

36 - ад
К82

А. И. Кривоносов
Ю. В. Кузнецов

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ХЛЕБОПЕЧЕНИЯ

ДЛЯ КАДРОВ
МАССОВЫХ
ПРОФЕССИЙ

А. И. Кривоносов
Ю. В. Кузнецов

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ХЛЕБОПЕЧЕНИЯ

СЕРИЯ «НОВАЯ ТЕХНИКА
И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА»

Одобрено Ученым советом
Государственного комитета СССР
по профессионально-техническому
образованию в качестве учебного
пособия для средних
профессионально-технических училищ

МОСКВА
«ЛЕГКАЯ И ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ»
1983

ББК 36.83
К 82
УДК 664.61.012-52

Кривонос А. И., Кузнецов Ю. В.
К 82 Автоматизация процессов хлебопечения. — М.:
Легкая и пищевая пром-сть, 1983.—56 с.

Рассмотрены вопросы применения и работы автоматических устройств. Приведены схемы автоматизации основных участков хлебопекарного завода: приемки, хранения и транспортировки муки, приготовления и разделки теста, выпечки хлеба, хранения и экспедиции готовых изделий.

Учебное пособие может быть использовано при профессиональном обучении рабочих на производстве.

К 2903000000 — 052 52 — 83
044(01) — 83

ББК 36.83
618.2

Рецензент преподаватель Е. В. Писарев

АЛЕРИИ ИВАНОВИЧ КРИВОНОСОВ
ЮРИЙ ВИКТОРОВИЧ КУЗНЕЦОВ

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ХЛЕБОПЕЧЕНИЯ

Редактор Н. В. Голдина
Художественный редактор В. А. Чуракова
Технический редактор Н. В. Черенкова
Корректор Г. А. Казакова

ИБ № 381

Сдано в набор 07.06.83. Подписано в печать 23.11.83. Г 15336.
Формат 60х90^{1/8}. Бумага типографская № 2. Литературная гарнитура. Высокая печать. Объем 3,5 п. л. Усл. п. л. 3,5. Усл. л. кр. отт. 3,88. Уч.-изд. л. 3,70. Тираж 12 000 экз. Заказ № 648. Цена 10 коп.

Издательство «Легкая и пищевая промышленность»
113035, Москва, М-35, 1-й Кадашевский пер., д. 12

Московская типография № 32 Союзполиграфпрома при
Государственном комитете СССР по делам издательств,
полиграфии и книжной торговли.
Москва, 103051, Цветной бульвар, 26.

© Издательство «Легкая и пищевая
промышленность», 1983

ВВЕДЕНИЕ

Хлебопекарная отрасль является одной из ведущих и наиболее развитых отраслей пищевой промышленности. В настоящее время насчитывается более 10 тыс. хлебозаводов, обеспечивающих ежегодную выработку более 30 млн. т хлебобулочных изделий. Хлеб в нашей стране имеет особое значение. Его производство имеет глубокие традиции. Русский хлеб издавна славится вкусом, ароматом, питательностью, разнообразием ассортимента. Опыт наших мастеров используется во многих странах. По объему хлебопекарного производства, по разнообразию хлебных изделий и их потреблению наша страна занимает ведущее место в мире.

Хлебозаводы нашей страны представляют собой предприятия с непрерывно растущим уровнем механизации и автоматизации, поэтому от работников хлебопекарного производства требуется как знание основ технологии выпечки хлеба, так и принципов работы механизированного оборудования.

В связи с быстрыми темпами развития хлебозаводов, повышением уровня их механизации и автоматизации весьма актуальной является подготовка высококвалифицированных рабочих в средних профессионально-технических училищах по основным профессиям — пекарь, тестовод, машинист тесторазделочных машин. Особенностью хлебопекарного производства является то, что хлебобулочные изделия, как правило, подлежат быстрой реализации. Поэтому к работникам хлебозаводов предъявляются серьезные требования по осуществлению контроля за правильностью ведения технологического процесса и принятию оперативных мер для борьбы с потерями. Выполнение этого условия требует знаний основного оборудования и технологии хлебопечения, что особенно важно в условиях механизированного и автоматизированного производства. Условием, осложняющим работу хлебопекарных предприятий, является сравнительно короткий цикл получения готового изделия, а также непостоянство хлебопекарных свойств поступающей для тестоприготовления муки. Эти задачи невозможно решать, используя лишь опыт работников хлебозаводов и органолептическую оценку качества хлеба.

Возросший за последние годы уровень механизации и автоматизации процессов хлебопечения и внедрение непрерывных поточных линий требуют от работников хлебозаводов умения работать

с дезирвочными установками, пускорегулирующей аппаратурой и различными устройствами контроля и регулирования.

Автоматизация хлебопекарных предприятий является одним из основных направлений развития техники и технологии производства и важнейшим фактором в повышении производительности труда и достижении высокой экономической эффективности. Современное хлебопекарное предприятие представляет собой сложный технологический комплекс, снабженный технологическим, складским, транспортным, энергетическим, вспомогательным оборудованием, а также регулирующей и контрольно-измерительной аппаратурой. Это требует от работников знания принципов их действия и правил эксплуатации.

Автоматизация технологических процессов базируется на современных элементах и устройствах промышленной электроники, поэтому в первую очередь необходимо иметь представление о принципах их действия и технических характеристиках. И свою очередь это требует знания физических пределов, а также практических значений измеряемых параметров. Функционирование систем автоматического контроля и регулирования основано на определенных закономерностях, из которых вытекают их внутренние связи и условия применения. Следует отметить, что в хлебопекарной промышленности большое применение находят общетехнические средства автоматизации, изучению которых посвящены действующие учебные пособия.

Целью настоящего пособия является изложение основ автоматизации процессов хлебопечения. В пособии в доступной и наглядной форме изложены принципы действия, устройство и характеристики технических средств автоматизации, указаны перспективы их дальнейшего развития.

Глава I. ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ХЛЕБОПЕЧЕНИЯ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Процессы хлебопечения представляют собой сложные механические, гидродинамические, тепло- и массообменные, химические и микробиологические процессы. Для контроля и регулирования параметров этих процессов должны быть выбраны такие технические средства, которые обеспечили бы в данном конкретном случае наибольший технико-экономический эффект, обладали бы достаточной простотой и доступностью в эксплуатации.

Автоматика — это область науки и техники, изучающая и разрабатывающая вопросы применения различных методов и средств контроля различных производственных процессов и управления ими.

Автоматизация технологического процесса — использование технических средств в технологическом процессе или его составных частях для выполнения их или управления ими без непосредственного участия людей, осуществляемое в целях сокращения трудовых затрат, улучшения условий производства, повышения объема выпуска и улучшения качества продукции. Автоматизация определяет дальнейший прогресс всех отраслей народного хозяйства. По мере развития автоматизации производства роль человека все больше сводится к дальнейшему творческому усовершенствованию производства, наблюдению за работой автоматических систем, их настройке и наладке.

Автоматизация производства может быть частичной и полной.

Под частичной автоматизацией понимают автоматизацию технологических процессов или их систем, при которой труд людей, включая и управление, частично заменен работой технических средств.

Под полной автоматизацией следует понимать автоматизацию технологических процессов или их систем, при которой все затраты энергии людей, включая и управление, заменены затратами энергии технических средств.

В зависимости от назначения автоматические системы могут выполнять следующие функции:

контроль, заключающийся в постоянном измерении определенного параметра процесса с выдачей соответствующего измеряемой величине сигнала на устройство сигнализации, управления и регистрации;

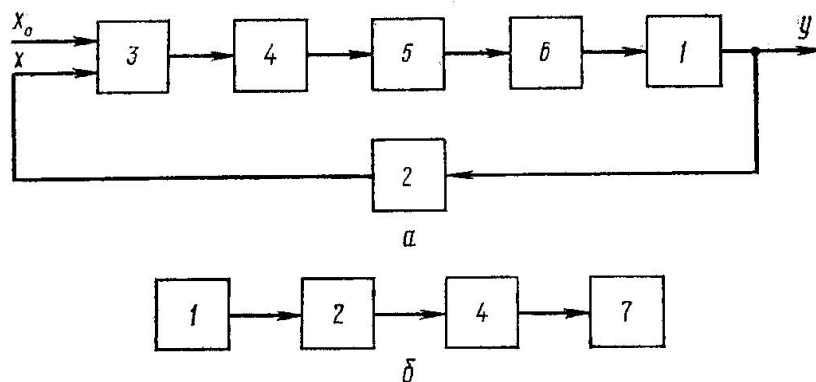


Рис. 1. Функциональные схемы:

a — АСР; *б* — АСК; 1 — объект контроля или регулирования; 2 — измерительный преобразователь; 3 — элемент сравнения; 4 — усилительно-преобразовательное устройство; 5 — исполнительный механизм; 6 — регулирующий орган; 7 — регистрирующий (измерительный) прибор

регулирование, предназначенное для поддержания параметра процесса на определенном уровне либо для его изменения по заданному закону.

В зависимости от назначения различают автоматические системы контроля (АСК) и регулирования (АСР). Эти системы получили наибольшее распространение на предприятиях хлебопекарной промышленности. Типовые функциональные схемы АСР и АСК изображены на рис. 1. На АСР поступает входное воздействие X_0 , определяющее значение регулируемой величины Y . Одновременно на вход поступает сигнал обратной связи X , пропорциональный значению регулируемой величины. Оба входных воздействия сравниваются, и формируется управляющий сигнал, воздействующий на объект регулирования так, что разность $X - X_0$ стремится к нулю.

Объекты контроля и регулирования представляют собой определенные устройства (бункер, расстойный шкаф, печь) или часть технологического процесса (перемешивание, дозировка, выпечка), параметры которых необходимо контролировать или регулировать для обеспечения необходимого качества полуфабрикатов или готовой продукции.

Измерительный преобразователь (иногда еще применяется устаревший термин — датчик) производит преобразование контролируемого параметра (температуры, давления, влажности) в сигнал, удобный для дальнейшего использования в автоматической системе. В этих устройствах используется изменение свойств чувствительного элемента под воздействием влияния внешней среды. От точности и чувствительности преобразователей во многом зависит и качество функционирования АСК и АСР.

Усилительно-преобразовательные устройства предназначены для преобразования и усиления сигналов измерительных приборов. В АСР они выполняют функции сравнения состояния объекта с информацией элемента сравнения,

которая соответствует оптимальному режиму работы всей системы. К усилительно-преобразовательным относятся следующие устройства: электронные усилители, электромагнитные реле, трансформаторы, электромагнитные преобразователи и т. д.

Исполнительный механизм осуществляет перемещение исполнительного органа, который заменяет ручные операции по управлению технологическим процессом. Эти устройства зависят от вида объекта и того параметра, изменение которого вызывает изменение контролируемого параметра. Как и измерительные преобразователи, они устанавливаются непосредственно на объекте.

Регистрирующий (измерительный) прибор предназначен для непосредственного наблюдения за изменением контролируемого параметра и устанавливается рядом с объектом или на общем диспетчерском щите, на котором установлены и другие приборы. Это обычно электроизмерительные приборы (вольтметры, амперметры) со шкалой, отградуированной в единицах измеряемой величины.

Разделение АСК и АСР на функциональные элементы условно, так как в некоторых системах отдельные элементы могут отсутствовать, а в других один элемент выполняет несколько функций. Такое разделение оправдано тем, что позволяет рассматривать общие принципы построения АСР и элементы, из которых она состоит.

По виду используемой энергии средства автоматизации подразделяются на несколько больших групп: электрическую, пневматическую и гидравлическую.

Наибольшее распространение получили средства автоматизации, использующие электроэнергию, поэтому основное внимание в пособии уделено получению информации об объекте регулирования и ее преобразованию в соответствующий электрический сигнал, который затем используется для работы АСК и АСР.

Кроме основных элементов автоматических систем часто используются и вспомогательные устройства различного назначения (линии связи, блоки питания, сигнальные устройства).

Все основные блоки АСК и АСР, соединяющиеся между собой внутренними связями, осуществляют определенное преобразование сигнала от предыдущего блока и передают сигнал последующему. Действие всей системы определяется, таким образом, не только характеристикой отдельных блоков, но и внутренними связями между ними. Необходимо также помнить, что уровень автоматизации во многом зависит от применяемого оборудования и характера технологических процессов. Поэтому необходимо изучить основные процессы хлебопечения с точки зрения контроля и регулирования, которые определяют выбор основных блоков АСК и АСР и их функционирование на современных хлебозаводах.

Автоматизация производства приводит к повышению качества продукции и более эффективному использованию сырья, материалов и промежуточных продуктов, сокращению потерь производства;

уменьшению износа оборудования, повышению производительности машин и аппаратов, нормализации технологических процессов; снижению расходов на единицу готовой продукции по топливу, энергии, воде и дополнительному сырью; повышению надежности и безопасности работы оборудования, улучшению условий труда, изменению его содержания.

В связи с этим повышается квалификация рабочих, создаются условия для творческого участия в производственном процессе. Таким образом, автоматизация является одной из важнейших основ научно-технического прогресса в различных областях промышленности, в том числе и хлебопекарной. Следует отметить, что автоматизация несколько не уменьшает значения всех других форм совершенствования технологии и организации производства, применения более современного оборудования. Общей целью автоматизации, как и всех этих форм, является повышение технико-экономической эффективности производства, которая во многом зависит от уровня эксплуатации современных технических средств.

§ 2. СТРУКТУРА СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИИ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Современные хлебопекарные предприятия подразделяются на хлебозаводы и пекарни.

Хлебозаводы — промышленные предприятия, предназначенные для массового производства хлеба, булочных, мучных кондитерских и бараночных изделий, все основные производственные процессы которых механизированы.

Пекарни — предприятия, вырабатывающие изделия в сравнительно небольшом количестве (до 15 т/сут) с механизацией наиболее трудоемких производственных процессов.

Хлебопекарные предприятия обычно классифицируются по следующим основным признакам: производственной мощности, степени механизации, производственному профилю, схеме производственного потока.

Хлебопекарные предприятия делятся на три группы: большой производственной мощности (более 100 т/сут), средней (20—100 т/сут) и малой (до 20 т/сут).

Производственная мощность предприятия устанавливается по ржаному формовому хлебу массой 1 кг.

По степени механизации различают механизированные и автоматизированные предприятия.

К механизированным относятся предприятия, на которых основные производственные процессы механизированы, однако имеются и ручные технологические операции с применением подкатных дежей, передвижных этажерок и т. д.

На автоматизированных предприятиях используются комплексные поточные линии, на которых механизированы и автоматизированы все технологические процессы. Как уже отмечалось, автоматизация бывает частичной и комплексной.

Частичная автоматизация каждого отдельного агрегата (бункера бестарного хранения муки, тесторазделочные агрегаты непрерывного действия, автоматические дозаторы) является весьма важным условием повышения производительности труда и улучшения качества продукции в хлебопекарной промышленности. Наибольший эффект дает комплексная автоматизация, т. е. объединение всех агрегатов в автоматическую поточную линию — единый комплекс с общей системой управления, с согласованием производительности и циклических агрегатов. В настоящее время решается важнейшая задача по комплексной автоматизации и внедрению АСК и АСР основных технологических параметров, что в итоге позволит создать автоматизированные хлебозаводы, отвечающие современному уровню технологии производства.

По производственному профилю различают специализированные, ассортиментные и комбинированные предприятия. Специализированные предприятия вырабатывают в массовом количестве определенные сорта хлеба, пользующиеся наибольшим спросом у населения. Ассортиментные предприятия выпускают хлебобулочные изделия в ассортименте. Комбинированные предприятия (булочно-кондитерские комбинаты) выпускают как массовые количества формового и подового хлеба, так и мелкоштучные изделия. Проектирование типа предприятия зависит от населения, местных традиций, экономического положения.

Схемы производственных потоков могут быть кольцевые, прямолинейные и тупиковые.

В настоящее время на современных хлебозаводах различают три основных участка: мучной склад и отделение для хранения и подготовки дополнительного сырья, основное хлебопекарное производство и хлебохранилище.

Склады муки и дополнительного сырья, а также хлебохранилище на всех хлебозаводах являются общими для всех производств венных поточных линий. Основное хлебопекарное производство включает в себя приготовление, разделку и расстойку теста, а также выпечку хлеба и осуществляется на специализированных линиях, установленных в производственных помещениях. Таким образом, для изучения вопросов автоматизации процессов хлебопечения весь процесс изготовления хлеба можно разбить на следующие основные технологические участки: прием и хранение основного и дополнительного сырья, дозирование и транспортирование компонентов, приготовление теста, разделка теста, выпечка хлеба, хранение и транспортировка хлеба.

На участках хранения, дозирования и транспортировки основного и дополнительного сырья главным направлением автоматизации производства является использование бестарного способа транспортирования и хранения муки, что позволит снизить трудоемкость погрузочно-разгрузочных работ, отказаться от применения десятков миллионов мешков и снизить потери от мучного распыла. При бестарном транспортировании муки автомуковоз взвешивают на автомобильных весах. Мука подается аэрозольтранспортом

в бункера для хранения. Перед поступлением на производство муку просеивают, очищают от металлопримесей и взвешивают на автоматических весах АМ-100, после чего направляют в производственные силосы для создания оперативного запаса. На производство муки подают пневмотранспортом в автомукомер, установленный у месильной машины.

Дополнительное сырье доставляется на хлебозаводы специализированным автотранспортом, и при поступлении сырья в жидком виде перекачивается насосами в емкости для хранения. Если сырье поступает в сухом виде, то его растворяют в специальных установках и хранят в емкостях. На замес теста оно поступает по трубопроводам в расходные бачки и оттуда в дозировочные устройства.

Автоматизация на участке приготовления и разделки теста основана на применении тестоприготовительных агрегатов непрерывного действия типа ХТР, кольцевых конвейеров хлебозаводов системы Г. П. Марсакова. Для замеса теста на больших густых опарах обычно используют тестоприготовительные агрегаты бункерного типа непрерывного действия системы Н. Ф. Гатилина, И8-ХАГ-6, РМК-7, ЛИ-ХАГ-13. В этих агрегатах мука, вода жидкие ингредиенты и дрожжи, т. е. исходное сырье постоянно дозируются в емкость месильной машины непрерывного действия, где они смешиваются в однородную массу. Замешенное тесто подается шнековым питателем в секционный бункер, откуда выброженное тесто поступает в тестоделительную машину.

Для разделки пшеничного теста используется в основном агрегат ХТЛ, ржаного теста — делители «Кузбасс» и ХДФ-ЗМ. Расстойка кусков теста осуществляется в различных конвейерных шкафах.

Для выпечки хлеба и булочных изделий используются тоннельные печи типа ПХС и ПХК, БН, а также тупиковые печи типа ФТЛ и ХПА-40. Разработка новых типов печей преследует следующую цель: снижение удельных расходов топлива, электроэнергии, потерь теплоты; стабилизацию термовлажностного режима в пекарных камерах; снижение потерь от упека хлеба.

Участок хранения хлеба предназначен для накопления оперативного запаса продукции для своевременного и полного обеспечения предприятий торговой сети. Основным направлением автоматизации этого участка является автоматическая укладка хлеба в лотки и на вагонетки, транспортировка их в хлебохранилищах, погрузка в автомашины. В настоящее время такие схемы автоматизации хлебохранилищ разработаны УкрНИИпродмашем и находят применение на хлебозаводах.

Рассмотрим основные требования, предъявляемые к хлебопекарным предприятиям при автоматизации процессов хлебопечения. Осуществление автоматизации определяется наличием ряда условий, связанных с готовностью предприятия к ее внедрению. К ним относятся: необходимый уровень механизации технологических процессов, тип и расположение оборудования, энергетическая база и организация производства. Особенностью многих действующих

предприятий хлебопекарной промышленности является разнотипность используемого оборудования и различный уровень механизации производственных процессов. Этим во многом объясняется ограниченный объем внедрения автоматизации процессов хлебопечения. Для наиболее эффективной автоматизации необходимы: полная механизация основных и вспомогательных операций (бестарное хранение и транспортировка муки); осуществление непрерывных технологических процессов (использование комплексных поточных линий); специализация производства (настройка технологических линий на определенный вид хлебобулочных изделий).

Разработанные в последние годы технологические схемы производства хлеба с учетом указанных требований создали предпосылки для разработки полностью автоматизированных предприятий хлебопекарной промышленности.

§ 3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УЧАСТКОВ ХЛЕБОЗАВОДОВ

Рассмотрим параметры технологических процессов основных участков хлебозаводов, которые необходимо контролировать или регулировать.

Прием, хранение и транспортирование муки. На современных хлебозаводах автоматизация погрузочно-разгрузочных работ, связанных с приемом, хранением и транспортированием муки, осуществляется на основе использования систем пневмотранспорта и бестарного хранения муки. При этом особое значение имеет контроль количества (массы) муки в бункерах бестарного хранения. Для этой цели используются весовые (обычно тензометрические) устройства, а также сигнализаторы уровня муки. При длительном хранении муки также необходимо контролировать температуру. Завалы муки при транспортировке в распределительных и питательных шнеках контролируются мембранными датчиками давления, устанавливаемыми на стенках кожухов в местах наиболее вероятного скопления муки.

Для использования пневмотранспорта необходимо иметь достаточный запас транспортирующего воздуха, стабилизированного давления, что обеспечивается компрессорными установками, в которых осуществляется контроль параметров воздуха, охлаждающей воды, масла, в первую очередь давления, температуры и расхода. Давление воздуха в пневмотранспорте поддерживается обычно в пределах 200—300 кПа, расход воздуха составляет до 20 м³/мин.

Кроме автоматического контроля параметров муки, в ходе технологического процесса пользуются данными лабораторного анализа, куда входит определение влажности, цветности, кислотности и хлебопекарных свойств.

Приготовление растворов и дозировка ингредиентов. Важное значение при автоматизации приготовления растворов имеет стабилизация параметров растворов, которая определяет во многом

вкусовые качества готовой продукции. К основным параметрам относятся концентрация и температура растворов. Стабилизация концентрации способствует соблюдению заданной рецептуры теста, а регулирование температуры создает благоприятные условия для нормального брожения. Кроме этих параметров, необходимо также контролировать расход воды и дозировку растворяемого продукта (сахара или соли), а также и расход самого раствора. В расходных емкостях устанавливаются сигнализаторы верхнего и нижнего уровня растворов. В качестве других ингредиентов для приготовления теста используются также расплавленные жиры и дрожжи. При автоматизации операций по подготовке жиров и приготовления жидких дрожжей контролируется температура и количество сырья, а также его влажность. В лабораториях хлебозаводов измеряется также кислотность хлебопекарных полуфабрикатов.

Тестоприготовление. Автоматизация операций и технологических процессов тестоприготовления во многом зависит от требований технологии и конструктивных особенностей тестоприготовительных агрегатов и обычно включает в себя: автоматическое управление машинами и механизмами тестоприготовительного агрегата по заданной программе со стабилизацией продолжительности брожения опары и теста; автоматический контроль и регулирование расхода ингредиентов опары теста (обычно в пределах 28—32 °С); контроль влажности и кислотности опары и теста.

Важнейшей задачей тесторазделочной линии является обеспечение постоянной массы кусков теста. Для большинства хлебобулочных изделий отклонение в массе допускается не более $\pm 2,5\%$ от установленной нормы. Поэтому основным направлением автоматизации на этом участке является автоматический контроль и регулирование массы кусков теста. Для выдерживания правильного хода тестоприготовления необходимы автоматический учет количества выходящих из тестоделительной машины кусков теста, контроль и регулирование температуры и влажности воздуха в шкафу конвейера окончательной расстойки, стабилизация продолжительности расстойки.

Выпечка. Важнейшим этапом технологического процесса производства хлеба является выпечка, от продолжительности которой и термовлажностного режима в основных зонах пекарной камеры зависит качество хлеба. Термовлажностный режим характеризуется температурой 200—300 °С и относительной влажностью 70—80%. При работе печей на газообразном или жидком топливе необходимо обеспечить автоматический контроль наличия факела, а также предусмотреть автоматизацию его зажигания. В схему автоматизации хлебопекарных печей входят также измерительные преобразователи разрежения в муфелях печи; расхода пара, поступающего в пекарную камеру для увлажнения среды, расхода топливного газа, сигнализаторы отклонения параметров процесса выпечки от нормированных значений.

В лабораториях хлебозаводов осуществляется контроль качества готовых изделий, который проводят в соответствии с действующими нормами.

К контролируемым параметрам, определяющим качество хлеба, относятся масса изделия, физико-химические свойства (влажность, кислотность, пористость), цветность корки и мякиша, а также вкус и аромат.

Анализируя изложенные особенности автоматизации основных технологических участков хлебозаводов, можно сделать вывод, что наибольшее распространение получили приборы контроля и регулирования температуры, давления и разрежения, расхода и количества вещества, уровня и физико-химических свойств.

Автоматизация процессов хлебопечения требует введения диспетчерской службы, задача которой заключается в постоянном контроле параметров на всех участках хлебозавода, создании ритмичной и бесперебойной работы хлебозаводов, повышении качества готовой продукции. Регистрирующие измерительные приборы систем АСК и АСР размещаются на панелях диспетчерских щитов и дают возможность непрерывно следить за состоянием основных параметров в процессе производства. Кроме того, на этих щитах устанавливаются управляющие органы, позволяющие осуществлять настройку оптимальных режимов работы и при необходимости вносить изменения в ход технологического процесса.

Внедрение автоматизации процессов хлебопечения осуществляется в настоящее время по следующим основным трем направлениям: автоматизация контроля и регулирование основных параметров технологических процессов на всех участках производства; автоматическое управление работой всех устройств и агрегатов складов основного и дополнительного сырья, а также хлебохранилищ; управление хлебопекарными предприятиями с помощью автоматизированных систем управления (АСУ) с применением ЭВМ.

Реализация этих направлений связана с совершенствованием оборудования хлебозаводов и определяет будущее хлебопекарного производства.

Глава II. ПРИБОРЫ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

§ 4. КОНТРОЛЬ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

Температура — важный параметр, характеризующий технологические процессы пищевой промышленности. В хлебопекарной промышленности она имеет особое значение, так как вся продукция проходит тепловую обработку. От точности измерения и поддержания температуры на различных стадиях технологического процесса во многом зависит качество готовой продукции.

В соответствии с системой СИ, которая принята в СССР, за основу измерений температуры принята абсолютная термодинамическая шкала Кельвина. Температура, измеренная в градусах этой шкалы, обозначается через T и измеряется в кельвинах (К). Отсчет градусов по шкале Кельвина производится от абсолютного нуля,

который ниже точки таяния льда на 273,16 К. Таким образом, в абсолютной термодинамической шкале Кельвина нет отрицательных температур, так как в природе не существует температур ниже точки абсолютного нуля.

Наряду с этой шкалой принята международная температурная шкала (МПТШ-68), принятая в 1968 г. Международным комитетом мер и весов. МПТШ-68 введена как обязательная с 1971 г. Температура, измеренная по этой шкале, обозначается t и измеряется в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$). Зависимость между значениями температур по этим двум шкалам выражается равенством

$$T = 273,16 + t. \quad (1)$$

Термометры расширения. Термометр — средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации о температуре в форме, удобной для восприятия наблюдателю.

Принцип действия термометров расширения основан на использовании свойства жидкостей и газов изменять свой объем, а твердых тел — размеры при изменении температуры.

Термометры расширения изготавливают как единое конструктивное устройство, снабженное шкалой, предназначенной для представления информации наблюдателю. Термометры расширения подразделяются на жидкостные, дилатометрические, манометрические.

Жидкостные термометры расширения. Принцип действия жидкостных термометров основан на различии коэффициентов объемного расширения материала оболочки термометра и жидкости, заключенной в ней. Пределы измерения жидкостных термометров от минус 190 до 600 $^{\circ}\text{C}$.

Термометры снабжены резервуаром с капиллярной трубкой и шкалой. Резервуар заполнен термометрической жидкостью, объем которой меняется в зависимости от температуры. В соответствии с этим жидкость устанавливается в капилляре на определенном уровне, который является мерой измеряемой температуры. В зависимости от диапазона измеряемых температур термометры заполняются различными термометрическими жидкостями. Кроме ртути, в качестве термометрического вещества используются и другие жидкости, например спирт.

По конструктивному исполнению жидкостные термометры выпускаются двух основных типов — палочные и с вложенной шкалой (прямые и угловые). Первые представляют собой толстостенный капилляр, на внешней поверхности которого нанесена шкала. Термометры с вложенной шкалой состоят из капиллярной трубки, помещенной в стеклянную оболочку, за капиллярной трубкой установлена шкала, выполненная из стекла, алюминия или бумаги.

По назначению жидкостные термометры, применяемые в пищевой промышленности, подразделяются на технические лабораторные и специальные контактные.

Контактные термометры заполняются ртутью, в капилляр впаиваются два или несколько контактов. Такие термометры могут быть

использованы в сигнализаторах и регуляторах температуры. Выпускаются также термометры с переменным контактом и магнитной регулировкой. В этих термометрах температура контактирования может изменяться в широких пределах и устанавливается вращением магнитной головки, поэтому они нашли широкое применение в позиционных регуляторах температуры. Типы жидкостных термометров приведены на рис. 2.

Дилатометрические термометры расширения.
 Принцип действия дилатометрических термометров основан на использовании теплового линейного расширения твердых тел (стержней, пластинок, спиралей).

Линейные размеры тела зависят от температуры:

$$l = l_0 (1 + \alpha \Delta t), \quad (2)$$

где l_0 первоначальная длина, мм; α — температурный коэффициент линейного расширения материала, мм/°С; Δt — изменение температуры, °С.

Величина α различных материалов неодинакова. В дилатометрических термометрах используются два материала, один из которых имеет высокий, а другой низкий температурный коэффициент линейного расширения.

На рис. 3 приведено устройство дилатометрического термометра. Трубка 1 выполнена из материала с высоким коэффициентом линейного расширения (обычно из латуни), а стержень 2 из материала

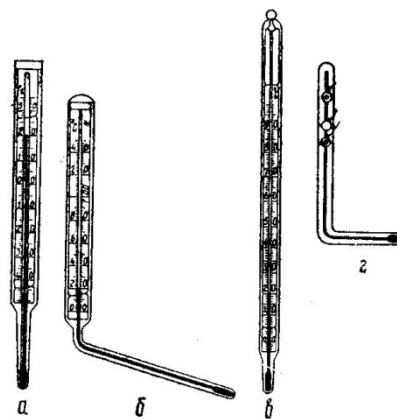


Рис. 2. Жидкостные термометры расширения:
 а — технический с вложенной шкалой; б — технический с вложенной шкалой, угловой; в — лабораторный палочный; г — двухконтактный угловой термоконтактор.

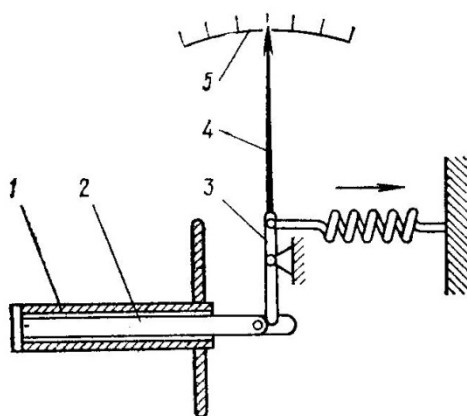


Рис. 3. Дилатометрический термометр

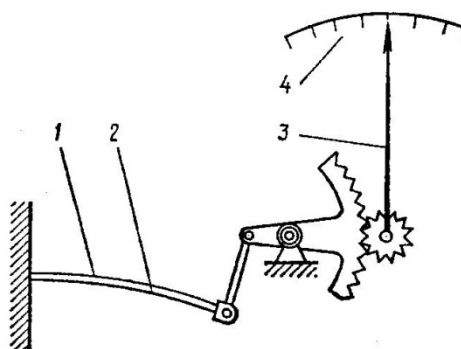


Рис. 4. Биметаллический термометр

с низким коэффициентом. При нагревании трубка и стержень удлиняются на различную величину. Это удлинение через рычаг 3 передается стрелке 4, что приводит к ее перемещению относительно шкалы 5. Дилатометрические термометры применяются в основном для сигнализации и позиционного регулирования температуры.

Разновидностью дилатометрических термометров являются биметаллические термометры, в которых термометрический чувствительный элемент выполнен в виде пластинки или спирали из биметалла. Биметалл представляет собой материал, сваренный из двух слоев металла с различными коэффициентами температурного расширения. Обычно используется латунь ($\alpha=0,189 \cdot 10^{-4}$) и инвар ($\alpha=0,009 \cdot 10^{-4}$). Устройство биметаллического термометра представлено на рис. 4. При нагреве биметаллического элемента происходит его изгиб в сторону металла 2 с меньшим, а при охлаждении в сторону металла 1 с большим коэффициентом температурного расширения.

С помощью специального рычажного устройства изгиб биметаллического элемента преобразуется в поворот стрелки 3 относительно шкалы 4.

Биметаллические термометры применяются для измерения, сигнализации и позиционного регулирования температуры. Биметаллические термометры используются в бытовых газовых духовках и электрических плитах.

Манометрические термометры расширения. Принцип действия манометрических термометров основан на тепловом расширении газов и жидкостей. Предел измерения манометрических термометров — от минус 120 до 600°C.

На рис. 5 показано устройство манометрического термометра, который состоит из герметично замкнутой термометрической системы, состоящей из термобаллона 1, соединительного капилляра 2, упругого элемента 3 и показывающего или регистрирующего устройства. В зависимости от заполнения термометрической системы термометры бывают трех видов: газовые, заполненные азотом; жидкостные, заполненные полиметилсилоксановыми жидкостями; конденсационные, заполненные ацетоном или фреоном.

Газовые термометры имеют линейную шкалу и большую длину соединительного капилляра, что позволяет размещать показывающий прибор в удобном месте. Жидкостные термометры также имеют линейную шкалу, но их инерционность меньше, чем в газовых. В конденсационных термометрах термобаллон примерно на 2/3 объема заполнен легкокипящей жидкостью. При повышении температуры жидкость начинает испаряться и давление в баллоне растет. Но увеличение давления происходит непропорционально температуре, поэтому шкала прибора нелинейная. Конденсационные термометры наиболее чувствительны, однако диапазон измерения их невелик.

Манометрические термометры расширения просты по своему устройству, дешевы и надежны, поэтому они нашли широкое применение

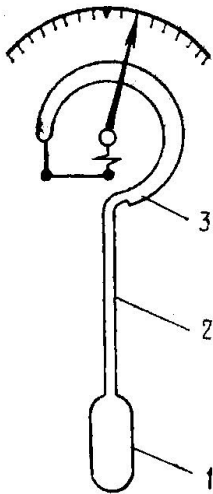


Рис. 5. Манометрический термометр

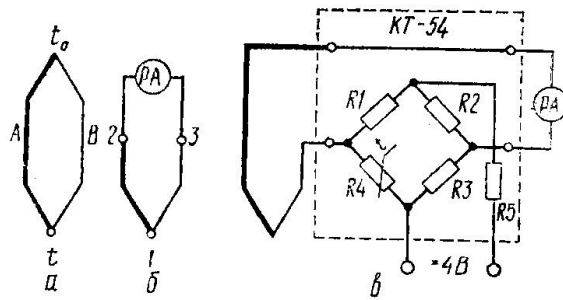


Рис. 6. Термоэлектрические преобразователи:

a — термоэлектрическая цепь из двух проводников; *б* — термоэлектрический термометр; *в* — термоэлектрический термометр с автоматической компенсацией термоэлектрической ЭДС холодного спая

в пищевой промышленности. Применяются они для измерения, сигнализации и позиционного регулирования температуры.

Измерительные преобразователи температуры. Измерительным преобразователем температуры называется средство измерения, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации о температуре в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и хранения по не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателя.

В настоящее время в пищевой промышленности нашли широкое применение два типа измерительных преобразователей температуры: термоэлектрические преобразователи и термопреобразователи сопротивления.

Термоэлектрические преобразователи. Эти приборы относятся к генераторным преобразователям, в которых выходной величиной является ЭДС, функционально связанная с измеряемой неэлектрической величиной.

Термоэлектрические преобразователи преобразуют изменение температуры в изменение выходного напряжения постоянного тока. В этом преобразователе термометрическим чувствительным элементом служит термопара. Действие термопары основано на термоэлектрическом явлении, сущность которого состоит в том, что в замкнутой цепи из двух разнородных проводников возникает электрический ток, если места спаев проводников нагреты до разных температур. Простейшая цепь, состоящая из двух разнородных проводников, показана на рис. 6,а. Цепь термопары состоит из двух термоэлектродов А и В. Спай, имеющий температуру t , называется горячим или рабочим. Спай, имеющий температуру t_0 , называется холодным. В спае возникает термоэлектродвижущая сила, значение которой зависит от материалов А и В и температуры спая.

При подключении термопары к вторичному прибору, кроме рабочего спая 1 (рис. 6,б), появляются еще два холодных спая 2 и

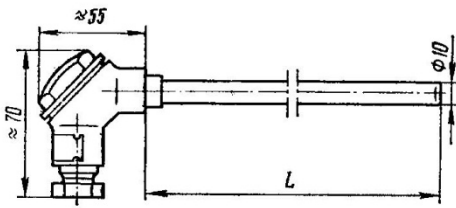


Рис. 7. Термоэлектрический преобразователь.

3. Суммарная результирующая ЭДС этих спаев равна ЭДС холодного спая термопары из материалов А и В. Для точного измерения температуры с помощью спая необходимо поддерживать температуру холодного спая постоянной или компенсировать изменение ЭДС холодного спая, возникающее под действием изменения температуры окружающей среды, с

помощью внешнего источника. Для этой цели может быть использован специальный термоэлектрический термометр с автоматической компенсацией термоэлектрической ЭДС холодного спая (рис. 6, в).

Номиналы резисторов подобраны так, что мост сбалансирован при температуре окружающей среды 20 °С. При изменении температуры баланс моста нарушается, на его выходе появляется напряжение, компенсирующее изменение термоэлектродвижущей силы холодного спая термопары.

Для большинства термоэлектродных материалов зависимости термоэлектродвижущей силы от температуры достаточно сложны, как правило, их находят по таблицам.

В СССР стандартизировано пять основных типов технических термопар. Основные характеристики этих термопар приведены в справочника«.

На рис. 7 изображен термоэлектрический преобразователь температуры распространенной конструкции, которая наиболее часто применяется при изменении температуры в пищевой промышленности. Защитный чехол термопары, как правило, выполнен из нержавеющей стали X18H10T.

Термопреобразователи сопротивления. Эти приборы относятся к параметрическим преобразователям, в которых выходной величиной является параметр электрической цепи [R, L, C, M). В дальнейшем эта величина может быть легко измерена.

Термопреобразователи сопротивления преобразуют изменение температуры в изменение сопротивления термометрического чувствительного элемента.

В качестве термометрического чувствительного элемента широко используются медные терморезисторы и реже — платиновые.

Для медных терморезисторов в диапазоне рабочих температур от минус 50 °С до плюс 180 °С зависимость сопротивления от температуры выражается формулой.

$$R = R_0 (1 + \alpha \Delta t), \quad (3)$$

где R и R₀ — сопротивления термометрического чувствительного элемента при текущем значении температуры и при 0°С, Ом; α — температурный коэффициент сопротивления меди, α=4,26·10⁻¹, 1/°С; Δt — возрастание температуры относительно 0°С.

Вследствие того, что диапазон применения платиновых термометрических чувствительных элементов значительно больше, чем медных (минус 200 ÷ плюс 650 °С), зависимость сопротивления от температуры не может быть аппроксимирована прямой.

Начальное сопротивление термометрического чувствительного элемента при 0°С определяется градуировкой. Градуировки применяются по группам 20—24. Материалом для термосопротивлений градуировок групп 20, 21 и 22 служит платина, а для градуировок 23 и 24— медь.

Термопреобразователи сопротивления выпускаются в нескольких конструктивных исполнениях. Для технических целей наиболее часто применяется конструкция, аналогичная используемой для термоэлектрических преобразователей (см. рис. 7).

В последние годы в качестве термопреобразователей сопротивления находят применение поликристаллические и монокристаллические полупроводниковые терморезисторы.

Поликристаллические полупроводниковые терморезисторы имеют большой диапазон начальных сопротивлений (от единиц Ом до сотен кОм), высокое значение коэффициента температурной чувствительности и большое число разнообразных конструкций. Однако им присущи некоторые недостатки: нелинейная зависимость сопротивления от температуры, отсутствие взаимозаменяемости, изменение хранения характеристик при старении.

Кремниевые монокристаллические полупроводниковые терморезисторы обладают линейностью характеристик и высокой стабильностью параметров; сейчас осваивается их выпуск.

Полупроводниковые терморезисторы пока не нашли широкого применения в промышленности, но уже применяются в ряде лабораторных приборов.

§ 5. КОНТРОЛЬ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ДАВЛЕНИЯ И РАЗРЕЖЕНИЯ

Давлением называется величина, численно равная силе, действующей перпендикулярно на единицу площади.

В международной системе единиц СИ в качестве единицы давления принято давление, называемое силой в 1 Н, равномерно распределенной по площади поверхности в 1 м² и выражаемой в паскалях (Па).

Различают абсолютное (полное) и относительное (избыточное) давление.

Относительное давление равно разности между абсолютным и атмосферным давлением.

Если абсолютное давление меньше атмосферного, то разность между атмосферным и абсолютным давлением называется разрежением или вакуумом. Приборы, предназначенные для измерения избыточного давления, называются манометрами, для измерения атмосферного давления — барометрами, для измерения вакуума — вакуумметрами.

Если предел измерения манометра не превышает 40 кПа, то прибор называется напоромером, а если предел измерения вакуумметра не превышает 40 кПа, то прибор называется тягомером.

Для измерения двух величин выпускаются специальные приборы — тягонапоромеры и мановакуумметры.

По принципу действия приборы для измерения давления подразделяются на жидкостные, деформационные, грузопоршневые и электрические. В жидкостных приборах измеряемое давление или разность давлений уравнивается давлением столба жидкости; в деформационных приборах измеряемое давление или разность давлений определяется по величине деформации упругих чувствительных элементов или развиваемой ими силе; в грузопоршневых приборах измеряемое давление уравнивается давлением, создаваемым массой поршня и грузов; в электрических приборах действие основано на зависимости электрических параметров манометрического чувствительного элемента от измеряемого давления.

Жидкостные приборы. Приборы этой группы отличаются простотой устройства, эксплуатации и высокой точностью. Они нашли применение как лабораторные, поверочные и технические.

Измеряемое давление определяется по высоте столба рабочей жидкости, в качестве которой часто применяется ртуть, спирт, а также вода.

Простейшим жидкостным прибором является двухтрубный жидкостный манометр (рис. 8,а). Прибор состоит из U-образной стеклянной трубки, укрепленной на панели со шкалой и заполненной до определенного уровня рабочей жидкостью.

К одному концу трубки подводят измеряемое давление, а другой конец выводят в атмосферу. Установившаяся под действием разности давлений высота столба жидкости является мерой избыточного давления:

$$p = \rho h, \quad (4)$$

где p — избыточное давление, Па; ρ — плотность рабочей жидкости, кг/м^3 ; h — высота столба жидкости, м.

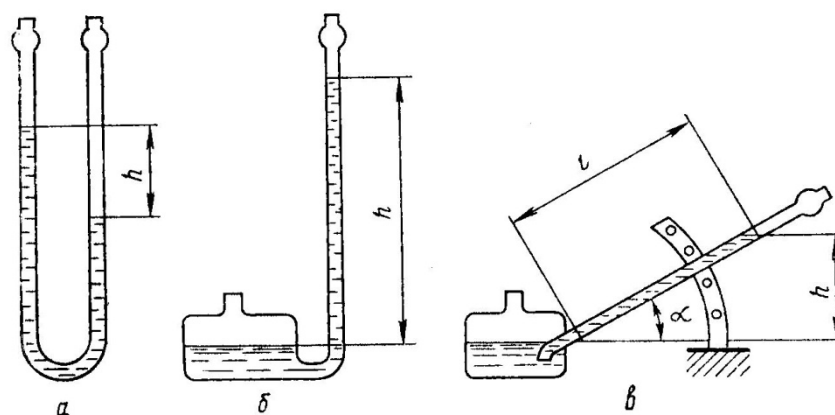


Рис. 8. Жидкостные стеклянные манометры и микроманометры: а — двухтрубный; б — однотрубный; в — микроманометр

Недостатком двухтрубного манометра является необходимость двух отсчетов для определения высоты столба жидкости.

Этот недостаток устранен в однотрубном манометре (рис. 8,б), который отличается от двухтрубного тем, что одна из трубок заменена широким сосудом, заполненным рабочей жидкостью. К сосуду подводится измеряемое давление, а конец трубки остается открытым. При этом уровень жидкости в сосуде понижается, а в трубке повышается. Поскольку сечение сосуда гораздо больше, чем сечение трубки, то понижением уровня жидкости в сосуде можно пренебречь. В этом случае избыточное давление определяют по перемещению уровня жидкости в трубке относительно нулевой отметки шкалы.

Для измерения очень малых давлений применяются однотрубные манометры с наклонной трубкой (рис. 8,е). Высота столба жидкости h , уравнивающего избыточное давление, равняется

$$h = l \sin \alpha, \quad (5)$$

где l — перемещение мениска жидкости по шкале, мм; α — угол наклона трубки.

Изменяя угол α , можно менять предел измерения микроманометра.

К жидкостным приборам относятся поплавковые и колокольные дифманометры.

Принцип действия поплавковых дифманометров основан на измерении перемещения поплавка, плавающего в рабочей жидкости, а принцип действия колокольного дифманометра — на измерении выталкивающей силы, действующей на колокол, который плавает в рабочей жидкости. Эти приборы используются для измерения малых давлений и разрежений, а также для измерения перепада давлений. В настоящее время жидкостные приборы в значительной мере вытеснены деформационными.

Деформационные приборы. Принцип действия деформационных приборов основан на упругой деформации манометрических чувствительных элементов: одновитковых и многovitковых трубчатых пружин, мембран и мембранных коробок, сильфонов.

Под влиянием давления трубчатые пружины (рис. 9) овального или эллиптического профиля деформируются. Если внутри трубки создается избыточное давление, то она стремится раскрутиться, а если разрежение, то она дополнительно закручивается. Свободный конец трубчатой пружины через зубчатую передачу или систему тяг связан со стрелкой. Перемещение свободного конца трубки обычно невелико, поэтому часто применяются многovitковые трубчатые пружины (см. рис. 9, б), у которых это перемещение значительно больше, чем у одновитковых. Манометры, где в качестве манометрического чувствительного элемента используются одновитковые трубчатые пружины (см. рис. 9,а), являются самым распространенным средством измерения давления. Промышленность выпускает большое количество измерительных приборов, предназначенных для снятия отсчета, сигнализации и позиционного регулирования, регистрации результатов измерения, а также измерительные

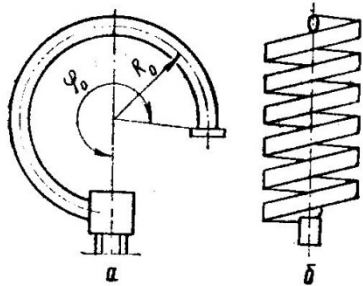


Рис. 9. Упругие чувствительные элементы деформационных манометров:
a — одновитковая трубчатая пружина; *b* — многовитковая

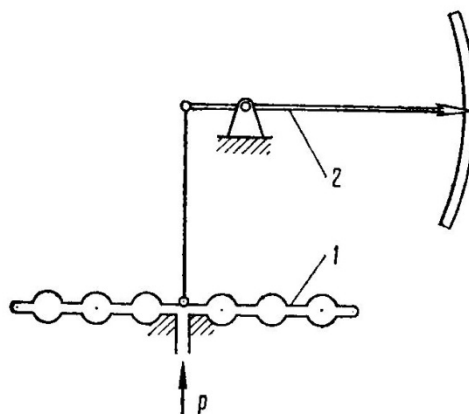


Рис. 10. Мембранный тягонапоромер

преобразователи давления с одновитковой трубчатой пружиной и пневматическим или электрическим выходом.

Манометры с одновитковой трубчатой пружиной выпускаются с верхними пределами измерений 0,098—980 МПа.

Мембранные приборы изготавливаются с металлической упругой или мягкой (вялой) мембраной и дополнительной пружиной.

На рис. 10 приведена схема мембранного тягонапоромера. Прибор состоит из герметичной мембранной коробки 1 с двумя круглыми гофрированными металлическими мембранами, спаянными по периметру. При повышении давления внутри мембранной коробки мембраны стремятся разойтись, а при уменьшении сблизиться. Это движение мембраны через систему рычагов передается стрелке 2 и приводит ее к перемещению.

Измерительные приборы подобной конструкции позволяют измерять давление в пределах 0—24500 Па.

Поскольку вялая мембрана упругими свойствами не обладает, то для создания уравнивающей силы используются специальные пружины, например, конструкция мембранного реле давления, изображенная на рис. 11. Мембрана 1 из эластичной резины зажата между корпусом и крышкой. Над мембраной помещен упор 2, воспринимающий нагрузку и через шток 3 воздействующий на контактное устройство 4. Внутри корпуса помещены пружина 6 и гайка 5, с помощью которых регулируется давление срабатывания. Тарелка 7 ограничивает ход упора и предотвращает разрыв мембраны. При отсутствии давления шток под воздействием пружины занимает крайнее нижнее положение. При определенном значении давления осевое усилие, создаваемое мембраной, преодолевает сопротивление пружины и штока, перемещаясь вверх, производит переключение контактной системы.

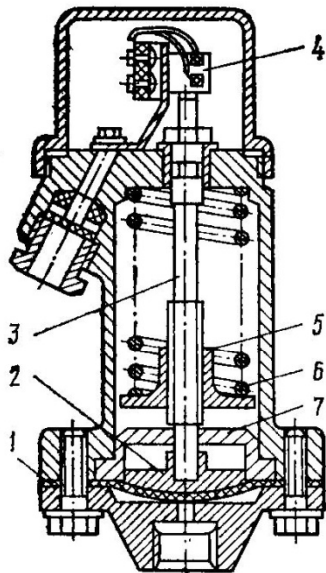


Рис. 11. Мембранное реле давления с вялой мембраной

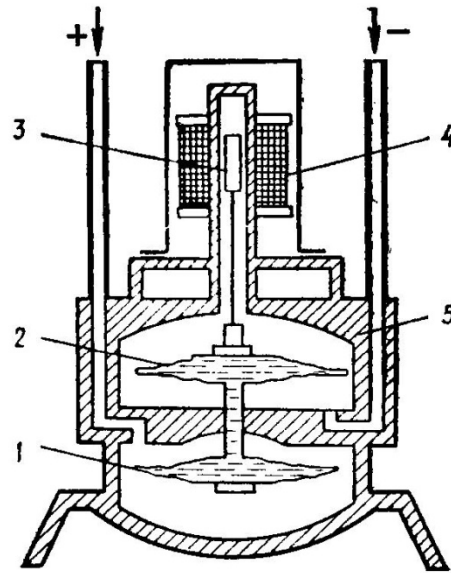


Рис. 12. Мембранный измерительный преобразователь давления с дифференциально-трансформаторным выходом

Наиболее широко мембранные приборы используются для измерения перепадов давления, т. е. в качестве дифманометров.

На рис. 12 изображено устройство мембранного измерительного преобразователя давления с дифференциально-трансформаторным выходом. Манометрический чувствительный элемент состоит из двух мембранных коробок 1 и 2, между которыми помещена разделительная диафрагма. Внутренние полости коробок заполнены дистиллированной водой и сообщаются между собой. Плюсое давление P_1 подводится в нижнюю камеру, а минусое P_2 — в верхнюю камеру корпуса 5.

При увеличении перепада давления нижняя мембранная коробка сжимается и жидкость из нее перетекает в верхнюю коробку, на которой закреплен плунжер 3 дифференциально-трансформаторного преобразователя 4. В качестве вторичного показывающего прибора можно использовать самопишущий измерительный прибор типа КСДЗ.

Мембранные измерительные преобразователи давления подобного типа выпускаются для перепадов давления от 1,6 до 630 кПа и рабочего давления среды до 25 МПа. Они широко применяются в А-СК и АСР давления и расхода.

Подобно мембранным широко распространены сильфонные приборы, в которых в качестве манометрического чувствительного элемента используется цилиндрическая тонкостенная оболочка с кольцевыми складками (гофрами), называемая сильфоном. Обычно диаметр сильфонов лежит в пределах 12—100 мм, длина 13—100 мм, число гофров 4—24. Рабочий ход сильфонов составляет

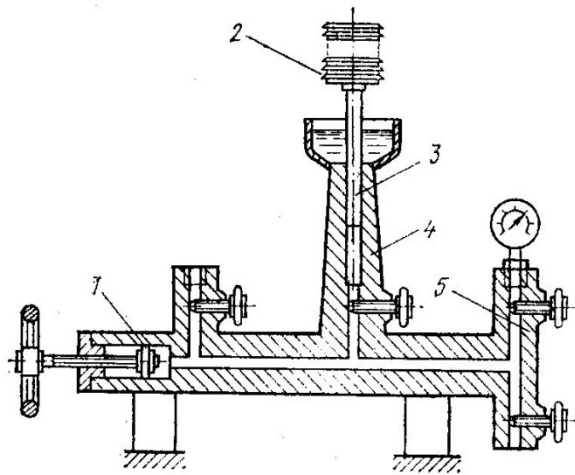


Рис. 13. Грузопоршневой манометр

измеряющие давление с высокой точностью, применяются главным образом для проверки других типов манометров в лабораторных условиях.

Грузопоршневой манометр (рис. 13) состоит из корпуса 5, колонки 4 и поршня 3. На корпусе прибора имеются посадочные места для установки поверочного и образцового манометров. Давление жидкости внутри каналов создается либо поршнем 3, нагруженным калиброванными грузами 2, либо перемещением специального поршня 1. Вертикально расположенный поршень пригнан к цилиндру так, что зазор между ними не превышает нескольких микрон. Это исключает необходимость применения уплотнительных устройств, а, следовательно, уменьшает трение и вызываемые им погрешности.

При использовании калиброванных грузов давление жидкости p можно определить из соотношения

$$p = mg/S, \quad (6)$$

где m — масса поршня с грузами, кг; g — ускорение свободного падений m/c^2 ; S — площадь поршня, m^2 .

В качестве рабочей жидкости в приборе обычно используют трансформаторное масло. Класс точности грузопоршневого манометра высок и в зависимости от пределов измерения составляет 0,02 и 0,05.

Электрические приборы. При научных исследованиях часто возникает потребность в измерении быстроменяющихся и сверхвысоких давлений. При этом обычные средства измерения не применимы, поэтому используются специальные типы манометрических чувствительных элементов, преобразующие информацию о давлении либо в электрический сигнал, либо в изменение параметра электрической цепи. На рис. 14 изображены некоторые разновидности таких измерительных преобразователей.

2,8—21 мм. По сравнению с плоской мембраной сильфон является более чувствительным упругим элементом.

Приборы с сильфоном применяются для измерения избыточного давления и разрежения в качестве дифференциальных манометров. Рабочей средой может являться жидкость и газ.

Верхние пределы измерения сильфонных приборов составляют 24,5—392 КПа.

Грузопоршневые манометры.

Грузопоршневые манометры,

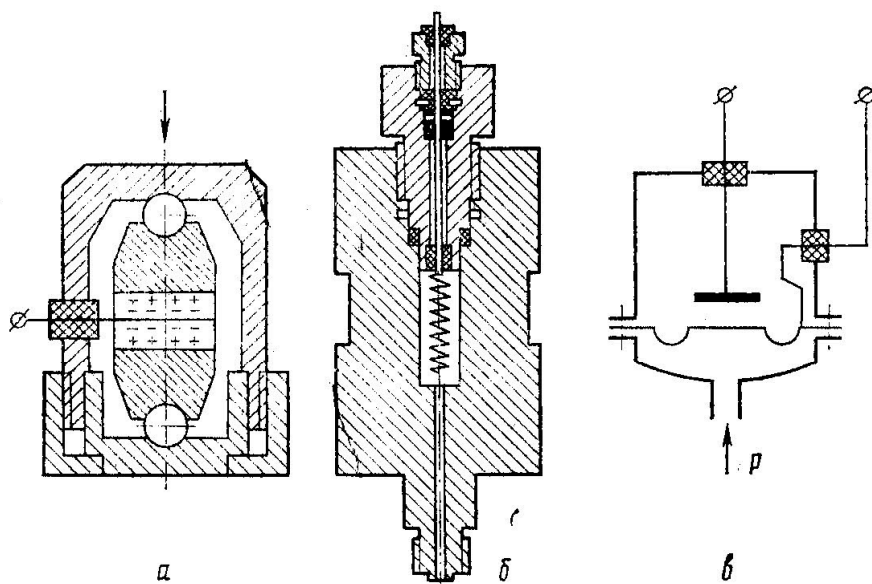


Рис. 14. Электрические преобразователи давления:
 а — пьезоэлектрический; б — преобразователь сопротивления; в — емкостный

Пьезоэлектрический измерительный преобразователь давления. В основу его работы положено свойство некоторых кристаллов генерировать электрические заряды под воздействием приложенной силы. Это явление называется пьезоэффектом и наблюдается у некоторых кристаллов, таких как кварц, турмалин, сегнетова соль, титанат бария. Наиболее часто в приборах этого типа применяется кварц.

Манометрический преобразователь сопротивления. Предназначен для измерения высоких и сверхвысоких давлений. Принцип его действия основан на свойстве металлов изменять электрическое сопротивление под воздействием давления. В качестве манометрического чувствительного элемента в этом преобразователе может быть использован любой металл. Обычно используется манганин, который имеет малый температурный коэффициент сопротивления. С помощью такого измерительного преобразователя можно измерять давление до 3 ГПа.

Емкостный измерительный преобразователь давления. Принцип действия этих преобразователей основан на изменении емкости плоского конденсатора, если расстояние между его обкладками меняется под воздействием давления. В зависимости от толщины мембраны диапазон измеряемых давлений может меняться.

В настоящее время разработаны манометрические измерительные преобразователи на основе мембран из монокристаллического кремния. На мембране с помощью методов полупроводниковой электроники размещается тензометрический мост из четырех тензорезисторов, сигнал снимается с диагонали моста. Это позволяет получить хорошую температурную стабильность всего устройства.

Диапазон измеряемых давлений для преобразователей давления на основе кремния 1 кПа—200 МПа.

§ 6. КОНТРОЛЬ И РЕГУЛИРОВАНИЕ РАСХОДА И КОЛИЧЕСТВА ВЕЩЕСТВА

При осуществлении технологического /процесса важная роль отводится контролю за расходом сырья и полуфабрикатов, а также рабочих агентов, таких как пар, вода, воздух и др. От этого в итоге зависит качество готовой продукции.

Расходом называется количество вещества, проходящего через определенное сечение какого-либо устройства (трубопровода, транспортера и т. п.) в единицу времени.

Количество вещества определяется суммарным объемом или массой вещества, прошедшего через данное сечение какого-либо устройства в течение произвольного промежутка времени.

Прибор и измерительный преобразователь, предназначенные для измерения расхода, называются расходомерами, для измерения количества вещества — счетчиками.

Расход газа, воздуха и жидкостей, как правило, выражается в объемных единицах ($\text{м}^3/\text{с}$, л/с), а расход пара и сыпучих материалов — в массовых единицах (кг/с).

Измерительный преобразователь, непосредственно воспринимающий измеряемый расход, называется преобразователем расхода.

ГОСТ 16528—70 предусматривает 37 видов приборов для измерения расхода и количества вещества, которые по принципу действия можно отнести к следующим группам.

Расходомеры переменного перепада давления. Принцип действия основан на зависимости расхода вещества от перепада давления, создаваемого неподвижным устройством, устанавливаемым в трубопроводе, или элементом трубопровода. К этой группе относятся расходомеры с сужающим устройством, гидравлическим сопротивлением, напорным усилителем, а также центробежные, струйные или перепадно-силовые расходомеры.

Расходомеры переменного уровня. Основаны на зависимости расхода жидкости от высоты уровня жидкости в сосуде при свободном истечении ее через отверстие в дне или боковой стенке сосуда.

Расходомеры постоянного перепада давления. Принцип действия основан на зависимости расхода вещества от перемещения тела. При этом площадь проходного сечения прибора изменяется таким образом, что перепад давления по обе стороны этого тела остается постоянным. К этой группе относятся расходомеры поплавковые, поршневые, поплавково-пружинные, а также ротаметры с поворотной лопастью.

Тахометрические расходомеры. Принцип действия основан на зависимости расхода вещества от скорости движения тела, установленного в трубопроводе.

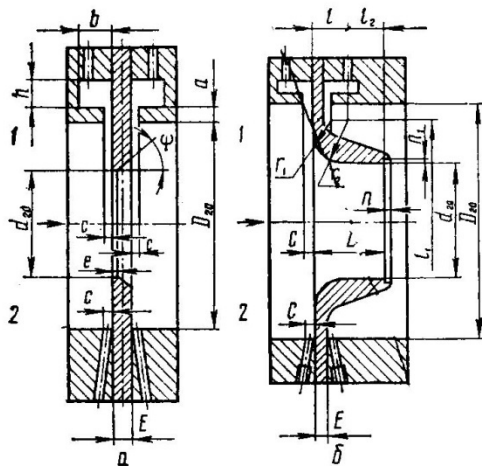


Рис. 15. Сужающие устройства:
 а — нормальная диафрагма: 1 — камерная; 2 — бескамерная; б — нормальное сопло: 1 — камерное; 2 — бескамерное

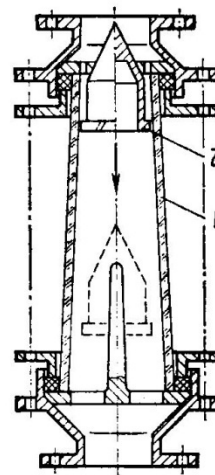


Рис. 16. Стекло-ный ротаметр

К этой группе относятся расходомеры турбинные, с движущимся шариком и камерные с одним или более подвижными элементами, которые при своем движении отмеривают определенный объем жидкости или газа.

Силовые расходомеры. Принцип действия основан на зависимости расхода вещества от эффекта силового воздействия, сообщающего всему потоку ускорение. К ним относятся кориолисовые, гидроскопические и турбосиловые расходомеры.

Тепловые расходомеры. Принцип действия основан на зависимости расхода вещества от эффекта теплового воздействия на поток вещества. К ним относятся колориметрические, термоанемометрические расходомеры и расходомеры теплового слоя.

Специальная группа расходомеров. Она включает в себя следующие расходомеры: электромагнитные (индукционные), акустические, ультразвуковые, вихревые, оптические, ядерно-магнитные, ионизационные, концентрационные, меточные и порционные.

В зависимости от того, что измеряется данными приборами (количество или расход вещества), меняется и название прибора.

Приборы для измерения расхода жидких и газообразных веществ. Из группы расходомеров переменного давления наибольшее распространение на предприятиях пищевой промышленности получили расходомеры с сужающим устройством, применяемые для измерения расхода жидких и газообразных веществ.

В настоящее время стандартизированы следующие типы сужающих устройств (рис. 15): нормальные диафрагмы, нормальные сопла, нормальные сопла Вентури.

Сужающее устройство является измерительным преобразователем, который преобразует измеряемый расход вещества в перепад давления. Сужающее устройство работает в комплекте с дифференциальным

манометрам, измеряющим перепад давления, и проградуированном в единицах расхода.

Зависимость перепада давления на сужающем устройстве от расхода может быть представлена соотношением

$$Q = k \sqrt{\Delta p}, \quad (7)$$

где Q — расход вещества; k — коэффициент, который зависит от геометрии сужающего устройства и свойств измеряемой среды; Δp — перепад давления на сужающем устройстве.

Нормальная диафрагма. Нормальная диафрагма, показанная на рис. 15, а, является наиболее простым и распространенным преобразователем расхода, который рассчитывается и применяется без индивидуальной градуировки для трубопроводов диаметром 50 мм и выше. Отбор давления осуществляется с помощью кольцевых камер либо через отдельные отверстия. Диафрагма с кольцевыми камерами точнее, но более металлоемка и трудна в изготовлении.

Нормальные сопла (см. рис. 15,б). Применяются для расхода перегретого газа и пара, а также агрессивных жидкостей. Измерения с помощью сопел более точны, чем измерения с помощью диафрагм. Отбор давления осуществляется либо с помощью кольцевых камер, либо через отдельные отверстия.

Нормальные сопла Вентури. Сопла Вентури бывают длинные и короткие. У длинного сопла Вентури наибольший диаметр равен диаметру трубопровода, а у короткого этот диаметр меньше. Длинные сопла применяются реже, так как они более дорогостоящие, а потери давления в них не на много меньше, чем в коротких.

Если требуется обеспечить очень малые потери давления, применяются трубы Вентури. Чтобы обеспечить высокую точность об' работы и индивидуальную тарировку прибора, трубы изготавливаются только в заводских условиях. Отбор давления в этом приборе производится только с помощью кольцевых камер.

Для измерения расхода газов и жидкостей применяются также расходомеры постоянного перепада давления. Наиболее распространенными являются ротаметры.

Стеклянные ротаметры (рис. 16). Состоят из вертикальной трубки конической формы 1, расширяющейся кверху, в которой перемещается поплавков специальной формы 2. При наличии потока жидкости или газа поплавок поднимается до тех пор, пока не установится равновесие между массой поплавка и силой, действующей на него со стороны потока. На трубке нанесены деления, и по высоте подъема поплавка можно судить о расходе жидкости или газа через ротаметр. Пределы измерений для стеклянных ротаметров различных модификаций составляют для газов 0,025—40 м³/ч, для воды 0,4—3000 л/ч при наибольшем допустимом давлении (588 кПа).

Промышленность также выпускает преобразователи расхода с электрическими и пневматическими выходными сигналами, например

преобразователь расхода с дифференциально-трансформаторным выходом, изображенный на рис. 17.

Ротаметры этого типа выпускаются для измерения максимального расхода воды (от 25 до 16000 л/ч) при наибольшем допустимом давлении 6,27 МПа. Минимальный расход составляет 15—20% от максимального. Диаметр условного прохода 8—70 мм.

В ряде случаев, когда измерение расхода другими типами расходомеров затруднено и возможен свободный слив жидкости, применяют расходомеры переменного уровня. В таких расходомерах происходит свободное истечение жидкости через отверстие определенного профиля в дне сосуда (рис. 18,а) или в его боковой стенке (рис. 18,б). В этих расходомерах измерение расхода производится по высоте столба жидкости.

В расходомере с щелевым, отверстием истечения жидкости (рис. 18,б) профиль щели рассчитан таким образом, что расход и высота столба жидкости связаны линейной зависимостью. Подобные расходомеры хорошо зарекомендовали себя при измерении расходов сильно загрязненных и быстро кристаллизующихся жидкостей. Диапазон измерений 10—50 м³/ч.

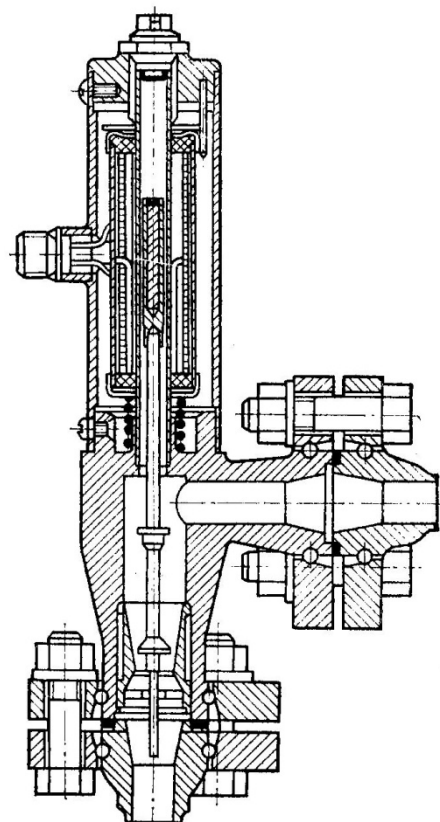


Рис. 17. Преобразователь расхода с дифференциально-трансформаторным выходом

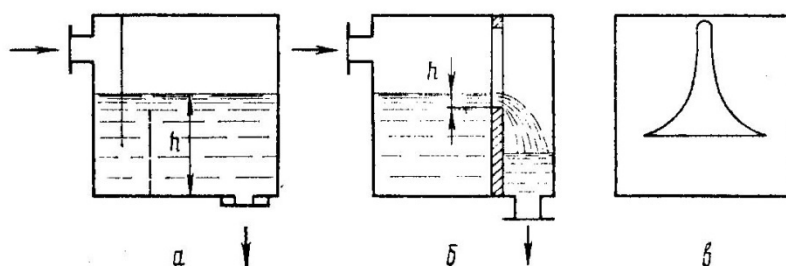


Рис. 18. Расходомер переменного уровня:
 а — с нормальной диафрагмой; б — с щелевым отверстием; в — профиль щели, обеспечивающий линейную зависимость между расходом и высотой уровня жидкости перед щелью

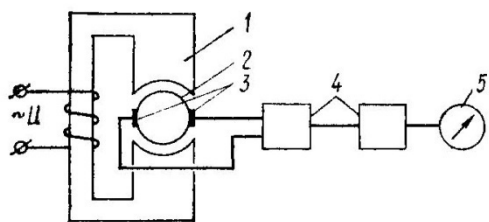


Рис. 19. Электромагнитный расходомер

Электромагнитные расходомеры.

Применяются для измерения как чистых, так и сильно загрязненных токопроводящих жидкостей и пульп. В пищевой промышленности они могут использоваться для измерения расходов виноматериалов, солевых и щелочных растворов, фруктовых соков, пива, молока, а также пульп с мелкодисперсными частицами, жидкой опары

и др.

Структурная схема электромагнитного расходомера приведена на рис. 19. Внутри немагнитной части трубы 2, покрытой внутри изоляционным материалом, создается равномерное магнитное поле с помощью электромагнита 1.

При движении проводника в магнитном поле на его концах наводится ЭДС. В расходомере роль проводника играет движущаяся жидкость. ЭДС, которая образуется в жидкости при движении в магнитном поле, прямо пропорциональна скорости движения и снимается двумя электродами 3, расположенными диаметрально противоположно. Сигнал электродов подается на усилительно-преобразовательный блок 4, а затем на показывающий прибор 5.

Электромагнитные расходомеры рассчитаны на условные проходы диаметром от 10 до 300 мм и обеспечивают измерение расхода в пределах от 0,32 до 2500 м³/ч.

Приборы для измерения количества вещества. Для измерения количества жидкости и газообразных веществ применяются различные счетчики. Они разделяются на две группы — скоростные и объемные счетчики.

Принцип действия скоростных счетчиков основан на взаимодействии чувствительного элемента преобразователя с движущимся потоком жидкости.

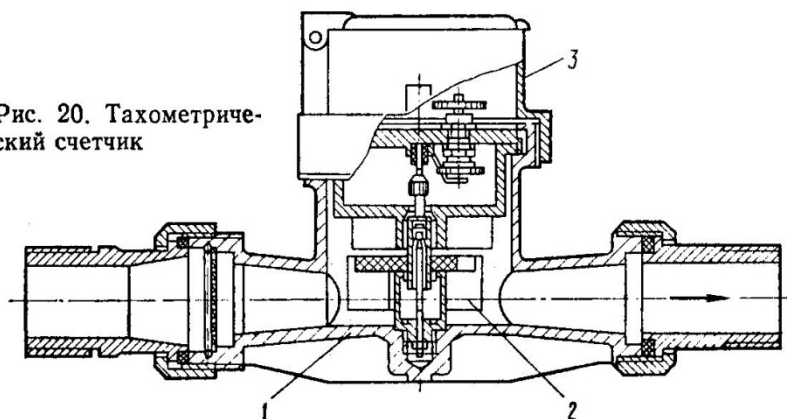
Объемные счетчики работают по принципу отмеривания определенных объемов вещества.

Широкое применение в пищевой промышленности нашли тахометрические и турбинные счетчики. В них расход жидкости определяется по скорости вращения рабочего органа.

Тахометрический счетчик. Предназначен для измерения расхода воды. Устройство тахометрического счетчика показано на рис. 20. Поток жидкости, проходя через камеру 1, вращает крыльчатку 2. Число оборотов, пропорциональное расходу, суммируется механическим счетчиком 3, показания которого выражены в единицах объема. Такие счетчики рассчитаны на номинальные расходы от 0,1 до 10 м³/ч, диаметр условного прохода 15—50 мм.

Турбинный счетчик. Вариант турбинного счетчика, в котором используется винтовая вертушка, представлен на рис. 21. Жидкость через струевыпрямитель 1 поступает к винтовой вертушке 7,

Рис. 20. Тахометрический счетчик



расположенной по оси потока в корпусе 2. Вращение вертушки через червячное устройство 6 и редуктор 5 передается счетному механизму 3, который отделен от редуктора водонепроницаемой перегородкой 4. Счетчики этого типа рассчитаны на условные проходы от 50 до 150 мм и обеспечивают измерение расхода воды от 1,6 до 300 м³/ч.

Счетчики с овальными шестернями. Предназначены для измерения расхода неагрессивных жидкостей, нефтепродуктов и др.; могут применяться для измерения количества масла, виноматериалов, растворов солей. На рис. 22 приведена принципиальная схема такого счетчика. Шестерни вращаются под действием напора жидкости, и при каждом обороте между стенками корпуса и шестернями протекает определенный объем жидкости. Вращение шестерен посредством магнитной муфты и передаточного механизма передается счетному механизму. Промышленность

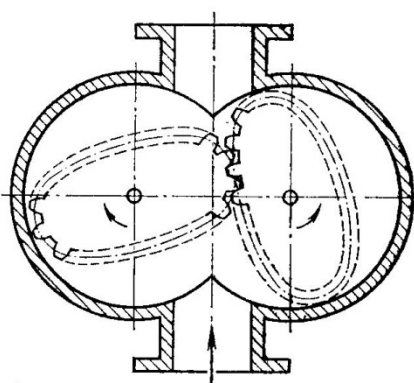
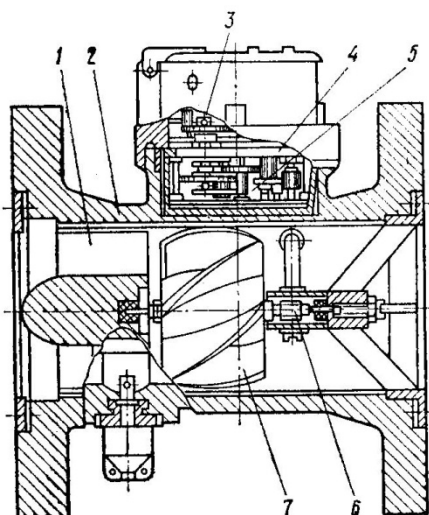


Рис. 22. Счетчик с овальными шестернями

←
Рис. 21. Турбинный счетчик

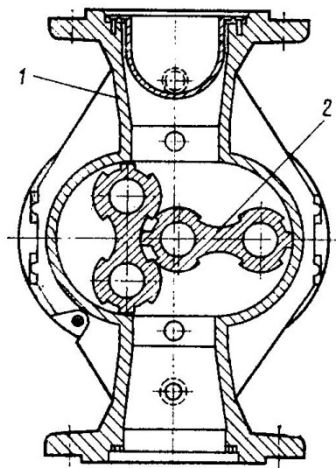


Рис. 23. Ротационный счетчик

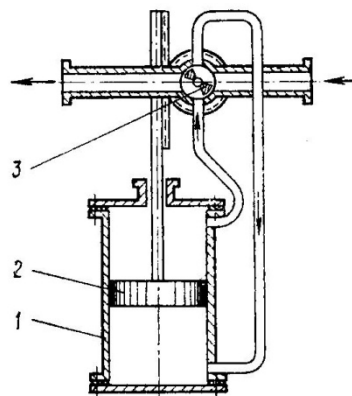


Рис. 24. Камерный счетчик

выпускает счетчики, обеспечивающие измерение в диапазоне 1,5— 30 м³/ч при рабочем давлении до 1,6 МПа.

Ротационные счетчики газа. Предназначены для учета количества неагрессивных горючих газов. Конструкция счетчика приведена на рис. 23. В корпусе 1 находятся два ротора 2, которые при вращении обкатываются своими боковыми поверхностями, соприкасаясь с внутренней поверхностью корпуса. Давление газа приводит во вращение роторы. За каждый оборот ротора проходит определенное количество газа. Один из роторов связан через заземляющий редуктор со счетным механизмом. Потеря напора на счетчике этого типа не превышает 394 Па при номинальном расходе. Счетчики рассчитаны на номинальные расходы от 40 до 1000 м³/ч при давлении газа 98 кПа.

Камерный счетчик. Предназначен для измерения количества вязких жидкостей, а также жидкостей со взвешенными частицами. Камерный счетчик с одним подвижным элементом отмеривает при своем движении определенный объем жидкости. Такой счетчик (рис. 24) состоит из измерительного цилиндра с поршнем, четырехходового распределительного крана, переключающего передаточного и счетного механизмов. Жидкость под давлением поступает через патрубок в полость цилиндра 1. Под действием давления поршень 2 совершает возвратно-поступательное движение. В крайних положениях поршня происходит переключение распределительного крана 3, в результате чего жидкость периодически поступает то в верхнюю, то в нижнюю часть цилиндра, а из другой части цилиндра жидкость поступает в выходную магистраль.

При каждом ходе поршня из мерного цилиндра в выходную магистраль выталкивается определенный объем жидкости, поэтому количество ходов поршня, учитываемое счетным механизмом, соответствует количеству жидкости, прошедшему через счетчик.

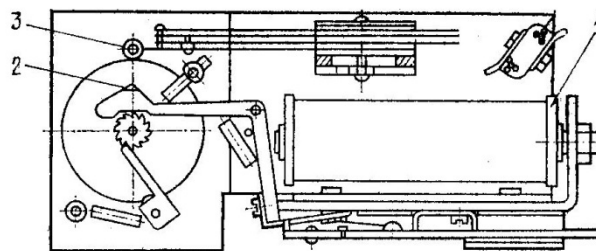
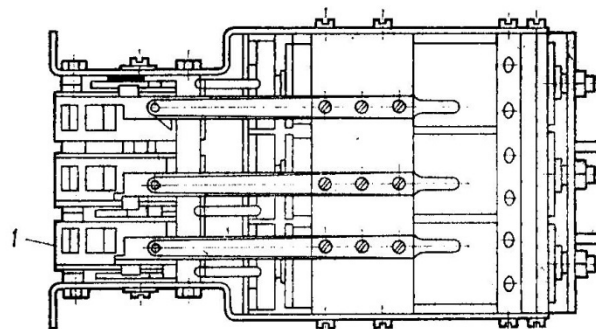


Рис. 25. Электромагнитный счетчик:

1 — механический нумераторный счетчик; 2 — приводной рычаг храпового механизма; 3 — контактная группа переключения старшего разряда; 4 — электромагнит



Поршневые счетчики предназначены для измерения расходов от 1,8 до 80 м³/ч при давлении до 3,92 МПа.

Счетчики единиц продукции. При автоматизации производства большое значение имеет автоматический учет продукции и полуфабрикатов. Для учета жидких и газообразных веществ применяются расходомеры и счетчики, которые были рассмотрены выше. Для учета продукции, имеющей определенную форму (бутылки, ящики, пакеты, булки и т. п.), применяются различного типа счетчики и вспомогательные устройства. Условно такие счетчики можно разделить на три группы.

Механические счетчики. Эти счетчики являются местными, отсчет производится на месте установки. Они подразделяются на стрелочные и нумераторные. В стрелочных счетчиках отсчет производится по положению стрелки на циферблате. Нумераторный счетчик состоит из блока цифровых колес с нанесенными на нем цифрами (от 0 до 9). Цифровые колеса связаны десятичной передачей, т. е. при полном обороте колеса младшего разряда колесо старшего разряда поворачивается на один шаг. Механические счетчики просты по конструкции, дешевы и не требуют дополнительного источника энергии.

Электромагнитные счетчики. Это устройства, считающие электрические импульсы. Они состоят из нумераторного счетчика и электромагнита с храповым механизмом. Управление работой таких счетчиков производится на расстоянии (дистанционно). Это позволяет устанавливать их на едином пульте и получать информацию о ходе сразу нескольких процессов. Счетчики

(рис. 25) работают от источника электрической энергии. Счетный импульс может вырабатываться контактным устройством (концевым выключателем, ртутным прерывателем и т. д.) или специальным электронным бесконтактным устройством (бесконтактным выключателем, индукционными устройствами, фотореле и т. д.). В этом случае счетчик работает без непосредственного контакта с отсчитываемыми предметами.

Электронные счетчики являются устройствами, не содержащими движущихся частей. В этих счетчиках счет электрических импульсов осуществляется не механическим, а электронным счетчиком и считывание информации производится не с цифровых колес, а с цифровых индикаторов. Электронные счетчики обладают высоким быстродействием и надежностью. Несомненно, что этот тип счетчиков является самым перспективным при автоматизации технологических процессов пищевой промышленности.

§ 7. КОНТРОЛЬ И РЕГУЛИРОВАНИЕ УРОВНЯ

Уровнем жидкого или сыпучего материала называется расстояние от поверхности этого материала до дна емкости.

Устройства для измерения уровня подразделяются на уровнемеры и сигнализаторы уровня.

Уровнемеры предназначены для непрерывного контроля за измерением уровня. Выходной сигнал уровнемера пропорционален уровню измеряемого вещества.

Сигнализаторы уровня служат для дискретных измерений на одном или нескольких уровнях. Выходной сигнал сигнализатора уровня изменяется скачком и свидетельствует только о том, что уровень измеряемого вещества достиг определенного предела.

Уровнемеры и сигнализаторы уровня широко используются в качестве измерительных преобразователей в АСК. и АСР технологических процессов.

По принципу действия приборы для измерения уровня делятся на следующие группы: механические, гидростатические, электрические, акустические, весовые и пр. Существуют приборы, основанные на других принципах.

Ниже рассматриваются уровнемеры и сигнализаторы уровня, наиболее часто применяемые в пищевой промышленности.

Уровнемеры и механические сигнализаторы уровня. Приборы этой группы получили самое широкое распространение в пищевой промышленности благодаря простоте, надежности и низкой стоимости. К приборам этой группы относятся: поплавковые, мембранные и прочие типы устройств, в которых используется механическое воздействие уровня измеряемого материала на чувствительный элемент.

Поплавковые уровнемеры и сигнализаторы уровня. Насчитывают большое количество модификаций, предназначенных для измерения уровня различных веществ, а также для работы в различных условиях.

Принцип действия этих приборов основан на перемещении поплавка, плавающего на поверхности жидкости. Это перемещение механически или с помощью системы дистанционной передачи передается показывающему прибору. На рис. 26 упрощенно показана схема поплавкового уровнемера, положенная в основу многих серийных приборов, применяемых для измерения уровня жидкостей.

Мембранные сигнализаторы уровня.

Предназначены для индикации уровня сыпучих исследуемых материалов. На рис. 27 изображено устройство такого сигнализатора. Под действием нажима создается давление, действующее на гибкую мембрану 1 из прорезиненной ткани. За мембраной расположен металлический диск 2, который передает давление на конечный выключатель 3. Срабатывание происходит при усилии около 0,7—0,8 Н.

Уровнемеры и гидростатические сигнализаторы уровня. Гидростатические приборы занимают одно из важных мест при измерении уровня различных жидкостей, в том числе агрессивных и быстро кристаллизующихся.

Буйковый уровнемер является одной из разновидностей гидростатических приборов. Принцип действия буйковых уровнемеров основан на изменении выталкивающей силы, действующей на буюк при изменении глубины его погружения в жидкость. На рис. 28 приведена схема буйкового уровнемера. Чувствительным элементом прибора является длинный цилиндрический буюк 2, подвешенный в камере 1 к концу рычага 3.

При отсутствии жидкости в камере вес буюка уравнивается силой, равной весу буюка. По мере заполнения камеры жидкостью буюк погружается в нее и выталкивающая сила, действующая на него, увеличивается, что приводит к нарушению первоначального равновесия. Действие выталкивающей силы компенсируется усилием обратной связи преобразователя.

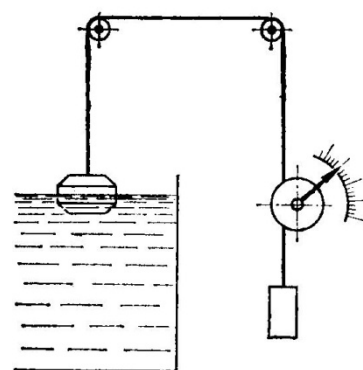


Рис. 26. Поплавковый уровнемер

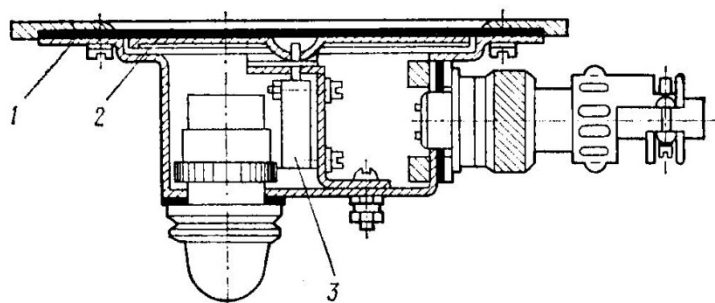


Рис. 27. Мембранный сигнализатор уровня

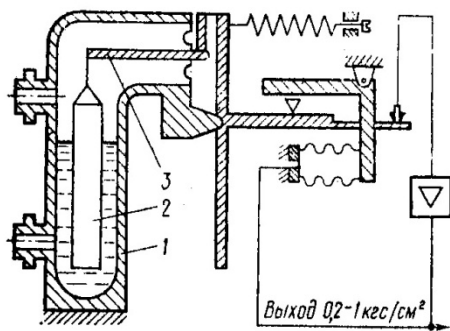


Рис. 28. Буйковый уровнемер

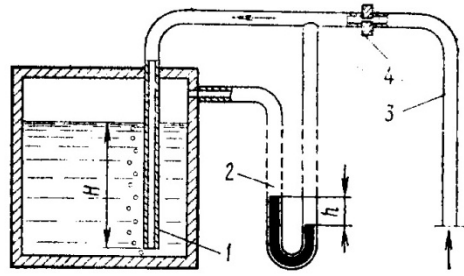


Рис. 29. Пьезометрический уровнемер

Буйковые уровнемеры выпускаются с электрическими и пневматическими преобразователями.

Диапазон измерения уровня от 0 до 16000 мм. Плотность измеряемой среды $0,45—2,5 \text{ г/см}^3$. Детали, контактирующие с измеряемой средой, изготавливаются из нержавеющей стали.

Пьезометрический (гидростатический) уровнемер. Гидростатический уровнемер с продуванием сжатого воздуха через измеряемую среду показан на рис. 29.

Подобные уровнемеры называются пьезометрическими. Уровнемер состоит из опущенной в резервуар трубки 1, к которой присоединен манометр 2. В магистраль 3 подается сухой очищенный сжатый воздух постоянного давления. В магистрали установлено калиброванное сопло 4 с капиллярным отверстием, которое определяет расход воздуха через прибор. Давление воздуха в трубке, измеряемое манометром 2, пропорционально высоте уровня жидкости. Такие приборы могут быть применены для измерения уровня агрессивных, загрязненных и быстро кристаллизующихся жидкостей постоянной плотности.

Дифманометры. — уровнемеры. Позволяют измерять уровень жидкости в открытых емкостях (рис. 30,а) и емкостях, находящихся под давлением (рис. 30,б).

Жидкость, содержащаяся в уравнительном сосуде 1, создает постоянное давление в одной из полостей дифманометра 2. Дифманометр фиксирует давление, создаваемое разностью уровней жидкости в емкости 3 и в уравнительном сосуде.

Подобные уровнемеры обеспечивают достаточно высокую точность измерения, но при этом необходимо учитывать изменение плотности жидкости в зависимости от температуры.

Уровнемеры и электрические сигнализаторы уровня. Стремление избавиться от подвижных частей

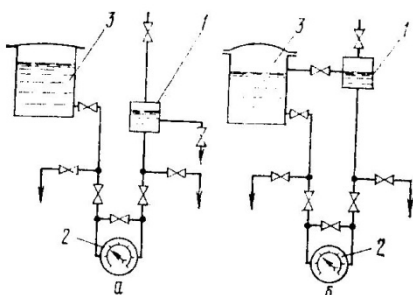


Рис. 30. Измерение уровня с помощью дифманометра:

а — в открытом резервуаре; б — в резервуаре под давлением; 1 — уравнительный сосуд; 2 — дифманометр; 3 — емкость

и прямого контакта деталей уровнемеров с измеряемой средой привело к созданию и широкому распространению большой группы приборов, основанных на использовании различных электрофизических свойств жидкостей и сыпучих веществ. Наибольшее распространение получили кондуктометрические сигнализаторы уровня и емкостные сигнализаторы и уровнемеры.

Кондуктометрические сигнализаторы уровня. Принцип действия основан на использовании свойства электропроводности веществ. Сигнализатор срабатывает при соприкосновении изолированного электрода с измеряемой средой, при этом замыкается электрическая цепь и срабатывает реле. При низкой электропроводности измеряемой среды перед реле устанавливают специальный усилитель. Эти сигнализаторы часто применяются в позиционных регуляторах уровня. В емкости может быть установлено несколько сигнализаторов, срабатывающих при достижении предельных верхнего и нижнего уровней, а также при достижении промежуточных уровней.

Кондуктометрические сигнализаторы обеспечивают сигнализацию уровня с точностью ± 10 мм.

Емкостные уровнемеры и сигнализаторы уровня. Используют зависимость емкости конденсатора от изменения диэлектрической проницаемости среды, заполняющей пространство между обкладками.

Конденсатор обычно выполняется в виде коаксиальных цилиндров или двух параллельных пластин.

Для измерения уровня неэлектропроводных жидкостей используются неизолированные приборы, а для электропроводных жидкостей эти приборы покрывают слоем изоляции, чаще всего фторопластом.

Конденсатор включают в мостовую схему измерения емкости. При изменении уровня контролируемой жидкости соответственно меняется емкость конденсатора. Изменение емкости преобразуется электронной схемой в стандартный сигнал.

Емкостные сигнализаторы уровня. Представляют собой изолированный металлический электрод, подключенный к контуру автогенератора высокочастотных колебаний. При приближении электрода к уровню измеряемой среды (или его погружении в среду) происходит увеличение его емкости. Автогенератор настроен таким образом, что при увеличении емкости электрода происходит срыв генерации и срабатывание исполнительного реле.

Емкостные сигнализаторы уровня с успехом применяются в пищевой промышленности, например для сигнализации верхнего, уровня муки в бункерах при бестарном хранении.

§ 8. КОНТРОЛЬ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

В хлебопекарной промышленности применяются различные приборы, позволяющие определять физико-химические свойства муки,

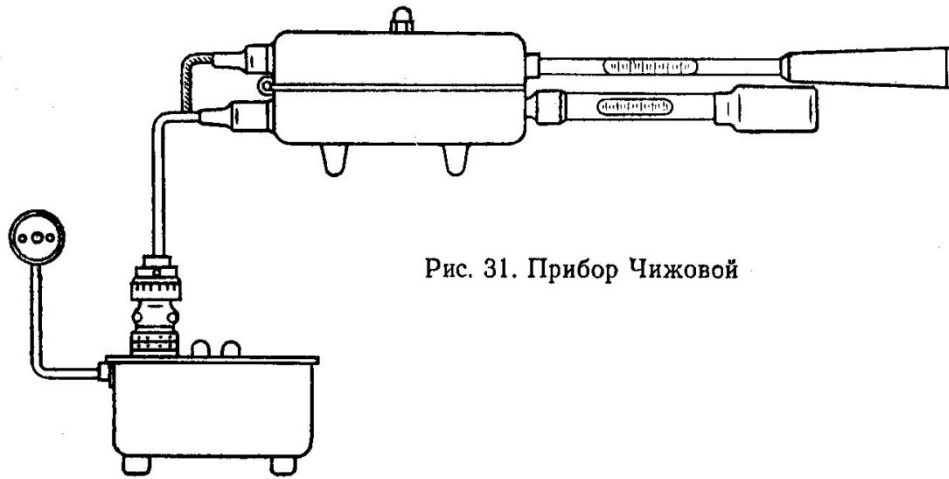


Рис. 31. Прибор Чижовой

дополнительного сырья, теста, а также параметры, связанные с качеством хлебобулочных изделий.

Приборы для измерения влажности. Влажность является важнейшим показателем, в значительной степени определяющим качество сырья и полуфабрикатов. В хлебопекарной промышленности для определения влажности применяют методы высушивания анализируемого материала. Удаление осуществляется различными способами: сушкой нагретым воздухом, нагреванием, погружением в жидкость с относительно высокой температурой кипения, обработкой лучистой энергией.

Сушильный шкаф. Наиболее распространенным является метод высушивания навески до постоянной массы в сушильных шкафах при температуре 100—105 °С с применением повторных высушиваний и взвешиваний. Для различных материалов требуется разная продолжительность высушивания.

Количество влаги определяется по формуле

$$W = [(a - b) 100] / a, \quad (8)$$

где a и b — масса вещества до и после высушивания соответственно.

Муку обычно высушивают в бюксах при температуре 130 °С в течение 40 мин.

Прибор Чижовой. В последние годы для определения влажности широко применяется экспресс-метод с помощью прибора Чижовой (рис. 31). Навеску материала массой 5 г заворачивают в бумажный пакетик, который зажимается между двумя металлическими плитами, разогретыми до температуры 160 °С. Высушивание контролируемого образца длится 5 мин.

В пищевой промышленности также находит применение влагомеры, принцип действия которых основан на использовании зависимостей между влажностью материалов и их электрофизическими характеристиками (электропроводностью и диэлектрической проницаемостью).

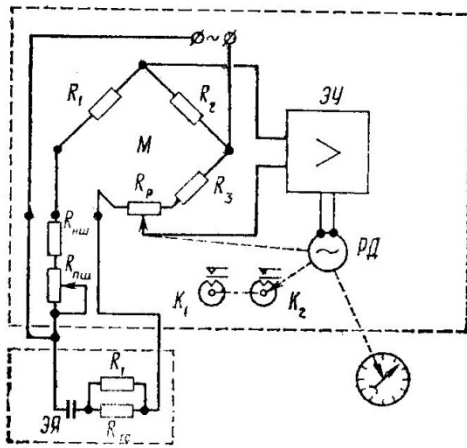


Рис. 32. Кондуктометрический концентратомер

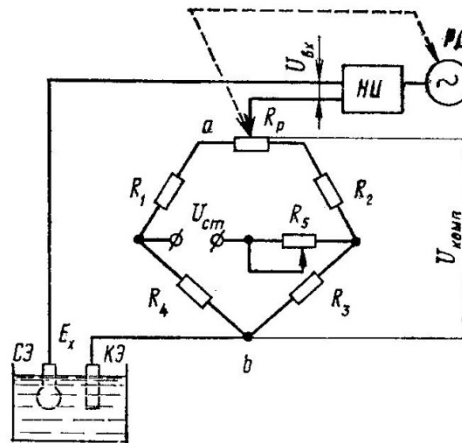


Рис. 33. рН-метр

Анализаторы жидкостей. Анализаторы жидкостей предназначены для определения состава и свойств самых различных пищевых продуктов и основаны на различных принципах измерения.

Кондуктометрические анализаторы. Принцип действия основан на изменении электропроводности растворов в зависимости от концентрации и состава. Измерение электропроводности может осуществляться контактным или бесконтактным методом на постоянном и переменном токе. Принципиальная схема кондуктометрического концентратомера приведена на рис. 32.

Потенциометрические приборы. Основаны на измерении потенциала электрода, опущенного в контролируемый раствор. Величина потенциала характеризует концентрацию определенных ионов (обычно водорода — рН). При технических измерениях обычно определяют разностью потенциалов двух электродов — сравнительного и индикаторного. В качестве сравнительного электрода используется, как правило, каломельный, а индикаторные электроды в зависимости от назначения прибора могут быть стеклянными, сурьмяными, водородными, серебряными или платиновыми. Принципиальная схема рН-метра приведена на рис. 33. рН-метр состоит из следующих элементов: электродного измерительного преобразователя, термокомпенсационного устройства, регистрирующего прибора, обычно милливольтметра. Промышленные рН-метры выпускают для различных пределов измерения в диапазоне 0—14 единиц рН. В ряде случаев они используются для контроля кислотности хлебопекарных полуфабрикатов (жидких дрожжей, опары).

Плотномеры. Плотность вещества — важный параметр, который имеет существенное значение для ведения ряда технологических процессов. Плотностью называется отношение массы вещества к его объему и измеряется в кг/м^3 . В пищевой промышленности наибольшее применение нашли пикнометрические, ареометрические и гидростатические плотномеры.

Пикнометрический плотномер. Измерение плотности предусматривает непрерывное взвешивание строго определенного объема вещества. Простейший пикнометрический плотномер содержит измерительный сосуд, в который непрерывно поступает контролируемая жидкость. Постоянство объема обеспечивается на определенном уровне переливной трубкой. Измерение осуществляется по показаниям весов, к которым подвешен сосуд. .

Ареометрический ' плотномер. Принцип действия основан на законе Архимеда. Простейший ареометр представляет собой поплавков определенной массы и формы. Глубина погружения его в контролируемый раствор обратно пропорциональна плотности раствора. Измерение производится по шкале, нанесенной на корпусе прибора. В автоматических плотномерах при постоянном объеме погруженной части поплавок измеряемое давление прямо пропорционально плотности раствора.

Гидростатический плотномер. Определение плотности основано на использовании известного закона гидростатики, согласно которому давление жидкости на плоскость, погруженную в нее, равно сумме давлений на свободную поверхность и давления столба жидкости

$$P = S\rho H + P_0, \quad (9)$$

где P — давление жидкости на плоскость, Па; S — площадь поверхности плоскости, м², ρ — плотность жидкости, кг/м³; H — глубина погружения, м; P_0 — атмосферное давление, Па.

В распространенной конструкции гидростатического плотномера поплавков колообразной формы, закрытый снизу мембраной, погружается в жидкость на определенную глубину. Верхняя часть поплавка связана с тонкой трубкой, которая подсоединена к манометру, отградуированному в единицах плотности.

Глава III. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

§ 9. РЕГИСТРИРУЮЩИЕ ПРИБОРЫ АСК

Рассмотрим основные регистрирующие приборы для автоматического контроля, предназначенные для измерения неэлектрических величин, преобразованных первичными измерительными преобразователями в сигналы электрических величин.

Простейшей функцией вторичных приборов является представление информации, получаемой от первичного измерительного преобразователя, в форме, удобной для восприятия оператора. Помимо этой функции, вторичные приборы могут осуществлять регистрацию информации, сигнализацию, позиционное регулирование.

В пищевой промышленности находят широкое применение следующие вторичные электроизмерительные приборы: милливольтметры, логометры, приборы, работающие с дифференциально-трансформаторными

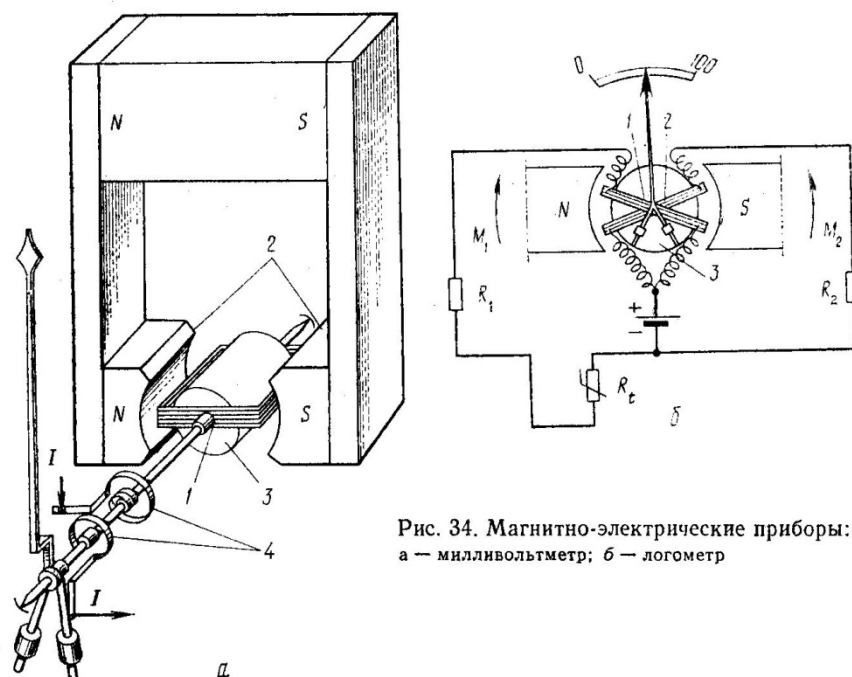


Рис. 34. Магнитно-электрические приборы:
а — милливольтметр; б — логометр

преобразователями, а также электронные автоматические самопишущие приборы (потенциометры, мосты миллиамперметры, приборы, работающие с дифференциально-трансформаторными преобразователями).

Милливольтметры и логометры. Это простейшие приборы магнитноэлектрической системы. Принцип действия их основан на движении рамки с током в поле постоянного магнита.

Милливольтметры. Предназначены для измерения выходного напряжения термоэлектрических преобразователей. Конструкция милливольтметра изображена на рис. 34, а. Легкая подвижная рамка 1 состоит из каркаса с намотанной на него катушкой. Рамка помещена в равномерное магнитное поле, создаваемое магнитом с полюсными наконечниками из магнитомягкого материала 2. Для формирования в зазоре равномерного магнитного поля внутрь рамки помещен цилиндрический сердечник 3 из магнитомягкого материала. Для создания противодействующего момента служат две спиральные пружины 4, которые являются одновременно и токоподводами. Рамка центрируется в зазоре на двух ядрах. В некоторых особо чувствительных приборах рамка удерживается в зазоре с помощью растяжек, которые служат для создания противодействующего момента и для подвода тока к рамке. С рамкой жестко связана легкая стрелка. Угол поворота рамки прямо пропорционален току, проходящему через нее. Так как сопротивление рамки достаточно велико, то ток, а следовательно, угол поворота, пропорционален напряжению. Шкала

градуируется в единицах напряжения либо в единицах измеряемой неэлектрической величины.

Милливольтметры являются вторичными приборами для термоэлектрических преобразователей и могут дополнительно выполнять функции сигнализатора и регулятора.

Логометры. Предназначены для работы в качестве вторичных приборов совместно с термопреобразователями сопротивления. Подвижная система логометра (рис. 34,б) состоит из двух жестко скрепленных между собой рамок 1 и 2, расположенных под некоторым углом друг к другу и помещенных в зазор между полюсными наконечниками и сердечником 3. Угол поворота рамок является функцией отношения токов.

Магнитная система логометра выполнена таким образом, что магнитная индукция в зазоре между магнитными наконечниками и сердечником неравномерна и имеет наибольшую величину в середине, а наименьшую у краев. Неравномерность достигается за счет полюсных наконечников и сердечника специальной формы. Рамки подключены к общему источнику постоянного тока параллельно. По ним протекают токи I_1 и I_2 . Вращающие моменты M_1 и M_2 , обусловленные этими токами, направлены навстречу друг другу, а так как у логометра отсутствуют противодействующие пружины, то рамка начинает поворачиваться под действием моментов M_1 и M_2 . При этом рамка, имеющая больший ток и развивающая больший момент, входит в расширяющийся магнитный зазор, момент, развиваемый ею, уменьшается, а рамка с меньшим током и меньшим моментом входит в сужающийся магнитный зазор, момент, развиваемый ею увеличивается. Таким образом, система рамок приходит в равновесие. Угол поворота системы определяется отношением токов и не зависит от их абсолютной величины. Шкала логометра градуируется в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$). Выпускают логометры: показывающие, самопишущие и с дополнительными устройствами для сигнализации и регулирования.

Автоматические, электронные, показывающие и самопишущие потенциометры. Потенциометры работают по компенсационному методу. Измеряемая ЭДС постоянного тока компенсируется (уравновешивается) равным ей по величине падением напряжения на части реохорда, по которому протекает постоянный ток известной величины.

На рис. 35. изображена принципиальная схема автоматического электронного показывающего и самопишущего потенциометра типа КСП.

Мостовая схема потенциометра позволяет: автоматически вводить поправку в изменения температуры холодного спая термопары при помощи медного компенсационного резистора R_m , расположенного вблизи зажимов термопары; устанавливать рабочий так моста при помощи резистора R_6 ; устанавливать верхний и нижний пределы с помощью резисторов R_n и R_v соответственно.

Все резисторы измерительной схемы потенциометра, кроме R_m , выполнены из манганина. Двойной Т-образный фильтр включенный

в цепь термопары, предназначен для подавления помех промышленной сети с частотой 50 Гц.

Измеряемая ЭДС термопары компенсируется напряжением, снимаемым с части реохорда R_p . Напряжение разбаланса поступает на вход усилителя. Усиление малых сигналов постоянного тока представляет существенные трудности, поэтому сигнал постоянного тока преобразуется в сигнал переменного тока с помощью вибропреобразователя ВП.

В вибропреобразователе ВП колебания подвижного вибратора возбуждаются переменным напряжением с частотой 50 Гц, и с этой частотой происходит переключение контактов преобразователя. К контактам преобразователя подключена первичная обмотка трансформатора Tr . На вторичной обмотке трансформатора наводится напряжение частотой 50 Гц и с амплитудой, пропорциональной сигналу постоянного тока, подаваемого на вибропреобразователь. Это напряжение повышается усилителем переменного тока и подается на исполнительный двигатель РД. Двигатель перемещает движок реохорда в сторону восстановления баланса моста. С движком реохорда механически связан пишущий узел потенциометра.

Промышленность выпускает четыре модификации автоматических электронных показывающих и самопишущих потенциометров КСП: миниатюрные с ленточной диаграммой типа КСП1 (рис. 36,а) габаритных размеров 160X200X500 мм; малогабаритные с ленточной диаграммой типа К.СП2 (рис. 36,б) — 240X320X X482 мм, средних габаритов с дисковой диаграммой типа К.СП3 (рис. 36,в) с размерами 320X380 X 320 мм, крупногабаритные с ленточной диаграммой типа КСП4 (рис. 36,г) с размерами 367X X'400X400 мм. Ширина диаграммы для приборов КСП1, КСП2 и КСП4 равна соответственно 100 мм, 160 мм, 250 мм. Диаметр диаграммы для приборов КСП3 равен 250 мм.

В настоящее время выпускается большое количество потенциометров различных модификаций этой серии, в том числе многоточечные (модификации на 3, 6 и 12 точек), с трехпозиционным регулятором, многоточечные с регулятором и т. д.

Автоматические потенциометры предназначены для точных измерений ЭДС, развиваемой термоэлектрическими преобразователями, и применяются в комплекте с ними как вторичные приборы.

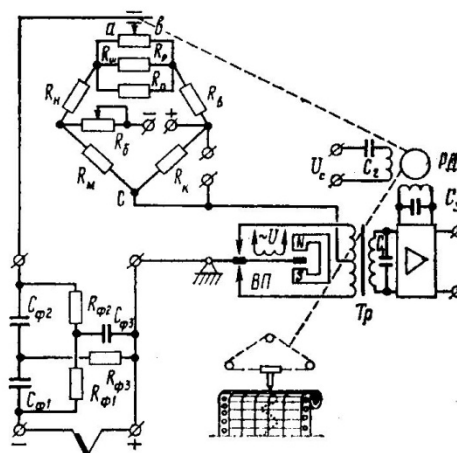


Рис. 35. Схема автоматического электронного показывающего самопишущего потенциометра типа КСП

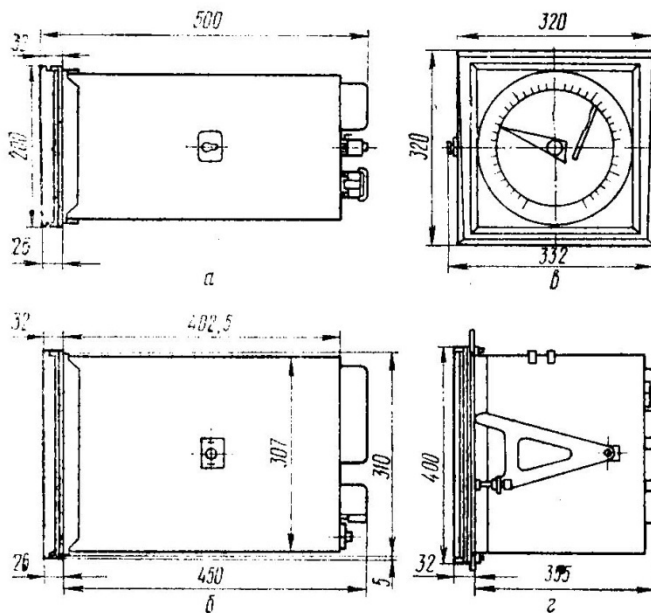


Рис. 36. Внешний вид автоматических самопишущих приборов серии КСП:

а — КСП1; б — КСП2; в — КСП3; г — КСП4

Также выпускаются приборы К.СП со шкалой, проградуированной в милливольтгах. Они предназначены для работы с измерительными преобразователями, имеющими выходной сигнал в пределах 0—10 и 0—100 мВ. Автоматические электронные показывающие миллиамперметры типа КСУ1, КСУ2, КСУ3 и КСУ4 предназначены для работы с измерительными преобразователями, имеющими токовый выход. Отличие автоматического миллиамперметра от потенциометра состоит в том, что в приборе установлено образцовое сопротивление, на котором протекающий ток создает падение напряжения, измеряемое также, как в автоматическом потенциометре. Миллиамперметры выпускаются с пределами измерения 0—5 и 0—20 мА.

Автоматические электронные показывающие и самопишущие мосты.

Принципиальная схема автоматического уравновешенного моста приведена на рис. 37.

К одной диагонали моста подключается источник переменного напряжения U , а к другой — электронный усилитель. Мост сбалансирован в том случае, если произведения сопротивлений противоположных плеч равны между собой.

В измерительную схему моста термопреобразователь сопротивления подключается по трехпроводной схеме, при этом погрешности, возникающие при изменении сопротивления длинных соединительных проводников $R_{л1}$ и $R_{л2}$ под влиянием температуры окружающей среды компенсируется автоматически.

При изменении температуры измеряемой среды меняется сопротивление термопреобразователя, что приводит к нарушению баланса моста. Напряжение рассогласования с измерительной диагонали моста подается на вход усилителя переменного тока. К выходу усилителя подключена обмотка управления двухфазного реверсивного

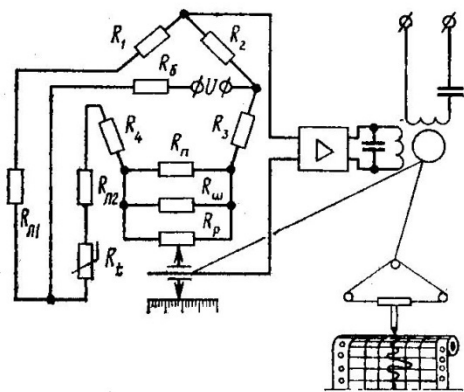


Рис. 37. Схема автоматического самопишущего моста

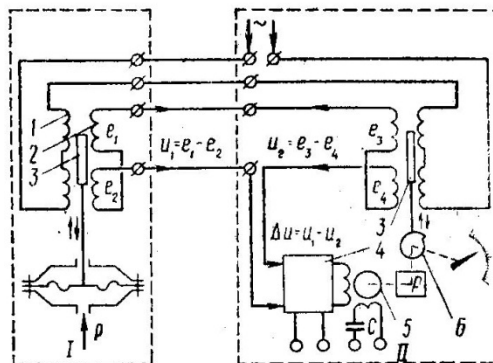


Рис. 38. Схема прибора с дифференциально-трансформаторной передачей

двигателя. Реверсивный двигатель посредством передачи перемещает движок реохорда и баланс моста восстанавливается. Положение движка реохорда и связанных с ним стрелки и пишущего узла однозначно определяет величину сопротивления преобразователя, а следовательно, и величину измеряемой температуры. Шкала прибора градуируется в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$).

Промышленность выпускает автоматические электронные показывающие и самопишущие мосты переменного тока серии КСМ: миниатюрные КСМ1, малогабаритные КСМ2, средних габаритов КСМ3, крупногабаритные КСМ4.

Электронные автоматические мосты предназначены для намерения сопротивления термопреобразователей и применяются в комплекте с ними в качестве вторичных приборов. Так же как и потенциометры выпускаются мосты многоточечные, мосты с регулятором и многоточечные с регулятором.

Автоматические электронные показывающие и самопишущие приборы с дифференциально-трансформаторной схемой. Принципиальная схема прибора с дифференциально-трансформаторной передачей приведена на рис. 38.

Передающий преобразователь, встроенный в первичный прибор, имеет дифференциальный трансформатор, состоящий из первичной 1 и вторичной 2 обмоток, каждая из которых состоит из двух секций, соединенных последовательно. Секции вторичной обмотки соединены так, что ЭДС, наводимые на них, находятся в противофазе, а результирующее напряжение на вторичной обмотке равно разности этих ЭДС. Внутри дифференциального трансформатора свободно движется плунжер 3 из ферромагнитного материала. При симметричном расположении плунжера относительно секции вторичной обмотки напряжение на нем равно нулю. При перемещении плунжера ЭДС той секции, в которую входит плунжер, увеличивается, а ЭДС секции, из которой выходит плунжер, уменьшается. На зажимах вторичной обмотки появляется напряжение, пропорциональное смещению плунжера относительно точки

равновесия, а фаза этого напряжения определяет направление смещения.

Передающий преобразователь соединяется с преобразователем вторичного прибора таким образом, что первичные обмотки включаются последовательно, а напряжения, снимаемые с вторичных обмоток, находятся в противофазе. Если плунжеры преобразователей занимают одинаковое положение, то разность напряжений вторичных обмоток равна нулю. При появлении рассогласования в положении плунжеров на вход электронного усилителя 4 подается напряжение, амплитуда которого пропорциональна рассогласованию, а фаза — знаку рассогласования. С выхода усилителя сигнал подается на обмотку управления реверсивного исполнительного двигателя 5, который начинает вращать кулачок 6, а поворот кулачка приводит к изменению положения плунжера. Этот процесс продолжается до тех пор, пока плунжер вторичного преобразователя не займет такое же положение, как и плунжер первичного преобразователя. Напряжение рассогласования, поступающее на вход электронного усилителя, станет равным нулю, и исполнительный двигатель остановится.

С кулачком жестко связана указательная стрелка. Шкала прибора обычно градуируется в единицах измеряемого параметра. Приборы с дифференциально-трансформаторной схемой выпускаются с квадратным и линейным кулачком и предназначены для работы в комплекте с измерительными преобразователями давления и расхода.

Приборы с квадратичными кулачками предназначены для измерения расхода с помощью сужающих устройств и дифманометра.

Приборы с линейным кулачком предназначены для измерения при помощи дифманометра давления, разрежения, уровня, плотности.

Промышленность выпускает автоматические электронные показывающие и самопишущие приборы с дифференциально-трансформаторной схемой типов КСД1, КСД2, КСД3.

§ 10. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА АСР

Исполнительное устройство — это устройство системы автоматического управления или регулирования, воздействующее на процесс в соответствии с получаемой командой информацией.

Исполнительное устройство состоит из двух функциональных блоков — исполнительного механизма и регулирующего органа.

Исполнительный механизм — механизм, являющийся функциональным блоком, предназначенным для управления исполнительным органом в соответствии с командной информацией.

Регулирующий орган — устройство, воздействующее на процесс путем изменения пропускной способности.

В промышленных установках расход веществ регулируется с помощью различных дроссельных регулирующих органов.

Ниже приводится описание наиболее распространенных рабочих органов.

Краны — самые простые регулирующие органы, применяющиеся для измерения расхода жидкостей и газов. Наибольшее распространение получила конструкция, в которой подвижная часть — пробка — выполнена в виде усеченного конуса. В пробке имеется сквозное отверстие, через которое проходит вещество. Поворотом пробки относительно корпуса можно регулировать расход вещества.

Заслонки применяются для регулирования потоков газа и реже для регулирования расхода жидкости. Заслонка состоит из корпуса и поворотного диска. Изменение проходного сечения осуществляется поворотом диска.

Задвижки являются распространенной формой регулирующих органов и выпускаются с широким диапазоном проходных сечений.

Клапаны являются самым распространенным видом дроссельных устройств, применяемых для регулирования расходов жидкостей и газов. Подвижной частью клапана является золотниковое устройство, положение которого определяет проходное сечение.

Для сыпучих материалов используются регулирующие органы другой конструкции. В частности, для изменения расхода сыпучих материалов используются пневматические и электромагнитные вибрационные питатели.

В пневматических вибропитателях расход сыпучего материала меняется в зависимости от давления питающего воздуха.

В качестве регулирующих органов могут быть использованы шнековые питатели, производительность которых меняется с изменением числа оборотов шнека.

Промышленность выпускает большое количество разнообразных исполнительных механизмов. Часто исполнительный механизм и рабочий орган конструктивно представляют единое целое — исполнительное устройство.

В соответствии с видом энергоносителя исполнительные механизмы могут быть электрическими, пневматическими и гидравлическими. Иногда в электрических АСР применяют исполнительные механизмы пневматического или гидравлического типа с использованием соответствующих преобразователей. Поскольку мощность управляющего сигнала регулятора обычно недостаточна для перемещения регулирующего органа, то исполнительный механизм служит одновременно усилителем мощности.

Гидравлические исполнительные механизмы. Примером гидравлического исполнительного механизма может служить мембранный исполнительный механизм, широко применяемый в регуляторах давления воды «после себя». Эти механизмы развивают большие усилия, но применяются очень редко.

Пневматические исполнительные механизмы. Этот тип исполнительных механизмов получил большее распространение. В зависимости от типа чувствительного элемента они делятся на мембранные, поршневые и сильфонные. Наибольшее

Кнопки управления. Применяются в качестве элементов управления для пуска и остановки, как отдельных машин, так и всей системы в целом. Как правило, кнопка содержит замыкающий и размыкающий контакт.

Пост управления. Комплект кнопок, встроенный в общий кожух, образует пост управления. Посты различаются исполнением, габаритными размерами, количеством кнопок и т. д.

Для того чтобы в массе кнопок, установленных на пульте управления, можно было легко найти кнопку «стоп», она всегда окрашивается в красный цвет. Помимо этого, в качестве кнопок «стоп» используются кнопки, имеющие большой грибообразный штифт красного цвета. Часто в различных частях машины-автомата устанавливается несколько кнопок «стоп».

Конечные выключатели. Другим устройством, широко применяющимся в системах автоматического управления, являются конечные (путевые) выключатели, которые представляют собой металлический кожух, в который встроена контактная система. При воздействии механического усилия на приводное устройство выключателя (кнопку, рычаг, штифт) происходит переключение контактной группы. Конечные выключатели применяются для ограничения хода механизмов, для различных переключателей в цепях управления, осуществляемых при перемещении рабочих органов машин и механизмов.

Микропереключатели. Широкое применение в системах автоматического управления получили микропереключатели, выполняющие те же функции, что и конечные выключатели. В отличие от последних контактная система микропереключателей срабатывает при малых перемещениях приводного штифта (0,5—2 мм) и небольшом усилии срабатывания (не более 5 Н), а контактная система содержит один переключающий контакт. Корпус микропереключателей выполняется из пластмассы и имеет небольшие габариты.

Микропереключатели часто используются в качестве контактной группы и в других устройствах, например в мембранном сигнализаторе уровня МДУ-3М (см. рис. 27).

Помимо этого, микропереключатели используются в цепях блокировки для выдачи сигналов о закрывании дверей высоковольтных шкафов, наличии защитных кожухов и ограждений и т. д.

Переключатели и тумблеры. Для ручного переключения режимов работы цепей используются переключатели и тумблеры. Переключение вышеупомянутых контактных устройств происходит при механическом воздействии на них, что является недостатком вследствие износа трущихся частей. Этот недостаток устранен в герконах и бесконтактных путевых выключателях.

Герконы. Герметизированные магнитоуправляющие контакты представляют собой два контакта, запаянных в стеклянную оболочку (рис. 40).

Контакты выполнены из упругого ферромагнитного материала, а оболочка наполнена инертным газом. В нормальном положении

контакты разомкнуты, а при создании внешнего магнитного поля, например с помощью постоянного магнита, контакты замыкаются. Герметизация оболочки, наполненной инертным газом, обеспечивает высокую надежность контакта и его долговечность.

Бесконтактные путевые выключатели.

Представляют собой электронные устройства, помещенные в пластмассовый корпус, герметизированные эпоксидным компаундом.

Внешний вид и схема включения

бесконтактного путевого выключателя типа

БВК-24М приведена на рис. 41. Срабатывание реле, подключенного к выключателю, происходит при помещении металлической пластины в паз корпуса выключателя.

Этим выключателям свойственны высокая точность срабатывания и быстроедействие.

Реле. В системах автоматики широко применяются различные электрические реле.

Электромагнитное реле. Реле представляет собой электрическое устройство, и которое входит электромагнит, контактное устройство, подвижной якорь. На рис. 42 схематично изображено устройство электромагнитного реле РПУ-0, широко распространенного в устройствах автоматики. Катушка реле может работать от постоянного и переменного тока. При подаче напряжения на катушку 1 подвижный якорь 4 притягивается к ярму 2 и производит переключение контактной группы 3. При снятии напряжения с катушки якорь возвращается в исходное положение с помощью пружины 5. Реле имеет три переключающих контакта, которые способны коммутировать ток 2 А при переменном напряжении 220 В. Реле смонтировано в пластмассовом корпусе, защищающем реле от пыли и случайного прикосновения к токоведущим частям.

Поляризованные реле. Большой интерес для применения в устройствах автоматики представляют поляризованные реле. Эти реле имеют очень малые токи срабатывания (от долей до единиц миллиампер). Кроме того, поляризованные реле чувствительны к изменению направления тока, протекающего через обмотку,

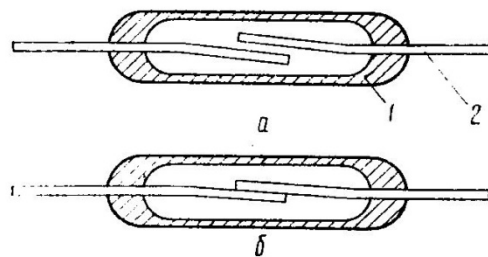


Рис. 40. Герметизированный магнитоуправляемый контакт:

а — при отсутствии внешнего магнитного поля; 1 — стеклянный баллон; 2 — упругие электроды из магнитного материала; б — при наличии внешнего магнитного поля

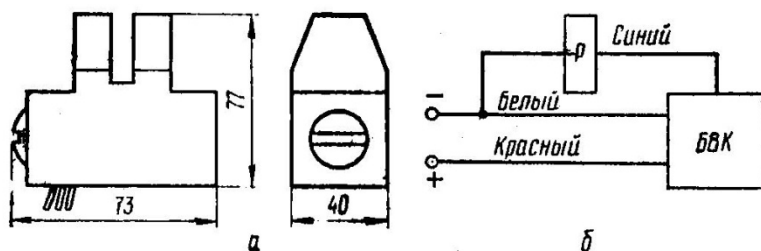


Рис. 41. Бесконтактный путевой выключатель БВК-24М:

а — внешний вид; б — схема включения

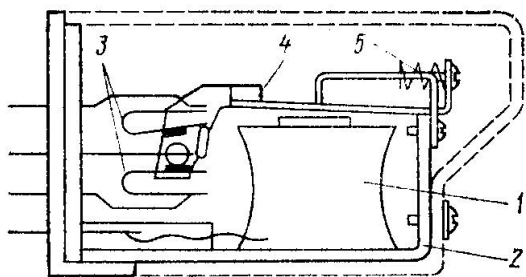


Рис. 42. Электромагнитное реле

в этом случае контакт реле перебрасывается в соответствующую сторону. Поляризованное реле своим контактом может коммутировать маломощную нагрузку, например обмотку, более мощного реле.

Магнитные пускатели. Для коммутации мощной нагрузки, например двигателей переменного тока, нагревателей и т. д., необходимы электромагнитные устройства, способные коммутировать токи в десятки

ампер одновременно в трех фазах. Такими устройствами являются магнитные пускатели. Магнитный пускатель состоит из тех же основных элементов, что и электромагнитное реле, но размеры его гораздо больше.

Контактное устройство магнитного пускателя имеет главные контакты, предназначенные для коммутации силовых цепей, а также дополнительные блок-контакты, используемые в цепях управления и блокировки.

Часто магнитные пускатели снабжаются встроенными тепловыми реле, защищающими управляемые электродвигатели от перегрузок.

По назначению магнитные пускатели бывают нереверсивные и реверсивные. Первые предназначены для включения электродвигателей с вращением в одну сторону, а вторые — с вращением в одну или другую сторону.

Приборы программного управления. Для автоматического управления производственными процессами, разбитыми на определенное количество распределенных во времени операций, осуществляемых в конкретной последовательности и с определенной продолжительностью, применяются различные программные командные приборы.

Командные приборы автоматически выдают импульсы управления для тех или иных процессов и операций по заранее установленному графику времени.

К таким приборам относятся ступенчатый импульсный прерыватель СИП-01, а также командный электропневматический прибор КЭП-12У.

Ступенчатый импульсный прерыватель СИП-01. Предназначен для работы в схемах программного управления. Привод устройства осуществляется от малогабаритного синхронного двигателя. На выходе импульсного прерывателя можно получать импульсы с периодом 15, 30, 60 и 120 с, длительность импульса выбирается при настройке и составляет 1—7 с для коротких импульсов, или 4—(8, 23—29, 53—59, 113—119 с для длинных импульсов.

Командный электропневматический прибор КЭП-12У предназначен для программного управления последовательностью

и продолжительностью различных операций по заданному графику посредством включения и выключения до 12 электрических или пневматических цепей. Прибор выпускается с соленоидом, обеспечивающим возможность дистанционного пуска, а также без соленоида для работы в непрерывно повторяющемся режиме. В варианте с соленоидом отключение прибора осуществляется автоматически по окончании каждого цикла, для начала нового цикла должна быть подана команда извне.

Программный механизм прибора приводится в действие малогабаритным синхронным двигателем через редуктор. Меняя передаточное отношение редуктора, можно ступенчато изменять продолжительность цикла от 3 мин до 18 ч. Передвигая кулачки в пазах вала, можно менять продолжительность срабатывания и количество срабатываний за один цикл. Максимальное число команд за один цикл—96, а минимальное время команды 10% от длительности цикла.

Приборы СИП-01 и КЭП-12У обеспечивают программное управление технологическим процессом, выдавая команды на включение и выключение различных электрических исполнительных механизмов.

Автоматические электронные программные задающие устройства РУ5-02М. Предназначены для регулирования технологических параметров процесса по заранее заданной программе при совместной работе с регуляторами. Принцип действия программных устройств состоит в постоянном автоматическом слежении чувствительного элемента за профилем программы, нанесенной в виде кривой на диаграммную ленту. При этом заданное программой значение параметра преобразуется в пропорциональный электрический сигнал, который поступает на регулятор. Считывание программы осуществляется фотоголовкой, которая состоит из фотоприемника (фоторезистора) и излучателя (лампы накаливания).

При длине диаграммной ленты 10 м время непрерывной работы прибора может составлять 7—500 ч (при скорости ленты 1140 мм/ч и 20 мм/ч соответственно). Это позволяет во многих случаях нанести на один рулон несколько следующих друг за другом циклов программы. Программное устройство РУ5-01М отличается от РУ5-02М тем, что в него встроен позиционный регулятор.

С помощью этих устройств можно производить регулирование различных технологических параметров, таких, как температура, давление, расход и др.

Описанные выше устройства позволяют строить несложные АСК и АСР позиционного и программного регулирования. Однако, в большинстве случаев подобные регуляторы не позволяют обеспечить требуемую точность регулирования и качество переходного процесса, особенно это характерно для технологических процессов пищевой промышленности. Их ход зависит от многих параметров, в число которых могут входить: давление, температура, концентрация, скорость протекания биохимических процессов и,

безусловно, качество и состав исходного сырья. Отклонения значений входных параметров процесса от номинальных приводит к значительным колебаниям выходного параметра и даже его выходу за допустимые пределы. Для регулирования хода таких процессов используются сложные регуляторы. Сформированный по определенному закону, выходной сигнал регулятора, через исполнительное устройство воздействует на один или несколько входных параметров процесса таким образом, что компенсирует воздействие возмущающих факторов.

Практически невозможно создать АСР, учитывающую действие всех возмущающих факторов, поэтому за оператором сохраняется возможность, в необходимых случаях, производить ручное регулирование. Передача информации оператору осуществляется с помощью различных устройств сигнализации.

Устройства сигнализации. Служат для передачи оператору в световом или звуковом виде информации о ходе технологического процесса, состоянии машин и механизмов, о положении их рабочих органов.

Световая сигнализация осуществляется с помощью различных сигнальных устройств: табло, транспарантов, указателей, цифровых индикаторов. Световой сигнал может быть воспроизведен ровным или мигающим светом, а также свечением ламп различного цвета. Иногда световая сигнализация дублируется звуковой.

Звуковая сигнализация выполняется с помощью гудков, звонков, сирен. Звуковая сигнализация позволяет привлечь внимание оператора в тех случаях, когда вследствие большой зоны обслуживания, световой сигнал может остаться незамеченным. С помощью звукового сигнала также организовывается оповещение обслуживающего персонала о предстоящем автоматическом или ручном пуске машин и агрегатов.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Г а т и л и н Н. Ф. Проектирование хлебозаводов. — М.: Пищевая промышленность, 1975. — 365 с.
- Г о л о в а н ь Ю. П., И л ь и н с к и й Н. А. Технологическое оборудование хлебопекарных предприятий. — М.: Пищевая промышленность, 1979. — 381 с.
- Г о р о ш е н к о М. К. Основы теории и расчета машин-автоматов и автоматических линий хлебопекарной промышленности. — М.: Пищевая промышленность, 1977. — 311 с.
- Г р и ш и н А. С., П о л т о р а к П. И. Комплексная механизация и автоматизация производственных процессов на хлебозаводах. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 279 с.
- П е т р о в И. К. Технологические измерения и приборы в пищевой промышленности. — М.: Пищевая промышленность, 1973. — 368 с.
- П е т р о в И. К., С о л о ш е н к о М. М., Ц а р ь к о в В. А. Приборы и средства автоматизации для пищевой промышленности. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. — 415 с.
- С и г а л М. Н., В о л о д а р с к и й А. В., Т р о п п В. Д. Оборудование предприятий хлебопекарной промышленности. — М.: Пищевая промышленность, 1978. — 246 с.
- С к о б л о Д. И., Г л ы б и н И. П. Автоматический контроль и регулирование процессов пищевых производств. — Киев: Техника, 1974. — 488 с.
- С п р а в о ч н и к для работников лабораторий хлебопекарных предприятий / [К. Н. Чижова, Т. И. Шкваркина, Н. П. Волкова, А. М. Минчук]. — М.: Пищевая промышленность, 1978. — 191 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава I. Основы автоматизации процессов хлебопечения	5
§ 1. Основные понятия об автоматизации технологических процессов	5
§ 2. Структура современных предприятий хлебопекарной промышленности	8
§ 3. Автоматизация основных технологических участков хлебозаводов	11
Глава II. Приборы для автоматического контроля и регулирования параметров технологических процессов	13
§ 4. Контроль и регулирование температуры	13
§ 5. Контроль и регулирование давления и разрежения	19
§ 6. Контроль и регулирование расхода и количества вещества	26
§ 7. Контроль и регулирование уровня	34
§ 8. Контроль и регулирование физико-химических свойств	37
Глава III. Автоматизированное оборудование и современные средства автоматизации	40
§ 9. Регистрирующие приборы АСК	40
§ 10. Исполнительные устройства АСР	46
§ 11. Устройства промышленной автоматики	49
Список рекомендуемой литературы	55