

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова»
Многопрофильный колледж



УТВЕРЖДАЮ
Директор
С.А. Махновский
«01» марта 2018г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
ОПЦ.16 ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
программы подготовки специалистов среднего звена
по специальности СПО
15.02.12 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного
оборудования (по отраслям)**

Магнитогорск, 2018

ОДОБРЕНО

Предметно-цикловой комиссией
Механического и гидравлического
оборудования

Председатель: О.А. Тарасова
Протокол №6 от 21.02.2018 г.

Методической комиссией

Протокол №4 от 01.03.2018 г.

Разработчик

Н.В. Андрюсенко,
преподаватель МпК ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

Методические указания разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины «Основы автоматизации».

СОДЕРЖАНИЕ

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	4
2 ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ/ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ	6
3 Методические указания	7
Практическое занятие № 1	7
Практическое занятие № 2	8
<i>Лабораторная работа 1</i>	9
<i>Лабораторная работа 2</i>	12
Практическое занятие № 3	13

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические занятия.

Состав и содержание практических занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности), необходимых в последующей учебной деятельности.

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Основы автоматизации» предусмотрено проведение практических занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

уметь:

У1. регулировать и настраивать программируемые параметры промышленного оборудования с использованием компьютерной техники;

У2. анализировать по показаниям приборов работу промышленного оборудования;

У01.4 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

У01.2 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;

У02.2 определять необходимые источники информации;

У02.4 структурировать получаемую информацию;

У02.5 выделять наиболее значимое в перечне информации;

У04.2 взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами в ходе профессиональной деятельности;

У05.1 применять техники и приемы эффективного общения в профессиональной деятельности;

У05.3 излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке;

У05.5 проявлять толерантность в рабочем коллективе;

У09.1 применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач.

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального модуля программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями**:

ПК 1.2. Проводить монтаж промышленного оборудования в соответствии с технической документацией;

ПК 1.3. Производить ввод в эксплуатацию и испытания промышленного оборудования в соответствии с технической документацией.

А также формированию **общих компетенций**:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам;

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.

Выполнение студентами практических работ по учебной дисциплине «Основы автоматизации» направлено на:

- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;

- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;

- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;

- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Практические занятия проводятся после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ/ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Разделы/темы	Темы практических/лабораторных занятий	Количество часов	Требования ФГОС СПО (уметь)
Раздел I. Основы автоматизации		9/9	
Тема 1. Общие сведения о системах автоматизации	Практическая работа 1 Перевод национальных не метрических единиц измерения в единицы международной системы СИ.	4	У1, У01.4, У01.2, У02.2, У02.4, У04.2, У05.3, У05.5, У09.1
	Практическая работа 2 Расчет погрешностей системы и ее элементов	2	
Тема 2. Системы технологического контроля	<i>Лабораторная работа 1</i> Сравнение методов измерения давления	4	У2, У01.4, У01.2, У02.2, У02.4, У02.5, У04.2, У05.1, У05.3, У05.5, У09.1.
	<i>Лабораторная работа 2</i> Сравнение методов измерения температуры	5	
Тема 3. Системы технологического регулирования	Практическая работа 3 Изучение схемы и элементов САР	3	У2, У01.4, У01.2, У02.2, У02.4, У02.5, У04.2, У05.1, У05.3, У05.5, У09.1.
ИТОГО		9/9	

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Тема 1. Общие сведения о системах автоматики

Практическое занятие № 1

Перевод национальных не метрических единиц измерения в единицы международной системы СИ

Цель работы: Научиться определять соотношение между единицами измерения СИ и наиболее часто встречающимися единицами других систем и внесистемными.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь: определять соотношение между единицами измерения СИ.

Задание:

Выразить в соответствующих единицах значения физических величин (повариантное задание по таблице 17).

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с единицами физических величин и их размерностью по ГОСТ 8.417-2002 или по методическому указанию.

Оформить заголовочную часть практической работы и выполнить задание.

2. Перечертить задание по своему варианту (см. таблицу 16) в форме таблицы. Используя таблицы 11-15 данного пособия, выразить в соответствующих единицах заданные величины.

3. Ответить на контрольные вопросы:

1. Дайте определение метрологии.
2. Продолжите:
 - физическая величина...
 - значение физической величины...
 - единица физической величины...
3. Перечислите основные единицы Международной системы СИ.
4. Приведите примеры производных единиц СИ.
5. Выразить 1 м в км, Мм, мм, дм.
6. Выразить 1 мм. рт. ст. в Па.

Форма представления результата: Отчет о проделанной работе.

Практическое занятие № 2

Расчет погрешности результата измерения

Цель работы:

- изучить типы погрешностей, применяемых для определения работоспособности средств измерений;
- научиться рассчитывать абсолютную, относительную и приведенную погрешности.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выполнять ремонт, регулировку, испытание и сдачу простых, магнитоэлектрических, электромагнитных, оптико-механических и теплоизмерительных приборов и механизмов, разрабатывать алгоритмы для конкретных задач;
- определять причины и устранять неисправности простых приборов.

Материальное обеспечение:

Методические указания по выполнению работы, индивидуальное задание

Задание:

1. Изучить погрешности, применяемые для определения работоспособности средств измерений
2. Рассчитать абсолютную, относительную и приведенную погрешности по данным.

Порядок выполнения работы:

- 1 Определить, годен прибор к работе или нет, он работает на диапазоне ХВ, ХН (указанны в таблице). Отчет делений по прибору, производится через 10, начиная с ХН, до ХВ. Класс точности прибора в таблице.
- 2 Для получения результата определить: абсолютную, относительную и приведенную погрешности.
- 3 Построить зависимость для определения вариации.

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе.

Тема 2 Системы технологического контроля

Лабораторная работа № 1

Сравнение методов измерения давления

Цель работы: изучение и сравнение методов измерения давления.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- пользоваться измерительной техникой, различными приборами и типовыми элементами средств автоматизации;
- выбирать метод и вид измерения.

Материальное обеспечение:

Установка «Методы измерения давления»

Задание:

- 1 Изучить методы измерения давления.
- 2 Провести сравнительный анализ.

Краткие теоретические сведения:

Единицы измерения давления. В системе Си единицей измерения давления является Паскаль.

$$P = \frac{F}{S} = \frac{H}{m^2} = \text{Па}$$

Давление в один Паскаль равно силе равномерно распределённой по поверхности площадью один кв. м. Иногда в качестве технической единицы измерения применяют единицу называемую атмосферой, обозначается 1 атм. Одна атмосфера это давление, которое оказывает столб воды высотой 1 м на площадку 1 см² при температуре +4°C. В промышленности применяются другая единица давление – **торр** (физик Торричелли). Идеальное давление атмосферы Земли, равное 760 торр, называется **технической атмосферой**.

1 бар = 10⁵ Па;

1 мм вод. ст. = 9,80665 Па ≈ 9,8 Па;

1 мм рт. ст. = 133,322 Па ≈ 133,3 Па;

1 кгс/см² = 98 066,5 Па;

1 атм = 101,325 Па.

1 атм = 760 торр

В США применяется psi: 1 psi = 6,89·10³Па=0,0703атм.

При измерении давления нас м. интересовать абсолютное (полное), избыточное и вакуумметрическое(давление разрежение) давления.

Можно различать абсолютное давление его измеряют по отношению к нулевому давлению, и относительное давление, которое измеряют относительно давления окружающей среды.

Абсолютное давление - это сумма избыточного или манометрического давления и атмосферного. Абсолютное давление – это сумма действующего на нас давления воды и атмосферы. Давление на поверхности Земли обычно называется атмосферным давлением.

Абсолютное давление необходимо знать в тех случаях, когда влияние атмосферного давления исключить нельзя. При контроле технологических процессов и при проведении научных исследований в большинстве случаев приходится иметь дело с измерением избыточного и вакуумметрического давлений, а также с измерением разности давлений (дифманометр).

$$P = P_a + P_{\text{и}}$$

P – полное давление;

P_a – атмосферное давление;

$P_{\text{и}}$ – избыточное давление – это давление газа, превышающее давление окружающей среды.

$$P_{\text{в}} = P_a - P.$$

По измеряемому давлению приборы подразделяются:

1. Барометр – приборы для измерения атмосферного давления;
2. Манометры – приборы для измерения избыточного давления; Избыточное давление – в трубопроводах, в закрытых емкостях.
3. Дифманометры – приборы для измерения разности давлений;
4. Вакуумметры – приборы для измерения давления ниже P_a . Вакуум – это давление ниже атмосферного.
5. Мановакуумметры – приборы для измерения небольших давлений и разрежения.

Методы и средства измерения давления

Методы измерения давления во многом определяют как принципы действия, так и конструктивные особенности средств измерений.

Давление, исходя из самых общих позиций, может быть определено как путем его непосредственного измерения, так и посредством измерения другой физической величины, функционально связанной с измеряемым давлением.

В первом случае измеряемое давление воздействует непосредственно на чувствительный элемент прибора, который передает информацию о значении давления последующим звеньям измерительной цепи, преобразуя ее в требуемую форму. Этот метод определения давления является методом прямых измерений и получил наибольшее распространение в технике измерения давления. На нем основаны принципы действия большинства манометров и измерительных преобразователей давления.

Во втором случае непосредственно измеряются другие физические величины или параметры, характеризующие физические свойства измеряемой среды, значения которых закономерно связаны с давлением (температура кипения жидкости, скорость распространения ультразвука, теплопроводность газа и т. д.). Этот метод является методом косвенных измерений давления и применяется, как правило, в тех случаях, когда прямой метод по тем или иным причинам неприменим, например, при измерении сверхнизкого давления (вакуумная техника) или при измерении высоких и сверхвысоких давлений.

Относительный метод измерений, в отличие от абсолютного, основан на предварительном исследовании зависимости от давления физических свойств и параметров чувствительных элементов средств измерения давления при методах прямых измерений или других физических величин и свойств измеряемой среды — при методах косвенных измерений. На пример, деформационные манометры перед их применением для измерения давления должны быть сначала отградуированы по образцовым средствам измерений соответствующей точности.

Помимо классификации по основным методам измерений давлений и видам давления, средства измерений давления классифицируют по:

- принципу действия,
- функциональному назначению,
- диапазону и точности измерений.

Порядок выполнения работы:

- 1 Подготовить установку к работе.
- 2 Включить питание.
- 3 Провести снятие показаний с датчиков в нескольких точках диапазона.
- 4 Провести сравнительный анализ показаний.

Форма представления результата:

Отчет по лабораторной работе

Лабораторная работа № 2

Сравнение методов измерения температуры

Цель работы: изучение и сравнение методов измерения температуры.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- пользоваться измерительной техникой, различными приборами и типовыми элементами средств автоматизации

Материальное обеспечение:

Установка «Методы измерения температуры»

Задание:

- 1 Изучить методы измерения температуры.
- 2 Провести сравнительный анализ.

Краткие теоретические сведения:

Выбор метода измерения температуры зависит от диапазона измеряемых температур, требуемой точности, быстродействия и допустимой величины входного теплового сопротивления измерительного устройства, т.е. его входной теплоемкости.

В диапазоне низких и средних температур используются в основном контактные методы измерения, при этом используются термометры сопротивления и термоэлектрические преобразователи (термопары). В терморезисторных преобразователях используется свойство проводников или полупроводников изменять свое сопротивление при изменении их температуры. В термометрах сопротивления обычно используют в качестве проводников медь или платину. Преимуществом медных термометров сопротивления является линейная зависимость их сопротивления от температуры: $R=R_0(1+0,004\Delta T)$, где R_0 - сопротивление при 293°K . Чувствительность такого ПИП $0,004R_0\text{K}^{-1}$, а относительная чувствительность $0,004\text{K}^{-1}$. Недостатком медных термометров сопротивления является узкий температурный диапазон (220-400K). С целью расширения этого диапазона применяют платиновые термометры сопротивления. Их использование возможно до 1400K. Однако, зависимость их сопротивления от температуры имеет нелинейный характер, что является их недостатком.

Значительно более высокие температуры позволяют измерять термоэлектрические преобразователи – термопары. Верхняя граница их диапазона достигает 2300K. Недостатки – высокая инерционность и очень низкий коэффициент полезного действия.

Бесконтактные методы измерения температуры основаны на использовании энергии излучения нагретых тел. Приборы для измерения температуры, основанные на использовании энергии нагретых тел, называют пирометрами, которые делятся на яркостные, радиационные и цветовые.

Порядок выполнения работы:

- 1 Подготовить установку к работе.
- 2 Включить питание.
- 3 Нагреть печь до требуемой температуры и провести снятие показаний с датчиков в нескольких точках диапазона.
- 4 Провести сравнительный анализ показаний.

Форма представления результата:

Отчет по лабораторной работе

Тема 3. Системы технологического регулирования
Практическое занятие № 3
Изучение схемы и элементов САР

Цель работы:

1 Изучить принцип построения локальных САР

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- регулировать и настраивать программируемые параметры промышленного оборудования с использованием компьютерной техники.

Материальное обеспечение:

Методические указания по выполнению работы, индивидуальное задание

Задание:

1. Изучить принципы построения типовых САР.
2. Начертить схему по индивидуальному заданию.

Краткие теоретические сведения:

Типовыми называются САР, которые сходны структурно и аппаратно и применяются при автоматизации многих различных тепловых агрегатов.

К типовым можно отнести САР:

1. Температуры в печи
2. Соотношения расходов топлива и воздуха
3. Давления в печи
4. Давления вещества в трубопроводе
5. Расхода вещества в трубопроводе

Каждую САР следует рассматривать в плане:

1. Назначение САР
2. Перечень средств автоматизации
3. Порядок работы САР
4. Управляющее воздействие
5. Возмущающие воздействия.

Типовые САР будут рассматриваться на примере одного объекта управления: в нагревательной печи должна поддерживаться температура 1000°C , печь отапливается газом. Для сжигания газа в печь подается воздух, сжигание должно быть экономичным. Для создания оптимального теплового режима в печи должно поддерживаться определенное давление. Горелочные устройства должны работать стабильно, для чего следует стабилизировать расход (или давление) газа и воздуха. При падении давления газа или воздуха ниже допустимого предела должна сработать сигнализация и отсечка газа и воздуха в печь.

САР температуры в печи

Назначение САР – поддержание температурного режима, т.е. поддержание в ней температуры 1000°C .

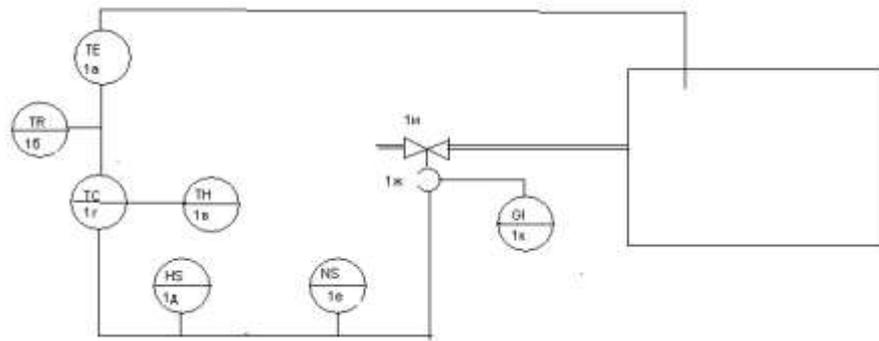


Рис. 1 **Функциональная схема САР температуры**

Порядок работы САР

Температура в печи измеряется термопарой 1а, сигнал с неё подается на вторичный прибор 1б и на регулятор 1г. На регулятор также подается сигнал задания с ручного задатчика 1в. Текущий сигнал температуры (например, 900⁰С) и сигнал задания (пропорциональный 1000⁰С) сравниваются, если между ними есть разница (отклонение, рассогласование), то регулятор вырабатывает сигнал управляющего воздействия в сторону «больше» или «меньше» и через блок ручного управления 1д (в автоматическом режиме) передает его на пускатель (усилитель) 1е, где сигнал усиливается по мощности. Пускатель приводит в действие двигатель исполнительного механизма 1ж. Исполнительный механизм сочленён с регулирующим органом 1и и перемещает его в сторону «больше» или «меньше» пока температура в печи не станет равной заданной. Положение регулирующего органа (вала исполнительного механизма) фиксируется указателем положения 1к. Блок ручного управления предназначен для переключения САР из автоматического режима в ручной или наоборот, а также для перемещения регулирующего органа в ручном режиме с помощью кнопок управления. В блоке ручного управления может быть встроенный указатель положения.

Управляющее воздействие – изменение подачи газа.

Возмущающие воздействия: изменение давления газа или воздуха, давления в печи, калорийности газа и т.д.

САР соотношения расходов топлива и воздуха

Назначение САР – экономичное сжигание топлива. Топливо сжигается полностью в определенном соотношении с воздухом.

Другими словами, для сжигания, например, 1 кг газа необходимо 10 кг воздуха, то соотношение их расходов 1 : 10, т.е. коэффициент соотношения расходов k_c равен 10. Поэтому правомерно, что расход воздуха F_v должен быть равен расходу газа F_r , умноженному на коэффициент соотношения k_c или $F_v = k_c F_r$

Если количество воздуха больше необходимого, то топливо сожжется полностью, а тепло будет расходоваться на нагрев лишнего топлива и температура в печи снизится, т.е. не будет достигнута максимальная температура.

Если количество воздуха меньше необходимого, то топливо не сожжется полностью и максимальная температура также не будет достигнута.

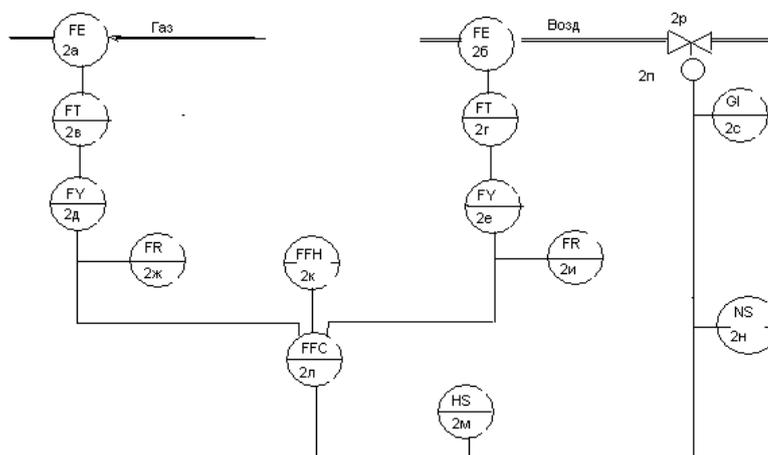


Рис. 2 Функциональная схема САР соотношения расходов «топливо-воздух»

Порядок работы САР

Для измерения расхода газа (воздуха) в трубопроводе устанавливается сужающее устройство 2а (2б), оно создаёт перепад давления газа (воздуха) в трубопроводе, этот перепад фиксируется дифманометром 2в (2г). Сигнал с дифманометра поступает на блок извлечения корня 2д (2е).

[Зависимость расхода F от перепада давления ΔP квадратичная.

$$F = k \sqrt{\Delta P},$$

где k – коэффициент, который учитывает свойства среды и трубопровода.

Блок извлечения корня производит математическую операцию – извлечение корня из значения сигнала перепада давления.

С блока извлечения корня сигнал пропорциональный расходу поступает на вторичный прибор 2ж (2и) и на регулятор 2л. На регулятор также подается сигнал задания (пропорциональный коэффициенту избытка воздуха α) с ручного задатчика 2к.

Текущие сигналы расхода газа F_G и воздуха F_B должны быть в равновесии:

$$F_B = \alpha (k_c F_G),$$

где α – коэффициент избытка воздуха;

k_c – коэффициент соотношения.

Если есть отклонение от задания, то регулятор вырабатывает сигнал управляющего воздействия в сторону «больше» или «меньше» и через блок ручного управления 2м (в автоматическом режиме) передает его на пускатель (усилитель) 2н, где сигнал усиливается по мощности. Пускатель приводит в действие двигатель исполнительного механизма 2п. Исполнительный механизм сочленён с регулирующим органом 2р и перемещает его в сторону «больше» или «меньше» пока не восстановится равенство $F_B = \alpha (k_c F_G)$. Положение регулирующего органа (вала исполнительного механизма) фиксируется указателем положения 2с. Блок ручного управления предназначен для переключения САР из автоматического режима в ручной или наоборот, а также для перемещения регулирующего органа в ручном режиме с помощью кнопок управления. В блоке ручного управления может быть встроенный указатель положения.

Управляющее воздействие – изменение подачи воздуха.

Возмущающие воздействия: изменение давления газа или воздуха, давления в печи, калорийности газа и т.д.

САР давления в печи

Назначение САР – поддержание оптимальной тяги, т.е. поддержание в ней давление близкое к атмосферному на уровне пода печи. Если давление будет больше заданного возникнут выбивания продуктов сгорания из пространства печи, они токсичны. Если давление будет меньше заданного возникнет подсос холодного воздуха в пространство печи и снижение температуры в ней.

Система измерения давления в печи

В печи следует поддерживать небольшое по величине избыточное давление P_n , отбор давления берется из пространства печи (в своде) и по импульсной трубке передаётся на измерительный прибор давления. Однако в трубке возникают температурные напоры P_t из-за высоких температур (трубка проходит вблизи печи и нагревается), они в сотни раз по величине превышают избыточное давление в печи. Для устранения данной погрешности измерения рядом с импульсной трубкой прокладывается компенсационная трубка в тех же условиях, только отбор давления берётся над печью. Обе линии подключаются к разным камерам дифманометра, где величина температурного напора компенсируется и на выходе дифманометра появляется сигнал пропорциональный избыточному давлению. Система измерения давления в печи состоит из дифманометра и вторичного прибора.

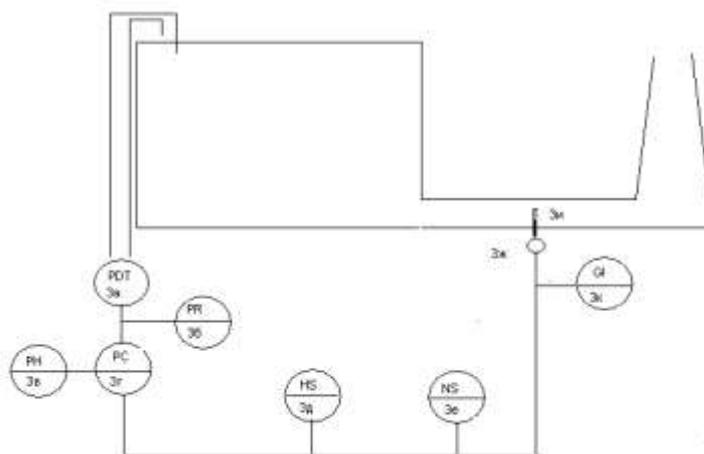


Рис. 3 Функциональная схема САР давления в печи

Порядок работы САР

Давление в печи измеряется дифманометром 3а, сигнал с него подается на вторичный прибор 3б и на регулятор 3г. На регулятор также подается сигнал задания с ручного задатчика 3в. Текущий сигнал давления в печи сравниваются с сигналом задания, если между ними есть разница (отклонение, рассогласование), то регулятор вырабатывает сигнал управляющего воздействия в сторону «больше» или «меньше» и через блок ручного управления 3д (в автоматическом режиме) передает его на пускатель (усилитель) 3е, где сигнал усиливается по мощности. Пускатель приводит в действие двигатель исполнительного механизма 3ж. Исполнительный механизм сочленён с регулирующим органом 3и и перемещает его в сторону «больше» или «меньше» пока давление в печи не станет равным заданному. Положение регулирующего органа (вала исполнительного механизма) фиксируется указателем положения 3к. Блок ручного управления предназначен для переключения САР из автоматического режима в ручной или наоборот, а также для перемещения регулирующего органа в ручном режиме с помощью кнопок управления. В блоке ручного управления может быть встроенный указатель положения.

Управляющее воздействие – изменение тяги в печи (изменение положения шибера в дымоходе).

Возмущающие воздействия: изменение давления газа или воздуха, подсосы воздуха и т.д.

САР расхода вещества в трубопроводе

Назначение САР – стабилизация расхода (давления) вещества в трубопроводе. Например, для стабильной работы горелочных устройств подача газа и воздуха должна быть равномерной, без пульсаций.

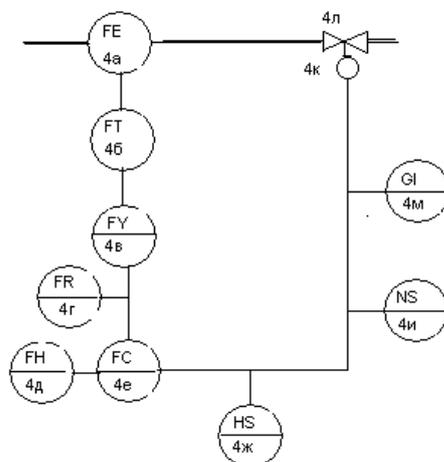


Рис.4 Функциональная схема САР расхода вещества в трубопроводе

Для измерения расхода вещества в трубопроводе устанавливается сужающее устройство 4а, оно создаёт перепад давления вещества в трубопроводе, этот перепад фиксируется дифманометром 4б. Сигнал с дифманометра поступает на блок извлечения корня 4в.

[Зависимость расхода F от перепада давления ΔP квадратичная.

$$F = k \sqrt{\Delta P},$$

где k – коэффициент, который учитывает свойства среды и трубопровода.

Блок извлечения корня производит математическую операцию – извлечение корня из значения сигнала перепада давления]

С блока извлечения корня сигнал пропорциональный расходу поступает на вторичный прибор 4г и на регулятор 4е. На регулятор также подается сигнал задания с ручного задатчика 4д.

Если есть отклонение текущего сигнала от сигнала задания, то регулятор вырабатывает сигнал управляющего воздействия в сторону «больше» или «меньше» и через блок ручного управления 4ж (в автоматическом режиме) передает его на пускатель (усилитель) 4и, где сигнал усиливается по мощности. Пускатель приводит в действие двигатель исполнительного механизма 4к. Исполнительный механизм сочленён с регулирующим органом 4л и перемещает его в сторону «больше» или «меньше» пока отклонение не станет равно нулю. Положение регулирующего органа (вала исполнительного механизма) фиксируется указателем положения 4м. Блок ручного управления предназначен для переключения САР из автоматического режима в ручной или наоборот, а также для перемещения регулирующего органа в ручном режиме с помощью кнопок управления. В блоке ручного управления может быть встроенный указатель положения.

Управляющее воздействие – изменение подачи вещества.

Возмущающие воздействия: изменение давления вещества.

САР давления вещества в трубопроводе

