

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



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ
ПМ.04 Контроль за соблюдением технологии производства и качеством выпускаемой
продукции
МДК 04.01 Автоматизация технологических процессов
для обучающихся специальности
22.02.05 Обработка металлов давлением**

Магнитогорск, 2022

ОДОБРЕНО

Предметно-цикловой комиссией
«Металлургия и ОМД»
Председатель О.В. Шелковникова
Протокол № 10 от 22.06.2022

Методической комиссией МпК

Протокол № 6 от 29.06.2022 г.

Разработчик:

преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» Многопрофильный колледж

Г.К. Пащенко

Методические указания по выполнению практических работ разработаны на основе рабочей программы ПМ.04 Контроль за соблюдением технологии производства и качеством выпускаемой продукции, МДК 04.01 Автоматизация технологических процессов предусмотрено проведение практических занятий

Содержание практических работ ориентировано на формирование общих и профессиональных компетенций по программе подготовки специалистов среднего звена по специальности 22.02.05 Обработка металлов давлением.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ВВЕДЕНИЕ	4
2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	6
Тема 1.1 ГСП контроля и регулирования технологических процессов	6
Практическое занятие № 1	6
Практическое занятие № 2	7
Тема 1.2 Основы техники измерения	8
Лабораторная работа №1	Ошибка! Закладка не определена. 8
Практическое занятие № 3	8
Практическое занятие № 4	11
Практическое занятие № 5	12
Практическое занятие № 6	14
Практическое занятие № 7	17
Тема 1.3 Автоматизация системы управления технологическим процессом (АСУ ТП)	22
Практическое занятие № 8	22
Практическое занятие № 9	24
Практическое занятие № 10	30
Практическое занятие № 11	32
Практическое занятие № 12	33
Практическое занятие № 13	34
Лабораторная работа № 2	35
Лабораторная работа № 3	38

1 ВВЕДЕНИЕ

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) или учебных практических умений, необходимых в последующей учебной деятельности.

В соответствии с рабочей программой ПМ.04 Контроль за соблюдением технологии производства и качеством выпускаемой продукции, МДК 04.01 Автоматизация технологических процессов предусмотрено проведение практических занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

уметь:

У 4.1.01 выбирать методы контроля, соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для контроля качества продукции;

У 4.2.01 анализировать и осуществлять технологический процесс обработки металлов давлением с использованием автоматизированной системы управления, компьютерных и телекоммуникационных средств;

У 4.5.01 применять методы предупреждения, обнаружения и устранения дефектов выпускаемой продукции;

У 4.1.01 выбирать методы контроля, соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для контроля качества продукции;

У 4.2.01 анализировать и осуществлять технологический процесс обработки металлов давлением с использованием автоматизированной системы управления, компьютерных и телекоммуникационных средств;

У 4.5.01 применять методы предупреждения, обнаружения и устранения дефектов выпускаемой продукции;

Содержание практических занятий ориентировано на формирование общих компетенций по профессиональному модулю программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями**:

ПК 4.1. Выбирать методы контроля, аппаратуру и приборы для контроля качества продукции.

ПК 4.2. Регистрировать и анализировать показатели автоматической системы управления технологическим процессом.

ПК 4.3. Оценивать качество выпускаемой продукции.

ПК 4.4. Предупреждать появление, обнаруживать и устранять возможные дефекты выпускаемой продукции.

ПК 4.5. Оформлять техническую документацию при отделке и контроле выпускаемой продукции.

А также формированию **общих компетенций**:

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

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.

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

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Выполнение обучающимися практических работ по ПМ.04 Контроль за соблюдением технологии производства и качеством выпускаемой продукции, МДК 04.02 Информационные технологии в профессиональной направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- 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 или лабораторные занятия проводятся после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Тема 1.1 ГСП контроля и регулирования технологических процессов

Практическое занятие № 1

Перевод национальных не метрических единиц измерения в единицы международной системы СИ

Формируемые компетенции:

ПК 4.1. Выбирать методы контроля, аппаратуру и приборы для контроля качества продукции.

Цель работы:

1. Научиться определять соотношение между единицами измерения СИ и наиболее часто встречающимися единицами других систем и внесистемными

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения соотношения между единицами измерения СИ; - выбирать справочные данные, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;

Материальное обеспечение:

Методические указания для выполнения расчета режима обжарки на толстолистовых станах, схема расположения оборудования данных станков; индивидуальные задания для выполнения расчетов

Оборудование: не требуется

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с ГОСТ 8.417-2002 или по методическому указанию.
2. Перечитать задание и выполнить по своему варианту в форме таблицы.

Ход работы:

1. Ознакомиться с единицами физических величин и их размерностью по ГОСТ 8.417-2002 или по методическому указанию.
2. Оформить заголовочную часть практической работы и выполнить задание.
3. Перечитать задание по своему варианту (см. таблицу) в форме таблицы. Используя таблицы 11-16 данного пособия, выразить в соответствующих единицах заданные величины.

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 предоставления результата:

1. Ответить на контрольные вопросы Расчетные формулы и пояснения к ним
2. Выразить в соответствующих единицах значения физических величин (повариантное задание по таблице)

Критерии оценки:

Отлично – освоение теоретических сведений, свободное владение материалом и умение отвечать на вопросы; успешное и полное выполнение задания, соблюдение порядка выполнения работы.

Хорошо – освоение теоретических сведений, но при ответах на вопросы наблюдается неуверенность, незначительные ошибки; успешное и полное выполнение задания, незначительные замечания в последовательности выполнения работы.

Удовлетворительно – освоение теоретических сведений, но нет ответов на вопросы; недостаточный объем выполнения задания, замечания в последовательности выполнения работы.

Неудовлетворительно – теоретический материал не освоен; недостаточный объем выполнения задания, замечания в последовательности выполнения работы

Практическое занятие № 2**Расчет погрешностей системы****Формируемые компетенции:**

ПК 4.1. Выбирать методы контроля, аппаратуру и приборы для контроля качества продукции.

Цель работы:

1. Формирование умений производить расчет погрешностей системы и ее элементов
2. Привитие навыков пользоваться компьютерными технологиями и технической литературой;

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- применять типовые методики определения погрешностей системы и ее элементов
- выбирать справочные данные, для обеспечения выпуска продукции с заданными свойствами;
- рассчитывать погрешностей системы и ее элементов

Материальное обеспечение:

Методические указания для выполнения расчета режима обжаривания на толстолистовых станах, схема расположения оборудования данных станков; индивидуальные задания для выполнения расчетов

Оборудование: не требуется

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с инструкцией по выполнению работы
2. Записать формулу для расчета погрешностей системы и ее элементов
3. Определить значение всех величин входящих в формулу для расчета погрешностей системы
4. Выполнить расчет
5. Построить статическую характеристику

Форма предоставления результата:

1. Расчетные формулы и пояснения к ним
2. Таблица результатов по итогам расчета

Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

Тема 1.2 Основы техники измерения

Практическое занятие № 3

Изучение устройства и принципа действия приборов для измерения давления

Формируемые компетенции:

ПК 4.1. Выбирать методы контроля, аппаратуру и приборы для контроля качества продукции

ПК 4.2. Регистрировать и анализировать показатели автоматической системы управления технологическим процессом.

Цель работы:

Ознакомление с устройством и принципом действия манометра с одновитковой трубчатой пружиной;

Ознакомление с методикой поверки манометров

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- работать с устройством пружинного манометра.

Оборудование:

1. Поверяемый манометр с одновитковой трубчатой пружиной
2. Образцовый манометр с классом точности 0,4
3. Компрессор

Задание

1. Ознакомиться с устройством и принципом действия манометра с одновитковой трубчатой пружиной

2. Выполнить поверку прибора в соответствии с установленной методикой

Теоретический материал

Для каждого типа приборов устанавливается допустимая погрешность показаний, т.е. отклонение результатов измерения от истинного значения измеряемой величины – класс точности. Класс точности – допустимая погрешность прибора, выраженная в процентах от максимального значения шкалы данного прибора.

Класс точности прибора часто обозначается на шкале числом, очерченным полукругом или квадратом.

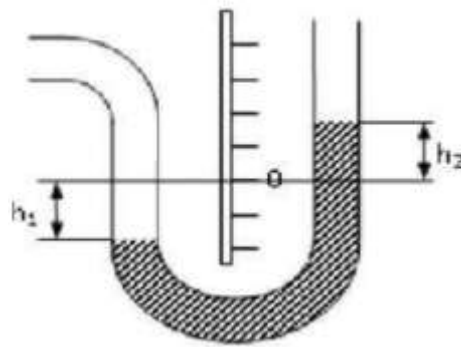
В газовом хозяйстве применяются манометры с классом точности до 2,5.

Пример. Манометр с диапазоном измерения от 0 до 1 МПа. Класс точности 1,5. Стрелка манометра показывает 0,5 МПа. Каково истинное значение измеренной величины? $P = (0,5 \pm 0,015) \text{ МПа}$. Допустимая погрешность может быть большей или меньшей ($\pm$).

Жидкостные манометры.

Предназначены для измерения низкого давления.

Принцип действия: измеряемое давление уравнивается высотой столба затворной жидкости.



Устройство U-образного жидкостного манометра:

- основание, на котором закреплены шкала в мм вод.ст. или в Па с нулевой отметкой посередине;
- U-образная трубка, в которую заливается затворная жидкость.

Измеряемое давление:

$$P_{\text{изм}} = h_1 + h_2$$

где h_1 -отметка, на которую опустилась затворная жидкость ниже нуля, h_2 -отметка, на которую поднялась жидкость в другом колене.

Если в U-образной трубке залита не вода, а другая жидкость, то

$$P_{\text{изм}} = (h_1 + h_2)rg$$

где r – плотность затворной жидкости, g – ускорение свободного падения.

Жидкостный манометр можно использовать как дифференциальный манометр – подсоединить оба колена к газопроводу.

Эксплуатация:

- вертикальная установка;
- ежедневная проверка заливки затворной жидкости до нулевой отметки; – не реже 1 раза в год госповерка;
- после замера давления кран на манометр перекрыть.

Шкалы: 0-100, 0-250, 0-600, 0-160, 0-400, 0-1000 в мм вод.ст. эозин или фенолфталеин – для закраски затворной жидкости, если она прозрачна.

Погрешность отсчета показаний составляет ± 1 мм высоты столба затворной жидкости и не зависит от диаметра трубок.

Пружинные манометры.

Предназначены для измерения среднего и высокого давления.

Принцип действия основан на уравнивании избыточного давления силами упругой деформации трубчатой пружины.

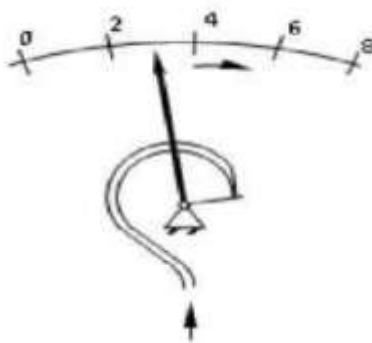


Рис. Устройство:

1. корпус со стеклом, 2. шкала, 3. полая трубка Бурдона (трубчатая пружина), 4. передаточный механизм, который передает движения свободного конца трубки стрелке, 5. стрелка.

Манометр присоединяется к газопроводу через 3-х ходовой кран или устройство, заменяющее его (КЗМ).

Эксплуатация:

- проверка исправности манометра посадкой стрелки на «0» не реже 1 раза в смену; - госповерка не реже 1 раза в год с указанием на клейме квартала и года поверки.

На шкале манометра красной чертой указывается разрешенное рабочее давление. Рабочее давление должно находиться во второй трети шкалы манометра.

Какой манометр считается неисправным:

- отсутствует пломба или клеймо поверки; – просрочен срок поверки;
- стрелка прибора не садится на «0» на величину, превышающую предел допускаемой основной погрешности для данного прибора;
- механические повреждения прибора (разбито стекло, свернут корпус манометра, и т.д.).

Чувствительным элементом в пружинном манометре является пружина, в мембранном – мембрана, в сифоном – сифон.

Электроконтактные манометры.

ЭКМ – пружинный с электроконтактами, применяется в системах контроля, регулирования и сигнализации. Две специальные стрелки устанавливаемые на max и min давление смонтированы с контактами электрической цепи. Замыкание одного из контактов рабочей стрелкой вызывает соответствующее действие системы автоматики.

Самопишущие манометры предназначены для измерения и регистрации давления в любое время суток.

Изменение избыточного давления (давление колеблется до 10 %) в ГРП (ГРУ) может привести к аварии.

Действие прибора основано на уравнивании избыточного давления силами упругой деформации трубчатой пружины или сиффона.

Устройство: манометр с трубчатой пружиной или сиффоном, к стрелке манометра, прикреплено перо с капилляром и колбочкой с чернилами (маркер), картограмма(диаграмма).

МТС – манометр с трубчатой пружиной самопишущий;

МСС – манометр сиффонный самопишущий.

Диаграммы ленточная или дисковая приводятся в действие от часового механизма или синхронного двигателя. 1 оборот диаграммы – 24 часа.

Эксплуатация самописца:

- 1 раз в сутки заменять диаграмму;
- чистка пера, заправка чернилами, завод часов, механизма через 7 суток;
- установка на «0» при замене диаграмм или не реже 1 раза в 15 суток;
- подпись на диаграмме оставить.

Форма предоставления результата

Отчет о проделанной работе включает в себя следующие пункты: 1.

Схема установки

2. Расчетные формулы и произведенные по ним расчеты 3.

Таблица результатов

4. Статическая характеристика манометра

5. Выводы по работе о пригодности манометра к эксплуатации

Работа выполняется в тетрадях для практических работ, сдается в конце занятия в форме выполненного упражнения.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

Практическое занятие № 4

Изучение устройства и принципа действия приборов для измерения расхода

Формируемые компетенции

ПК 4.1. Выбирать методы контроля, аппаратуру и приборы для контроля качества продукции.

ПК 4.2. Регистрировать и анализировать показатели автоматической системы управления технологическим процессом

Цель работы: обеспечить усвоение новых понятий: «ферродинамический преобразователь», строить схемы дистанционных передач, развивать умение делать выводы.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- строить схемы дистанционной передачи

Материальное обеспечение:

Лекции, раздаточный материал.

Оборудование: не требуется

Теоретический материал

Электродинамические (ферродинамические) приборы состоят из электродинамического (ферродинамического) измерительного механизма с отсчетным устройством и измерительной цепи. Эти приборы применяют для измерения постоянных и переменных токов и напряжений, мощности в цепях постоянного и переменного тока, угла фазового сдвига между переменными токами и напряжениями. Электродинамические приборы являются наиболее точными электромеханическими приборами для цепей переменного тока.

Вращающий момент в электродинамических и ферродинамических измерительных механизмах возникает в результате взаимодействия магнитных полей неподвижных и подвижной катушек с токами.

Электродинамический измерительный механизм имеет две последовательно соединенные неподвижные катушки 1, разделенные воздушным зазором, и подвижную катушку 2. Ток к подвижной катушке подводится через пружинки, создающие противодействующий момент.

Успокоение создается воздушным или магнитоиндукционным успокоителем.

При протекании токов в обмотках катушек измерительного механизма возникает момент, поворачивающий подвижную часть.

Вращающий момент имеет постоянную и гармоническую составляющие. Отклонение подвижной части обычно при-меняемого электродинамического измерительного механизма при работе его в цепи переменного тока промышленной и более высокой частоты определяется постоянной составляющей момента.

Ферродинамический измерительный механизм отличается от электродинамического механизма тем, что его неподвижные ка-тушки имеют магнитопровод из магнитомягкого листового материала, позволяющий существенно увеличивать магнитный поток, а следовательно, и вращающий момент. Однако использование ферромагнитного сердечника приводит к появлению погрешностей, вызванных его влиянием, например погрешностей от нелинейности кривой намагничивания, от гистерезиса при работе на постоянном токе и т. д. Ферродинамические измерительные механизмы мало подвержены влиянию внешних магнитных полей, так как имеют достаточно сильные собственные поля.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с инструкцией по выполнению работы
2. Изучить ферродинамический преобразователь. Принцип его работы
3. Определить значение всех величин для построение схемы дистанционной передачи. 4. Построить схему дистанционной передачи

Форма предоставления результата:

1. Расчетные формулы и пояснения к ним.
2. Таблица результатов по итогам расчета.
3. Схема дистанционной передачи.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

Практическое занятие № 5

Изучение устройства и принципа действия термометров и пирометров

Формируемые компетенции:

ПК 4.1. Выбирать методы контроля, аппаратуру и приборы для контроля качества продукции.

Цель работы: обеспечить усвоение новых понятий, развивать умение делать выводы; апробация методики расчета энергосиловых параметров

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- классифицировать приборы температур

Материальное обеспечение:

Лекции, раздаточный материал.

Теоретический материал

Температурой называют величину, характеризующую тепловое состояние тела. Согласно кинетической теории температуру определяют как меру кинетической энергии поступательного движения молекул. Отсюда температурой называют условную статистическую величину, прямо пропорциональную средней кинетической энергии молекул тела.

По второму закону термодинамики температуру T можно определить из отношения температур T_1 и T_2 и отношения соответствующих количеств тепла Q_1 и Q_2 , полученного и отданного в цикле Карно:

Отсюда можно установить численные значения температуры, если принять некоторые значения ее для двух основных реперных точек. Поэтому температурой можно назвать меру отклонения термодинамического состояния тела от произвольно выбранного состояния теплового равновесия.

Температура не поддается непосредственному измерению. Поэтому о состоянии теплового равновесия и о значении температуры судят по изменению физических свойств тел.

Первым устройством, созданным для измерения температуры, считают водяной термометр Галилея (1597 г.). Термометр Галилея не имел шкалы и был, по существу, лишь индикатором температуры. Полвека спустя, в 1641 г., неизвестным для нас автором был изготовлен термометр со шкалой, имеющей произвольные деления. Спустя еще полвека Ренальдини впервые предложил принять в качестве постоянных точек, характеризующих тепловое равновесие, точки плавления льда и кипения воды. При этом температурной шкалы еще не существовало. Первая температурная шкала была предложена и осуществлена Д. Г. Фаренгейтом (1724 г.). Температурные шкалы устанавливались произвольным выбором нулевой и других постоянных точек и произвольным принятием интервала температуры в качестве единицы.

Устройства для измерения температур

Температуру измеряют с помощью устройств, использующих различные термометрические свойства жидкостей, газов и твердых тел. Существуют десятки различных устройств, применяемых в промышленности, при научных исследованиях и для специальных целей. В табл. 2-3 приведены наиболее распространенные устройства для измерения температуры и практические пределы их применения.

До последнего времени узаконенных терминов и их определении для устройств измерения температуры не существовало. Только в июле 1968 г. был введен в действие новый ГОСТ 13417—67, устанавливающий такие понятия.

Жидкостные стеклянные термометры

Самые старые устройства для измерения температуры — жидкостные стеклянные термометры — используют термометрическое свойство теплового расширения тел. Действие термометров основано на различии коэффициентов теплового расширения термометрического вещества и оболочки, в которой оно находится (термометрического стекла или реже кварца).

Стеклянные жидкостные термометры имеют весьма широкое применение и выпускаются следующих основных разновидностей.

1. Технические (ГОСТ 2823—59) ртутные, с вложенной шкалой, с погружаемой в измеряемую среду нижней частью, прямые (рис. 3-2, а) и угловые (рис. 3-2, б, в). Термометры изготавливаются со шкалами от -35 до $+50^{\circ}\text{C}$ и от 0°C до 50; 100; 150; . . . ; 500°C . Цена наименьшего деления шкалы в пределах измерения до $+50^{\circ}\text{C}$

2. Лабораторные (ГОСТ 215—57) ртутные, палочные или с вложенной шкалой (рис. 3-2, г и д), погружаемые в измеряемую среду до отсчитываемой температурной отметки, прямые, небольшого наружного диаметра (5—11 мм). Термометры по пределам измерения и цене деления шкалы подразделяются на четыре группы. Наиболее точные термометры с ценой деления шкалы $0,1^{\circ}\text{C}$ имеют интервал измерения 50°C , например от $+150$ до $+200^{\circ}\text{C}$ (не выше $+350^{\circ}\text{C}$). Верхний предел измерения для шкал, начинающихся от 0°C , равен 500°C при цене деления шкалы 2°C .

3. Жидкостные (не ртутные) термометры (ГОСТ 9177—59) выпускаются в различном конструктивном оформлении, в том числе с прикладной шкальной пластинкой (рис. 3-2, в), для измерения температур от -190 до $+100^{\circ}\text{C}$.

4. Повышенной точности и образцовые ртутные термометры с верхним пределом измерения 600°С характеризуются малой ценой деления шкалы — до 0,01°С.

5. Электроконтактные ртутные термометры с вложенной шкалой, с впаянными в капиллярную трубку контактами для разрывания (или замыкания) столбиком ртути электрической цепи. Изготавливаются для измерения либо постоянной температуры контактирования (рис. 3-2,ж), либо произвольно изменяемой в пределах от 0 до 300°С (ГОСТ 9871—61).

6. Специальные термометры, в том числе максимальные (медицинские и др.), минимальные, метеорологические и другого назначения.

Биметаллические и dilatометрические термометры

В биметаллических термометрах в качестве чувствительного элемента используют пластинки или ленты, состоящие из двух слоев разнородных металлов, характеризующихся различными коэффициентами теплового расширения. Чаще всего применяют медно-цинковый сплав — латунь (70% Cu + 30% Zn) и сплав железа с никелем - инвар (64% Fe + 36% Ni), с существенно различными коэффициентами теплового расширения: порядка 0,000019 град-1 для латуни и 0,000001 град-1 для инвара. При изменении температуры биметаллической пластинки она деформируется (рис.4) вследствие неодинакового расширения отдельных слоев пластинки. Если закрепить неподвижно один конец пластинки, то по перемещению другого конца, соединенного с указателем, можно судить об изменении температуры.

Задание

1. Изучить конструктивные особенности представленных на схемах приборов
2. Определить тип термометра на базе которой выполнен прибор, исходя из области его использования и характеристики термометра

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с инструкцией по выполнению работы
2. Изучить схемы приборов и датчиков
3. Определить конструктивные особенности каждого из них, исходя из области применения: - измерение температуры в печи;- измерение температуры газа.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

Практическое занятие № 6

Изучение устройства и принципа действия приборов состава газов

Формируемая компетенция:

ПК 4.1. Выбирать методы контроля, аппаратуру и приборы для контроля качества продукции.

Цель работы:

Ознакомиться с классификацией и устройством основных типов газоанализаторов

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

анализировать основные газоанализаторы

Материальное обеспечение: Схемы газоанализаторов

Оборудование: не требуется

Задание:

Ознакомиться с классификацией, устройством и принципом действия основных газоанализаторов, применяемых в металлургии

Порядок выполнения работы:

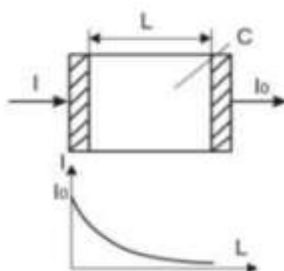
1. Ознакомиться с методическими указаниями по практическому заданию.
2. Выполнить задание.
3. Оформить работу в тетради для практических занятий.

Ход работы:

1. Ознакомиться с классификацией газоанализаторов

Опτικο-акустические газоанализаторы

Газоанализаторы инфракрасного поглощения относятся к группе абсорбционных оптических газоанализаторов. Оптические газоанализаторы основаны на избирательном поглощении газами инфракрасного излучения. Известно, что инфракрасное излучение способны поглощать двухатомные и многоатомные газы (CO , CO_2 , CH_4). Каждый газ поглощает инфракрасное излучение в определённой, свойственной только ему, области спектра.



Тепловые газоанализаторы

а) термокондуктометрические газоанализаторы.

Принцип действия основан на изменении теплопроводности газовой смеси, в зависимости от её хим. состава

Значение теплопроводности зависит от температуры, и при повышенных температурах теплопроводности некоторых газов оказываются одинаковыми. Например, для CO_2 такое равенство наступает при 600°C . При этой температуре анализ газов с целью определения CO_2 по суммарной теплопроводности газовой смеси невозможен.

Для анализа по теплопроводности газовой смеси наиболее благоприятный температурный режим обеспечивается при $80 - 100^\circ\text{C}$.

Термомагнитные газоанализаторы

Магнитные газоанализаторы на O_2 , основанные на измерении магнитных свойств O_2 , получили широкое применение в различных отраслях промышленности для определения концентрации O_2 в газовых смесях.

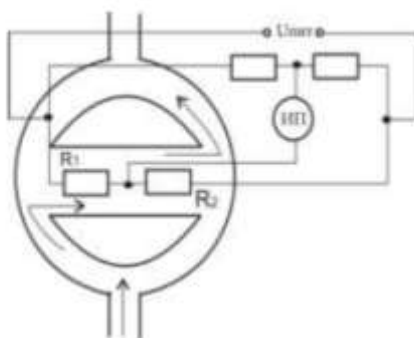
Все известные газы разделяются на диамагнитные и парамагнитные. Магнитные свойства газов уменьшаются с увеличением температуры.

Термомагнитные газоанализаторы основаны на использовании явления термомагнитной конвекции парамагнитного газа, возникающей при наличии неоднородного м.п. и нагретого тела.

В термомагнитном газоанализаторе анализируемый парамагнитный газ, протекающий непрерывно в канале, втягивается в измерительную камеру с магнитной системой, м/у полюсами которой находится

нагреваемый ток. чувствительный элемент. Газ соприкасаясь с чувствительным элементом нагревается, и магнитная восприимчивость его уменьшается. Вследствие этого нагретый газ выталкивается из м.п. более холодным. Этот поток газа охлаждает чувствительный элемент.

Для измерения изменения сопротивления чувствительного элемента, вызванного его охлаждением применяют неуравновешенную мостовую или компенсационную схему.



Благодаря парамагнитным свойствам O_2 , находящегося в анализируемой смеси, газ под действием магнитного поля втягивается в измерительную камеру. Сопротивление R_1 охлаждается от проходящего через него O_2 , кислород нагревается и его магнитные свойства уменьшаются и он выталкивается более холодным. А сопротивление R_2 нагревается, изменение температуры термоэлементов приводит к нарушению равновесия моста, степень которого зависит от концентрации кислорода в анализируемой газовой смеси. При отсутствии O_2 в измеряемом газовом потоке мост находится в равновесии.

Такие газоанализаторы используют для контроля чистоты при его содержании от 20 до 100%. Основная погрешность прибора $\pm 5\%$.

Электрохимические газоанализаторы (ли датчики – анализаторы на твёрдых электролитах)

Время запаздывания 25 сек. Al_2O_3 , MgO , ZrO_2 – при нормальной температуре это хорошие изоляторы. При температуре выше $800 - 1000^\circ C$, они ведут себя как жидкие электролиты, т.е. обладают ионной избирательной проводимостью, проводят ион O_2 . Твёрдые электролиты при высоких температурах способны проводить ток обусловлено переносом через них кислорода из анализируемого газа под воздействием приложенного к нему напряжения. Не обладают стабильностью.



Принцип действия основан на измерении ЭДС высокотемпературной электрохимической ячейки

из твердого электролита с кислородоионной проводимостью.

ЭДС возникает вследствие различия объемной доли кислорода в сравнительной и анализируемой газовых средах, разделенных твердым электролитом. В установившемся режиме величина ЭДС является мерой объемной доли кислорода анализируемой среде.

Чаще всего применяются ZrO_2 , добавляют Ca 5 – 8 % и редкоземельные элементы (РЗЭ)

Преимущества:

1. Высокая точность;
2. Малая инерционность (датчик м. находиться непосредственно в рабочем пространстве).

Недостатки:

1. С течением времени происходит изменение характеристик ЭХД (электрохимических датчиков), из-за обычного загрязнения;
2. Возможность образования трещин.

2 Заполнить таблицу

Тип прибора	Достоинства	Недостатки	Устройство и принцип работы	Область применения

Форма представления результата: Отчет о проделанной работе.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

Практическое занятие № 7

Изучение устройства и принципа действия вторичных преобразователей

Цель работы:

Изучить устройство и принцип действия вторичных преобразователей

Выполнив работу, Вы будете: *уметь:*

- читать схемы с вторичными преобразователями

Материальное обеспечение:

Схемы вторичных преобразователей (неуравновешенных мостов)

Оборудование: не требуется

Задание:

1. Изучить схемы неуравновешенных мостов
2. Определить назначение элементов, выделить базовые элементы

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомится с методическими указаниями по практическому заданию.
2. Выполнить задание.
3. Оформить работу в тетради для практических занятий.

Ход работы:

- 1 Ознакомится с простейшей схемой неуравновешенного моста

Простейшая схема неуравновешенного моста (рис. 1) состоит из плеч R_1 , R_2 , R_3 , R_4 и двух диагоналей: диагонали питания cd и диагонали измерения ab . Основным условием равновесия моста является равенство произведений противоположных плеч моста.

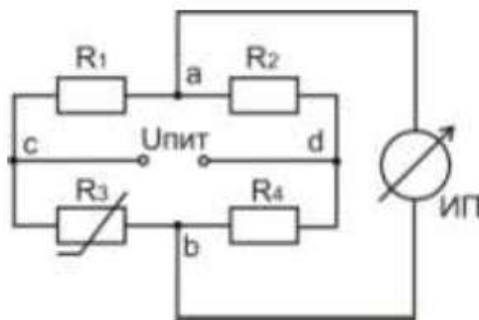


Рис. 1 Схема неуравновешенного моста

Если это равенство соблюдается, то в измерительной диагонали неуравновешенного моста напряжение U_{ab} равно нулю. Если одно из сопротивлений (например, R_3) выполнить из меди или платины и поместить в измеряемую среду, а остальные (R_1 , R_2 , R_4) из манганина, то при изменении температуры среды равновесие моста нарушается и через измерительный прибор (ИП) потечёт ток. Величина тока, тем больше, чем более нарушено равновесие моста. Таким образом, устанавливается некоторая зависимость между отклонением указателя измерительного прибора и сопротивлением термометра, позволяющая судить о температуре термометра, а следовательно и о температуре среды, в которой он находится.

Шкала измерительного прибора нелинейна (растянута в начале и сжата в конце). На показания прибора влияет напряжение питания. В настоящее время для питания неуравновешенных мостов применяют стабилизированные источники питания (ИПС).

Преимуществом неуравновешенных мостов является их повышенная чувствительность к малым изменениям сопротивления. Это свойство неуравновешенных мостов используется в схемах различных газоанализаторов. Для измерения температуры применяют редко, т.к. шкала нелинейна.

Для того, чтобы избежать этот недостаток одно из сопротивлений R_1 , R_2 , R_4 выполняют переменным, а вместо измерительного прибора (ИП) берут нуль – прибор (как более чувствительный – гальванометр). При нарушениях равновесия моста перемещают движок реохорда R_1 до тех пор, пока нуль – прибор не покажет нуль. Мост уравновешен. Отсчёт измеряемого сопротивления производится по положению движка реохорда. Шкала такого прибора линейна. Для устранения влияния сопротивления соединительных проводов питание моста (точка С) присоединено непосредственно к термометру. В этом случае равновесие моста запишется

$$(R_1 + R_{Л1}) \cdot R_{3т} = R_2 \cdot (R_4 + R_{Л2}).$$

Таким образом, сопротивление ($R_{Л1}$) в левой части равенства, сопротивление другой ($R_{Л2}$) правой и их влияние сводится к минимуму.

2 Ознакомится со схемой уравновешенного моста с трёхпроводным включением термометра сопротивления

В трёхпроводных схемах сопротивление каждой линии доводится до установленного значения $R_{Л}$ с помощью отдельных подгоночных катушек (рис. 2) выполненных из манганина.

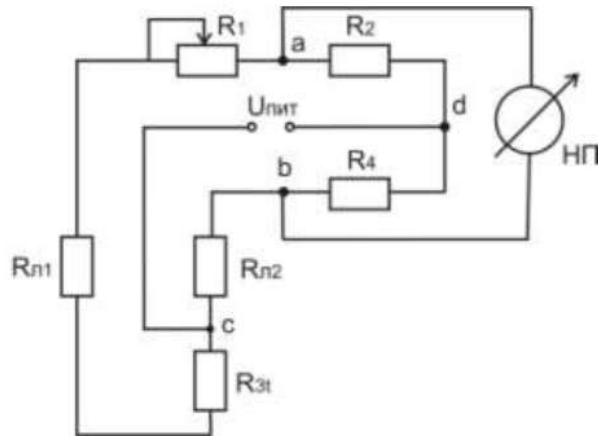


Рис. 2 Уравновешенный мост с трёхпроводным включением термометра сопротивления

3 Ознакомится со схемой автоматического уравновешенного моста КСМ-3

В автоматических уравновешенных мостах используется схема четырёхплечевая моста с реохордом. Эта схема, обеспечивая высокую точность техническим приборам, позволяет выполнять шкалы моста односторонние, безнулевые и двусторонние. На принципиальной схеме автоматического уравновешенного моста КСМ приняты следующие обозначения (рис.3):

R_p – реохорд;

$R_{ш}$ – шунт реохорда, служащий для подгонки сопротивления R_p до заданного нормированного значения; $R_{н.р.} = 270 \pm 0,1 \text{ Ом}$;

T_o – токоотвод;

R_n – резистор для установления диапазона измерения;

R_d – резистор добавочный для установления начального значения шкалы (обычно $R_d \approx 5,5 \text{ Ом}$);

R_1, R_2, R_3 – резисторы мостовой схемы;

R_6 – балластный резистор в цепи питания для ограничения тока (не более 7–8 мА); R_t –

термометр сопротивления (платиновый или медный);

$R_{Л}$ – резистор для подгонки сопротивления линии; РД

– реверсивный двигатель;

СД – синхронный двигатель для вращения диаграммной бумаги.

Все резисторы мостовой измерительной схемы изготавливают из стабилизированной манганиновой проволоки с безындукционной (бифилярной) намоткой (проволока складывается вдвое и затем производится намотка).

мостовой схемы ротор реверсивного двигателя останавливается, а движок реохорда с указателем и пером занимают положение, соответствующее измеряемой температуре.

В схеме уравновешенного моста КСМ – 3 предусмотрен контроль исправности прибора. При установке переключателей P_1, P_2, P_3 в положение К зажимаются зажимы А, В и С и одновременно параллельно резистору R_1 включается резистор $R_{ки}$, что вызывает небаланс схемы моста. При исправном приборе указатель должен установиться против красной отметки на шкале. Положение красной отметки выбирается с помощью сопротивления $R_{ки}$.

Уравновешенные мосты КСМ – 3 выпускаются классом точности 0,5. Пределы допускаемой основной погрешности записи на всех отметках диаграммы равны $\pm 1\%$ нормирующего значения измеряемой величины. В зависимости от размеров корпуса, отдельных элементов и блоков, автоматические уравновешенные мосты разделяются на миниатюрные (КПМ – 1, КСМ – 1), малогабаритные (КВМ – 1, КСМ – 2, КСМ – 3) и нормально габаритные КСМ – 4.

3 Заполнить таблицу:

Тип моста	Достоинства	Недостатки	Область применения	Класс точности

Форма представления результата: Отчет о проделанной работе

Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

Лабораторная работа №1

Измерение температуры комплектом приборов с термометрами сопротивления или термоэлектрическими преобразователями

Формируемые компетенции:

ПК 4.1. Выбирать методы контроля, аппаратуру и приборы для контроля качества продукции.

ПК 4.2. Регистрировать и анализировать показатели автоматической системы управления технологическим процессом

Цель работы:

1.1 Изучить конструктивные особенности представленных термометров.

1.2 Определить тип термометра на базе которой выполнен прибор, исходя из области его использования и характеристики.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

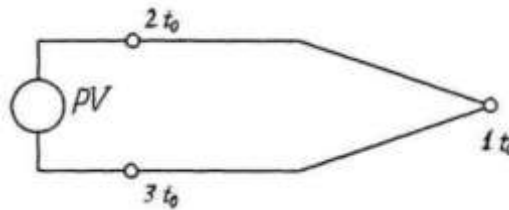
- работать с термометром сопротивления для измерения температуры в печи.

Оборудование:

Лабораторная печь, образцовая и поверяемая термопары, термостат, измерительный прибор

Ход работы:

Термоэлектрическим термометром называют устройство, состоящее из термоэлектрического преобразователя (термопары), вторичного измерительного прибора и соединительных проводов. Схематично термопара показана на рисунке 1.



1 – горячий спай; 2,3 – холодный спай; PV - потенциометр

Рисунок 1 – Схема термоэлектрического термометра.

При наличии разности температур в точках соприкосновения (спаях) 1 и 2,3 возникают две термоэлектродвижущие силы, величина которых пропорциональна величине разности температур. Термоэлектроды должны соприкасаться друг с другом только в одной точке, поэтому они по всей длине изолированы друг от друга и помещены в защитный чехол.

В качестве вторичных приборов в термоэлектрических термометрах используют потенциометры.

Форма предоставления результата

Отчет о проделанной работе включает в себя следующие пункты:

1. Схема установки
2. Расчетные формулы и произведенные по ним расчеты
3. Таблица результатов
4. Статическая характеристика.
5. Выводы по работе.

Работа выполняется в тетрадях для практических работ, сдается в конце занятия в форме выполненного упражнения.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

Тема 1.3 Автоматизация системы управления технологическим процессом (АСУ ТП)

Практическое занятие № 8 Изучение схемы и элементов АСР

Цель работы:

Изучить структурную схему системы автоматического регулирования (САР). Изучить элементный состав схемы САР температуры трубчатой печи

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- читать схемы АСР

Материальное обеспечение:

Лекции, раздаточный материал. Электрическая принципиальная схема САР температуры электрической печи

Оборудование: Демонстрационный стенд «САР температуры трубчатой печи», Термопара ТХА, Исполнительный механизм типа МЭО, Лабораторный автотрансформатор (регулятор напряжений),.

Теоретический материал

В АСР входят объект управления (ОУ) и управляющее устройство (УУ). ОУ – устройство или их совокупность, осуществляющая технический процесс в соответствии с алгоритмом функционирования, технологический процесс или их набор, подчиненный одной цели управления (судно, ДТП, паровой котел, дизель, ДГ, вспомогательные механизмы и так далее).

Автоматические системы регулирования предназначены для поддержания заданных значений выходных координат машин и аппаратов химических производств. Выходными координатами называются физические величины, которые определяют работу машины или аппарата в соответствии с технологическим регламентом. В свою очередь, выходные координаты, на которые воздействует в процессе функционирования регулятор, называются регулируемыми. В химической промышленности регулируемыми могут быть следующие величины: давление, уровень, температура, расход, концентрация, скорость и другие показатели, характеризующие механические и физико-химические процессы и явления, происходящие в химико-технологических производствах.

Автоматическая система регулирования имеет замкнутую цепь воздействия: объект регулирования воздействует на датчик, датчик на управляющий элемент (регулятор Рег), который воздействует на исполнительный элемент ИМ, а исполнительный - снова на объект управления ОУ.

Принципиальная электрическая схема.

Рассмотрим принцип работы этой СУ или АСР. Задающее значение подается с потенциометра R3 и на входе магнитного усилителя УМ сравнивается с напряжением генератора U_g по формуле: $U_e = U_z - U_g$. Напряжение рассогласования усиливается УМ и приводит во вращение двигатель М, перемещающий реостат возбуждения Rв. При этом изменяется ток возбуждения генератора U_g . Двигатель М вращается пока $U_e \neq 0$ в сторону, определяемую знаком U_e . Когда же $U_e = 0$, то двигатель стоит, а процесс управления считается законченным. Цель рассмотренной АСР – стабилизация напряжения U_g .

Функциональная схема.

Каждому элементу принципиальной схемы соответствует блок, имеющий вход и выход. Вход и выход представлены обобщенными физическими величинами:

РО – регулирующий орган – входит в состав ОУ (реостат с ОБГ);

ИМ – исполнительный механизм (двигатель М) - приводит к изменению положения регулирующего органа ОУ;

РЕГ – регулятор (УМ);

ЗУ – задающее устройство (потенциометр R3).

ЧЭ – чувствительный элемент, датчик (в данной системе специализированное устройство отсутствует).

Структурная схема.

Отличается от функциональной схемы тем, что внутри блоков содержатся передаточные функции, характеризующие динамические свойства соответствующего элемента.

Задание

1. Рассмотреть структурную схему САР с целью определения назначения каждого элемента схемы
2. Рассмотреть электрическую принципиальную схему САР температуры с целью установления ее элементного состава
3. Найти аналогию между элементами изученных схем

Порядок выполнения работы

1. Выполнить структурную схему системы автоматического регулирования
2. Определить назначение каждого элемента схемы и взаимосвязь между ними
3. Установить соответствие между элементами структурной схемы САР и элементным составом электрической схемы САР температуры трубчатой печи
4. Найти элементы схемы САР температуры трубчатой печи на демонстрационном стенде

Форма предоставления отчета

Отчет включает в себя следующие пункты:

1. Структурная схема САР с обозначением элементов и определением назначения каждого из них
2. Конкретизация элементного состава САР температуры печи в соответствии с элементами структурной схемы САР в виде таблицы.

Таблица 1 – Конкретизация элементного состава САР

Структурная схема	Электрическая принципиальная схема САР	
Номер элемента	Название	Тип, маркировка
1.		
2.		
...		
N (кол-во элементов схемы)		

Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

Практическое занятие № 9

Расчет типа регулятора и закона регулирования

Цель работы:

1. Изучить условия работы регулятора – требования, предъявляемые к качеству регулирования и возмущения технологического процесса;
2. Изучить динамические характеристики объекта регулирования;
3. Рассчитать показатели качества регулирования, которые могут быть получены при установке серийных регуляторов различных типов на объектах регулирования с различными динамическими свойствами

Оборудование: не требуется

Для выбора регулятора и расчета его настроек необходимо знать:

- условия работы регулятора – требования, предъявляемые к качеству регулирования и возмущения технологического процесса;
- динамические характеристики объекта регулирования;
- показатели качества регулирования, которые могут быть получены при установке серийных регуляторов различных типов на объектах регулирования с различными динамическими свойствами.

Задачу выбора регулятора можно сформулировать следующим образом: по известным характеристикам объекта регулирования и возмущения при заданных требованиях, предъявляемых к качеству переходных процессов, следует выбрать тип регулятора, закон регулирования и соответствующие параметры его настроек.

В первой части расчета необходимо определить вид объекта регулирования – статический или астатический (см. теоретические сведения). Построить переходную характеристику (кривую разгона) объекта.

С приемлемой для практических целей точностью большинство объектов регулирования можно аппроксимировать статическим объектом:

$$W_{об}(p) = \frac{k_{об}}{T_{об}p + 1}$$

Далее необходимо выбрать типовой переходной процесс. Затем выбираются вид регулятора и закон регулирования. Исходными данными для выбора регулятора являются:

1. Статические и динамические параметры объекта регулирования, определяемые по экспериментальной или взятой из справочника кривой разгона:

- а. чистое запаздывание $\tau_{об}$;
- б. постоянную времени $T_{об}$;
- с. отношение $\tau_{об}/T_{об}$.
- д. коэффициент передачи $k_{об}$ (если $k_{об}$ изменяется в пределах обычных эксплуатационных режимов, то следует принимать при расчете его наибольшее из возможных значений).

2. Максимально возможные значения возмущений по нагрузке $x_{вх}$, % хода регулирующего органа, — пиковых, скачкообразных длительных и непрерывных монотонных (при непрерывных возмущениях должна быть известна также максимальная скорость возмущения $x'_{вх}$ %/с).

3. Требуемые показатели качества регулирования объекта при установке регулятора непрерывного действия должны обеспечиваться:

- максимальное динамическое отклонение (в единицах измерения регулируемой величины) $\Delta x_1^{доп}$
- допустимое или желаемое перерегулирование $\frac{\Delta x_2^{доп}}{\Delta x_1^{доп}}$, %;
- допустимое остаточное отклонение (статическая ошибка) $\Delta x_{ст}^{доп}$ (в единицах измерения регулируемой величины) ;
- предельно допустимое время регулирования $t_p^{доп}$, с.

Вид регулятора (непрерывный, релейный или импульсный) можно ориентировочно выбрать по величине отношения $\tau_{об}/T_{об}$ (таблица 1).

Таблица 1

$\tau_{об}/T_{об}$	Вид
<0,2	Релейный регулятор

0,2-1	Непрерывный регулятор
>1	Импульсный регулятор

Для получения допустимых значений $t_p^{\text{доп}}$, $\Delta x_1^{\text{доп}}$ и $\Delta x_{\text{ст}}^{\text{доп}}$ при применении регуляторов непрерывного действия рекомендуется следующая методика.

Рассчитывают величину допустимого динамического коэффициента регулирования согласно выражениям:

для статических объектов

$$R_s^{\text{доп}} = \frac{x_1^{\text{доп}}}{k_{об} \cdot x_{вх}} \quad (2)$$

где $k_{об}$ – коэффициент передачи объекта (см. теоретические сведения)

для астатических объектов

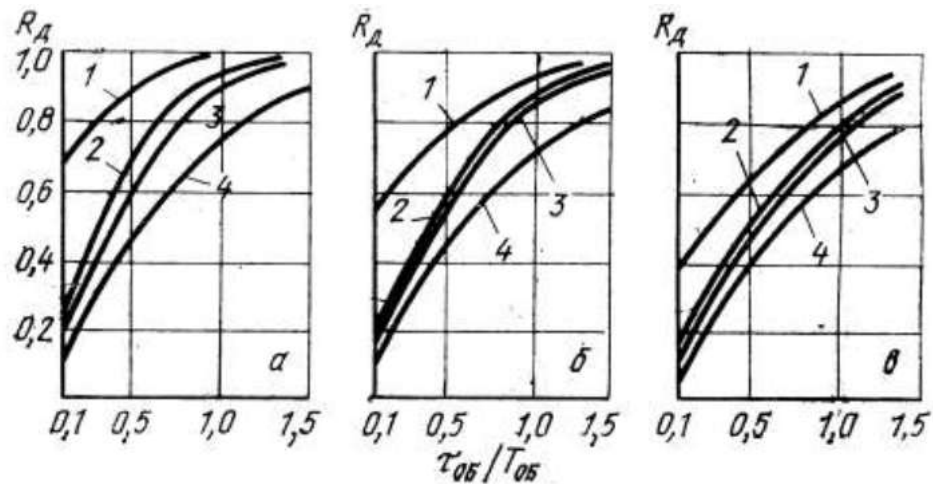
$$\overline{R}_s^{\text{доп}} = \frac{x_1^{\text{доп}} T_{об}}{\tau_{об} \cdot x_{вх}} \quad (3)$$

Для расчета принимают наибольшее значение $x_{вх}$ из имеющихся скачкообразных, длительных и пиковых возмущений

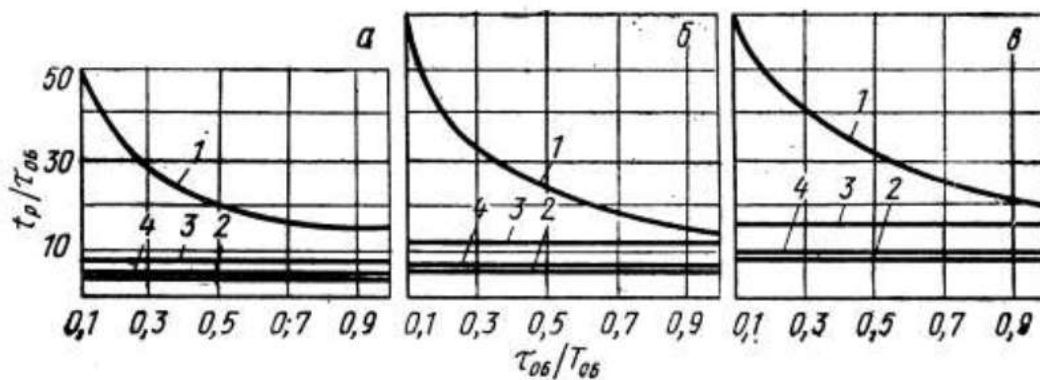
По графикам R_d приведенным на рисунке 3 и для принятого типового оптимального процесса регулирования (что определяется принятым значением перерегулирования), выбирают простейший регулятор (закон регулирования), обеспечивающий при заданном значении $T_{об}$ значение динамического коэффициента регулирования R доп (И – регуляторы и Рс – регуляторы на астатических объектах не применяют, так как такая система всегда неустойчива). Затем по графикам, приведенным на рисунке 4, для статических ОР, и по таблице 3 для астатических объектов, проверяют, обеспечит ли этот выбранный регулятор допустимое время регулирования t_p ; если не обеспечивает, то следует использовать более сложный регулятор (закон регулирования) или даже принять другой типовой переходный процесс.

Оптимального процесса регулирования (что определяется принятым значением перерегулирования), выбирают простейший регулятор (закон регулирования), обеспечивающий при заданном значении $\tau_{об}$

значение динамического коэффициента регулирования $R \leq R^{\text{доп}}$ (И – регуляторы и Рс – регуляторы на астатических объектах не применяют, так как такая система всегда неустойчива). Затем по графикам, приведенным на рисунке 4, для статических ОР, и по таблице 3 для астатических объектов, проверяют, обеспечит ли этот выбранный регулятор допустимое время регулирования t_p ; если не обеспечивает, то следует использовать более сложный регулятор (закон регулирования) или даже принять другой типовой переходный процесс.



а – при апериодическом переходном процессе;
 б – при переходном процессе с 20% -перерегулированием;
 в – при переходном процессе с минимальной квадратичной площадью отклонения. 1 – И – регулятор; 2 – П – регулятор; 3 – ПИ – регулятор; 4 – ПИД – регулятор. Рисунок 3.
 – Динамические коэффициенты регулирования на статических объектах



а – при апериодическом переходном процессе;
 б – при переходном процессе с 20% - перерегулированием;
 в – при переходном процессе с минимальной квадратичной площадью отклонения. 1 – И – регулятор; 2 – П – регулятор; 3 – ПИ – регулятор; 4 - ПИД – регулятор. Рисунок 4.
 – Время регулирования на статических объектах

Закон регулирования для статических объектов можно уточнить по таблице 2.

Таблица 2 – Относительное время регулирования $\frac{t_p}{\tau_{06}}$ (статические объекты)

Регулятор	$t_{отн} = \frac{t_p}{\tau_{06}}$ при типовом процессе регулирования		
	апериодическом	с 20% перерегулирование	$\min \int x^2 dt$
П	4,5	6,5	—
ПИ	8	12	16
ПИД	5,5	7	10

После выбора вида регулятора и закона регулирования необходимо рассчитать параметры настройки регулятора.

Непрерывные регуляторы. Рекомендуемые настройки регуляторов П-, И-, ПИ- и ПИД-действия позволяют получить любой из трех типовых оптимальных процессов регулирования: апериодический с минимальным временем регулирования, с 20 процентным перерегулированием или процесс с минимальной квадратичной площадью отклонения $\min \int x^2 dt$.

В соответствии с законами регулирования настройками этих регуляторов являются:

– для П - регулятора – коэффициент передачи k_p ,

$$\left[\frac{\% \text{ хода регулирующего органа}}{\text{ед. измерения регулируемой величины}} \right];$$

– для И - регулятора – коэффициент передачи k_{pi} , $\left[\frac{\%}{\text{с} \cdot \text{ед. измерения регулируемой величины}} \right];$

– для ПИ - регулятора – коэффициент передачи k_p , $\left[\frac{\%}{\text{ед. измерения регулируемой величины}} \right];$ и

– для ПИД- регулятора: коэффициент передачи k_p ; время изодрома T_n , с; время предварения T_n , с.

При инженерных методах выбора и расчета регуляторов приближенные значения настроек для обеспечения типовых переходных процессов могут быть подсчитаны по формулам, приведенным в таблице 4.

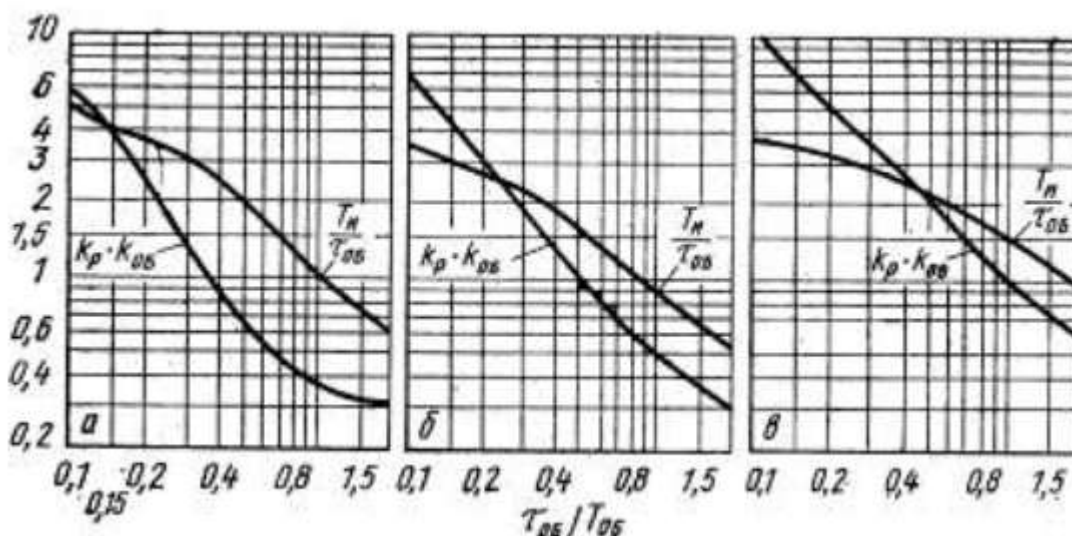
Таблица 4 – Формулы для определения настроек регуляторов

Регулятор	Типовой переходной процесс		
	апериодический	С 20% перерегулированием	$\min \int x^2 dt$
Статические объекты			
И	$k_{pi} = \frac{1}{4.5 k_{об} T_{об}}$	$k_{pi} = \frac{1}{1.7 k_{об} T_{об}}$	$k_{pi} = \frac{1}{1.7 k_{об} \tau_{об}}$
П	$k_p = \frac{0.3}{k_{об} \tau_{об} / T_{об}}$	$k_p = \frac{0.7}{k_{об} \tau_{об} / T_{об}}$	$k_p = \frac{0.9}{k_{об} \tau_{об} / T_{об}}$
ПИ	$k_p = \frac{0.6}{k_{об} \tau_{об} / T_{об}}$ $T_n = 0.6 T_{об}$	$k_p = \frac{0.7}{k_{об} \tau_{об} / T_{об}}$ $T_n = 0.7 T_{об}$	$k_p = \frac{1}{k_{об} \tau_{об} / T_{об}}$ $T_n = T_{об}$
ПИД	$k_p = \frac{0.95}{k_{об} \tau_{об} / T_{об}}$ $T_n = 2.4 \tau_{об}; T_n = 0.4 \tau_{об}$	$k_p = \frac{1.2}{k_{об} \tau_{об} / T_{об}}$ $T_n = 2 \tau_{об}; T_n = 0.4 \tau_{об}$	$k_p = \frac{1.4}{k_{об} \tau_{об} / T_{об}}$ $T_n = 1.3 \tau_{об}; T_n = 0.5 \tau_{об}$

Более точно настройки И-, П-, ПИ- и ПИД- регуляторов на статических объектах определяют по

номограммам на рисунках 7 – 9. Чтобы найти настройки, следует выбрать тип процесса регулирования и знать динамические параметры: запаздывание $T_{об}$, постоянную времени

$T_{об}$, их отношение $\tau_{об}/T_{об}$; коэффициент передачи $k_{об}$

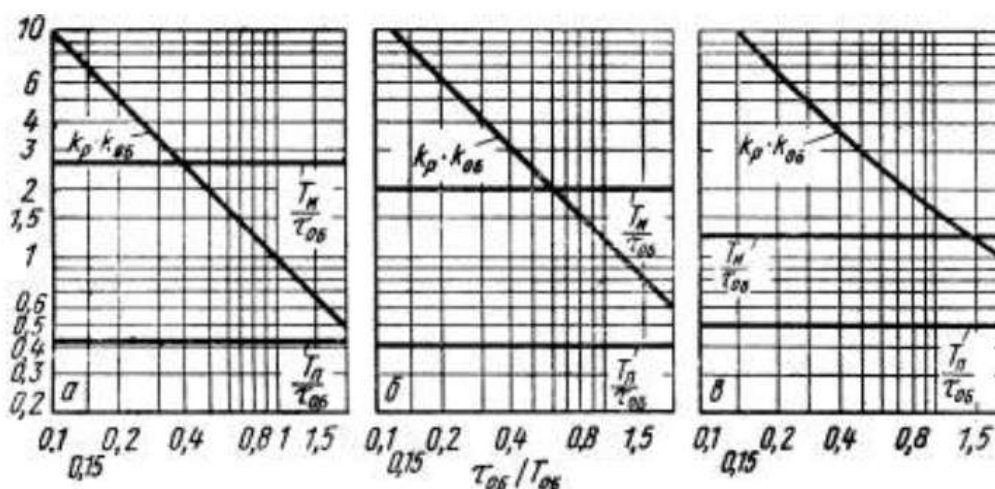


а – при апериодическом переходном процессе;

б – при переходном процессе с 20% - перерегулированием;

в – при переходном процессе с минимальной квадратичной площадью отклонения

Рисунок 8. – Настройки ПИ- регулятора на статических объектах



а – при апериодическом переходном процессе;

б – при переходном процессе с двадцатипроцентным перерегулированием;

в – при переходном процессе с минимальной квадратичной площадью отклонения

Рисунок 9. – Настройки ПИД- регулятора на статических объектах

Результаты определения параметров настройки регулятора, полученные двумя способами (по графически и аналитически) должны быть аналогичны.

Порядок выполнения работы

1. Выбрать закон регулирования и настройки регулятора стабилизации температуры в сварочной зоне методической нагревательной печи.

2. Расчет:

- Аппроксимация объекта регулирования и выбор типового переходного процесса;
- Расчет настроек регулятора.

Форма представления результата: Отчет о проделанной работе

Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

Практическое занятие № 10 Переходной процесс АСР, точность регулирования

Цель работы: Изучить переходные процессы АСР.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- определять прямые показатели качества по переходному процессу,
- определять статическую ошибку регулирования

Материальное обеспечение:

Лекции, раздаточный материал.

Оборудование: не требуется

Задание:

1. Изучить
2. Рассчитать показатели качества регулирования по экспериментальному процессу

Порядок выполнения работы

По траектории переходных процессов в системе можно определить прямые показатели качества её работы: τ_{p1} , τ_{p2} , e_0 , σ , Ψ (см. рис.1).

Время первого достижения регулируемой величиной заданного значения τ_{p1} оценивает качество регулирования системы относительно задающего воздействия и определяется как интервал времени от начала переходного процесса до момента, когда регулируемая величина впервые достигнет заданного значения Y_3 ($Y_{зад}$ - задание).

Время переходного процесса или полное время регулирования τ_{p2} характеризует быстродействие системы. Определяется τ_{p2} как интервал времени от начала переходного процесса до момента, когда отклонение выходной (управляемой) величины от его нового установившегося значения становится меньше или равной допустимой ошибке регулирования $Y_3 - Y(\tau) \leq \varepsilon^*$. Величину допустимой ошибки ε^* обычно принимают равной $\pm 2-5\%$ от диапазона возможного изменения Y .

Статическая ошибка регулирования $e_0 = Y_3 - Y(\tau)$ – отклонение регулируемой величины от заданного значения по окончании переходного процесса, т.е. ошибка регулирования (сигнал рассогласования) в установившемся режиме.

Динамическая ошибка регулирования – величина наибольшего отклонения регулируемого параметра от задания, которая, как правило, оценивается с помощью показателя перерегулирования.

Перерегулирование σ – максимальное отклонение выходного сигнала в переходном режиме ΔY_1 от установившегося значения, выраженное в процентах от заданного значения Y_3 :

$$\sigma = \frac{Y_{\max} - Y_3}{Y_3 - Y_H} \cdot 100\% \quad \text{или} \quad \sigma = \frac{\Delta Y_1}{Y_3 - Y_H} \cdot 100\% .$$

Y_H : – начальное установившееся значение выходного сигнала;

Y_3 : – заданное значение выходного сигнала;

$Y_{\max}$ – максимальное значение выходного сигнала во время переходного процесса.

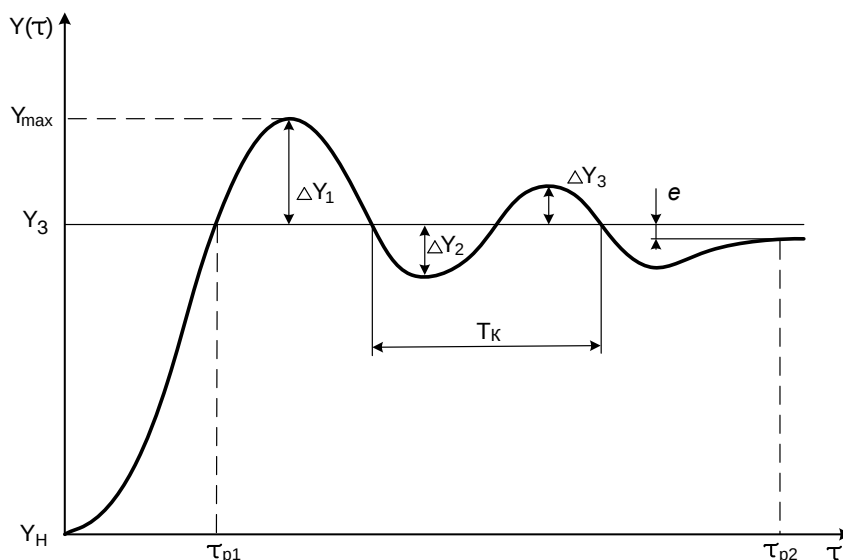


Рис.1. Переходный процесс в САУ

Переходные процессы в САУ могут быть монотонными и колебательными. Особенностью колебательного процесса является наличие переходов через установившееся значение.

Колебательность переходного процесса обычно оценивается **периодом T_K** и **числом колебаний**, равным числу минимумов траектории переходного процесса в интервале времени $[0; \tau_{p2}]$, а также **степенью затухания**.

Степень затухания Ψ определяется как отношение разности двух соседних положительных амплитуд колебаний к первой из них:

$$\psi = \frac{\Delta Y_1 - \Delta Y_3}{\Delta Y_1} = 1 - \frac{\Delta Y_3}{\Delta Y_1} .$$

Степень затухания колебаний в пределах 0.78-0.98 считается удовлетворительной.

Задача определения параметров качества переходного процесса сводится к построению траектории и определению требуемых оценок. Траектория $Y(\tau)$ может быть получена путем решения неоднородного дифференциального уравнения, описывающего систему при заданных начальных условиях и воздействиях. В промышленных САУ оценки показателей качества переходных процессов обычно определяют по экспериментальной траектории переходного процесса регулирования при ступенчатом изменении сигнала задания.

Форма представления результата:

1. Отчет по практической работе
2. Ответ на устные вопросы

Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

Практическое занятие № 11

Изучение типовых функциональных схем и обозначения элементов

Цель работы:

1. Научиться составлять элементарные схемы систем автоматического регулирования.
2. Выбрать типовые функциональные схемы САР на схеме автоматического управления технологическим процессом.

Материальное обеспечение:

Лекции, раздаточный материал.

Оборудование: не требуется

Порядок выполнения

1. Ознакомиться с инструкцией по выполнению работы
2. Выполнить типовые элементарные схемы САР температуры, САР соотношения «газ – воздух», САР давления в соответствии с ГОСТ
3. Найти на предложенной схеме автоматического управления технологическим процессом типовые схемы САР
4. Определить отличие в выполнении отдельных элементов элементарных схем по сравнению с найденными

Форма предоставления отчета:

1. Типовые элементарные схемы САР температуры, САР соотношения «газ – воздух», САР давления в соответствии с ГОСТ
2. Определение регулируемого параметра $x_{рп}$, сигнала задания x_z , регулирующего воздействия $x_{рв}$ для каждой схемы
3. Уравнение статического режима работы для каждой схемы
4. Отличия в выполнении отдельных элементов

Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

Практическое занятие № 12

Автоматический контроль и управление методической печи

Формируемые компетенции:

ПК 4.1. Выбирать методы контроля, аппаратуру и приборы для контроля качества продукции.

Цель работы:

1. Изучить принцип построения схемы систем автоматического регулирования 2.
Изучить ГОСТ по выполнению функциональной схемы автоматизации

Материальное обеспечение:

Лекции, раздаточный материал.

Оборудование: не требуется

Порядок проведения работы

1. Ознакомиться с инструкцией по выполнению работы 2.

Изучить опорные понятия:

- функциональная схема
- основные условные обозначения приборов и средств автоматики в соответствии с ГОСТ
- основные буквенные обозначения для выполнения элементов схемы в соответствии с ГОСТ 3.

Изучить методику построения схемы системы автоматического регулирования

4. Выполнить таблицу с основными обозначениями КИП и А в соответствии с ГОСТ

5. Выполнить таблицу с основными буквенными обозначениями, принятыми для выполнения схемы в соответствии с ГОСТ 6. Выполнить пример условного обозначения для измерения, регистрации и регулирования перепада давления в соответствии с ГОСТ

7. Выполнить функциональную схему САР температуры печи

8. Перечислить использованные в схеме приборы и средства автоматики

Форма предоставления отчета:

Отчет включает в себя следующие пункты: 1.

Определение функциональной схемы

2. Таблица с основными условными обозначениями КИП и А (ГОСТ)

3. Таблица с основными условными буквенными обозначениями функциональной схемы автоматизации (ГОСТ)

4. Пример условного обозначения прибора для измерения, регистрации, регулирования перепада давления

5. Функциональная схема САР температуры печи 6.

Таблица спецификаций для выполненной схемы

Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

Практическое занятие № 13

Автоматическое управление непрерывным отжигом стальной полосы в башенной печи

Цель работы:

1. Изучить принцип построения схемы систем автоматического регулирования
2. Изучить ГОСТ по выполнению функциональной схемы автоматизации

Материальное обеспечение:

Лекции, раздаточный материал.

Оборудование: не требуется

Порядок проведения работы

1. Ознакомиться с инструкцией по выполнению работы
2. Изучить опорные понятия:

- функциональная схема

- основные условные обозначения приборов и средств автоматики в соответствии с ГОСТ

- основные буквенные обозначения для выполнения элементов схемы в соответствии с ГОСТ

3. Изучить методику построения схемы системы автоматического регулирования

4. Выполнить таблицу с основными обозначениями КИП и А в соответствии с ГОСТ

5. Выполнить таблицу с основными буквенными обозначениями, принятыми для выполнения схемы в соответствии с ГОСТ

6. Выполнить пример условного обозначения для измерения, регистрации и регулирования перепада давления в соответствии с ГОСТ

7. Выполнить функциональную схему САР температуры печи

8. Перечислить использованные в схеме приборы и средства автоматики

Форма предоставления отчета:

1. Отчет включает в себя следующие пункты:

1. Определение функциональной схемы

2. Таблица с основными условными обозначениями КИП и А (ГОСТ)

3. Таблица с основными условными буквенными обозначениями функциональной схемы автоматизации (ГОСТ)

4. Пример условного обозначения прибора для измерения, регистрации, регулирования перепада давления

5. Функциональная схема САР температуры печи

6. Таблица спецификаций для выполненной схемы

Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

Лабораторная работа № 2 Изучение средств измерения давления

Цель работы:

Ознакомление с устройством и принципом действия манометра с одновитковой трубчатой пружиной;

Ознакомление с методикой поверки манометров

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- работать с устройством пружинного манометра.

Оборудование:

1. Поверяемый манометр с одновитковой трубчатой пружиной
2. Образцовый манометр с классом точности 0,4
3. Компрессор

Задание

1. Ознакомиться с устройством и принципом действия манометра с одновитковой трубчатой пружиной
2. Выполнить поверку прибора в соответствии с установленной методикой

Теоретический материал

Для каждого типа приборов устанавливается допустимая погрешность показаний, т.е. отклонение результатов измерения от истинного значения измеряемой величины – класс точности. Класс точности – допустимая погрешность прибора, выраженная в процентах от максимального значения шкалы данного прибора.

Класс точности прибора часто обозначается на шкале числом, очерченным полукругом или квадратом.

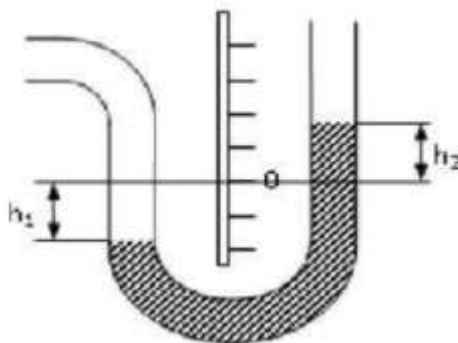
В газовом хозяйстве применяются манометры с классом точности до 2,5.

Пример. Манометр с диапазоном измерения от 0 до 1 МПа. Класс точности 1,5. Стрелка манометра показывает 0,5 МПа. Каково истинное значение измеренной величины? $P = (0,5 \pm 0,015) \text{ МПа}$. Допустимая погрешность может быть большей или меньшей ($\pm$).

Жидкостные манометры.

Предназначены для измерения низкого давления.

Принцип действия: измеряемое давление уравнивается высотой столба затворной жидкости.



Устройство U-образного жидкостного манометра:

- основание, на котором закреплены шкала в мм вод.ст. или в Па с нулевой отметкой посередине;
- U-образная трубка, в которую заливается затворная жидкость.

Измеряемое давление:

$$P_{\text{изм}} = h_1 + h_2$$

где h_1 -отметка, на которую опустилась затворная жидкость ниже нуля, h_2 -отметка, на которую поднялась жидкость в другом колене.

Если в U-образной трубке залита не вода, а другая жидкость, то

$$P_{\text{изм}} = (h_1 + h_2)rg$$

где r – плотность затворной жидкости, g – ускорение свободного падения.

Жидкостный манометр можно использовать как дифференциальный манометр – подсоединить оба колена к газопроводу.

Эксплуатация:

- вертикальная установка;
- ежедневная проверка заливки затворной жидкости до нулевой отметки; – не реже 1 раза в год госповерка;
- после замера давления кран на манометр перекрыть.

Шкалы: 0-100, 0-250, 0-600, 0-160, 0-400, 0-1000 в мм вод.ст. эозин или фенолфталеин – для окраски затворной жидкости, если она прозрачна.

Погрешность отсчета показаний составляет ± 1 мм высоты столба затворной жидкости и не зависит от диаметра трубок.

Пружинные манометры.

Предназначены для измерения среднего и высокого давления.

Принцип действия основан на уравнивании избыточного давления силами упругой деформации трубчатой пружины.

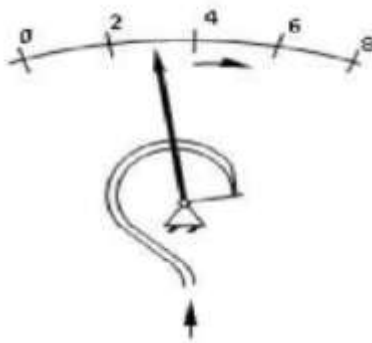


Рис. Устройство:

1. корпус со стеклом, 2.шкала, 3.полная трубка Бурдона (трубчатая пружина), 4.передаточный механизм, который передает движения свободного конца трубки стрелке, 5.стрелка.

Манометр присоединяется к газопроводу через 3-х ходовой кран или устройство, заменяющее его (КЗМ).

Эксплуатация:

- проверка исправности манометра посадкой стрелки на «0» не реже 1 раза в смену; -
- госповерка не реже 1 раза в год с указанием на клейме квартала и года поверки.

На шкале манометра красной чертой указывается разрешенное рабочее давление. Рабочее давление должно находиться во второй трети шкалы манометра.

Какой манометр считается неисправным:

- отсутствует пломба или клеймо поверки; – просрочен срок поверки;
- стрелка прибора не садится на «0» на величину, превышающую предел допускаемой основной

погрешности для данного прибора;

– механические повреждения прибора (разбито стекло, свернут корпус манометра, и т.д.).

Чувствительным элементом в пружинном манометре является пружина, в мембранном – мембрана, в сифоном – сиффон.

Электроконтактные манометры.

ЭКМ – пружинный с электроконтактами, применяется в системах контроля, регулирования и сигнализации. Две специальные стрелки устанавливаемые на max и min давление смонтированы с контактами электрической цепи. Замыкание одного из контактов рабочей стрелкой вызывает соответствующее действие системы автоматики.

Самопишущие манометры предназначены для измерения и регистрации давления в любое время суток.

Изменение избыточного давления (давление колеблется до 10 %) в ГРП (ГРУ) может привести к аварии.

Действие прибора основано на уравнивании избыточного давления силами упругой деформации трубчатой пружины или сиффона.

Устройство: манометр с трубчатой пружиной или сиффоном, к стрелке манометра, прикреплено перо с капилляром и колбочкой с чернилами (маркер), картограмма(диаграмма).

МТС – манометр с трубчатой пружиной самопишущий;

МСС – манометр сиффонный самопишущий.

Диаграммы ленточная или дисковая приводятся в действие от часового механизма или синхронного двигателя. 1 оборот диаграммы – 24 часа.

Эксплуатация самописца:

-1 раз в сутки заменять диаграмму;

-чистка пера, заправка чернилами, завод часов, механизма через 7 суток; -

установка на «0» при замене диаграмм или не реже 1 раза в 15 суток;

-подпись на диаграмме оставить.

Форма предоставления результата

Отчет о проделанной работе включает в себя следующие пункты: 1.

Схема установки

2. Расчетные формулы и произведенные по ним расчеты 3.

Таблица результатов

4. Статическая характеристика манометра

5. Выводы по работе о пригодности манометра к эксплуатации

Работа выполняется в тетрадях для практических работ, сдается в конце занятия в форме выполненного упражнения.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

Лабораторная работа № 3

Изучение средств измерения уровня

Цель работы: изучение средств и способов измерения, использование измерений уровня для управления технологическим процессом

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

анализировать и осуществлять выбор средств и способов измерения, использование измерений уровня для управления технологическим процессом;

Материальное обеспечение: MS Excel, Методические указания по выполнению практической работы

Оборудование: персональный компьютер

Задание: Изучить материалы изложенные в разделе «общие сведения» настоящих указаний. Согласно заданию заполнить бланк

Общие сведения

Уровнем называют высоту заполнения технологического аппарата рабочей средой – жидкостью или сыпучим материалом. Уровень рабочей среды является важным технологическим параметром, информация о котором необходима для контроля режима работы технологического аппарата, а в ряде случаев для управления производственным процессом.

Уровень измеряется в единицах длины (мм, см, м). Технические средства для измерения уровня называют уровнемерами.

Информация, полученная путём измерения уровня, используется для учетных операций и для управления технологическими процессами. В первом случае используются уровнемеры с широким диапазоном измерения (от 0,5 до 20 м), в втором с более узким диапазоном (от 0 до 500 мм).

В настоящее время в различных отраслях промышленности нашли применение различные способы измерения уровня, но к наиболее распространённым относятся следующие:

- визуальные;
- поплавковые;
- буйковые;
- гидростатические;
- электрические;
- ультразвуковые;
- радиоизотопные.

1.1 Визуальные средства измерения уровня

К визуальным средствам измерения уровня относятся мерные линейки, рейки, рулетки с лотами (цилиндрическими стержнями) и уровнемерные стёкла. Способы визуального измерения уровня относятся к неавтоматизированным способам, но на практике получили большое распространение за счет простоты их реализации и достаточно высокой точности измерений.

Наибольшее распространение среди визуальных средств получили уровнемерные стёкла, принцип действия которых основан на законе сообщающихся сосудов (см. рисунок 2.1)

Из-за низкой механической прочности уровнемерные стёкла изготавливают длиной не более 0,5 м до давлений 2,5 ... 3,0 МПа и до температуры 300 °С.

1.2 Поплавковые средства измерения уровня

Поплавковые уровнемеры относятся к разряду наиболее простых уровнемеров. Получили распространение поплавокные уровнемеры широкого и узкого диапазонов.

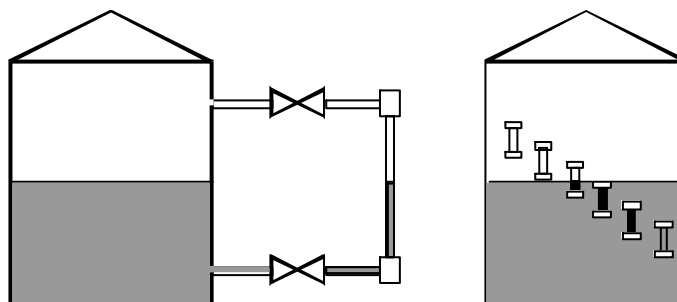


Рисунок 2.1 – Схемы установки уровнемерных стёкл на технологических аппаратах

Поплавковые уровнемеры узкого диапазона представляют собой поплавок диаметром от 80 до 200 мм из нержавеющей стали, плавающий на поверхности жидкости. Через специальное сальниковое уплотнение поплавок соединён с измерительной системой (см. рисунок 2.2а). Дальнейшее преобразование положения поплавка в зависимости от вида измерительного преобразователя может производиться как в положение стрелки измерительного прибора, так и в электрический или пневматический сигнал для последующей дистанционной передачи. Диапазон измерения подобных уровнемеров невелик и составляет -200 ... 0 ... 200 мм.

Поплавковые уровнемеры широкого диапазона представляют собой поплавок, связанный гибким тросом с противовесом (см. рисунок 2.2б). Роль противовеса может выполнять пружина.

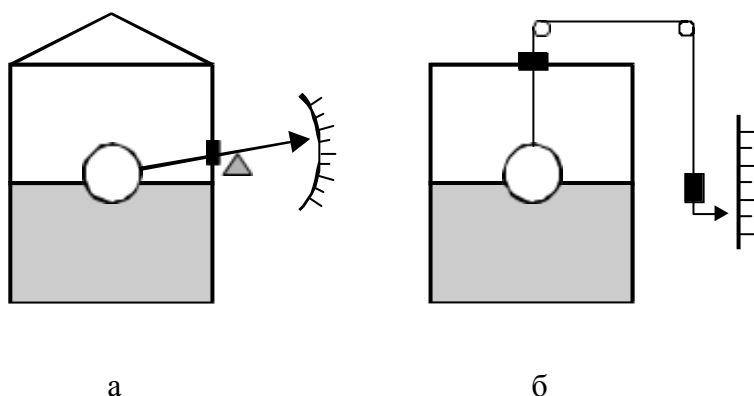


Рисунок 2.2 – Схемы поплавокных уровнемеров

Конструкцию поплавков противовес выбирают таким образом, чтобы в состоянии покоя поплавок находился на поверхности жидкости. Изменение погружения поплавка в результате

изменения уровня приведёт к нарушению равновесия. Конструкция начнёт движение в сторону изменения уровня до тех пор, пока вновь не наступит равновесие.

Уровнемеры с плавающим поплавком изготавливаются на пределы измерения до 12-20 м. Абсолютная погрешность измерений для максимальных диапазонов достигает 10 мм, что является очень хорошим результатом.

1.3 Буйковые средства измерения уровня

Действие буйковых уровнемеров основано на изменении выталкивающей (архимедовой) силы, действующей на погруженный в жидкость поплавок (буйёк). Буйёк представляет из себя металлический цилиндр с плотностью значительно выше, чем плотность жидкости. Буйёк подвешивается в вертикальном положении и частично погружается в жидкость. Максимальный вес буйка P соответствует минимальному уровню (буйёк не погружен в жидкость) и определяется только конструкцией и материалом буйка.

$$P=mg.$$

При погружении буйка в жидкость на него действует выталкивающая сила P_1 , пропорциональная объёму вытесненной жидкости и своего максимального значения сила достигает при полностью погруженном в жидкость буйке

На рисунке 2.3 представлен буйковый уровнемер, в котором в качестве чувствительного элемента используется мембрана.

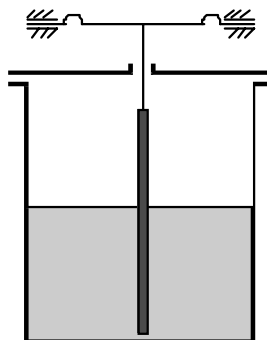


Рисунок 2.3 – Измерение уровня буйковым уровнемером

Буйковые уровнемеры имеют диапазон измерений до 16 м при температуре рабочей среды до 400 °С и давлении до 16 МПа. Класс точности составляет 1,0 и 1,5. Причём класс точности ограничивается не измерительной системой, а поведением измеряемой среды – изменением плотности среды при изменении внешних условий.

1.4 Гидростатические средства измерения уровня

Измерение уровня гидростатическими уровнемерами сводится к измерению гидростатического давления P , создаваемого столбом h жидкости постоянной плотности ρ в соответствии с известным выражением

$$P=\rho gh.$$

Измерение давления осуществляется:

- манометром, подключаемым на высоте, соответствующей нижнему предельному значению уровня (см. рисунок 2.4а,б) в случае, если жидкость находится под атмосферным давлением;
- дифференциальным манометром, подключаемым на высоте, соответствующей нижнему предельному значению уровня (см. рисунок 2.4в) в случае, если жидкость находится под избыточным давлением.

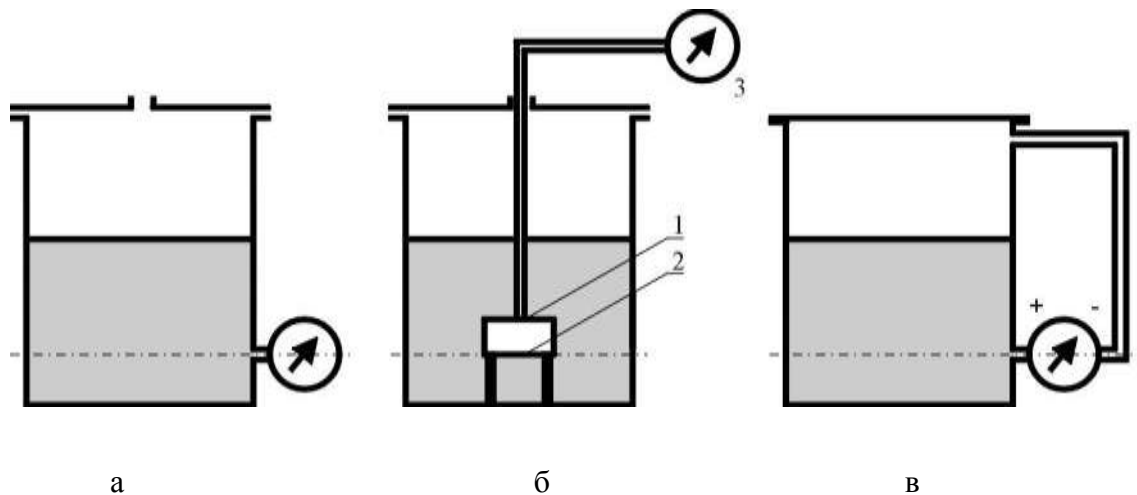


Рисунок 2.4 – Измерение уровня гидростатическими уровнемерами

На рисунке 2.4б представлен способ измерения уровня по давлению в манометрической системе. На нулевой отметке размещается колокол 1, отверстие которого перекрыто тонкой эластичной мембраной 2. Давление внутри системы измеряется манометром 3. Применение мембраны исключает растворение воздуха в жидкости, но вносит дополнительную погрешность за счет жесткости мембраны. Основное преимущество данной схемы заключается в независимости показаний манометра от его размещения относительно уровня жидкости.

Для измерения уровня жидкости в технологических аппаратах, работающих под давлением, широко применяются дифференциальные манометры. С помощью дифференциальных манометров возможно измерение уровня жидкости и в открытых резервуарах (рисунок 2.5а). При этом измерительный прибор должен находиться ниже нулевого уровня. Для компенсации давления, создаваемого дополнительным столбом жидкости высотой h_1 , используется уравнильный сосуд 1. В процессе измерения уровень жидкости в уравнильном сосуде должен быть постоянным. В случае если дифференциальный манометр расположен на нулевом уровне, то потребность в уравнильном сосуде отпадает.

При измерении уровня в аппаратах, находящихся под давлением, применяют схему, приведённую на рисунке 2.5б. Уравнильный сосуд в этом случае устанавливают на высоту, соответствующую максимальному значению уровня, и соединяют с аппаратом. Соединение выполняют трубкой с наклоном 1:10 в сторону аппарата.

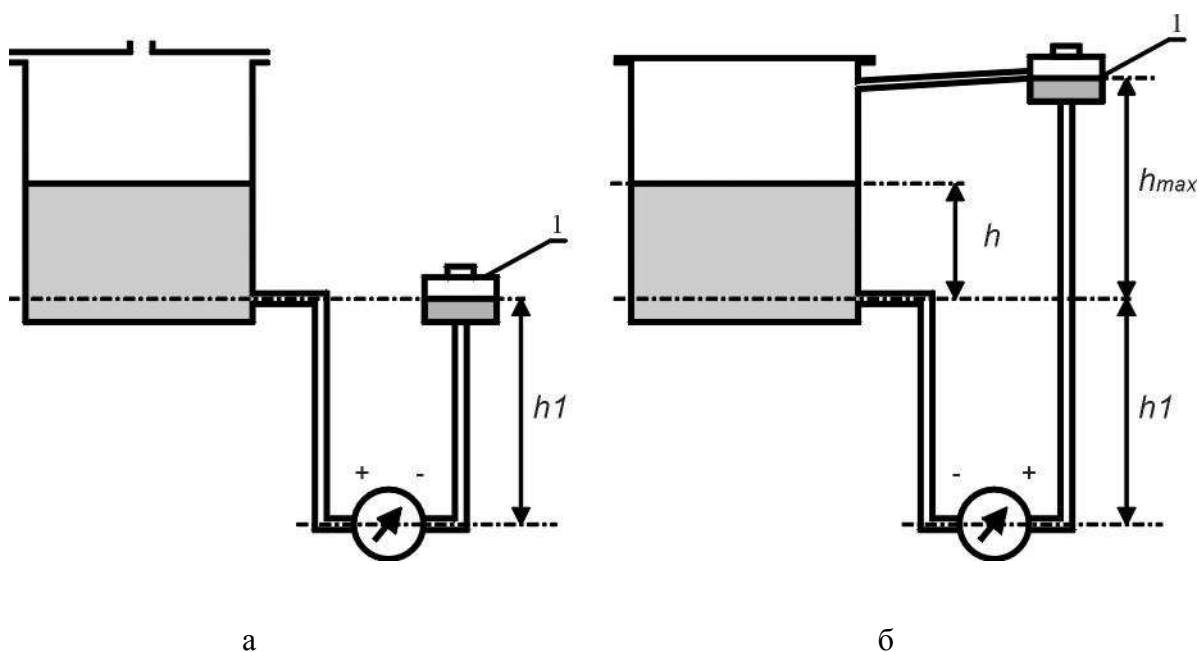


Рисунок 5 Измерение уровня с помощью дифференциальных манометров

Широкое применение подобные схемы нашли в аппаратах, в газовой фазе которых находятся пары жидкостей. Поступая в уравнильный сосуд, пары жидкости охлаждаются и конденсируется, что автоматически обеспечивает поддержание h_{max} . Излишки жидкости за счет наклона соединительной трубки сливаются в аппарат.

На рисунке 2.6 представлен способ измерения уровня воды в барабане парового котла 1, работающего под высоким давлением.

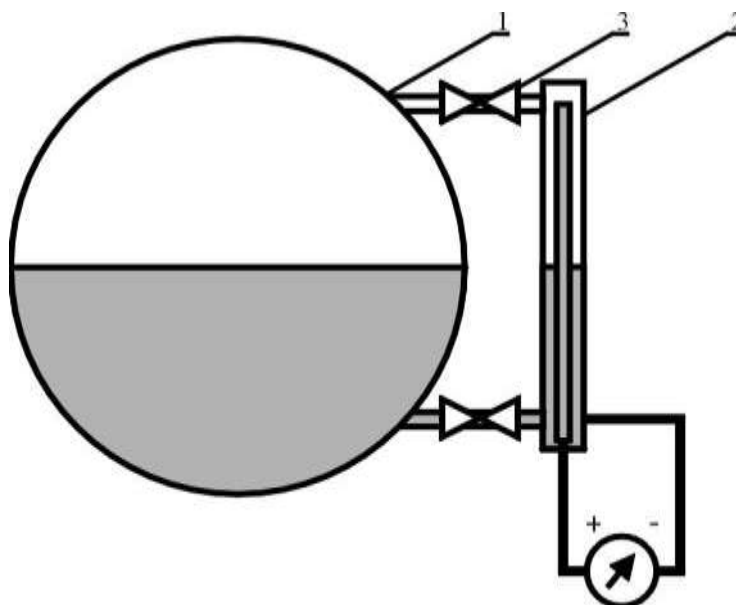


Рисунок 2.6 – Измерение уровня воды в барабане парового котла Измерение выполняется с помощью уровнемерной колонки 2. Конструктивно

колонка выполняется в виде двух труб разного диаметра. Труба с меньшим диаметром помещается в трубу с большим диаметром, которая герметизируется с помощью фланцев сверху и снизу.

Верхнее отверстие меньшей трубы свободно, к нижней подключена «плюсовая» импульсная трубка прибора. «Минусовая» импульсная трубка подключена к нулевому уровню колонки. С помощью специальных отборов 3 колонка подключается к барабану котла. Уровень в большей трубе как в сообщающемся сосуде устанавливается равным уровню в барабане котла, в то время как внутренняя труба колонки заполняется полностью. Заполнение трубки происходит сконденсировавшимися парами воды, либо в режиме переполнения котла. Измерение перепада, обратнопропорционального уровню выполняется дифференциальным манометром аналогично рисунку 2.5б.

1.5 Электрические средства измерения уровня

Принцип действия электрических уровнемеров основан на изменении электрических параметров чувствительного элемента, связанных с измерением уровня измеряемой жидкости.

По виду чувствительного элемента электрические уровнемеры подразделяются на емкостные и кондуктометрические (омические).

Ёмкостные уровнемеры

Принцип действия основан на зависимости электрической ёмкости чувствительного элемента от уровня жидкости. Конструктивно емкостные чувствительные элементы выполняются в виде коаксиально расположенных цилиндрических электродов или параллельно расположенных плоских электродов.

Для обеспечения постоянства характеристик преобразователя и повышения точности измерения уровня целесообразно применять преобразователи со стержнем или тросом, располагаемым в стальной трубе, являющейся вторым электродом преобразователя.

На рисунке 2.7 представлена схема устройства емкостного уровнемера для неэлектропроводящих (диэлектрических) жидкостей с удельной проводимостью менее 10^{-6} См/м (Сименс на метр). Уровнемер выполнен в виде цилиндрического конденсатора из двух коаксиально расположенных стальных труб 2 в 3. Преобразователь погружен в резервуар 1, в котором измеряется уровень жидкости.

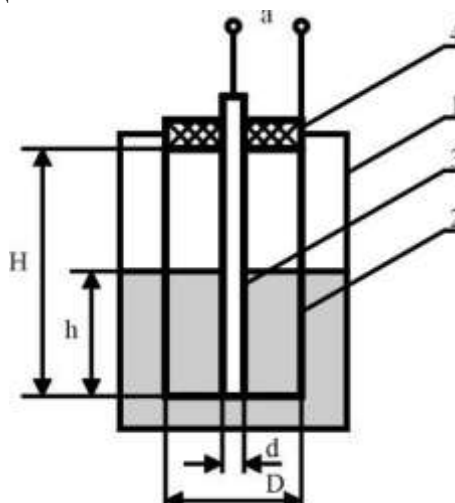


Рисунок 2.7 – Схема емкостного уровнемера

Если конденсатор уровнемера включить в одно из плеч моста переменного тока и предварительно уравновесить его на «пустом» конденсаторе, то по величине тока в измерительной диагонали моста можно судить о величине уровня, заполняющей конденсатор.

Конструкции емкостных уровнемеров могут быть различными. Возможен вариант, когда одной обкладкой конденсатора является электрод, помещаемый в аппарат с измеряемым уровнем жидкости, а другой стенки аппарата.

В случае если жидкость электропроводящая, удельная проводимостью более 10^{-4} См/м, применяют уровнемеры с изолированными друг от друга электродами чувствительного элемента.

Емкостные уровнемеры выпускаются классов точности 0,5; 1,0; 2,5. Основным источником погрешности является изменение диэлектрической проницаемости среды, заполняющей конденсатор.

Кондуктометрические уровнемеры

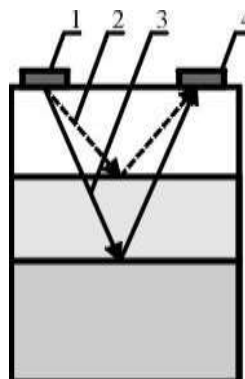
Уровнемеры этого типа предназначены для сигнализации уровня электропроводящих жидких и сыпучих сред с удельной проводимостью более 10^{-3} См/м. Принцип действия сигнализаторов основан на замыкании электрической цепи электрод – корпус или электрод – электрод при их касании жидкостью или сыпучей средой.

Изменение сопротивления цепи электрод – корпус при касании их жидкостью или сыпучей средой происходит скачкообразно и при дальнейшем увеличении уровня изменяется незначительно. Именно поэтому кондуктометрические уровнемеры выпускаются только как сигнализаторы уровня.

Электроды кондуктометрических уровнемеров изготавливают из специальных марок стали или угля. Угольные электроды используются только для жидких сред.

Ультразвуковые уровнемеры

В основу функционирования ультразвуковых уровнемеров положен принцип локации. В соответствии с этим принципом измерение уровня осуществляют по времени прохождения ультразвуковых колебаний расстояния от излучателя 1 до границы раздела двух сред и обратно до приёмника излучения 4. Локация границы раздела двух сред выполняется либо со стороны газа 2, либо со стороны рабочей среды 3. Уровнемеры, в которых локация границы раздела фаз осуществляется через газ, называют акустическими, а уровнемеры с локацией границы раздела двух сред через слой рабочей среды – ультразвуковыми.



Радиоактивные уровнемеры

В радиоактивных уровнемерах измерение уровня жидкости основано на изменении интенсивности радиоактивного излучения при прохождении его через слой жидкости. Источник и приемник излучения располагаются снаружи, с противоположных сторон аппарата, уровень жидкости в котором измеряется. Если уровень жидкости ниже линии, соединяющей источник и приемник излучения, то последний фиксирует большую интенсивность излучения, и наоборот. Изменение интенсивности излучения преобразуется в электронном блоке в электрический сигнал, который измеряется вторичным прибором.

Радиоактивные уровнемеры применяются в закрытых резервуарах при измерении уровня агрессивных, легковоспламеняющихся жидкостей, а также жидкостей, находящихся под высоким давлением или при высокой температуре (расплавленные металлы).

Форма предоставления результата

Документы (экран), отчет по выполненной работе

Критерии оценки:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно