

Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»**

Кафедра «Металлургия и технологии обработки материалов»

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ

**ПРАКТИКУМ
по выполнению лабораторных работ
по одноименной дисциплине
для студентов специальности
1-36 02 01 «Машины и технология
литейного производства»
дневной формы обучения**

Гомель 2018

УДК 621.74-52(075.8)
ББК 34.61-05я73
А22

*Рекомендовано научно-методическим советом
механико-технологического факультета
ГГТУ им. П. О. Сухого (протокол № 9 от 08.11.2017 г.)*

Рецензент: главный инженер ОАО «Гомельский литейный завод «Центролит»
В. М. Матюшенко

А22 **Автоматизация** процессов обработки : практикум по выполнению лаборатор. работ по одноим. дисциплине для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» днев. формы обучения / сост.: А. В. Ткаченко, Ю. В. Морозова. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. – 85 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц; 32 Mb RAM; свободное место на HDD 16 Mb; Windows 98 и выше; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Предназначено для практической подготовки студентов по применению элементов автоматизации технологических процессов. Содержит методические указания по содержанию, выполнению и оформлению лабораторных работ.

Для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» дневной формы обучения.

УДК 621.74-52(075.8)
ББК 34.61-05я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2018

Лабораторная работа №1

Датчики температуры.

Цель работы - изучение промышленных образцов первичных приборов для измерения температуры и методики их применения.

Теоретическая часть.

Температура – величина, характеризующая степень нагрева тела, представляющая собой меру внутренней энергии беспорядочного теплового движения молекул.

Для измерения температуры обычно используют изменение какого-либо физического свойства тела, однозначно зависящего от температуры и легко поддающегося измерению. К числу свойств, положенных в основу работы приборов для измерения температуры, относятся: объёмное расширение тел, изменение давления вещества в замкнутых объемах, возникновение термоэлектродвижущей силы, изменение электрического сопротивления проводников и полупроводников, интенсивность излучения нагретых тел и т.д.

Температуру тела или системы обычно определяют по изменению одного из указанных физических свойств специального термоэлектрического элемента, находящегося в тепловом равновесии с телом или системой, температура которых определяется.

Применяются две температурные шкалы.

Абсолютная термодинамическая. Началом отсчета термодинамической шкалы выбрана точка абсолютного нуля, а в качестве единственной реперной точки принята тройная точка воды, которой соответствует значение 273,1 К. Однако термодинамическая шкала не получила широкого практического применения из-за больших трудностей ее реализации с помощью газовых термометров.

Международная практическая (более удобная при измерениях). Основана на ряде воспроизводимых температур фазового равновесия веществ (основные реперные точки), которые находятся в диапазоне температур от 259,34 °С (тройная точка равновесного водорода) до 1064,43 °С (точка плавления золота). Числовые значения температуры в этой шкале сопровождают знаком °С (Цельсия).

Существуют контактные и бесконтактные методы измерения температуры. В первом случае имеет место надежный тепловой кон-

такт чувствительного элемента прибора с объектом измерения. Во втором случае нет непосредственного контакта чувствительного элемента прибора с объектом измерения.

Приборы для измерения температуры контактным методом

1. Термометр расширения

Принцип действия термометров расширения основан на изменении объема жидкости или линейных размеров твердых тел при изменении температуры. Применяются для местных измерений температур в пределах от -200 до $+750$ °С. Погрешность измерения $\pm 1\%$. Одним из представителей этой группы является жидкостный стеклянный термометр расширения.

Принцип действия термометра основан на зависимости между температурой и объемом термометрической жидкости, заключенной в стеклянной оболочке. Зафиксировать изменение положения верхней границы столбика жидкости возможно вследствие различия коэффициентов объемного теплового расширения жидкости и стекла. Из-за увеличения объема резервуара видимое изменение объема жидкости бывает ниже действительного.

Стеклянный жидкостный термометр состоит из двух основных частей: резервуара с термодинамической жидкостью и капилляра. Термометрическая жидкость заполняет резервуар и часть капилляра. При изменении температуры объём жидкости изменяется, вследствие чего столбик жидкости в капилляре поднимается или опускается на величину, пропорциональную изменению температуры. Положение верхней части столбика (мениска) определяет измеряемую температуру.

Устройство и общий вид жидкостных стеклянных термометров представлен на рис. 1.1.

В зависимости от формы нижней (рабочей) части термометры подразделяются на прямые — типа А и угловые — типа Б с углом 90 или 135° .

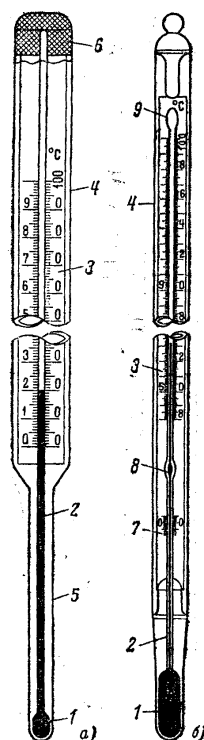


Рис. 1.1. Ртутные стеклянные термометры:

Наиболее широко в качестве термометрической жидкости используется ртуть. Применяют также органические заполнители: толуол, этиловый спирт, керосин и т.п. Ртуть по сравнению с другими жидкостями обладает следующими преимуществами:

- не смачивает стекла;
- легко получается в химически чистом виде;
- при нормальном атмосферном давлении в широком интервале температур (от $-38,86$ до $358,70$ °C) остаётся жидкой;
- имея малую теплоёмкость, при нагревании почти не даёт инерционных запаздываний.

2. Дилатометрические термометры.

Термометры линейного расширения подразделяют на биметаллические и дилатометрические. Действие биметаллических термометров основано на измерении разности линейных расширений двух пластин из разных материалов, жестко соединенных между собой по всей плоскости соприкосновения, при нагревании.

В качестве чувствительного элемента в дилатометрических термометрах применяется трубка, изготовленная из материала (латуни или меди), имеющего значительный температурный коэффициент линейного расширения. Пределы измерения составляют от -150 до 700

°С, погрешность не превышает 1-2 %.

Чаще всего термометры линейного расширения используют в качестве датчиков в системах сигнализации и регулирования температуры.

Зависимость длины l твердого тела от его температуры t выражается равенством:

$$l = l_0 \cdot (1 + \alpha t),$$

где l_0 – длина тела при температуре 0 °С;

α – средний температурный коэффициент линейного расширения тела, K^{-1} .

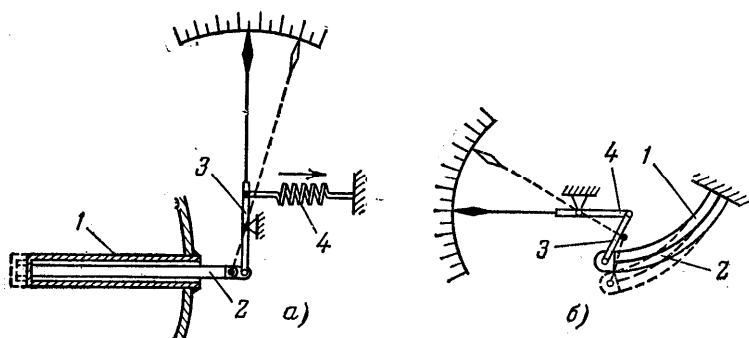


Рис.1.2. Дилатометрические термометры.
а – стержневой; б – пластинчатый.

3. Манометрические термометры

Принцип действия манометрического термометра основан на использовании зависимости между температурой и давлением термометрического вещества (газа, жидкости), заполняющего герметически замкнутую термосистему термометра.

Принципиальная схема показывающего манометрического термометра приведена на рис. 1.3, а. Термосистема состоит из термобаллона 1, капилляра 2 и манометрической одно или много витковой пружины 3. Капилляр соединяет термобаллон с неподвижным концом манометрической пружины. Подвижный конец пружины запаян и через шарнирное соединение 4, поводок 5, сектор 6 связан со стрелкой прибора 7. При погружении термобаллона в среду, температура которой измеряется, изменяется давление термометрического вещества в замкнутой термосистеме, чувствительный элемент которой (манометрическая пружина) деформируется и её свободный конец перемещается. Данное изменение положения пружины преобразуется в соответствующее перемещение регистрирующей стрелки относительно шкалы прибора.

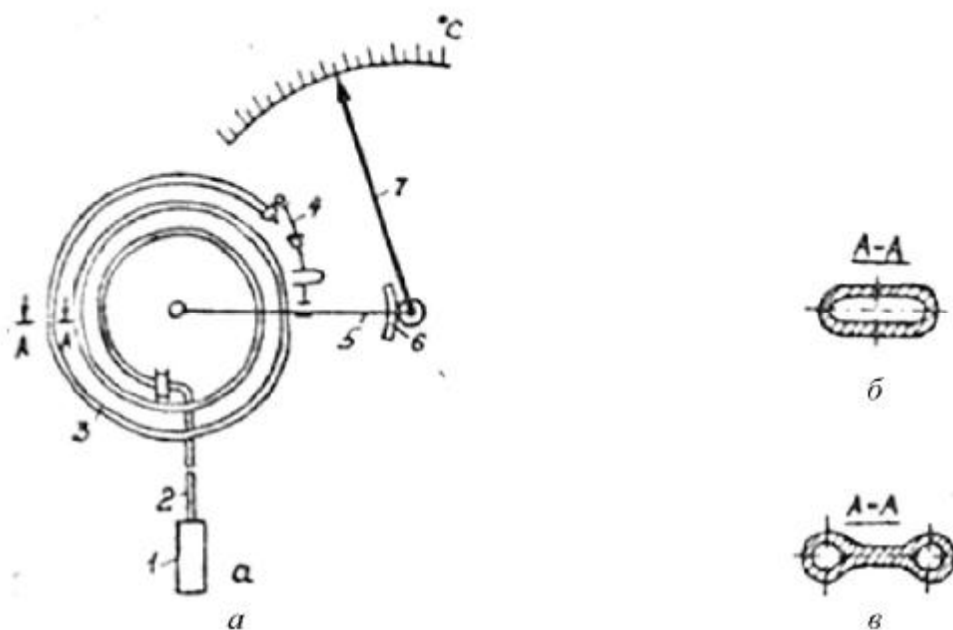


Рис. 1.3. Манометрический термометр

Поперечное сечение манометрической пружины, выполненной в виде полый металлической (сталь, латунь, бронза) изогнутой трубки, либо овальное (рис. 1.3, б), либо сложной формы с пережатым средним участком и двумя каналами каплевидной формы (рис. 1.3, в), что повышает её механическую прочность, уменьшает внутренний объём и снижает дополнительную температурную погрешность, связанную с изменением температуры окружающей среды.

Термобаллон обычно изготавливают из коррозионно-стойкой стали, а капилляр - из медной или стальной трубки с внутренним диаметром 0,15-0,5 мм. Длина капиллярной трубки может достигать 60 м.

Для защиты от механических повреждений капиллярную трубку помещают в защитную оболочку из стального плетеного рукава.

Манометрические термометры просты по устройству, надежны в работе при отсутствии электропривода диаграммы - взрыво- и пожаробезопасны. С помощью этих приборов можно измерять температуру в диапазоне от -150 до 600 °С. Класс точности - 1,0; 1,5; 2,5; 4,0.

Для работы со вторичными приборами изготавливают манометрические термометры с электрическими или пневматическими преобразователями. Различают газовые, жидкостные и конденсационные (парожидкостные) манометрические термометры. Устройства манометрических термометры всех типов аналогичны.

Приборы изготавливаются различных модификаций: показы-

вающие, самопишущие, с сигнальными и регулируемыми устройствами, а также с выходными унифицированными сигналами для включения в систему автоматического контроля и регулирования.

На показания манометрических термометров значительное влияние оказывают внешние условия: изменение температуры окружающего воздуха (дополнительная температурная погрешность), разная высота расположения термобаллона и пружины (гидростатическая погрешность), колебания атмосферного давления (барометрическая погрешность).

4. Термопреобразователи сопротивления

Термопреобразователь сопротивления (ТС) представляет собой измерительный преобразователь с чувствительным элементом, который под воздействием температуры изменяет активное сопротивление электрическому току.

Термометры сопротивления применяют в тех случаях, когда требуется повышенная точность измерений в пределах от -200 до +650 °С. Верхний температурный предел обусловлен механической и химической стойкостью материала, из которого изготовлено сопротивление. Изменение электросопротивления данного материала при изменении температуры характеризуется температурным коэффициентом сопротивления α (1/°С), который определяется по формуле:

$$\alpha = (R_t - R_0) / R_0 \cdot t$$

где t - температура материала, °С; R_0 , R_t - электросопротивление при 0 °С и при температуре t , Ом.

Этот коэффициент должен быть постоянным в широком интервале температур.

В комплект ТС входят чувствительный элемент, соединительные провода, источник питания и прибор, измеряющий активное сопротивление и проградуированный в единицах измерения температуры. Чувствительный элемент ТС может быть выполнен из проводникового или полупроводникового материала.

Недостатками термометров сопротивления являются: необходимость источника питания, значительная инерционность, измерение температуры не в точке, а в определенном объеме.

На рис. 1.4 показан чувствительный элемент платинового термометра. Он состоит из двух соединенных последовательно платино-

вых спиралей 1, расположенных в каналах керамического каркаса 4. К двум верхним концам этих спиралей припаяны платиновые или иридиево-родиевые (60 % родия) выводы 2, к которым приварены выводные проводники, изолированные керамическими бусами.

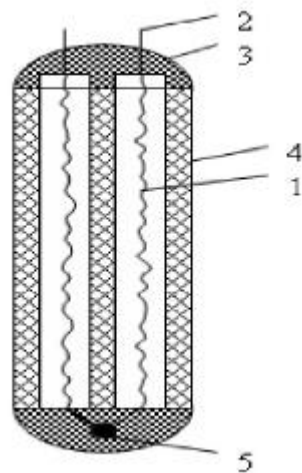


Рис. 1.4. Чувствительный элемент платинового ТС

Для крепления платиновых спиралей и выводов в керамическом каркасе используют глазурь (или термоцемент) 3 на основе окисей алюминия и кремния. Пространство между платиновыми спиралями и стенками каналов каркаса заполнено порошком окиси алюминия, который служит изолятором и улучшает тепловой контакт между спиралями и каркасом.

Для подгонки сопротивления при 0 °C изменяют длину нижних концов платиновых спиралей с последующей пайкой 5.

Для защиты от воздействия химически агрессивных сред и механических повреждений чувствительные элементы помещают в кожух, выполненный из алюминия или нержавеющей стали.

Недостаток платиновых термометров - разрушаемость при вибрации.

5. Термоэлектрические преобразователи

Термоэлектрический преобразователь (ТЭП) состоит из термоэлемента (термопары) и подключенного к нему электроизмерительного прибора.

Принцип действия термоэлектрического термометра основан на явлении термоэлектрического эффекта, открытом в 1821 г. Зеебеком и Томпсоном заключающемся в том, что в месте соединения двух проводников А и В (рис. 1.5) из разных металлов или сплавов возникает

термоэлектродвижущая сила (термо-ЭДС), величина которой зависит от температуры. В замкнутой цепи, состоящей из двух или нескольких разнородных проводников, возникает электрический ток в том случае, когда температуры мест их соединений не одинаковы t и t_0 . Спай, имеющий температуру t , называется рабочим спаем, а спай, имеющий постоянную температуру t_0 - свободным.

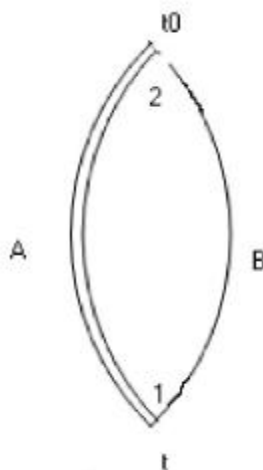


Рис. 1.5. Термоэлектрическая цепь из двух разнородных проводников

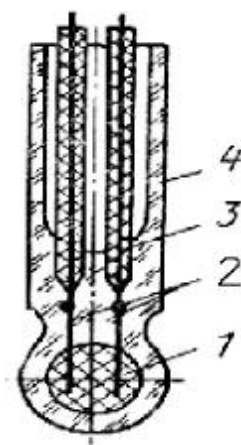


Рис. 1.6. Бусинковый полупроводниковый терморезистор

Во всех проводниках имеются свободные электроны, число которых для различных металлов и сплавов на единицу объема различно и зависит от природы металлов и температуры. Обычно число свободных электронов в металлах возрастает с повышением температуры. Предположим, что в спае с температурой t электроны из электрода А диффундируют в электрода В в большем количестве, чем

в обратном направлении, поэтому электрода А заряжается положительно, а электрода В - отрицательно. Электрическое поле, возникающее в месте соприкосновения проводников, препятствует этой диффузии, и когда скорость диффузии электронов станет равна скорости их обратного перехода под влиянием установившегося электрического поля, наступает состояние подвижного равновесия. При таком состоянии между проводниками А и В в точках 1 и 2 возникнут разности потенциалов $E_{AB}(t)$ и $E_{AB}(t_0)$, величина которых зависит от материала проводников и от температуры спаев.

Суммарная электродвижущая сила термопары равна разности ЭДС, развивающихся в нагретом и холодном концах термопары, т.е.

$$E_{AB}(t, t_0) = E_{AB}(t) - E_{AB}(t_0)$$

При этих условиях суммарная термо-ЭДС термопары зависит от температуры t . Следовательно, зная зависимость $E_{AB}(t, t_0)$, от t и поддерживая t_0 постоянной, можно, измеряя величину $E_{AB}(t, t_0)$, определять значение t .

Если поддерживать температуру t_0 постоянной, то величина $E_{AB}(t_0)$ будет также постоянной и равной C , а уравнение для $E_{AB}(t, t_0)$ примет вид

$$E_{AB}(t, t_0) = E_{AB}(t) - C$$

ТЭП состоит из изолированных друг от друга керамическими изоляторами термоэлектродов. Концы их сварены между собой и образуют горячий спай. Свободные концы термоэлектродов подсоединены к контактам специальной колодки. Термоэлектроды и контактные зажимы помещены в защитную арматуру.

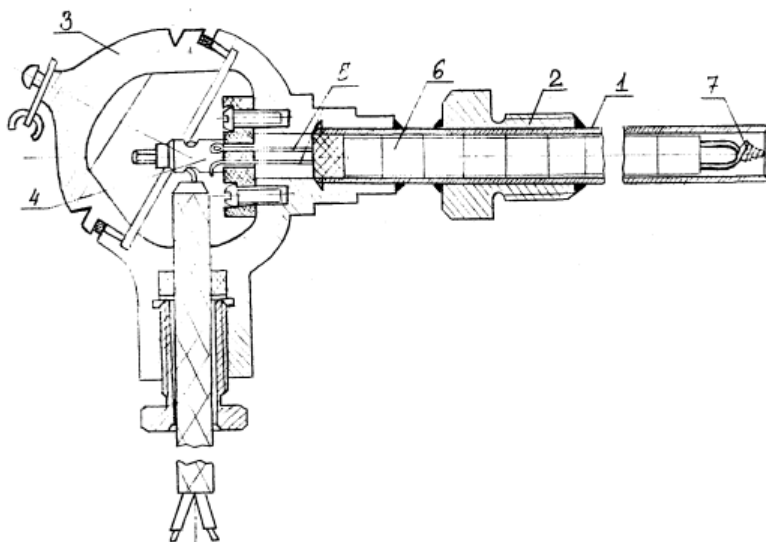


Рис. 1.7 Устройство термоэлектрического термометра

Приборы для измерения температуры бесконтактным методом 6. Пирометры

Приборы, измеряющие температуру физических тел по их тепловому излучению, называют пирометрами излучения или просто пирометрами. Пирометры излучения относятся к группе бесконтактных приборов. Тепловое излучение представляет собой электромагнитное излучение, испускаемое веществом за счет его внутренней энергии. Интенсивность теплового излучения резко убывает с уменьшением температуры тел, поэтому пирометры используют в основном для измерения температуры до $6000\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше. Преимуществом этих приборов является то, что измерение температуры осуществляется без непосредственного контакта с измеряемой средой, следовательно, сам процесс измерения не искажает температурного поля объекта измерения.

Лучистая энергия выделяется нагретым телом в виде электромагнитных волн различной длины. При температурах до $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ нагретое тело излучает инфракрасные лучи, не воспринимаемые человеческим глазом. По мере повышения температуры цвет тела от темнокрасного доходит до белого, содержащего волны всех воспринимаемых глазом длин. Одновременно с повышением температуры тела и изменением его цвета возрастает интенсивность монохроматического излучения (яркость), т.е. энергия излучения при определенной длине волны, а также увеличивается суммарная энергия излучения. Монохроматическое и суммарное (полное) излучения используются для измерения температуры нагретых тел и в соответст-

вии с этим пирометры излучения делятся на пирометры частичного и полного излучения (радиационные).

Интенсивность монохроматического и суммарного излучений, кроме температуры, зависит от физических свойств веществ. Поэтому шкалы приборов, работающих в комплекте с пирометрами, градуируются по излучению абсолютно черного тела, степень черноты которого постоянна и равна единице ($\epsilon_0 = 1$). Реальные физические тела излучают энергию менее интенсивно, чем абсолютно черные, т.к. у них $0 < \epsilon < 1$. В связи с этим пирометры излучения показывают так называемую кажущуюся температуру, т.е. показания пирометров обычно занижены относительно действительной температуры контролируемого тела. Следовательно, необходимо использовать соответствующие поправки на степень черноты реального тела.

7. Пирометры частичного излучения

В пирометрах частичного излучения используется зависимость между интенсивностью монохроматического излучения абсолютно черного тела и его температурой, выражаемая законом Планка:

$$E_{\lambda} = c_1 \cdot \lambda^{-5} \left(e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1 \right)^{-1}$$

где λ - длина волны, м; c_1 , c_2 - постоянные; T - абсолютная температура, К.

К пирометрам частичного излучения относятся оптические (квазимонохроматические), фотоэлектрические и цветовые (спектрального отношения) пирометры.

8. Оптические (квазимонохроматические) пирометры

Принцип действия квазимонохроматического пирометра основан на сравнении спектральных энергетических яркостей нагретого тела и эталонной пирометрической лампы накаливания.

Для выделения узкой области спектра в этих пирометрах используют красный светофильтр из стекла типа КС-15 толщиной 2 мм. Такой светофильтр пропускает излучение длиной волны 0,63-0,68 мкм.

На рис. 1.8 представлена схема оптического пирометра типа ОППИР-017. Он состоит из объектива, окуляра, красного светофильтра, пирометрической лампы, диафрагм (входной и выходной), реостата, затемняющего светофильтра, измерительного прибора (милливольтметра) и источника питания. Объектив и окуляр прибора могут перемещаться вдоль оси в телескопической трубке, что позволяет по-

лучить четкое изображение раскаленного тела и нити пирометрической лампы. Перемещая движок реостата, оператор изменяет силу тока, проходящего через лампу, и добивается совпадения яркостей объекта измерения и нити лампы, изображение нити как бы «исчезает» на фоне объекта. При этом красный светофильтр должен быть обязательно введен в поле зрения.

Диафрагмы (входная и выходная) ограничивают входной и выходной углы пирометра, оптимальные значения которых позволяют обеспечить независимость показаний прибора от изменения расстояния между объектом измерения и объективом.

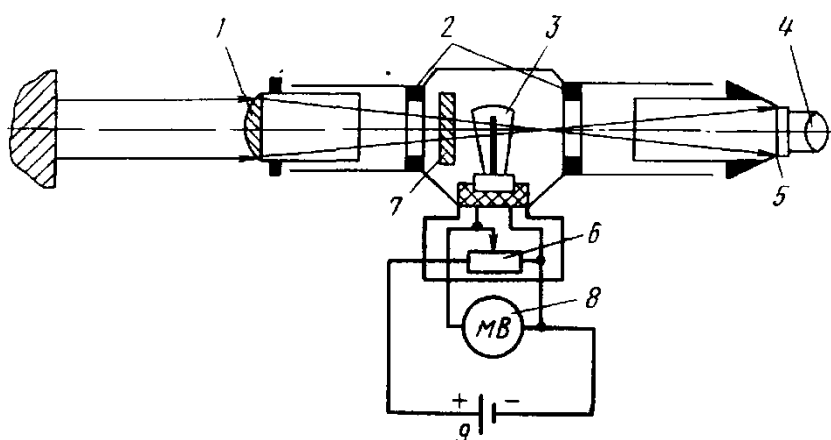


Рис. 1.8. Схема оптического пирометра ОППИР-017

1 - объектив; 2 - диафрагмы; 3 - пирометрическая лампа; 4 - окуляр; 5 - красный светофильтр; 6 - реостат; 7 - затемняющий светофильтр; 8 - измерительный прибор; 9 - источник питания

Нить пирометрической лампы выполнена из вольфрама, поэтому во избежание ее перегрева при температурах выше 1400°C перед лампой вводится затемняющий светофильтр, который в одинаковой степени поглощает излучение всех длин волн. В соответствии с этим милливольтметр имеет две шкалы: верхнюю - для измерения температур от 800 до 1400°C с выведенным затемняющим светофильтром и нижнюю - для температур выше 1400°C с введенным затемняющим светофильтром.

Работает данный пирометр от источника постоянного тока с напряжением $2-2,6\text{ В}$.

Достоинствами данного типа пирометров являются: возможность измерения на значительном расстоянии, нечувствительность к

изменениям окружающей среды, независимость точности измерения от расстояния до объекта измерения.

К недостаткам относятся: обязательное участие наблюдателя в измерении, невозможность дистанционной передачи показаний, влияние загрязнения атмосферы между источником излучения и пирометром.

9. Пирометры полного излучения (радиационные)

Радиационный метод измерения температуры основан на зависимости интенсивности полного излучения от температуры тела.

Для абсолютно черного тела зависимость количества излучаемой энергии E_0 от температуры характеризуется законом Стефана-Больцмана:

$$E_0 = \sigma_0 T^4$$

где σ_0 - постоянная, равная $5.6704 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴)

Преобразователь пирометрический полного излучения ППТ-121 предназначен для бесконтактного измерения и контроля радиационной температуры поверхностей от 100 до 2500 °С. Работает преобразователь в комплекте с вторичным измерительным преобразователем ПВВ-0 и вторичным показывающим прибором, в качестве которого используется милливольтметр или потенциометр.

Преобразователь (рис. 1.9) состоит из двух основных узлов - объектива и приемного устройства. Объектив предназначен для передачи энергии излучения от объекта измерения в устройство приемное. Объектив собран на кронштейне 1 и состоит из объективной линзы 2, полевой диафрагмы 3, апертурной диафрагмы 4 и конденсора 5.

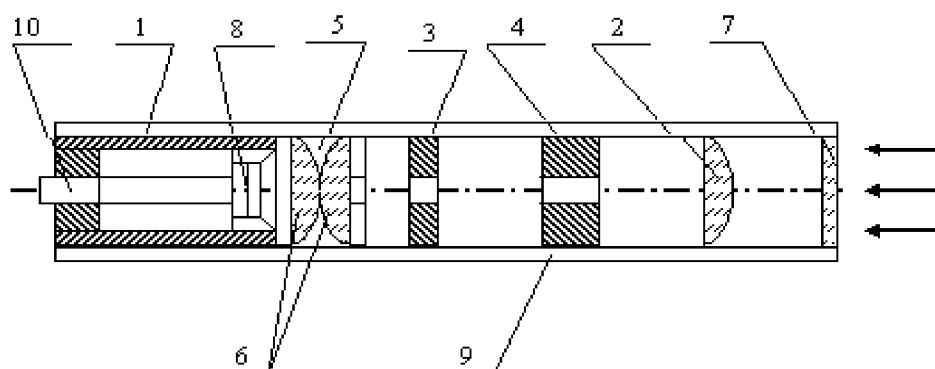


Рис. 1.9. Пирометр полного излучения

Объективная линза 2 служит для получения изображения объек-

та в плоскости полевой диафрагмы 3, предназначенной для получения заданного показателя визирования. Конденсор 5 предназначен для передачи изображения от полевой диафрагмы в плоскость приемного элемента и состоит из двух одинаковых линз 6. Устройство приемное, служащее для преобразования энергии излучения в электрический сигнал (термоЭДС), состоит из приемного элемента 8 и медного шунта. Приемный элемент 8 представляет собой 10-спайную термобатарейку из хромель-копелевых фольговых термоэлектрических преобразователей.

Пирометр градуируют при температуре свободных концов термобатарейки 20 ± 5 °С. Для компенсации погрешности, возникающей при отклонении температуры свободных концов от градуировочной, используют шунт, выполненный в виде катушки из медного провода, имеющего большой температурный коэффициент сопротивления. Термобатарейка имеет некоторый разброс чувствительности, поэтому для получения стандартной градуировки предусмотрена апертурная диафрагма 4, перемещением которой осуществляется подгонка градуировочной характеристики. Наружная труба 9 одевается на объектив с кронштейном и закрепляется крышкой с защитным стеклом 7. Стекло служит для защиты объектива от загрязнения. Подключение преобразователя в измерительную схему производится при помощи разъема 10.

К достоинствам пирометров полного излучения относятся: независимость показаний от освещенности объекта измерения посторонними источниками; возможность дистанционной передачи показаний.

К недостаткам - невозможность измерения истинной температуры; трудность измерения на больших расстояниях; влияние атмосферы между источником излучения и пирометром; сравнительно большая температурная погрешность.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с датчиками и приборами стенда и внести в протокол их паспортные данные. Тип датчика указывается на головке датчика. В работе используются термометры сопротивления с $W_{100} = 1,3910$ и $W_{100} = 1,428$

2. Измерить с помощью термометра сопротивления (ТС) температуру окружающего воздуха. Рассчитать погрешность измерения

температуры с учетом погрешности ТС и цифрового мультиметра (ЦМ).

3. Поместить ТС в термостат, включить нагрев и провести ряд измерений температуры. Рассчитать погрешность измерения температуры.

4. Поместить в нагретый термостат термопару (ТП), дождаться установившегося режима и провести измерение температуры. Выключить термостат и в течение его остывания провести ряд измерений температуры. Найти результаты с поправкой на температуру соединительного спая. Рассчитать погрешность измерения температуры с учетом погрешности ТП, погрешности измерения температуры соединительного спая ТП и погрешности ЦМ.

Таблица 1.1. – НСХ преобразователи типа ТХА. Температура соединительного спая – 0 °С

$t, ^\circ\text{C}$	$E_m, \text{мВ}$	$t, ^\circ\text{C}$	$E_m, \text{мВ}$	$t, ^\circ\text{C}$	$E_m, \text{мВ}$
0	0	50	2,022	100	4,095
5	0,198	55	2,229	105	4,302
10	0,397	60	2,436	110	4,508
15	0,597	65	2,643	115	4,714
20	0,798	70	2,850	120	4,919
25	1,000	75	3,058	125	5,124
30	1,203	80	3,266	130	5,327
35	1,407	85	3,473	135	5,531
40	1,611	90	3,681	140	5,733
45	1,817	95	3,888	145	5,936

Таблица 1.2. – НСХ преобразователя типа ТХК. Температура свободных концов – 0 °С

$t, ^\circ\text{C}$	$E_m, \text{мВ}$	$t, ^\circ\text{C}$	$E_m, \text{мВ}$	$t, ^\circ\text{C}$	$E_m, \text{мВ}$
0	0	50	3,299	100	6,842
5	0,318	55	3,643	105	7,208
10	0,638	60	3,989	110	7,576
15	0,961	65	4,338	115	7,946
20	1,287	70	4,689	120	8,318
25	1,616	75	5,042	125	8,693
30	1,947	80	5,398	130	9,069
35	2,282	85	5,756	135	9,446

40	2,618	90	6,116	140	9,826
45	2,957	95	6,478	145	10,208
50	3,299	100	6,842	150	10,591

Таблица 1.3.– НСХ преобразователя типа ТСМ

$t, ^\circ C$	W_t	$t, ^\circ C$	W_t	$t, ^\circ C$	W_t
0	1,0000	50	1,2140	100	1,4280
5	1,0214	55	1,2354	105	1,4922
10	1,0428	60	1,2568	110	1,4708
15	1,0642	65	1,2782	115	1,4922
20	1,0856	70	1,2996	120	1,5136
25	1,1070	75	1,3210	125	1,5350
30	1,1284	80	1,3424	130	1,5564
35	1,1498	85	1,3638	135	1,5777
40	1,1712	90	1,3852	140	1,5991
45	1,1926	95	1,4066	145	1,6205
50	1,2140	100	1,4280	150	1,6419

Таблица 1.4. – Отношения сопротивлений W_t для платиновых ТС с $W_{100} = 1,3910$

$t, ^\circ C$	W_t	$t, ^\circ C$	W_t
0	1,0000	80	1,3139
5	1,0198	85	1,3332
10	1,0396	90	1,3526
15	1,0594	95	1,3719
20	1,0792	100	1,3910
25	1,0989	105	1,4104
30	1,1186	110	1,4296
35	1,1343	115	1,4488
40	1,1579	120	1,4679
45	1,1775	125	1,4870
50	1,1971	130	1,5061
55	1,2166	135	1,5252
60	1,2361	140	1,5442
65	1,2556	145	1,5632
70	1,2751	150	1,5822

Контрольные вопросы.

1. Назовите принципы измерения температуры.
2. Какие из них применяются для автоматизации процесса измерения?
3. Что характеризует температура? Каковы основные принципы термометрии?
4. Опишите устройство жидкостных термометров? Каковы их достоинства и недостатки?
5. Каков принцип действия твердотельных термометров?
6. Как использовать термопары и терморезисторы для измерения температуры?
7. Принцип действия радиационного пирометра.
8. Необходимость применения бесконтактных методов измерения температуры.

Лабораторная работа №2

Датчики расхода материала.

Цель работы: ознакомление с устройством и работой приборов и их применением в промышленных условиях.

Теоретическая часть.

1. Основные сведения об измерении расхода и массы веществ

Измерение расхода и массы веществ (жидких, газообразных, сыпучих, твердых, паров и т. п.) широко применяется как в товароучетных и отчетных операциях, так и при контроле, регулировании и управлении технологическими процессами. В промышленности оптимальное управление многими технологическими процессами основывается на смешивании различных компонентов и ингредиентов, входящих в состав изготавливаемого целевого продукта, в строго определенных соотношениях, изменение которых может привести к нарушению хода процессов и получению некачественного готового продукта.

Расход вещества — это масса или объем вещества, проходящего через данное сечение канала средства измерения расхода в единицу времени. В зависимости от того, в каких единицах измеряется расход, различают объемный расход или массовый расход. Объемный расход измеряется в $\text{м}^3/\text{с}$ ($\text{м}^3/\text{ч}$ и т. д.), а массовый — в $\text{кг}/\text{с}$ ($\text{кг}/\text{ч}$, $\text{т}/\text{ч}$ и т. д.).

Расход вещества измеряется с помощью расходомеров, представляющих собой средства измерений или измерительные приборы расхода. Многие расходомеры предназначены не только для измерения расхода, но и для измерения массы или объема вещества, проходящего через средство измерения в течение любого, произвольно взятого промежутка времени. В этом случае они называются расходомерами со счетчиками или просто счетчиками. Масса или объем вещества, прошедшего через счетчик, определяется по разности двух последовательных во времени показаний отсчетного устройства или интегратора. Расходомеры, наиболее широко распространенные в промышленности, по принципу действия разделяются на следующие основные группы: переменного перепада давления; обтекания — постоянного перепада давления; тахометрические; электромагнитные; переменного уровня; тепловые; вихревые; акустические. Кроме того,

известны расходомеры, основанные на других принципах действия: резонансные, оптические, ионизационные, меточные и др. Однако многие из них находятся в стадии разработки и широкого применения пока не получили.

В промышленности большое распространение получают также измерительные устройства, предназначенные для счета единиц готовой продукции, выпускаемой в виде отдельных изделий (булок, батон), упаковок (бутылок, коробок, ящиков) и т. п. Кроме того, очень широко используются различные автоматические весы и весовые дозаторы.

2. Расходомеры переменного перепада давления

Одним из наиболее распространенных средств измерений расхода жидкостей и газов (паров), протекающих по трубопроводам, являются расходомеры переменного перепада давления, состоящие из стандартного сужающего устройства, дифманометра, приборов для измерения параметров среды и соединительных линий. В комплект расходомерного устройства также входят прямые участки трубопроводов до и после сужающего устройства с местными сопротивлениями.

Сужающее устройство расходомера является первичным измерительным преобразователем расхода, в котором в результате сужения сечения потока измеряемой среды (жидкости, газа, пара) образуется перепад (разность) давления, зависящий от расхода. В качестве стандартных (нормализованных) сужающих устройств применяются измерительные диафрагмы, сопла, сопла Вентури и трубы Вентури. В качестве измерительных приборов применяются различные дифференциальные манометры, снабженные показывающими, записывающими, интегрирующими, сигнализирующими и другими устройствами, обеспечивающими выдачу измерительной информации о расходе в соответствующей форме и виде.

Измерительная диафрагма представляет собой диск, установленный так, что центр его лежит на оси трубопровода (рис. 2.1). При протекании потока жидкости или газа (пара) в трубопроводе с диафрагмой сужение его начинается до диафрагмы. На некотором расстоянии за ней под действием сил инерции поток сужается до минимального сечения, а далее постепенно расширяется до полного сечения трубопровода. Перед диафрагмой и после нее образуются зоны

завихрения. Давление струи около стенки вначале возрастает из-за подпора перед диафрагмой. За диафрагмой оно снижается до минимума, затем снова повышается, но не достигает прежнего значения, так как вследствие трения и завихрений происходит потеря давления $p_{\text{пот}}$.

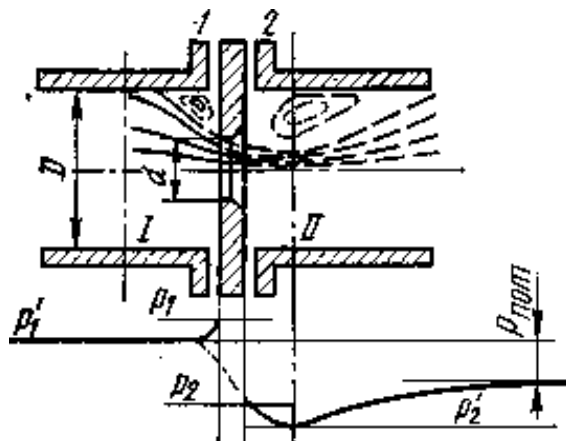


Рис. 2.1 – Схема распределения статического давления в потоке при установке в трубопроводе сужающего устройства – диафрагмы

Таким образом, часть потенциальной энергии давления потока переходит в кинетическую. В результате средняя скорость потока в суженном сечении повышается, а статическое давление в этом сечении становится меньше статического давления перед сужающим устройством. Разность этих давлений (перепад давления) служит мерой расхода протекающей через сужающее устройство жидкости, газа или пара.

Из рис. 2.1 видно, что давление по оси трубопровода, показанное штрихпунктирной линией, несколько отличается от давления вдоль стенки трубопровода только в средней части графика. Через отверстия 1 и 2 производится измерение статических давлений до и после сужающего устройства.

3. Расходомеры обтекания

Принцип действия расходомеров обтекания основан на зависимости перемещения тела, находящегося в потоке и воспринимающего динамическое давление обтекающего его потока, от расхода вещества. Широко распространенными расходомерами обтекания являются расходомеры постоянного перепада давления — ротаметры, поплавковые и поршневые. Принцип действия расходомеров постоянного

перепада давления основан на зависимости от расхода вещества вертикального перемещения тела — поплавка, находящегося в потоке и изменяющего при этом площадь проходного отверстия прибора таким образом, что перепад давления по обе стороны поплавка остается постоянным.

В некоторых расходомерах обтекания, называемых расходомерами обтекания компенсационного типа, перемещение тела обтекания измеряется по величине давления, создающего усилие, приложенное к телу и уравнивающее динамическое давление потока на него.

Ротаметры

Расходомеры постоянного перепада давления — ротаметры — применяются для измерения расходов однородных потоков чистых и слабозагрязненных жидкостей и газов, протекающих по трубопроводам и не подверженных значительным колебаниям. Особенно широко они используются в винодельческом, спиртовом, ликерно-водочном и других производствах. Ротаметр (рис. 2.2) представляет собой длинную коническую трубку 1, располагаемую вертикально, вдоль которой под действием движущегося снизу вверх потока перемещается поплавок 2. Поплавок перемещается до тех пор, пока площадь кольцевого отверстия между поплавком и внутренней поверхностью конусной трубки не достигнет такого размера, при котором перепад давления по обе стороны поплавка не станет равным расчетному. При этом действующие на поплавок силы уравниваются, а поплавок устанавливается на высоте, соответствующей определенному значению расхода.

Рассмотрим силы, действующие на поплавок. Масса поплавка в рабочем состоянии, т. е. при полном погружении в измеряемую среду (в кг),

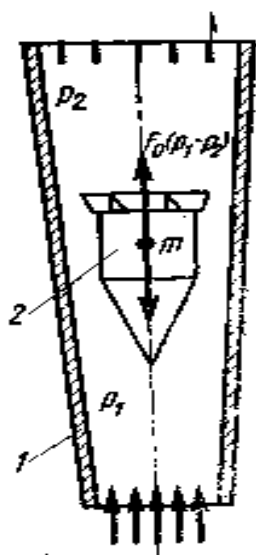


Рис. 2.2 – Функциональная схема ротаметра

Поплавковые и поршневые расходомеры

Поплавковый расходомер постоянного перепада давления (рис. 2.3) состоит из поплавка 1 и конического седла 2, расположенных в корпусе прибора (отсчетное устройство на схеме не показано). Коническое седло выполняет ту же роль, что и коническая трубка ротаметра. Различие заключается в том, что длина и диаметр седла примерно равны, а у ротаметров длина конической трубки значительно больше ее диаметра.

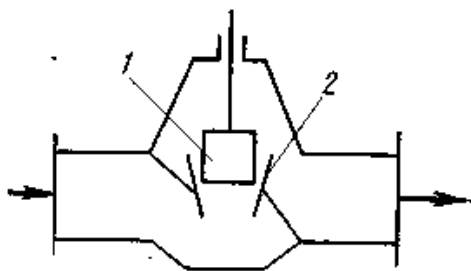


Рис. 2.3 – Структурная схема поплавкового расходомера

В поршневом расходомере (рис. 2.4) чувствительным элементом является поршень 1, перемещающийся внутри втулки 2.

Втулка имеет входное отверстие 5 и выходное отверстие 4, которое является диафрагмой переменного сечения. Поршень с помощью штока соединен с сердечником передающего преобразователя 3. Протекающая через расходомер жидкость поступает под поршень и поднимает его. При этом открывается в большей или меньшей степе-

ни отверстие выходной диафрагмы. Жидкость, протекающая через диафрагму, одновременно заполняет также пространство над поршнем, что создает противодействующее усилие.

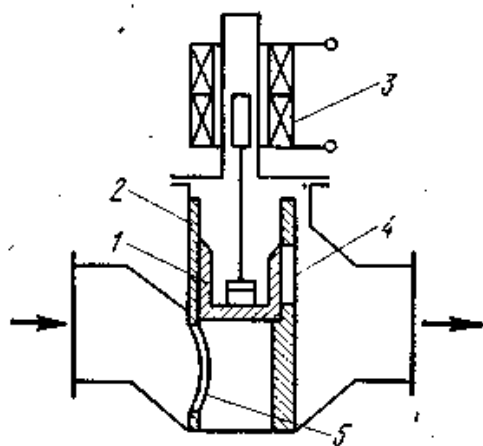


Рис. 2.4 – Структурная схема поршневого расходомера

4. Тахометрические расходомеры

Расходомеры этой группы широко применяются практически во всех отраслях промышленности. Принцип их действия основан на использовании зависимостей скорости движения тел — чувствительных элементов, помещаемых в поток, от расхода веществ, протекающих через эти расходомеры. Известно большое число разновидностей тахометрических расходомеров, однако в практике для измерения расхода самых разнообразных жидкостей и газов широко распространены турбинные, шариковые и камерные расходомеры.

Камерные тахометрические расходомеры представляют собой один или несколько подвижных элементов, отмеривающих или отсекающих при своем движении определенные объемы жидкости или газа. Существует большое число конструкций, камерных расходомеров жидкостей и газов. Овально-шестеренчатый счетчик жидкостей (рис. 2.5) состоит из двух одинаковых овальных шестерен, вращающихся под действием перепада давления жидкости, протекающей через его корпус. В положении I правая шестерня отсекает некоторый объем жидкости 1; так как на эту шестерню действует крутящий момент, она поворачивается по часовой стрелке, вращая при этом левую шестерню против часовой стрелки. В положении II левая шестерня заканчивает отсекание новой порции жидкости 2, а правая выталкивает ранее отсеченный объем 1 в выходной патрубок счетчика. В это время вращающий момент действует на обе шестерни. В по-

положении III ведущей является левая шестерня, отсекающая объем 2. В положении IV правая шестерня заканчивает отсекание объема 3, а левая выталкивает объем 2. В положении V полностью отсекается объем 3; обе шестерни сделали по пол-оборота, и ведущей стала опять правая шестерня. Вторая половина оборота шестерен протекает аналогично. Таким образом, за один полный оборот шестерен отсекается четыре дозирующих объема. Учет жидкости основан на отсчете числа оборотов шестерен. Выпускаются счетчики, обеспечивающие измерение в диапазоне от 0,8 до 36 м³/ч. Диаметры условных проходов 15 – 50 мм; класс точности 0,5; 1,0.

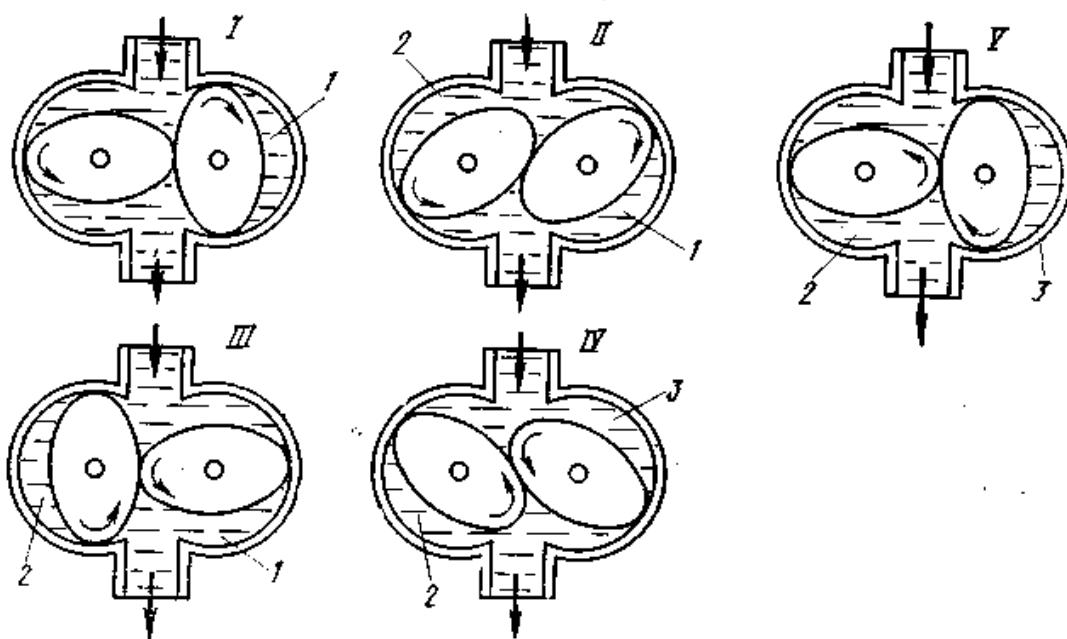


Рис. 2.5 – Схема работы счетчика жидкости с овальными шестернями

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Лабораторная установка (рис. 2.6) состоит из крыльчатого счетчика 1, ротаметра РС-3 с утяжеленным поплавком 2, трубки Вентури 3 соединенной с жидкостным дифманометром 4. Расходомеры установлены на стальной трубе 7, которая присоединена к питателю воды 6. На трубе имеются вентили 8 и 12 для регулирования расхода воды. Количество прошедшей через расходомеры воды, определяется с помощью мерного бака 5. Время необходимое для нахождения расхода определяется секундомером.

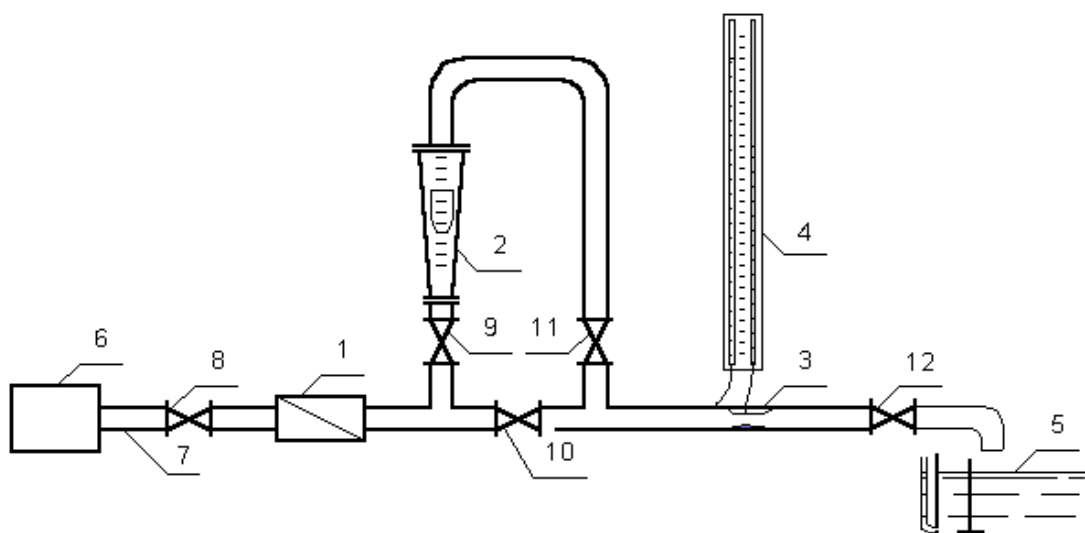


Рис. 2.6. – Схема лабораторной установки

1. Открыть вентили 8, 9 и с помощью вентиля 11, 12 установить расход, при котором наблюдается медленное, непрерывное вращение звездочки крыльчатого счетчика 1 и обеспечивается минимальный (до 2 мм) перепад уровней в пьезометрах жидкостного дифманометра 4.

2. Определить объём воды $W_{\text{МБ}}$, поступившей в мерный бак 5 за время опыта T . Время проведения опыта не менее одной минуты.

3. Определить объём воды $W_{\text{С}}$, прошедшей через счетчик за время проведения опыта T .

4. Определить показания пьезометров Π_1 и Π_2

5. По верхней кромке поплавка определить среднее показание ротаметра 2 за время проведения опыта.

6. С помощью вентиля 11 и 12 изменить расход воды и измерения повторить

Обработка результатов

1. Определить расход воды в трубопроводе по показанию мерного бака

$$Q_{\text{МБ}} = W_{\text{МБ}}/T$$

2. Определить расход воды проходящей через счетчик, по показанию счетчика

$$Q_{\text{С}} = W_{\text{С}}/T$$

3. Определить относительную погрешность измерения расхода скоростным счетчиком

$$\delta = \frac{Q_{\text{МБ}} - Q_{\text{С}}}{Q_{\text{МБ}}} \cdot 100 (\%)$$

4. Определить потери пьезометрического напора на трубке Вентури

$$\Delta h = P_1 - P_2$$

5. Вычислить значение коэффициента расхода A для каждого расхода

$$A = \frac{Q_{\text{МБ}}}{\sqrt{\Delta h}}$$

6. Определить среднее значение коэффициента расхода

$$A_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} A_i}{N}$$

7. Найти значения расхода для построения тарировочного графика

$$Q_{\text{T}} = A_{\text{ср}} \cdot \sqrt{\Delta h}$$

8. Экспериментальные данные и полученные результаты обработки занести в табл. 2/1.

Таблица 2.1 – Экспериментальные данные и результаты обработки

№	Мерный бак				Скоростной счетчик				Трубка Вентури						Ротаметр
	Δh , см	W , л	T , с	$Q_{\text{МБ}}$, л/с	$W_{\text{С}}$, л	T , с	$Q_{\text{С}}$, л/с	d , %	P_1 , см	P_2 , см	Δh , см	A	$A_{\text{ср}}$	Q_{T} , л/с	n
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1															
:															
N															

Контрольные вопросы

1. Назовите принципы измерения давления, перепада и вакуума.

2. Как измеряют расход и количество?
3. Назовите принципы измерения уровня.
4. Каков принцип действия расходомера переменного перепада давления на сужающем устройстве?
5. Покажите распределение статического давления при установке в трубопроводе диафрагмы, сопла и сопла Вентури.
6. Каковы назначения, устройство и принцип действия автоматического потенциометра (любого)?
7. Приведите принципиальную схему потенциометра.
8. Классификация приборов для измерения расхода.

Лабораторная работа №3 Датчики давления газов и жидкостей.

Цель работы: ознакомление с устройством и работой приборов и их применением в промышленных условиях.

Теоретическая часть.

1. Классификация приборов для измерения давления по типу чувствительного элемента

По виду упругого чувствительного элемента пружинные приборы делятся на следующие группы:

- 1) приборы с трубчатой пружиной, или собственно пружинные (рис. 3.1а,б);
- 2) мембранные приборы, у которых упругим элементом служит мембрана (рис. 3.1в), анероидная или мембранная коробка (рис. 3.1г,д), блок анероидных или мембранных коробок (рис. 3.1е,ж);
- 3) пружинно-мембранные с гибкой мембраной (рис. 3.1з);
- 4) приборы с упругой гармониковой мембраной (сильфоном) (рис. 3.1к);
- 5) пружинно-сильфонные (рис. 3.1и).

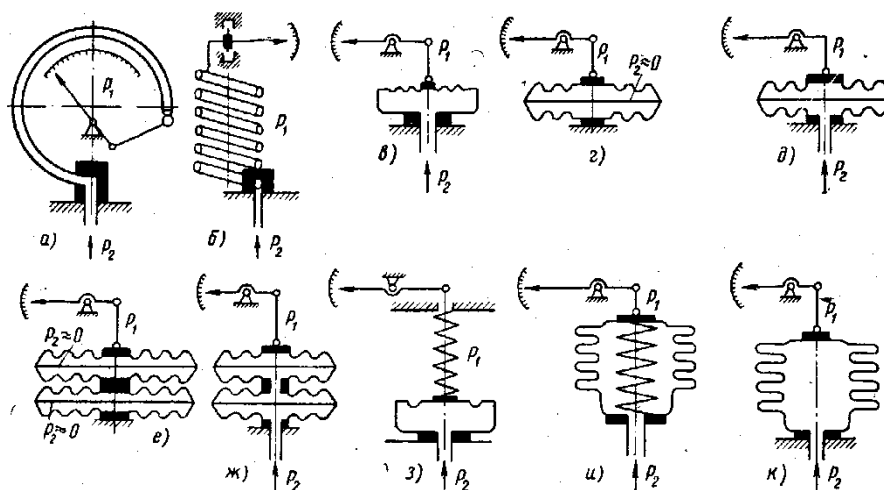


Рис. 3.1. Типы пружинных устройств

2. Определение понятия «давление», точное измерение давления и соотношение между ними

Давление является одним из важнейших параметров химико-технологических процессов. От величины давления часто зависит правильность протекания процесса химического производства. Под давлением в общем случае понимают предел отношения нормальной составляющей силы к площади, на которую действует сила. При равномерном распределении сил давление равно частному от деления нормальной составляющей силы давления на площадь, на которую эта сила действует. Величина единицы давления зависит от выбранной системы единиц (табл. 3.1).

Различают абсолютное и избыточное давление. Абсолютное давление P_a — параметр состояния вещества (жидкостей, газов и паров). Избыточное давление p_i представляет собой разность между абсолютным давлением P_a и барометрическим давлением P_b (т. е. давлением окружающей среды):

$$P_i = P_a - P_b,$$

Если абсолютное давление ниже барометрического, то

$$P_v = P_b - P_a,$$

где P_v — разряжение.

Единицы измерения давления: Па (Н/м^2); кгс/см^2 ; мм вод. ст.; мм рт.ст.

Таблица 3.1 – Соотношение между единицами давления:

Единицы давления	кгс/м^2 или мм вод. ст.	кгс/см^2 или атм. (техни- ческая атмо- сфера)	атм. (физическая атмосфера)	1 мм рт. ст.	Н/м^2
1 кгс/м^2 или 1 мм вод. ст.	1	10^{-4}	$0,0968 \cdot 10^{-3}$	$73,556 \cdot 10^{-3}$	9,80665
1 кгс/см^2 или 1 атм. (тех- ническая)	10^4	1	0,9678	735,56	98066,5
1 атм. (фи- зическая атмосфера)	10332	1,0332	1	760,00	101 325

1 мм рт. ст.	13,6	$1,36 \cdot 10^{-3}$	$1,316 \cdot 10^{-3}$	1	133,322
1 Н/м ²	0,102	$10,2 \cdot 10^{-6}$	$10,13 \cdot 10^{-6}$	$7,50 \cdot 10^{-3}$	1

3. Классификация приборов для измерения давления и разрежения

Приборы для измерения давления подразделяются на:

- а) манометры – для измерения абсолютного и избыточного давления;
- б) вакуумметры – для измерения разрежения (вакуума);
- в) мановакуумметры – для измерения избыточного давления и вакуума;
- г) напорометры – для измерения малых избыточных давлений (верхний предел измерения не более 0,04 МПа);
- д) тягомеры – для измерения малых разрежений (верхний предел измерения до 0,004 МПа);
- е) тягонапорометры – для измерения разрежений и малых избыточных давлений;
- ж) дифференциальные манометры – для измерения разности давлений;
- з) барометры - для измерения барометрического давления атмосферного воздуха.

4. Устройство и принцип действия, и область применения приборов с упругими пружинными чувствительными элементами

Действие пружинных приборов основано на измерении величины деформации различного вида упругих элементов. Деформация упругого чувствительного элемента преобразуется передаточными механизмами того или иного вида в угловое или линейное перемещение указателя по шкале прибора.

Наиболее широко применяются приборы (манометры, вакуумметры, мановакуумметры и дифманометры) с одновитковой трубчатой пружиной. Основная деталь прибора с одновитковой трубчатой пружиной — согнутая по дуге окружности трубка эллиптического или плоскоовального сечения (рис. 3.2). Одним концом трубка заделана в держатель, оканчивающийся ниппелем с резьбой для присое-

динения к полости, в которой измеряется давление. Внутри держателя есть канал, соединяющийся с внутренней полостью трубки (рис. 3.2).

Если в трубку подать жидкость, газ или пар под избыточным давлением, то кривизна трубки уменьшится, и она распрямляется; при создании разрежения внутри трубки кривизна ее возрастает, и трубка скручивается. Так как один конец трубки закреплен, то при изменении кривизны трубки ее свободный конец перемещается по траектории, близкой к прямой, и при этом воздействует на передаточный механизм, который поворачивает стрелку показывающего прибора.

Свойство изогнутой трубки некруглого сечения изменять величину изгиба при изменении давления в ее полости является следствием изменения формы сечения. Под действием измеряемого давления внутри трубки эллиптическое или плоскоовальное сечение, деформируясь под действием силы $F=P \times S$, где S —площадь воздействия давления, приближается к круговому сечению (малая ось эллипса или овала увеличивается, а большая уменьшается).

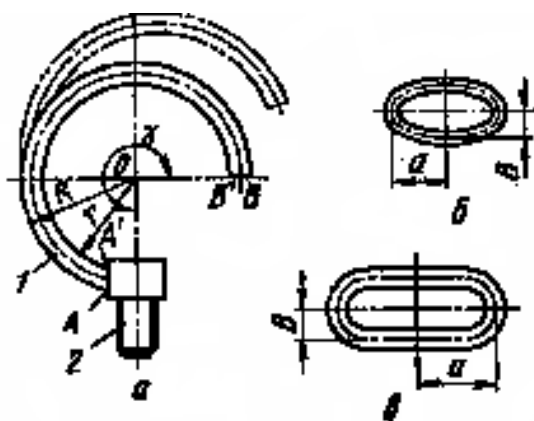


Рис .3.2. Схема трубчатой пружины (а) и ее эллиптическое (б), плоскоовальное (в) поперечные сечения:
1 — трубка; 2 — держатель

5. Устройство и принцип действия грузопоршневого манометра МП -60

Грузопоршневые манометры в основном применяются для градуировки и поверки различных видов пружинных манометров, так как отличаются высокой точностью и широким диапазоном измерений — от 0,098 до 980 МН/м² (1—10000 кгс/см²).

Принцип действия грузопоршневых манометров следующий. На поршень, свободно движущийся в цилиндре, действуют две силы: сила от давления жидкости, с одной стороны, и сила тяжести положенных на поршень грузов - с другой.

Образцовый грузопоршневой манометр (рис. 3.3) состоит из колонки, укрепленной на станине прибора. В колонке имеется вертикальный цилиндрический канал, в котором движется пришлифованный поршень, несущий на верхнем конце тарелку для установки грузов. Верхняя часть колонки снабжена воронкой для сбора масла, просачивающегося через зазор между поршнем и цилиндром.

В станине высверлен горизонтальный канал, в расширенной части которого движется посредством винтового штока поршень 7, уплотненный манжетами. Канал в станине соединяется с каналом колонки и каналами двух бобышек, предназначенных для укрепления поверяемых манометров. Кроме того, с каналом станины соединен канал воронки 8, которая служит для заполнения системы маслом.

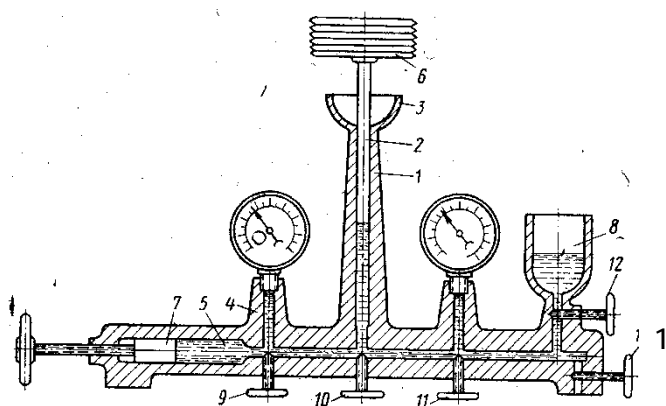


Рис. 3.3. Схема образцового поршневого манометра:

1 — колонка; 2 — поршень; 3 и 5 — воронки; 4 — бобышки;
5 — канал; 6 — тарелка; 7 — поршень; 9 и 13 — вентили

Каналы для отсоединения их от канала станины снабжены игольчатыми вентилями 9—12. Назначение вентиля 13 — спуск масла из прибора. Максимальное давление, создаваемое грузами, $4,90 \text{ МН/м}^2$ (50 кгс/см^2). Для поверки манометров на большее давление пользуются поршневым прессом, отсоединив от прибора поршневую колонку 1 вентилем 10. В качестве прибора сравнения применяют образцовый пружинный манометр: его присоединят к одной из бобышек 4, а поверяемый прибор — к другой бобышке.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ.

Оборудование: две стеклянные трубки (одна из них с пробкой), соединённые шлангом, штатив, вода, линейки демонстрационная (± 5 мм) и ученическая (± 1 мм).

1. Ознакомиться с лабораторной установкой.
2. Установить равенство уровней воды в трубках 1 и 2. Измерить линейкой длину воздушного столба (l) (см. рис. 3.4, а).
3. Поднять трубку 2 на большую высоту. Измерить разницу высот уровней воды в трубках (h) и измерить высоту воздушного столба в трубке 1 ($l-l_1$).
4. Прodelать пункт 3 при разных высотах. Далее опустить трубку ниже уровня воды в трубке 1 и измерить высоту столба в трубке 1 ($l+l_1$) (см. рис. 3.4, б).
5. Занести все измерения в таблицу.
6. Используя полученные результаты измерений $l+l_1$, $l-l_1$ и h вычислить атмосферное давление воздуха (p). Сравнить полученные результаты с показаниями барометра (p_0).
7. Построить график, вычислить погрешности измерений, сделать вывод.

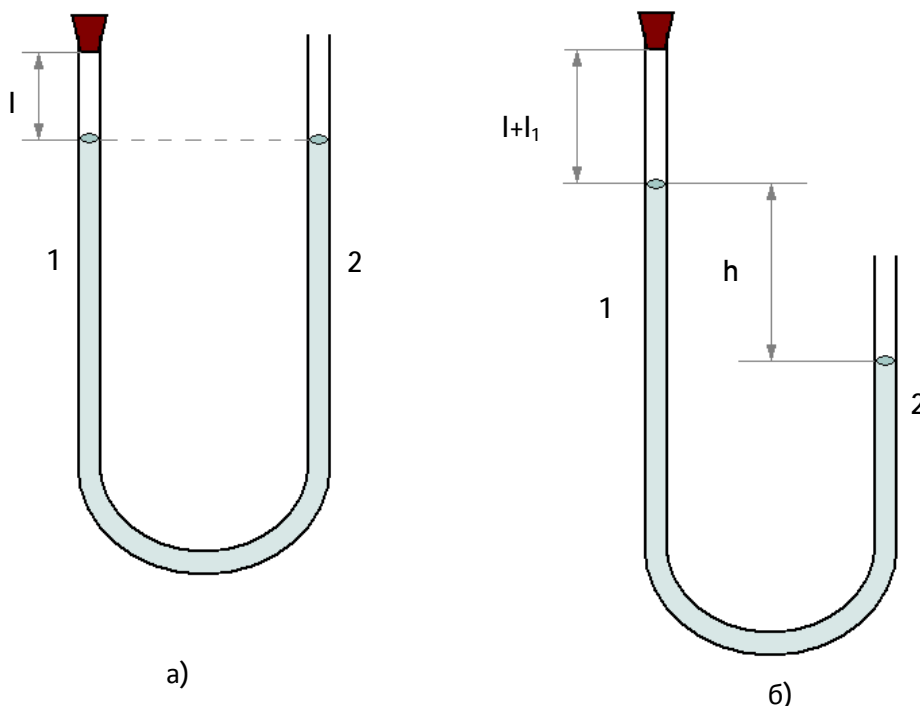


Рис. 3.4 – Схема лабораторной установки

При проведении замеров и расчетах принимаем: $l = 0.31 \text{ м}$,
 $r = 1000 \text{ кг/м}^3$

Формулы для расчетов:

Если уровень воды в
 трубке 1 **больше**, чем в трубке 2:

$$pV = (p - \Delta p)(V + V_1)$$

$$p = \frac{\Delta p(V + V_1)}{V_1}$$

$$p = \frac{rgh(l + l_1)}{l_1}$$

$$l_1 = (l + l_1) - l$$

Если уровень воды в
 трубке 1 **меньше**, чем в трубке 2:

$$pV = (p + \Delta p)(V - V_1)$$

$$p = \frac{\Delta p(V - V_1)}{V_1}$$

$$p = \frac{rgh(l - l_1)}{l_1}$$

$$l_1 = l - (l - l_1)$$

Экспериментальные данные и полученные результаты обработки занести в табл. 3.1.

Таблица 3.2 – Экспериментальные данные и результаты обработки

№	$l + l_1$, м	$l - l_1$, м	l_1 , м	h , м	p , Па	p_6 , Па
1						10^5 (756 мм. рт. ст.)
2						
3						
4						
5						
6						

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется избыточным (манометрическим) давлением, как оно выражается через абсолютное?

2. Что называется вакууметрическим давлением, как оно выражается через абсолютное?

3. Перечислите наиболее распространенные единицы измерения давления и укажите какая связь существует между ними.

4. Какие принципы действия приборов для измерения давления вам известны?

5. В чем заключается принцип действия жидкостных приборов? Их достоинства и недостатки.

6. Какие из них применяются для автоматизации процесса измерения?

7. Назовите принципы измерения давления, перепада и вакуума.

Лабораторная работа № 4

Электрические мосты и потенциометры.

Цель: ознакомление с устройством и работой измерительных и регистрирующих приборов.

Теоретическая часть.

Измерительные схемы и преобразователи применяют для преобразования выходного сигнала датчика в сигнал удобный для дальнейшего использования (для дистанционной передачи и обработки).

Из измерительных схем наиболее широко применяются мостовая и дифференциальная схемы.

МОСТОВАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СХЕМА

Схема, имеющая четыре плеча, к одной диагонали которой подводится питающее напряжение, а с другой диагонали снимается выходное напряжение, называется мостовой измерительной схемой или просто мостом.

Мостовая схема используется для преобразования изменения активного сопротивления, индуктивности или емкости датчика в изменение величины или амплитуды напряжения.

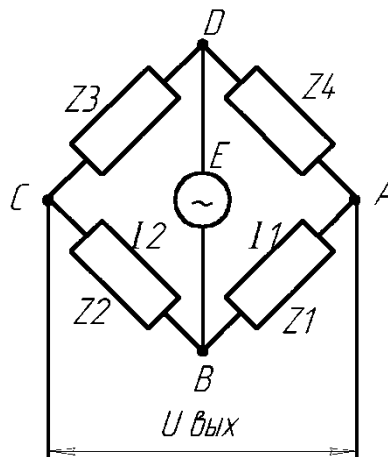


Рис. 4.1. Мостовая измерительная схема.

Мостовая измерительная схема имеет четыре вершины A , B , C , D (рис. 4.1). Между вершинами находятся плечи моста: Z_1 — первое

плечо; Z_2 — второе; Z_3 — третье и Z_4 — четвертое. В диагонали BD действует питающее напряжение E . Выходное напряжение снимается с диагонали AC . Под действием питающего напряжения возникают токи I_1 и I_2 . Ток I_1 создает на Z_1 падение напряжения U_{Z_1} , а I_2 создает на Z_2 падение напряжений U_{Z_2} . На выход схемы подается разность напряжений U_{Z_1} и U_{Z_2} , поэтому из рис. 4.1 для комплексных амплитуд напряжений и токов имеем:

$$U_{\text{вых}} = U_{Z_1} - U_{Z_2} = I_1 Z_1 - I_2 Z_2 = \frac{EZ_1}{Z_1 + Z_4} - \frac{EZ_2}{Z_2 + Z_3}, \text{ или}$$

$$U_{\text{вых}} = E \frac{Z_1(Z_2 + Z_3) - Z_2(Z_1 + Z_4)}{(Z_1 + Z_4)(Z_2 + Z_3)} = E \frac{Z_1 Z_2 + Z_1 Z_3 - Z_2 Z_1 - Z_2 Z_4}{(Z_1 + Z_4)(Z_2 + Z_3)}$$

После сокращения получим

$$U_{\text{вых}} = E \frac{Z_1 Z_3 - Z_2 Z_4}{(Z_1 + Z_4)(Z_2 + Z_3)} \quad (4.1.)$$

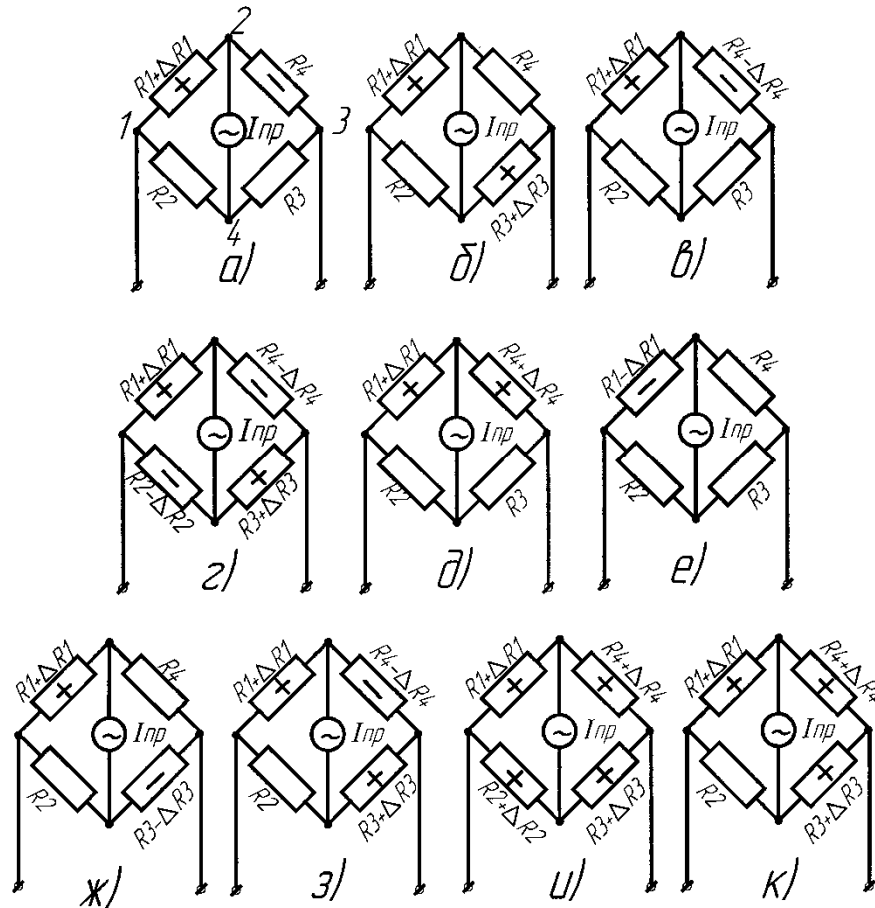


Рис. 4.2. Варианты образования схем моста (а—к).

Из выражения (4.1) следует, что

$$U_{\text{вых}} = 0, \text{ если } Z_1 Z_3 = Z_2 Z_4.$$

Это свойство называют свойством баланса или равновесия моста.

Рассмотрим второе свойство мостовой схемы. Предположим, что $Z_1 = Z + \Delta Z$, где Z —значение сопротивления первого плеча, при котором выполняется условие баланса моста, т. е.

$$Z_1 Z_3 = Z_2 Z_4, \quad (4.2)$$

ΔZ - приращение сопротивления первого плеча.

Подставляя значение Z_1 в выражение (4.1), найдем выходное напряжение.

$$U_{\text{вых}} = E \frac{Z_3(Z + \Delta Z) - Z_2 Z_4}{(Z + \Delta Z + Z_4)(Z_2 + Z_3)} = E \frac{ZZ_3 + \Delta ZZ_3 + Z_2 Z_4}{(Z + \Delta Z + Z_4)(Z_2 + Z_3)}$$

Полагая $\Delta Z \leq Z + Z_4$ и учитывая (2.2), получаем

$$U_{\text{вых}} = \frac{EZ_3 \Delta Z}{(Z + Z_4)(Z_2 + Z_3)} \quad (4.3)$$

При наличии на выходе мостовой схемы напряжения говорят, что мост разбалансирован. Если приращения сопротивлений плеч активные ($\Delta Z = \Delta R$) или реактивные ($\Delta Z = j\omega \Delta L$ или $\Delta Z = \frac{1}{j\omega \Delta C}$), то разбаланс моста называют прямым при одних знаках этих приращений и обратным при других (обратных знаках этих приращений).

Из формулы (4.3) следует, что при изменении величины приращения при прямом разбалансе начальная фаза выходного напряжения остается постоянной и изменяется на 180° при изменении знака приращения, т. е. при обратном разбалансе моста.

Основной характеристикой мостовой схемы является ее чувствительность. В зависимости от условий работы моста чувствительность его может определяться по току или напряжению.

$$S_{MI} = \frac{\Delta I_{PP}}{\Delta R}; \quad S_{MU} = \frac{\Delta U_{PP}}{\Delta R}$$

(в плечах моста только активные сопротивления).

Определим чувствительность моста при нулевом методе измерения. Рассмотрим мост, в одно плечо которого включен тензорезистор (рис. 4.2а). Допустим, что мост предварительно сбалансирован, т.е. $I_{пр} = 0$. Под влиянием измеряемой величины сопротивление тензорезистора изменяется на величину $+\Delta R_1$ (растяжение). Кроме того, в результате нагревания детали, на которую наклеен тензорезистор, его сопротивление увеличивается на величину $+\Delta R_{1T}$. Остальные резисторы должны иметь ту же температуру, что

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКАХ

Потенциометрические датчики относятся к типу датчиков, преобразующих линейные и угловые перемещения в электрический сигнал и представляющие собой переменное электрическое сопротивление, величина которого зависит от положения токосъёмного устройства. На стенде в левом верхнем углу расположены различные виды потенциометров.

Потенциометры в схемах работают с источником постоянного и переменного тока. Потенциометрические датчики применяются в различных системах автоматического контроля и регулирования, когда любая регулируемая или контролируемая физическая величина может быть преобразована в перемещение движка датчика.

Таким образом, входной величиной датчика является перемещение X или угол поворота движка, тогда как выходной величиной можно считать сопротивление R , ток I или напряжение U .

Потенциометрическим проволочным датчикам присуще наличие зоны нечувствительности, которая обусловлена диаметром токопроводящей проволоки.

Потенциометр (рис.4.3...рис.4.5) представляет собой электрическое сопротивление R с линейным и угловым перемещением ползунка.

Основой потенциометра (линейного) является керамическая труба, закреплённая торцами между двумя металлическими щеками при помощи стяжных болтов. В щеках имеются вентиляционные отверстия для охлаждения керамики. На наружной поверхности керамической трубы вплотную навита обмотка сопротивления, концы которой закреплены хомутами. Каждый хомут соединён перемычкой со своей клеммой, расположенной на щеке. Над обмоткой укреплены

направляющие стержни, вдоль которых по зачищенной поверхности обмотки перемещается ползун с контактными роликами или плоскими пружинными контактами. Ползунок соединяется с выходом третьей клеммой потенциометра.

В потенциометрах с угловым перемещением обмотка наматывается на изоляционный материал, выполненный в виде кругового сектора.

Потенциометры бывают проволочные и непроволочные. У непроволочных потенциометров токопроводящий слой состоит из углерода на лаковой основе или специального металлического сплава высокого удельного сопротивления, нанесённых тонким слоем на поверхность керамики или иного изоляционного материала. Такие датчики обладают линейной статической характеристикой.

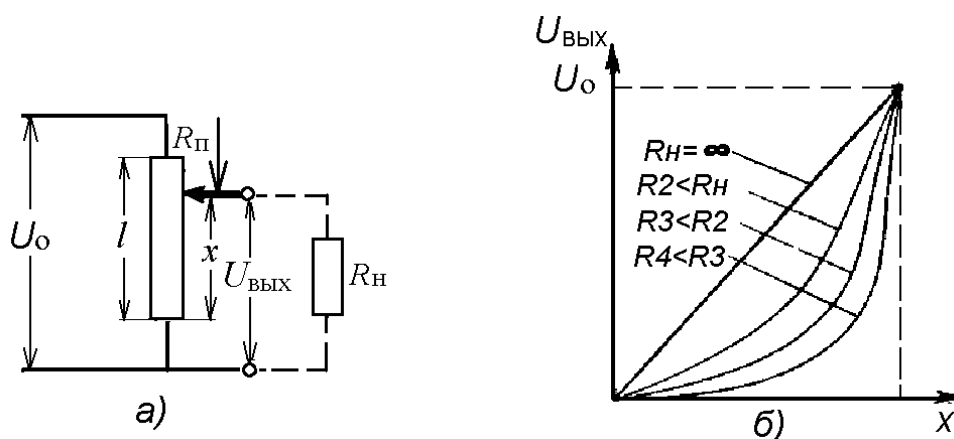


Рис.4.3 Потенциометрический измерительный преобразователь (ИП) линейных перемещений в электрический сигнал:
а - схема включения, б-статическая характеристика.

У проволочных датчиков токопровод состоит из однослойной проволочной обмотки, с диаметром проволоки 0,03...0,1 мм для датчиков высокого класса точности и 0,3...0,4 мм. для датчиков низкого класса

В системах автоматики используются и различные функциональные потенциометры (с переменной высотой каркаса, изменяющимся шагом намотки, с фигурным каркасом, с сопротивлениями, с шунтирующими участками с линейным распределением сопротивления), квадратные, логорифмические, синусные, синусно-косинусные.

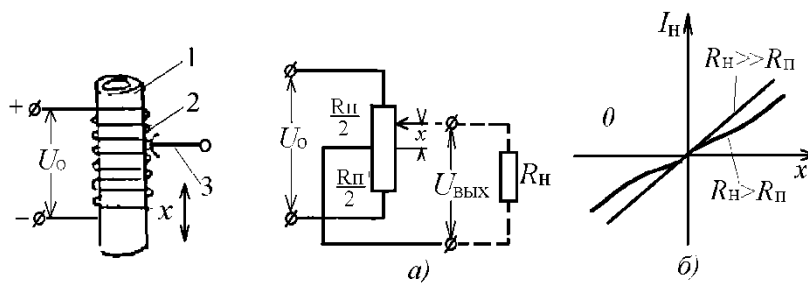


Рис.4.4 Конструкция потенциометра: 1-каркас; 2-провод; 3-ползунок.

Рис.4.5 Реверсивный потенциметрический преобразователь: а) схема включения; б) статическая характеристика

В простых датчиках между сопротивлением и перемещением (статическая характеристика) существует линейная зависимость

$$R_x = R_n \frac{X}{L} - \text{для прямых, } R_x = R_n \frac{a}{f} - \text{угловых}$$

(f -длина кругового сектора)

В функциональных датчиках в зависимости от характера намотки проволоки на каркас можно получить любого вида функциональную связь между величиной перемещения и изменением сопротивления (рис.3.6).

Для этой цели применяется намотка проволоки на фигурный каркас, шунтировка секций, фигурный перекачивающийся контакт и другие, способы.

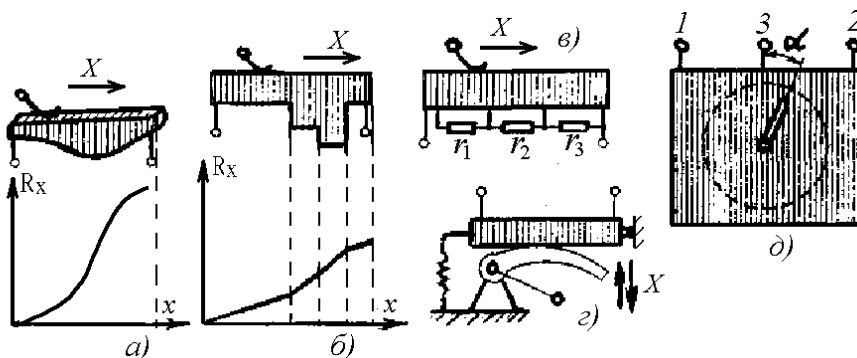


Рис.4.6 Функциональные потенциометры

а- с профильным каркасом; б- со ступенчатым каркасом; в- с зашунтированными секциями; г- с перекачивающимся Фигурным контактом; д- синус-косинусный.

Основными эксплуатационными характеристиками потенциометров являются: величина активного сопротивления, номинальная мощность рассеивания, уровень внешних шумов, износоустойчивость и вибропрочность, стабильность величины сопротивления.

Статическая характеристика определяет функциональную зависимость выходного напряжения потенциометра от перемещения его движка

$$U_{\text{вых}} = U_2 = f(x) \text{ или } U_2 = f(\alpha).$$

Для большинства типов потенциометров, используемых в автоматических системах, эта зависимость линейна при условии компенсации влияния нагрузки на точность работы потенциометра.

Влияние нагрузки R_n , подключённой к выходу потенциометра, характеризуются погрешностью, величина которой выражается в абсолютных (в единицах напряжения) или относительных (в процентах) единицах.

Относительная статистическая погрешность измерений для каждой ступени нагрузки (тарировки) вычисляется по формуле:

$$\Delta_{\text{ст}} = \frac{U_{2\text{пр}} - U_{2\text{об}}}{U_{2\text{пр}} + U_{2\text{об}}} \cdot 100\%,$$

$U_{2\text{пр}}$ - показания измерительного прибора при прямом ходе;

$U_{2\text{об}}$ - показания измерительного прибора при обратном ходе.

Статистическая чувствительность определяется крутизной выходного напряжения и характеризует приращение выходного напряжения на единицу линейного или углового перемещения его движка (В/мм или В/рад).

Номинальная мощность рассеивания определяется максимальной допустимой мощностью, длительно рассеиваемой на сопротивлении потенциометра без нарушения его нормальной работы.

Номинальная величина активного сопротивления характеризуется значением активного сопротивления потенциометра при его изготовлении. Потенциометры в зависимости от номинального значения делятся на классы.

Уровень собственных шумов потенциометра оценивается величиной ложного сигнала, появляющегося на его выходе вследствие мгновенного нарушения контакта, возникающего при больших скоростях перемещения или вибрации ползунка.

Износоустойчивость потенциометра определяется числом перемещений (поворотов) ползунка от упора до упора, которое потенциометр может выдержать без нарушения его нормальной работы.

Вибропрочность оценивается временем, в течении которого потенциометр выдержит колебания в заданном диапазоне частот и с заданным ускорением без нарушения его нормальной работы.

Стабильность сопротивления характеризуется изменением величины сопротивления потенциометра с течением времени под влиянием температуры, влажности, рассеивания мощности и т.д. при подаче напряжения.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с мостовыми и дифференциальными измерительными схемами.

2. Собрать мостовую измерительную схему с тензодатчиками (по заданию преподавателя).

3. Снять и построить зависимость для собранной схемы $U_{\text{вых}}=f(P)$, где P — вес груза кг. Для этого необходимо:

- набрать поочередно схемы, заданные преподавателем на наборном поле;
- к измерительной диагонали подключить милливольтметр (тумблер S_1 должен находиться в положении «грубо»);
- ручкой «баланс грубо» установить минимальное напряжение на выходе моста;
- тумблер S_1 перевести в положение «баланс точно» и ручкой «баланс точно» установить милливольтметр на «0»;
- произвести постепенное нагружение балок с тензодатчиками, записывая результаты каждого нагружения в табл. 1;

Табл.4.1

Р, кг	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{\text{вых}}, \text{В}$										

- построить зависимость для собранной схемы $U_{\text{вых}}=f(P)$;
- определить чувствительность каждой схемы, по формуле

$$K = \Delta U / \Delta P$$

- дать заключение, о преимуществах той или иной схемы моста.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего предназначены мостовая и дифференциальные схемы включения датчиков?
2. Объяснить работу схемы время-импульсного преобразователя.
3. Какие преимущества имеет представление результатов измерения в цифровой форме?
4. Объяснить устройство и принцип работы потенциометрических датчиков.
5. Назвать основные эксплуатационные характеристики потенциометров.
6. Как влияет нагрузка на статическую характеристику потенциометрического датчика?

Лабораторная работа № 5

Система автоматического набора шихты

Цель: изучение систем автоматического набора и дозирования кусковых материалов.

Теоретическая часть

Система набора и дозирования шихтовых материалов представляет собой комплекс технологического и транспортного оборудования, предназначенного для выполнения следующих операций:

- хранение определенного запаса шихты, расходуемого в течение смены или суток;

- передачи составляющих шихты в дозирующие устройства;

- дозирование составляющих шихты;

- транспортировка набранных порций в плавильную печь.

В качестве средств для выполнения этих операций применяют:

- расходные бункера;

- пластинчатые, трековые или вибрационные питатели;

- весовые дозирующие устройства для металлической шихты, объемные дозирующие устройства для кокса и флюсов;

- специальные краны, подъемники пластинчатые и подвесные толкающие конвейеры.

Четкая работа установки для набора и загрузки шихты может быть обеспечена только при наличии хорошо продуманной и качественно выполненной системы автоматического управления. Возможны три вида управления такими системами: в функции пути (предельное связывание), в функции времени (хронологическое связывание) и по смешанному принципу.

Рассматриваемая система набора шихты представляет собой автоматическую систему производительностью 20 т/ч.

В установке осуществляется последовательный набор составляющих шихты по заданной программе или дистанционно при ручном управлении. Она состоит из :

- а) системы устройств, которая обеспечивает дозировку и загрузку шихты в вагранку;

- б) системы автоматизации, которая обеспечивает включение и выключение в определенном порядке соответствующих механизмов

при выполнении технологического процесса в зависимости от поступающих сигналов системы автоматического управления и контроля;

в) системы автоматического управления и контроля дозировки и загрузки шихты. Эта система основана на применении специализированных цифровых корректирующих и самонастраивающихся устройств.

Установка состоит из расходных бункеров и пластинчатых питателей, весовых устройств, транспортера, бункера кокса, бункера флюса, приемной воронки, подъемника и пульта управления.

Программа набора задается оператором на пульте управления (ПУ), с которого подаются основные команды и осуществляются необходимые блокировки и представлена на рис. 5.1.

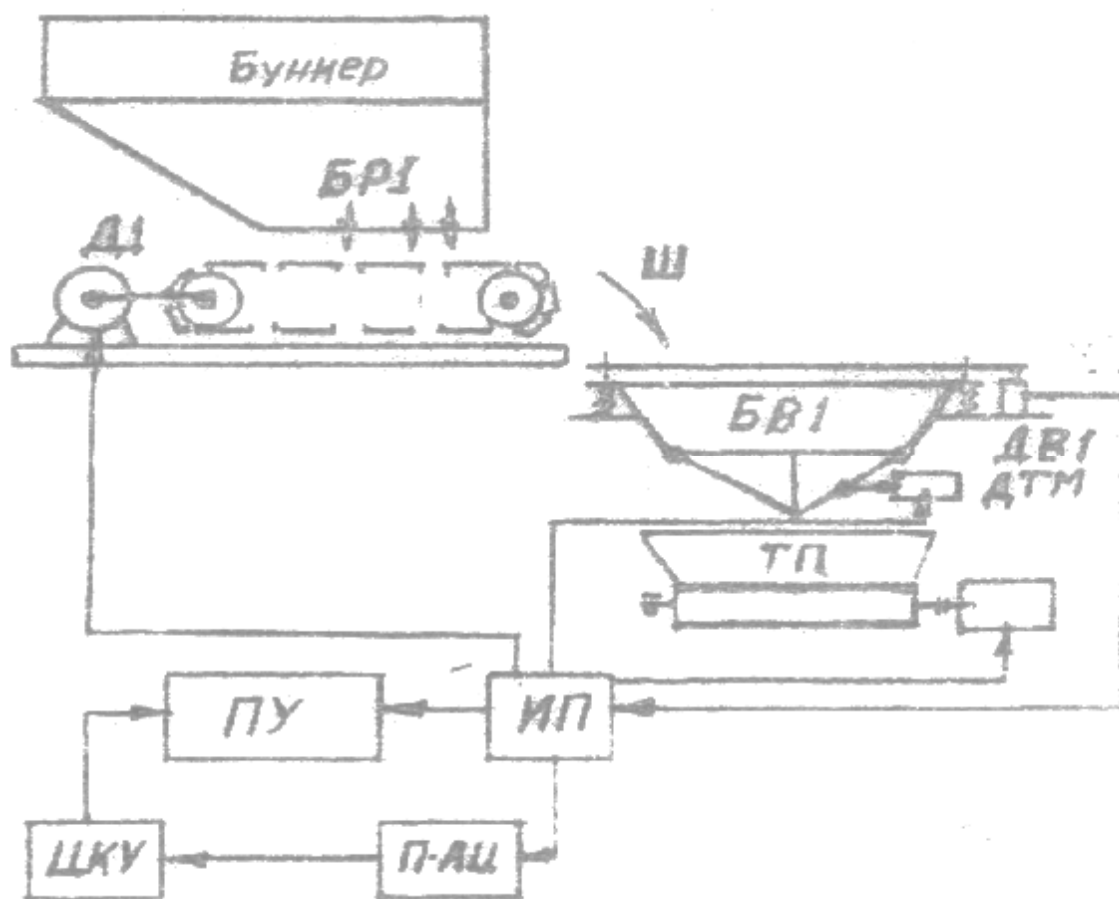


Рис.5.1 Блок – схема автоматического набора шихты.

Двигатели Д1-Д4 приводят в движение питатели установок подачи шихты БР1-БР4. Одновременно с включением питателей коммутатор (К) в той же очередности подключает к измерительному прибору (ИП) датчики веса ДВ1-ДВ4, которые подают на измерительный

прибор напряжение, пропорциональное весу шихты в весовых бункерах БВ1-БВ4. Для коррекции погрешностей, возникших при дозировке шихтовых материалов, применено цифровое корректирующее устройство (ЦКУ), количество блоков которого выбирается по числу составляющих шихты. ЦКУ сочленено с измерительным прибором при помощи преобразователя аналог-цифра, встроенного непосредственно в измерительный прибор. На блоки цифрового корректирующего устройства подаются импульсы, число которых пропорционально весу дозируемого компонента шихты в бункере весового устройства. При наборе заданного веса шихты на ПУ подается команда, по которой отключается работающий питатель и с заданной выдержкой времени включается следующий.

Ошибка дозировки запоминается в блоках ЦКУ и при каждом последующем цикле вводится как коррекция в программу набора. Это позволяет с большей точностью выдерживать заданные весовые соотношения компонентов шихты.

Дозировка кокса и флюса производится питателями, приводимыми в движение виброприводами. Программа задается количеством материала по массе или по объему дозатора. В первом случае используется дифференциально-трансформаторный датчик.

Подача шихтовых материалов в бадью осуществляется транспортерами ТМ и ТК, приводимыми в движение двигателями ДТМ и ДТК. При наличии команды включается двигатель ДП приводной станции конвейера и производится подача шихты в вагранку.

В системе предусмотрено автоматическое и дистанционное управление. Кроме того, схема позволяет изменять программу набора шихты по числу составляющих, по весу каждой составляющей, а также вести регистрацию веса шихты и обеспечивать работу взвешивающего устройства, как с цифровым корректирующим устройством, так и без него.

Основным элементом, определяющим работоспособность всей системы, является дозатор, состоящий из пластинчатого питателя и весового устройства.

Весовое устройство состоит из грузоподъемной рамы, весового бункера, упругих элементов и измерительной схемы.

Весовой бункер с затвором подвешен к грузоприемной раме на двух цапфах с резиновыми амортизаторами. Один конец рамы закреплен в подшипниках, другой опирается на упругие элементы в виде спиральных цилиндрических пружин. Под действием веса шихты, по-

ступающей в бункер, пружины сжимаются, и их деформация измеряется схемой, основанной на применении дистанционного регистратора веса (ДРВ). Регистратор содержит дифференциально - трансформаторный преобразователь линейных перемещений и измерительный прибор типа ЭПВД-05, шкала которого градуирована в единицах веса. Величина дозы задается программным диском в приборе ЭПВД-05.

Электрическая схема весового устройства приведена на рис.5.2.

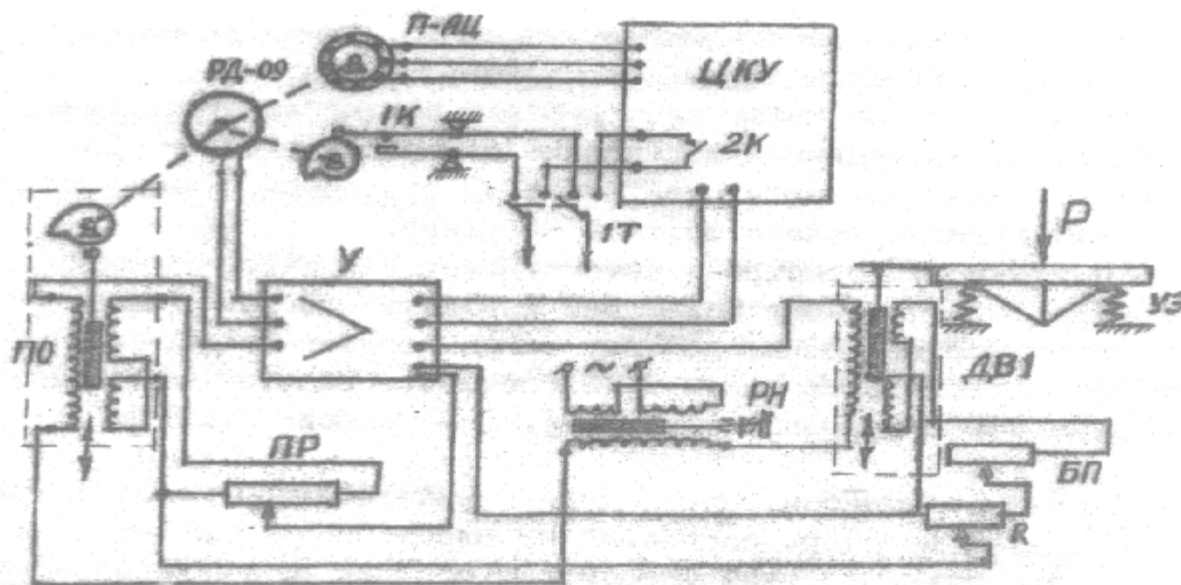


Рис.5.2 Схема весового дозатора

Здесь УЭ - упругий элемент, ДВ - датчик веса, БП - балансировочный потенциометр, РД-09 - реверсивный электродвигатель прибора ЭПВД-05, ЦКУ - цифровое корректирующее устройство, ИТ - переключатель режимов работы с коррекцией и без коррекции, ЭПВД-05 - автоматический электронный потенциометр, ПО - комплексный преобразователь, ПР - потенциометр регулировки чувствительности, РН - датчик установки нуля, ПАЦ - преобразователь аналог-цифра.

Работа по схеме происходит следующим образом. По мере увеличения веса P поступающей шихты перемещается якорь датчика ДВ, и на вход усилителя подается напряжение, пропорциональное весу шихты в бункере. Двигатель РД-09 начинает вращаться и приводит во вращение диски, управляющие контактом 1К - выключением пластинчатого питателя. При работе с ЦКУ сигнал на прекращение подачи шихты подается при помощи контакта 2К.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с функциональной схемой загрузки шихты в вагранку.
2. Подобрать необходимое технологическое оборудование для процесса загрузки шихты в вагранку.
3. Изобразить схему автоматизации загрузки шихты в вагранку, используя необходимые условные графические обозначения элементов принципиальных электрических схем систем автоматизации.
4. Привести полное описание изображенной функциональной схемы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. От чего зависит выбор системы автоматизации загрузки шихты?
2. Перечислите основное технологическое оборудование, которое может быть включено в систему автоматизации загрузки шихты?
3. Какие элементы автоматизации предусматривает процесс загрузки шихты?

Лабораторная работа №6

Автоматизация процессов приготовления формовочных смесей.

Цель работы: ознакомление с автоматизацией процессов подготовки формовочных смесей.

Теоретическая часть

Автоматизация процессов приготовления формовочных и стержневых смесей в первую очередь направлена на стабилизацию их составов в соответствии с заданными технологическими характеристиками. Эта цель достигается автоматическим дозированием компонентов. Попутно решаются задачи управления складированием материалов и процессами их транспортировки с применением FCH и АСУ ТП.

Склады формовочных материалов в современных литейных цехах оснащаются средствами механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных работ и подготовки материалов для формовочных и стержневых смесей.

1. Автоматизация смесителя периодического действия

Смесители периодического действия предназначены для приготовления формовочных и стержневых смесей.

Вариант функциональной схемы автоматизации каткового смесителя периодического действия показан на рис. 6.1.

Технологическое оборудование включает: смеситель I, бункер для песка II, бункер для оборотной смеси III, емкость для глинистой суспензии IV, емкость для жидкой противопригарной добавки V, ленточные конвейеры VI, VII для транспортирования песка и оборотной формовочной смеси (проходят на одном уровне над бункерами II и III), конвейер VIII для транспортирования готовой смеси.

В реальных производственных условиях число бункеров, конвейеров и других устройств может быть значительно больше, чем показано на схеме.

Для автоматического управления смесителем по заданной программе предназначен командный электрический прибор (командоаппарат) 4, Автоматическое управление состоит в том, что в чашу непрерывно работающего смесителя периодически в разные короткие промежутки времени подаются компоненты смеси (сыпучие и жид-

кие), где они перемешиваются в течение нормированного времени. Готовая формовочная смесь периодически выгружается через люк.

В наладочном режиме управление работой смесителя может осуществляться кнопками управления 4. Во всех случаях первым этапом является включение электродвигателя привода бегунов кнопкой 1. Далее следует установка режима работы (ручного или автоматического) поворотом рукоятки ключа 3.

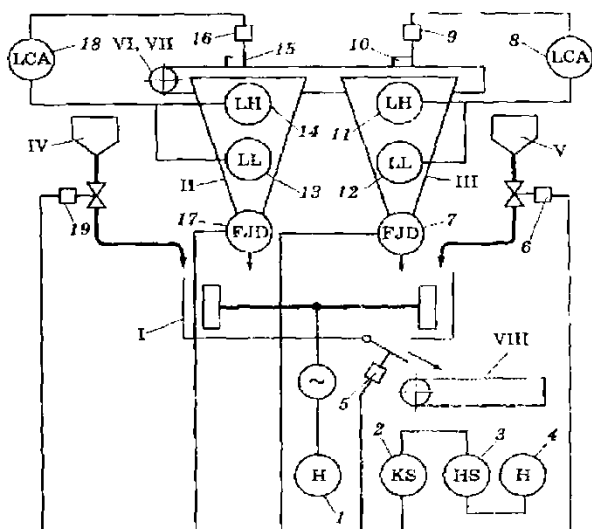


Рис.6.1 Функциональная схема автоматизации каткового смесителя

При автоматическом режиме работы все команды подаются только командоаппаратом 2, который в соответствии со своей настройкой осуществляет в установленной последовательности управление всеми подключенными к нему агрегатами. Первыми после пуска включаются в работу дозаторы 7 и 17, которые подают в чашу смесителя I определенные массы песка и оборотной смеси. В чаше начинается этап сухого перемешивания. Затем с помощью исполнительных устройств 6 и 19 открываются на некоторое время запорные устройства емкостей IV и V и в чашу смесителя поступают определенные объемы жидких компонентов и начинается этап мокрого смешивания. По окончании перемешивания исполнительное устройство 5 на некоторое время открывает разгрузочный люк смесителя I, через который смесь выгружается на непрерывно работающий ленточный конвейер VIII. После закрытия люка начинается следующий цикл приготовления новой порции смеси.

Для обеспечения заданной производительности работы предусмотрены отдельные автономные системы контроля и регулирования. Для своевременного пополнения бункеров для песка II и оборотной смеси III предусмотрены аналогичные позиционные регуляторы уровня, состоящие из первичных преобразователей 11 и 14, релейных блоков 8 и 18, исполнительных механизмов 9 и 16. В качестве регулирующих органов для сбрасывания леска с конвейера VI и оборотной смеси с конвейера VII в бункеры II и III применены плужки 15 и 10. Пополнение емкостей IV и V также осуществляется автоматически (на схеме не показано).

2 Автоматизация смесителя непрерывного действия

Вариант функциональной схемы автоматизации смесителей непрерывного действия представлен на рис. 6.2.

Технологическое оборудование включает: ленточный конвейер I, бункер II, питатель III, смеситель IV, конвейер V, емкость VI и насос VII.

Непрерывная работа смесителя обеспечивается средствами автоматизации.

Для поддержания уровня оборотной смеси в бункере II предусмотрена система позиционного регулирования, включающая первичные преобразователи 1 и 2, релейный блок 3, исполнительный механизм (электродвигатель привода конвейера) 4 и регулирующий орган (конвейер I).

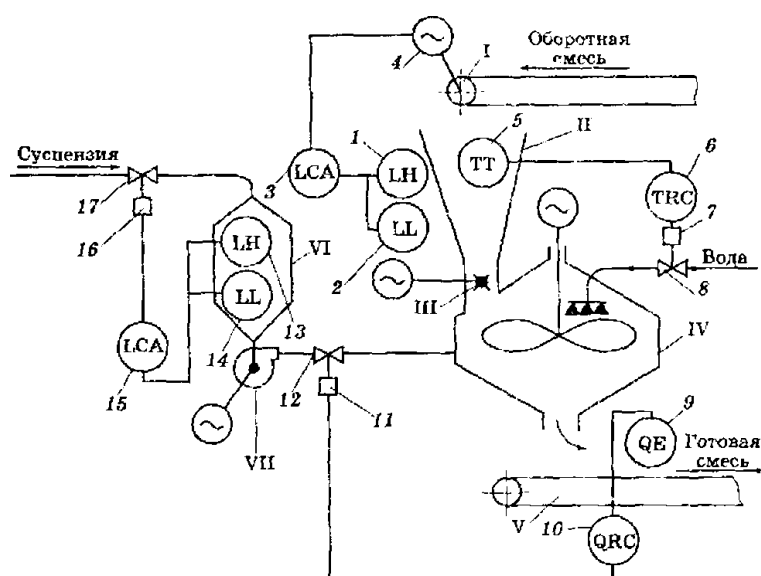


Рис.6.2 Схема автоматизации смесителя непрерывного действия

Преобразователи *1* и *2* установлены соответственно на верхнем и нижнем предельно допустимых значениях уровня и связаны с релейным блоком *3* линией связи. Релейный блок с помощью контактной системы управляет работой двигателя ленточного конвейера *I*, который приостанавливает или продолжает пополнение бункера *II* оборотной смесью. При достижении нижнего значения уровня преобразователь *2* подает сигнал на включение конвейера *I*, и бункер заполняется. В момент соприкосновения смеси с преобразователем *1* контактное устройство релейного блока *3* приостановит заполнение бункера. Таким образом, уровень оборотной смеси в бункере *II* автоматически поддерживается в заданных пределах.

Для охлаждения оборотной смеси водой предусмотрена АСР температуры, состоящая из первичного преобразователя температуры *5*, установленного непосредственно в бункере *II*, измерительного регистрирующего прибора *6*, исполнительного механизма *7* и регулирующего органа *8*.

Сигнал от первичного преобразователя *5* по соединительной линии передается измерительному прибору *6* и одновременно регулирующему органу *3*, в котором сравнивается с установленным на датчике значением. В результате вырабатывается регулирующее воздействие, которое через исполнительный механизм *7* управляет регулирующим органом *8*, подающим холодную воду в смеситель *IV*, поддерживая температуру оборотной смеси в нем на заданном значении.

Поскольку качество готовой смеси можно оценивать по ее формуемости, предусмотрена АСР, состоящая из первичного преобразователя *9*, вторичного измерительного прибора *10*, исполнительного механизма *11* и регулирующего органа *12*.

Первичный преобразователь *9* непрерывно отбирает пробу готовой смеси, вырабатывает электрический сигнал, который передается прибору *10*, управляющему исполнительным механизмом *11*. Последний, с помощью регулирующего органа *12*, регулирует подачу суспензии в смеситель *IV*, поддерживая качественные показатели смеси на заданном значении.

Для поддержания уровня суспензии в емкости *VI* предусмотрен позиционный регулятор уровня, аналогичный регулятору в бункере *II*, состоящий из комплекта приборов *13..17*. Работа этой системы регулирования осуществляется по уже описанному принципу.

3 Система автоматического контроля и управления качеством единой формовочной смеси

Функциональная схема системы автоматического контроля и управления качеством единой формовочной смеси представлена на рис. 6.3.

Технологическое оборудование включает: ленточный конвейер для транспортирования оборотной формовочной смеси I смеситель II, емкость для глинистой суспензии III, емкость для воды IV, бункер для оборотной смеси V, ленточный питатель для транспортирования готовой смеси VI- весовой дозатор VII.

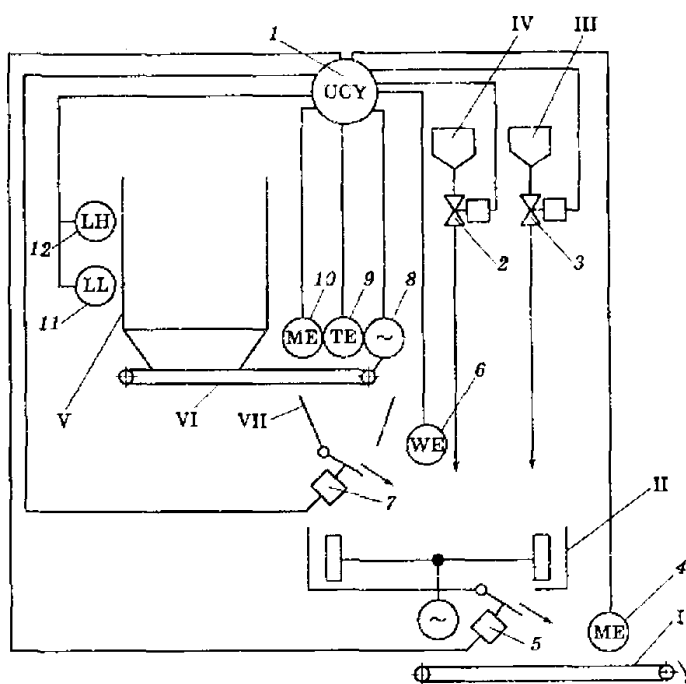


Рис. 6.3 Функциональная схема системы автоматического контроля и управления качеством единой формовочной смеси

Управление установкой осуществляется с помощью программируемого контроллера и ПЭВМ, размещенных в шкафу управления I. В качестве запорной арматуры использованы клапаны 2 и 3 с электромагнитным приводом.

В механизмах разгрузки смесителя II и весового дозатора VII применены пневмоцилиндры 5 и 7.

Система оснащена первичными СВЧ-преобразователями влажности 4 и 10, термопарой 9, датчиками уровня смеси 11 и 12 в бункере V. Обратная смесь из бункера V поступает на ленточный питатель VI и, проходя через рабочие органы (излучающую и приемную

антенну) СВЧ датчика влажности 10 и термопару 9, поступает в бункер весового дозатора VII. Данные о текущих значениях влажности и температуры оборотной смеси поступают с ПЭВМ, где происходит накопление и анализ поступающей информации. По окончании загрузки весового дозатора VII автоматически определяется средняя влажность и температура оборотной смеси, осуществляется сопоставление этих данных с заданными параметрами и вычисляется количество воды, необходимое для получения требуемой влажности единой формовочной смеси с учетом поправки, обусловленной испарением воды во время перемешивания и зависящей от текущей температуры оборотной смеси. Рассчитанное значение передается в программируемый контроллер, где вырабатываются соответствующие управляющие сигналы для исполнительных механизмов клапанов 2 и 3, подающих воду или суспензию в смеситель II.

Для стабильной работы СВЧ-датчика влажности оборотной смеси 10 необходимо обеспечить требуемую, стабильную толщину слоя смеси между излучающей и приемной антеннами. Степень заполнения бункера V контролируется с помощью контактных датчиков уровня 11 и 12.

После завершения процесса влажного перемешивания полученная смесь выгружается из смесителя II на конвейер I, по которому проходит через СВЧ-датчик влажности готовой смеси 4. Если влажность смеси соответствует заданной, то смесь поступает к формовочным машинам. Если этот параметр отличается от заданного, то смесь возвращается в бункер V.

Система смесеприготовления функционирует по разработанной в соответствии с алгоритмом программе.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с функциональной схемой автоматического контроля и управления качеством единой формовочной смеси.
2. Выделить основные управляющие системы в работе схемы.
3. Составить и изобразить алгоритм системы смесеприготовления.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. За счет чего достигается стабилизация составов формовочных и стержневых смесей при автоматизации их приготовления?
2. В чем заключается автоматизация процесса подготовки песка?
3. В чем заключается автоматизация процесса переработки оборотной формовочной смеси?
4. В чем заключается автоматизация процесса приготовления глинистой суспензии?
5. Как работает система автоматического контроля и управления качеством единой формовочной смеси?

Лабораторная работа №7

Автоматизация процессов плавки металла и заливки форм

Цель работы: изучить элементы и процесс автоматизации процессов плавки и заливки металлов.

Теоретическая часть

1. Электродуговая сталеплавильная печь как объект автоматизации

В настоящее время более 30% стали выплавляется в электродуговых печах. Это к настоящему времени самый экологически чистый металлургический агрегат, так как процесс идет в замкнутом герметичном пространстве и печи одновременно снабжаются высокопроизводительными очистными установками.

Есть тенденция использования ДСП как высокопроизводительного агрегата для расплавления шихты с одновременным переносом продолжительных технологических периодов в установки внепечной обработки стали (печь-ковш, установка вакууммирования стали порционного или циркуляционного типа).

Важная особенность электросталеплавильного производства: это производство может функционировать в местности при отсутствии производства чугуна.

В основном в ДСП выплавляется качественная сталь. Но современные мощные электропечи по производительности и сортаменту не уступают мартеновским печам.

Недостатки ДСП:

- нельзя выплавить низкоуглеродистые марки стали;
- большой удельный расход электроэнергии.

По конструкции дуговые сталеплавильные печи делятся на печи переменного тока (ДСП) и дуговые печи постоянного тока (ДСППТ).

В ДСП дуга горит между тремя электродами и шихтой. В ДСППТ дуга горит между катодом и анодом.

В ДСППТ в подине устанавливается водоохлаждаемый электрод, устройство которого довольно сложно.

Технологический процесс выплавки стали в ДСП делится на четыре технологических периода:

1. Межплавочный простой.
2. Расплавление или плавление шихты.

3. Окислительный период.
4. Восстановительный период.

В межплавочный простой происходит ремонт (заправка) подины и откосов, завалка шихты (сыпучих и металлического лома).

Завалка осуществляется специальными корзинами при отводе свода в сторону. После завалки крышка печи закрывается и в специальные амбразуры вводятся электроды.

После зажигания дуги по схеме соединения электродов «звезда» происходит плавление шихты.

Плавление шихты, которое является полностью энергетическим периодом плавки, имеет три стадии, каждая из которых характеризуется определенным значением подводимой к печи мощности.

Первая стадия - зажигание дуг. Дуги горят в верхнем слое шихты и для предотвращения перегрева свода печи от близко горящих дуг подводимая мощность снижается.

Вторая стадия - проплавление колодцев. По мере расплавления верхних слоев шихты электроды погружаются в шихту. Нормальным считается, если проплаваемый колодец примерно на 20-30% больше диаметра электрода. Это условие не дает возможности подвести к электродам максимальную мощность. Если в этот период подвести максимальную мощность, то колодцы будут узкими и при обвалке шихты электрод может сломаться.

Третья стадия - наведение жидкой ванны. После проплавления колодцев электроды оказываются в нижнем положении, то есть очень близко к подине. Так как слой жидкого металла незначителен, в эту стадию также нельзя подавать максимальную мощность из-за опасности прожога подины.

И только когда электроды пойдут вверх, то есть уровень жидкого металла будет достаточным, к печи подключается максимальная мощность. На этой мощности ведут дальнейшее расплавление металла.

После расплавления шихты уровень металла повышается, электроды поднимают вверх и дуги обнажаются. В это время кладка печи начинает интенсивно разогреваться.

Одновременно с расплавлением в ДСП подается кислород для окисления примесей (C, Mn, Si). Тепла экзотермических реакций окисления достаточно для разогрева ванны и подводимая электрическая мощность снижается до 40-50% от максимальной.

После нагрева металла и окисления основных примесей скачи-

вается шлак, наводится новый и начинаются процессы восстановительного периода, то есть периода рафинирования, легирования и раскисления стали.

При достижении заданного состава сталь выпускается из печи.

Окислительный и восстановительный периоды называются технологическими и их продолжительность во многом определяется организационными факторами.

С точки зрения автоматизации процесса задачи системы в окислительные период заключаются в выполнении следующих функций:

1. Расчет и подача в печь необходимого количества окислителя - кислорода.
2. Контроль химического состава металла.
3. Расчет количества, набор, взвешивание и подача в печь шлакообразующих.
4. Контроль температуры огнеупорной кладки и ограничение подводимой мощности в зависимости от температурного состояния этих параметров.
5. Рациональное управление электрическим режимом.

В восстановительный период задач автоматической системы является выполнение функций:

1. Расчет, взвешивание и регламентированный во времени ввод в печь легирующих добавок и раскислителей.
2. Контроль и регулирование температуры металла и огнеупорной кладки печи.
3. Регулирование электрического режима печи по ограничениям температурой металла или огнеупорной кладки.

Очевидно, что для автоматизированного управления процессом электроплавки нужны математические модели.

Детерминированной модели для описания электродугового процесса пока не существует. Поэтому для управления используются экспериментально-статистические модели и в последнее время (Германия, США) созданы нейросетевые модели процесса, способные в интервале 0,1с предсказать ход электроплавки.

2. Контроль температурных параметров ДСП

При автоматизации технологического процесса выплавки стали в ДСП решающее значение имеет контроль за температурным состоянием металла и огнеупорной футеровки. У металла теплопроводность больше, чем у кладки, и он быстрее проводит тепло внутрь.

В результате каждой плавки повреждается внутренний слой кладки от 5 до 15 мм из-за высокотемпературного разрушения, поэтому за температурой кладки необходим тщательный контроль.

К сожалению, непрерывного метода замеры температуры огнеупорной футеровки и кладки не существует. Поэтому используются способы разовых замеров (3-5 за плавку) стандартной термопарой погружения со сменными наконечниками из платиновых термопар (или ПП).

В настоящее время в различных организация (НПО «Черметавтоматика») разработана следующая система (рис.4.1).

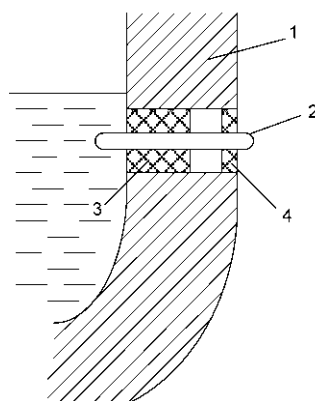


Рис. 7.1. – Метод измерения температуры огнеупорной футеровки

Термопара вставляется в специальное отверстие, при окончании плавки она убирается.

В качестве термопар используются вольфрам-рениевые термопары 5×20.

Существует другая разновидность данного метода (рис. 7.2).

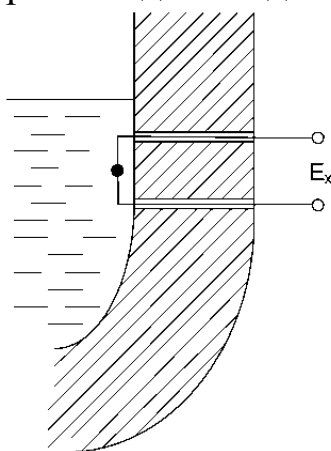


Рис. 7.2. – Непрерывный метод измерения температуры огнеупорной футеровки

Существуют также способы косвенного измерения температуры с помощью сопротивления (рис. 7.3).

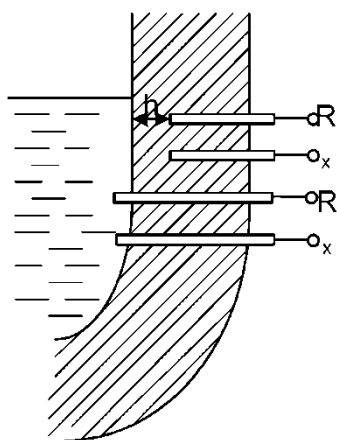


Рис. 7.3. – Косвенный способ измерения температуры с помощью сопротивления.

Два силитовых стержня из карбида Si могут помещаться на различных участках огнеупорной кладки. Измеряется сопротивление, величина которого зависит от температуры.

Если стержни расположить на некотором расстоянии h , то можно оценить степень разгара кладки.

Существует также метод косвенного определения температуры жидкого металла с помощью составления уравнения теплопроводности (рис. 7.4).

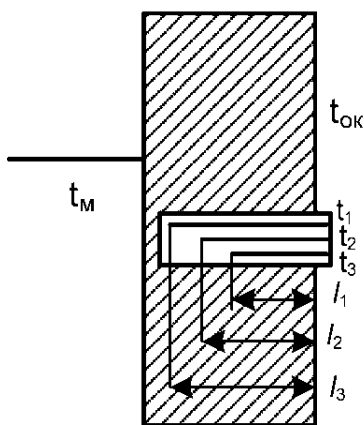


Рис. 7.4. – Косвенный метод измерения температуры жидкого металла.

Есть несколько термопар, которые замурованы в трубу и расположены на фиксированном расстоянии от среды и от друг друга.

Составляется уравнение теплопроводности для стенки опреде-

ленной толщины. Вначале t_m берут произвольно и рассчитываются значения t_1 , t_2 , t_3 . На величину разности с фактическими значениями корректируют расчетные, пока расчетные t_1 , t_2 , t_3 не совпадут с фактическими. Полученная t_m будет верной.

Этот метод позволяет обеспечить непрерывный контроль температуры металла в процессе плавки. Надежность метода соизмерима с продолжительностью кампании огнеупорной кладки.

3. Управление технологическим процессом плавки в ДСП

Управление технологическим процессом плавки в ДСП осуществляется двумя подсистемами: управление электрическим режимом плавки и управление температурным режимом.

Главным источником тепловой энергии в ДСП является энергия, выделяемая в горящих дугах.

Электрические дуги представляют собой активные нагрузки, соединенные по схеме «звезда», где общей точкой является металлическая шихта или расплавленный металл.

Современные печи по удельной мощности печного трансформатора делятся на:

- печи низкой мощности до 250 кВт/т;
- печи средней мощности 400-600 кВт/т;
- печи сверхвысокой мощности более 600 кВт/т.

В печах низкой и средней мощности дуги проплавляют три колодца.

В печах высокой и сверхвысокой мощности проплавляется один колодец.

Самым энергетически емким периодом плавки, когда потребляется до 65% всей потребляемой энергии, является период расплавления.

Управление энергетическим режимом в этот период имеет решающее значение.

Существуют следующие методы управления.

В ДСП для прямого контроля доступна только потребляемая дуговой печью (активная) мощность (рис. 7.5).

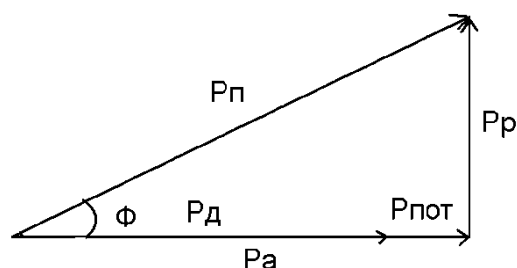


Рис. 7.5. – Векторная диаграмма мощности.

Активная мощность, усваиваемая печью, делится на: P_d - мощность, выделяемая в дуге; $P_{эл}$ - мощность электрических потерь.

Мощность дуги делится на полезную мощность и мощность тепловых потерь.

Прямое измерение активной мощности не дает возможность управления электрическим режимом, так как существует экстремальная зависимость (рис.7.6).

В результате этого прямое контролируемое значение мощности дуги не используется при управлении, так как стабилизирующая система будет поддерживать затратный режим P_B (а не P_A).

Поэтому на практике существует два способа управления энергетическим режимом: с помощью токового регулятора или с помощью дифференциального регулятора.

Токовый регулятор

Токовые регуляторы просты, надежны и эффективны. Так как текущее значение рабочего тока каждой фазы контролируется, то при управлении возможно использовать обычные стабилизирующие системы, в которых формирование сигнала рассогласования E пропорционально разности заданного тока и текущего тока (рис. 7.7).

Но, несмотря на простоту, данный метод обладает существенным недостатком, так как при автоматическом управлении при зажигании дуги возможна поломка электрода.

В момент включения печи в работу J_p^3 , но $J_p^{тек} = 0$. Электроды пойдут вниз. В какой-то момент один электрод первым коснется шихты. Так как ток короткого замыкания при соединении в звезду не возникнет, пока шихты не коснется другой электрод, то первый электрод будет продолжать двигаться до поломки.

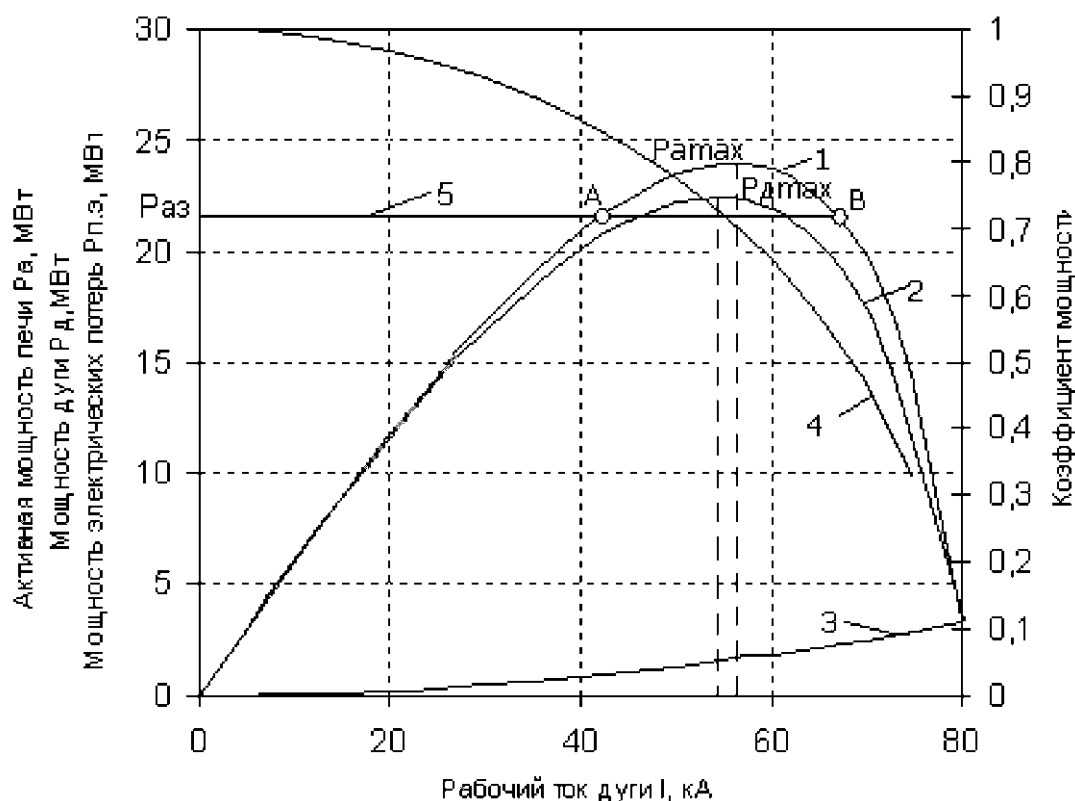


Рис.7.6 График зависимостей заданной мощности $P_{\text{аз}}$, активной мощности $P_{\text{а}}$, мощности дуги $P_{\text{д}}$, мощности электрических потерь $P_{\text{пэ}}$ и коэффициента мощности $\cos \varphi$ от рабочего тока дуги для ДСП-180

1 - активная мощность $P_{\text{а}}$; 2 - мощность дуги $P_{\text{д}}$; 3 - мощность электрических потерь $P_{\text{пэ}}$; 4 - коэффициент мощности $\cos \varphi$; 5 - заданная мощность $P_{\text{аз}}$

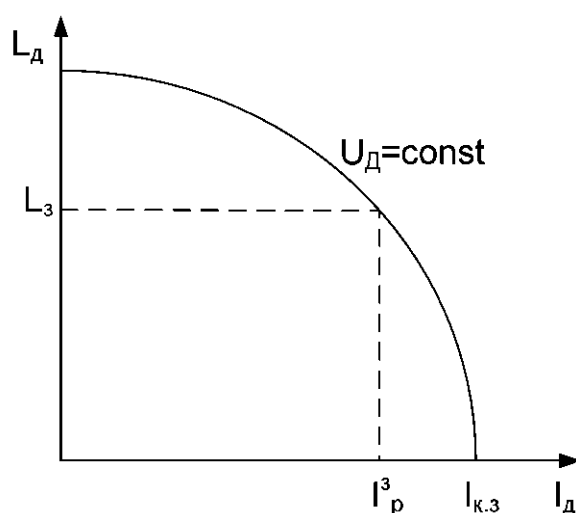


Рис. 7.7. – Зависимость длины дуги от рабочего тока дуги.

Для ликвидации недостатков токового регулятора был разработан дифференциальный регулятор.

Дифференциальный регулятор

Управление осуществляется путем поддержания определённого соотношения между величиной тока дуги и напряжением, подаваемым на электрод U_{ϕ} :

$$A = a \cdot I - b \cdot U = b \cdot I(a/b - U/I) = b \cdot I(Z_0 - Z)$$

где Z - сопротивление дуги;

$a/b = Z_0$ - заданная величина сопротивления дуги.

По сути, дифференциальный регулятор регулирует импеданс (полное сопротивление) дуги, которое пропорционально величине рабочего тока.

Коэффициенты a и b определяют заданные параметры электрического режима (как бы заданное сопротивление дуги).

При выбранной ступени напряжения регулирование электрического режима осуществляется и в токовом регуляторе и в дифференциальном регуляторе перемещением электрода, то есть изменением длины дуги (рис. 7.8). Но длину дуги измерить очень сложно, а ток можно мерить с любой точностью.

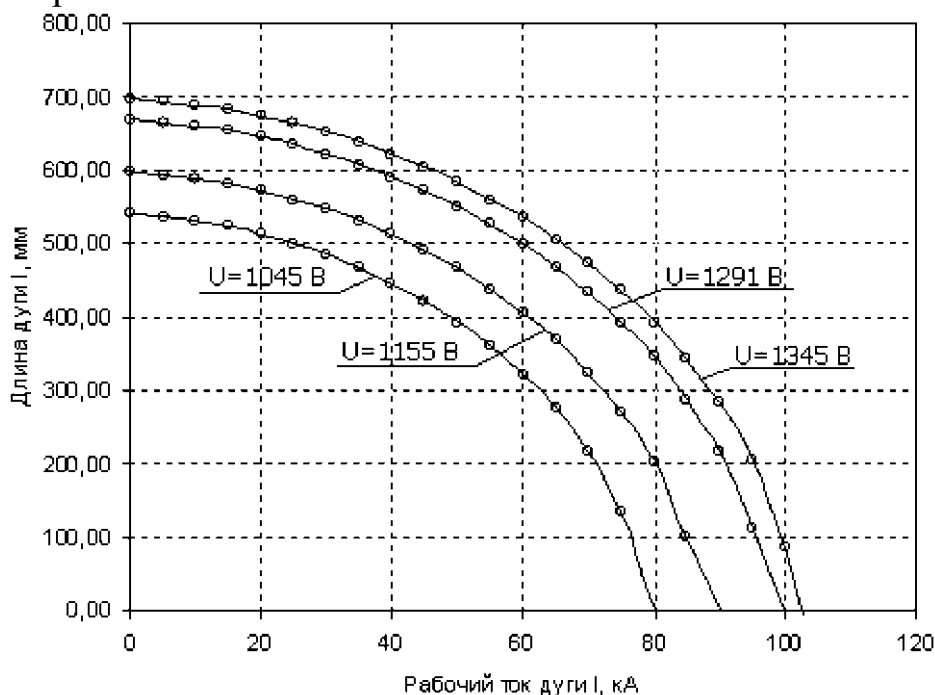


Рис. 7.8. – Зависимость длины дуги от силы при различных ступенях напряжения печного трансформатора для ДСП–180.

Существует множество способов реализации электрического режима. Наиболее простой метод управления электрическим режи-

мом - метод с использованием электромагнитных усилителей, которые обеспечивают перемещение электродов с небольшой скоростью (до 30 мм в секунду), хотя современные тиристорные привода и электрогидравлические привода обеспечивают скорость до 300 мм/с.

Принципиальная схема управления электрическим режимом с помощью дифференциального регулятора представлена на рис. 7.9.

Сигналы, пропорциональные силе тока, с трансформатора ТТ, и напряжению с трансформатора ТН, алгебраически суммируются как падения напряжений на сопротивлениях R_T и R_H . Положение движков на этих сопротивлениях определяет заданное значение коэффициентов a и b . Сигнал, пропорциональный величине a , подается на обмотку управления ОУ электромагнитного усилителя (ЭМУ) с поперечным магнитным полем, которое вращается двигателем, при этом на выходе ЭМУ появляется сигнал, пропорциональный напряжению на обмотке ОУ. Этот сигнал подается в цепь якоря двигателя привода электрода. Обмотка возбуждения двигателя Д запитывается от постоянного источника напряжения.

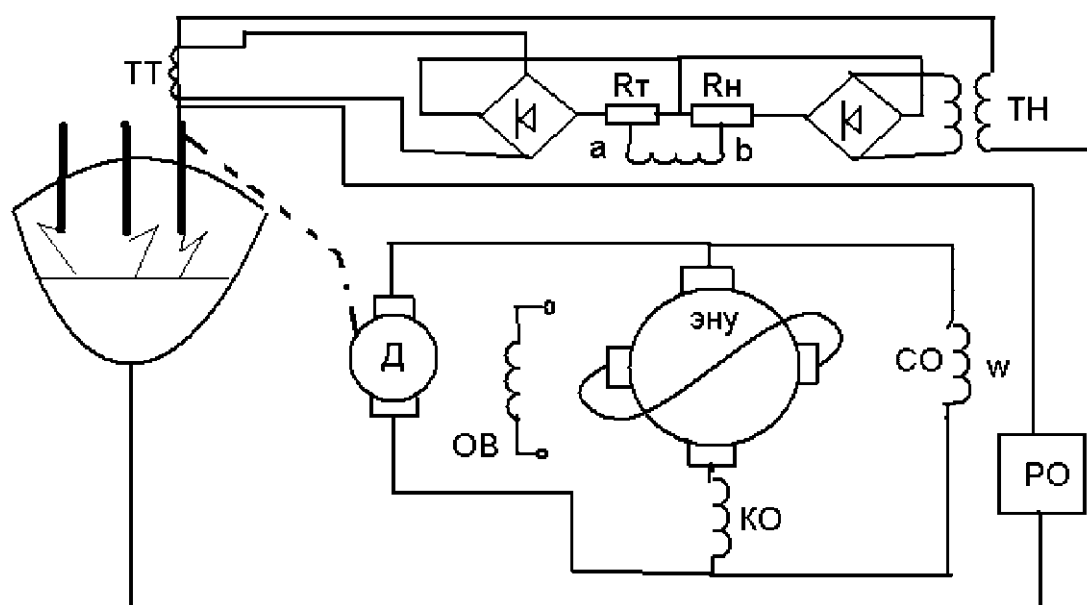


Рис. 7.9. – Принципиальная схема управления электрическим режимом с помощью дифференциального регулятора.

Компенсирующая обмотка КО и стабилизирующая обмотка СО предназначены для улучшения характеристик электромагнитного усилителя. ЭМУ обычно работают на маломощных печах и обеспечивают скорость перемещения электрода до 1,5 м/мин (25-30 мм/с).

Использование дифференциальной схемы с введением реле от-

ключения РО позволяет осуществить автоматический пуск печи в работу. Это происходит следующим образом.

При подаче напряжения на электроды все они находятся в верхнем положении. Тока нет, а напряжение есть. Под действием этого сигнала электроды пойдут вниз. Так как длина их различна, то первый коснувшийся шихты электрод остановится, так как отключается реле РО. При касании электродов фазы шихты реле оказывается включенным параллельно цепи электрод-шихта. Переходное сопротивление электрод-шихта меньше, чем высокоомное сопротивление катушки РО, и она отключается. Электрод останавливается.

При касании вторым электродом шихты в обоих электродах возникает ток технологического короткого замыкания, и электроды начинают подниматься вверх (дуги горят). Третий электрод зажигается самостоятельно.

4. Автоматизация температурного режима ДСП

В технологические периоды после расплавления шихты, определяющее значение приобретает управление электрическим режимом с учетом температурного состояния в ванне жидкого металла и огнеупорной футеровки.

Необходимые изменения температуры металла и огнеупорной кладки в процессе плавки зависят от марки выплавляемой стали. Так, температура высококачественных шарикоподшипниковых сталей может превышать 1700 °С.

Изменение температурного режима по ходу плавки регламентировано директивно (задано технологической инструкцией).

ДСП работает в нестационарном температурном режиме, при котором текущие значения температуры изменяются в очень широких пределах.

После выпуска стали огнеупорная кладка начинает интенсивно остывать (20 °С/мин). И после открытия свода для завалки шихты остывание идет с максимальной скоростью (это тепло теряется безвозвратно).

В процессе завалки значительная часть аккумулированного тепла кладки передается шихте. Поэтому продолжительность завалки оказывает существенное влияние на продолжительность плавления самого энергетически емкого периода плавки.

В первый период печь работает на пониженных ступенях напряжения из-за опасности перегрева свода печи. Затем, после того как

электроды погрузятся в шихту, и шихта начнет воспринимать энергию, мощность начинает подводиться интенсивнее. При расплавлении все тепловое излучение дуги расходуется на нагрев шихты при максимально возможной эл. мощности. В окислительный период, когда в печь подается кислород, температура металла и особенно огнеупорной футеровки начинает интенсивно увеличиваться.

Скорость разогрева футеровки, особенно в районе горения дуг, можно ориентировочно определить соотношением:

$$V_t = \frac{P_{\text{под}}}{250} \cdot G$$

где $P_{\text{под}}$ - подводимая мощность;

250-эмпирический коэффициент, [кВт мин/°C];

G-вес плавки.

Особенно тяжелые температурные условия возникают в рабочем пространстве ДСП в восстановительный период, когда дуги обнажены, металл нагрет практически до температуры выпуска, и все процессы разрушения огнеупорной футеровки (разъедания шлаком кирпичной кладки) происходят с максимальной скоростью, которая достигает до 15-25 мм/час.

Для сохранения целостности огнеупорной кладки и достижения требуемой температуры металла управление электрическим режимом как источником тепловой энергии сводится к коррекции электрического режима по температуре металла или рабочей кладки.

Существует несколько способов формирования величины корректирующего воздействия электрического режима по температурному состоянию.

В НПО "Черметавтоматика" разработан метод коррекции директивного значения подводимой к печи мощности (активной) путем расчета корректирующей поправки, которая определяется в зависимости от отклонения действительного значения температуры металла от заданного значения:

$$\Delta P = \frac{G \cdot C \cdot (t_3 - t_m(\tau))}{860 \cdot \Delta \tau \cdot h}$$

в соответствии с выражением $P(\tau) = P_3(\tau) \pm \Delta P$,

где $P_3(\tau)$ - заданное значение подводимой мощности;

ΔP - корректирующая поправка;

G - вес садки металла в ДСП;

C - удельная теплоемкость;

t_3 - заданное значение температуры;
 $t_m (\tau)$ - текущее значение температуры;
860- эмпирический коэффициент;

Δt – интервал времени, в течение которого температура металла должна достичь заданного значения. Этот интервал времени определяется дискретностью периодического замера температуры термопарой погружения;

h - коэффициент усвоения тепловой энергии металла (определяется экспериментально).

Расчет поправки ΔP осуществляет автоматический регулятор температурного режима, который вырабатывает корректирующий сигнал регулятору электрического режима, если поправка может быть осуществлена в небольших пределах.

В основном корректируется ступень напряжения путем воздействия на переключатель ступени напряжения.

Недостатком данного метода является то, что отсутствует связь между коэффициентом усвоения энергии металлом и подводимой электрической мощностью. Для ликвидации данного недостатка Киевским Политехническим Университетом предложен метод для расчета корректирующей поправки ΔP с учетом изменения коэффициента усвоения в зависимости от подводимой в печь мощности.

$$h = \frac{P_{\text{усвоен}}}{P_{\text{подвод}}};$$
$$P_{\text{усвоен}} = P_{\text{акт}} - P_{\text{потерь}};$$
$$P_{\text{потерь}} = I^2 R$$

Данный метод использован при выполнении условия непрерывного измерения температуры металла в процессе плавки. Недостатком является то, что не предусмотрена корректировка по температуре кладки.

5. Функциональная схема контроля и регулирования процесса выплавки стали в ДСП

Для управления технологическими параметрами в ДСП схемой предусматривается (рис. 7.10):

1 - контроль уровня сыпучих материалов: извести, раскислителей и легирующих добавок в основных резервных и расходных

бункерах.

Обычно контроль осуществляется позиционными датчиками, которые фиксируют максимальный и минимальный уровни материалов в бункерах.

2 - контроль уровня и наличия материала (веса) в загрузочном бункере для подачи материала через загрузочный люк в ДСП.

В качестве датчика используются тензометрические преобразователи. Загрузочный люк обычно закрыт, при открытии люка включается азотная завеса.

3 - измеряется вес шлакообразующих, извести, руды в расходных бункерах при подаче их в загрузочные емкости.

В качестве датчиков веса используются тензометрические устройства, которые устанавливаются на специальных опорах под бункерами (по три на каждый бункер).

4 - управление дозаторами для подачи нужного сыпучего материала в печь в определенные периоды плавки.

5 - устройство для подачи определенной массы материала в печь.

Как правило, в ДСП используются индивидуальные схемы управления дозированием материала.

Подача материалов из расходных бункеров в загрузочные осуществляется ленточными транспортерами, управление которыми заблокировано с управлением питателями для каждого компонента по схеме: выбор расходного бункера - включение питателя с контролем отбираемого веса - включение ленточного транспортера для передвижения материала в загрузочный бункер. Расходных бункеров много, загрузочный бункер только один.

6 - измерение температуры огнеупорной кладки в районе горения дуг каждой фазы.

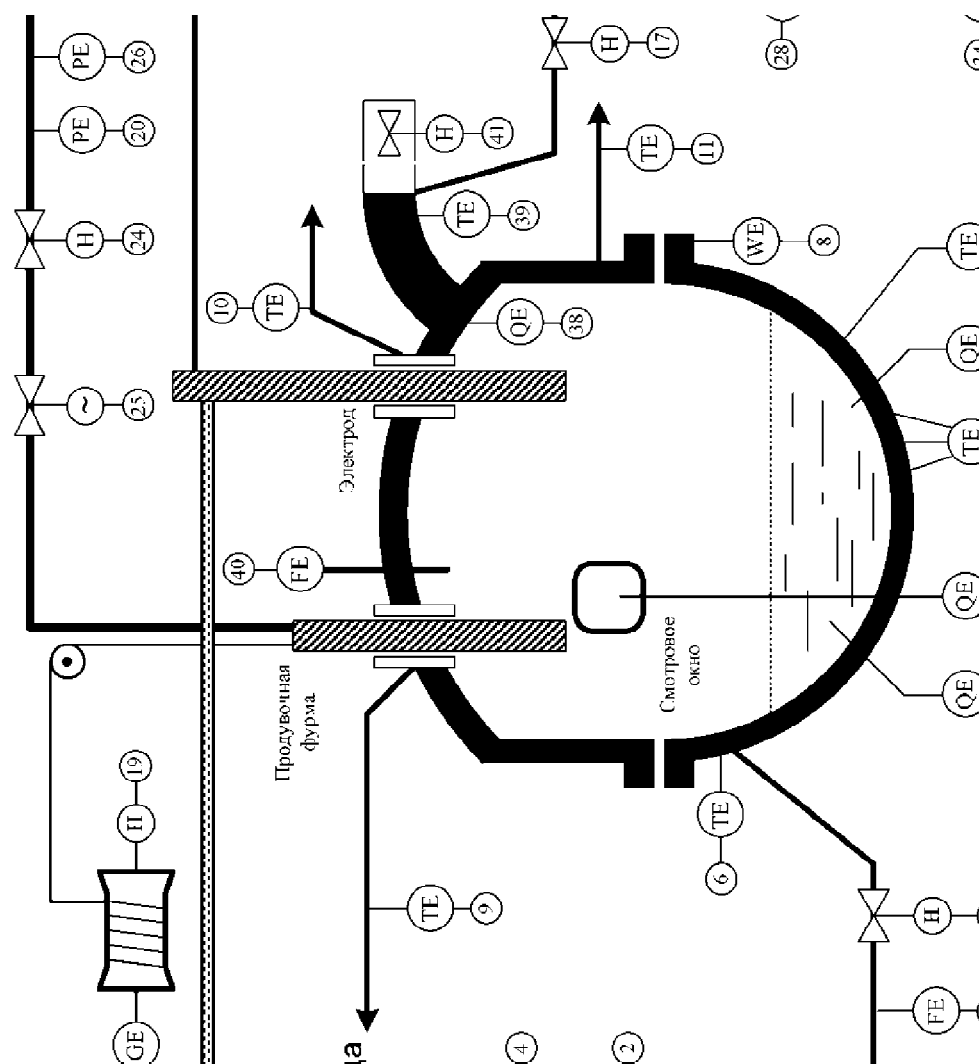


Рис. 7.10 – Функциональная схема контроля и регулирования процесса выплавки стали в ДСП

Для защиты огнеупорной кладки от перегрева в районе горения дуг устанавливаются водоохлаждаемые панели.

7 - измеряется температура жидкого металла с помощью стационарно установленной термопары одним из рассмотренных ранее методов.

Кроме данного метода, измерение температуры металла в конце расплавления и перед выпуском металла осуществляется термопарой погружения (ручным замером).

8 - измерение с помощью тензометрических устройств общей массы печи, шлака и металла.

Такой метод измерения позволяет контролировать массу первичного шлака, который удаляется из печи («скачивается») по расплавлении шихты.

9 - измеряется и регистрируется температура охлаждающей воды, используемой для охлаждения продувочной фурмы (датчик TSM).

Для интенсификации окислительных процессов в ДСП металл после расплавления шихты продувается кислородом.

ДСП-180 ОАО ММК дополнительно снабжены газокислородными горелками-фурмами. Через них можно подать в печь газ, сжигая который, можно обеспечить плавку металла.

10 - измеряется температура воды, используемой для охлаждения свода и амбразур для ввода электродов в печь и одновременно температуры воды, используемой для охлаждения газоотводящего патрубка для отвода плавильных газов из печи.

Для каждого из названных элементов (3-4 датчика) используются индивидуальные датчики для контроля систем охлаждения (для предотвращения выпадения солей в патрубках).

11 - измеряется температура охлаждающей воды на сливе из каждой водоохлаждаемой панели, установленной в районе горения дуг.

В качестве датчиков используются термометры сопротивления. Все температуры воды на сливе каждого элемента протоколируются (фиксируются) системой централизованного контроля и заносятся в базу данных.

12 - измеряется температура кладки днища ДСП в районе горения дуг каждой фазы.

13 - измеряется температура охлаждающей воды, используемой на охлаждение элементов нижнего строения печи.

По разности температур на входе и выходе каждого охлаждае-

мого элемента можно судить об интенсивности охладителя и соответственно регулировать расход охлаждающей воды.

14 - регулирование расхода охлаждающей воды.

Аналогично с этой же целью измеряется температура охлаждающей воды на входе для элементов верхней части ДСП.

Вместо температуры можно использовать датчики давления.

15, 16 - измеряется расход охлаждающей воды на элементы нижнего и верхнего уровня печи.

17, 17' - регулируется расход охлаждающей воды на элементы верхнего и нижнего строения печи.

18, 19 - измеряется и регулируется положение продувочной кислородной фурмы относительно жидкой ванны металла.

В качестве датчика первичного положения продувочной фурмы используется (аналогично для конвертерного производства) импульсный трансформатор.

Регулирование положения продувочной фурмы осуществляется по известным схемам. Рациональным положением фурмы является ее расположение на границе шлак- металл.

20, 25 - измеряется давление кислорода на продувочную фурму.

Этот технологический параметр очень важен при использовании кинетической энергии струи кислорода для перемешивания ванны. Кроме того, давление кислорода используется в системе аварийной отсечки при нарушении технологического режима.

Учитывая, что кислород является дорогостоящим продуктом, измеряемое давление используется для коррекции действительного расхода по давлению кислорода и этот параметр является хозрасчетным.

21 - измеряется и регистрируется температура кислорода, подаваемого на газокислородные фурмы.

Этот импульс используется также для коррекции расхода по температуре.

22 - измеряется и регистрируется расход кислорода на продувочную фурму.

В начале окислительного период плавки кислород является основным источником тепла, за счет экзотермических реакций окисления примесей расплава металла. В этот период электрическая мощность, подводимая к печи, значительно (на 60- 70%) уменьшается по сравнению с максимальной мощностью периода расплавления.

23 - измеряется и регистрируется количество кислорода, по-

даваемое в ДСП в период плавки.

Количество кислорода, поданного в ДСП, используется для прогнозирующих расчетов содержания углерода в расплавленном металле. По количеству кислорода возможно прекращение продувки металла и переход к периоду рафинирования (к восстановительному периоду).

24 - регулируется расход кислорода на продувочные фурмы и газокислородные фурмы.

Регулирование осуществляется по пропорционально-интегральному закону с использованием контроллера.

25 - аварийная отсечка кислорода.

26 - отсечка кислорода осуществляется быстроходными исполнительными или пневматическими или гидравлическими исполнительными механизмами.

27 - измеряется напряжение питания каждого электрода с низкой стороны печного трансформатора.

Параметр используется в схеме регулирования энергетического режима в каждой фазе питающего напряжения.

Для измерения напряжения и гальванического разделения цепей питания и контроля используются измерительные трансформаторы напряжения ИТН.

28 - измеряется и регистрируется величина рабочего тока в каждой фазе печного трансформатора.

Величина рабочего тока в каждой фазе при выбранной ступени напряжения питания зависит от длины дуги. Управление величиной рабочего тока осуществляется путем перемещения электрода (изменения длины дуги).

Для гальванического разделения силовых цепей и измерительных каналов схемы управления применяются токовые трансформаторы ТТ (катушки Роговского).

29 - контролируется положение каждого электрода относительно определенного фиксированного уровня.

В процессе электроплавки электроды постепенно сгорают и разрушаются. Поэтому за положением электрододержателей установлен жесткий контроль крайних положений, ограниченных концевыми выключателями.

30 - управление перемещением каждого электрода.

Это необходимо для управления подводимой электрической мощностью для выбранной ступени напряжения. Перемещение элект-

трода на современных печах осуществляется с помощью реечных механизмов или гидравлическими системами.

В процессе плавки, особенно в период расплавления, дуги горят неустойчиво. Для ликвидации обрывов дуги и технологических коротких замыканий скорость перемещения электрода должна быть достаточно большой (автоматический режим 80-120 мм/мин, ручной режим - до 300 мм/мин).

31 - контролируется текущее положение переключателей ступеней печного трансформатора.

32 - управление положением переключателя ступеней печного трансформатора.

Управление осуществляется дистанционно или автоматически в зависимости от определителя стадий или периода плавки.

В технологические периоды плавки управление переключателем ступеней осуществляется в зависимости от температурного режима.

33 - измеряется напряжение, подводимое к печному трансформатору с высокой стороны (более 10кВт).

34 - измеряется величина тока печного трансформатора в каждой фазе.

35 - контролируется химический состав металла в ДСП.

Контроль осуществляется отбором проб и химическим анализом этих проб. Это связано с определенными трудностями. Поэтому разработаны несколько методов непрерывного контроля состава металла.

Во Франции на опытной лабораторной печи используется метод спектрального анализа, суть которого заключается в возбуждении дуги от специального электрода и по излучению дуги контролируется состав (Mn, Si, S, P).

В Японии для возбуждения дуги используется мощный рубиновый лазер.

Недостаток методов: так как в печной атмосфере есть CO и CO₂, то углерод этих газов искажает показания приборов.

36 - контролируется методом отбора проб состав первичного (после окислительного периода) и вторичного (конечного) шлака, который обеспечивает требуемый процесс дефосфорации и десульфации.

37 - контролируется химический состав металла с использованием современных технических средств.

Для ускорения процесс определения состава металла современные квантометры устанавливаются на мобильные установки (автомо-

били) и размещаются непосредственно в цехе.

38 - контролируется состав отходящих плавильных газов на содержание CO, CO₂ и H₂.

Данные анализы используются для прогнозирования содержания углерода.

39 - контролируется температура отходящих плавильных газов с использованием термопары.

По температуре отходящих газов можно косвенно определить тепловое состояние рабочего пространства ДСП.

40, 41 - контролируется и регулируется давление в рабочем пространстве ДСП.

6 Автоматизация процесса заполнения форм расплавом

Автоматизация процесса заливки расплава в формы на конвейерах в значительной степени влияет на производительность труда и качество отливаемых изделий. В зависимости от типа конвейера применяют стационарные и передвижные заливочные установки с дозаторами расплавов. В последнем случае дозатор движется со скоростью конвейера в процессе заливки формы. Обычно это достигается включением механической связи конвейера с тележкой, на которой установлен дозатор. Для распознавания заданного положения литейной формы относительно дозатора для начала заливки используют бесконтактные путевые переключатели или фотореле.

Команды на прекращение подачи расплава в форму формируются в зависимости от принятого способа дозирования. Выполнение этих команд сопровождается подготовкой дозатора к выдаче следующей дозы расплава, а передвижной дозатор возвращается в исходное положение.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На какое количество технологических периодов делится технологический процесс выплавки стали в ДСП.

2. Назовите технологические периоды на которые делится технологический процесс выплавки стали в ДСП.

3. Охарактеризуйте окислительный период плавки стали в ДСП.

4. Охарактеризуйте восстановительный период плавки стали в ДСП.

5. Какие мероприятия проводят в межплавочный простой.

6. Стадии плавления шихты в ДСП.

7. Для чего предназначена подача кислорода в ДСП в период расплавления шихты.

8. Что имеет решающее значение при автоматизации технологического процесса выплавки стали в ДСП.

9. Какие средства автоматизации используются в процессе заполнения форм расплавом.

Лабораторная работа №8

Автоматизация процессов выбивки и очистки отливок

Цель работы: ознакомиться с автоматизацией процессов выбивки и очистки отливок.

Теоретическая часть

В связи с большой трудоемкостью операций выбивки отливок из форм и их очистки эти процессы на современных литейных производствах максимально автоматизированы.

Автоматизация безынерционной выбивной установки.

Вариант функциональной схемы автоматизации процесса выбивки отливок из опок представлен на рис.8.1.

Технологическое оборудование включает: конвейерную линию I для подачи форм к выбивному столу II, выжимной пресс III, выбивную решетку IV, конвейер для уборки смеси V, склиз VI, ленточные конвейеры VII и VIII соответственно для удаления отливок и опок.

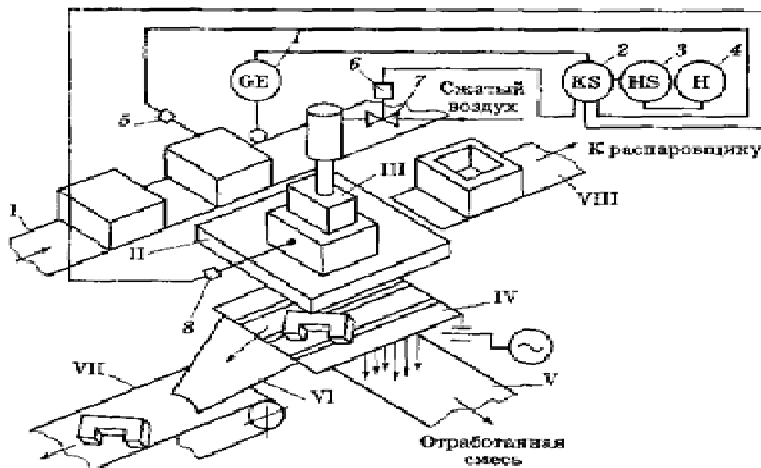


Рис.8.1 Функциональная схема автоматизации процесса выбивки отливок из опок

Для автоматического управления выбивной установкой применяется командоаппарат 2. При работе установки в автоматическом режиме движущаяся по ленточному конвейеру I форма встречается с толкателем конечного выключателя 1, контактная система которого включает командоаппарат 2. Первая контактная цепь командоаппара-

та запускает исполнительный механизм 5, который своим толкателем перемещает форму с конвейера I на стол II, ставит ее над отверстием в столе под выжимным прессом III и возвращает толкатель в исходное положение.

Вторая контактная цепь командоаппарата 2 включает исполнительный механизм 6, который с помощью распределителя 7 приводит в действие пневмоцилиндр, связанный с пуансоном прессы III. В результате пресс выдавливает в отверстие стола на непрерывно работающую решетку IV из опок всю формовочную смесь вместе с отливкой. Затем исполнительный механизм 6 возвращает пуансон прессы III в исходное положение.

После выдавливания отливки третья контактная цепь командоаппарата 2 включает исполнительный механизм 8, который своим толкателем сдвигает опоки с выбивного стола II надвигающийся ленточный конвейер VIII и возвращает толкатель в исходное положение. Затем контактная система командоаппарата возвращается в исходное состояние и готова к повторению цикла в описанной последовательности.

На непрерывно работающей выбивной решетке IV отработанная смесь отделяется от отливки. Смесь просыпается на ленточный конвейер V, а отливка по склизу VI поступает на конвейер VII.

Ручное (дистанционное) управление исполнительными механизмами выбивной установки для наладки и при неполадках в системе автоматики может быть осуществлено с помощью пультауправления 4, подключаемого универсальным переключателем рода работы S.

Автоматизация процесса очистки отливок

Для проведения работ по очистке поверхности отливок от пригара и остатков формовочной и стержневой смесей применяют галтовочные барабаны, дробеметные аппараты и машины, дробеструйные аппараты, гидropескоструйные камеры, абразивно-вибрационные агрегаты, оборудование для электрохимической очистки. При этом автоматизации подлежат следующие операции:

- * транспортировка отливок к устройствам очистки;
- загрузка подлежащих очистке отливок в очистные агрегаты;
- * отправка очищенных отливок на финишную обработку;
- * уборка отходов процесса очистки.

Вариант функциональной схемы автоматизации поточной механизированной линии очистки отливок представлен на рис.8.2.

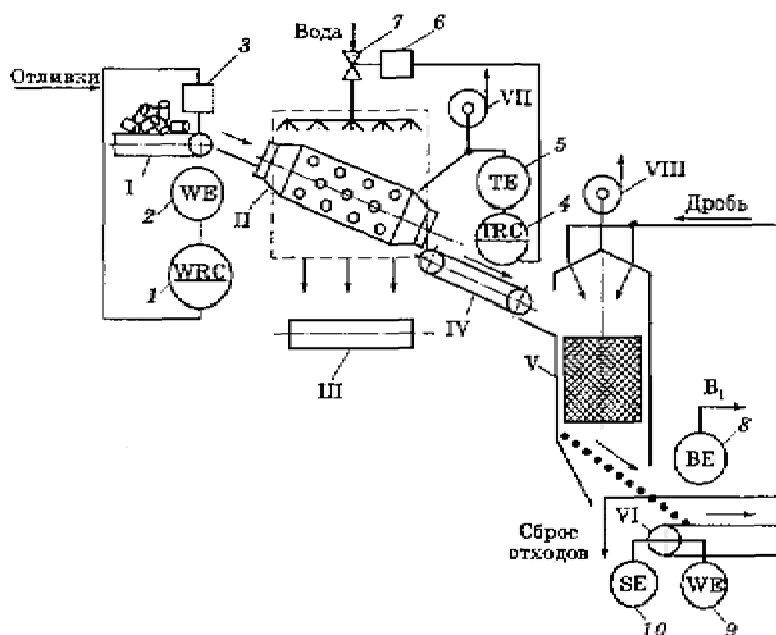


Рис. 8.2 Функциональная схема автоматизации поточной механизированной линии очистки отливок

Технологическое оборудование линии включает: ленточный конвейер, подающий отливки от выбивной решетки I; галтовочный барабан II; ленточный конвейер для уборки отходов III; передаточный конвейер IV; дробеметный барабан V; конвейер для транспортировки очищенных отливок VI; вентиляторы для отсоса воздуха VII и VIII соответственно из галтовочного и дробеметного барабанов.

Для обеспечения равномерной загрузки галтовочного барабана II тензометрический преобразователь 2 воспринимает действие массы отливок на ленточный конвейер I и передает сигнал на вторичный измерительный прибор 1. При отклонении сигнала от заданного значения прибор 1 изменяет скорость привода 3 конвейера I.

Постоянная температура внутри галтовочного барабана поддерживается АСР, состоящей из термопары 4, электронного потенциометра 5, исполнительного механизма 6 и регулирующего органа (клапана) 7. При отклонении температуры от заданного значения (в связи с колебаниями температуры загружаемых отливок) выходное регулирующее устройство электронного потенциометра 5 с помощью

исполнительного механизма 6 и клапана 7 изменяет подачу воды в галтовочный барабан.

Фотоэлектрический измерительный прибор 8 предназначен для контроля шероховатости поверхности отливок по интенсивности отражения направленного на отливки светового потока. Сигнал прибора В* может вводиться в АСУ ТП качества продукции и использоваться для автоматической сигнализации неполадок в работе оборудования.

Рассматриваемая схема может быть дополнена датчиками массы 9 и скорости на выходном транспортере VI для учета общей массы очищенных отливок.

При очистке отливок в дробеметных, дробеструйных и гидрореспектструйных агрегатах дополнительной задачей автоматизации является обеспечение вращения отливок при очистке их струей дроби или водопесчаной струей.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с функциональными схемами автоматизации процесса очистки отливок
2. Выделить основные управляющие системы в работе схемы.
3. Составить и изобразить алгоритм системы автоматизации процесса очисток отливок.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из каких стадий состоит процесс проектирования систем автоматизации очисток отливок?
2. Каким образом на функциональных схемах отображают системы автоматического регулирования?
3. Как на функциональных схемах отображают системы программного и ручного управления?

ЛИТЕРАТУРА

1. Аббасов А.К. Устройство для измерения температуры // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика = 2002. - N5.- С.51.
2. Автоматизация измерений и контроля электрических и неэлектрических величин : учебное пособие для вузов / под ред. А. А. Сазонова. - Москва : Изд-во стандартов, 1987. - 327 с.
3. Автоматизация литейного производства : учеб. пособие для вузов / Д. М. Кукуй, В. Ф. Одинокко. - Минск : Новое знание, 2008. - 240с. : ил.
4. Теплотехнические измерения : учебник для энерг. и энерго-строит. техникумов / Г. А. Мурин. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Энергия, 1979. - 424с.
5. Чистяков В.С. Справочник по теплотехническим измерениям. М. :Энергоатомиздат, 1990.- 320 с.
6. Абрамович, Р. Ч. Приборы учета расхода и количества жидкости. Требования законодательства к установке и эксплуатации водосчетчиков / Р. Ч. Абрамович // Энергосбережение. Практикум. - 2013. — № 2. — С. 11—18.
7. Андронов И.В. Измерение расхода жидкостей и газов. - М. : Энергоиздат, 1981. - 85с.
8. Башутин Ю.П. Новая эра в измерении расхода по перепаду давления // Приборы и системы управления = 1998 . - N5.-С.54-56.
9. Белодворский Ю.М. Практическое пособие по учету расхода газа. - 2-е изд.,испр.. - М. : Стройиздат, 1971. - 256с.
10. Ганевский, Г. М. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении : учебник / Г. М. Ганевский, И. И. Гольдин. - Изд. 3-е, стер.. - Москва : Высшая школа : Академия, 1998. - 288 с.
11. Киясбейли А.Ш. Первичные преобразователи систем измерения расхода и количества жидкостей / А. Ш. Киясбейли, Л. М. Лифшин. - Москва : Энергия, 1980. – 381 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1	3
Лабораторная работа №2	20
Лабораторная работа №3	30
Лабораторная работа №4	38
Лабораторная работа №5	47
Лабораторная работа №6	52
Лабораторная работа №7	59
Лабораторная работа №8	80

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ

**Практикум
по выполнению лабораторных работ
по одноименной дисциплине
для студентов специальности
1-36 02 01 «Машины и технология
литейного производства»
дневной формы обучения**

**Составители: Ткаченко Александр Владимирович
Морозова Юлия Викторовна**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 10.09.18.

Пер. № 4Е.

<http://www.gstu.by>