

**КРАЕВОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«АЛТАЙСКИЙ КОЛЛЕДЖ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И БИЗНЕСА»**

Практические работы

ОП. 07 «Автоматизация технологических процессов»

260203 «Технология мяса и мясных продуктов»

Среднее профессиональное образование

Бийск, 2017г.

Организация-разработчик: КГБПОУ «Алтайский колледж промышленных технологий и бизнеса»

Составитель:

Мурасова Л.Г.- преподаватель дисциплин профессионального цикла
КГБПОУ «Алтайский колледж промышленных технологий и бизнеса»

Даны общие рекомендации по выполнению практических работ,
рассмотрены функциональные схемы различных видов технологического
оборудования

Предназначено для обучающихся по специальности 260203 «Технология
мяса и мясных продуктов »

Практическая работа №1

«Изображение функциональной схемы государственной системы промышленных приборов»

Цель работы

Закрепление теоретических знаний и приобретение навыков в анализе технологических процессов как объектов автоматизации

Оформление практической работы и порядок ее сдачи

1. Работа выполняется в тетради
2. Начертить функциональную схему автоматизации государственной системы промышленных приборов (рис.1.)
3. Описать параметрическую схему объекта управления
4. Выполненная работа сдается для проверки преподавателю
5. Работа считается зачтенной, если она выполнена правильно, аккуратно оформлена, а также обучающийся ответил на контрольные вопросы

Теоретическая часть

Производственные процессы в пищевой промышленности можно рассматривать как набор последовательных технологических операций, связанных с подготовкой сырья, непосредственной его обработкой и получением готовой продукции. На стадии проектирования систем автоматизации производственных процессов технологические объекты управления (ТОУ) требуют тщательного анализа. В процессе анализа изучаются технологические процессы конкретного производства, выявляются величины, характеризующие процесс, находятся взаимосвязи между ними.



Рис.1. Функциональная схема ГСПП

Государственная система промышленных приборов(ГСПП) и средств информации используется в целях обеспечения техническими средствами

автоматических систем контроля, регулирования и управления техническими процессами.

Унификация сигналов измерительной информации обеспечивает передачу и обмен информацией, дистанционную связь между устройствами управления, передачу результатов измерений от средств получения информации к устройствам контроля и управления.

Объектом управления называется динамическая система, характеристики которой изменяются под влиянием возмущающих и управляющих воздействий. Объектами управления могут быть механизмы, машины и аппараты, в которых протекают технологические процессы, производства, предприятия и целые отрасли.

Текущее состояние объекта управления определяют следующие величины (рис. 1):

- x_1, x_2, \dots, x_k - входные управляющие параметры, которые характеризуют материальные и энергетические потоки (расход сырья, пара);
- y_1, y_2, \dots, y_m - выходные управляемые параметры, которые характеризуют состояние технологического процесса (температура, влажность);
- f_1, f_2, \dots, f_n - входные возмущающие воздействия внешней среды, проникающие в объекты извне: вследствие изменения входных параметров, некоторых выходных параметров, а также параметров окружающей среды;
- u_1, u_2, \dots, u_l - управляющие воздействия, при помощи которых поддерживается заданный технологический режим (целенаправленное изменение положения регулирующих органов)

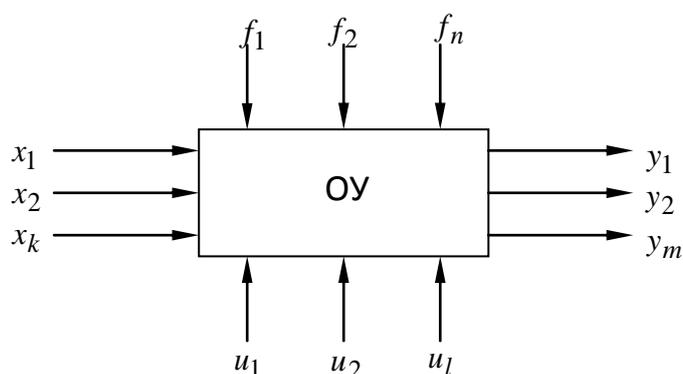


Рис. 21. Параметрическая схема объекта управления

Процесс управления складывается из следующих основных функций:

-получение измерительной информации о состоянии производственного процесса как объекта управления,

-переработка полученной информации и принятие решений о необходимости воздействия на объект для достижения целей автоматизации,

-реализация принятого решения, т.е. непосредственное воздействие на производственный процесс.

Технические устройства, которые применяются в системах управления для автоматизации этих функций, называются техническими средствами автоматизации

В зависимости от назначения технические средства автоматизации могут выполнять следующие функции:

- измерение параметров процесса,
- звуковая или световая сигнализация при определенных режимах работы,
- управление механизмами машинами, обеспечивающее своевременное начало, заданную последовательность и прекращение отдельных производственных операций,
- защита при возникновении аварийных режимов,
- контроль, который сводится к постоянному измерению определенного параметра с выдачей соответствующего измеряемой величине сигнала на устройства сигнализации, управления, блокировки,
- регулирование, предназначенное для поддержания параметров процесса на определенном уровне или для изменения их по заданному закону.

При автоматизации производственных процессов в зависимости от необходимости используется то или иное устройство или совокупность устройств, выполняющих требуемые функции и обеспечивающих осуществление технологического процесса в оптимальных режимах.

Совокупность объекта управления и технических устройств, используемых для управления, образуют систему управления.

В зависимости от выполняемых функций различают следующие системы:

- система автоматического контроля
- система сигнализации
- система защиты и блокировки
- система автоматического регулирования
- система программно-логического управления

Контрольные вопросы

1. Что подразумевается под понятием управление производственным процессом?
2. Какое состояние объекта управления определяют величины?
3. Что показывает параметрическая схема объекта управления?
4. Из каких функций складывается процесс управления?
5. Какие функции могут выполнять в зависимости от назначения технические средства автоматизации?
6. Какие функции выполняют системы?

Практическая работа №2 «Определение цены деления шкалы прибора»

Цель работы

Закрепление теоретических знаний и приобретение навыков работы с различными отсчетными устройствами

Оформление практической работы и порядок ее сдачи

1. Работа выполняется в тетради
2. Заполнить таблицу 1, используя различные измерительные приборы
3. По завершению работы все полученные данные заносятся в тетрадь
4. Выполненная работа сдается для проверки преподавателю
5. Работа считается зачтенной, если она выполнена правильно, аккуратно оформлена, а также обучающийся ответил на контрольные вопросы

Теоретическая часть

Отсчетные устройства в зависимости от типа прибора выполняют в виде шкалы и указателя (стрелки, луча) или цифрового индикатора в показывающих приборах, записывающего устройства и диаграммной бумаги в самопишущих приборах, счетного механизма в суммирующих (интегрирующих) приборах. Числа отсчета измеряемой величины и характеристики прибора наносятся на шкале прибора. Шкалы, кроме цифровых и интегрирующих, представляют собой совокупность отметок (делений) с цифрами, соответствующим значениям измеряемой величины. Начальная и конечная отметки шкалы определяют нижний и верхний пределы измерения прибора, — диапазон $N_{\text{шкалы}}$ прибора. Отметки на шкале называются **градуировкой шкалы**, а численные значения единиц измерений — **цифровкой шкалы**.

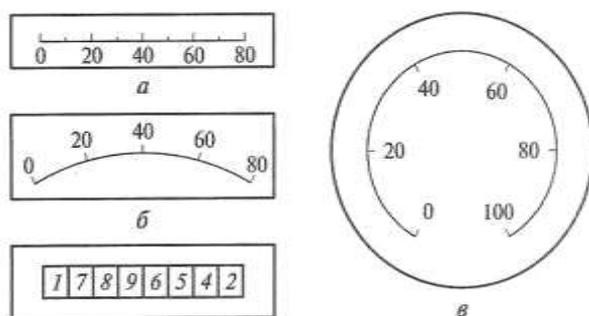


Рис.1 Виды шкал: а-линейная, б-дуговая, в-цифровая, г-интегрирующая

На рис.1. представлен внешний вид шкал: линейная (рис. 1. а), дуговая (рис. 1,б), круговая, циферблатная (рис. 1 в), цифровая, или интегрирующая (рис. 1 г).

Кроме последнего типа шкалы характеризуются двумя основными

величинами:

интервал деления шкалы — расстояние между двумя соседними отметками шкалы, выраженное в линейных метрических единицах (для линейных шкал) или угловых (для дуговых и круговых). Чем больше интервал делений, тем точность отсчета выше. С этой точки зрения предпочтительнее круговые шкалы;

цена деления шкалы — расстояние между двумя соседними отметками шкалы, выраженное в единицах измеряемой величины. Чем больше цена деления шкалы, тем точность отсчета ниже.

Шкалы могут быть равномерными и неравномерными. У неравномерных шкал изменяется интервал делений. При этом к концу шкалы обычно он уменьшается, при одинаковой цене делений. Таким образом, в равномерной шкале точность отсчета одинакова по всей шкале, а в неравномерной она уменьшается к концу шкалы.

Если шкала начинается с нулевой отметки или минимальной отметки одного знака, то она называется **односторонней**. Если нуль шкалы расположен где-то в середине, то шкала называется **двусторонней**.

В самопишущих приборах измеряемая величина может записываться на ленточной или дисковой диаграммной бумаге.

шкалы обычно он уменьшается, при одинаковой цене делений. Таким образом, в равномерной шкале точность отсчета одинакова по всей шкале, а в неравномерной она уменьшается к концу шкалы.

Если шкала начинается с нулевой отметки или минимальной отметки одного знака, то она называется **односторонней**. Если нуль шкалы расположен где-то в середине, то шкала называется **двусторонней**.

В самопишущих приборах измеряемая величина может записываться на ленточной или дисковой диаграммной бумаге.

Контрольные вопросы

1. Как определяют диапазон шкалы прибора?
2. Что такое градуировка шкалы?
3. Что такое цифровка шкалы?
4. С увеличением диапазона измерений класс точности прибора повышается или уменьшается?
5. Какая характеристика шкалы прибора увеличивается в круговых шкалах по сравнению с минимальными?
6. Как называется шкала приборов, используемых для измерений как положительных, так и отрицательных температур?

Таблица 1

Название прибора	Диапазон шкалы	Градуировка шкалы	Цифровка шкалы	Интервал деления	Цена деления
------------------	----------------	-------------------	----------------	------------------	--------------

	прибора			шкалы	шкалы

Практическая работа №3

«Определение температуры в термокамере»

Цель работы

1. Закрепление теоретических знаний и приобретение навыков работы с различными измерительными устройствами
2. Определить температуру в камере

Оформление практической работы и порядок ее сдачи

1. Работа выполняется в тетради
2. По завершению работы все полученные данные заносятся в тетрадь
3. Выполненная работа сдается для проверки преподавателю
4. Работа считается зачтенной, если она выполнена правильно, аккуратно оформлена, а также обучающийся ответил на контрольные вопросы

Теоретическая часть

Термоэлектрические термометры представляют собой измерительное устройство, состоящее из термоэлектрического преобразователя температуры (термопары), электроизмерительного прибора и соединительных проводов.

В основу измерения температуры термоэлектрическими преобразователями положен термоэлектрический эффект, который заключается в том, что в замкнутой цепи, состоящей из двух или нескольких разнородных проводников, возникает электрический ток, если места соединения (спая) нагреты до различной температуры. Цепь (рис.1.) состоит из термоэлектродов А и В. Спай t , принимающий температуру измеряемой среды или тела, называется рабочим, а спай t_0 - свободным.

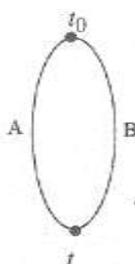


Рисунок 1.Схема термоэлектрической цепи.

Если температура спаев одинакова, то термоЭДС в цепи равна нулю, так как в обоих спаях возникают термоЭДС, равные по величине и направленные навстречу.

Таким образом, термоЭДС является функцией двух переменных величин t и t_0 , то есть температур спаев. Поддерживая температуру одного спая постоянной, например $t_0 = const$, получаем функциональную зависимость

$$E_{ae} \sim f(t)$$

Таким образом, измерение температуры сводится к измерению термоЭДС. Для подключения электроизмерительного прибора термопару разрывают либо в спае с температурой (рис.2а), либо в одном из термоэлектродов (рис.2.б)

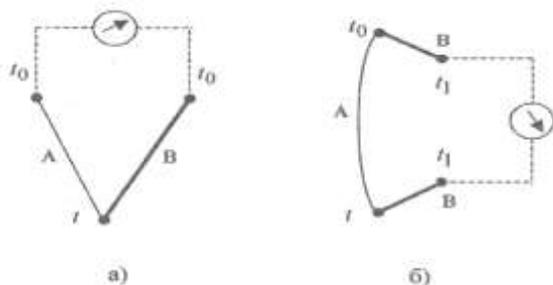


Рис.2. Схема включения электроизмерительного прибора

В качестве измерительных приборов в комплекте с термопарами применяются милливольтметры и потенциометры.

На рис.3 представлена принципиальная схема милливольтметра.

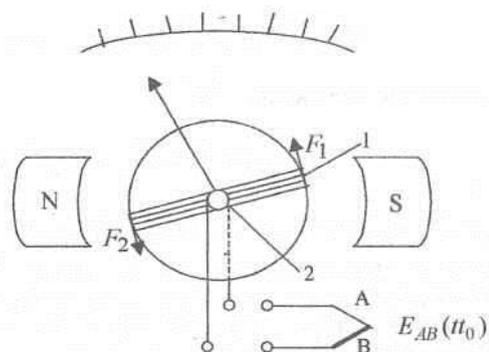


Рис.3. Принципиальная схема милливольтметра

Принцип действия милливольтметров основан на взаимодействии проводника (рамки), по которому протекает электрический ток, и магнитного поля постоянного магнита. Рамка 1, выполненная из нескольких сотен последовательных витков тонкой изолированной проволоки (медной, алюминиевой), помещается в магнитное поле постоянного магнита. При этом рамка имеет возможность поворачиваться на некоторый угол. Для формирования равномерного радиального магнитного потока служит цилиндрический сердечник 2. При прохождении тока по рамке возникают силы F_1 и F_2 направленные в разные стороны и стремящиеся повернуть рамку вокруг оси. Сила тока в цепи:

$$I = \frac{E_{AB}(t_0)}{R_M + R_m + R_{np}}$$

где

$E_{AB}(t_0)$ -термоЭДС;(табл.1.)

R_M - сопротивление милливольтметра;(0,1Ом)

R_m - сопротивление термопары;(0,12Ом)

R_{np} - сопротивление соединительных проводов(0, 001Ом)

Контрольные вопросы

1. Какие измерительные приборы используются в комплекте с термопарами?
2. В чем основные достоинства термопар?
3. От чего может возникнуть погрешность измерения с помощью термопар?

Таблица 1

Вариант	Материал	Термо-эдс, мВ
1	Кремний	+4,4
2	Сурьма	+4,7
3	Хромель	+2,4
4	Нихром	+2,2
5	Железо	+1,8
6	Сплав	+1,3
7	Молибден	+1,2
8	Кадмий	+0,9
9	Вольфрам	+0,8
10	Манганин	+0,76

Практическая работа №4

«Определите погрешности в показаниях приборов»

Цель работы

1. Закрепление теоретических знаний и приобретение навыков работы с различными измерительными устройствами
2. Определить погрешности в показаниях приборов

Оформление практической работы и порядок ее сдачи

1. Работа выполняется в тетради
2. Заполнить таблицу 1
3. По завершению работы все полученные данные заносятся в тетрадь
4. Выполненная работа сдается для проверки преподавателю
5. Работа считается зачтенной, если она выполнена правильно, аккуратно оформлена, а также обучающийся ответил на контрольные вопросы

Теоретическая часть

Показания измерительного прибора $x_{и}$ не совпадают с действительным значением измеряемой величины $x_{д}$.

Разность $x_{д} - x_{и} = \Delta$ называется **абсолютной погрешностью измерений**. Она имеет знак, размерность и может характеризовать точность измерений одной и той же физической величины, но не может быть мерой сравнения точности измерений разных физических величин (нельзя определить, какие измерения более точны: измерения температуры с погрешностью ± 1 °С или уровня с погрешностью ± 10 мм).

Для сравнения точности измерения различных физических величин вводится понятие относительной погрешности. **Относительная погрешность** δ , %-это отношение абсолютной погрешности Δ к действительному значению измеряемой величины $x_{д}$, взятое по абсолютной величине:

$$\delta = \left| \frac{\Delta}{x_{д}} \right| 100.$$

С помощью относительной погрешности можно сравнивать точность измерений различных физических величин, так как она не имеет размерности и знака.

Однако на сравнительную оценку точности измерений оказывает влияние также значение измеряемой величины $x_{д}$. Можно предположить, что измерения температуры $t_{и} = 5$ °С с погрешностью $\Delta = \pm 0,5$ °С менее точные, чем измерения температуры $t_{д} = 1000$ °С с погрешностью $\Delta = \pm 1$ °С.

Для оценки точности работы прибора с учетом значения измеряемой

величины, вводится понятие **относительной приведенной погрешности**. Это отношение абсолютной погрешности к диапазону шкалы прибора, взятое по абсолютной величине, %:

$$\gamma = \left| \frac{\Delta}{N} \right| 100.$$

Диапазоном шкалы прибора N называется разность между максимальным значением измеряемой величины по шкале прибора $X_{\text{итак}}$ минимальным значением X_{Hmin}

$$N = X_{\text{итак}} - X_{\text{Hmin}}.$$

Относительная приведенная погрешность (в большинстве случаев) определяет основную метрологическую характеристику прибора — **класс точности**

$$K = \gamma.$$

Класс точности прибора всегда указывается на шкале, иногда в виде цифры, обведенной кружком, например (ГЦ), чем он меньше, тем выше класс точности прибора.

Таким образом, глядя на шкалу прибора, можно определить максимально допустимую погрешность измерений (при условии, что прибор исправен) по формуле

$$\pm \Delta = \frac{KN}{100}.$$

Чувствительность прибора. Чувствительностью называют предел отношения изменения выходной величины прибора Δy к изменению входной величины Δx при условии, что последняя стремится к нулю:

$$s = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x}.$$

Для стрелочного показывающего прибора выходной величиной Δy является перемещение стрелки по шкале, а входной Δx -изменение измеряемой величины x_d . Очевидно, чем больше s , тем более точно визуально можно отсчитывать показания прибора.

Порог чувствительности. Порогом чувствительности Δs называется минимальное изменение входной величины Δx , которое вызывает изменение выходной величины y , или максимальное изменение входной величины Δx , которое не вызывает изменение выходной величины y . Чем порог чувствительности ниже, тем точность измерений выше.

Инерционность. Инерционностью T называется продолжительность изменения выходной величины прибора y от минимального до

максимального значения (для стрелочного прибора — продолжительность прохождения стрелки от минимальной отметки шкалы до максимальной) при мгновенном изменении входной величины x_d , измеряемой от минимального значения до максимального по шкале прибора. Чем больше инерционность, тем больше продолжительность измерения прибором.

Вариация- это наибольшая разность показаний прибора при одном и том же значении измеряемой величины x_d при ее увеличении и уменьшении. Причинами вариации являются трение в опорах подвижных частей измерительного механизма, люфты в зазорах передаточных звеньев и др. Очевидно, большая вариация показаний отрицательно сказывается на точности измерений.

В зависимости от причин появления погрешности бывают: систематические -постоянные или изменяющиеся по определенному закону, происхождение и характер которых известны;

грубыми погрешностями или промахами называются погрешности, которые явно искажают результат измерения;

случайные, которые не подчиняются какой либо известной зависимости.

Контрольные вопросы

1. Какая погрешность измерений определяет разность между действительным значением измеряемой величины и ее измеренным значением
2. В каких методах измерений для определения измеряемой величины используется математические вычисления
3. Что называется погрешностью?
4. Какие существуют погрешности?
5. В зависимости от причин появления, какие погрешности бывают?
6. Что такое вариация?

Таблица 1

№	Абсолютная погрешность	Относительная погрешность	Приведенная погрешность	Класс точности прибора

Практическая работа №5 «Выбор приборов для измерения давления»

Цель работы

1. Закрепление теоретических знаний
2. Выбрать приборы для измерения давления

Оформление практической работы и порядок ее сдачи

1. Работа выполняется в тетради
2. Нарисовать манометр (рис.1)
3. Выполненная работа сдается для проверки преподавателю
4. Работа считается зачтенной, если она выполнена правильно, аккуратно оформлена, а также обучающийся ответил на контрольные вопросы

Теоретическая сведения

Давление является одним из важнейших параметров технологических процессов. Под давлением в общем случае понимают предел отношения нормальной составляющей силы к площади, на которую действует сила. За единицу давления в международной системе единиц (СИ) принят Паскаль (ПА). Одна ко до настоящего времени используют такие внесистемные единицы: кгс/см², мм вод.ст., мм рт.ст. и бар. Между этими единицами и Паскалем имеют место следующие соотношения: 1 кгс/см² = 98066,5 Па; 1 мм вод.ст. = 9,80665 Па; 1 мм рт.ст. = 133,322 Па, 1 бар. = 105 Па.

В промышленной практике измерения давления и разности давлений широкое применение получили деформационные (с упругим чувствительным элементом) приборы. В этих приборах давление определяется по деформации упругих чувствительных элементов или по развиваемой ими силе, которые преобразуются с помощью передаточных механизмов в угловое или линейное перемещение указателя по шкале прибора. В качестве упругих элементов используются трубчатые пружины, мембраны, мембранные коробки и сильфоны. Манометры с трубчатой пружиной – один из наиболее распространенных видов деформационных приборов (рис.1).

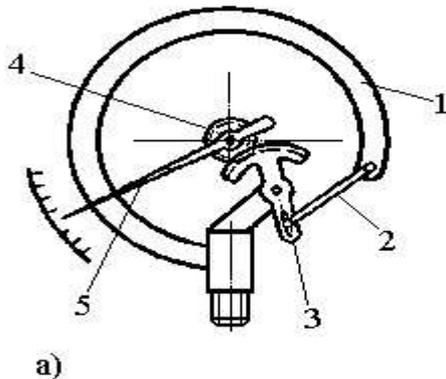


Рис.1 Показывающий трубчатый манометр: 1 – трубчатая пружина; 2 – тяга (поводок); 3 – зубчатый сектор; 4 – трибка; 5 – стрелка

Чувствительным элементом манометра является трубчатая пружина, представляющая собой трубку овального или эллиптического сечения, изогнутую в виде дуги окружности с центральным углом 180-270 ° . Открытым концом трубка через ниппель присоединяется к источнику измеряемого давления. Свободный (запаянный) конец трубки через тягу поворачивает зубчатый сектор, который посредством зубчатого зацепления приводит во вращение трибку с закрепленной на ней стрелкой . Соответственно величина перемещения свободного конца чувствительного элемента преобразуется в перемещение стрелки.

Манометры должны подвергаться периодической проверке, особенно пружинные приборы, изменения показаний которых наиболее часты.

В эксплуатационных и лабораторных условиях манометры проверяют следующими тремя способами: проверка нулевой точки, проверка рабочей точки, полная проверка

При этом две первые проверки производят непосредственно на рабочем месте с помощью трехходового крана

Контрольные вопросы

1. В каких единицах измеряется давление?
2. Какие существуют способы измерения давления?
3. Как выбрать шкалу манометра (верхний предел) измерения для измерения постоянного и переменного давления?
4. Каково назначение спиральной пружины в передаточном механизме манометра с трубчатой пружиной?
5. Какие способы проверки манометров с трубчатой пружиной наиболее часто используются в промышленных условиях?
6. Поясните физический закон, положенный в основу принципа действия жидкостных приборов измерения давления?
7. Манометрические пружины имеют различные размеры сечения и различные первоначальные углы закручивания. Коэффициент преобразования какой из трубчатых пружин будет наибольшим?

Практическая работа №6 «Измерение давления в гермокамере»

Цель работы

Закрепление теоретических знаний и приобретение навыков работы с приборами для измерения давления

Оформление практической работы и порядок ее сдачи

1. Работа выполняется в тетради
2. Начертить устройства применяемые в термокамере для измерения давления
3. Выполненная работа сдается для проверки преподавателю
4. Работа считается зачтенной, если она выполнена правильно, аккуратно оформлена, а также обучающийся ответил на контрольные вопросы

Теоретические сведения

Термические отделения современных мясоперерабатывающих заводов оснащены высокопроизводительным оборудованием для тепловой обработки колбасных изделий. На большинстве предприятий используют универсальные термокамеры, в которых осуществляется полный цикл термической обработки колбасных изделий.

Автоматизация термической обработки колбасных изделий заключается в постоянном контроле различных параметров технологического процесса, в том числе давления рис. 1

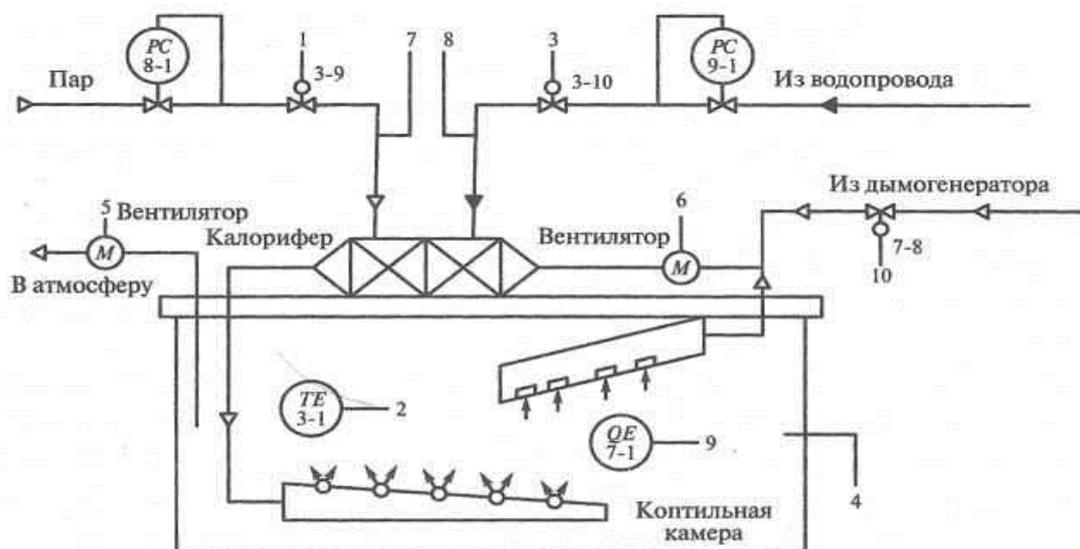


Рис.1 Схема технологического процесса тепловой обработки колбас

На приведенной схеме предусматривается контроль и регулирование давления. Контроль давления пара осуществляется манометром (5-1), а регулирование давления пара и воды в трубопроводах регулятором (8-1, 9-1)

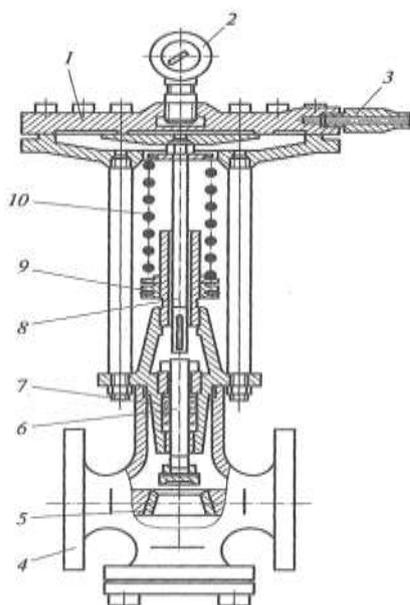


Рис.2. Регулятор давления прямого действия

Регулирующее устройство давления (рис.2.) предназначено для поддержания заданного давления пара, воды, воздуха и других сред. Регулятор состоит из корпуса 4 с седлом 5, исполнительного устройства, включающего золотник 6 с клапаном, жестко прикрепленный к свободному концу штока 8 и уплотненный сальником 7, устройства настройки 9, пружины 10, узла мембраны 1. Над мембранная полость регулятора соединяется с помощью штуцера 3 с трубопроводом «после себя», в котором регулятор поддерживает заданное давление. Когда контролируемое давление равно заданному, усилие, действующее на мембрану, равно усилию сопротивления, создаваемому пружиной 10, и подвижная система находится в равновесном состоянии. При отклонении давления от заданного (например, при повышении давления) развиваемое усилие будет возрастать. Мембрана прогнется вниз и переместит шток 8 и золотник 6. Клапан прикроет проходное сечение, в результате чего давление в трубопроводе будет понижаться до заданного значения, при этом подвижная система регулятора примет новое равновесное положение. Регулятор настраивается с помощью устройства 9 путем изменения натяжения пружины 10. Манометром контролируют настройку. Диапазон настройки регулятора 0,2..1 и 0,63... 2,5 кгс/см², давление среды 16 кгс/см², зона пропорциональности 20 % от верхнего предела диапазона настройки, зона нечувствительности 2,5 % от верхнего предела диапазона настройки

Таблица – Регулирование температуры

Позиция	Контролируемый параметр	Заданное значение	Точность
	Температура		$\pm 1^{\circ}\text{C}$

Контрольные вопросы

1. Для каких технологических процессов используются универсальные термокамеры?
2. С помощью каких приборов контролируется давление в термокамере?
3. С помощью каких регуляторов регулируется давление в термокамере?
4. Регулирующее устройство в термокамере, предназначено для каких целей?
5. Устройство и принцип работы регулирующего устройства
6. Для термокамеры, регулирующее устройство какого диапазона можно выбрать?

Практическая работа №7

«Графическое изображение приборов учета»

Цель работы

1. Описание приборов учета для контроля расхода жидкости
2. Закрепление теоретических знаний

Оформление практической работы и порядок ее сдачи

1. Работа выполняется в тетради.
2. Начертить схемы расходомеров (рис.1 и рис.2.)
3. Рассчитать расход жидкости для расходомера переменного перепада давления и для ротаметра.
4. Выполненная работа сдается для проверки преподавателю.
5. Работа считается зачтенной, если она выполнена правильно, аккуратно оформлена, а также обучающийся ответил на контрольные вопросы

Теоретическая часть

Основные сведения об изменении расхода вещества

Измерение расхода и массы веществ (жидких, газообразных, сыпучих, твердых, паров и т. п.) широко применяется при контроле, регулировании и управлении технологическими процессами. В пищевой 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 м³/с (м³/ч и т. д.), а массовый - в кг/с (кг/ч, т/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 пищевой промышленности, по принципу действия разделяются на следующие основные группы: переменного перепада давления; обтекания постоянного перепада давления; тахометрические; электромагнитные; переменного уровня; тепловые; вихревые; акустические.

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

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 расход мерного 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. Измерительная диафрагма представляет собой диск, установленный так, что центр его лежит на оси трубопровода (рис.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 $p_{\text{пот}}$.

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.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. рис 1

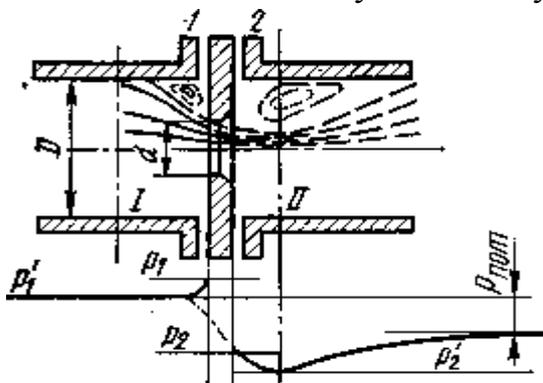


Рис.1. Схема сужающего устройства расходомера

$$Q = \alpha \varepsilon F_0 \sqrt{(2/\rho) \Delta p},$$

Где

α - коэффициент расхода, зависящий от геометрической формы сужающего устройства и физических свойств измеряемой среды;

ε -поправочный коэффициент, учитывающий влияние сжимаемости измеряемой среды при прохождении потока через сужающее устройство (для жидкостей $\varepsilon = 1$);

F_0 - площадь проходного сечения сужающего устройства, м²;

ρ - плотность измеряемой среды, кг/м³;

Δp — перепад давления, Па.

Расходомеры постоянного перепада давления(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) 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),

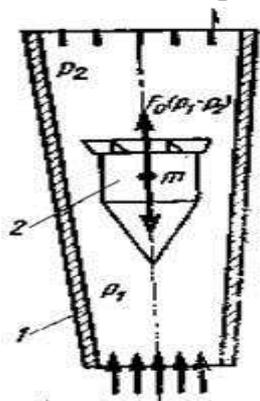


Рис.2. Стеклоанный ротаметр

$$Q = \alpha(S_T - S_{II})\sqrt{(2/\rho)\Delta p},$$

где

S_T - площадь поперечного сечения трубки, соответствующая подъему поплавка на определенную высоту

S_{II} - площадь поперечного сечения поплавка

Контрольные вопросы

1. С помощью каких устройств определяется расход жидкости
2. Что такое расход жидкости?
3. Какие виды расходов вы знаете?
4. Единицы измерения расхода жидкости?
5. Опишите устройство и принцип работы расходомера переменного перепада давления
6. Опишите устройство и принцип работы ротаметра
7. Что такое диафрагма Вентури и где ее используют?

Практическая работа №8

«Изображение структурной схемы поплавкового уровнемера»

Цель работы

Описать структурную схему поплавкового уровнемера

Закрепление теоретических знаний и приобретение навыков расчета емкости преобразователя.

Оформление практической работы и порядок ее сдачи

1. Работа выполняется в тетради
2. Рассчитать емкость преобразователя и заполнить таблицу 1.
3. Выполненная работа сдается для проверки преподавателю
4. Работа считается зачтенной, если она выполнена правильно, аккуратно оформлена

Теоретические сведения

Современные средства для измерения уровня разделяются на две группы:

1. уровнемеры, обеспечивающие получение непрерывной информации о положении уровня в контролируемой емкости в любой момент времени;
2. сигнализаторы, обеспечивающие получение информации о достижении уровнем каких-либо фиксированных значений, определяемых местом установки их чувствительных элементов.

По принципу действия средства измерения уровня бывают:

- механические;
- электрические;
- гидростатические;
- акустические;
- радиоизотопные.

Рассмотрим устройство и принцип действия поплавкового (рис. 1) и емкостного (рис. 2) уровнемеров.

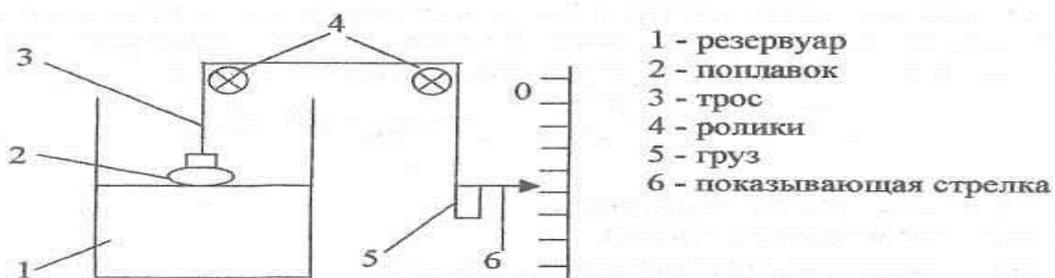


Рисунок 1.

Структурная схема поплавкового уровнемера.

Поплавковый уровнемер относится к группе механических

уровнемеров, которые широко применяются благодаря простоте устройства, надежности и низкой стоимости. Поплавковые датчики основаны на преобразовании изменения положения уровня контролируемого продукта, содержащегося в резервуаре, в перемещении плавающего поплавка. Перемещение поплавка с помощью, соответствующего механизма или системы дистанционной передачи (механической, пневматической, электрической) передается измерительному прибору. Простейшим является механизм передачи посредством гибкого троса и роликов. К одному концу троса подвешивают поплавок, а к другому - противовес (груз), к которому прикреплена стрелка, передвигающаяся по шкале и показывающая положение уровня в единицах длины.

Поплавковым датчики можно контролировать также уровень раздела несмешивающихся сред при заметном различии их плотности.

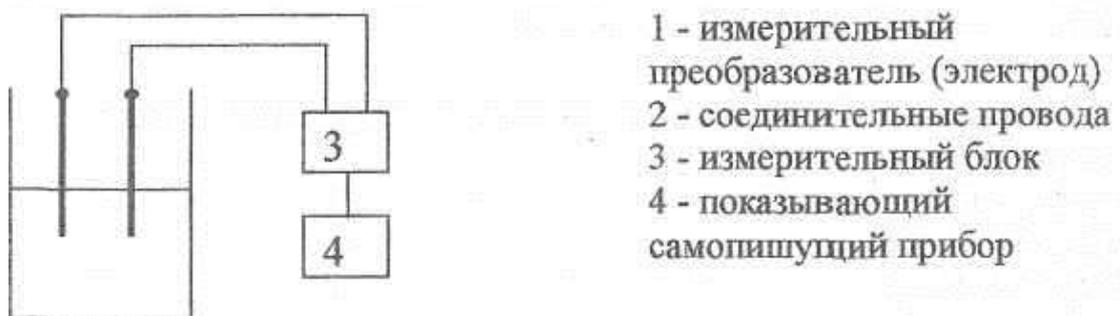


Рисунок 2. Структурная схема емкостного уровнемера

Изменение уровня измеряемой среды приводит к изменению его и в межэлектродном пространстве датчика, что вызывает изменение емкости преобразователя, которая может быть выражена следующей формулой:

$$C_n = \left[0,088 \cdot \frac{b}{a} \right] \cdot \left[\epsilon_{ж} \cdot h + \epsilon_{cp} \cdot (H - h) \right],$$

где

b - ширина пластины преобразователя, м.; (см справочник)

a - расстояние между пластинами, м;

$\epsilon_{ж}$ - диэлектрическая проницаемость жидкости;

h - измеряемая высота уровня, м;

ϵ_{cp} - диэлектрическая проницаемость среды (для воздуха $\epsilon_g = 1$);

H - высота(длина)пластин, м

Емкостной датчик устанавливается на крышке резервуара электродами во внутрь объекта. Датчик соединен с измерительным блоком, в котором емкость

датчика преобразуется в сигнал постоянного тока, выдаваемый на указатель уровня. В качестве указателей уровня используются щитовые милливольтметры и автоматические потенциометры, шкалы которых отградуированы в единицах уровня.

Различают два типа емкостных датчиков. Первый тип для неэлектропроводящих продуктов (масло и др.). В этом случае в качестве электродов применяют стержни или пластины из соответствующей нержавеющей стали. Второй тип для электропроводящих продуктов (молоко и его продукты), в качестве электродов применяют металлические стержни или пластины, покрытые электроизоляционным материалом (фторопласт -4 и др.)

Емкостные датчики непригодны для контроля уровня вязких продуктов (из-за их налипания на электродах), а также жидкостей, характеризующихся пенообразованием.

Емкостные сигнализаторы уровня выпускают с одним (однопредельным), двумя (двух предельными) и тремя (трех предельными) датчиками. Двух предельные датчики служат для сигнализации верхнего и нижнего уровней продукта, а трех предельные - также для сигнализации промежуточного или аварийного уровня (выше верхнего). Обычно сигнализаторы имеют электрический выход для дистанционной передачи сигналов. При необходимости иметь пневматический выход применяют специальные пневматические приставки - преобразователи сигналов.

Контрольные вопросы

1. Как классифицируются приборы для контроля уровня?
2. Какая измерительная схема используется в поплавковом сигнализаторе уровня?
3. От какой величины зависит чувствительность приборов?
4. Какая структурная схема используется в емкостном уровнемере?

Таблица 1

№	C -емкость преобразователя	b - ширина пластины преобразователя, m ;	a -расстояние между пластинами, m ;	$\epsilon_{ж}$ -диэлектрическая проницаемость жидкости	h -измеряемая высота уровня, m ;	H - высота (длина) пластин, m

Практическая работа №9

«Определение массового и объемного расхода жидкости»

Цель работы

Рассчитать массовый и объемный расход жидкости для приборов жидкости.

Оформление практической работы и порядок ее сдачи

1. Работа выполняется в тетради
2. Рассчитать массовый и объемный расход жидкости.
3. Начертить конструкцию шестеренного счетчика
4. Работа считается зачтенной, если она выполнена правильно, аккуратно оформлена

Теоретические сведения

Нередко возникает необходимость определить количество жидкости или газа, которое проходит через определенную площадь. Скорость, с которой жидкость течет через это пространство, можно измерять с помощью различных величин, например массы, скорости, или объема.

Для измерения объемного расхода потока жидкости или газа чаще всего используют **расходомеры**.

Свойства расходомеров отличаются в зависимости от их назначения и некоторых других факторов. Один из важных факторов который следует учитывать при выборе расходомера - среда, в которой он будет использоваться. Детали расходомера, которые находятся в прямом контакте со средой, изготавливают из стойких материалов, чтобы повысить их срок службы. В некоторых конструкциях расходомеров датчик не соприкасается со средой, что приводит к увеличению его долговечности. Кроме этого, свойства расходомера зависят от вязкости жидкости - некоторые расходомеры теряют точность или вообще перестают работать, если жидкость слишком вязкая. Важное значение также имеет постоянство потока жидкости - некоторые расходомеры перестают нормально работать в среде с переменным потоком жидкости.

Помимо среды, в которой будет использоваться расходомер, при приобретении необходимо также принять во внимание его точность. В некоторых случаях допускают очень низкий процент ошибки, например 1% или ниже. В других случаях требования к точности могут быть не столь высокими. Чем точнее расходомер, тем выше его стоимость, поэтому обычно выбирают расходомер с точностью не намного выше требуемой.

Также не стоит забывать, что некоторые расходомеры понижают давление в системе. Поэтому необходимо убедиться, что это понижение давления не вызовет проблем.

Объемные расходомеры

Объемные расходомеры состоят из коллекторной камеры, через которую течет жидкость. Когда камера заполнена до отказа, выход жидкости из нее временно блокируется, после чего жидкость свободно вытекает из камеры. Чтобы определить объемный расход измеряют либо время, которое необходимо, чтобы заполнить до отказа камеру, либо сколько раз камера была заполнена за определенное время. Объем камеры известен и остается неизменным, поэтому объемный расход легко можно найти, используя эту информацию. Чем быстрее камера заполняется жидкостью, тем выше объемный расход.

Вращающиеся механизмы на основе роторов, шестерен, поршней, а также колеблющихся или нитрующих дисков, используют для того, чтобы помочь жидкости проникнуть в камеру, а также блокировать выход этой жидкости из камеры.

Шестеренчатый счетчик(Рис.1.) состоит из измерительной камеры с овальными шестернями, магнитной муфты, передаточного механизма и счетной головки, включающей суммирующий механизм, стрелочный указатель на нуль. Корпус счетчика **10** представляет собой стальную отливку с подводящим и отводящим патрубками и фланцами для подсоединения к трубопроводу. В корпусе размещена измерительная камера **9**, в заднюю крышку **7** которой запрессованы две оси **6** из нержавеющей стали. На них насажены овальные шестерни **8**, находящиеся в зацеплении и при вращении взаимно обкатывающие друг друга. В торце одной из шестерен помещен хвостовик **11** с зубчатым колесом **13**, передающим вращение на радиальную магнитную муфту **14**. Магнитная муфта состоит из постоянного магнита, выполненного в форме скобы **2**, и стального сердечника **3**, укрепленного на оси передаточного механизма счетной головки и расположенного между полюсами магнита скобы. Между скобой и сердечником помещается немагнитная перегородка **4**. При вращении скоба силой магнитного притяжения увлекает за собой стальной сердечник, который через ось и передаточный механизм передает вращение на ось счетной головки. Крышка счетчика **5** так же, как и корпус, представляет собой стальную отливку, в которой крепятся радиальная магнитная муфта и плата **16** с передаточным механизмом **17**. Крышка крепится к корпусу **10** шпильками **12** и уплотняется прокладкой **5**. Суммирующий механизм счетной головки состоит из стрелочного счетного указателя **1** и пяти роликов **18** роликового счетного указателя, размещенных на одной оси и связанных между собой трубками. Стрелочный указатель показывает текущее значение расхода жидкости, роликовый счетный указатель учитывает общее количество прошедшей через счетчик жидкости

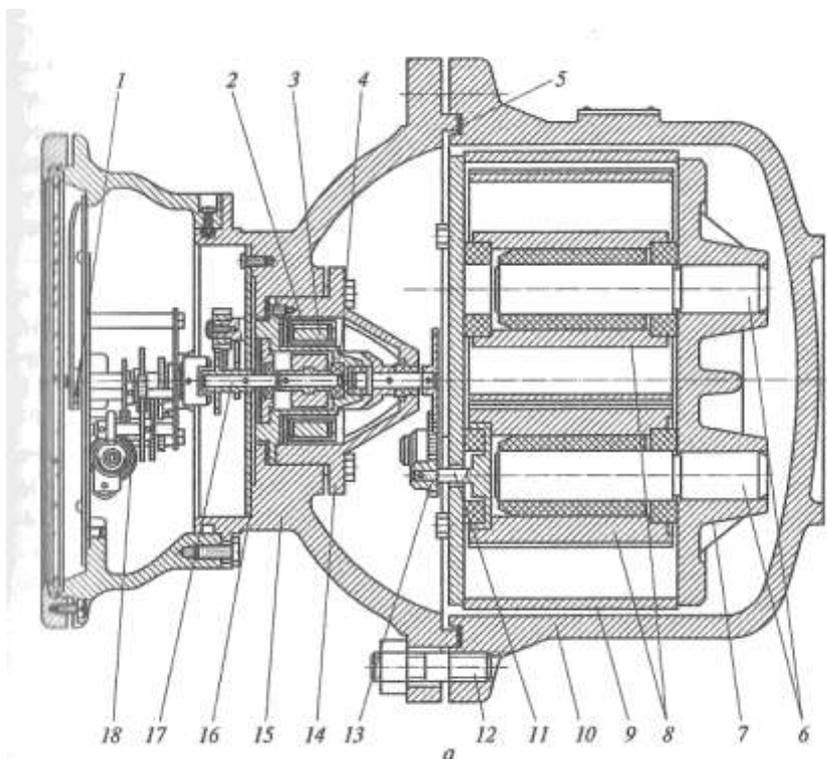


Рис.1. Шестеренчатый счетчик

На рис.2 показан принцип действия счетчика. Проходя через счетчик, поток жидкости теряет часть своей энергии на вращение овальных колес. В зависимости от расположения колес относительно входа потока жидкости каждое из них является поочередно то ведущим, то ведомым. При вращении овальных колес периодически отсекается определенный объем жидкости, ограниченный овалом измерительной камеры. За один оборот колеса отсекаются четыре определенных объема жидкости, которые в сумме равны свободному объему измерительной камеры счетчика.

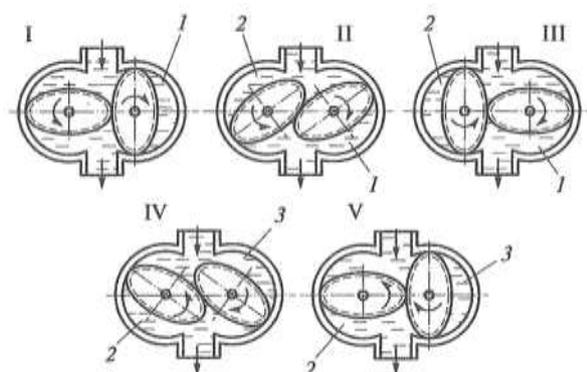


Рис.2. Принцип действия шестеренчатого счетчика

Количество жидкости, прошедшее через счетчик, определяется по количеству оборотов овальных колес. В положении I жидкость вращает правое колесо по часовой стрелке, а правое колесо вращает левое против часовой стрелки. В этом положении правое колесо отсекает определенный объем **1** жидкости. В положении II левое колесо заканчивает отсечение нового объема **2** жидкости, а

правое выталкивает ранее отсеченный объем **1** жидкости в выходной патрубков счетчика. В этом положении крутящий момент передается на оба колеса.

В положении III ведущим будет уже левое колесо, которое к этому времени уже отсекает объем **2**. Оно вращает правое колесо по часовой стрелке.

Дальнейшее вращение шестерен протекает аналогично (положения IV и V), с соответствующими объемами **2** и **3** жидкости.

Массовый расход — масса вещества, которая проходит через заданную площадь поперечного сечения потока за единицу времени.

Измеряется в единицах массы за единицу времени, в системе единиц СИ выражается в килограммах за секунду (кг/с). Обычно обозначается Q_M или \dot{m} .

Понятие расхода используется для характеристики потоков таких сред, как: газы, жидкости, сыпучие вещества и газопылевые смеси.

Для расчёта расходов используют значения средней скорости потока как усреднённой характеристики интенсивности протекания вещества. *Средней скоростью потока* в данном сечении называется такая одинаковая для всех точек сечения потока скорость движения вещества, при которой через это сечение проходит тот же расход, что и при действительном распределении скоростей движения вещества.

$$Q = \alpha \varepsilon F_0 \sqrt{(2/\rho) \Delta p},$$

α - коэффициент расхода (приложение 3)

ε - поправочный коэффициент, учитывающий влияние сжимаемости измеряемой среды при прохождении потока через сужающее устройство (для жидкостей $\varepsilon = 1$);

F_0 - площадь проходного сечения устройства, м²;

ρ - плотность измеряемой среды, кг/м³;

Δp — перепад давления, Па.

Таблица 1

Допустимое объемное относительное содержание примесей в измеряемой среде

Измеряемая среда	Примесь	$\eta = V_{п} / V_{и.с.}$
Газ	Жидкость	$\leq 0,05 \frac{\rho}{\rho_n}$
	Твердое тело	
Жидкость	Газ	$\leq \frac{0,003}{1 - \frac{\rho_n}{\rho}}$
	Твердое тело	$\leq \frac{0,03}{\left \frac{\rho_n}{\rho} - 1 \right }$, но не более 0,0015

В таблице: $V_{п}$ - объем примеси; $V_{и.с.}$ - объем измеряемой среды.

Практическая работа №10

«Принцип регулирования по отклонению»

Цель работы

Закрепление теоретических знаний и приобретение навыков при анализе систем автоматического регулирования по отклонению

Оформление практической работы и порядок ее сдачи

1. Работа выполняется в тетради
2. Нарисовать структурную схему систем с обратной связью.
3. Нарисовать схему САР по отклонению
4. Ответить письменно на контрольные вопросы
5. Выполненная работа сдается для проверки преподавателю
6. Работа считается зачтенной, если она выполнена правильно, аккуратно оформлена

Теоретическая часть

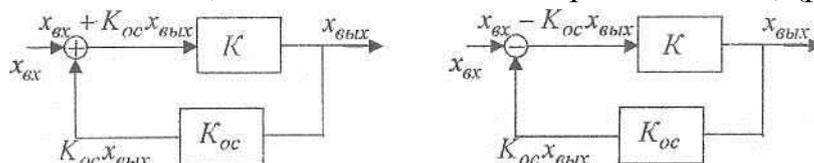
Состояние системы автоматического регулирования (САР) и ее элементов в установившемся режиме, то есть при постоянных значениях управляющего и выходного сигнала изучает статика.

Отдельный элемент САР, составляющий контур регулирования, называется звеном.

Исходной величиной статического расчета является статическая характеристика - функциональная зависимость между входными и выходными сигналами в установившемся режиме.

По виду статических характеристик звенья бывают:
линейные, имеющие линейную зависимость между входными и выходными сигналами;
астатические, у которых отсутствует какая-либо связь между входным и выходным сигналом (характеристиками астатических звеньев служат функциональные зависимости между производной выходной координаты и входным параметром);
нелинейные, у которых нелинейная зависимость между входным и выходным сигналами.

Статические характеристики могут быть изменены путем введения обратных связей. Обратная связь - это когда часть выходной координаты звена возвращается на вход, усиливая или ослабляя действие входной координаты. Если действие входной координаты усиливается, то связь называется положительной, если ослабляется - отрицательной, (рис. 1)



а) положительная б) отрицательная
Рис.1 Структурные схемы систем с обратной связью

K, K_{oc} - передаточные коэффициенты звеньев, выражают отношение $x_{вых}$ к

В системах регулирования по отклонению регулирующее воздействие вводится при отклонении регулируемого параметра от заданного значения независимого от вида возмущения и места их возникновения. В этом отношении такие системы универсальны, но они имеют недостаток: действие системы начинается лишь при наличии отклонения регулируемого параметра, следовательно, обеспечить точное поддержание его на заданном значении невозможно. Системы, работающие по данному принципу, являются замкнутыми системами автоматического регулирования с отрицательной обратной связью.

Примером САР по отклонению может служить автоматическая система регулирования температуры в пастеризационно-охладительных установках типа ОПУ (рис.2). Температура продукта, выходящего из секции пастеризации 1, измеряется термометром Т. При отклонении ее от заданного значения регулирующее устройство РУ с помощью рабочего органа РО соответственно изменяет подачу пара в инжектор 2, в результате изменяется температура горячей воды, подаваемой в секцию пастеризации, чем обеспечивается требуемая температура пастеризации продукта

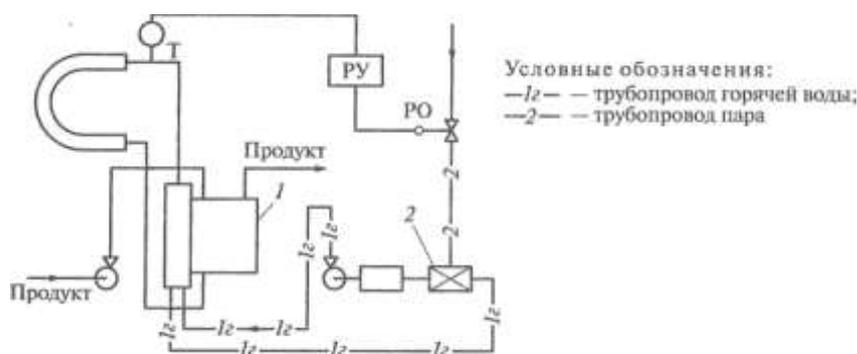


Рис.2.Схема САР по отклонению:
1-секция пастеризации;2- инжектор

Контрольные вопросы

1. Какой раздел автоматизации изучает состояние САР?
2. Какой принцип регулирования используется в САР, если воздействие на объект вводится при отклонении регулируемого параметра?
3. Функциональная зависимость между входным и выходным сигналом в установившемся режиме устанавливается в ходе какого расчета?
4. Виды статических характеристик.
5. Отдельный элемент САР.
6. Что называется обратной связью?
7. Виды обратной связи

Практическая работа №11 «Принцип регулирования по возмущению»

Цель работы

Закрепление теоретических знаний и приобретение навыков при анализе систем автоматического регулирования по возмущению

Оформление практической работы и порядок ее сдачи

1. Работа выполняется в тетради
2. Нарисовать схему САР по возмущению(рис.1.)
3. Ответить письменно на контрольные вопросы
4. Выполненная работа сдается для проверки преподавателю
5. Работа считается зачтенной, если она выполнена правильно, аккуратно оформлена

Теоретическая часть

Системы регулирования по возмущению основаны на том, что регулирующее воздействие регулятора направлено на компенсацию возмущения по месту его возникновения на входе объекта, обеспечивая таким образом стабилизацию его входных параметров. Так как в большинстве случаев в системах автоматического регулирования по возмущению происходит изменение нескольких параметров, то возникает необходимость установки соответствующего числа регулирующих автоматических устройств, что усложняет и удорожает систему. Кроме того, автоматические системы регулирования по возмущению не компенсируют возможные внутренние возмущения, которые, как известно, могут также вызвать отклонение параметров на выходе из объекта. Этот факт - существенный недостаток САР по возмущению. Автоматические системы регулирования по возмущению являются разомкнутыми системами. Примером САР по возмущению может служить автоматическая система регулирования температуры жиросодержащего сырья в теплообменнике в линии обработки мягкого сырья (рис.1). Жиросодержащее сырье из емкости для промежуточного хранения **3** подается насосом **2** в теплообменник **1**, где нагревается до температуры 90... 135 °С и затем подается на центрифугу. Заданная температура нагрева сырья в теплообменнике обеспечивается регулятором, включающим термометр **T**, регулирующее устройство **РУ**, рабочий орган **РО**. При изменении температуры сырья на входе в теплообменник сигнал от термометра **T** поступает на регулирующее устройство **РУ**, которое, воздействуя на рабочий орган **РО**, изменяет соответственно подачу пара в теплообменник, чем обеспечивается заданное значение температуры жиросырья на выходе из теплообменника.

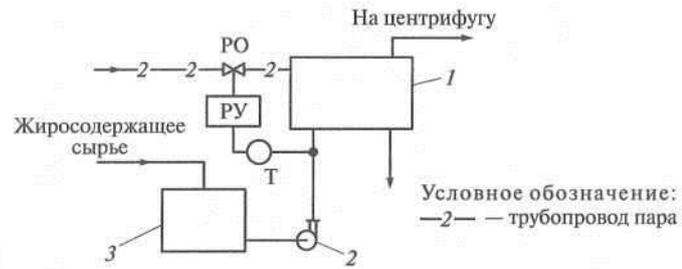


Рис.1.Схема САР по возмущению:
1-теплообменник; 2-насос;3-емкость

Контрольные вопросы

1. На каком принципе основана работа системы регулирования по возмущению?
2. Недостатки САР по возмущению
3. С помощью каких устройств, обеспечивается заданная температура сырья?
4. Зачем нужна полная автоматизация процесса?

Практическая работа №12

«Показатели качества процесса регулирования»

Цель работы

Закрепление теоретических знаний и приобретение навыков в анализе показателей качества процесса регулирования

Оформление практической работы и порядок ее сдачи

1. Работа выполняется в тетради
2. Изобразить показатели качества процесса регулирования (рис.1) и заполнить таблицу 1 .
3. Ответить письменно на контрольные вопросы
4. Выполненная работа сдается для проверки преподавателю
5. Работа считается зачтенной, если она выполнена правильно, аккуратно оформлена

Теоретическая часть

Для различных систем регулирования важен характер затухания переходного процесса. Так, затухание переходного процесса может происходить медленно или быстро: медленно значит система долго выходит на новый установившийся режим, т. е. она обладает недостаточным быстродействием и, следовательно, применение ее ограничено; если затухание переходного процесса в САР происходит быстро, то система обладает высокой степенью работоспособности. Переходный процесс может быть с большим или малым отклонением регулируемого параметра от заданного значения. Следовательно, устойчивость — необходимое, но недостаточное условие работоспособности САР. Достаточным условием является качество процесса регулирования, которое оценивается по форме переходного процесса, полученного в результате единичного скачкообразного возмущения АУ, относительно его номинального значения $Q_{ном}$ (рис. 1, а).

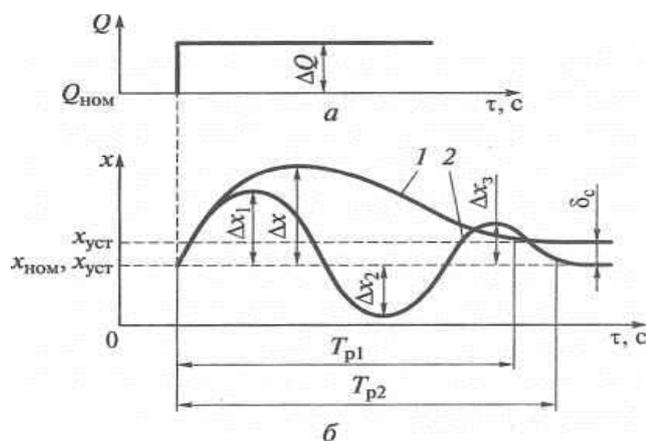


Рис. 1. Показатели качества переходных процессов САР:

а — график скачкообразного возмущающего воздействия:

б — переходные процессы

Основными показателями качества процесса регулирования являются: продолжительность регулирования, перерегулирование, степень затухания, статическая ошибка, максимальное динамическое отклонение параметра (рис. 1, б).

Продолжительность регулирования T_p это длительность переходного процесса с момента отклонения регулируемой величины от заданного значения до момента возвращения ее регулятором к заданному значению или новому установившемуся значению с заданной точностью.

Практически считают, что переходный процесс заканчивается тогда, когда отклонение регулируемой величины $x(t)$ от нового установившегося значения $x_{уст}$ не будет превышать допустимых пределов ϵ .

Обычно принимают $\epsilon = (0,03 \dots 0,05)x_{уст}$ (кривая 1).

Продолжительность регулирования характеризует быстрдействие системы.

Перерегулированием δ называется отношение амплитуды второй полуволны Δx_2 колебательного переходного процесса к амплитуде колебаний в первом периоде Δx_1 (кривая 2), выраженное в процентах: $\delta = (\Delta x_2 / \Delta x_1) \cdot 100$.

Колебательность переходного процесса регулирования характеризуется степенью затухания.

Степень затухания k -отношение разности между положительными амплитудами первого и второго периодов колебательного процесса к величине амплитуды первого периода колебаний (кривая 2), выраженное в процентах:

$$k = [(\Delta x_1 - \Delta x_2) / \Delta x_1] \cdot 100$$

Чем выше степень затухания, тем лучше качество регулирования. Для устойчивых САР $0 < \Psi < 1$.

Статическая ошибка δ_c -максимальное остаточное отклонение регулируемой величины от номинального ее значения в конце переходного процесса (кривая 1), которое получается при максимально возможных в данной системе возмущениях. Принято статическую ошибку выражать в процентах от номинального значения регулируемой величины $x_{ном}$, т. е. $\delta_c = (\delta_c / x_{ном}) \cdot 100$.

Для реальных автоматических систем регулирования статическая ошибка не должна превышать 0,03... 0,05 % от $x_{ном}$. Обычно величина допустимой статической ошибки задается технологическими требованиями к процессу регулирования.

Максимальное динамическое отклонение $\Delta x_{max} = \Delta x_1 = \Delta x$ представляет собой величину максимального отклонения регулируемого параметра от заданного. Эта величина соответствует первой полуволне переходного процесса регулирования.

Отклонение называют динамическим, поскольку оно имеет временной характер.

Величина динамического отклонения ограничивается технологическими требованиями к процессу регулирования.

Таблица 1

Вар	Продолжительность регулирования T_p	Перерегулированием δ	Степень затухания Ψ	Статическая ошибка δ_c
1				
2				

Контрольные вопросы

1. В каком переходном процессе САР отсутствуют колебания?
2. Какой параметр определяет продолжительность процесса регулирования?
3. Как вы понимаете понятие перерегулирование?
4. Что такое степень затухания?
5. Что такое статическая ошибка?
6. Что такое максимальное динамическое отклонение?

Практическая работа №13 «Использование измерительных приборов в качестве регулирующих устройств»

Цель работы

Закрепление теоретических знаний и приобретение навыков в анализе показателей качества процесса регулирования

Оформление практической работы и порядок ее сдачи

1. Работа выполняется в тетради
2. Нарисовать регулятор температур прямого действия (рис.2) и заполнить таблицу 1 .
3. Ответить письменно на контрольные вопросы
4. Выполненная работа сдается для проверки преподавателю
5. Работа считается зачтенной, если она выполнена правильно, аккуратно оформлена

Теоретическая часть

Мясо из холодильной камеры, направляемое на промышленную переработку, размораживается воздухом. Схемой автоматизации процесса размораживания мяса предусматривается автоматическое регулирование температуры воздуха в камере размораживания(рис.1)

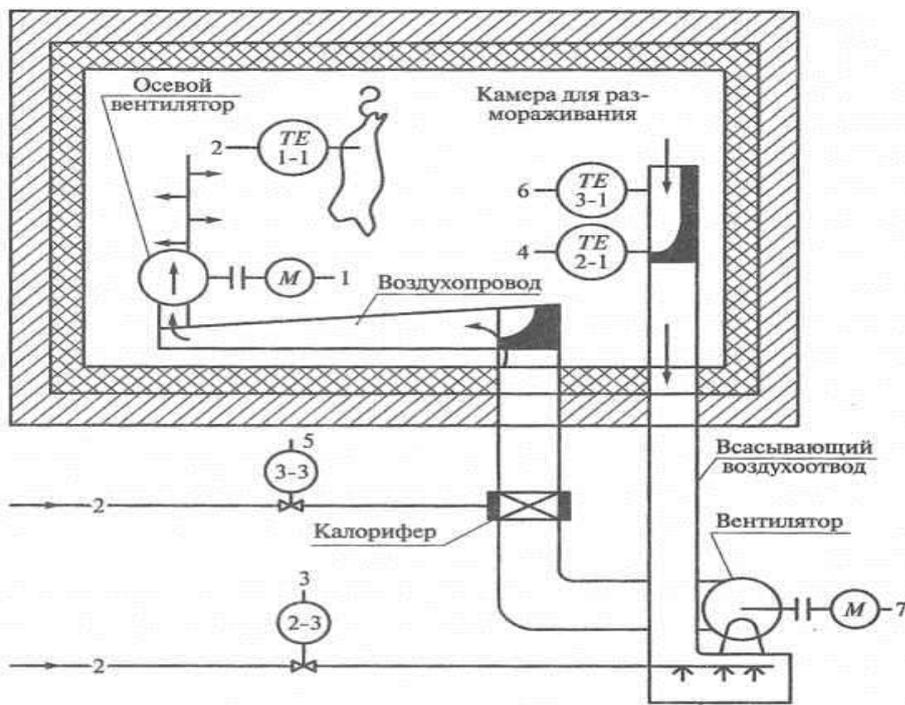


Рис1. Схема автоматизации процесса размораживания мяса в полутушах

Для ведения процесса размораживания игольчатую термопару(1-1) и регулятор температуры прямого действия(2-3) (3-3)

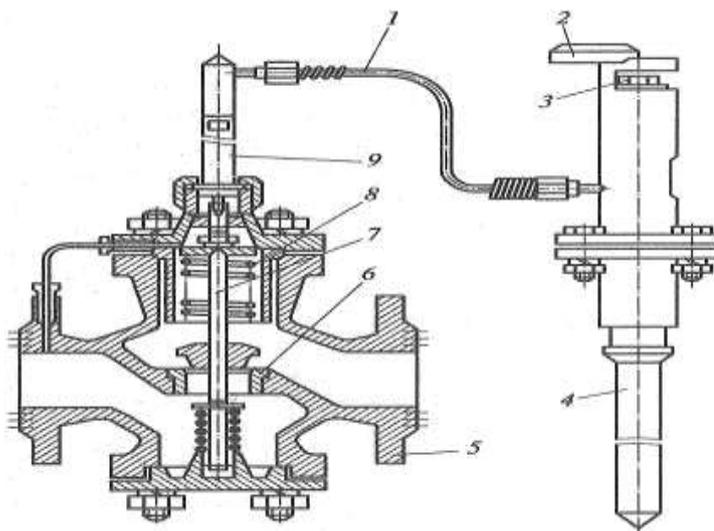


Рис.2. Регулятор температуры прямого действия

Регулирующее устройство температуры(рис.2) предназначено для автоматического поддержания заданной температуры жидких и газообразных сред путем изменения расхода греющей, и или охлаждающей среды.

Регулирующее устройство состоит изотерметичной системы, заполненной жидкостью, и регулирующего органа. Термосистема включает термобаллон4 с узлом настройки, включающим винт 3и шкалу 2, подсоединительную капиллярную трубку 1 и регулирующий орган .состоит из корпуса с седлом 6, штока 7 с клапаном и сильфона разгрузки 8.

При изменении температуры контролируемой среды изменяется температура и объем жидкости в термобаллоне. В результате' этого в термосистеме создается давление, под действием которого перемещаются регулирующий орган 9 и связанный с ним шток 7 клапаном. Клапан увеличивает или уменьшает подачу греющей или охлаждающей среды. Устройство на заданную температуру настраивается с помощью винта 3 по шкале 2.

Регулирующее устройство бывают шести модификаций в зависимости от диаметра условного прохода: 15, 20, 25, 40, 50, 80 мм с

диапазонами настройки регулируемой температуры 20... 60, 40... 80, 60..100, 80...120, 100...140, 120...160, 140... 180°С,

максимальным давлением среды, в которую погружается термобаллон 1,6 МПа), длиной подсоединительного капилляра (дистанционной вязи) 1,6; 2,5; 4; 6 и 10 м

Таблица 1 – Контроль и регулирование температуры

Позиция	Контролируемый параметр	Заданное значение	Точность	Вид представления информации

Практическая работа №14

«Графическое обозначение приборов и исполнительных механизмов»

Цель работы

Закрепление теоретических знаний и приобретение навыков в анализе технологических процессов как объектов автоматизации, в чтении функциональных схем автоматизации

Оформление практической работы и порядок ее сдачи

1. Работа выполняется в тетради
2. Изобразить приборы, которые применяются в схеме автоматизации процесса размораживания мяса.
3. Выполненная работа сдается для проверки преподавателю
4. Работа считается зачтенной, если она выполнена правильно, аккуратно оформлена

Изображение приборов, средств автоматизации

Изображение приборов и средств автоматизации выполняют по ГОСТ 21.404-85. Стандарт устанавливает два метода построения условных обозначений приборов и средств автоматизации: упрощенный и развернутый.

При упрощенном методе построения приборы и средства автоматизации, осуществляющие сложные функции и выполненные в виде отдельных блоков, изображают одним условным обозначением. Устройства, выполняющие вспомогательные функции, не изображаются (усилители, источники питания и т.д.).

При развернутом методе построения каждый прибор или блок изображают отдельным условным обозначением, а также указывается место их установки. Преимуществом этого способа является большая наглядность, в значительной степени облегчающая чтение схемы и работу с проектной документацией. При упрощенном методе схема дает только общее представление по автоматизации объекта.

При выполнении работы рекомендуется выполнять функциональную схему упрощенным методом (см. приложение 1).

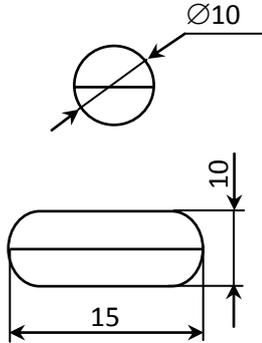
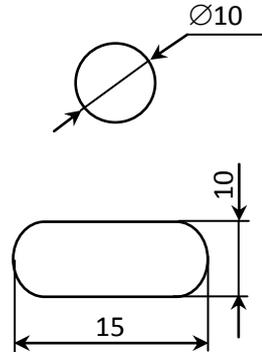
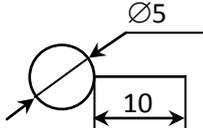
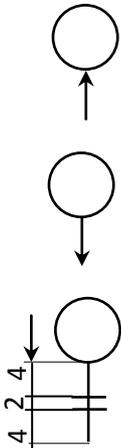
Графические обозначения приборов, средств автоматизации должны соответствовать приведенным в таблице 1. Размеры условных обозначений масштабированию не подлежат.

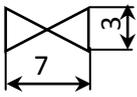
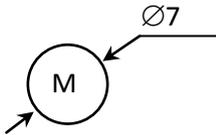
Шрифт буквенных обозначений, заносимых в условное обозначение прибора, равен 2,5 мм.

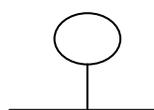
Отборное устройство для всех постоянно подключенных приборов изображают сплошной линией, соединяющей технологический трубопровод и прибор (рис. 2а).

Если необходимо указать конкретное место расположения отборного устройства (внутри контура технологического аппарата), его обозначают кружком диаметром 2 мм (рис. 2б).

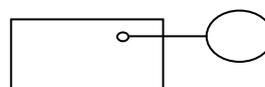
Графические обозначения приборов и средств автоматизации

Наименование	Обозначение
1	2
<p>1. Прибор, установленный на щите, пульте:</p> <p>а) основное обозначение</p> <p>б) допускаемое обозначение</p>	
<p>2. Прибор, установленный по месту:</p> <p>а) основное обозначение</p> <p>б) допускаемое обозначение</p>	
<p>3. Исполнительный механизм: общее обозначение</p>	
<p>4. Исполнительный механизм, который при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала:</p> <p>а) открывает регулирующий орган</p> <p>б) закрывает регулирующий орган</p> <p>в) оставляет регулирующий орган в неизменном положении</p>	

<p>5. Исполнительный механизм с дополнительным ручным приводом</p> <p>Примечание :обозначение может применяться с любым из дополнительных знаков, характеризующих положение регулирующего органа при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала</p>	
<p>6. Регулирующий орган (вентиль)</p>	
<p>7. Электродвигатель</p>	



а)



б)

Рис. 2. Примеры изображения подключения приборов

Таблица 2

Основные буквенные обозначения измеряемых величин

Обозначение	Основные значения первой буквы, обозначающие измеряемую величину
<i>D</i>	Плотность
<i>E</i>	Любая электрическая величина
<i>F</i>	Расход
<i>G</i>	Размер, положение, перемещение
<i>H</i>	Ручное воздействие
<i>K</i>	Время, временная программа
<i>L</i>	Уровень
<i>M</i>	Влажность
<i>P</i>	Давление, вакуум
<i>R</i>	Радиоактивность
<i>Q</i>	Величина, характеризующая качество: состав, концентрация и т.п.
<i>S</i>	Скорость, частота
<i>T</i>	Температура
<i>U</i>	Несколько разнородных измеряемых величин
<i>V</i>	Вязкость
<i>W</i>	Масса

В верхней части окружности, обозначающей прибор, приводят буквенные обозначения измеряемой величины и функционального признака прибора. Основные из этих обозначений приведены в таблицах 2 и 3.

Дополнительные буквенные обозначения, отражающие функциональные признаки приборов, приведены в таблице 4; дополнительные буквенные обозначения, уточняющие измеряемый параметр, приведены в таблице 5.

Таблица 3

Условные обозначения функций, выполняемых приборами

Обозначение	Отображение информации	Обозначение	Формирование выходного сигнала	Обозначение	Дополнительное значение
<i>A</i>	Сигнализация	<i>C</i>	Регулирование, управление	<i>H</i>	Верхний предел измеряемой величины
<i>I</i>	Показание	<i>S</i>	Включение, отключение, переключение	<i>L</i>	Нижний предел измеряемой величины
<i>R</i>	Регистрация				

Таблица 4

Дополнительные обозначения функциональных признаков приборов

Обозначение	Функциональный признак прибора
<i>E</i>	Чувствительный элемент
<i>T</i>	Дистанционная передача
<i>K</i>	Станция управления
<i>Y</i>	Преобразования, вычислительные функции

Таблица 5

Дополнительные обозначения, уточняющие измеряемый параметр

Обозначение	Функциональный признак прибора
<i>D</i>	Разность, перепад
<i>F</i>	Соотношение, доля, дробь
<i>I</i>	Автоматическое переключение, обегание

Условные обозначения приборов и средств автоматизации формируются по следующим правилам:

1. Последовательность букв в условном обозначении:
 - 1.1. Основное обозначение измеряемой величины (из таблицы 2).
 - 1.2. Дополнительное обозначение измеряемой величины (вводится при необходимости уточнения измеряемой величины, берется из таблиц 4 и 5).
 - 1.3. Обозначение функционального признака прибора (по таблице 3).
2. Порядок расположения буквенных обозначений функциональных признаков прибора: *I*, *R*, *C*, *S*, *A*.
3. Буквенные обозначения устройств, выполненных в виде отдельных блоков и предназначенных для ручных операций, должны начинаться с буквы «*H*».
4. В условные обозначения входят не все функциональные признаки прибора, а лишь те, которые используются в данной схеме.
5. Букву «*A*» применяют для обозначения функции сигнала независимо от того, вынесена ли сигнальная аппаратура на какой-либо щит или для сигнализации используются лампы, встроенные в сам прибор.
6. Букву «*S*» применяют для обозначения контактного устройства прибора, используемого только для включения, выключения, переключения, блокировки.
7. При применении контактного устройства прибора для включения, отключения и одновременно для сигнализации в обозначении прибора используют обе буквы «*S*» и «*A*».
8. Предельные обозначения измеряемых величин, по которым осуществляется включение, отключение, блокировка, сигнализация, допускается конкретизировать добавлением букв «*H*» и «*L*».

9. Для обозначения величин, не предусмотренных стандартом, допускается использовать резервные буквы *A*, *B*, *C*, *I*, *N*, *O*, *Y*, *Z*. Применение резервных букв должно быть расшифровано на схеме.

Условные обозначения приборов и средств автоматизации заносят в верхнюю часть графического обозначения прибора (верхнюю часть окружности), в нижнюю часть заносится номер (позиция) прибора. Предельные значения измеряемых величин («*H*» и «*L*») наносят справа от графического изображения прибора (рис.3а). Обозначения, уточняющие измеряемую величину, наносят сверху справа от графического изображения прибора (рис. 3б).



Рис. 3. Примеры условного обозначения приборов

Номер (позиция) исполнительных механизмов, сигнальных ламп, сигнальных звуковых устройств наносятся рядом с их графическим изображением (рекомендуется наносить справа).

В нижнюю часть окружности, обозначающей прибор, заносят позиционное обозначение прибора (цифровое - для упрощенных схем, буквенно-цифровое - для развернутых схем), служащее для нумерации комплекта измерения или регулирования (для упрощенных схем) или отдельных элементов комплекта (для развернутых схем).

Пример построения условного обозначения прибора приведен на рис. 4.

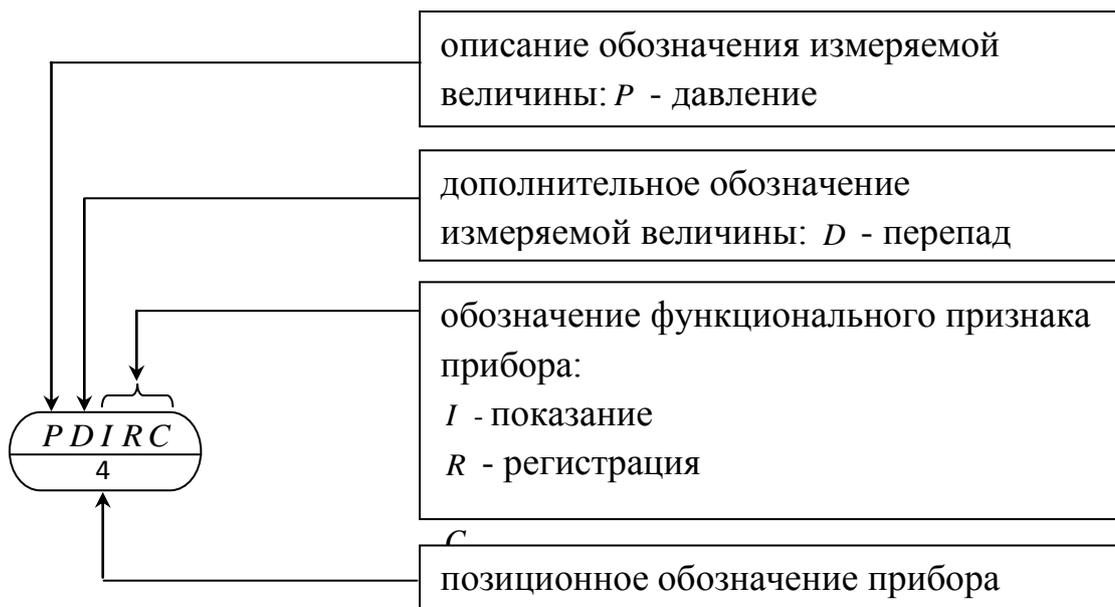


Рис. 4. Пример условного обозначения прибора

Практическая работа №15

«Изображение элементов систем автоматизации»

Цель работы

Закрепление теоретических знаний и приобретение навыков в изображении технологических процессов

Оформление практической работы и порядок ее сдачи

1. Работа выполняется в тетради
2. Изобразить и расшифровать приборы, которые применяются в схеме автоматизации процесса размораживания мяса.
3. Выполненная работа сдается для проверки преподавателю
4. Работа считается зачтенной, если она выполнена правильно, аккуратно оформлена

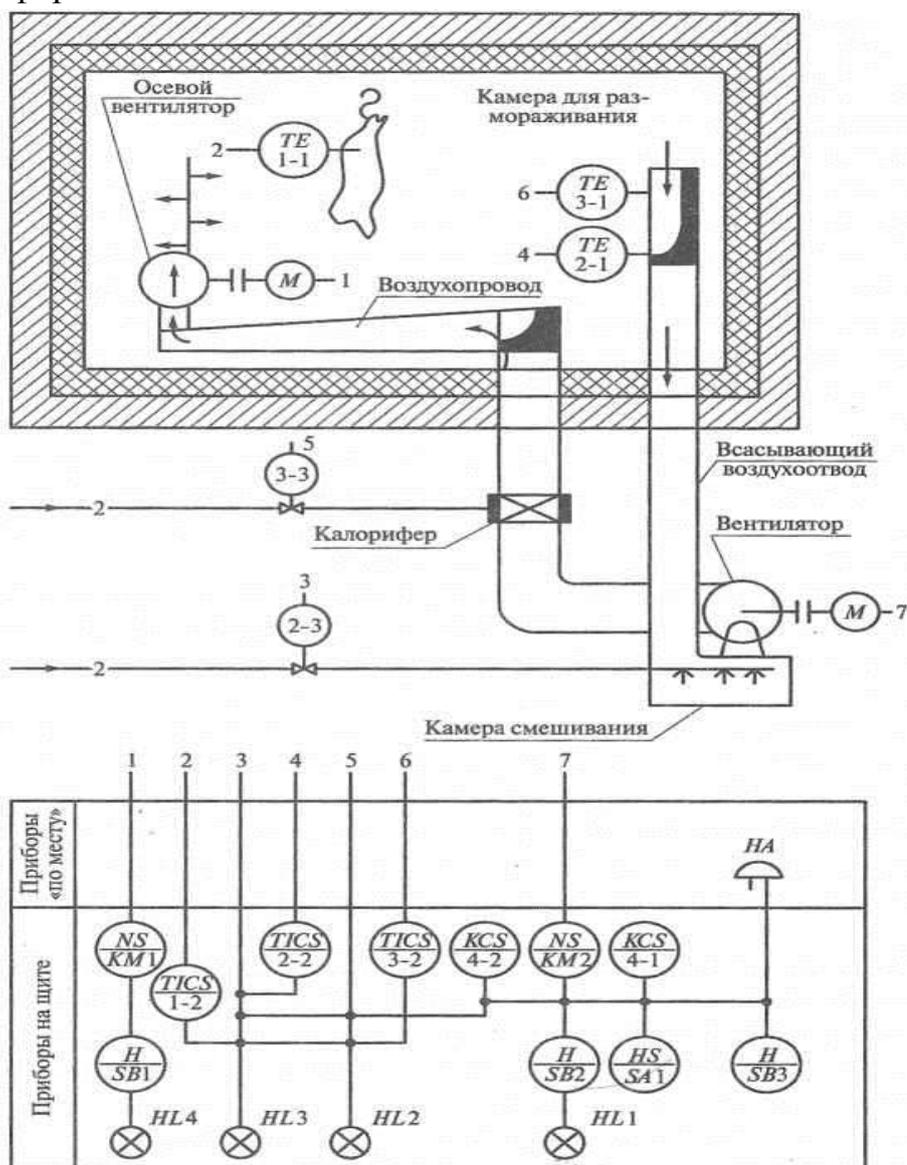


Рис 1. Схема автоматизации процесса размораживания мяса в полутоушах

Практическая работа №16

«Автоматизация дифрастационной камеры»

Цель работы

Закрепление теоретических знаний и приобретение навыков при анализе технологического процесса автоматизации дифрастации мяса

Оформление практической работы и порядок ее сдачи

1. Работа выполняется в тетради
2. По завершению работы все полученные данные заносятся в тетрадь(приложение1)
3. Выполненная работа сдается для проверки преподавателю
4. Работа считается зачтенной, если она выполнена правильно, аккуратно оформлена, а также обучающийся ответил на контрольные вопросы

Теоретическая часть

Автоматизация размораживания мяса.

Мясо из холодильной камеры, направляемое на промышленную переработку, размораживается воздухом, паровоздушной смесью или токами высокой частоты.

В настоящее время широко применяют размораживание мяса в полутушах методом воздушного душирования. По этому методу воздух, имеющий температуру 20°C и относительную влажность 90..95%, направляется сверху вниз вдоль полутуш со скоростью от 2 м/с на уровне бедра до 1 м/с на уровне лопаток. Процесс размораживания заканчивается по достижении температуры в толще бедра 1 °С.

Динамическая характеристика камеры размораживания позволяет реализовать позиционный закон регулирования, в результате чего появляется возможность удовлетворить технологические требования к системе автоматизации и использовать средства автоматизации невысокой стоимости.

Схемой автоматизации процесса размораживания мяса (рис.1) предусматриваются автоматическое регулирование температуры воздуха в камере размораживания, управление электродвигателями вентиляторов, блокировка работы электродвигателей вентиляторов. Кроме того, предусматривается программное управление технологическим процессом как по времени, так и по температуре мяса в толще бедра. Система предусматривает также ручное управление процессом.

После загрузки камеры оператор включает электродвигатель осевого вентилятора обдува полутуш горячим воздухом, поступающим по воздухопроводу (вентиляторы, не показанные на схеме, также включаются).

времени» или «по температуре». Затем кнопкой *SB3*он включает звонок *HA* вблизи электродвигателя вентилятора и реле времени 4-1; через заданное время звонок *HA* выключается и включается электродвигатель вентилятора.

Заданная температура вс помощью ключа управления SA1 оператор устанавливает режим «по камере поддерживается с помощью термометра сопротивления 3-1 и вторичного прибора 3-2, который позволяет управлять исполнительным механизмом 3-3 с клапаном, установленным на паропроводе подачи пара в калорифер. О положении клапана сигнализирует лампа HL2.

Температура воздуха в камере регулируется по двухпозиционному закону: при падении температуры воздуха в камере ниже заданной клапан подачи пара в калорифер открывается, при достижении заданной температуры клапан закрывается.

Влажность воздуха в камере регулируется по психрометрической разности между температурами сухого 3-1 и смоченного 2-1 термометров сопротивления, установленных в непосредственной близости к входу всасывающего воздухопровода.

Термометр сопротивления 2-1 подключен к регулирующему прибору 2-2, который в случае уменьшения влажности от заданной (температура смоченного термометра увеличивается и психрометрическая разность уменьшается) включает исполнительный механизм и открывает клапан 2-3, смонтированный на линии подачи пара в камеру смешивания. О положении клапана сигнализирует лампа HL3.

При ведении процесса «по времени» необходимая длительность размораживания устанавливается на реле времени 4-2. По истечении заданного времени реле подает сигнал исполнительным механизмам 2-3 и 3-3, которые закрывают паровые клапаны и прекращают подачу пара в камеру смешивания и в калорифер.

При ведении процесса размораживания «по температуре» игольчатую термометру 1-1 помещают в толщу бедра и с помощью вторичного прибора (потенциометра) 1-2, имеющего контактное устройство, контролируют температуру в полутуше. После достижения заданной температуры контактное устройство вторичного прибора дает сигнал исполнительным механизмам 2-3 и 3-3, прекращающим подачу пара.

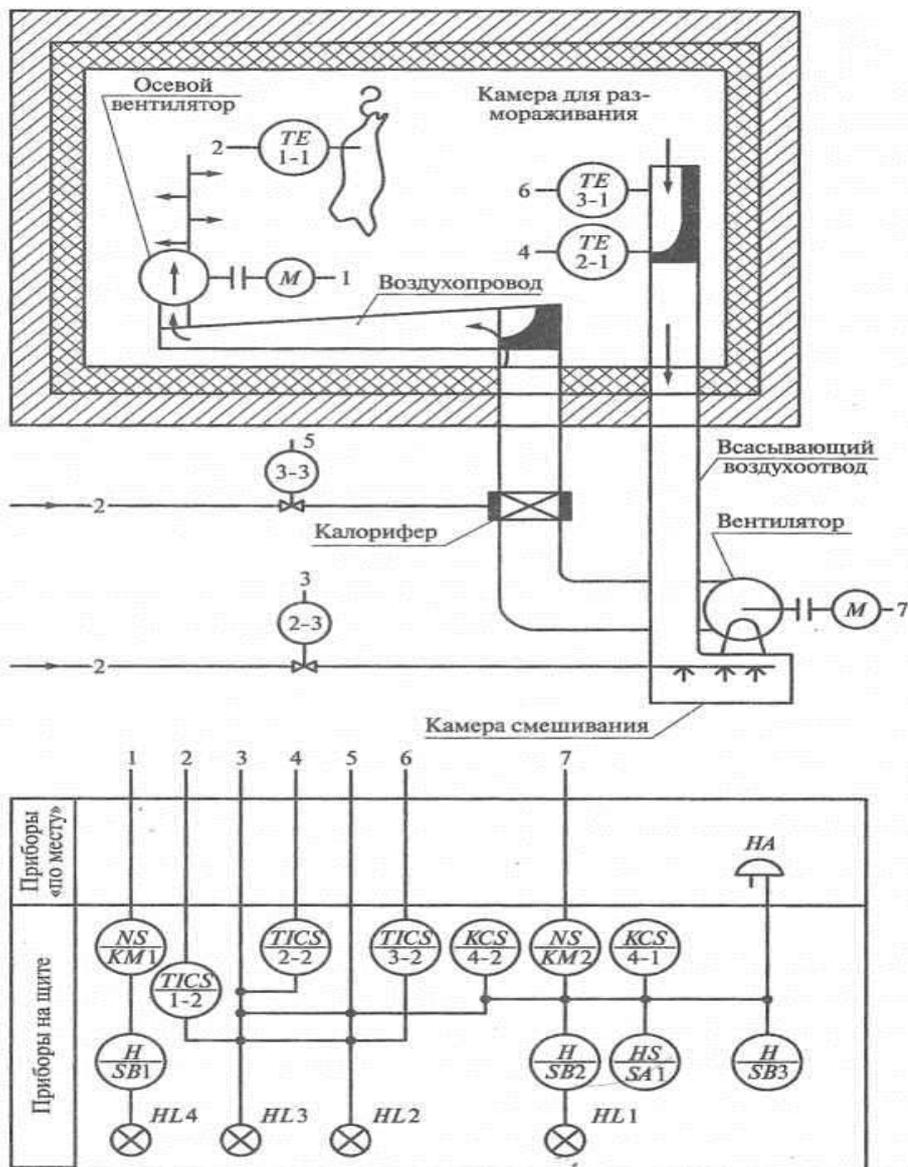


Рис 1. Схема автоматизации процесса размораживания мяса в полутушах

Контрольные вопросы

1. Найдите на схеме автоматизации приборы, обеспечивающие местный контроль и дистанционный контроль управления
2. Какие основные параметры контролируют при дифрастации мяса?
3. Как регулируется расход пара в камере?
4. Для чего в камере необходим мокрый и сухой термометры?

Практическая работа №17

«Изучение схемы автоматизации коптильной камеры»

Цель работы

Закрепление теоретических знаний и приобретение навыков в анализе технологического процесса автоматизации коптильной камеры

Оформление практической работы и порядок ее сдачи

1. Работа выполняется в тетради
2. По завершению работы все полученные данные заносятся в тетрадь(приложение 2)
3. Выполненная работа сдается для проверки преподавателю
4. Работа считается зачтенной, если она выполнена правильно, аккуратно оформлена, а также обучающийся ответил на контрольные вопросы

Теоретическая часть

Автоматизация коптильной камеры. Коптильную камеру перед загрузкой прогревают. Сначала продукт подсушивают в течение заданного времени, а затем температуру в коптильной камере; доводят до значения, необходимого для проведения процесса копчения. Камера может работать в режимах горячего (50 °С) и холодного (20 °С) копчения. Продолжительность копчения определяется видом продукта. Температурный режим поддерживается дымовая душной смесью, нагреваемой в калориферах, и холодной водой.

Комплекс приборов коптильной камеры обеспечивает автоматический контроль всех производственных параметров и программное управление технологическим процессом.

Схема автоматизации коптильной камеры, приведенная на рис.1 предусматривает контроль разрежения в камере, контроль и регулирование давления пара и воды в трубопроводах, плотности дыма в камере, температуры дымовоздушной смеси, программное управление циклом горячего и холодного копчений, местное и дистанционное управление электродвигателями.

Разрежение в коптильной камере контролируется вакуумметром 4-1, давление пара - манометром 5-1, а его регулирование осуществляется регулятором прямого действия 8-1, установленным на трубопроводе подачи пара в калорифер. Давление воды в трубопроводе контролируется манометром 6-1, а регулирование осуществляется регулятором прямого действия 9-1, установленным на трубопроводе подачи воды в калорифер.

Концентрация дыма в коптильной камере определяется фотоэлектрическим прибором 7-4 со станцией управления в комплекте с датчиком 7-1, нормирующим преобразователем 7-2, электропневматическим преобразователем 7-3 с сигнализацией. Сигналы с помощью преобразователя 7-6 подаются на световые табло *HL5* и *HL6*.

Плотность дыма в коптильной камере регулируется устройством 7-5.

В контур регулирования входят все перечисленные устройства контроля, за исключением преобразователя 7-6 и регулирующего клапана с мембранным приводом. Байпасная панель 7-7 служит для дистанционного управления приводом 7-8.

Температура дымовоздушной смеси контролируется манометрическим термометром 3-2 с термобаллоном, установленным в камере. Прибор 3-2 передает пневматический сигнал вторичному прибору 3-3. Температура регулируется позиционным пневматическим регулятором 3-4.

В контур регулирования входят байпасные панели 3-6 и 3-7, преобразователи 3-5, 3-8 и регулирующие клапаны 3-9 и 3-10 с мембранным приводом, установленные на трубопроводе подачи воды и пара.

Программное управление циклом горячего копчения осуществляется командными приборами 1-1 и 2-1 управляющими исполнительными механизмами 3-9 и 3-10. Переключатель управления *SA1* служит для подключения приборов 1-1 или 2-1 при выборе цикла копчения. Байпасные панели 3-6 и 3-7 предназначены для дистанционного управления исполнительными механизмами 3-9 и 3-10. Световые табло *HL1* и *HL2* сигнализируют о подключении при боров 1-1 или 2-1.

Местное управление электродвигателями вентилятора выброс, отработанной дымовоздушной смеси и вентилятора подачи дыма и рециркуляционной смеси производится кнопками управления *SB1* и *SB2*, а дистанционное управление — кнопками *HB3* и *SB4*.

Лампы *HL3* и *HL4* сигнализируют о работе электродвигателей. Опробование сигнала производится кнопкой *SB5*, а снятие его - кнопкой *SB6*. Работа электродвигателей вентиляторов блокируется переключателем *SA2*. Звуковой сигнал сирены *HA* оповещает о предельном значении параметра.

В результате автоматизации коптильной камеры улучшаются и санитарные условия в производственных помещениях, снижается себестоимость продукции и повышается производительность труда.

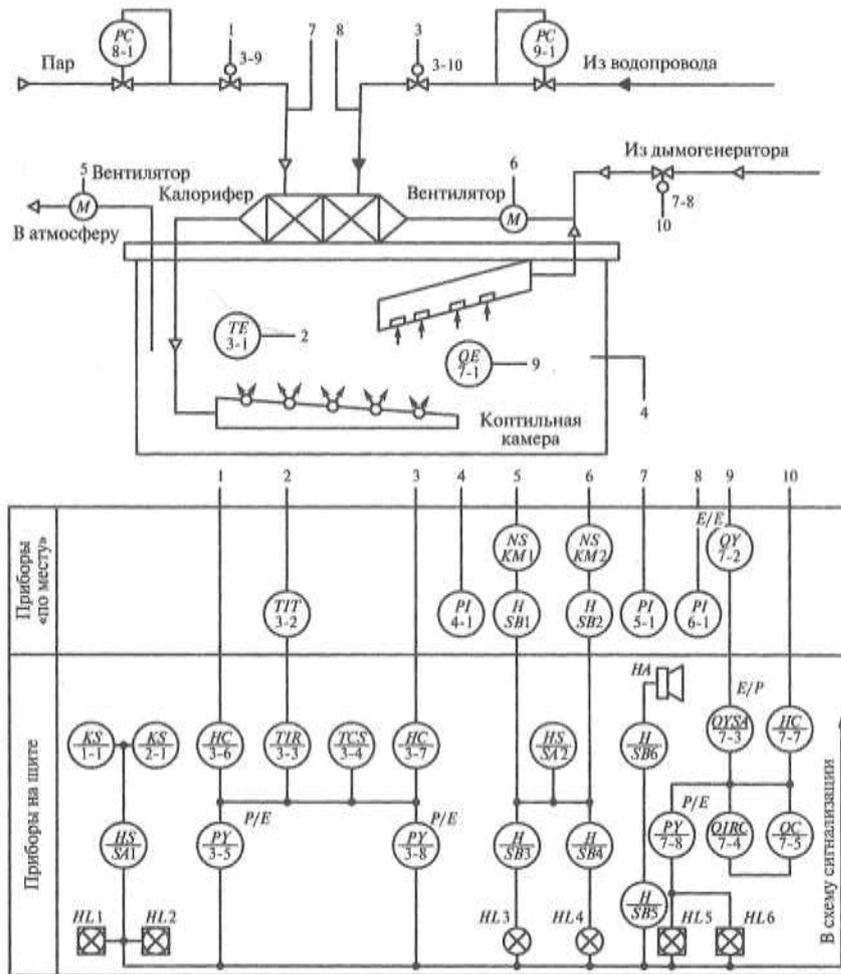


Рис. 1 Схема автоматизации коптильной камеры

Контрольные вопросы

1. Найдите на схеме автоматизации приборы, обеспечивающие местный контроль и дистанционный контроль управления
2. Какие основные параметры контролируют при копчении мяса?
3. Как регулируется расход пара дымовоздушной смеси в камере?
4. Как определяется концентрация дыма в коптильной камере?

Формы таблиц для перечня параметров
по функциональному признаку

Таблица 1 – Контроль

Позиция	Контролируемый параметр	Заданное значение	Точность	Вид представления информации

Таблица 2 – Регулирование

Позиция	Контролируемый параметр	Заданное значение	Точность
	Температура		$\pm 1^{\circ}\text{C}$

Таблица 3 – Сигнализация

Позиция	Контролируемый параметр	Заданное значение	Точность	Вид сигнала
	Влажность.....		$\pm 0,01$ м	Звуковой, световой

Таблица 4 – Дистанционное управление

Позиция	Наименование	Вид организации управления	Место установки
	Электродвигатель осевого вентилятора		По месту, на щите
	Исполнительный механизм		
	Электродвигатель вентилятора		

Таблица 5 – Блокировка

Позиция	Наименование системы	Условие срабатывания
	Отключение электродвигателя	

Формы таблиц для перечня параметров
по функциональному признаку

Таблица 1 – Контроль

Позиция	Контролируемый параметр	Заданное значение	Точность	Вид представления информации

Таблица 2 – Регулирование

Позиция	Контролируемый параметр	Заданное значение	Точность
	Температура		$\pm 1^{\circ}\text{C}$

Таблица 3 – Сигнализация

Позиция	Контролируемый параметр	Заданное значение	Точность	Вид сигнала
	Влажность.....		$\pm 0,01$ м	Звуковой, световой

Таблица 4 – Дистанционное управление

Позиция	Наименование	Вид организации управления	Место установки
	Электродвигатель осевого вентилятора		По месту, на щите
	Исполнительный механизм		
	Электродвигатель вентилятора		

Допустимые значения m , D' , d' специальных сужающих устройств (ССУ)

ССУ	D'	m	d'
Диафрагмы с коническим входом	12,5- 100,0	0,01- 0,25	6,0-50,0
Цилиндрические сопла	25,0- 100,0	0,01- 0,49	2,5-70,0
Сопла «четверть круга»	25,0- 100,0	0,05- 0,49	6,0-70,0
Двойные диафрагмы	40,0- 100,0	0,10- 0,50	12,7- 70,5
Сегментные диафрагмы	50,0- 1000,0	0,10- 0,50	
Износоустойчивые диафрагмы	30,0- 1000,0	0,05- 0,64	16,0- 800,0
Стандартные диафрагмы для трубопроводов с внутренним диаметром менее 50 мм	14,0-50,0	0,05- 0,64	7,0-40,0

Таблица 3

Значения граничных чисел Re для специальных сужающих устройств

ССУ	m	$Re_{\min \text{ гр}}$	$Re_{\max \text{ гр}}$
Диафрагмы с коническим входом	0,01	40	20000
	0,04	40	40000
	0,09	60	50000
	0,16	120	50000
	0,25	260	50000
Цилиндрические сопла	0,01	500	8000
	0,05	1100	30000
	0,10	1600	40000
	0,15	2000	60000
	0,25	2500	100000

	0,35	3000	150000
	0,49	5500	200000
Сопла «четверть круга»	0,05	2000	35000
	0,10	2000	45000
	0,20	2300	80000
	0,30	3500	100000
	0,40	4000	120000
	0,49	5000	200000
Двойные диафрагмы	0,10	2500	150000
	0,20	3500	200000
	0,30	5000	250000
	0,40	7300	300000
	0,50	10000	350000
	0,60	15000	400000
Износоустойчивые диафрагмы	0,05	20000	10 ⁷
	0,10	20000	10 ⁷
	0,20	60000	10 ⁷
	0,30	100000	10 ⁷
	0,40	160000	10 ⁷
	0,50	200000	10 ⁷
	0,60	280000	10 ⁷
	0,70	300000	10 ⁷
Сегментные диафрагмы	0,10	5000	10 ⁶
	0,15	7500	10 ⁶
	0,20	10000	10 ⁶
	0,25	15000	10 ⁶
	0,30	20000	10 ⁶
	0,35	25000	10 ⁶
	0,40	30000	10 ⁶
	0,45	35000	10 ⁶

Стандартные диафрагмы для трубопроводов с внутренним диаметром менее 50 мм	0,50	40000	10 ⁶
	0,05	22000	10 ⁷
	0,10	30000	10 ⁷
	0,15	41000	10 ⁷
	0,20	56000	10 ⁷
	0,25	72000	10 ⁷
	0,30	90000	10 ⁷
	0,35	110000	10 ⁷
	0,40	135000	10 ⁷
	0,45	158000	10 ⁷
	0,50	184000	10 ⁷
	0,55	211000	10 ⁷
	0,60	240000	10 ⁷
	0,65	270000	10 ⁷
	0,70	300000	10 ⁷

Значения коэффициентов расхода (α) в зависимости от относительной площади сужающего устройства определяются по следующим формулам:

для диафрагм с коническим входом $\alpha = 0,73095 + 0,2726 m - 0,7138 m^2 + 5,0623 m^3$;

для цилиндрических сопел $\alpha = 0,80017 - 0,01801 m + 0,7022 m^2 - 0,322 m^3$;

для сопел «четверть круга» $\alpha = 0,7772 - 0,2137 m + 2,0437 m^2 - 1,2664 m^3$;

для двойных диафрагм $\alpha = 0,6836 + 0,243 m^{1,82}$;

для сегментных диафрагм $\alpha = 0,6085 - 0,03427 m + 0,3237 m^2 + 0,00695 m^3$;

для износостойчивых диафрагм $\alpha = (1,0068 + 1,03585 / d') \alpha_c^*$ при $16 \leq d' \leq 125$;

$\alpha = (0,99626 + 3,2554 / d' - 124,627 / d'^2) \alpha_c$ при $d' > 125$;

* $\alpha_c = 0,5950 + 0,04 m + 0,3 m^2$ при $m \leq 0,3$; $\alpha_c = 0,6100 - 0,055 m + 0,45 m^2$ при $0,3 < m \leq 0,5$; $\alpha_c = 0,3495 + 1,4454 m - 2,4249 m^2 + 1,8333 m^3$ при $m > 0,5$

для стандартных диафрагм, применяемых в трубопроводах с внутренним диаметром менее 50 мм

$\alpha = (0,99626 + 0,260435 / d' - 0,79761 / (d')^2 + 1,13279 / (d')^3) \alpha_c$ при $d' > 10$; $\alpha = (1,0068 + 0,08287 / d') \alpha_c$ при $7 \leq d' \leq 10$.

Список используемой литературы

1. Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств.-М.:Машиностроение.-1983.
2. Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП в пищевой промышленности/ Л.А.Широков. В.И.Михаилов и др.; под ред. Л.А.Широкова.-М.: Агропромиздат.-1986.
3. Петров И.К. Технологические измерения и приборы в пищевой промышленности.-М.: Агропромиздат -1986.
4. Брусиловский Л.П., Вайнберг А.Я. Системы автоматизированного управления технологическими процессами молочной промышленности. - М. : Агропромиздат, 1986. - 232 с.
5. Воробьева Н.И. Основы автоматизации технологических процессов в мясной и молочной промышленности.-М.:Легкая и пищевая промышленность, 1983. - 328 с.
6. Митин В.В. Автоматика и автоматизация производственных процессов мясной и молочной промышленности. - М. : Агропромиздат, 1987. - 270 с.