

## 6.6. Автоматизация процесса сушки.

Сушка – тепловой процесс обезвоживания твердых материалов путем испарения влаги и отвода образовавшихся паров. При этом в веществе происходит перенос тепла и диффузионное перемещение влаги. Производительность процесса сушки определяется интервалом времени, необходимым для понижения влагосодержания материала от начального значения  $M_n$  до конечного  $M_k$ .

В химической промышленности наиболее распространена конвективная сушка, которая проводится в барабанных сушилках и сушилках с псевдосжиженным (кипящем) слое.

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

**Основным возмущением** процесса является изменение расхода, начальной влажности и дисперсного состава частиц твердого материала, а также изменение расхода и начальной температуры сушильного агента – теплоносителя.

**Основная регулируемая величина** процесса – это остаточная влажность твердого материала.

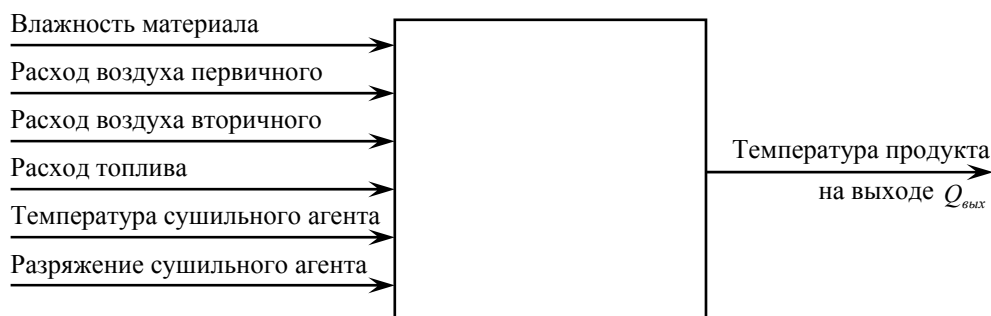


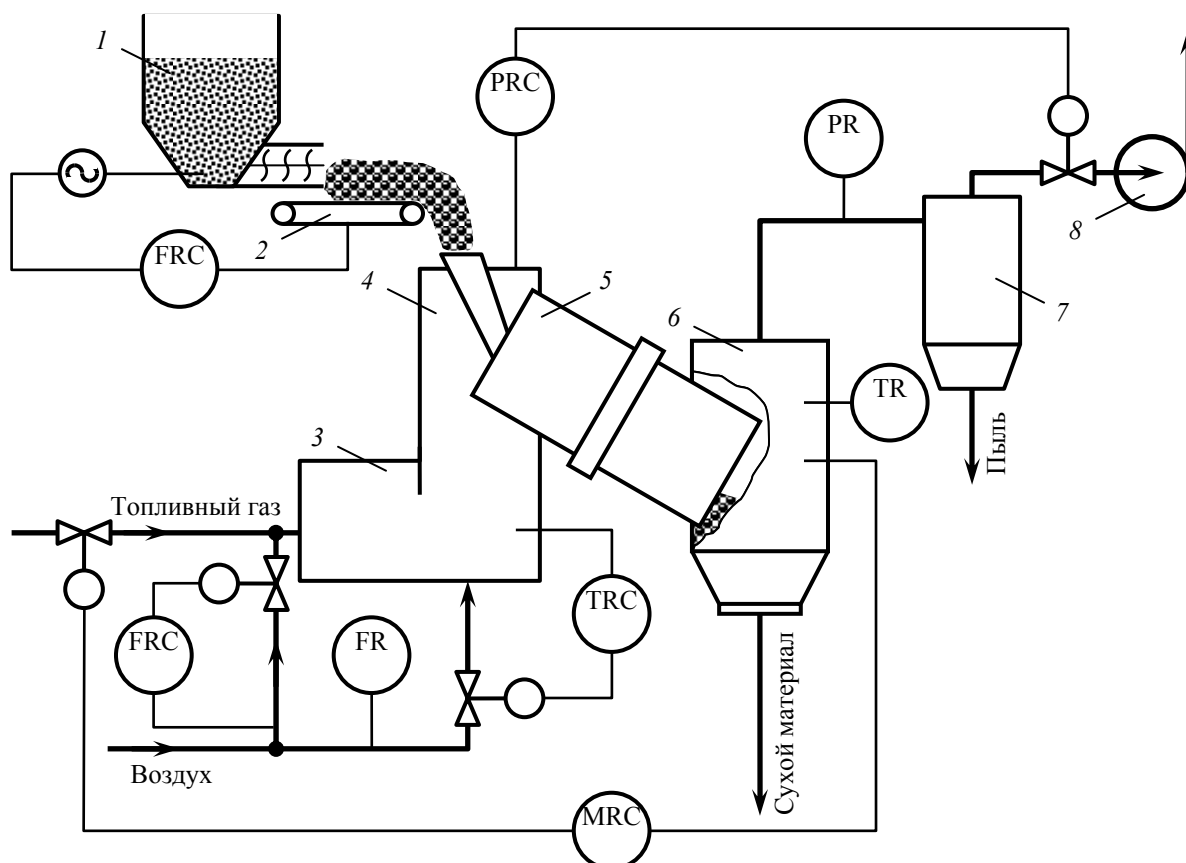
Рис. 6.20. Структурная схема.

Вследствие отсутствия надежных измерительных преобразователей остаточной влажности твердого материала при автоматизации процесса в качестве регулируемых величин используют температуру или влажность сушильного агента.

### 6.6.1. Процесс сушки в барабанной сушилке

В барабанной сушилке (рис. 6.21) влажный материал из бункера дозатором 2 подается в барабан 5, в который также поступает горячий воздух, нагреваемый в топке 3 за счет, например охлаждения топливного газа. При вращении барабана частицы твердого материала перемещаются вдоль его оси. В том же направлении прямоток по барабану проходит горячий воздух, отдавая тепло частицам материала и испаряя находящуюся в них влагу. Высушенный материал ссыпается из барабана в бункер 6, а воздух через циклон 7 отсасывается вентилятором 8. Продолжительность сушки в барабанных сушилках составляет несколько десятков минут, прохождение воздуха исчисляется секундами.

Процесс сушки обычно регулируют по влажности теплоносителя на выходе из барабана. Регулятор влажности воздействует на клапан, установленный на линии подачи топливного газа в топку. Вследствие того, что температурное распределение теплоносителя по длине барабана приближенно соответствует абсолютной влажности твердого материала, подачу топливного газа можно регулировать по температуре влажного воздуха на выходе из установки. Для более качественной сушки необходимо вручную корректировать задание регулятора влажности или температуры воздуха по данным лабораторного остаточной влажности высушиваемого материала.



**Рис. 6.21.** Схема стабилизации процесса сушки в барабанной сушилке.

1 – бункер влажного материала; 2 – дозатор; 3 – печь; 4 – смесительная камера; 5 – сушильная камера; 6 – бункер сухого материала; 7 – циклон; 8 – вентилятор.

Для полного сгорания топливного газа в топку подают первичный воздух, количество которого поддерживают постоянным, с помощью регулятора расхода. Требуемая температура воздуха на входе в барабан обеспечивается регулятором температуры, воздействующим на подачу вторичного воздуха в камеру смешения.

Нагрузку сушилки по влажному материалу стабилизируют с помощью АСР расхода, в которую входит измеритель массы, автоматический регулятор, вторичный прибор со станцией управления и ленточный дозатор с регулируемой скоростью передвижения ленты (выступает в качестве регулирующего органа).

При уменьшении количества твердого материала на ленте относительно заданного значения регулятор вырабатывает сигнал, ускоряющий ее движение, и наоборот. В результате обеспечивается постоянство расхода твердого материала в сушильный барабан.

Нагрузка объекта по сушильному агенту (воздух) поддерживается на постоянном значении регулятором разрежения воздуха в смесительной камере воздействующим на клапан, установленный на линии отвода воздуха после циклона. При постоянном гидравлическом сопротивлении барабана и отсутствии подсоса воздуха из атмосферы система регулирования разрежения обеспечивает постоянство скорости прохождения сушильного агента вдоль барабана. Оптимальное значение скорости устанавливают с учетом того, что с ее увеличением, возрастает скорость сушки твердого материала и одновременно увеличиваются потери тепла с отработанным воздухом.

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

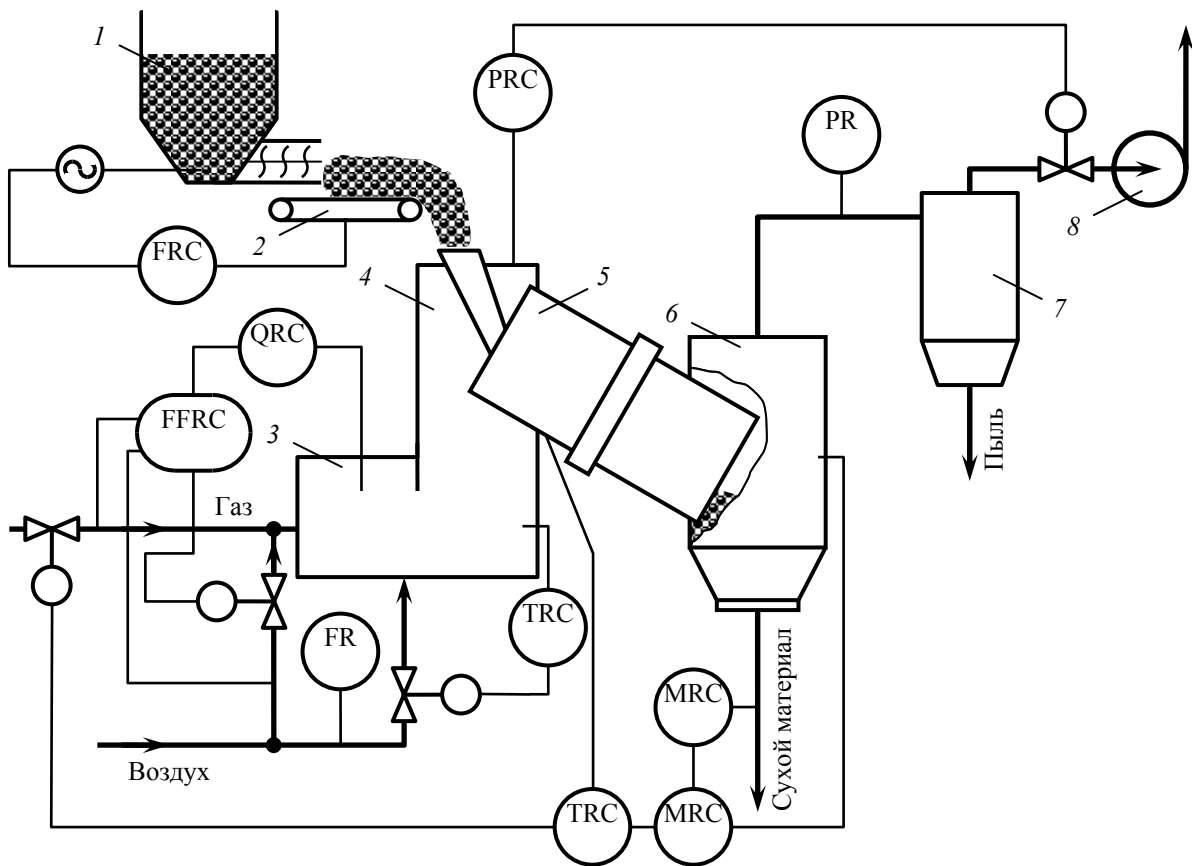
Схема стабилизации барабанной сушилки обеспечивает высушивание влажного твердого материала до заданной остаточной влажности, только при небольших по величине изменениях входных величин процесса сушки. Вследствие большого запаздывания в объекте качественное регулирование процесса возможно лишь с **помощью многоконтурных систем**, рис. 6.22.

В рассматриваемом случае подачей топливного газа на установку управляет каскадная система регулирования температуры воздуха в барабане (стабилизирующий регулятор) с коррекцией по влажности воздуха на выходе их 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 клапан которого в качестве задания направляют на регулятор влажности сушильного агента. При отсутствии такого измерительного преобразователя и в случае необходимости периодически корректируют задание регулятора влажности сушильного агента по данным лабораторного анализа.

Для повышения чувствительности АСР температуры воздуха измерительный преобразователь (термопару) устанавливают в пределах первой трети барабана, т. к. вначале аппарата температура теплоносителя изменяется более интенсивно, чем в его конце. При этом уменьшается также запаздывание объекта. Термопару монтируют непосредственно на поверхности барабана, а ее свободные концы подсоединяют к передающему преобразователю через специальное токосъемное устройство с подвижными контактами. При необходимости компенсации изменения нагрузки установки по расходу влажного материала можно предусмотреть дополнительный контур регулирования по возмущению этой величины.

Полнота сгорания топливного газа обеспечивается АСР соотношения расходов топливного газа и первичного воздуха, управляющей подачей первичного воздуха в топку. При изменении теплотворной способности топлива целесообразно корректировать это соотношение по содержанию кислорода в топочных газах.



**Рис. 6.22.** Схема многоконтурного регулирования процесса сушки в барабанной сушилке.

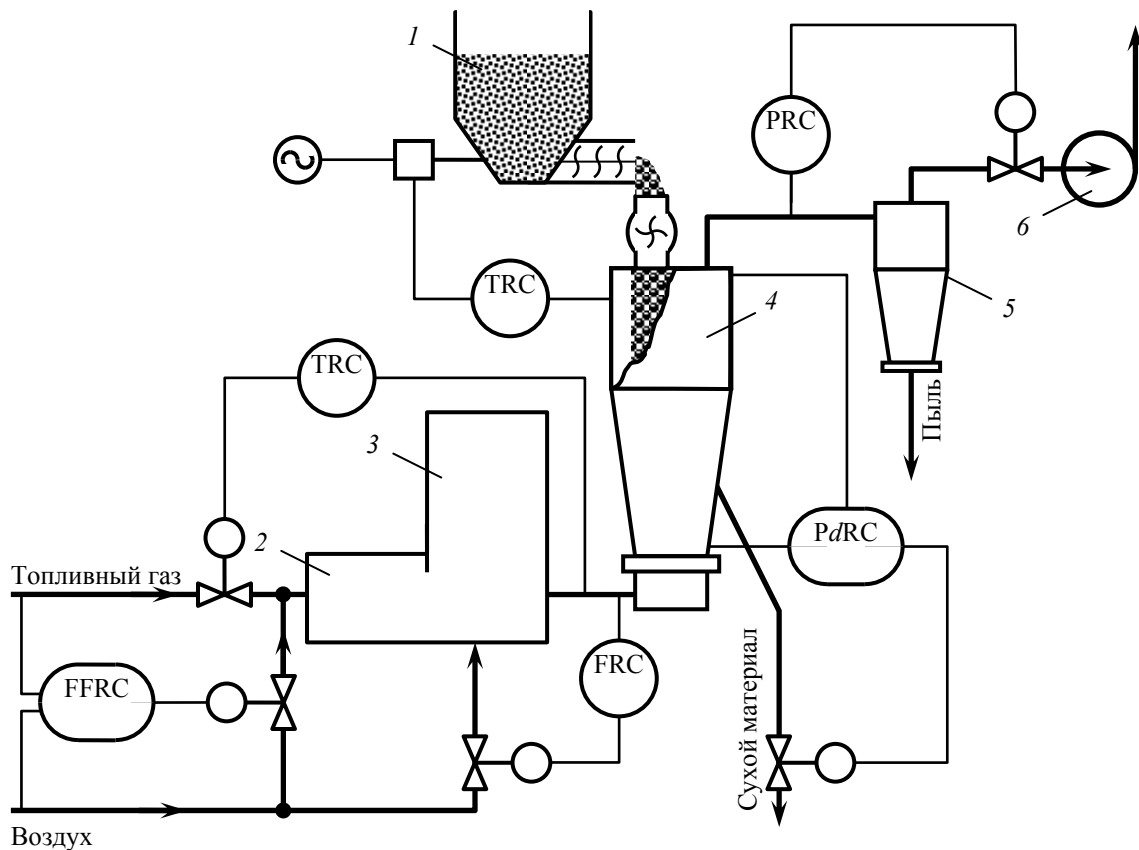
1 – бункер влажного материала; 2 – дозатор; 3 – печь; 4 – смешивательная камера; 5 – сушильная камера; 6 – бункер сухого материала; 7 – циклон; 8 – вентилятор.

### 6.6.2. Автоматизация сушилок с кипящим слоем.

В сушилках с кипящим слоем (рис. 6.23) процесс сушки продолжается до нескольких минут. Сушильный агент (воздух) проходит через сушилку за доли секунды. Влажный материал подается из бункера 1 шнековым питателем в сушилку 4, где он сжижается воздухом, нагреваемым в топке 2 за счёт сжигания топливного газа. Воздух отсасывается через циклон 5 воздухоудвкой 6, а высушенный материал выводится из сушилки.

Установлено, что в псевдосжиженном слое температура определяет остаточную влажность частиц твердого материала во время их пребывания в аппарате и является основной регулируемой величиной. Ее можно поддерживать, меняя расход высушиваемого материала, а также расход или температуру сушильного агента. Возможно применение любого из этих вариантов. Использование в качестве регулирующего воздействия расхода влажного материала требует установки дополнительного бункера для этого материала между предыдущей технологической установкой и сушилкой. При использовании же расхода или температуры воздуха следует иметь ввиду, что на изменение этих величин наложены ограничения по максимуму и минимуму.

Температура в слое псевдосжиженного материала поддерживается регулятором, который управляет подачей влажного материала в сушилку.



**Рис. 6.23.** Схема регулирования процесса сушки в аппарате с кипящим слоем высушиваемого материала:

1 – бункер влажного материала; 2 – пещка; 3 – смесительная камера; 4 – аппарат с кипящим слоем; 5 – циклон; 6 – воздуходувка.

Возрастание температуры в слое свидетельствует о понижении среднего значения остаточной влажности частиц твердого материала. Реагируя на это, регулятор увеличивает скорость вращения шнека питателя, что приводит к увеличению подачи влажного материала и снижению температуры в слое.

Поддержание постоянства температуры воздуха на входе в сушилку обеспечивается с помощью АСП, изменяющей подачу топливного газа в топку. Регулятор устанавливает подачу первичного воздуха в топку в количестве, необходимом для полного сгорания топливного газа. Расход горячего воздуха, подаваемого в сушилку под распределительную решетку и псевдосжижающего частицы высушенного материала, стабилизируется изменением подачи вторичного воздуха в смесительную камеру 3.

Заданное разрежение в сушилке регулируется с помощью клапана, установленного на линии отработанного сушильного агента.

Материальный баланс агента по твердому материалу соблюдается за счет поддержания постоянства уровня псевдосжиженного материала в сушилке с помощью регулятора, управляющего отводом сухого материала.

Уровень псевдосжиженного материала измеряется гидростатическим дифманометрическим уровнемером по перепаду давления в сушилке.

Изменение расхода сухого материала из аппарата обеспечивается изменением проходного сечения задвижки и с пневматическим приводом, работающим от регулятора уровня.

В сушилках с кипящим слоем целесообразно применять экстремальные схемы регулирования.

В качестве критерия оптимальности можно выбрать количество влаги  $W$ , удаляемой из твердого материала в единицу времени:

$$W = F(M_n - M_k), \text{ где}$$

$F$  – расход сухого материала;  $M_n, M_k$  – начальная и конечная влажность материала.

Количество влаги рассчитывается с помощью вычислительного устройства, выходной сигнал которого направляется на экстремальный регулятор, изменяющий расход сушильного агента. При этом необходимо предусмотреть ограничения по минимальной влажности сухого материала, а также по минимальному и максимальному расходам сушильного агента.

Границы изменения расходов сушильного агента определяют область существования псевдосжиженного слоя частиц твердого материала.

## **7. Автоматизация реакторных процессов.**

### ***Регулирование технологических реакторов.***

Химический реактор является основным аппаратом в технологической схеме получения практически любого химического продукта. Работой реактора в значительной мере определяется производительность установки в целом, качество и себестоимость получаемых продуктов.

Упрощенная структурная схема реактора представлена на рис. 7.1. Скорость химической реакции определяется уравнениями кинетики и взаимодействием гидродинамических, массообменных и тепловых процессов в аппарате, от которых зависит концентрация реагентов и условия протекания реакции. В свою очередь, химические превращения в реакторе приводят к изменению тепловых и гидродинамических процессов в нем. Этим взаимосвязям соответствуют перекрестные связи в структурной схеме реактора. Наличие таких внутренних обратных связей может приводить к возникновению неустойчивых режимов, автоколебаниям параметров процесса, изменению качества получаемого продукта и должно учитываться при построении систем автоматизации химических реакторов.

Химические реакторы отличаются разнообразием протекающих в них реакций, принципов действия и конструкций. Так, по фазовому состоянию реагентов различают гомогенные реакции, протекающие в газовой, жидкой или твердой фазах, и гетерогенные, протекающие в диффузионной или кинетической областях. Реакции могут быть некаталитическими и каталитическими, иметь разный порядок, различаться типом механизма (необратимые, обратимые, последовательные, параллельные), а также условиями проведения (изотермические, неизотермические, при постоянном давлении, адиабатические, не адиабатические и т. д.). Предполагается, что в изотермических реакторах теплообмен через стенку идеальный, и тепло, выделяе-