статьи прихода примеси из лома и намороженного чугуна и расхода на окисление равнозначны.

Характерной особенностью ККП является необходимость обеспечения активного участия шлаковой фазы во всем технологическом процессе получения металла при ограниченном времени для наведения шлака. Быстрое шлакообразование в значительной мере определяет такие звенья технологического процесса, как рафинирование металла от вредных примесей, улучшение стойкости футеровки, а также снижение потерь металла с выносами. По физическим свойствам шлак должен быть гомогенным и обладать достаточной жидкоподвижностью. Для формирования жидкоподвижного гомогенного шлака с высокой основностью на ранней стадии продувки желательно большую часть необходимого количества извести вводить в начале плавки. Для ускорения растворения извести необходимо вводить ее основную часть до заливки чугуна. Одним из эффективных средств регулирования процесса шлакообразования является перемещение (подъем над уровнем ванны) фурмы в процессе продувки для увеличения содержания оксидов железа в шлаке.

Главными факторами, которыми можно регулировать скорость растворения извести и процесс шлакообразования, являются следующие:

рациональный порядок присадки сыпучих материалов;

регулирование режима дутья;

применение специально подготовленных шлакообразующих.

Одной из основных задач периода шлакообразования (период I на рисунке) является обеспечение определенного содержания (FeO) в шлаке к моменту начала стационарного периода продувки. Это необходимо, поскольку процесс идет по траектории, близкой к СНС и изменить ее ход в течение следующих периодов очень сложно.

Если предположить, что в реакционной зоне весь углерод, содержащийся в слое металла, взаимодействующем с факелом РЗ, окисляется, то кислорода-избыток. Этот неизрасходованный на окисление углерода кислород взаимодействует с Fe расплава, обладающим высоким химическим потенциалом. FeO, образующийся в реакционной зоне, переходит в шлак и постоянно расходуется на окисление примесей: Si, Mn, P (а к концу периода шлакообразования, и на интенсивное окисление углерода).

Баланс оксида железа в шлаке на первом этапе продувки можно представить через скорости следующим образом:

$$V_{(FeO)шл} = V_{(FeO)РЗ} - V_{(FeO)\Rightarrow[Si]} - V_{(FeO)\Rightarrow[Mn]} - V_{(FeO)\Rightarrow[P]},$$

где $V_{(FeO)РЗ}$ - скорость образования FeO в реакционной зоне;

$V_{(FeO)\Rightarrow[Si]}$ - скорость расходования FeO шлака на окисление кремния;

$V_{(FeO)\Rightarrow[Mn]}$- скорость расходования FeO шлака на окисление марганца;
$V_{(FeO)\Rightarrow[P]}$- скорость расходования FeO шлака на окисление фосфора.

Из всех слагаемых правой части уравнения непосредственному управлению поддается только скорость образования оксида железа в реакционной зоне, однако, изменяя $V_{(FeO)РЗ}$, мы изменяем и скорости расходования (FeO), что приводит к большим трудностям в согласовании потоков в системе шлак-металл. В свою очередь, низкая окисленность шлака может привести к его «сворачиванию», так как при уменьшении $(FeO)_{шл}$ возрастает температура его плавления, и при недостатке температуры шлак может стать гетерогенным и, соответственно, перестать выполнять свои функции.

Таким образом, единственным путем управления шлакообразованием с точки зрения его окисленности является управление скоростью образования оксида железа в реакционной зоне, которое осуществляется путем изменения положения фурмы и расхода кислорода;

Задачей основного периода продувки является ведение процесса по траектории, максимально близкой к СНС, и обеспечение спокойного, ровного хода процесса.

В этот период окисляется основное количество углерода. Практически весь кислород, подаваемый в ванну, расходуется на его окисление. Скорость окисления углерода достигает максимальных значений, абсолютная величина которых находится в прямой зависимости от интенсивности продувки. При относительно высоких концентрациях углерода в расплаве скорость переноса атомов углерода к поверхности реагирования настолько велика, что лимитирующим фактором в данном процессе является поступление кислорода к месту реагирования. В результате углерод не только полностью усваивает кислород дутья, но и расходует кислород оксидов, содержащихся в шлаке (MnO, FeO).

Увеличение скорости окисления углерода приводит к улучшению перемешивания расплава за счет всплывания пузырей CO, то есть увеличивается площадь контакта системы металл-шлак (S) и растет значение коэффициента Онзагера (проводимость L), что в свою очередь повышает скорость окисления углерода. Таким образом, в случае, если к началу II периода продувки шлак оказался переокислен, это может привести к лавинообразному ходу реакции (налицо положительная обратная связь), то есть полной потери управления процессом, и к возникновению выбросов:

$$V_C = S \cdot L \cdot RT(\ln(FeO)_Ф - \ln(FeO)_{РАВН})$$

На заключительном этапе плавки скорость окисления углерода падает вследствие перераспределения кислорода на окисление железа, марганца и т.д. $(FeO)_{шл}$ резко возрастает, кислород начинает растворятся в металле. На данном этапе возникает вопрос остановки продувки в момент, соответствующий требуемому химическому составу стали, а также ее температуре. При осуществлении управляющих воздействий на данном этапе ведения процесса оператор в первую очередь основывается на собственном опыте и некоторых косвенных параметрах (свечение факела, количество выносимых искр из горловины и т.д.). Кроме того, остановка продувки может осуществляться по результатам газового анализа (снижение $\{CO\}$ и $\{CO_2\}$ в отходящих газах свидетельствует о уменьшении скорости окисления углерода, а значит и о снижении $[C]_{ст}$), по факту расходования расчетного количества кислорода (результат работы модели расчета шихты), и по результатам дискретных измерений температуры и, возможно, [C] стали (с помощью вспомогательной измерительной фурмы). Точность определения момента остановки и обеспечение одновременного попадания в заданную область переменных сильно зависит от уровня подготовки шихты и корректности выполнения рекомендаций системы расчета шихты на процесс. На заключительном этапе продувки достаточно эффективна коррекция по Т и [C], осуществляемая путем изменения расхода кислорода и высоты фурмы, но такой способ влечет за собой повышенный угар железа в дым.

13.3 Системы контроля, применяемые на ККП

Для ведения процесса необходимо обладать определенной информацией, то есть существует ряд основных переменных, которые нужно контролировать:

х/с, температура и масса подаваемого чугуна;

фракционный и химический состав лома;

химический состав и массы подаваемых сыпучих материалов;

х/с и расход кислорода продувки (как текущий, так и интегральный);

положение кислородной фурмы, время продувки;

расход и полный массоспектрометрический анализ конвертерных газов;

расход инертного газа на уплотнение (при работе не по системе с полным дожиганием отходящих газов);

температура и х/с стали, измеренные после остановки продувки (на повалках) и с помощью вспомогательной измерительной фурмы;

х/с шлака.

Контроль химического состава чугуна для каждой конкретной плавки необходим, поскольку он является основным исходным материалом для ККП. Несмотря на то, что при выпуске из доменной печи чугун пересыщен углеродом и это создает определенные трудности для его химического анализа,

контролировать х/с нужно, так как для некоторых марок стали диапазон содержания углерода находится в пределах 0,04% и менее, и, кроме этого, не известен точно х/с лома. Без измерения х/с чугуна всякий расчет шихты на процесс лишен смысла.

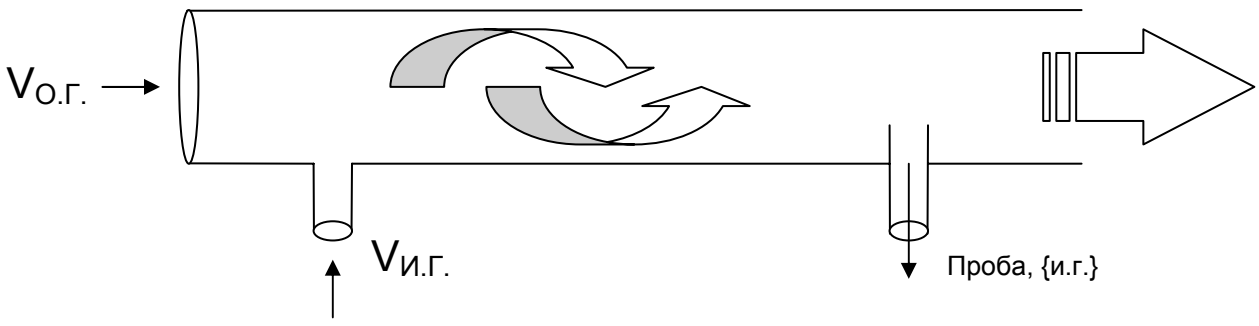
Фракционный и химический состав лома не может быть определен с высокой точностью, однако имеет смысл разделять лом на 9 сортов (см. выше) и, таким образом, стандартизировать шихту и начало процесса. На современных кислородно-конвертерных производствах России кроме того, что сортировка лома производится в лучшем случае по 3 сортам, положение усугубляется еще и тем, что масса лома измеряется с большой погрешностью (около 10%). Вообще, основным требованием ко всем системам контроля, применяемым в современном ККП, является полное соответствие погрешностей измерений технологически и экономически обоснованным нормативам. Только при соблюдении этого условия возможно совершенствование систем управления процессом.

Х/с сыпучих материалов измеряется 1 раз в смену, но точность этих данных в условиях отечественного производства также может быть подвергнута сомнению. Масса сыпучих материалов измеряется с помощью современных весов-дозаторов с достаточно небольшой погрешностью (2-10 кг).

Расход кислорода на продувку и положение фурмы необходимо измерять, поскольку изменения этих параметров являются основными управляющим воздействиями по ходу продувки.

Полный массоспектрометрический анализ отходящих газов необходим, поскольку он позволяет оценивать как ход процесса в целом, так и отдельные параметры процесса. Так, при измерении расхода отходящих конвертерных газов с помощью трубы Вентури, погрешность составляет 5-10% и более (причинами высокой погрешности являются повышенная запыленность газов, оседание ее на поверхности трубы, наличие влаги в пыли и т.д.), а при использовании измерения расхода ОГ по разбавлению- на уровне 1,5%.

Измерение объема отходящих газов по разбавлению производится по следующей схеме:



В газоотводящий тракт с определенным расходом вводится инертный газ. Затем на определенном удалении от места ввода и.г., достаточном для хорошего перемешивания отходящих и вводимого газов, производится отбор пробы и определяется концентрации в нем введенного газа {и.г.}. Тогда расход отходящих газов можно определить следующим образом:

$$V_{ОГ} = \frac{V_{И.Г.}}{\{и.г.\}} \cdot 100\% - V_{И.Г.}$$

При определении расхода отходящих газов по разбавлению необходимо учитывать, что инертный газ, по которому производится расчет $V_{ОГ}$, содержиться в дутье, а также подсасывается из атмосферы и поступает в газоотводящий тракт вместе с газом, идущим на уплотнение. Таким образом, необходимо решить систему уравнений с 2 неизвестными, в качестве которых выступают искомый расход ОГ и количество подсасываемого воздуха:

$$\mathbf{V_{ОГ}}\begin{cases} \mathbf{V_{ОГ}}\{Ar\}_{ОГ} = V_{O2}\{Ar\}_{O2} + \mathbf{V_{П.ВОЗД.}}\{Ar\}_{П.ВОЗД.} + V_{Ar}\{Ar\}_{Ar} \\ \{N_2\}_{ОГ} = V_{O2}\{N_2\}_{O2} + \mathbf{V_{П.ВОЗД.}}\{N_2\}_{П.ВОЗД.} + V_{УПЛОТН}\{N_2\}_{УПЛОТН} \end{cases}$$

где $V_{ОГ}$- расход отходящих газов;

V_{O2}- расход кислорода продувки;

$V_{П.ВОЗД.}$- количество подсасываемого воздуха из атмосферы цеха;

V_{Ar}- расход Ar на перемешивания ванны через днище конвертера;

$V_{УПЛОТН}$- расход азота на уплотнение котла-охладителя и фурменного окна.

Имея информацию о текущем расходе ОГ можно рассчитывать скорость окисления углерода, для чего необходимо измерять $\{CO\}_{ОГ}$, $\{CO_2\}_{ОГ}$ и $\{H_2\}_{ОГ}$. Последняя переменная может использоваться для оценивания количества известняка, отданного в конвертер, так как в нем содержится гигроскопическая влага, $(H_2O)\cdot CaCO_3$, которая при попадании в конвертер разлагается на водород и кислород. Известняк при расчете скорости окисления углерода необходимо учитывать, так как он представляет собой соединение CaO и CO_2.

$$V_C = \left[V_{ОГ} \cdot \left(\frac{\{CO\} + \{CO_2\}}{100} \right) - V_{CO_2}^{ИЗК} \cdot \{H_2\}_{ОГ} \right] \cdot \frac{12}{24{,}8}$$

Но, к сожалению, даже зная количество углерода, покинувшего ванну ($V_C \cdot \tau_{продувки}$), невозможно определить текущее содержание углерода в расплаве, так как неизвестно значение [C] шихты, что связано с неизвестным химическим составом лома. Таким образом, даже зная траекторию хода процесса невозможно установить координаты нахождения в определенный момент времени, поскольку не известны координаты начала процесса.

Ранее были перечислены переменные процесса, которые необходимы для управления плавкой, однако существует также ряд параметров, которые

необходимо контролировать для обеспечения возможности ведения процесса. Таковыми являются:

расход, давление и температура воды на входе и выходе, подаваемой на охлаждение фурмы, а также контроль течи по балансу воды;

давление кислорода в трассе

положение конвертера;

работа системы газоочистки, состояние факела дожигания ОГ, камина;

состояние вертикального тракта (массы и виды сыпучих, находящихся в данный момент в каждом из бункеров и весов тракта);

данные о работе вспомогательной измерительной фурмы (готовность, глубина погружения в расплав, результат замера и т.д.);

расход азота на уплотнение котла-охладителя и фурменного окна;

давление и расход инертного газа (как правило, азота) в период раздувки шлака;

состояние блокировок (электриков, КИПиА и т.д.).

Контролируемый параметр	Средства измерения
Вес шихтовых материалов	платформенные и крановые весы; автоматические весы-дозаторы;
Температура чугуна и стали	термопара разового погружения;
Хим. анализ стали	спектральный анализ (Спектролюкс);
Хим. анализ шлака	в лаборатории;
Положение фурмы и конвертера	комплект сельсинов;
Время продувки	электронный секундомер;
Расход кислорода продувки	диафрагма; манометр; терморезистор;

13.4 Цели и структура АСУ

АСУ ТП подразумевает наличие следующих уровней:

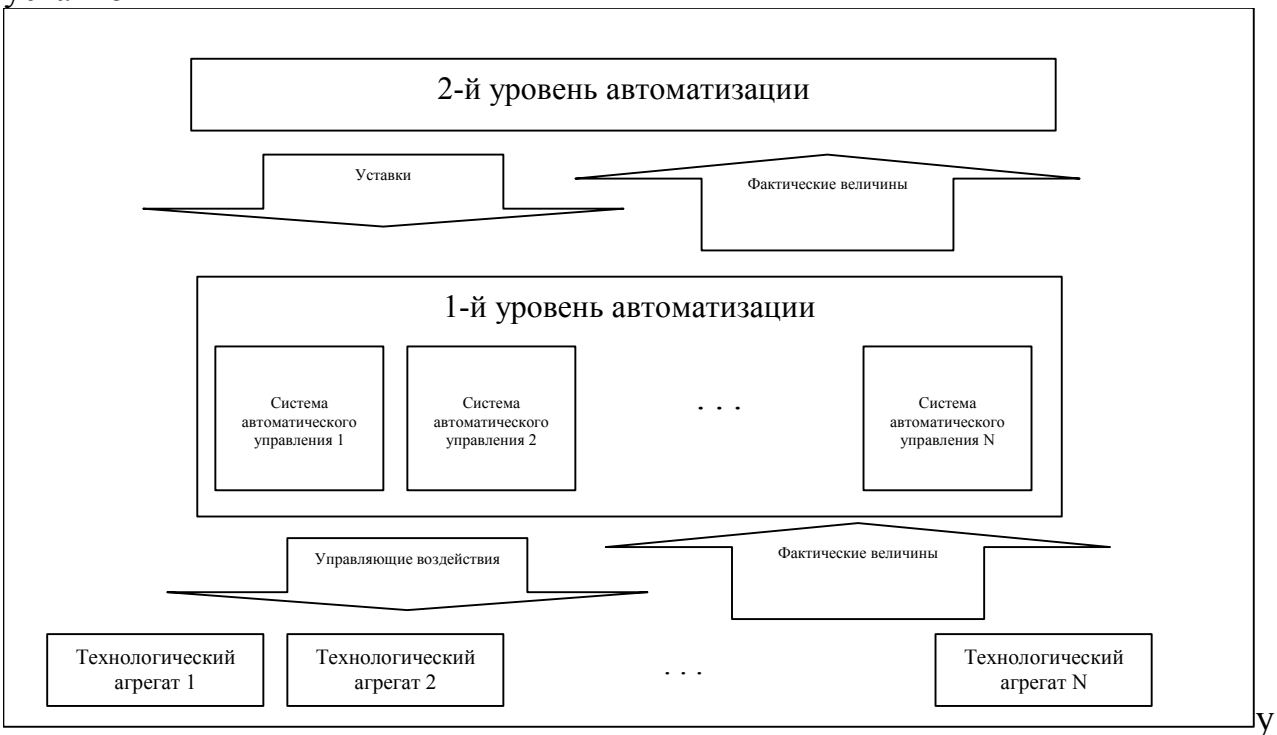
Первый, низший уровень управления. Здесь находятся элементы САУ, представляющие собой автоматизированные приводы отдельных агрегатов с дистанционным управлением от микроконтроллера;

Второй уровень. Здесь расположены локальные системы контроля и регулирования- микро-ЭВМ, работающие по заданию, идущего с 3 уровня;

Третий уровень. Реализуется на базе мини-ЭВМ. На основе соответствующих алгоритмов вырабатываются управляющие воздействия, которые передаются на 2 уровень;

Четвертый уровень. АСУП. Это высший уровень, решающий задачи согласования материальных и энергетических потоков всего производства.

В современных системах управления структура выродилась в 2-уровневую за счет функционального и физического объединения 1 и 2 уровня. Задачей данного уровня АСУ ТП является сбор, преобразование, обработка входных сигналов и выработка на их основе в соответствии с программой и/или уставкой



управляющих воздействий, поступающих непосредственно на исполнительные механизмы (через усилители или релейно-контакторные группы). Технически данный уровень представляет собой программируемый логический контроллер, сочетающий в себе все возможности 1 и 2 уровня традиционной АСУ ТП.

Данный уровень АСУ ТП представляет собой комплекс приводов и источников информации, а также устройств для трансформации сигнала (ЦАП/АЦП, переход от одного стандарта сигнала к другому и т.д.) и передачи его на высший уровень системы. Все математические и логические операции над сигналом, а также выработка управляющих воздействий производятся с помощью программируемого логического контроллера (PLC) в соответствии с заданием, уставками, выработанными на следующем уровне автоматизации.

На сегодняшний день наибольшее распространение получили программируемые контроллеры, а также средства связи и обработки сигнала, марки SIMATIC производства компании Siemens. Программируемые

контроллеры (Simatic S7-400 является одной из новейших разработок компании) обладают рядом преимуществ, делающих их незаменимыми в вопросах автоматизации современных технологических процессов. SIMATIC S7-400 – это мощный программируемый контроллер для решения задач автоматического управления средней и высокой степени сложности. Он обладает модульной конструкцией, работает с естественным охлаждением, имеет гибкие возможности расширения, мощные коммуникационные возможности и т.д.

Общие требования, предъявляемые к современным программируемым контроллерам, периферийным и вспомогательным устройствам автоматики:

Функциональная полнота;

Совместимость (программная, интерфейсная);

Агрегатируемость (разъемы, шкафы и т.д.);

Возможность эксплуатации в тяжелых условиях (пыле-,вибро-, магнитозащищенность и т.д.)

Программируемый контроллер SIMATIC S7-400 имеет модульную конструкцию и позволяет использовать в своем составе:

Модули блоков питания (PS). В контроллере может быть использовано несколько типов блоков питания, имеющих различную нагрузочную способность и различные параметры входного напряжения (~120/230 или =24 В). В одну монтажную стойку может устанавливаться до двух блоков питания, резервирующих друг друга.

Модули центральных процессоров (CPU). В контроллерах может быть использовано несколько типов центральных процессоров. Некоторые из них имеют встроенный интерфейс PROFIBUS-DP, служащий для обмена данными с устройствами распределенного ввода-вывода (ведомое устройство ET-200M, играет роль устройства связи с объектом) и другими контроллерами. В стойку центрального контроллера может устанавливаться до 4 центральных процессоров.

Сигнальные модули (SM). Модули, предназначенные для ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов.

Коммуникационные процессоры (CP). Интеллектуальные модули, предназначенные для организации различных вариантов связи.

Функциональные модули (FM). Интеллектуальные модули, предназначенные для решения специализированных задач управления.

Таким образом, создание АСУ ТП существенным образом упрощается благодаря появлению ПЛК (PLC), который позволяет решать целый комплекс задач в рамках одного уровня АСУ ТП.

14 Мартеновское производство

14.1 Процесс как объект управления

Мартеновский процесс является периодическим, подовым и многостадийным. Существует ряд периодов процесса:

Заправка. Печь работает на холостом ходу, производится подварка подины. Задача- поддержать печь в горячем состоянии.

Завалка. В этот период тепловую нагрузку печи повышают до определенного уровня. Ограничением по нагрузке является температура свода. Целью периода является обеспечение высокого теплоусвоения шихты.

Прогрев. Этот процесс не должен сопровождаться оплавлением верхних слоев лома.

Заливка чугуна. Характеризуется несколько пониженной тепловой нагрузкой.

Плавление. В этот период суммарная тепловая нагрузка близка к максимальной. Плавление идет с пониженным расходом топлива, так как идет реакция окисления CO до CO_2 с выделением большого количества тепла и это необходимо учитывать при поддержании теплового режима печи.

Доводка. Разделена на периоды рудного (интенсивная продувка ванны кислородом) и чистого кипения. Цель- рафинирование металла от примесей и обеспечение нагрева ванны до необходимой температуры.

Для мартеновского процесса характерно лишь незначительное (на уровне 1,5%) повышение производительности при внедрении АСУ ТП. Это связано с тем, что в МП очень большую роль играет организация завалки шихты, длительность которой может колебаться в очень широких пределах (от 1,5 до 3 часов). Вообще, продолжительность МП главным образом определяют не технологические, а организационные мероприятия.

Серьезным образом (на 10-20%) производительность мартеновской печи можно было бы повысить только с внедрением АСУП, позволяющей организовать материальные и энергетические потоки на производстве, но АСУП невозможно реализовать без внедрения АСУТП.

Основной задачей ведения в мартеновской печи является согласование ее энергетической работы и технологии получения металла заданного состава.

Необходимо отметить, что МП не приспособлена для автоматического управления ходом процесса. Причиной этого в первую очередь является негерметичность печи, неконтролируемый и резко изменяющийся по ходу кампании объем подсасываемого в рабочее пространство атмосферного воздуха. При этом изменяются не только окислительная способность печи, но и температурный и аэродинамический режим рабочего пространства. Это обуславливается тем, что в процессе эксплуатации печи происходит занос решеток регенераторов, изменение размеров воздушного канала головок, что не позволяет гарантировать постоянство размеров и направления факела и т.д.

Вообще, для решения задачи автоматизации мартеновского процесса необходимо было бы контролировать большое число переменных, что резко отрицательно сказалось бы на надежности АСУ. В МП целесообразны САР и не целесообразна АСУ.

АСУТП в МП отсутствует как таковая, применяется лишь система контроля, функцией которой является сбор информации о некоторых параметрах процесса, а также о величинах управляющих воздействий.

Таким образом, условно можно выделить 2 основных недостатка МП с точки зрения управления:

Высокая чувствительность к организационным моментам;

Агрегат плохоконтролируем.

Основные задачи управления, стоящие при реализации мартеновского процесса:

Управление шихтовкой;

Управление тепловым режимом;

Управление технологическим режимом.

Управляющие воздействия, применяемые для ведения процесса:

Состав и количество материалов завалки;

Масса чугуна;

Состав и масса сыпучих материалов;

Расход топлива, воздуха и кислорода продувки;

Реверс факела, то есть «перекидка клапанов».

Применяемые в МП локальные системы регулирования:

Стабилизация расхода топлива;

Регулирование горения топлива (соотношением топливо-воздух);

Стабилизация давления в рабочем пространстве печи;

Стабилизация расхода кислорода продувки;

Автоматика реверса факела;

Управление доводкой (синхронизация $V_с$ и $T_{ст}$).

Параметры, определяющие ход процесса:

Технологические

Температура металла;

Состояние металла (тв/жидк) и шлака;

Х/с металла и шлака.

Теплотехнические

Состояние агрегата;

Температура свода;

Температура регенераторов;
Давление в рабочем пространстве;
Состояние факела и состав продуктов сгорания.

Контролируемый параметр	**Средства измерения**
Вес шихтовых материалов	платформенные и крановые весы; автоматические весы-дозаторы;
Температура чугуна и стали	термопара разового погружения; пирометр в водоохлаждаемой фурме;
Хим. анализ стали и шлака	химический анализ; спектральный анализ;
Температура свода, регенераторов и дымопроводов	радиационный пирометр; шомпольный термозонд;
Давление в рабочем пространстве	тягомер (дифманометр);
Х/с продуктов сгорания	газоанализатор;

15 Производства стали на МНЛЗ

Целью производства стали на МНЛЗ является получение мерных заготовок определенной структуры, одинаковой по всей длине, с качественной поверхностью.

Данные требования обеспечиваются стабильностью (при условии стабильности входных переменных):

скорости вытягивания заготовки;

режима охлаждения как в первичной, так и во вторичной зонах.

При изменении температуры и/или состава металла в промежуточном ковше (а также и ситуации в цехе) необходимо менять и параметры разливки.

Разливка стали идет со скоростью от 0,3 до 1,3 м/с в зависимости от марки стали, профиля заготовки, температуры металла, конструкции МНЛЗ и т.д. В свою очередь, технологическая длина объекта достигает 30 м и больше, то есть время запаздывания составляет от 30 мин до 1 часа, то есть МНЛЗ является высоко инерционным ОУ. Поэтому необходимо избегать резких изменений режима охлаждения и скорости вытягивания заготовки.

Процесс непрерывной разливки осуществляется следующим образом:

На поворотный стенд устанавливается сталеразливочный ковш и накрывается крышкой для уменьшения теплопотерь. Далее металл поступает через шиберный затвор и кварцевый защитный стакан в промежуточный ковш (предварительно разогретый газовыми горелками до температуры 1100-1300 ^{o}C при пуске). На данном этапе решается задача поддержания заданного уровня металла в промежуточном ковше путем регулирования степени открытия

шиберного затвора. Постоянство уровня металла в промежуточном ковше позволяет стабилизировать ферростатическое давление в нем и, соответственно, скорость истечения металла в кристаллизаторы. Уровень металла в промковше, как правило, контролируется весоизмерением (тензорезисторы).

Из промежуточного ковша металл через погружные кварцевые стаканы поступает в водоохлаждаемые медные кристаллизаторы (при запуске в него введена затравка). На данном этапе необходимо стабилизировать уровень зеркала металла путем регулирования положения стопоров каждого ручья в отдельности. На выходе из кристаллизатора необходимо обеспечивать наличие здоровой корочки металла строго определенной толщины по всему периметру заготовки. Слишком тонкая корочка может быть деформирована и порвана под воздействием ферростатического давления, что может привести к аварии, а толстая- может привести к возникновению поверхностных трещин при изгибе заготовки. Уровень металла в кристаллизаторе определяется с помощью индукционного или радиоизотопного датчика.

Во избежание прилипания корочки слитка к стенкам кристаллизатора на зеркало металла подают специальные шлакообразующие смеси, которые выполняют роль смазки, снижают тепловые потери, а также предохраняют металл от взаимодействия с окружающей средой. Чтобы предотвратить зависание слитка, облегчить попадание смазки между слитком и стенкой кристаллизатора, а также обеспечить сваривание (залечивание) разрывов корочки, кристаллизатору сообщается возвратно-поступательное движение в направлении его оси с помощью механизма качания кристаллизатора, имеющего электрический или гидравлический привод. Амплитуда качания может составлять от 5 до 50 мм, а частота- от 10 до 150 циклов в минуту. Режим качания зависит от инерционности подвижной системы, мощности привода, а также марки стали и размера заготовки.

Следующим после кристаллизатора важнейшим технологическим участком МНЛЗ является зона вторичного охлаждения, где слиток должен полностью затвердеть. Охлаждение осуществляется подачей воды непосредственно на слиток струями или с помощью форсунок в виде эмульсии. Для регулирования интенсивности охлаждения всю систему выполняют в виде независимых секций. Сразу после выхода их кристаллизатора слиток интенсивно охлаждают в зоне подбоя. Затем вода подается между поддерживающими роликами или в промежутки между брусьями. На данном этапе решается задача интенсивного и равномерного по периметру заготовки отвода тепла для обеспечения полного затвердевания слитка до достижения им тянущих клетей. Режим охлаждения задается в соответствии со скоростью вытягивания заготовки, температурой и маркой стали на входе, а также сечением слитка. В зоне вторичного охлаждения отводится основная часть тепла кристаллизации.

Тянущая клеть предназначена для обеспечения строго заданной скорости вытягивания заготовки. Валки выполняют как тянущую и поддерживающую, так и частично обжимную функцию. Как правило, тянущую клеть выполняют в виде четырех массивных приводных роликов, имеющих механический или гидравлический поджим и механизм их регулирования.

Устройство для резки слитков на мерные заготовки выполняются в виде газорезки. Газорезка во время отрезания перемещается синхронно со слитком, а затем возвращается в исходную позицию.

15.2Описание 4-ручьевой МНЛЗ ККЦ ОАО «НТМК» для круглых заготовок

Данная МНЛЗ спроектирована и реализована австрийскими специалистами. Предназначена для разливки круглой заготовки диаметром 430 мм, которая используется для изготовления железнодорожных колес.

Некоторые технологические параметры данной МНЛЗ:

Машина радиального типа, 4-ручьевая. Серийность достигает 150 плавок, емкость сталеразливочного ковша- 160 т. Уровень металла в сталеразливочном и промежуточном ковше определяется весоизмерением. Высота кристаллизатора- 0,7 м, скорость вытягивания слитка 0,3-0,55 м/мин. Уровень металла в кристаллизаторе измеряется радиоизотопным датчиком, срок службы датчика превышает срок службы кристаллизатора. Заглубление погружного стакана- 110-150 мм. Обжатие слитка тянущей клетью осуществляется давлением 10 атм. Применяется подача Ar через стопоры промежуточного ковша.

МНЛЗ обслуживают 10 программируемых логических контроллера:

Управление поворотным стендом;

Управление рольгангом;

4 * - Ручьевой контроллер;

4 * - Контроллер газорезки.

Управление процессом разливки стали осуществляется оператором, главной задачей которого является выбор скорости разливки (в соответствии с технологической инструкцией, а также ситуацией в цехе). Также оператор решает задачи согласования материальных потоков и контролирует общий ход процесса разливки. Ввод уставок ПЛК выполняется разливщиками, находящимися непосредственно у ручьев, с помощью промышленных терминалов. То есть оператор работает не с АСР, а лишь с ее визуализационной средой, а основные управляющие воздействия осуществляют разливщики, получающие соответствующие команды от оператора.

Система визуализации выполнена таким образом, что на одном экране оператор может наблюдать все основные переменные процесса: масса (и расчетный уровень) металла в сталеразливочном ковше и промежуточном ковше, уровень металла в кристаллизаторах, скорости вытяжки слитков для каждого ручья, номер плавки, марка и текущая температура стали и т.д.

Режим охлаждения в первичной и вторичной зонах задается автоматически на основании соответствующих расчетов. Заданный уровень металла в промковше и кристаллизаторах также поддерживается автоматически. Положением всех регулирующих органов (шиберный затвор, стопоры) также можно управлять и вручную, что позволяет корректно остановить разливку в случае отказа автоматического оборудования. На случай аварийной ситуации автоматика переходит в соответствующий режим управления процессом (включение специального режима охлаждения, вытягивания слитка и т.д.) и останавливает процесс.

Основная рекомендуемая литература

1. Автоматическое управление в химической промышленности: учебник для вузов. Под ред. Дудникова Е.Г. -М.: Химия, 1987. -368с.
2. Практикум по автоматике и системам управления производственными процессами: Учеб. пособие для вузов/ Под ред. И.М. Масленникова. -М.: Химия, 1986. -336с.
3. Инков А.М. Методические указания по курсовому проектированию по дисциплине САУ Шымкент, ЮКТУ, 2001 г.
4. Инков А.М. Системы автоматизации и управления. «Введение в лабораторный практикум». Методические указания к лабораторной работе № 1 для студентов специальности 36.03. Шымкент, ЮКГУ, 2002 г. - 29 стр.
5. Инков А.М. Системы автоматизации и управления. Определение динамических характеристик объектов управления методом площадей. Методические указания к лабораторной работе № 1А для студентов специальности 36.03. Шымкент, ЮКГУ, 2002 г. - 20 стр.
6. Инков А.М. Системы автоматизации и управления. Исследование на ЭВМ качества переходных процессов в одноконтурной АСР при настройках регулятора по методу Циглера-Никольса. Методические указания к лабораторным работам № 2 и №3 для студентов специальности 36.03. Шымкент, ЮКГУ, 2002 г. - 14 стр., 1таб., ил.
7. Инков А.М. Системы автоматизации и управления. Исследование и компьютерное моделирование переходных процессов в одноконтурной автоматической системе регулирования при настройках регулятора по методу расширенных АФЧХ. Методические указания к лабораторной работе № 4 для студентов специальности 36.03. Шымкент, ЮКГУ, 2002 г. - 13 с.
8. Инков А.М. Системы автоматизации и управления. Исследование и компьютерное моделирование переходных процессов в каскадных автоматических системах регулирования. Методические указания к лабораторной работе №5 для студентов специальности 36.03. ("Автоматизация технологических процессов и производств") Южно-Казахстанский Государственный Университет (ЮКГУ). 2002 г. -12 стр., 1таб., ил.
9. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления: Перевод с английского. Лаборатория базовых знаний, СПб, 2002, 832 с.
10. Номенклатурные справочники и прайс-листы фирм производителей современных технических средств автоматизации (СНГ и дальнее зарубежье, 2000-2004 г, имеются на кафедре АКИ, в том числе в электронном варианте).
11. Перов В.Л. Основы теории автоматического регулирования химико-технологических процессов. –М: Химия, 1970, 352с

12. Голубятников В.А., Шувалов В.В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. - 2-е изд. перераб. и доп. -М.: Химия, 1985. -352с. .Шувалов В.В .и др. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности.-3-е изд. перераб. и доп. -М.: Химия, 1991, -478с.
13. Лапшенков Г.И., Полоцкий Л.М. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. Технические средства и лабораторные работы. Изд. 3-е. –М.: Химия, 1988, 288 с.

Конспект АТТП Часть1 по теме Схемы автоматизации типовых технологических процессов.PDF