

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра систем автоматизации производства

# **ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ. ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ**

Учебное пособие

Рекомендовано учёным советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, 27.03.03 Системный анализ и управление, 27.03.04 Управление в технических системах, 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств, 27.04.03 Системный анализ и управление, 27.04.04 Управление в технических системах

Оренбург  
2018

УДК 681.5(075.8)  
ББК 32.965я73  
075

Рецензент – доктор технических наук А.И. Сергеев

Авторы: Л.В. Галина, М.А. Корнипаев, М.В. Овечкин, Д.А. Проскурин

075 Основы автоматизации. Введение в специальность: учебное пособие / Л.В. Галина, М.А. Корнипаев, М.В. Овечкин, Д.А. Проскурин; Оренбургский гос. ун-т. - Оренбург: ОГУ, 2018. - 99с.

Учебное пособие содержит теоретические сведения об измерительных приборах основных технологических параметров. Рассмотрены примеры практического применения измерительных приборов при автоматизации технологических процессов.

Учебное пособие предназначено для приобретения навыков и умений в области систем автоматизации и управления на примере учебного стенда «Основы автоматизации производства» ОАП1-С-Р

**Учебное пособие подготовлено в рамках проекта по совершенствованию содержания и технологий целевого обучения студентов в интересах организаций оборонно-промышленного комплекса («Новые кадры ОПК-2017»)**

ISBN 978-5-7410-2086-9

УДК 681.5(075.8)  
ББК 32.965я73

© Галина Л. В.,  
Корнипаев М.А.,  
Овечкин М.В.,  
Проскурин Д.А., 2018  
© ОГУ, 2018

## Содержание

Введение.....	4
1 Автоматизация производства.....	5
1.1 Определение автоматизации производства.....	5
1.2 Автоматизированная система управления технологическим процессом .....	8
1.3 Изучение комплекта оборудования «Основы автоматизации производства».....	13
1.4 Блок мультиметров.....	16
1.5 Контрольные вопросы .....	21
2 Технические средства автоматизации технологических процессов .....	22
2.1 Классификация технических средств АСУ ТП.....	22
2.2 Измерительные приборы .....	24
2.3 Испытание бесконтактных выключателей .....	41
2.4 Испытание индуктивного датчика линейного положения.....	47
2.5 Испытание резистивного датчика положения.....	51
2.6 Испытание датчика давления.....	54
2.7 Испытание датчиков температуры .....	58
2.8 Контрольные вопросы .....	65
3 Автоматические системы управления.....	67
3.1 Классификация систем автоматического управления.....	68
3.2 Блок испытания цифровых устройств.....	77
3.3 Система автоматического управления наружным освещением.....	82
3.4 Система автоматического управления исполнительным электродвигателем ...	86
3.5 Система автоматического регулирования температуры .....	91
3.6 Контрольные вопросы .....	95
Список использованных источников .....	97

## Введение

В настоящее время большое внимание уделяется вопросам материально-технического и программного обеспечения лабораторий и учебных аудиторий. Вследствие чего возникает необходимость использовать в учебном процессе современные комплекты типового лабораторного оборудования. Примером такого современного учебного оборудования может служить комплект «Основы автоматизации производства» ОАП1-С-Р.

Аппаратная часть учебного стенда выполнена на основе современного оборудования по блочному (модульному) принципу, позволяющему производить не только базовые эксперименты, указанные в сопроводительной документации, но и более широкий круг задач моделирования. Малая мощность силовых элементов, защита электрических цепей от эксплуатационных коротких замыканий, применение устройства защитного отключения позволяют повысить надежность и электробезопасность оборудования.

С использованием данного учебного комплекта оборудования возможно проводить лабораторные работы по нескольким направлениям: изучение датчиков технологических параметров, изучение цифровых устройств, изучение аналоговых и аналого-цифровых устройств, изучение устройств управления и автоматических систем.

# **1 Автоматизация производства**

## **1.1 Определение автоматизации производства**

Автоматизация – одно из направлений научно-технического прогресса, которое находит выражение в применении технических средств способных самостоятельно регулировать процесс, экономико-математических методов и систем управления, дающих возможность человеку освободиться полностью от непосредственного участия в технологических процессах получения, преобразования, использования и передачи информации, энергии или материалов.

Автоматизация отдельных технологических процессов, а также автоматизация производств требуют применения дополнительных контрольных устройств, работающих на основе электронной техники и методов вычислений, копирующих мыслительные и нервные функции человека.

Основные цели автоматизации это:

- снижение численности обслуживающего персонала;
- увеличение объемов выпускаемой продукции;
- повышение эффективности процесса производства;
- повышение качества продукции;
- сокращение расходов сырья;
- повышение ритмичности производства;
- увеличение безопасности;
- увеличение экологичности;
- увеличение экономичности.

Поставленные цели автоматизации достигаются с помощью решения следующих задач:

- повышение качества регулирования;
- увеличение коэффициента готовности оборудования;
- повышение эргономики труда;
- выполнение требований достоверности информации о материальных компо-

нентах, используемых в производстве;

- оперативное и долгосрочное сохранение информации о течении технологического процесса и появлении аварийных ситуаций.

В свою очередь решение задач автоматизации производится за счет:

- использования новейших *методов* автоматизации;
- использования новейших *средств* автоматизации.

Автоматизация возможна как для отдельного технологического процесса, цеха, отдела так и для предприятия в целом.

Результатом автоматизации технологического процесса, является создание автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП).

Поскольку принято выделять несколько подходов к проведению автоматизации, автоматизацию разделяют по типу технологических процессов:

- автоматизация непрерывных технологических процессов;
- автоматизация дискретных технологических процессов;
- автоматизация гибридных технологических процессов.

Также принято выделять три вида автоматизации производства частичную, комплексную и полную.

**Частичная автоматизация производства**, а именно – автоматизация отдельных производственных операций, производится в случаях, когда управление процессами в виду их сложности, а также скоротечности зачастую не доступно человеку-оператору, а элементарные автоматические устройства легко заменяют его.

Как правило, частичной автоматизации подвергается уже действующее производственное оборудование.

По мере усовершенствования всех средств автоматизации, а также расширения области их применения выявлено, что частичная автоматизация максимально эффективна в тех случаях, когда оборудование сразу разрабатывается как автоматизированное.

Отдельным видом частичной автоматизации производства является автоматизация управленческих работ.

**Комплексная автоматизация** производства, это случай когда участок, цех

или завод – работают как взаимосвязанный единый автоматизированный комплекс.

Комплексная автоматизация производства может использоваться на всех основных производственных функциях предприятия. Она необходима лишь при высоком уровне развития производства на базе современных технологий и прогрессивных методов управления, применяющих надежное производственное оборудование, действующее по заданной или самоорганизующейся программе, при этом функции человека сводятся к общему контролю и управлению работой комплекса.

**Полная автоматизация производства** – наивысшая ступень автоматизации, предусматривающая передачу всех возможных функций и управления, и контроля автоматизированным производством с комплексной автоматизацией полностью автоматическим системам управления.

Проводится она лишь тогда, когда производство, подлежащее автоматизации, рентабельно и устойчиво, а его режимы практически неизменны, и отклонения возможные в ходе функционирования могут быть заранее учтены. Отдельным случаем выступает полная автоматизация в условиях недоступных или особо опасных для здоровья и жизни человека.

При определении необходимой степени автоматизации производства принимают во внимание экономическую эффективность автоматизации и целесообразность ее проведения в условиях рассматриваемого производства.

Автоматизация производства, безусловно, не означает абсолютное исключение человека и замена его автоматами, но направление его действий, а также характер взаимоотношений человека с машиной изменяется: труд человека становится на новый качественный уровень.

При этом центр тяжести трудовой деятельности человека смещается на техническое обслуживание автоматов и на аналитически-распорядительную деятельность, обеспечивающую непрерывность производства.

Рабочие функции одного человека становятся такими же важными, как и функции целого подразделения. Вместе с тем изменение характера труда влечет за собой изменение содержания рабочей квалификации: исчезают некоторые устаревшие профессии, основой которых выступает тяжелый физический труд, растет вес

научно-технических работников, обеспечивающих правильное функционирование сложного производственного оборудования, а также создаются новые, более совершенные виды оборудования. [1]

Как видно, **автоматизация технологического процесса** – это не что иное, как совокупность средств и методов, предназначенная для создания и использования системы или различных систем, дающих возможность осуществлять управление технологическим процессом исключая участие человека, либо при минимальном участии человека при принятии наиболее ответственных решений.

Автоматизация технологических процессов в условиях одного производственного процесса дает возможность организовать основу для использования систем управления производством и систем управления предприятием.

Основой автоматизации технологических процессов является перераспределение материальных, энергетических и информационных потоков в соответствии с выбранным критерием управления.

## **1.2 Автоматизированная система управления технологическим процессом**

Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП) – это организационно-техническая система управления технологическими параметрами в целом, в которой для сбора и обработки информации используются технические средства (в том числе ЭВМ), но окончательная выработка решения остаётся за человеком.

Участие человека в АСУ ТП заключается к выработке решения, когда невозможно заранее учесть все возможные возмущающее воздействия, когда задачи управления не могут быть заранее формализованы (определены).

В комплекс технических средств АСУ ТП входят средства контроля, регистрации, сигнализации, защиты, блокировки от неправильного включения. Системы автоматизации, входящие в АСУ ТП, могут представлять комплекс САУ, автономно (независимо от других технологических процессов) реализующих функцию управления некоторой частью технологического процесса. Эти САУ называются локаль-

ными системами автоматизации. В результате общий уровень автоматизации производств значительно повышается. [2]

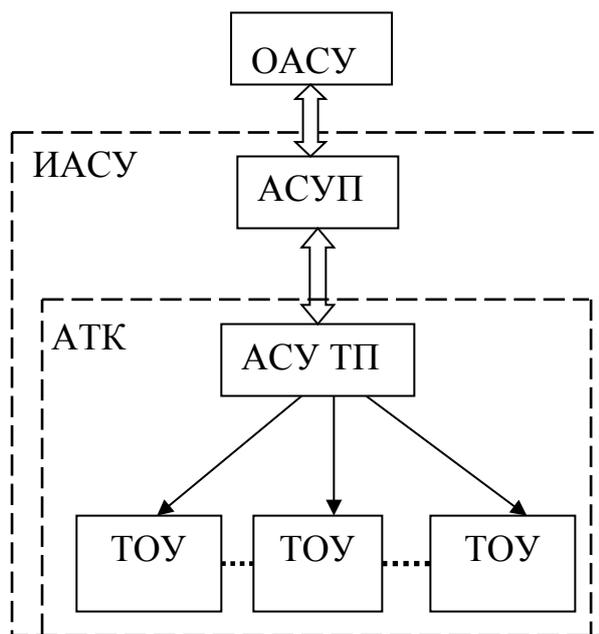


Рисунок 2.1 – Иерархия автоматизированных систем управления

АСУ ТП используется для разработки решения и осуществления управления технологическим объектом управления (ТОУ). Он представляет собой совокупность технологического оборудования для производства пищевых продуктов. К ТОУ относятся аппараты, агрегаты, установки с учётом транспортных систем, а также отдельные участки цеха, технологические комплексы.

Если АСУ ТП объединяют несколько ТОУ, то они образуют автоматизированный технологический комплекс (АТК).

Управление производством обеспечивает управление не только автоматизированными технологическими комплексами (АТК), но и вспомогательными процессами (приёмка, транспортировка, складирование и т.д.). Организация такого взаимодействия осуществляется автоматизированной системой управления предприятием (АСУП), которая дополнительно производит обработку данных производственно-хозяйственной деятельности: техническую подготовку производства, управление основными потоками технологического процесса, технико-экономическое планиро-

вание, материально-техническое снабжение, управление сбытом продукции, управление ремонтными работами и энергетическое обслуживание.

Для обеспечения управления многоуровневыми автоматизированными системами, которые объединяют управление с административно-хозяйственной деятельностью в одну общую систему управления, создаётся интегрированная автоматическая система управления (ИСАУ). В ИСАУ в качестве составных частей входят ТОУ, АСУ ТП, АТК, АСУП.

Для обеспечения планирования работы всей отрасли данного производства, контроля и отчётности, создаётся отраслевая автоматизированная система управления (ОАСУ). Она включает в себя информационную базу с математическим обеспечением.

Исходная информация поступает по вертикали вверх с ТОУ на АСУ ТП, затем на АСУП, далее на ОАСУ, и образуется многоуровневая иерархия анализа работы автоматизированных систем управления. Команды управления идут по вертикали сверху вниз и обеспечивают стабильную работу предприятия.

При создании АСУ ТП должны быть определены конкретные цели функционирования данной системы в общей структуре управления. Например, экономия сырья, повышение производительности, оптимальная загрузка оборудования, повышение качества продукции и т.д.

Функции АСУ ТП – это вид её деятельности, направленной на достижение конкретной цели в процессе управления. Они разделяются на информационные, управляющие, вспомогательные.

К информационным функциям АСУ ТП относятся: сбор, преобразование и хранение информации о протекании технологического процесса и передача её оперативному персоналу. Для этого в автоматическом режиме производится измерение основных параметров технологического процесса, обнаружение и сигнализация о предаварийных и аварийных ситуациях. По вызову оператора определяется время, когда произошло отклонение в работе агрегатов, проводится анализ новых достигнутых технико-экономических показателей и другие расчёты. При этом АСУ ТП может работать в режиме «советчика» и на основе анализа исходной информации

разрабатывать рекомендации по управлению процессом. Она может работать в диалоговом режиме, оператор «советуется» по разным показателям режима работы и выбирает оптимальный режим.

Управляющие функции АСУ ТП – выработка и осуществление управляющих воздействий на технологические объекты. К основным управляющим функциям относятся: стабилизация технологического процесса, программное изменение режима работы, защита оборудования от аварий, управление последовательностью пуска и остановки и агрегатов, распределение потоков и нагрузок, разработка и реализация заданного режима работы.

Вспомогательные функции АСУ ТП обеспечивают решение внутрисистемных задач. Они предназначены для контроля функционирования технических средств, правильности выполнения алгоритма работы, хранения информации о работе системы и т.д.

Очевидно, что все эти функции присутствуют в той или иной степени в каждой АСУ ТП. Оценку необходимых ресурсов для выполнения этих функций проводят по следующим основным признакам:

- уровень занимаемой системой в общей иерархии;
- информационная мощность объекта управления;
- функциональная надёжность системы;
- степень функциональной развитости системы.

По уровню, который занимает система в организационно-производственной иерархии, выделяют АСУ ТП нижнего уровня, в которых нет иных зависимых АСУ ТП. Это могут быть как отдельные агрегаты так и установки. АСУ ТП верхнего уровня, в которых присутствуют другие зависимые АСУ ТП, применяющие свои локальные (местные) системы управления, а именно технологические линии или цеха. АСУ ТП многоуровневые, которые в своём составе объединяют АСУ ТП нижнего и верхнего уровней.

По характеру технологического процесса во времени выделяют непрерывные процессы, в которых непрерывно вырабатываются конечные продукты. Например, процесс производства муки. Такие процессы имеют стабильные показатели качества

и их удобно автоматизировать.

Непрерывно-дискретные процессы, когда на различных этапах производства появляются непрерывный и периодический процессы. При этом характерно наличие непрерывного процесса с присутствием циклов, когда сырьё поступает дозами в строго определённой последовательности. При этом для автоматизации, необходимо не только поддержание заданных параметров процесса, но и необходимо согласование по массе (или весу) обрабатываемых материалов в непрерывном, а также в дискретном режимах.

Дискретные процессы имеют следующие особенности: повторяемость различных ситуаций, чередование операций перемещения и преобразования. При автоматизации таких типов процессов дополнительно требуется поддерживать точность дозирования.

Информационная мощность технологического объекта управления находится в непосредственно зависимости от измеряемых и контролируемых технологических параметров. По условной информационной мощности АСУ ТП принято разделять на:

- малой мощности - с числом измеряемых параметров до 10;
- большой мощности - с числом измеряемых параметров до 2500;
- без ограничения.

Функциональная надёжность системы находится в прямой зависимости от требований к параметрам, подлежащим регулированию. Функциональная надёжность может быть минимальной, не требующей специальных мер поддержания надёжности работы; средней, характеризующейся наличием в АСУ ТП отказов не приводящих к серьёзным аварийным ситуациям; высокой, характеризующейся наличием любых недопустимых отказов в работе АСУ ТП. В этом случае необходимо принимать специальные меры по защите оборудования. В зависимости от функциональной надёжности применяют различные виды контроля состояния процесса:

- постоянный контроль по приборам объекта управления;
- контроль состояния каждого объекта управления по вызову;
- косвенное измерение частных показателей процесса;

- обобщённая оценка состояния процесса в целом;
- прогноз дальнейшего хода технологического процесса;
- диагностика аварийных ситуаций.

### **1.3 Изучение комплекта оборудования «Основы автоматизации производства»**

#### 1.3.1 Основные характеристики комплекта оборудования

Аппаратная часть комплекта выполнена по модульному принципу и состоит из:

- спроектированных с учебными целями блоков испытания датчиков, испытания цифровых устройств с набором типовых логических элементов, программируемого реле и блоков натуральных аналогов объектов управления;
- однофазного источника питания;
- лабораторного стола с двухуровневой рамой для крепления необходимых при проведении экспериментов функциональных блоков.

Питание оборудования производится от однофазной электрической сети напряжением 220 В с нейтральным и защитным проводниками. Потребляемая мощность оборудования, не превышает 100 В-А. Габариты оборудования (длина/ ширина / высота) 910x320x820 мм. Масса оборудования не превышает 45 кг.

Комплект типового лабораторного оборудования «Основы автоматизации производства» обладает следующими качествами:

- *универсальность*, выраженная в возможности воспроизведения базовых экспериментов, а также в расширении круга задач моделирования.
- *гибкость*, выраженная в обеспечении возможности компоновки требуемой конфигурации комплекта соответственно с задачами каждой конкретной работы.
- *наглядность* результатов моделирования, обеспеченная их отображением на дисплее реле и натуральных объектах управления.
- *надёжность*, получаемая за счет малой мощности силовых элементов, защиты электрических цепей от эксплуатационных коротких замыканий и несоответствующего обращения пользователей.

- *электробезопасность*, обеспеченная выполнением элементов с I и III классом защиты от поражения электрическим током, а также использованием устройства защитного отключения.

- *компактность*, обеспеченная малой установленной мощностью элементов и применением только необходимых для рассматриваемого эксперимента блоков и приборов.

- *современный дизайн*, учитывающий требования эргономики, инженерной психологии и эстетики.

Цель проведения экспериментов - испытание и определение характеристик основных компонентов автоматических систем: датчиков, блоков управления, исполнительных механизмов. В состав комплекта включены универсальные блоки, используемые для выполнения всех экспериментов, а также специализированные блоки и измерительные приборы.

В состав универсальных блоков комплекта входят:

- 1) однофазный источник питания;
- 2) блок исследования цифровых устройств;
- 3) блок световой сигнализации;
- 4) блок программируемого реле;
- 5) пост управления;
- 6) исполнительный электродвигатель;
- 7) модель отапливаемого помещения;
- 8) электронагревательный элемент;
- 9) блок исследования датчиков линейно положения;
- 10) блок исследования датчика давления;
- 11) блок мультиметров;
- 12) цифровые миниблоки;
- 13) датчики температуры включающие термопреобразователь сопротивления, термоэлектрический преобразователь (термопара типа ХК), полупроводниковый резистор с положительным температурным коэффициентом;
- 14) датчики линейного положения.

### 1.3.2 Схема электропитания лабораторного оборудования

При выполнении испытаний все блоки комплекта, имеющие сетевое питание, для увеличения электробезопасности подключается к сети питания через однофазный источник питания G1, включающий в себя устройство защитного отключения, в соответствии со схемой соединений, представленной на рисунке 1.1.

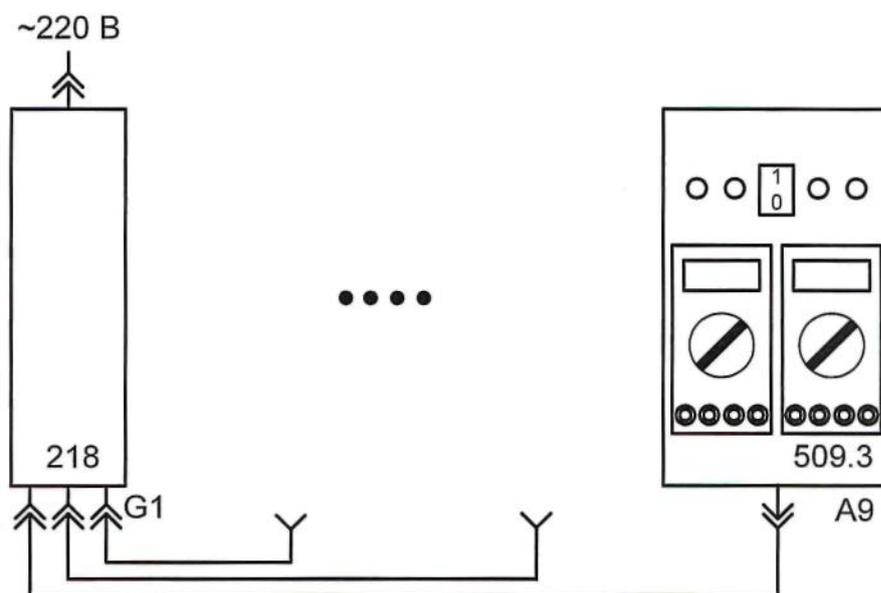


Рисунок 1.1 - Схема электропитания блоков комплекта

При выполнении эксперимента необходимо придерживаться следующего порядка подачи питания на составленную цепь:

- 1) убедиться, что устройства, исследуемые в эксперименте, отключены от сети электропитания;
- 2) соединить оборудование в соответствии со схемой электропитания, представленной на рисунке 1.1;
- 3) собрать исследуемую цепь в соответствии с руководством по выполнению работ;
- 4) включить устройство защитного отключения и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1;
- 5) включить выключатель «СЕТЬ» блоков, применяемых в работе;
- 6) проверить работу собранной схемы и провести эксперименты, предусмотр-

ренные в описании работ. При необходимости изменения исследуемой схемы отключить выключатель «СЕТЬ» блоков, затем изменить схему и снова включить выключатель «СЕТЬ»;

7) по завершении выполнения работы отключить выключатель «СЕТЬ» всех блоков и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

## 1.4 Блок мультиметров

В блок мультиметров включены два мультиметра: UT51 и UT55 (рисунок 1.2).

В блоке мультиметров использованы источники питания от сети 220 В. Питание подается через выключатель «СЕТЬ» и предохранитель «1 А», расположенные на лицевой панели блока. Для включения мультиметров в работу кроме выключателя «СЕТЬ» необходимо нажать кнопку «Power», расположенную слева под индикатором. В верхней части лицевой панели блока расположены предохранители, предназначенные для защиты мультиметров на пределах измерения тока.



Рисунок 1.2 – Блок мультиметров

В верхней части каждого мультиметра находится отсчетное устройство, а именно - цифровой индикатор. Под цифровым индикатором расположен механический переключатель режимов работы и пределов измерения приборов. Под переключателем расположены гнезда подключения проводников:

- гнездо «СОМ» - общее для подключения мультиметра при любых измерениях. При измерении постоянного напряжения или тока гнездо соответствует «-» (минусу) прибора. При измерении сопротивления на гнездо «СОМ» подается «-» (минус) от внутреннего источника мультиметра. Полярность внутренних источников необходимо учитывать, например, при проверке диодов;

- гнездо «V $\Omega$ ». Используется для подключения к прибору второго проводника на пределах измерения напряжения и сопротивления. При измерении постоянных напряжений и токов это гнездо соответствует «+» (плюсу) прибора. При измерении сопротивления это гнездо «+» (плюс) внутреннего источника мультиметра;

- гнездо «А» мультиметров предназначено для подключения цепи измерения тока на всех пределах измерения тока, кроме 10 А. Гнездо соответствует «+» (плюсу) прибора;

- гнездо «10 А» (на обоих мультиметрах) предназначено для подключения цепи измерения тока на пределе 10 А. Гнездо соответствует «+» плюсу прибора.

При измерении постоянного напряжения показания прибора положительны, если напряжение направлено от гнезда «V» (т.е. «+» (плюса) к гнезду «СОМ» (т.е. «-» (минуса)). Аналогично ток считается положительным, если он протекает через прибор в направлении от гнезда «+» (плюс) (т.е. от «А» или «10 А») к гнезду «-» (минус) «СОМ».

#### 1.4.1 Последовательность работы с мультиметром

В начальном состоянии прибор отключен от цепи.

Установите с помощью переключателя необходимый предел измерения. Если заранее неизвестна величина тока или напряжения измеряемого в ходе работы, следует установить наибольший предел измерения требуемой величины, исключая выход прибора из строя при случайной подаче питания на исследуемую цепь. Пода-

вать напряжение (ток) на входы мультиметров, можно, только если их переключатели установлены в соответствующие положения измерения напряжения, тока или частоты.

Подключите мультиметр к **обесточенной** испытываемой цепи. Включите источник питания мультиметра и источник питания испытываемой цепи, затем выполните требуемые измерения. При проведении измерений допускается переход на меньший предел измерения величины, при этом необходимо переключатель пределов перевести в соседнее с исходным положение.

**Во время проведения исследований недопустимо при переключении предела, устанавливая переключатель в положения, соответствующие иным измеряемым величинам, даже кратковременно.**

Для того, чтобы переключить прибор на другой участок испытываемой цепи, необходимо сначала отключить питание цепи, затем изменить подключение прибора, а далее установить необходимый предел измерения, и вновь подать питание на исследуемую цепь.

При проведении исследований параметров элементов электрических цепей, таких как диоды, резисторы, конденсаторы недопустимо подавать на вход мультиметра напряжение от внешних источников (недопустимо измерять параметры элементов в цепи, находящейся под напряжением). Перед измерением емкости конденсатора необходимо его разрядить, посредством замыкания накоротко его выводов.

1.4.2 Измерение напряжения и тока цифровым мультиметром UT51 или UT55 с ручным выбором пределов измерения (блок мультиметров)

Собрана испытываемая цепь. Источники питания всех блоков цепи выключены.

Установите максимальный предел измерения постоянного или переменного напряжения (указатель переключателя в положении «1000» в секторе пределов измерения постоянного напряжения «V $\overline{\text{—}}$ » или указатель переключателя в положении «700» в секторе пределов измерения переменного напряжения «V $\sim$ »). При этом проведенная предварительная установка максимальных пределов измерения исключает поломку мультиметра при включении цепи на неизвестное измеряемое напряжение.

Подключите проводники к гнездам мультиметра: крайнее правое (красное) гнездо «VΩ» (+U) и второе справа (черное) гнездо «СOM» (-U). Полярность подключения прибора в цепи переменного напряжения не имеет значения. Подключите прибор к испытываемой цепи в соответствии с указаниями по выполнению эксперимента.

#### 1.4.3 Измерение напряжения

Включить питание всех блоков цепи, в том числе и блока мультиметров.

Включить мультиметр кнопкой «Power», расположенной слева под индикатором. Если при длительном бездействии произойдет автоматическое отключение питания мультиметра необходимо отключить и повторно включить кнопку «Power».

Произвести отсчет напряжения по индикатору мультиметра. Если на индикаторе в старших разрядах отображаются нули, точность отсчета измеряемого напряжения необходимо повысить, переключившись на меньший предел измерения. Последовательно переходя от старшего предела к младшим (1000→200→20→2→200m) необходимо получить на индикаторе возможно большее число цифр результата, что обеспечивает наибольшую точность отсчета величины измеряемого напряжения. При перегрузке (напряжение на входе выше предела измерения) на индикаторе отображается 1 в крайнем левом разряде, а остальные знаки индикатора выключены. В этом случае необходимо переключиться на больший предел.

**Внимание! Если на вход мультиметра подано измеряемое напряжение запрещается устанавливать переключатель пределов в положения за пределами сектора измеряемой величины («V<sup>---</sup>» или «V~»). Вращение переключателя через сектора пределов измерения других величин в этом случае может привести к выходу прибора из строя.**

#### 1.4.4 Подготовка мультиметра к измерению тока

Собрана испытываемая цепь. Источники питания всех блоков цепи выключены. Прибор должен быть подключен к измеряемой цепи в соответствии с указаниями по выполнению эксперимента: проводники подключены к гнездам мультиметра

«А» (красное +I) и «СОМ» (черное -I).

Переведите переключатель пределов на лицевой панели прибора в положение максимального предела измерения постоянного тока в секторе «А $\overline{\text{—}}$ » или в секторе «А~» для переменного тока.

Для измерения токов до 10 А необходимо установить переключатель пределов в положение «10·» (сектор «А $\overline{\text{—}}$ » или «А~») и подключить проводники к гнездам мультиметра «10А» (+I) и «СОМ» (-I).

#### 1.4.5 Измерение тока

Включить питание всех блоков цепи, в том числе и блока мультиметров.

Включить мультиметр кнопкой «Power», расположенной слева под индикатором. Если при длительном бездействии произойдет автоматическое отключение питания мультиметра необходимо отключить и повторно включить кнопку «Power».

Произвести отсчет тока по индикатору мультиметра. Если на индикаторе в старших разрядах отображаются нули, точность отсчета измеряемого тока необходимо повысить, переключившись на меньший предел измерения. Последовательно переходя от старшего предела к младшим (2→200m→20m→2m→200μ→20μ), необходимо получить на индикаторе возможно большее число цифр результата, что обеспечивает наибольшую точность отсчета величины измеряемого тока. При перегрузке (ток через прибор выше предела измерения) на индикаторе отображается 1 в крайнем левом разряде, а остальные знаки индикатора выключены. В этом случае необходимо переключиться на больший предел.

**Внимание!** Если мультиметр включен в цепь измерения тока, допустимо лишь переключение пределов измерения в пределах сектора «А $\overline{\text{—}}$ » (или «А~» для переменного тока). Переключение на иные пределы измерения недопустимо.

Переключение на предел «10А» требует отключения питания измеряемой цепи и переключения провода из гнезда «2А» в гнездо «10А».

**Внимание!** Отключение проводов от мультиметра в режиме измерения тока разрывает измеряемую цепь и безопасно только после отключения питания от измеряемой цепи.

## 1.5 Контрольные вопросы

- 1) Что такое автоматизация?
- 2) Какие цели преследует автоматизация?
- 3) Что такое частичная автоматизация?
- 4) Что такое комплексная автоматизация?
- 5) Что такое полная автоматизация?
- 6) Что такое автоматизация технологического процесса?
- 7) Что такое автоматизированная система управления технологическим процессом?
- 8) Какие основные управляющие функции АСУ ТП вы знаете?
- 9) Что такое непрерывные процессы?
- 10) Что такое дискретные процессы?
- 11) Что такое непрерывно-дискретные процессы?
- 12) Какие виды контроля различают в зависимости от функциональной надёжности?
- 13) Какое оборудование используется в комплекте «Основы автоматизации производства»?
- 14) Какова последовательность работы с мультиметрами?

## 2 Технические средства автоматизации технологических процессов

### 2.1 Классификация технических средств АСУ ТП

При построении системы автоматизации любого уровня используется комплекс технических средств (КТС).

В комплекс технических средств входят различные измерительные преобразователи, логические и программные устройства (в том числе микропроцессоры), а также регулирующие органы.

Для получения первичной информации, её обработки и накопления на вторичных приборах, применения регулирующих и исполнительных устройств, применяются приборы и средства автоматизации Государственной системы промышленных приборов (ГСП).

В состав ГСП включены датчики, регулирующие и исполнительные устройства.

Построение ГСП основывается на некоторых принципах:

- обеспечение техническими средствами автоматизации различных отраслей промышленности и разнообразных структур систем автоматизированного управления;

- унификация и агрегатирование как основа жизнеспособности систем на основе преемственности новых ГПС без коренной ломки её в целом.

В последнее время в приборостроении широкое распространение получил принцип агрегатирования путём создания на основе ГСП агрегатных комплексов (АК).

В АК входят оборудование и приборы из унифицированных стандартных агрегатов, устанавливаемых в различной комбинации.

Различные комплексы технических средств (КТС) можно классифицировать по трём уровням, как показано на рисунке 2.1.

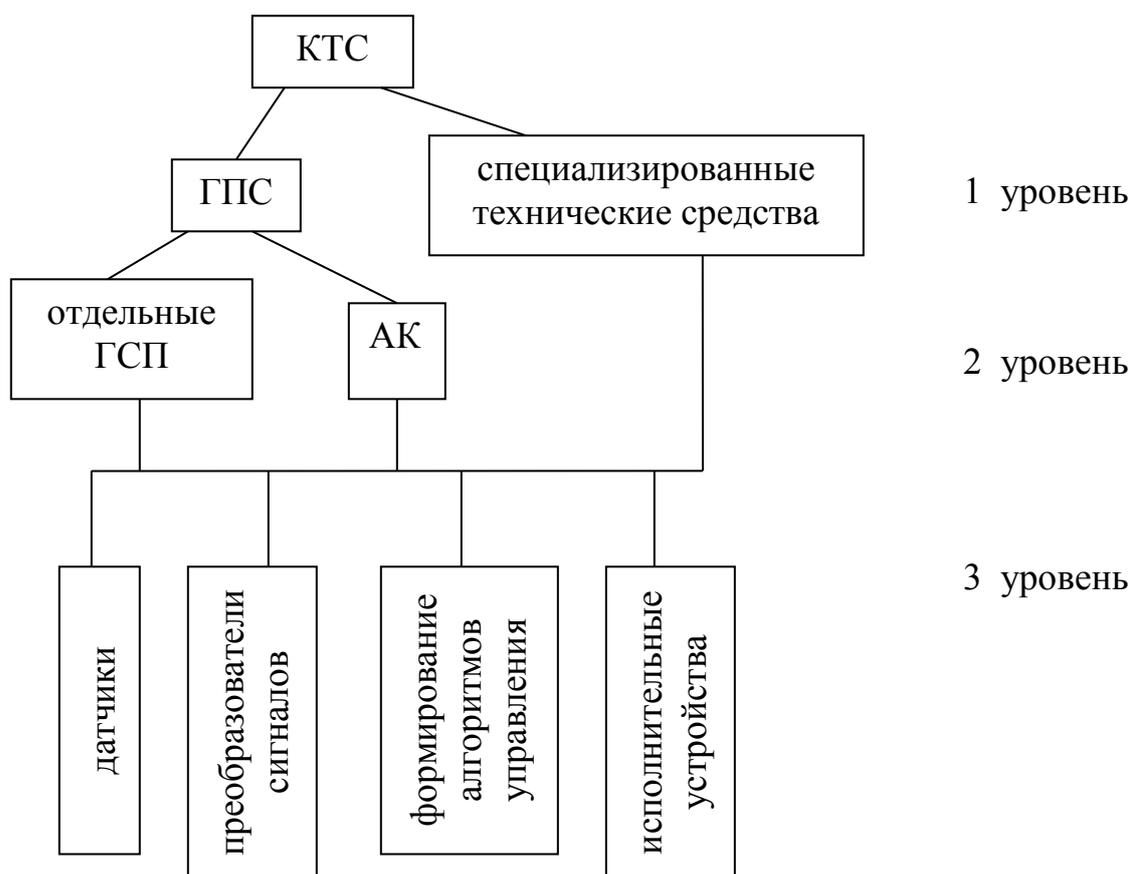


Рисунок 2.1 - Классификация КТС

Первый уровень разделяет технические комплексы на ГСП и на специально созданные для управления только данным технологическим процессом.

Второй уровень выделяет среди ГСП такие специально созданные комплексы, в которых можно выделить общие конструктивные параметры, уменьшить их разнообразие и на основе взаимозаменяемости провести агрегатирование для использования в различной комбинации. АК создаётся для управления достаточно сложным технологическим процессом. В технологии пищевых производств основная задача – стабилизация технологического процесса. Поэтому в основном используются достаточно простые стандартные технические средства (отдельные ГСП).

Третий уровень классифицирует КТС по выполняемым функциям в процессе управления вне зависимости от конструктивных особенностей.

К первой группе этого третьего уровня относятся датчики, различные измерительные приборы. Они самые разнообразные по конструктивному использованию в

зависимости от вида измеряемых параметров.

Во вторую группу входят различные преобразователи сигналов, шифраторы, согласующие устройства, различные конструкции дистанционной передачи сигнала и телесигнализации.

В третью группу входят технические средства для обработки измерительной информации: анализаторы сигналов, логические и запоминающие устройства, датчики всех типов. В функциональном отношении это самая сложная группа, поскольку её задача – реализовать весь комплекс полученных сигналов в алгоритм автоматического управления.

Четвёртая группа – это исполнительные устройства (электрические, пневматические, гидравлические), различные регулирующие органы, вспомогательные устройства [7,8].

## **2.2 Измерительные приборы**

Измерение параметров протекающего технологического процесса абсолютно необходимо. Ни один технологический процесс не может управляться ни вручную, ни автоматически без получения информации о параметрах этого процесса. Своевременная информация о нарушении технологического процесса позволит вовремя принять меры. Любая ошибка в показании измерительных приборов не исправляется никакими корректирующими устройствами. Поэтому имеется большое разнообразие измерительных приборов по принципу действия в зависимости от поставленных требований к точности показания и надёжности в работе [1,2,8,12].

В зависимости от вида измерительных величин измерительные приборы разделяются на 5 групп:

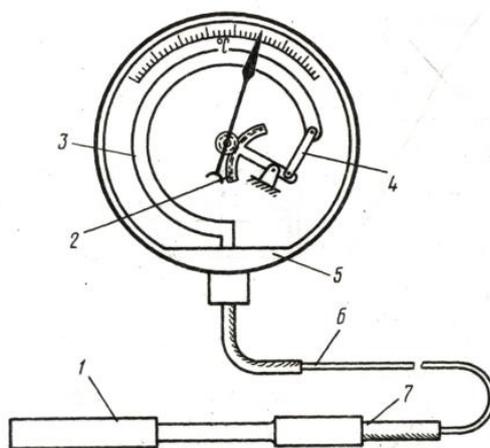
- средства измерения теплоэнергетических параметров (температура, давление, уровень, электрические параметры);
- средства определения состава и свойства вещества;
- средства определения физических свойств вещества (физико-механические, электрофизические, теплофизические);

- средства измерения массы, силы;
- средства измерения количества единиц, вибрации.

### 2.2.1 Измерение температуры

Термометры расширения. Основой принципа действия данных термометров является изменение объёма жидкости в замкнутом объёме при нагревании жидкости. По такому принципу функционирует домашний термометр контролирующей температуру воздуха в комнатах.

Манометрические термометры. Основой принципа действия данных термометров является изменение давления жидкости в замкнутом объёме при нагревании жидкости, которое через передаточный механизм изменяет положение стрелки прибора (рисунок 2.2). Диапазон измерения температур у таких приборов от минус 120 °С до 600 °С.



- 1- термобаллон; 2 – зубчатый сектор; 3 –манометрическая трубка; 4 – тяга;  
5 – корпус ; 6 – капиллярная трубка, 7- рукав.

Рисунок 2.2 – Манометрический термометр

Термоэлектрические термометры или термоэлектрические преобразователи температуры (ТПТ). Основой принципа действия данных термометров является термоэлектрический эффект, когда в замкнутой цепи, построенной из двух (или более) различных проводников в месте их спая появляется термо-ЭДС при нагревании первого конца спая (на котором производится измерение температуры) относительно-

но второго конца спая (температура внешней среды). Величина термо-ЭДС измеряется милливольтметром (рисунок 2.3). В зависимости от материалов сплавов термо-ЭДС может быть различной и достигать 2,4 мВ при температуре рабочего спая  $\theta_1 = 100^\circ \text{C}$  (при  $\theta_0 = 0^\circ \text{C}$ ). Диапазон измерения температур таких термометров от  $20^\circ \text{C}$  до  $1600^\circ \text{C}$ .

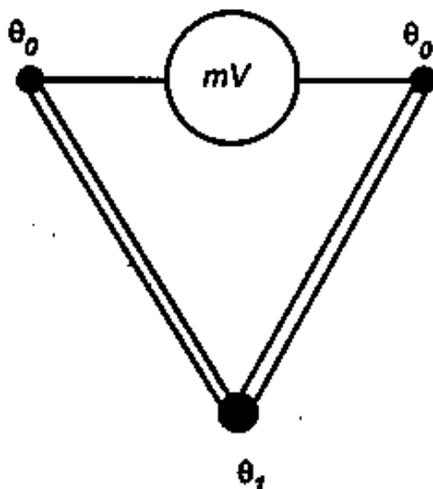
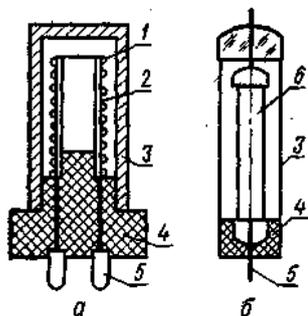


Рисунок 2.3 - Термоэлектрический термометр

Термометр сопротивления (терморезистор). Принцип действия основан на использовании зависимости электрического сопротивления чувствительного элемента от температуры (рисунок 2.4). Такой термометр в виду его простоты и надёжности широко используется в пищевой промышленности.



1 – проволока; 2 – каркас; 3 - защитный кожух, 4 – колодка; 5 – выводы,  
6 - чувствительный элемент.

Рисунок 2.4 - Терморезистор

### 2.2.2 Измерение давления

Абсолютное давление, которое определяется как сумма избыточного и атмосферного давлений, можно измерять манометром; вакуум можно измерять вакуумметром; разность двух давлений или перепад давления можно измерять дифманометром.

Жидкостные манометры. Основой принципа действия является уравнивание измеряемого давления столбом жидкости в V-образной трубке (рисунок 2.5)

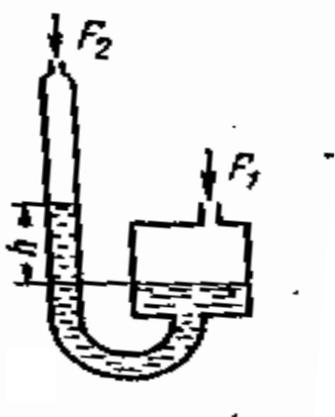
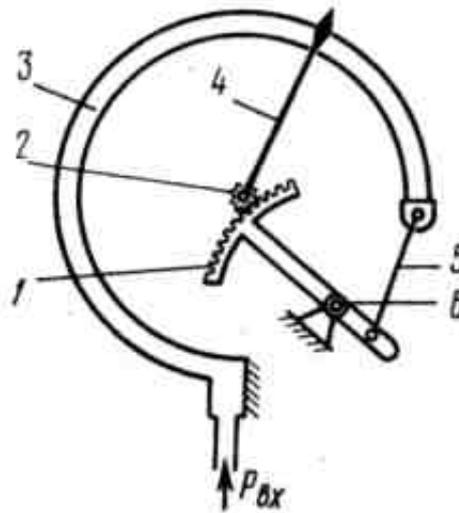


Рисунок 2.5 - Жидкостной манометр

Деформационные манометры. Основой принципа действия является использование деформации чувствительного элемента манометра (мембраны), перемещение которой обычно пропорционально давлению подлежащему измерению. При закреплении на одной оси двух мембран, и расположении каждой в отдельной объемной полости, по разности давления на первую и вторую мембрану имеется возможность определить перепад давления. Это принцип работы дифманометра.

Трубчато-пружинный манометр обладает дугообразной тонкостенной трубкой (рисунок 2.6). При подаче давления в такую трубку, она становится прямой, ее другой, свободный по расположению конец, перемещается и с помощью системы рычагов за счет зубчатого зацепления поворачивает стрелку прибора.



1, 2 – зубчатое зацепление; 3 – дугообразная трубка; 4 – стрелка;  
5, 6 – система рычагов.

Рисунок 2.6 – Трубочато-пружинный манометр

Электрический манометр. Принцип действия основан на деформации двух гофрированных мембран, которые с помощью штока изменяют сопротивление тензорезисторов и тем самым изменяют силу тока в электрической цепи. Такой измерительный преобразователь на выходе имеет электрический сигнал, что очень важно для создания автоматической системы управления.

### 2.2.3 Измерение уровня

Поплавковые уровнемеры. Принцип действия основан на изменении положения плавающей поплавка при изменении уровня жидкости.

Гидростатические уровнемеры. Принцип действия основан на выталкивающей силе буйка, помещённого в жидкость, в зависимости от уровня жидкости.

Электрические уровнемеры. Принцип действия основан на электрических свойствах среды, например, изменении электропроводности между двумя электродами в зависимости от заполнения ёмкости (рисунок 2.7). Широко используется для определения уровня вина в ёмкости.

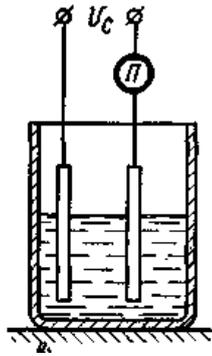
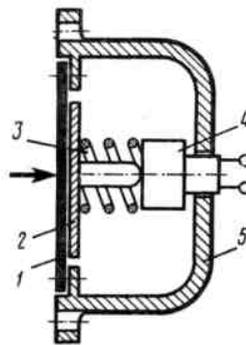


Рисунок 2.7 – Электрический уровнемер

Мембранные уровнемеры используются для измерения уровня зерна и других сыпучих материалов. Они крепятся к стенке бункера на разной высоте. Давление сыпучих материалов действует на гибкую мембрану, преодолевая усилие специальной пружины (рисунок 2.8). Перемещение мембраны ведет к переключению контактов микропереключателя, и по полученным сигналам определяется уровень сыпучих материалов.



1- мембрана; 2- металлический диск; 3 – пружина, 4- упор, 5- корпус.

Рисунок 2.8 - Мембранный сигнализатор уровня

#### 2.2.4 Измерение содержания веществ, растворённых в жидкости

Кондуктометрические приборы. В зависимости от концентрации и природы растворённых в жидкости веществ удельная электропроводность может изменяться от  $10^{-4}$  см/м (чистая вода) до 100 см/м (сильный электролит). Это дает возможность с достаточной точностью измерять концентрацию такого компонента. Чувствительный элемент прибора включает в себя два электрода, помещаемых в анализируемый раствор на определенном расстоянии (рисунок 2.9).

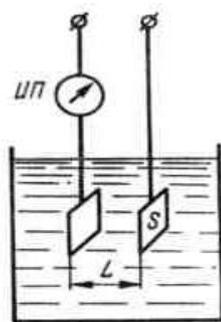


Рисунок 2.9 – Схема работы кондуктометрического прибора

По изменению электропроводности при подаче постоянного или переменного тока, определяется концентрация растворённого вещества.

Потенциометрические анализаторы. Основой принципа действия является измерение разности электрических потенциалов двух специализированных электродов, помещённых в анализируемую среду, где один электрод – измерительный, а другой – вспомогательный, и не должен изменять свой потенциал (рисунок 2.10). Например, для измерения рН растворов измерительный электрод 1 – стеклянный, а вспомогательный – каломельный. При погружении электродов в анализируемый раствор между поверхностью стекла и раствором происходит обмен ионами, возникает разность потенциалов. Измеряя эту разность, можно определить значение рН. С помощью этих приборов может быть измерена концентрация ионов разных веществ (Na, K, Ca, Mg и др.).

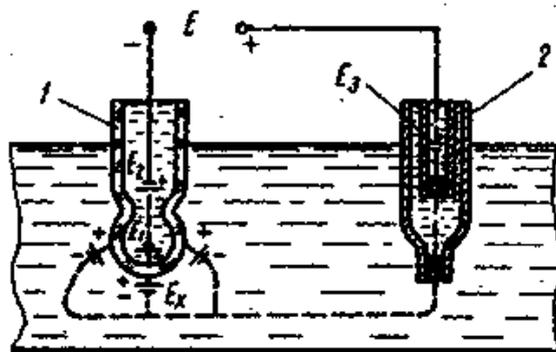


Рисунок 2.10 – Схема работы потенциометрического анализатора

Оптические анализаторы. Принцип действия основан на изменении показателя преломления света при переходе его из одной среды в другую (рефрактометриче-

ский метод). Оптические (световые) датчики используются для сортировки продуктов по цвету, для измерения задымлённости воздуха и мутности воды. В качестве чувствительных устройств применяются фототриоды и фототиристоры.

### 2.2.5 Измерение плотности жидкости

Поплавковый плотномер. Согласно закону Архимеда на поплавок будет действовать выталкивающая сила, равная массе вытесненной жидкости. В пищевой промышленности применяются плотномеры, где поплавок 2 полностью погружён в жидкость в измерительной камере 1. Выталкивающая сила поплавок изгибает пружинную пластину 4 и её перемещение передаётся на сердечник электрического преобразователя 5, сигнал которого поступает на автоматический регулятор (рисунок 2.11). По такому принципу работают ареометры, например, для определения содержания спирта. Принцип действия основан на изменении степени погружения ареометра.

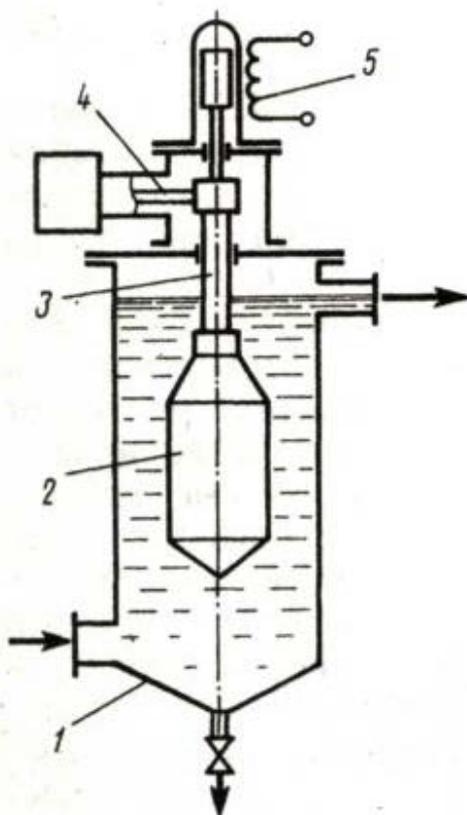


Рисунок 2.11 – Поплавковый плотномер

Гидростатический плотномер (рисунок 2.12). Через трубку, погружённую открытым концом в анализируемую жидкость, продувается заданное количество воздуха. Чем более плотная жидкость, тем большее надо приложить усилие для продувания воздухом. Это усилие измеряется манометром, и оно пропорционально плотности жидкости.

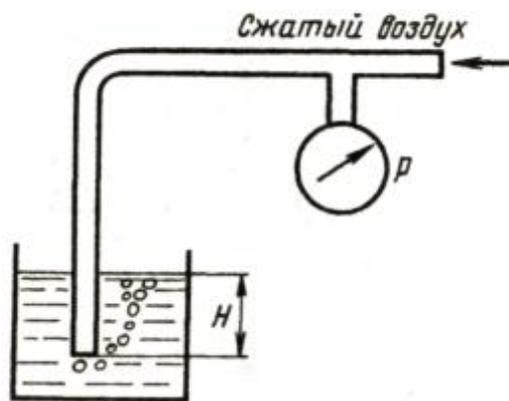


Рисунок 2.12 - Гидростатический плотномер

### 2.2.6 Измерение вязкости жидкости

Капиллярные вискозиметры. Через капиллярную трубку определённого диаметра и длины прокачивается насосом 1 заданное количество жидкости. Перепад давления между входом через капиллярную трубку 3 и выходом трубки измеряется дифманометром 2, отградуированным в единицах вязкости (рисунок 2.13).

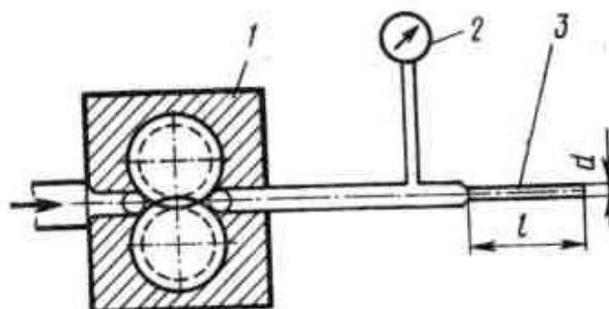


Рисунок 2.13 – Капиллярный вискозиметр

Ротационные вискозиметры (рисунок 2.14). Принцип действия основан на пе-

редачи вращения внешнего цилиндра 2 с постоянной скоростью внутреннему цилиндру 3 через заполненную между цилиндрами жидкость. С увеличением вязкости жидкости такая передача вращения возрастает. Для сохранения внутреннего цилиндра в покое к нему прилагается противоположное по величине усилие, которое по массе 4 пропорционально вязкости жидкости.

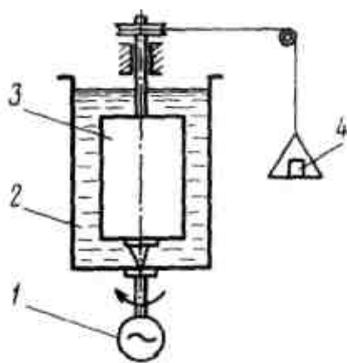


Рисунок 2.14 - Ротационный вискозиметр

### 2.2.7 Измерение веса и расхода

Весы. Принцип действия основан на уравнивании груза противовесом на удлинённом рычаге или за счёт деформации пружины. Для передачи сигнала служат тензорезисторные датчики, укрепленные на упругих элементах.

Вибролотковый расходомер. По наклонному лотку перемещается контролируемый поток продуктов. Чувствительный элемент – индуктивный датчик, который измеряет опускание лотка под действием потока продуктов и передает сигнал на регулятор. Для устранения влияния коэффициента трения материала о лоток применяют вибрацию с помощью электромагнитного вибратора.

Диафрагменные расходомеры. В трубу устанавливается диск с небольшим отверстием в центре (диафрагма). Давление газа или жидкости до диафрагмы больше, чем после диафрагмы. Перепад давления замеряется с помощью прибора П и резистора R, сопротивление которого шунтируется столбом жидкости пропорционально перепаду давления  $\Delta P$  (рисунок 2.15). Величина  $\Delta P$  зависит от скорости измеряемого потока. Таким образом определяется количество протекающей жидкости или газа.

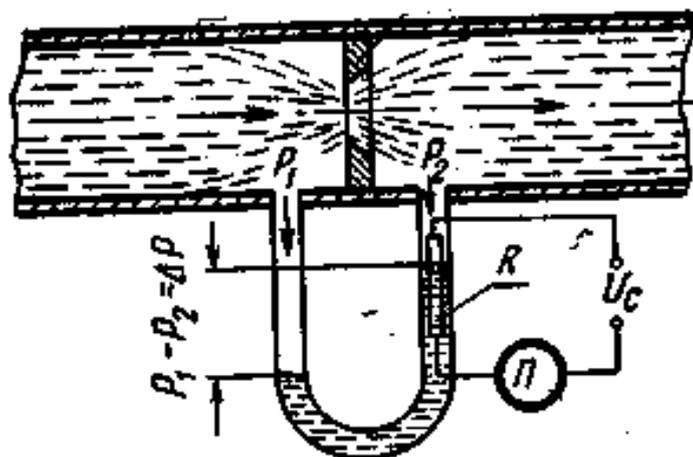


Рисунок 2.15 - Диафрагменный расходомер

Ротаметр. В вертикально расположенной конической трубе 1 располагается поплавок 2. Положение поплавка в конической трубе зависит от потока жидкости: чем сильнее поток, тем больше сила, действующая на поплавок, которая преодолевает его вес и поднимает вверх, чтобы расстояние между поплавком и трубой увеличилось для прохождения потока жидкости (рисунок 2.16). По расположению поплавка определяют количество протекающей жидкости. Применяется для определения расхода однородной чистой жидкости в пиво-безалкогольном производстве.

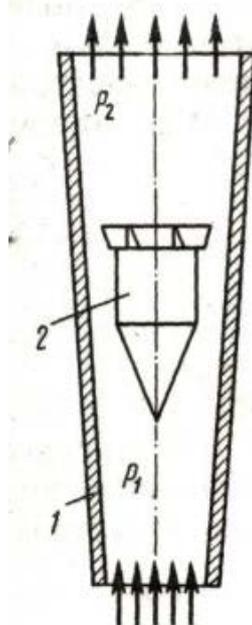


Рисунок 2.16 – Ротаметр

Скоростной датчик расхода (рисунок 2.17). Жидкость (газ), протекающий через датчик 1 приводит во вращение вертушку 2, частота вращения которой измеряется прибором 3. При данном сечении трубопровода частота вращения вертушки пропорциональна расходу жидкости (газа).

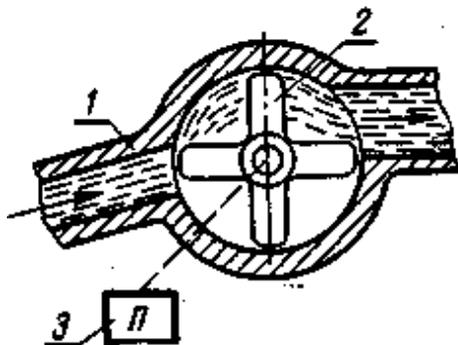


Рисунок 2.17 – Скоростной датчик расхода

### 2.2.8 Измерение угловой скорости

Электрический датчик угловой скорости выполняется в виде тахогенератора постоянного или переменного тока с максимально линейной зависимостью выходного напряжения  $U$  от частоты вращения  $\omega$ . Тахогенератор постоянного тока имеет коллектор и щётки для снятия напряжения с якоря. Это вызывает нестабильность в его показаниях. Тахогенератор переменного тока чаще изготавливается в виде двухфазного асинхронного генератора с ротором в виде тонкостенного металлического стакана. Выходное напряжение в виде синусоидальной формы позволяет использовать усилитель с высоким входным сопротивлением. Поэтому такие тахогенераторы серии ТГ получили широкое применение.

Центробежный датчик угловой скорости (рисунок 2.18). Грузы 1 под действием центробежной силы, при своём вращении, сжимают пружину 2 и перемещают муфту 3 по валу 5. Перемещение муфты передаётся индуктивному преобразователю 4. Индуктивное сопротивление преобразователя зависит от расположения его сердечника относительно заданного положения, то есть от угловой скорости грузиков.

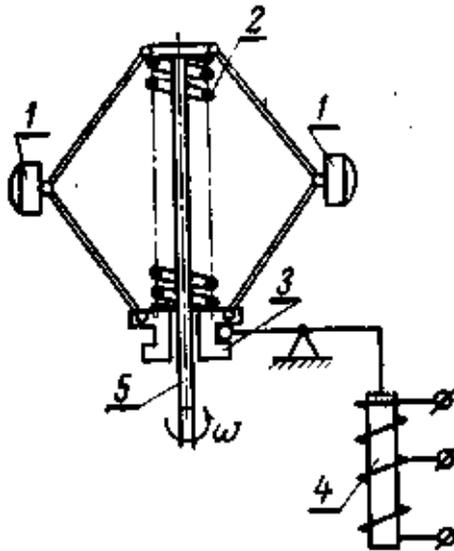


Рисунок 2.18 – Центробежный датчик угловой скорости

Индукционный датчик угловой скорости (рисунок 2.19) состоит из постоянного магнита 2, который вращается с угловой частотой данного агрегата и магнитопровода с обмоткой 1, в которой наводится переменное (импульсное) напряжение с частотой и амплитудой пропорционально скорости вращения постоянного магнита.

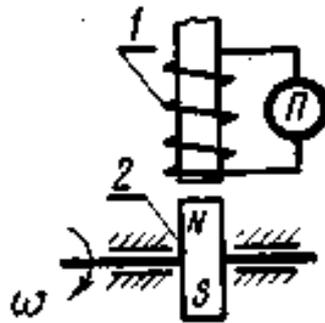


Рисунок 2.19 - Индукционный датчик угловой скорости

Импульсный датчик (рисунок 2.20) имеет изоляционный барабан 1, покрытый проводящим слоем 2. Правая щётка скользит по проводящему слою 2, а левая щётка поочередно замыкает/размыкает электрическую цепь при скольжении по проводящему слою или по изоляционному барабану. Возникающие импульсы регистрируются прибором П.

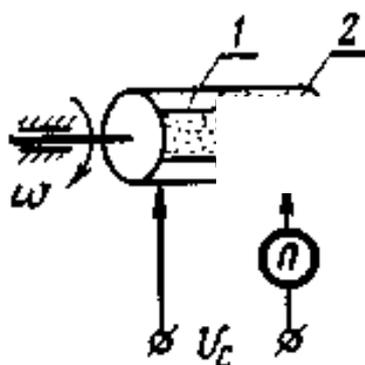


Рисунок 2.20 – Импульсный датчик

### 2.2.9 Измерение перемещения

Потенциометрический датчик для измерения угловых перемещений (рисунок 2.21) состоит из круглого каркаса 3 (текстолит, пластмасса) с обмоткой 1 (константан, нихром), по которой ходит движок 2. Потенциометрический датчик включён по схеме делителя напряжения. Вход – поворот подвижного контакта, выход – часть напряжения, снимаемого с обмотки датчика.

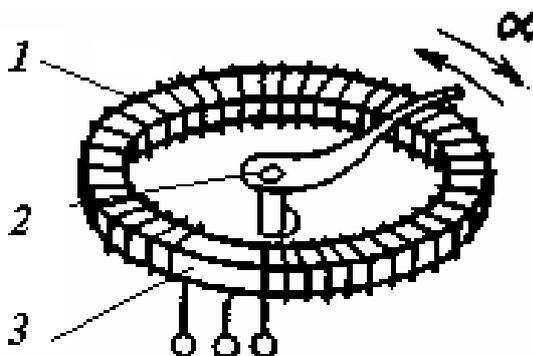


Рисунок 2.21 - Потенциометрический датчик угловых перемещений

Потенциометрический датчик для измерения линейных перемещений имеет линейную зависимость.

Реостатный датчик линейных перемещений имеет аналогичную конструкцию (рисунок 2.22). Он включён в электрическую цепь последовательно. Напряжение подаётся на один конец реостата и снимается с подвижного контакта (вторая часть реостата обесточена).

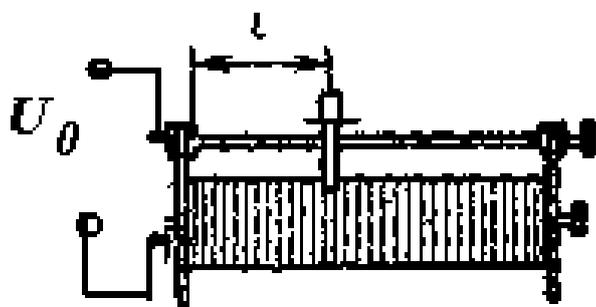


Рисунок 2.22 – Реостатный датчик линейных перемещений

Ёмкостной датчик перемещения изменяет свою электрическую ёмкость при изменении площади между обкладками конденсатора. Датчик, показанный на рисунке 2.23 а, реагирует на перемещение внутренней цилиндрической обкладки. Датчик (рисунок 2.23 б) реагирует на изменение площади взаимного перекрытия пластин при повороте одной пластины относительно другой. Ёмкостные датчики практически безинерционны, поэтому они также применяются для измерения колебаний, вибраций.

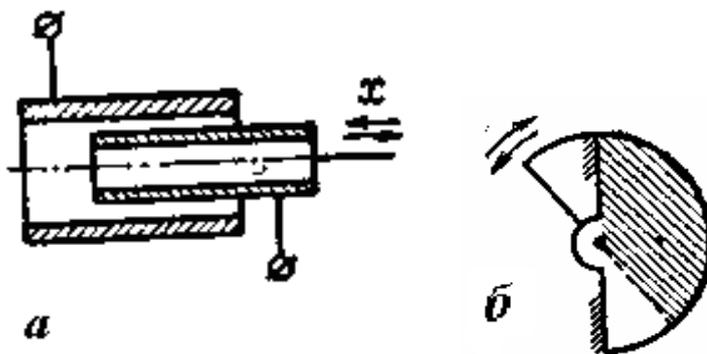


Рисунок 2.23 – Ёмкостные датчики перемещения

Индуктивные датчики перемещения изменяют индуктивное сопротивление обмотки 1, намотанной на сердечник 2 при перемещении якоря 3. Между якорем и сердечником имеется воздушный зазор  $\delta$ , который изменяется при перемещении якоря на величину  $x$ . При этом изменяется ток в цепи обмотки датчика, который контролируется прибором А. Эти датчики работают на переменном токе от 50 до 5000 Гц. Перемещение якоря от 0,05 до 2 мм. Для измерения перемещения до десятков миллиметров применяется индуктивный датчик с подвижным сердечником 2, который перемещается относительно обмотки 1. Достоинство – в отсутствии сколь-

зующих контактов, в простоте устройства, не требуется усиление сигнала.

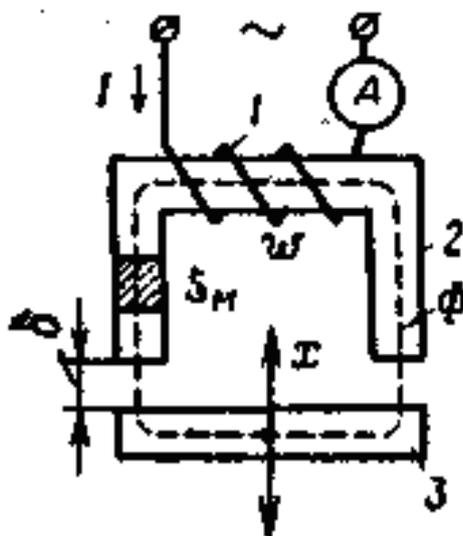


Рисунок 2.24 - Индуктивный датчик перемещения

### 2.2.10 Измерение влажности

Психрометр состоит из двух термометров, расположенных рядом. Один располагается в воздухе, а второй смачивается мокрой тканью. Чем ниже влажность воздуха, тем интенсивнее испарение воды с влажной ткани, ниже его температура и, соответственно, больше разность показателей по сравнению с другим термометром, расположенном на воздухе.

Термогравиметрический метод определения влажности в твёрдых и сыпучих материалах заключается в том, что проба подвергается воздушно-тепловому высушиванию, и по разнице его веса до высушивания и после высушивания определяется количество содержащейся в ней влаги.

Электрофизический метод косвенного измерения влажности основан на разной электрической проводимости в зависимости от содержания влаги.

### 2.2.11 Измерение состава газа

Механический газоанализатор. Принцип действия основан на поглощении заданного компонента газа с помощью специальных поглотителей и измерение давления газа до и после поглощения.

Тепловой газоанализатор. Принцип действия основан на измерении тепло-

проводности исследуемого газа по сравнению с эталонным газом с помощью мостовой электрической схемы. Измерительный мост образован двумя одинаковыми резисторами  $R_a$  и  $R_э$ , и двумя постоянными сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$  (рисунок 2.25). Резистор  $R_a$  помещён в закрытую камеру, через которую непрерывно протекает анализируемая газовая смесь. Резистор  $R_э$  помещён в рабочую камеру, заполненную эталонным газом. Температура нагрева  $R_a$  и  $R_э$  в пределах  $100^\circ - 120^\circ$ . Если резисторы при этом имеют одинаковое сопротивление, то состав исследуемого газа будет соответствовать составу эталонного газа, и мост будет находиться в равновесии. При отклонении теплопроводности  $R_a$  и  $R_э$  мост выйдет из равновесия и по разбалансу  $\Delta U$  определяют концентрацию исследуемого компонента.

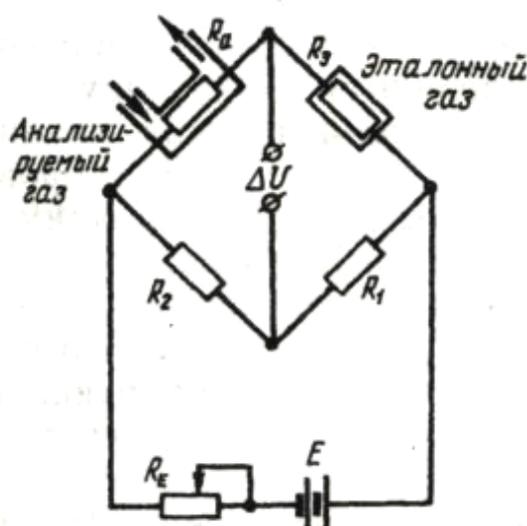


Рисунок 2.25 – Тепловой газоанализатор

Оптические газоанализаторы. Принцип действия основан на измерении оптических свойств анализируемой газовой смеси в зависимости от концентрации данного компонента.

### 2.2.12 Радионуклидные датчики

С помощью этих датчиков можно определить многие параметры технологического процесса: уровень, влажность, плотность, химический состав, концентрацию, давление и многое другое. Принцип работы этих датчиков основан на изменении интенсивности излучения в зависимости от степени поглощения его контролируемой

средой. На рисунке 2.26 показана схема определения уровня жидкости в закрытом сосуде 3 с помощью радиоизотопного счётчика 2, который регистрирует уменьшение интенсивности изотопных лучей от источника 1 при прохождении их через жидкость.

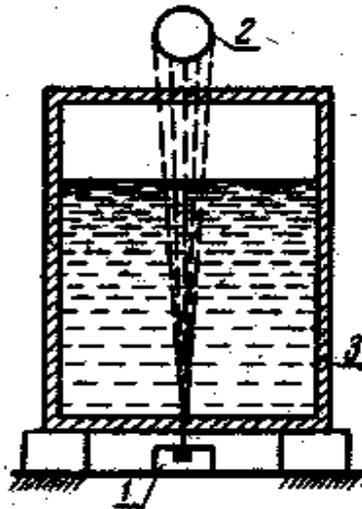


Рисунок 2.26 – Схема контроля уровня жидкости радиоизотопным датчиком

Преимущества:

- отсутствие влияния внешней среды (давления, температуры и т.д.);
- сильная проникающая способность, которая позволяет бесконтактно контролировать состояние вещества в герметично закрытых объёмах, в которых по физико-химическим свойствам иные типы датчиков не работают;
- устойчивость и надёжность в работе;
- большой срок службы.

Недостаток: необходимы специальные меры безопасности обслуживающего персонала для защиты от радиоактивного излучения.

### **2.3 Испытание бесконтактных выключателей**

Цель работы:

- 1) Определение границ зоны включения / отключения бесконтактных выключателей.

2) Исследование зависимостей границ зоны включения/отключения от характеристик рассматриваемых объектов воздействия.

Для достижения поставленных целей производят испытания оптического, емкостного и индуктивного бесконтактных выключателей. При приближении к бесконтактным выключателям объектов воздействия выходной сигнал выключателя изменяется с состояния логического нуля (низкий уровень выходного напряжения) на состояние логической единицы (высокий уровень выходного напряжения). Испытываются бесконтактные выключатели следующих типов:

- 1) оптический бесконтактный выключатель ВБО-М18-76У-3111-С;
- 2) емкостный бесконтактный выключатель ВВЕ-Ц30-96У-2111-3А;
- 3) индуктивный бесконтактный выключатель ВБИ-Ц30-89У-2111-3.

### 2.3.1 Лабораторная установка и электрическая схема соединений

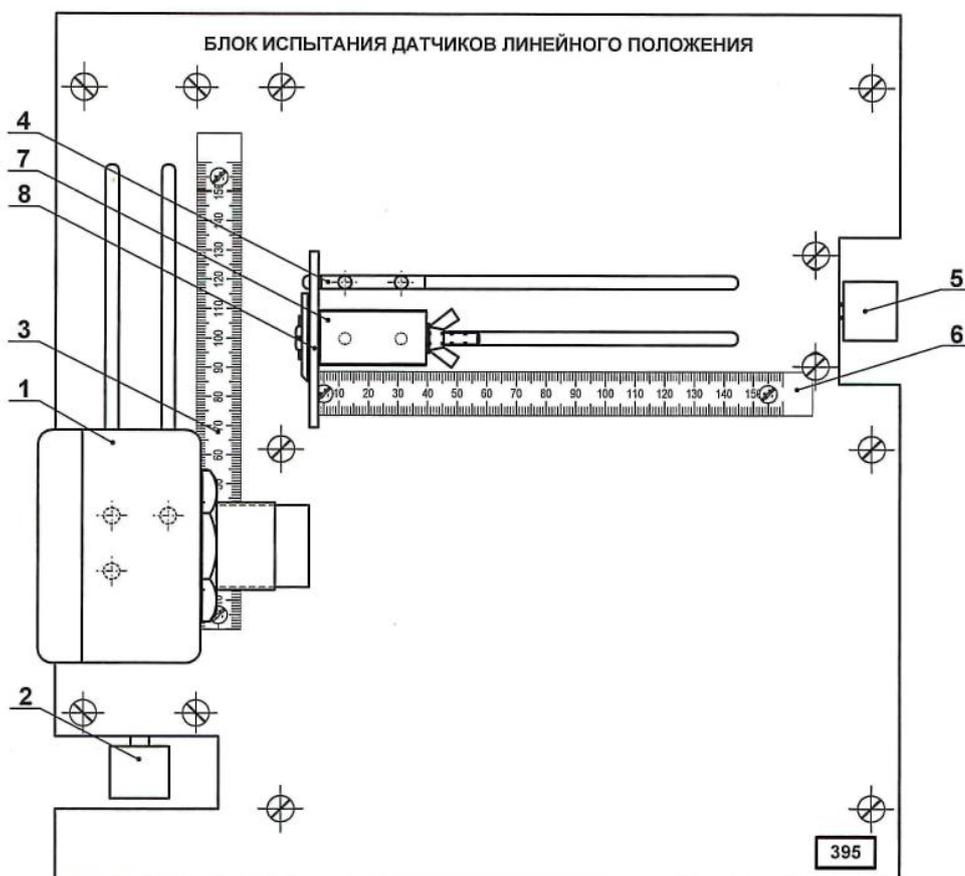
При проведении испытаний выявляются характеристики датчиков, а именно зависимость выходного сигнала от расстояния до воздействующего объекта и зависимость характеристики датчика от свойств материала воздействующего объекта и его размера.

### 2.3.2 Блок испытания датчиков линейного положения

При проведении испытаний датчиков линейного положения используется блок установки, предназначенный для изменения и измерения положения воздействующего объекта относительно датчика (рисунок 2.1).

При исследовании бесконтактный датчик крепится в каретке вертикального перемещения (1, рисунок 2.27), а зажим с исследуемым объектом воздействия крепится в каретке горизонтального перемещения (7, 8, 4, рисунок 2.27). Поворачивая рукоятку вертикального перемещения (2, рисунок 2.27) выставляют риску на корпусе датчика с лицевой стороны на отметку 100 мм вертикальной линейки (3, рисунок 2.27). Установленный в зажиме объект воздействия (7 и 8, рисунок 2.27) вставляют в отверстия нижнего ряда каретки горизонтального перемещения (4, рисунок 2.27). Перемещением ручки горизонтального направления (5, рисунок 2.27) добиваются,

чтобы лицевая поверхность объекта воздействия соприкасалась с торцом датчика. По горизонтальной линейке (6, рисунок 2.27) измеряют смещение нулевой точки горизонтальной шкалы. Значение величины смещения обычно составляет от 0 до 3 мм. Далее, при измерении расстояния между датчиком и объектом воздействия полученное смещение вычитают из величины, измеренной по горизонтальной линейке.



1- датчик установленный в каретку вертикального перемещения; 2 - рукоятка вертикального перемещения; 3 - линейка вертикального перемещения. Отсчет производится по риску на корпусе датчика. Ось датчика совпадает с осью объекта воздействия (позиция 8) когда риска датчика указывает на деление 100 мм вертикальной линейки; 4 - каретка горизонтального перемещения; 5 - ручка горизонтального перемещения; 6 - линейка горизонтального перемещения. В положении 0 лицевая сторона объекта воздействия касается торца корпуса датчика; 7 - зажим; 8 - объект воздействия.

Рисунок 2.27 - Блок испытания датчиков линейного положения

Блок испытания датчиков линейного положения дает возможность изучать статические пространственные характеристики различных датчиков. Механизм горизонтального перемещения позволяет изменять положение объекта воздействия относительно датчика, а механизм вертикального перемещения позволяет изменять положение датчика относительно оси объекта воздействия. Получая значения выходного сигнала датчика, имеется возможность построить его зависимость от расстояния до объекта воздействия и от величины смещения продольных осей объекта и датчика.

Исследуемые бесконтактные выключатели и закрепленный в зажиме объект воздействия вставляются в каретки вертикального и горизонтального перемещения блока испытания датчиков линейного положения как показано на рисунке 2.27.

Бесконтактные выключатели подключаются к источнику питания плюс 24 В блока программируемого реле А3. Напряжение на выходе бесконтактных выключателей измеряется мультиметром блока А9. На рисунке 2.28 представлена общая для трех бесконтактных выключателей электрическая схема соединений.

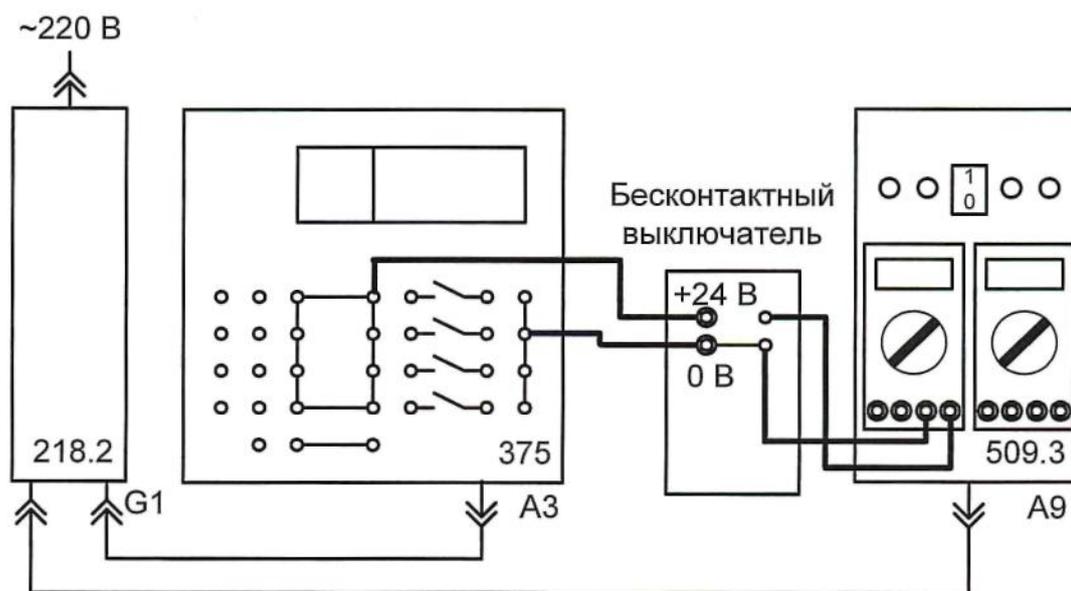


Рисунок 2.28 - Схема электрическая соединений при испытании бесконтактных выключателей

Однофазный источник питания G1 предназначен для безопасного питания блоков программируемого реле А3 и мультиметров А9. Для проведения измерений

выходного напряжения бесконтактных выключателей можно использовать один из двух мультиметров блока А9. В результате включения питания цепь готова к работе.

Таблица 2.1 - Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218.2	-220 В /16 А
	Блок испытания датчиков линейного положения	395	Перемещения по горизонтали от 0 до 100 мм, по вертикали от 0 до 120 мм
A3	Блок программируемого реле	409	Выходы источника питания +24 В.
A9	Блок мультиметров	509.3	Мультиметры UT51, UT55
	Бесконтактные выключатели (индуктивный, емкостный и оптический), зажим и набор объектов воздействия.	Из набора 600.14	Расстояние срабатывания датчиков до 100 мм. Объекты шириной 30 и 90 мм из различных материалов

### 2.3.3 Порядок проведения эксперимента

1) Подтвердить, что выключатели «Сеть» блоков, применяемых в эксперименте, выключены.

2) Закрепить бесконтактный выключатель в каретку вертикального перемещения блока испытания датчиков линейного положения (рисунок 2.27). Рукояткой вертикального перемещения выставить риску на корпусе выключателя на отметку 100 мм вертикальной линейки.

3) Соединить элементы в соответствии с электрической схемой соединений. Для подключения выхода датчика к мультиметру применить щупы из комплекта мультиметра.

4) Включить устройство защитного отключения и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

5) Включить выключатель «СЕТЬ» блоков программируемого реле A3 и блока мультиметров A9.

6) Определить, на какие объекты реагирует выключатель выбранного типа.

Поочередно подносить объекты к торцу выключателя на расстояние от 5 до 10 мм и наблюдать за выходным сигналом на дисплее мультиметра. Оптический выключатель не работает при расстояниях до объекта воздействия менее 5 мм. Удалять объекты от датчика и оценить расстояния, на которых происходит включение (выключение) датчиков. В определенных случаях это расстояние может быть более диапазона перемещений горизонтальной каретки. При исследовании емкостного выключателя имеются ограничения - выключатель включен даже при отсутствии объекта воздействия (горит светодиод на корпусе датчика), следует снизить его чувствительность регулятором на заднем торце корпуса. Винт регулятора следует поворачивать несколько раз до погасания светодиода.

7) Установить зажим с исследуемым объектом воздействия в каретку горизонтального перемещения блока испытания датчиков линейного положения (рисунок 2.27). Ручкой горизонтального перемещения приблизить объект воздействия вплотную к торцу датчика и по горизонтальной линейке измерьте величину смещения нуля (обычно от 0 до 3 мм). При составлении зависимостей полученное смещение нуля необходимо вычитать из отсчета расстояния по горизонтальной линейке.

8) Ручкой горизонтального перемещения постепенно перемещать объект воздействия от бесконтактного выключателя и зафиксировать расстояние, при достижении которого произойдет изменение выходного напряжения. Обратите внимание, что, оптический бесконтактный выключатель отключен, в случае когда объект находится на расстоянии менее 5 мм от датчика. С увеличением расстояния оптический выключатель включается и отключается лишь при увеличении расстояния до объекта. Для объекта белого цвета расстояние отключения может превысить 100 мм. Емкостный выключатель имеет на заднем торце корпуса регулятор чувствительности, позволяющий изменять расстояние включения/отключения выключателя.

9) Повторить опыт при приближении объекта к датчику. Из-за гистерезиса характеристики выключателя расстояния его включения и отключения не совпадают.

10) Повторить измерения пунктов с 1 по 9 при изменении осей датчика и объекта воздействия. Поскольку характеристика датчика симметрична, то не имеет

смысла выполнять измерения при отклонении датчика от оси объекта лишь в обе стороны.

11) Результаты измерений занести в таблицу и построить на плоскости границы области включения и отключения выключателей.

12) Повторить измерения для объектов других размеров и свойств.

#### 2.3.4 Содержание отчета

1) Название работы.

2) Цель и задачи работы.

3) Результаты работы в виде таблицы и границ области включения и отключения выключателя.

4) Выводы о проделанной работе.

#### 2.3.5 Вопросы к защите работы

1) Чем отличаются бесконтактные датчики, используемые в работе?

2) Что позволяет изучать блок испытания датчиков линейного положения?

3) Какое напряжение подается на бесконтактные выключатели, при проведении испытаний?

4) Какой из мультиметров следует использовать при проведении испытаний?

5) В какой последовательности следует производить включение собранной схемы?

6) Необходимо ли смысл проводить измерения при отклонении объекта в обе стороны?

### **2.4 Испытание индуктивного датчика линейного положения**

Цель работы:

1) Определить зависимость выходного тока датчика от расстояния до объекта воздействия.

2) Исследовать зависимость характеристики датчика от свойств объекта воздей-

ствия.

Для достижения поставленной цели испытывается бесконтактный индуктивный датчик с аналоговым (токовым) выходом типа ДПА-Ф60-40У-2110-Н.

#### 2.4.1 Лабораторная установка и электрическая схема соединений

Испытываемый индуктивный датчик и закрепленный в зажиме объект воздействия устанавливаются в каретки вертикального и горизонтального перемещения блока испытания датчиков линейного положения как показано на рисунке 2.29.

Ручкой вертикального перемещения риска на корпусе выключателя устанавливается на отметку 100 мм вертикальной линейки. Ручкой горизонтального перемещения указатель зажима устанавливается на 0 горизонтальной линейки.

Индуктивный датчик подключается к источнику питания плюс 24 В блока программируемого реле А3. В зависимости от расстояния до объекта воздействия ток на выходе индуктивного датчика изменяется в пределах от 1,25 до 20 мА при нагрузке не более 600 Ом. Для измерения тока к выходу датчика подключается миллиамперметр А9 (мультиметр). Схема электрическая соединений для испытания индуктивного датчика приведена на рисунке 2.29.

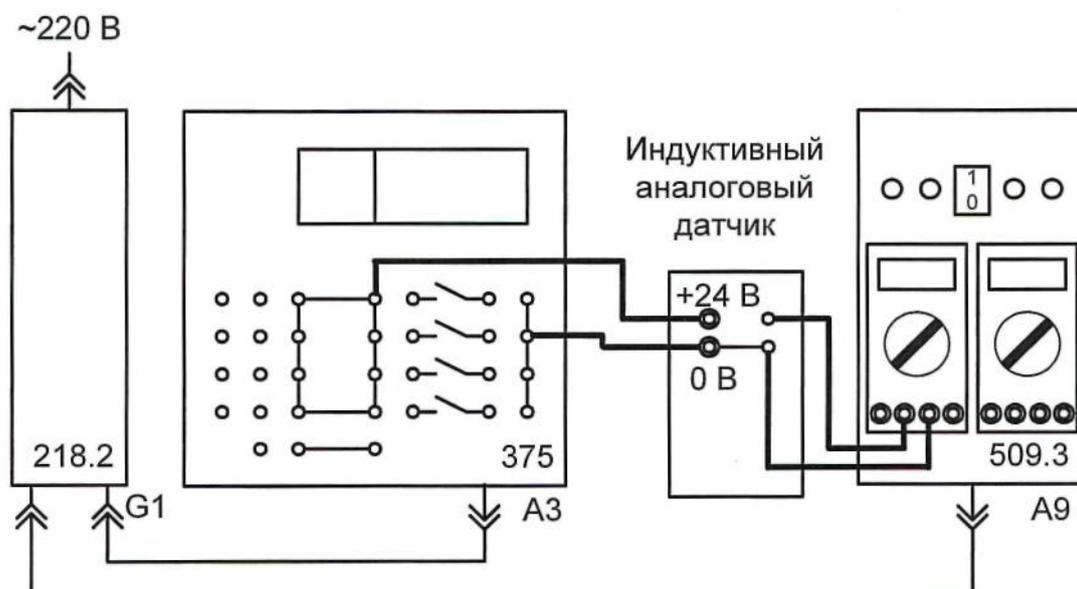


Рисунок 2.29 – Схема электрическая соединений при испытании индуктивного датчика

Однофазный источник питания G1 предназначен для безопасного питания блоков программируемого реле A3 и мультиметров A9. Для измерения выходного тока индуктивного датчика можно использовать любой из мультиметров блока A3. После включения питания цепь готова к работе.

Таблица 2.2 - Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218.12	-220 В /16 А
	Блок испытания датчиков линейного положения	395	Перемещения по горизонтали от 0 до 100 мм по вертикали от 0 до 120 мм
A23	Блок программируемого реле	375	Выходы источника питания +5 В, +24 В.
A9	Блок мультиметров	509.3	Мультиметры MU51, MU55
	Индуктивный аналоговый датчик, зажим и набор объектов воздействия	Из набора 600.14	Диапазон измерения датчика от 0 до 40 мм. Объекты шириной 30 и 90 мм из различных материалов

#### 2.4.2 Порядок проведения эксперимента

1) Убедитесь, что переключатели «Сеть» блоков, используемых в эксперименте, выключены.

2) Установите индуктивный аналоговый датчик в каретку вертикального перемещения блока испытания датчиков линейного положения (рисунок 2.29). Ручкой вертикального перемещения установите риску на корпусе выключателя на отметку 100 мм вертикальной линейки.

3) Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений.

4) Включите устройство защитного отключения и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

5) Включите выключатель «СЕТЬ» блоков программируемого реле A3 и блока мультиметров A9.

6) Определите, на какие объекты реагирует индуктивный аналоговый датчик. Поочередно подносите объекты к торцу датчика и наблюдайте за изменением выходного тока датчика.

7) Установите зажим с выбранным объектом воздействия в каретку горизонтального перемещения блока испытания датчиков линейного положения (рисунок 3.1). Ручкой горизонтального перемещения подведите объект воздействия к торцу датчика и по горизонтальной линейке определите смещение нуля (обычно от 0 мм до 3 мм). Для определения точного расстояния между объектом воздействия и датчиком, полученную величину смещения нуля необходимо вычитать из отсчета расстояния по горизонтальной линейке.

8) Ручкой горизонтального перемещения постепенно отодвигайте объект воздействия от бесконтактного выключателя и измеряйте выходной ток датчика. Рекомендуемый диапазон изменения расстояния между датчиком и объектом от 0 до 50 мм.

9) Повторите опыт при приближении объекта к датчику. Из-за гистерезиса характеристики датчика могут не совпадать.

10) Повторите измерения предыдущих пунктов при смещении осей датчика и объекта воздействия. Поскольку характеристика датчика симметрична, достаточно выполнить измерения при отклонении датчика от оси объекта лишь в одну сторону.

11) Результаты измерений занесите в таблицы и постройте графики полученных зависимостей.

12) Повторите измерения для объектов других размеров и свойств.

#### 2.4.3 Содержание отчета

- 1) Название работы.
- 2) Цель и задачи работы.
- 3) Результаты работы в виде таблицы и графиков исследования датчика.
- 4) Выводы о проделанной работе.

#### 2.4.4 Вопросы к защите работы

- 1) В чем заключается принцип работы исследуемого датчика?
- 2) Какое напряжение подается на исследуемый датчик при испытаниях?
- 3) Какой из мультиметров следует использовать при проведении испытаний?
- 4) В какой последовательности следует включать оборудование при проведе-

нии испытаний?

5) На какие объекты реагирует испытываемый датчик?

6) Совпадают ли характеристики датчика при приближении и отдалении объекта?

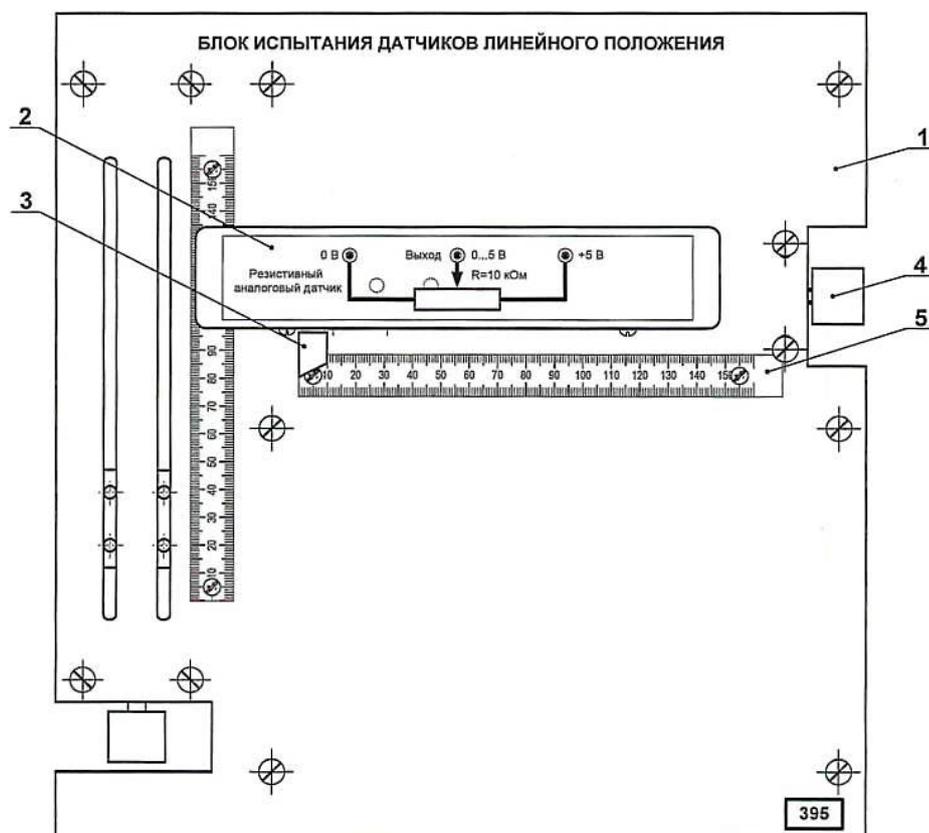
7) Следует ли проводить испытания датчика при отклонении от оси объекта в обе стороны?

## 2.5 Испытание резистивного датчика положения

Цель работы:

Определить зависимость выходного напряжения датчика от положения его указателя.

### 2.5.1 Лабораторная установка и электрическая схема соединений



1- блок испытания датчиков линейного положения; 2 - резистивный аналоговый датчик положения; 3 - движок датчика; 4 - ручка горизонтального перемещения; 5 - горизонтальная линейка.

Рисунок 2.30 - Установка для испытания резистивного датчика положения

Испытываемый резистивный аналоговый датчик (2, рисунок 2.30) устанавливается в каретку горизонтального перемещения блока испытания датчиков линейного положения (1, рисунок 2.30).

Указатель датчика (3, рисунок 2.30) переместить в крайнее левое (относительно корпуса датчика) положение (смотри рисунок 2.30) и ручкой горизонтального перемещения (4, рисунок 2.30) установить указатель датчика (3, рисунок 2.30) на отметку 0 горизонтальной линейки (5, рисунок 2.30).

Резистивный датчик подключается к источнику питания плюс 5 В блока электронагревателя А7. Напряжение на выходе резистивного датчика (гнезда «0...5 В» и «0 В») измеряется мультиметром блока А9. Схема электрическая соединений для испытания резистивного датчика приведена на рисунке 2.31.

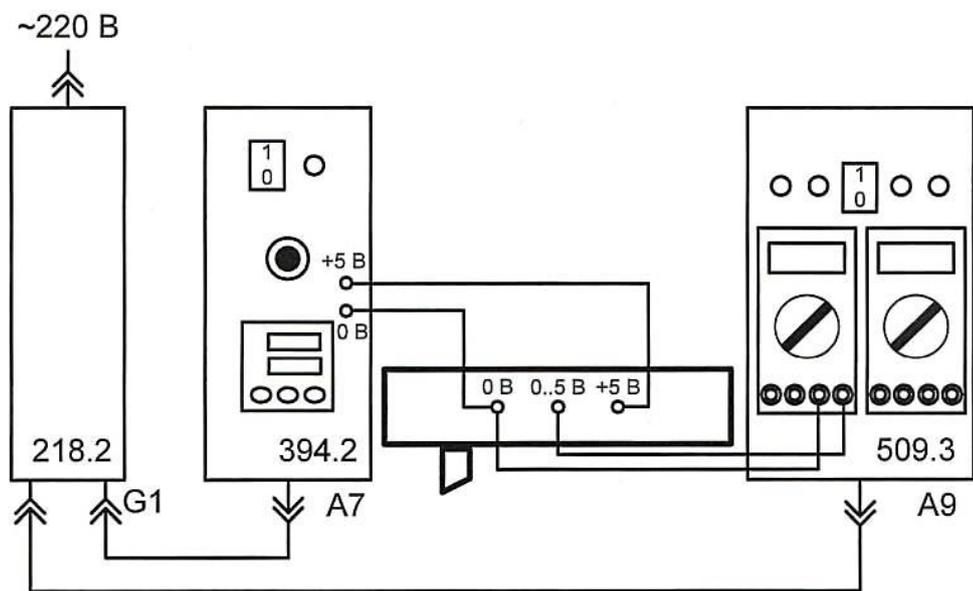


Рисунок 2.31 - Схема электрическая соединений при испытании резистивного аналогового датчика

Однофазный источник питания G1 предназначен для безопасного питания блоков счетчика электронагревателя А7 и мультиметров А9. Для измерения выходного напряжения резистивного датчика можно использовать любой из мультиметров блока А9. После включения питания цепь готова к работе.

Таблица 2.3 - Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218.2	-220 В /16 А
	Блок испытания датчиков линейного положения	395	Перемещения по горизонтали от 0 до 100 мм, по вертикали от 0 до 120 мм
A7	Электронагреватель	394.2	Выходы источника питания +5 В
A9	Блок мультиметров	509.3	Мультиметры UT51, UT55
	Резистивный аналоговый датчик	Из набора 600.14	Диапазон измерения датчика от 0 до 100 мм R = 10 кОм

### 2.5.2 Порядок проведения эксперимента

1) Убедитесь, что переключатели «Сеть» блоков, используемых в эксперименте, выключены.

2) Установите испытываемый резистивный аналоговый датчик (2, рисунок 2.30) в каретку горизонтального перемещения блока испытания датчиков линейного положения (1, рисунок 2.30) как показано на рисунке 2.30.

3) Указатель датчика (3, рисунок 2.30) переместить в крайнее левое относительно корпуса датчика положение (рисунок 2.30) и ручкой горизонтального перемещения (4, рисунок 2.30) установить указатель датчика (3, рисунок 2.30) на отметку 0 горизонтальной линейки (5, рисунок 2.30).

4) Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений, указанной на рисунке 2.31.

5) Включите устройство защитного отключения и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

6) Включите выключатель «СЕТЬ» блоков электронагревателя A7 и блока мультиметров A9.

7) Ручкой передвигайте указатель датчика вдоль горизонтальной линейки и измеряйте выходное напряжение датчика при нескольких положениях указателя. Полный ход указателя датчика равен 100 мм.

8) Результаты измерений занесите в таблицу и постройте график полученной зависимости.

### 2.5.3 Содержание отчета

- 1) Название работы.
- 2) Цель и задачи работы.
- 3) Результаты работы в виде таблицы и графиков исследования датчика.
- 4) Выводы о проделанной работе.

### 2.5.4 Вопросы к защите работы

- 1) В чем заключается принцип работы исследуемого датчика?
- 2) Какое напряжение подается на исследуемый датчик при испытаниях?
- 3) В какой последовательности следует включать оборудование при проведении испытаний?
- 4) На какие объекты реагирует испытываемый датчик?

## 2.6 Испытание датчика давления

При выполнении работы испытывается аналоговый дифференциальный датчик давления MPXV7002PV с номинальным диапазоном измерения разности давлений от минус 2 кПа до 2 кПа. Датчик выполнен на полупроводниковых тензорезисторах и включает схему нормализации сигнала. Номинальная чувствительность датчика равна 1 В/кПа. Выходной сигнал при напряжении питания 5 В равен  $\pm 2+2,5$  В.

Цель работы:

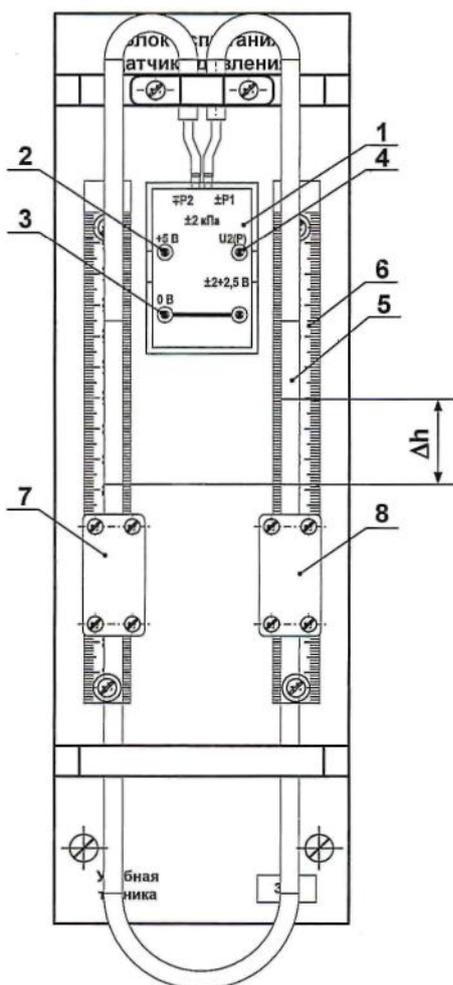
Определение характеристики аналогового дифференциального датчика давления, т. е. зависимости выходного напряжения от разности давлений на входе датчика.

### 2.6.1 Лабораторная установка и электрическая схема соединений

При выполнении работы используется блок испытания датчика давления А6 рисунок 2.32. В блоке А8 установлены датчик давления MPXV7002PV и водяной

манометр для создания и измерения разности давлений.

Перемещением зажимов (7 и 8, рисунок 2.32) задается разность высот уровней жидкости в трубках манометра  $\Delta h$ . Разность высот в 1 мм (1 мм водяного столба) соответствует давлению в 9,8 Па (Паскалей). Для получения разности давлений в 1 кПа необходима разность уровней воды  $1000/9,8 = 102$  мм. При номинальной чувствительности датчика 1В/кПа разности уровней 102 мм будет соответствовать отклонение выходного напряжения на  $\pm 1,02$  В от среднего значения напряжения 2,5 В (при напряжении питания 5 В).



- 1 - датчик давления; 2, 3 - гнезда питания датчика «+5 В», «0 В»; 4 - гнездо выходного напряжения датчика (относительно 0 В); 5 - трубка водяного манометра; 6 - линейки для измерения разности уровней воды в трубках манометра; 7, 8 - зажимы трубок манометра.

Рисунок 2.32 - Блок испытания датчика давления

Схема электрическая соединений при испытании датчика давления показана на рисунке 2.33.

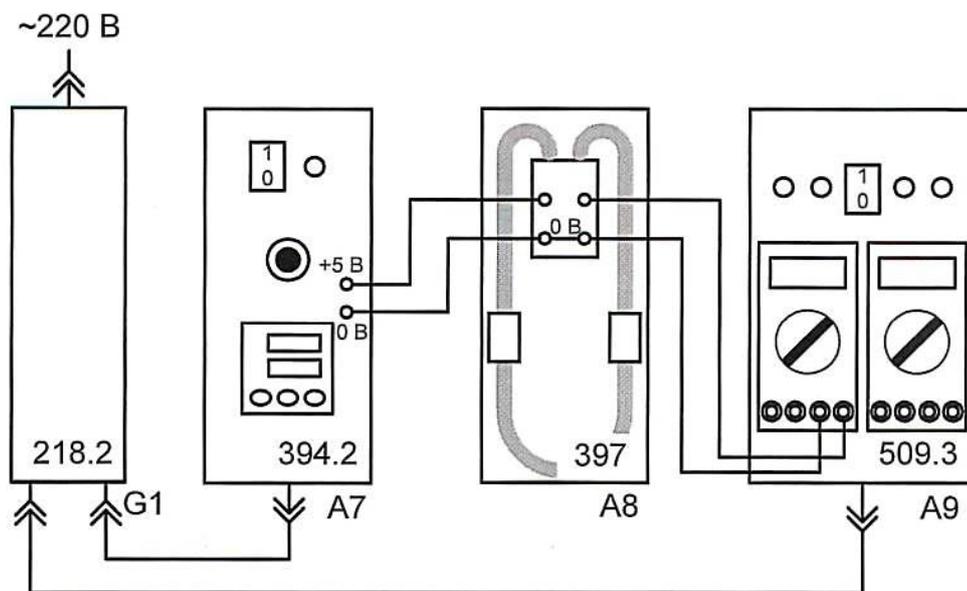


Рисунок 2.33 - Схема электрическая соединений при испытании датчика давления

На гнезда питания датчика давления (2,3, рисунок 2.32) подается постоянное напряжение плюс 5 В от источника питания в блоке электронагревателя А7. Напряжение на выходе датчика (4, рисунок 2.32) измеряется одним из мультиметров блока А9.

Однофазный источник питания G1 предназначен для безопасного питания блоков А7, А9.

Таблица 2.4 - Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218.2	-220 В /16 А
A8	Блок испытания датчика давления	397	от минус 2 до 2 кПа, ±2+2,5 В
A7	Электронагреватель	394.2	Выходы источника питания +5 В
A9	Блок мультиметров	509.3	MU50; MU55

### 2.6.2 Указания по проведению эксперимента

1) Проверьте схему электропитания блоков А7, А9 и G1. Убедитесь, что выключатели «СЕТЬ» этих блоков отключены.

2) Соедините блоки в соответствии со схемой электрической соединений в соответствии с рисунком 2.33.

3) Включите устройство защитного отключения и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

4) Включите выключатель «СЕТЬ» блоков А7 и А9.

5) Передвигая зажимы трубок манометра вдоль линеек, установите несколько значений разности уровней воды в пределах от 0 до 110 мм и измерьте выходное напряжение датчика давления. Когда уровень воды в левой (по рисунку 2.32) трубке выше уровня воды в правой напряжение на выходе датчика превышает 2,5 В (положительная разность давлений). Если уровень воды в левой трубке ниже уровня воды в правой - разность давлений отрицательна и напряжение на выходе датчика ниже 2,5 В.

6) Результаты измерений занесите в таблицу и постройте график зависимости напряжения на выходе датчика от разности давлений.

7) По завершении измерений отключите питание всех блоков.

### 2.6.3 Содержание отчета

1) Название работы.

2) Цель и задачи работы.

3) Результаты работы в виде таблицы и графиков исследования датчика.

4) Выводы о проделанной работе.

### 2.6.4 Вопросы к защите работы

1) Какой диапазоном измерения разности давлений у исследуемого датчика?

2) На каких элементах выполнен датчик?

3) Какое напряжение подается для питания датчика?

4) Какой сигнал будет на выходе датчика при положительной разности давлений?

5) Какой сигнал будет на выходе датчика при отрицательной разности давлений?

## 2.7 Испытание датчиков температуры

Цель работы:

Определение характеристик датчиков температуры: терморезистивного преобразователя ТС 125-50М.В2.60; термоэлектрического преобразователя ТПК225-010.80; полупроводникового терморезистора КТ110.

### 2.7.1 Лабораторная установка и электрическая схема соединений

При выполнении работы используется электронагреватель А7 рисунок 2.34. В блок встроены нагреватель с измерителем-регулятором температуры. Испытываемый датчик вставляется в отверстие на лицевой панели нагревателя и с помощью мультиметра измеряется его выходное напряжение или сопротивление.

**Блок электронагревателя.** Блок электронагревателя (рисунок 2.34) используется для тестирования датчиков температуры. Блок позволяет задать и автоматически поддерживать температуру нагревателя. В блоке установлен маломощный источник плюс 5 В. Слева от индикаторов 3 и 4 (рисунок 2.34) на лицевой панели регулятора температуры установлены 4 светодиода:

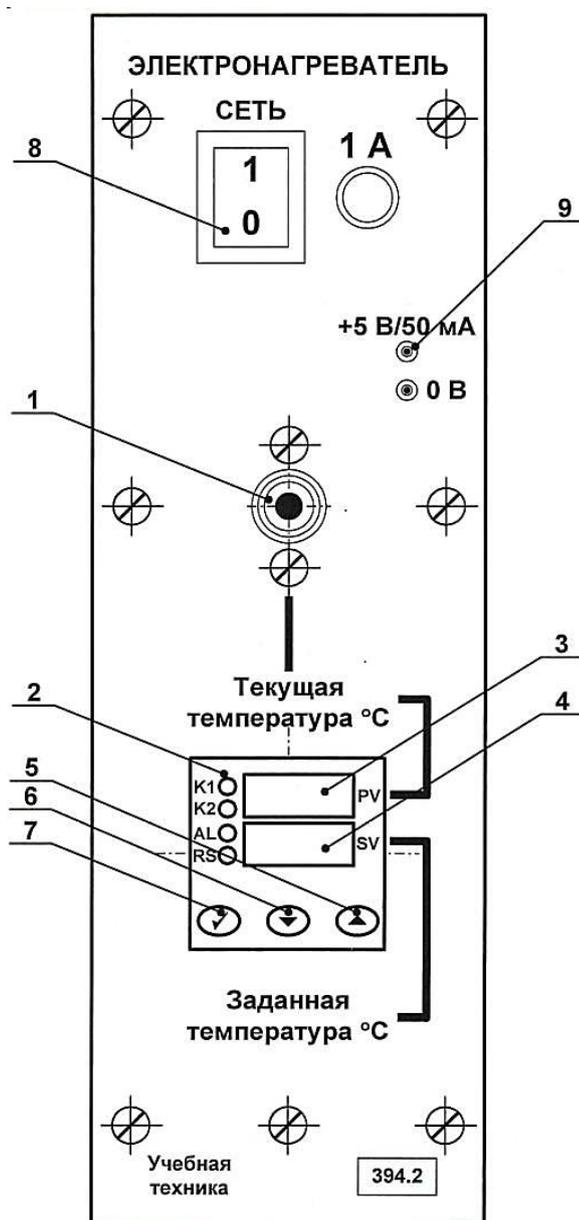
- 1) К1 - включен при нагреве;
- 2) К2 - не используется;
- 3) AL - индикатор превышения предельных значений (не используется);
- 4) RS - индикатор режима автоматического регулирования. Должен быть включен для нормальной работы блока в режиме автоматического регулирования. При выключении автоматического регулирования прибор работает только как индикатор температуры нагревателя.

### **Задание температуры электронагревателя.**

1) Нажать одну из кнопок управления 5 или 6 регулятора температуры 2 (рисунок 2.34). Начинает мигать индикатор заданного значения температуры нагревателя (SV, зеленый индикатор 4, рисунок 2.34).

2) Для изменения заданного значения температуры повторно нажать кнопки 5 (уменьшение) или 6 (увеличение температуры). Удержание кнопки в течении неко-

торого времени включает режим автоматического ускоренного изменения значения. В процессе установки индикатор продолжает мигать.



1 - отверстие нагревателя; 2 - измеритель-регулятор температуры; 3 - индикатор текущего значения температуры нагревателя (PV); 4 - индикатор заданного значения температуры нагревателя (SV); 5,6,7 - кнопки управления регулятором температуры; 8 - выключатель питания; 9 - гнезда источника питания плюс 5 В.

Рисунок 2.34- Лицевая панель блока электронагревателя (394.2).

3) После установки требуемого значения температуры необходимо однократно нажать кнопку 7 (рисунок 2.34). Мигание индикатора 4 (рисунок 2.34) прекращает-

ся. Температура задана.

При выполнении экспериментов рекомендуется начинать с низких значений температуры (на величину от  $5^{\circ}$  до  $10^{\circ}$  выше комнатной) и постепенно повышать её величину до  $100^{\circ}\text{C}$ , т. к. остывание электронагревателя происходит гораздо медленнее его нагрева.

### **Включение (отключение) режима автоматического регулирования.**

При включении питания электронагревателя режим автоматического регулирования выключен. При выполнении экспериментов целесообразно задать начальное значение температуры и, после этого, включить режим автоматического регулирования.

Переключение режима автоматического регулирования:

1) Однократно нажать кнопку 7 (рисунок 2.34) регулятора температуры. На индикаторе 3 (красный, PV) отобразится надпись «r-S». На индикаторе 4 (зеленый, SV) текущее состояние регулятора «StoP» (СТОП) или «rUn» (РАБОТА).

2) Для изменения состояния регулятора нажать любую из кнопок 5 или 6 - индикатор 4 начнет мигать. Повторное нажатие кнопки 5 или 6 переключит режим («StoP» или «rUn»).

3) Нажатие кнопки 7 фиксирует выбранное значение (индикатор 4 не мигает). Повторное нажатие кнопки 7 возвращает регулятор температуры в исходное состояние - на индикаторе отображаются текущее и заданное значения температуры. Светодиод RS сигнализирует о состоянии регулятора: включен - режим «rUn» (РАБОТА), выключен - «StoP» (СТОП).

**При выполнении экспериментов любые изменения параметров регулятора температуры, кроме указанных выше, не допускаются.**

Термопреобразователь сопротивления ТС125-50М.В2.60 подключается по схеме, показанной на рисунке 2.35. Мультиметр UT55 измеряет сопротивление термопреобразователя.

Термоэлектрический преобразователь ТПК225-010.60 (термопара) подключается по схеме, показанной на рисунке 2.35. Мультиметр UT55 измеряет напряжение термопары (предел  $200\text{ мВ}$  постоянного тока).

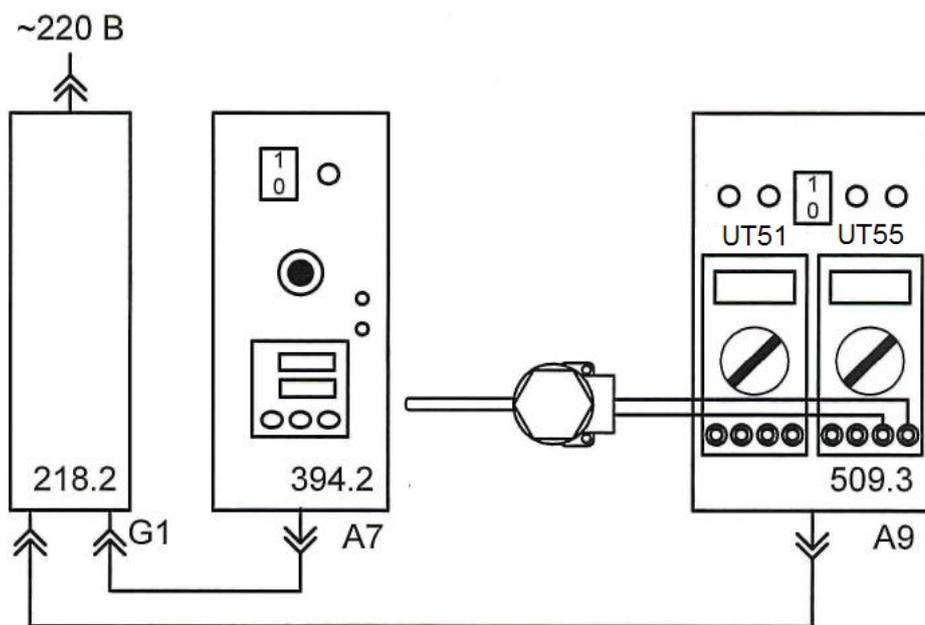


Рисунок 2.35 - Схема электрическая соединений при испытании термопреобразователя сопротивления и термоэлектрического преобразователя

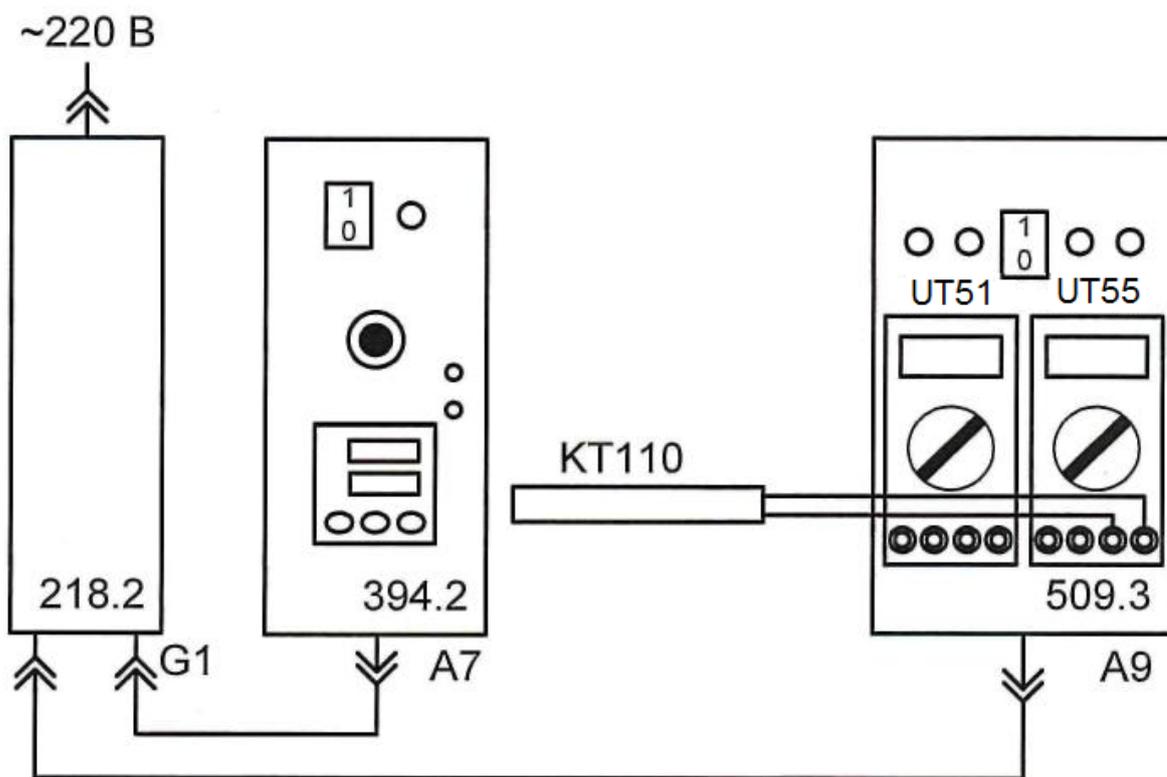


Рисунок 2.36 - Схема испытания полупроводникового терморезистора КТ110

Полупроводниковый терморезистор КТ110 подключается по схеме, показанной на рисунке 2.36. Мультиметр УТ55 измеряет сопротивление терморезистора.

Однофазный источник питания G1 предназначен для безопасного питания

блоков А7, А9.

Таблица 2.5 - Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218.2	-220 В /16 А
A7	Электронагреватель	394.2	от 30° до 100 °С, источник +5 В,
A9	Блок мультиметров	509.3	UT51; UT55
	Набор датчиков температуры	600.13.1	3 датчика.

Таблица 2.5 - Перечень аппаратуры

### 2.7.2 Указания по проведению эксперимента

1) Проверьте схему электропитания блоков А7, А9 и G1. Убедитесь, что выключатели «СЕТЬ» этих блоков отключены.

2) Соедините блоки в соответствии со схемой электрической соединений, показанной на рисунках 2.35 или 2.36 в зависимости от типа испытываемого датчика.

3) Выберите значения температуры, при которых Вы хотите измерить сигналы датчиков. Из-за инерционности нагревателя целесообразно выбрать от 5 до 7 точек в диапазоне температур до 100 °С. Начальное значение - комнатная температура.

4) Включите устройство защитного отключения и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

5) Включите выключатель «СЕТЬ» блоков А7 и А9.

6) При включении питания автоматический режим регулятора температуры электронагревателя выключен. Установите требуемую температуру. Включите автоматический режим регулятора температуры. Начнется разогрев нагревателя (включены светодиоды индикаторов K1 и RS).

7) Измерьте сигналы датчиков при комнатной температуре (схемы показаны на рисунках 2.35 и 2.36). Для исключения нагрева датчиков от рук их необходимо брать за корпус вблизи выводов. Из-за равенства температур «холодного» и «Горячего» спаев термоэлектрического преобразователя (термопары) его ЭДС равна 0, а показания мультиметра, измеряющего эту ЭДС могут быть нестабильны.

8) После стабилизации температуры нагревателя вблизи заданного значения

поочередно вставьте каждый из датчиков в отверстие нагревателя до упора. Выждите от 2 до 3 минут для стабилизации температуры и измерьте выходной сигнал датчика.

9) Задайте следующее значение температуры, дождитесь её стабилизации и повторите измерения сигналов датчиков. При высоких температурах датчиков будьте осторожны: не касайтесь рабочей части датчика, извлеченного из нагревателя.

10) По результатам измерений постройте графики зависимостей напряжения или сопротивления датчиков от температуры.

11) По завершении измерений отключите питание всех блоков.

12) По результатам испытания термопреобразователя сопротивления ТС125-50М.В2.60 постройте зависимость сопротивления датчика от температуры. Определите температурный коэффициент меди

$$\alpha = \frac{R_{t_2} - R_{t_1}}{R_{t_1} \cdot t_2 - R_{t_2} \cdot t_1}, \quad (2.1)$$

где  $R_{t_1}$ ,  $R_{t_2}$  - сопротивление датчика при температуре  $t_1$  и  $t_2$ .

Сравните полученную величину со значением температурного коэффициента сопротивления меди из справочника:  $\alpha = 4,28 \cdot 10^{-3}$  Кельвин<sup>-1</sup>.

При испытании термоэлектрического преобразователя ТПК225-010.60 (термопара ХА - хромель-алюмель) необходимо учесть температуру холодного спая, т.е. температуру окружающей среды (температура внутри корпуса датчика в месте подключения проводников термопары к выводам). Эта температура вычисляется по результатам измерения сопротивления термопреобразователя ТС125-50М.В2.60 при комнатной температуре. Расчетная формула для определения комнатной температуры

$$t = \frac{R_t - R_0}{\alpha \cdot R_0}, \quad (2.2)$$

где  $R_t$  – сопротивление термопреобразователя ТС125-50М.В2.60 при комнатной температуре;

$R_0 = 50$  Ом – сопротивление термопреобразователя при 0 °С;

$\alpha = 4,28 \cdot 10^{-3}$  Кельвин<sup>-1</sup> – температурный коэффициент сопротивления медного провода обмотки термопреобразователя.

Используя найденную температуру окружающей среды, определите термо-ЭДС холодного спая термопары по приведенной ниже таблице.

Измеренные в эксперименте значения термоэлектродвижущей силы термопары ХА (ТПК225-010.60) необходимо привести к нормальным условиям - температуре холодного спая 0 °С. Для этого добавьте к измеренному значению термо-ЭДС величину термо-ЭДС холодного спая. Сравните полученные значения со стандартной характеристикой термопары ХА из таблицы.

Таблица 2.6 – Характеристика термопары ХА

Температура горячего спая, °С	Термо-ЭДС, мВ									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0,039	0,079	0,119	0,158	0,198	0,238	0,277	0,317	0,357
10	0,397	0,437	0,477	0,517	0,557	0,597	0,637	0,677	0,718	0,758
20	0,798	0,838	0,879	0,919	0,960	1,000	1,041	1,081	1,122	1,163
30	1,203	1,244	1,285	1,326	1,366	1,407	1,448	1,489	1,530	1,571
40	1,612	1,653	1,694	1,735	1,776	1,817	1,858	1,899	1,941	1,982
50	2,023	2,064	2,106	2,147	2,188	2,230	2,271	2,312	2,354	2,395
60	2,436	2,478	2,519	2,561	2,602	2,644	2,685	2,727	2,768	2,810
70	2,851	2,893	2,934	2,976	3,017	3,059	3,100	3,142	3,184	3,225
80	3,267	3,308	3,350	3,391	3,433	3,474	3,516	3,557	3,599	3,640
90	3,682	3,723	3,765	3,806	3,848	3,889	3,931	3,972	4,013	4,055

Обратите внимание, что при определении характеристики только одного датчика порядок выполнения эксперимента можно изменить.

- 1) Соберите одну из схем, показанных на рисунках 6.2 или 6.3.
- 2) Установите испытываемый датчик в отверстие нагревателя.
- 3) Задайте температуру 100 °С и включите автоматический режим регулятора температуры («rUn», режим «РАБОТА», индикатор RS включен). Дождитесь установления заданной температуры и выключите автоматический режим регулятора («StoP», режим «СТОП», индикатор RS выключен).

4) По мере снижения температуры нагревателя измерьте выходной сигнал датчика (напряжение или сопротивление в зависимости от типа датчика) при нескольких значениях температуры в диапазоне от 100 °С до 30 °С. Ориентировочное время

остывания датчика от 20 до 40 минут.

5) Обработайте результаты эксперимента в соответствии с приведенными выше рекомендациями.

### 2.7.3 Содержание отчета

1) Название работы.

2) Цель и задачи работы.

3) Результаты работы в виде обработанных результатов проведенных экспериментов.

4) Выводы о проделанной работе.

### 2.7.4 Вопросы к защите работы

1) Для чего используется блок электронагревателя в данной работе?

2) Какие светодиоды установлены на лицевой панели регулятора температуры?

3) В какой последовательности следует включать оборудование при проведении исследований?

4) К чему необходимо привести измеренную в эксперименте температуру окружающей среды?

5) С чем необходимо сравнить полученные значения термо-ЭДС?

## 2.8 Контрольные вопросы

1) Что входит в комплекс технических средств?

2) Что такое ГСП?

3) По каким уровням можно классифицировать комплексы технических средств?

4) Что относится к первой группе третьего уровня комплекса технических средств?

5) Что относится ко второй группе третьего уровня комплекса технических

средств?

6) Что относится к третьей группе третьего уровня комплекса технических средств?

7) Что относится к четвертой группе третьего уровня комплекса технических средств?

8) На какие группы делятся приборы в зависимости от вида измерительных величин?

9) Какими приборами можно измерить температуру различных объектов и сред?

10) Какими приборами можно измерить давление сред?

11) Какими приборами можно измерить уровень сред?

12) Какими приборами можно измерить содержания веществ, растворённых в жидкости?

13) Какими приборами можно измерить плотность жидкости?

14) Какими приборами можно измерить вязкость жидкости?

15) Какими приборами можно измерить вес и расход?

16) Какими приборами можно измерить угловую скорость?

17) Какими приборами можно измерить перемещение?

18) Какими приборами можно измерить влажность?

19) Какими приборами можно измерить состав газа?

20) Что такое радиоизотопные датчики?

### 3 Автоматические системы управления

Целенаправленные процессы, которые выполняет человек для удовлетворения своих потребностей, определим как технологические операции. Это понятие будем рассматривать в самом широком смысле (технология обработки деталей, пищевое производство, выращивание цветов, пошив женской одежды и т.д.). Применительно к таким технологическим операциям определим понятие механизация, автоматика, автоматизация. Технологические операции, которые выполняет человек, условно можно разделить на два класса: рабочие операции и операции управления [5]. Замена мускульной силы человека в рабочих операциях природной энергией называется механизацией. Операции управления полностью остаются за человеком.

Пример: механизация в бытовых условиях – это электрическая мясорубка, настольный вентилятор, водоснабжение, лифт. Механизация в производстве – это электрическое точило, кузнечный молот, электротельфер, электрическая дрель.

Цель механизации – освободить человека от тяжёлых операций, требующих затрат большой физической энергии (земляные работы, перемещение груза); снижение количества однообразных или вредных для физического состояния человека операций.

Для соответствующего, требуемому качеству, выполнения рабочих операций неотъемлемыми являются операции управления, которые в определенный момент времени поддерживают параметры технологических операций в требуемом пределе. При механизации операции управления, позволяющие достичь требуемого качества, выполняет человек без участия автоматических систем.

Замена оператора в управлении называется автоматикой, а технические устройства, позволяющие выполнять операции управления, это автоматические устройства.

Пример: автоматические устройства в быту – холодильник, стиральная машина с программным управлением, утюг с регулировкой температуры. Автоматические устройства на производстве – станок-автомат, многофункциональный обрабатывающий центр.

Если в технологическом процессе, автоматически выполняется одна часть операций управления, а вторая часть (ответственная) выполняется непосредственно человеком, то такой процесс называется автоматизированным технологическим процессом (или частично автоматическим).

Пример: автомобиль – автоматизированная система, в ней технологический процесс охлаждения двигателя автоматически управляется с помощью термостата; также автоматически управляется давление в системе смазки двигателя за счет перепускного клапана и т.п. При этом основные ответственные операции управления, такие как, изменение скорости и направления движения, выполняет человек - водитель.

### **3.1 Классификация систем автоматического управления**

Классификацию систем автоматического управления (САУ) можно проводить по самым различным признакам, а именно, от алгоритма процесса управления до анализа сигналов управления [6, 7, 8].

#### **3.1.1 По цели управления**

В автоматических системах по цели управления можно выделить две группы.

**Первая группа** – системы с заранее определенным (жестким) алгоритмом управления. В таких системах регуляторы содержат только исполнительные элементы. К первой группе относят такие системы как: система автоматического контроля, система автоматического управления, система автоматического регулирования, система программного управления, система автоматического слежения.

**САК – система автоматического контроля** – это система в которой измерения контролируемой величины и все операции, связанные с обработкой, регистрацией и передачей полученных данных, производятся в автоматическом режиме.

При этом цель контроля – это сигнализация, защита, регистрация, блокировка.

**САУ – система автоматического управления** – это система в которой выполняется изменение регулируемой величины объекта управления с учетом возму-

шающих воздействий и в соответствии с технологическим требованиям.

При этом цель управления – это, в зависимости от времени, вида и величины возмущающих воздействий, менять параметры функционирования объекта управления.

**САР – система автоматического регулирования** (или стабилизации) – это система, в которой обеспечивается поддержание регулируемой величины в заданных пределах при случайно варьирующихся возмущающих воздействиях.

При этом целью регулирования является стабилизация требуемого режима работы объекта регулирования при случайно изменяющихся возмущающих воздействиях.

САР можно выделить как частный случай работы САУ, при котором задающее воздействие  $U(t)$  это неизменяемая величина.

**СПУ – система программного управления** – это система, в которой управляющее воздействие изменяется по заранее прописанной программе.

При этом цель управления – это корректировка режима работы объекта управления по установленной программе. В СПУ информация об управлении заранее установлена в задающее устройство. По такому принципу функционируют станки с ЧПУ, светофоры на перекрестках и так далее.

СПУ можно выделить как частный случай работы САУ, в котором закон изменения задающего воздействия  $U(t)$  априорно (заранее) известен, а также запрограммирован и в процессе работы не корректируется.

**САС – система автоматического слежения**, или следящая система – это система, в которой на выходе в полном соответствии воспроизводятся случайные сигналы, поступившие на вход системы.

При этом цель управления, это копирование, а также кодирование, преобразование или видоизменение, сигналов на выходе системы, поступивших на ее вход. Сигналы, проходящие через САС, не изменяются, а обычно масштабируются по величине или по мощности.

САС можно выделить, как частный случай работы САУ, при котором закон изменения задающего воздействия  $U(t)$  априорно (заранее) неизвестен.

**Вторая группа** – это оптимальные системы управления с априорно неустановленным (гибким) алгоритмом управления. Оптимальное управление производится с помощью автоматического определения управляющего воздействия в соответствии с заданным критерием качества регулирования. Регуляторы таких систем в дополнение к основному контуру регулирования имеют дополнительный контур, изменяющий параметры регулятора, структуру системы и совершенствующий алгоритм управления, чтобы обеспечивать оптимальный производственный процесс.

Ко второй группе относятся системы оптимального управления, системы адаптивного автоматического управления и системы экстремального управления.

**СОУ – система оптимального управления**, это система в которой основная цель управления сводится к определению оптимального алгоритма при строго определенной структуре и параметрах системы.

При этом целью управления является выявление оптимального управляющего воздействия на объект, при строго определенной структуре и параметрах системы управления.

**АСАУ – адаптивные системы автоматического управления**, системы которые в автоматическом режиме адаптируются к изменению объективных свойств объекта управления и к меняющимся внешним условиям функционирования, с помощью накопления и применения информации, собираемой в процессе работы. Достижение оптимального управления осуществляется автоматически, с помощью целенаправленного корректирования параметров регулятора, а также структуры системы и улучшения алгоритма управления.

При этом целью управления является обеспечение заданного критерия качества (показателя качества) регулирования в условиях изменчивости (нестационарности) объекта управления, а также существенного и непредсказуемого изменения возмущающих воздействий.

Различают три вида адаптивных систем:

- **самонастраивающиеся системы** - в них адаптация осуществляется с помощью изменения определенных параметров регулятора;
- **самоорганизующиеся системы** - в них адаптация осуществляется за счет

корректировки параметров регулятора, а также с помощью корректировки структуры системы управления за счет автоматического включения или отключения дополнительных корректирующих звеньев;

- **самообучающиеся системы** - в них адаптация осуществляется за счет нескольких факторов, а именно: изменение параметров регулятора, подключение корректирующих звеньев, и совершенствование алгоритма управления с помощью автоматического определения оптимальных управлений, обучения и применения полученного опыта в похожих ситуациях.

**СЭУ – система экстремального управления**, система, в которой самостоятельно в процессе функционирования вырабатывается и поддерживается экстремальное значение управляемой величины.

При этом целью управления является постоянное определение экстремума по управляющему воздействию, в случаях когда случайным образом меняются динамические свойства объекта управления и возмущающие воздействия.

СЭУ – это вид самонастраивающейся системы. Выведение ее в самостоятельный класс необходим, поскольку у таких систем присутствует специфическая особенность - управление такой системой производится тогда, когда априорно не известны: величина, направление (увеличение или уменьшение) изменения управляющих воздействий. Эти моменты определяются в процессе функционирования с помощью подачи пробных сигналов.

### 3.1.2 По принципу управления

В зависимости от того, как регулятор получает информацию о протекающих в объекте управления процессах и каким образом воздействует на управляемую величину, различают САУ, работающие по принципам: управление по отклонению, управление по возмущению и комбинированное управление.

**Принцип управления по возмущению**, когда управляющее воздействие вырабатывается на основании информации с датчика возмущающего воздействия и компенсирует отклонение управляемой величины.

В таких САУ все данные об управлении поступают на регулятор от датчика

возмущающего воздействия. Чаще всего это нагрузка. К САУ, работающим по такому принципу, относятся: генератор с дополнительной обмоткой возбуждения в цепи якоря, где создается дополнительный магнитный поток для компенсации потери напряжения, этот дополнительный поток пропорционален изменению силы тока в генераторе.

**Принцип управления по отклонению**, когда управляющее воздействие формируется в зависимости от отклонения заданного и действительного значения управляемой величины.

В этих САУ данные поступают с датчика управляемой величины, сравниваются с заданным значением и вырабатывается управляющее воздействие пропорционально ошибке. Особенность этих САУ – присутствие основной обратной связи от объекта управления на регулятор. К САУ, работающим по такому принципу, относятся: САУ для регулирования температуры, давления, частоты вращения двигателей и т.д.

**Принцип комбинированного управления**, когда управляющее воздействие формируется в одно время и по возмущению, и по отклонению.

Такие САУ обладают двумя контурами управления. Первый контур отвечает за регулирование по заданному возмущающему воздействию (обычно по нагрузке), а во втором контуре производится более точная регулировка с учетом различных видов возмущения. Такой принцип лежит в основе регулирования давления пара в паровом котле. Пропорционально расходу пара осуществляется регулирование по возмущению (по нагрузке), а по отклонению давления пара от заданного значения производится более точное регулирование.

### 3.1.3 По закону регулирования

Различают системы, в которых для формирования управляющего воздействия используются *П*-, *И*-, *ПД*-, *ПИ*- и *ПИД*-законы регулирования.

**П-закон регулирования** (пропорциональный), это закон, при котором действие на объект регулирования пропорционально сигналу управления.

**И-закон регулирования** (интегральный), это закон, при котором воздействие

на объект регулирования пропорционально интегралу (обычно по времени) от сигнала управления.

**ПД-закон регулирования** (пропорционально-дифференцирующий), это закон при котором на объект регулирования подается два сигнала. Первый - пропорциональный сигнал, а второй – по производной от изменения первого пропорционального сигнала.

**ПИ-закон регулирования** (пропорционально-интегральный), это закон при котором на объект регулирования подается два сигнала управления. Первый пропорционален ошибке регулирования, а второй – по интегралу от первого пропорционального сигнала.

**ПИД-закон регулирования** (пропорционально – интегрально – дифференцирующий), это закон при котором на объект регулирования подаётся три сигнала управления. Первый - пропорциональный, второй – интегральный, третий – дифференцирующий.

#### 3.1.4 По виду обратной связи

**Одноконтурные САУ** имеющие одну главную обратную связь, необходимую для проведения сравнения полученного и заданного значения регулируемой величине.

**Многоконтурные САУ** имеют, кроме основной обратной связи, еще дополнительные (местные) обратные связи, соединяющие выход и вход одного или нескольких элементов системы.

Обратная связь называется **положительной**, если с возрастанием сигнала на выходе функционального элемента сигнал на входе элемента или системы тоже увеличивается.

Обратная связь называется **отрицательной**, если с возрастанием сигнала на выходе функционального элемента сигнал на входе элемента или системы уменьшается.

**Жесткая обратная связь** обеспечивает прохождение сигнала в переходном и в установившемся режиме с одинаковым коэффициентом передачи.

*Гибкая обратная связь* дает возможность прохождения сигнала только в переходном режиме работы системы. При этом в установившемся режиме работы системы коэффициент передачи этой связи равен нулю.

3.1.5 По количеству управляемых величин

*Одномерная САУ* – система с одной управляемой величиной.

*Многомерная САУ* – система с несколькими управляемыми величинами.

Они разделяются на:

- *системы несвязанного регулирования*, в которых регуляторы, предназначенные для регулирования нескольких величин, не имеющих связей друг с другом;
- *системы связанного регулирования*, в которых регуляторы нескольких регулируемых величин имеют взаимные связи друг с другом.

3.1.6 По ошибке в установившемся режиме

*Статическая система*, которая в установившемся режиме работы имеет отклонение управляемой величины от заданного значения в зависимости от величины приложенного возмущающего воздействия (обычно от нагрузки).

*Астатическая система*, система, в которой в установившемся режиме работы не имеется отклонения регулируемой величины от заданной, при любом значении величины возмущения.

Примечание – Система может являться статической по отношению к одному воздействию (обычно нагрузке) и астатической по отношению к другому воздействию (например, по управлению).

3.1.7 По наличию вспомогательной энергии

САУ разделяются на системы прямого и непрямого регулирования.

*Прямое регулирование*, когда регуляторы в системе управления не используют вспомогательную энергию стороннего источника. Энергия датчика достаточна для управления исполнительным устройством.

*Непрямое регулирование*, когда регулятор использует вспомогательную энер-

гию стороннего источника для управления исполнительным устройством.

Системы непрямого управления по виду вспомогательной энергии разделяются на: электрические, электромеханические, гидравлические, механические, комбинированные.

### 3.1.8 По стабильности параметров системы

**Стационарные системы**, в которых все параметры элементов системы не изменяются во времени; Математическая модель такой САУ описывается дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами.

**Нестационарные системы** (по времени), которые имеют хотя бы одно звено с изменяющимся параметром в процессе работы. Математическая модель такой САУ описывается дифференциальными уравнениями с переменными параметрами. Это, например, самолет, в котором при полете по мере расхода топлива изменяется его вес и расположение центра тяжести.

### 3.1.9 По виду сигналов управления

В зависимости от характера управления во времени САУ могут использовать непрерывные и прерывные сигналы управления.

**Непрерывные сигналы управления** представляют собой непрерывную функцию времени. Между входными и выходными величинами всех элементов системы существует непрерывная функциональная связь.

**Прерывистые (или дискретные) сигналы управления** характеризуется наличием разрыва непрерывности в подаче сигнала управления. Между входными и выходными величинами элементов системы функциональная связь в некоторые промежутки времени прерывается. Различают следующие прерывистые сигналы:

– **релейные**, когда сигнал управления в определенные моменты времени постоянен по величине или равен нулю. Фактически он соответствует двум командам: «пуск» или «стоп»;

– **позиционные**, когда сигналы управления по абсолютной величине остаются постоянными, но в зависимости от алгоритма управления меняют знак;

- *вибрационные*, когда чередуются разные по величине сигналы;
- *импульсные*, когда сигналы управления преобразованы в последовательность модулированных импульсов, чередующихся через определенные промежутки времени (такты);
- *кодированные*, когда сигналы управления преобразованы в определенный код.

### 3.1.10 По математической зависимости

*Линейные системы*, в которых все звенья описываются линейными уравнениями при значительных отклонениях управляемой величины.

*Нелинейные системы*, в которых хотя бы один элемент системы описывается нелинейным дифференциальным уравнением.

Нелинейные системы в свою очередь разделяются :

- *несущественно нелинейные системы*, которые при малых отклонениях регулируемой величины можно линеаризовать без нарушения качественных показателей САУ;
- *существенно нелинейные системы*, в которых нелинейный элемент придает системе новые качественные показатели, и линеаризовать его прямолинейной зависимостью без потери этих свойств нельзя.

### 3.1.11 По виду используемой энергии

В зависимости от вида используемой энергии различают системы, использующие автоматические регуляторы следующих типов: электрические, пневматические, гидравлические.

*Электрические регуляторы* позволяют реализовать сложный алгоритм регулирования с практически неограниченным радиусом действия, возможность иметь конструкцию без подвижных частей, работать с минимальным входным сигналом и с большим коэффициентом усиления, без заметной инерции, не зависят от многих внешних воздействий (температуры, давления, влажности, запыленности и так далее).

*Пневматические регуляторы* имеют сравнительно простую конструкцию и возможность получения плавного регулирования с большим диапазоном изменения скоростей; упрощенную систему коммуникационных линий (не требуют обратных, возвратных линий) безопасные в пожарном отношении.

*Гидравлические регуляторы* обеспечивают большие усилия при малых габаритах, высокую чувствительность, плавность регулирования с большим диапазоном изменения скоростей.

### **3.2 Блок испытания цифровых устройств**

Блок испытания цифровых устройств включает:

- источник питания 5 В /1 А с защитой от перегрузок и коротких замыканий.
- индикатор логических уровней.
- источники логических сигналов ТТЛ.
- наборное поле с разводкой шин питания.

Образ лицевой панели блока испытания цифровых устройств приведен на рисунке 3.1.

#### **3.2.1 Источник питания**

Источник питания подает напряжения 5 В на индикатор логических уровней, источники логических сигналов транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ) и гнезда наборного поля. Установка миниблока в гнезда наборного поля автоматически подключает миниблок к общим шинам питания блока испытания цифровых устройств. При этом сборка логической цепи сводится к соединению выходов и входов логических элементов, источников и индикаторов логических сигналов, уже имеющих общую цепь питания.

Сборку цепей необходимо выполнять при отключенном питании блока испытания цифровых устройств, т. е. при отключенном выключателе 1 («Сеть»). Включать выключатель 1 («Сеть») следует только после сборки и проверки цепи. Если ток нагрузки источника питания превысит от 1,3 до 1,5 А или произойдет короткое

замыкание, напряжение питания будет отключено и сработает индикатор перегрузки 2 («1»).

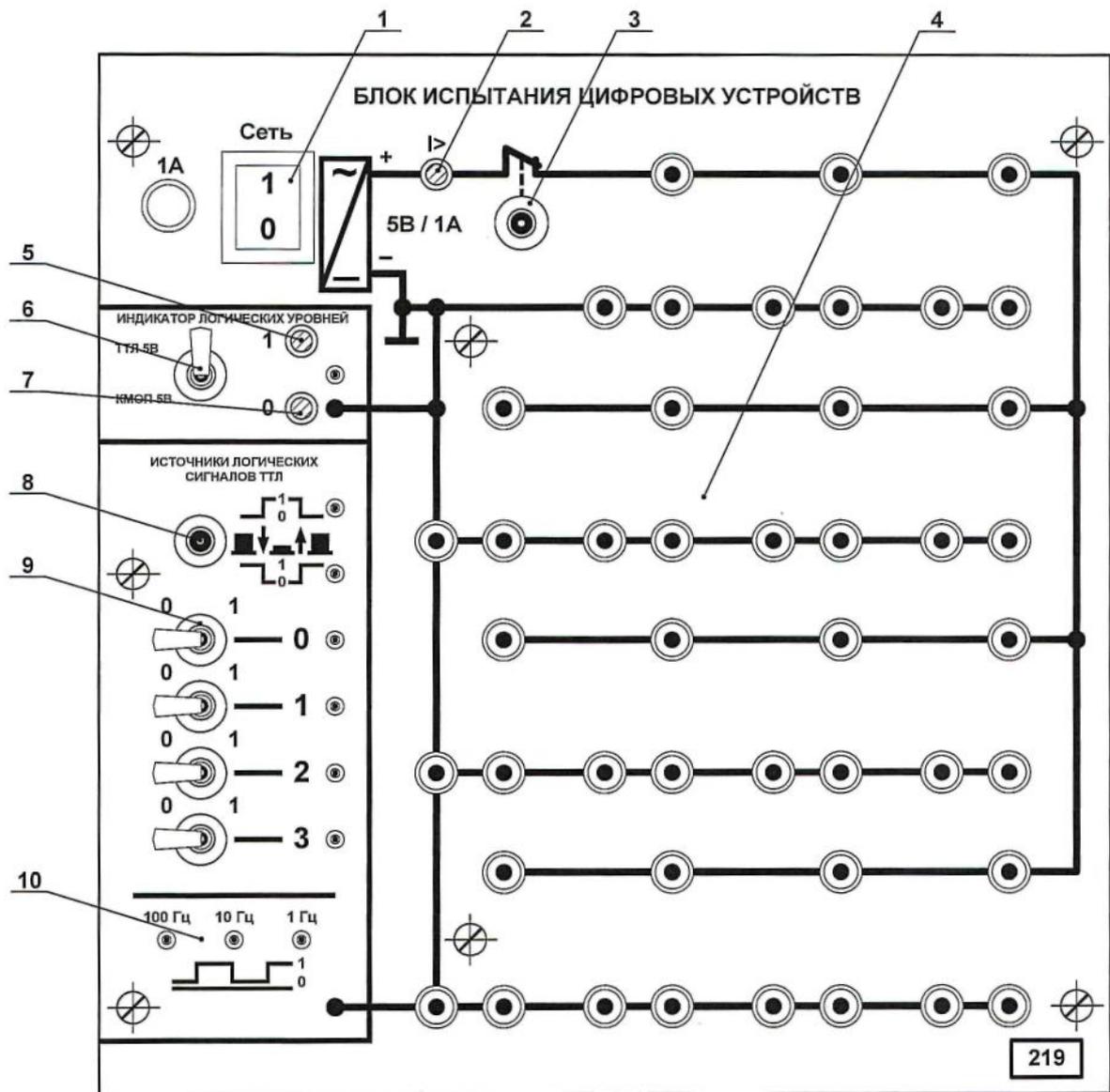


Рисунок 3.1 - Лицевая панель блока испытания цифровых устройств.

Если после устранения причины перегрузки питание не восстановится автоматически, т. е. не погаснет индикатор 2 («1»), то необходимо нажать и отпустить кнопку 3.

### 3.2.2 Индикатор логических уровней

Индикатор логических уровней отображает состояние подключенного к его входу логического сигнала. Для подключения индикатора достаточно одного прово-

да, т. к. он имеет общую цепь питания с остальными частями блока испытания цифровых устройств. Свечение красного светодиода 5 указывает, что входной сигнал соответствует уровню логической 1 (от 2 до 5 В для элементов ТТЛ или от 3,5 до 5 В для элементов КМОП). Зеленый светодиод 7 соответствует уровню логического нуля (от 0 до 8 В для элементов ТТЛ или от 0 до 1,5 В для элементов КМОП). Если светодиоды не светятся, уровень логического сигнала не соответствует ни 0, ни 1. Свечение обоих светодиодов свидетельствует о постоянном переключении сигнала между уровнями 0 и 1. Пороги срабатывания индикаторов (ТТЛ/КМОП) определяются положением переключателя 6.

### 3.2.3 Источники логических сигналов ТТЛ

Логические сигналы на выходах источников 8, 9 и 10 соответствуют уровням ТТЛ элементов. Источники логических сигналов имеют общую цепь питания с наборным полем и индикатором логических уровней. Поэтому для их подключения достаточно использовать один провод, соединяющий выход источника с входами логических элементов.

Кнопка 8 управляет двумя логическими сигналами, переключающимися в противофазе. Специальные цепи устраняют дребезг механических контактов кнопки, поэтому данные сигналы необходимо использовать для надежного управления последовательными схемами (триггерами, счетчиками и т. п.).

Группа четырех тумблеров 9 предназначена для задания статических логических сигналов и не имеет цепей устранения дребезга контактов.

Генератор 10 вырабатывает импульсы с частотами 100 Гц, 10 Гц и 1 Гц и скважностью 0,5.

### 3.2.4 Набор миниблоков

Общий вид спереди набора миниблоков приведен на рисунке 3.2.

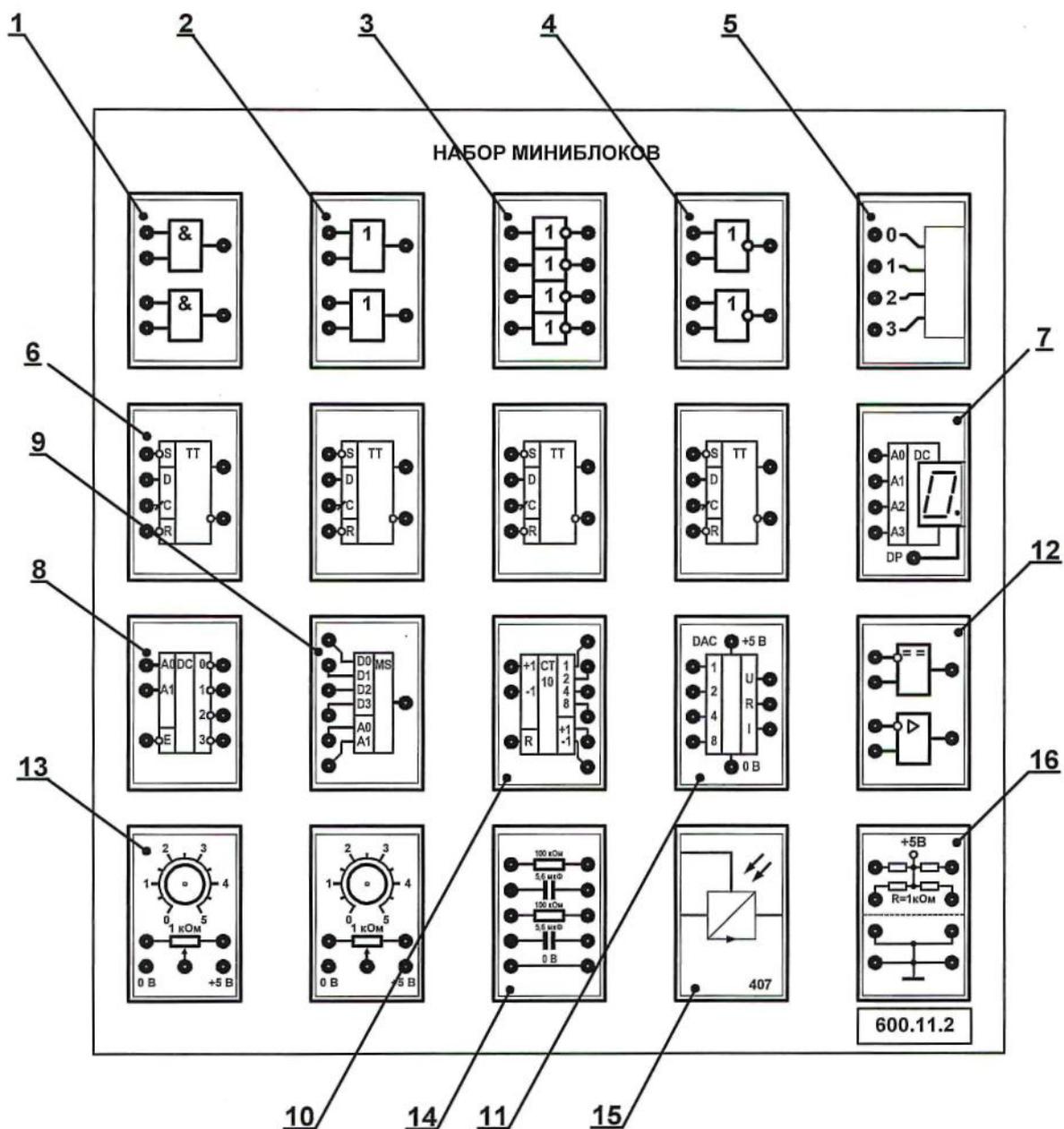


Рисунок 3.2 - Общий вид спереди набора миниблоков

Позициями на рисунке 3.2 обозначены:

1 - Миниблок, содержащий два логических элемента И. Микросхема КР1533ЛИ1 (74ALS08).

2 - Миниблок, содержащий два логических элемента ИЛИ. Микросхема КР1533ЛЛ1 (74ALS32).

3 - Миниблок, содержащий четыре логических элемента НЕ. Микросхема КР1533ЛН1 (74ALS04).

4 - Миниблок, содержащий два логических элемента ИЛИ-НЕ. Микросхема

КР1533ЛЕ1 (74ALS02).

5 - Миниблок, содержащий индикатор логических уровней со светодиодами (КР1533ЛА9, 74ALS03). Свечение индикатора соответствует логической 1 на соответствующем входе миниблока.

6 - Миниблок, содержащий D триггер (4 шт.). Микросхема КР1533ТМ2 (74ALS74).

7 - Миниблок, содержащий семисегментный индикатор с двоично-десятичным дешифратором (CD4511). При подаче на вход дешифратора кодов, соответствующих числам от  $1010_2$  до  $1111_2$  (в десятичной системе – от  $10_{10}$  до  $15_{10}$ ), все сегменты индикатора отключаются. Для включения десятичной точки на вход DP необходимо подать плюс 5 В.

8 - Миниблок, содержащий декодер/демультиплексор. Микросхема КР1533ИД14 (74ALS139).

9 - Миниблок, содержащий мультиплексор. Микросхема КР1533КП2 (74ALS153).

10 - Миниблок, содержащий двоично-десятичный реверсивный счетчик. Микросхема КР1533НЕ6(74ALS192).

11 - Миниблок, содержащий цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). Микросхема TLC7524. Из 8 двоичных разрядов ЦАП используются 4 старших.

12 - Миниблок, содержащий компаратор с гистерезисом и операционный усилитель. Микросхема МС33202 (или аналог).

13 - Миниблок с переменным резистором 1 кОм. На лицевую панель миниблока выведены клеммы, подключенные к шинам питания «0 В» и «+5 В».

14 - Миниблок, содержащий два резистора с  $R=100$  кОм и два конденсатора  $C=5,6$  мкФ. Клеммы «0 В» подключены к общему проводу источника питания.

15 - Датчик освещенности. Выходное напряжение датчика пропорционально его освещенности.

16 - Миниблок, содержащий цепи подключения входов микросхем к шинам питания.

### 3.3 Система автоматического управления наружным освещением

#### 3.3.1 Схема электрическая соединений и её описание

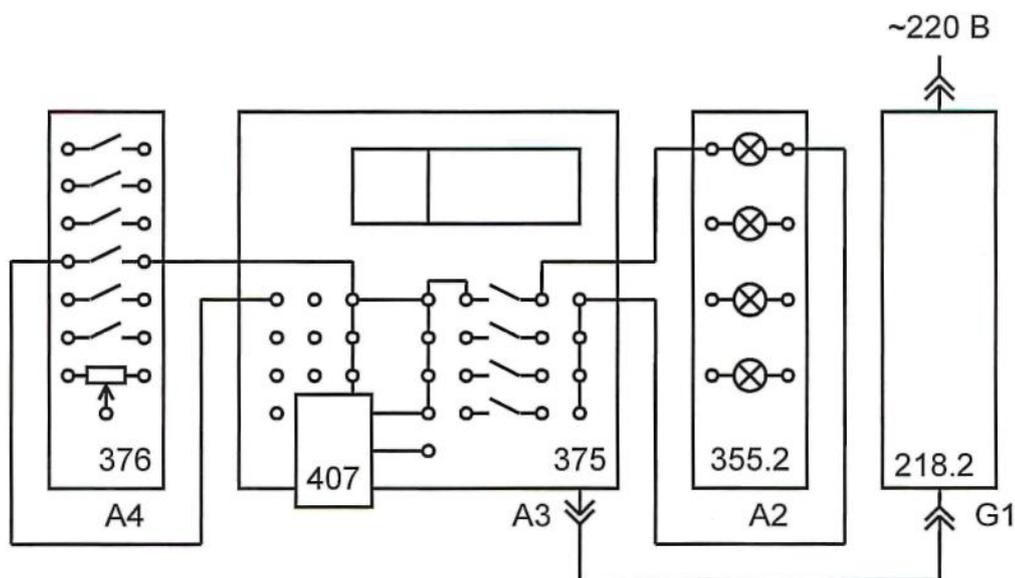


Рисунок 3.3 – Схема испытания системы автоматического управления наружным освещением

Включение (отключение) системы осуществляется кнопкой с фиксацией.

Лампа горит, если освещенность ниже заданного уровня.

Однофазный источник питания G1 предназначен для безопасного питания блока программируемого реле A3.

Кнопка с фиксацией поста управления A4 предназначена для включения (отключения) системы.

Лампа в блоке A2 имитирует лампу наружного освещения.

Датчик освещенности 407 (из набора миниблоков 600.11.2) устанавливается вертикально (соответственно ориентации надписей на его этикетке) непосредственно в гнезда в левой нижней части панели блока A3.

Коммутационная программа изображена на рисунке 3.4 В коммутационной программе использованы функции, приведенные в таблице 3.1.

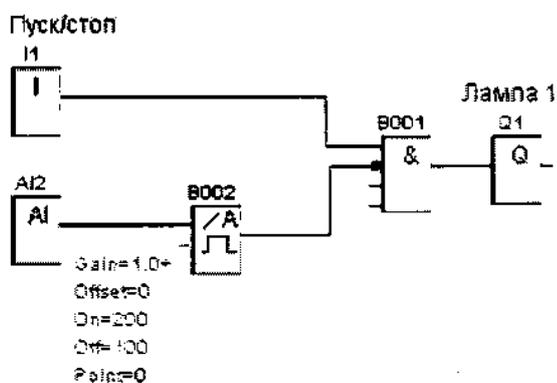


Рисунок 3.4 – Коммутационная программа

Таблица 3.1 – Функции коммутационной программы

УГО	Функция
	I1 - вход (список Co). Управляет включением/выключением системы (0 - выключена, 1 - включена)
	V001 - функция И (список GF)
	V002 - аналоговый пороговый выключатель (список SF). При настройке устанавливаются параметры: порог включения (On=200, т.е. 2,00 В) и выключения (Off=100, т.е. 1,00 В)
	Q1 - выход программируемого реле (список Co). Управляет лампой освещения.

Точка около входа функции обозначает инверсию (логическая операция НЕ) данного сигнала.

Работа программы:

1) Логический 0 на входе I1 устанавливает 0 на выходе V001 (функция И) и 0 на выходе реле Q1. Система отключена.

2) При установке 1 на входе I1 система включается. Сигнал на выходе V001 (и Q1) является инвертированным сигналом аналогового порогового выключателя. При высокой освещенности пороговый выключатель включен (1 на выходе V002) и 0 на выходах V001 и Q1 (лампа освещения отключена). При низкой освещенности выход порогового выключателя равен 0, на выходах V001 и Q1 минус 1, освещение вклю-

чено.

Таблица 3.2 – Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218.2	~220 В /16 А
A3	Блок программируемого реле	375	6 цифровых входов 2 цифровых (аналоговых) входа 4 релейных выхода
A4	Пост управления	376	3 кнопки без фиксации 3 кнопки с фиксацией потенциометр
A2	Блок световой сигнализации	355.2	4 светодиодных лампы 24 В
	Датчик освещенности из набора миниблоков 600.11.2	407	Выход от 0 до 10 В

### 3.3.2 Указания по проведению эксперимента

- 1) Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- 2) Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений.
- 3) Включите устройство защитного отключения и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.
- 4) Включите выключатель «СЕТЬ» блока программируемого реле A1.
- 5) Переведите реле в режим отображения «Главного меню» (состояние STOP).
- 6) Загрузите или введите в реле коммутационную программу. При вводе программы вручную номера блоков зависят от выбранной вами последовательности их включения в программу, и могут отличаться от указанных в приведенной выше программе. Для правильного соединения необходимо указать на схеме номера блоков вашей программы. Задайте параметры аналогового порогового выключателя (блок B002): порог включения (On=200, 2,00 В) и выключения (Off=100, 1,00 В). Запустите программу на исполнение (пункт Start «Главного меню»).
- 7) Протестируйте работу схемы под управлением реле. Проверьте состояние

кнопки включения/отключения системы (кнопка с фиксацией поста управления А2). Установите её в состояние «замкнуто» - на вход П1 подан высокий уровень, система включена. Затеняя датчик освещенности, проверьте работу системы. При необходимости, скорректируйте схему, коммутационную программу и пороги срабатывания реле. За состоянием входов и выходов удобно следить на экране их состояния (входы I - цифровые, AI - аналоговые, выходы - Q; переход из «Меню запуска» нажати-ем кнопки ►). Значения порогов срабатывания реле можно уточнить наблюдая на экране состояния аналоговых входов (AI:) уровень выходного сигнала датчика освещенности. В строке 2: этого экрана отображается значение сигнала на входе AI2 в вольтах умноженных на 100 (например, 00225 соответствует 2,25 В). Убедитесь, что система функционирует в соответствии с заданным алгоритмом.

8) По завершении эксперимента остановите коммутационную программу (**ESC>Stop>Yes**), отключите выключатель «СЕТЬ» блока программируемого реле А1 и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

### 3.3.3 Содержание отчета

- 1) Название работы.
- 2) Цель и задачи работы.
- 3) Результаты работы в виде собранной рабочей схемы.
- 4) Выводы о проделанной работе.

### 3.3.4 Вопросы к защите работы

- 1) Какой датчик используется для проведения данных исследований?
- 2) Какие функции использованы в коммутационной программе?
- 3) Что означает точка около входа функции?
- 4) В каком случае будет гореть лампа в блоке А2?
- 5) В какой строке на экране состояния аналоговых входов (AI:) отображается уровень выходного сигнала датчика освещенности?

### 3.4 Система автоматического управления исполнительным электродвигателем

#### 3.4.1 Схема электрическая соединений и её описание

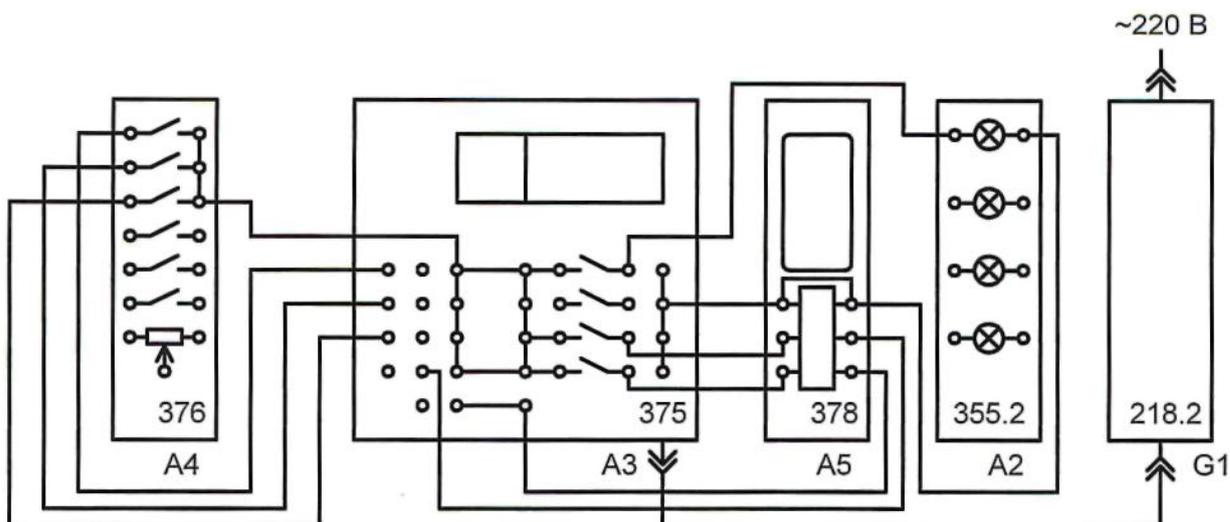


Рисунок 3.5 – Схема соединений системы автоматического управления исполнительным электродвигателем

Вращение двигателя против часовой стрелки, по часовой стрелке и остановка двигателя происходят после нажатия на одну из трех кнопок без фиксации.

Положение вала двигателя определяется визуально по положению стрелки на шкале (от 0 до 100 делений) и по сигналу потенциометрического датчика с выходным напряжением от 0 В (0 шкалы) до 10 В (100 делений шкалы).

При нахождении стрелки указателя положения вала двигателя между 50 и 100 делениями шкалы горит красная лампа сигнализации.

Однофазный источник питания G1 предназначен для безопасного питания блока программируемого реле A3.

Кнопки без фиксации поста управления A4 предназначены для управления двигателем A5: верхняя подает сигнал для начала вращения двигателя против часовой стрелки, вторая сверху – по часовой стрелке, третья сверху подает сигнал на останов двигателя.

На потенциометрический датчик, установленный на валу двигателя A5, подается напряжение питания от блока A1 (0 и плюс 10В). Выходной сигнал потенцио-

метрического датчика поступает на аналоговый вход (AI2) программируемого реле А3.

Красная лампа в блоке А2 сигнализирует о нахождении указателя положения вала двигателя между делениями 50 и 100 шкалы.

Коммутационная программа системы управления представлена на рисунке 3.6.

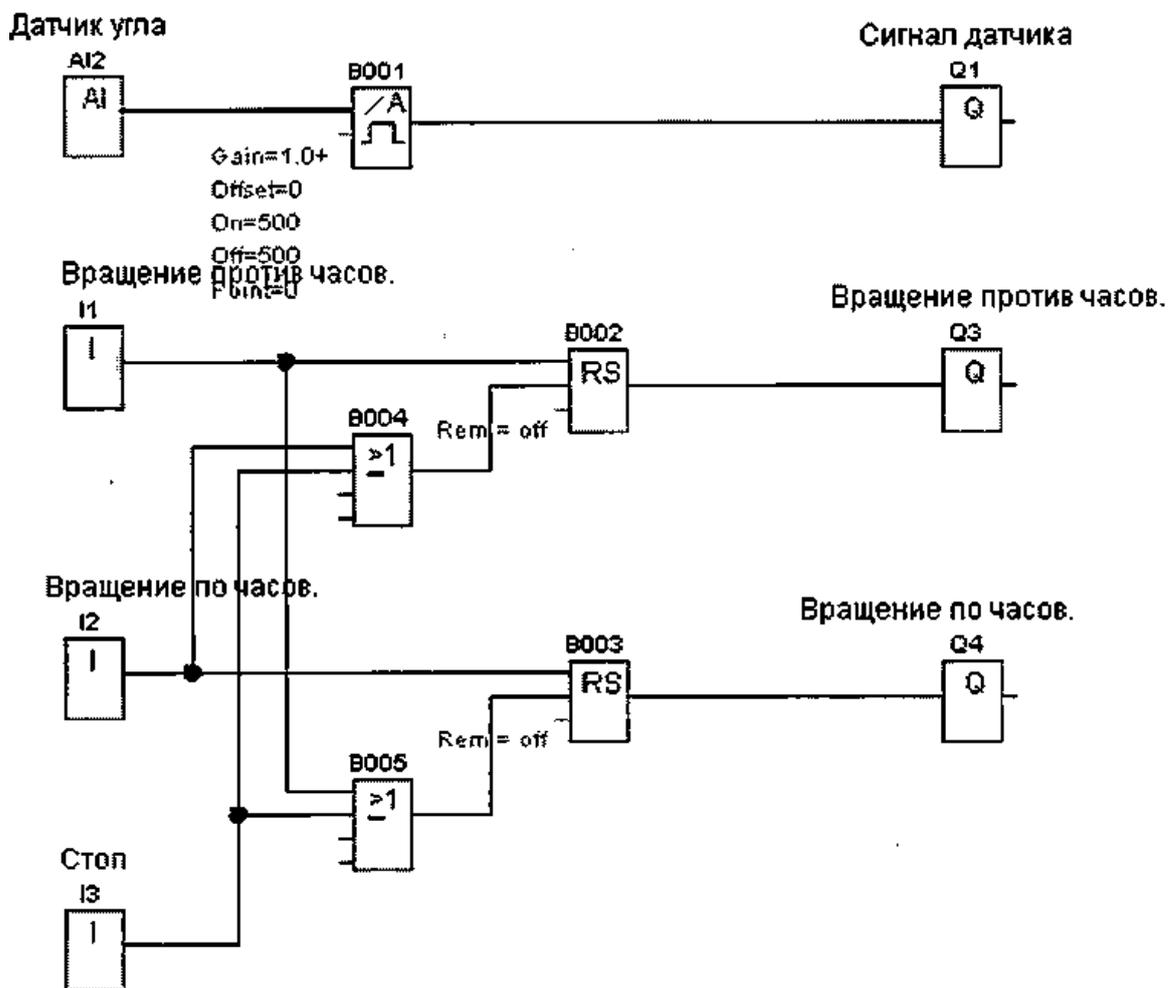


Рисунок 3.6 – Коммутационная программа

В коммутационной программе использованы функции, приведенные в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Функции коммутационной программы

УГО	Функция
	I1, I2, I3, - входы (список Co). Управляют, соответственно, вращением против часовой стрелки, по часовой стрелке, остановкой двигателя.
	AI2 (18) - аналоговый вход реле A1 (список Co). На вход подается сигнал датчика положения вала двигателя от 0 до +10 В.
	V002, V003 - RS триггер (список SF). Верхний вход (S=1) - установка 1 на выходе триггера, нижний вход (R=1) - установка 0 на выходе. Если и S=1, и R=1, то на выходе триггера 0 (приоритет R).
	V004, V005 - функция ИЛИ (список GF).
	V001 - аналоговый пороговый выключатель (список SF). При настройке устанавливаются одинаковые значения порогов включения и выключения (On=500, Off=500, т.е. 5,00 В, соответствующие делению 50 шкалы положения вала двигателя).
	Q1, Q3, Q4 - выходы программируемого реле (список Co). Управляют, соответственно, красной лампой, вращением против и по часовой стрелке.

### 3.4.2 Работа программы:

1) Сигнал с аналогового входа AI2 поступает на вход аналогового порогового выключателя (V001). Если сигнал превышает порог срабатывания (On=500, т.е. 5,00 В) на выходе выключателя V001 и выходе реле Q1 устанавливается 1. Контакты Q1 замыкают цепь сигнальной лампы. При снижении сигнала датчика ниже 5,00 В (Off=500) лампа отключается.

2) При включении системы на выходах RS триггеров 0, т. е. цепь питания двигателя через контакты выходов Q3 и Q4 разомкнута.

3) Подача 1 на вход I1, устанавливает 1 на выходе триггера V002, и через контакты выхода Q3, подается напряжение на клемму вращения двигателя **против** часовой стрелки. Одновременно сигнал с I1, через V005, устанавливает триггер V003 в 0. При этом контакты выхода Q4 снимают напряжение с клеммы вращения двигателя.

ля **по** часовой стрелке.

4) Подача 1 на вход I2, устанавливает 1 на выходе триггера В003, и через контакты выхода Q4, подается напряжение на клемму вращения двигателя **по** часовой стрелке. Одновременно сигнал с I2, через В004, триггер В002 (0 на выходе), контакты выхода Q3, снимает напряжение с клеммы вращения двигателя **против** часовой стрелки.

5) Сигнал 1 на входе I3 (Стоп), через блоки В004, В005, переводит выходы обоих триггеров (В002 и В003) в состояние 0. При 0 на выходах Q3, Q4, двигатель отключен от источника питания и не вращается.

Таблица 3.4 - Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218.2	~220 В /16 А
A3	Блок программируемого реле	375	6 цифровых входов 2 цифровых (аналоговых) входа 4 релейных выхода
A4	Пост управления	376	3 кнопки без фиксации 3 кнопки с фиксацией потенциометр
A2	Блок световой сигнализации	355.2	4 светодиодных лампы 24 В
A5	Исполнительный электродвигатель	378	Напряжение питания 24 В

### 3.4.3 Указания по проведению эксперимента

1) Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.

2) Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений.

3) Включите устройство защитного отключения и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

4) Включите выключатель «СЕТЬ» блока программируемого реле A3.

5) Переведите реле в режим отображения «Главного меню» (состояние STOP).

6) Загрузите или введите в реле коммутационную программу. При вводе про-

граммы вручную номера блоков зависят от выбранной вами последовательности их включения в программу, и могут отличаться от указанных в приведенной выше программе. Для правильного соединения необходимо указать на схеме номера блоков вашей программы. Задайте параметры блока В001 (On=500, Off=500). Запустите программу на исполнение (пункт Start «Главного меню»).

7) Протестируйте работу схемы под управлением реле. Кнопки без фиксации поста управления А4 управляют двигателем А5: верхняя подает сигнал для начала вращения двигателя против часовой стрелки, вторая сверху - по часовой стрелке, третья сверху подает сигнал на останов двигателя. Убедитесь, что цепь и коммутационная программа работают в соответствии с заданным алгоритмом. При необходимости, скорректируйте схему и коммутационную программу. За состоянием входов и выходов удобно следить на экране их состояния (входы I - цифровые, AI - аналоговые, выходы - Q) (переход из «Меню запуска» нажатием кнопки ►).

8) По завершении эксперимента остановите коммутационную программу (**ESC>Stop>Yes**), отключите выключатель «СЕТЬ» блока программируемого реле А3 и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

#### 3.4.4 Содержание отчета

- 1) Название работы.
- 2) Цель и задачи работы.
- 3) Результаты работы в виде собранной рабочей схемы.
- 4) Выводы о проделанной работе.

#### 3.4.5 Вопросы к защите работы

- 1) Какой датчик используется для проведения данных исследований?
- 2) Какие функции использованы в коммутационной программе?
- 3) Для чего предназначены кнопки без фиксации поста управления А4?
- 4) Как запустить программу на исполнение?
- 5) С помощью чего удобно следить за состоянием входов и выходов?

### 3.5 Система автоматического регулирования температуры

#### 3.5.1 Схема электрическая соединений и её описание

Система включается кнопкой с фиксацией.

Система поддерживает заданную температуру в диапазоне от 40 °С до 60 °С путем включения/отключения нагревательного элемента.

На рисунке 3.7 приведена схема электрическая соединений системы автоматического регулирования температуры

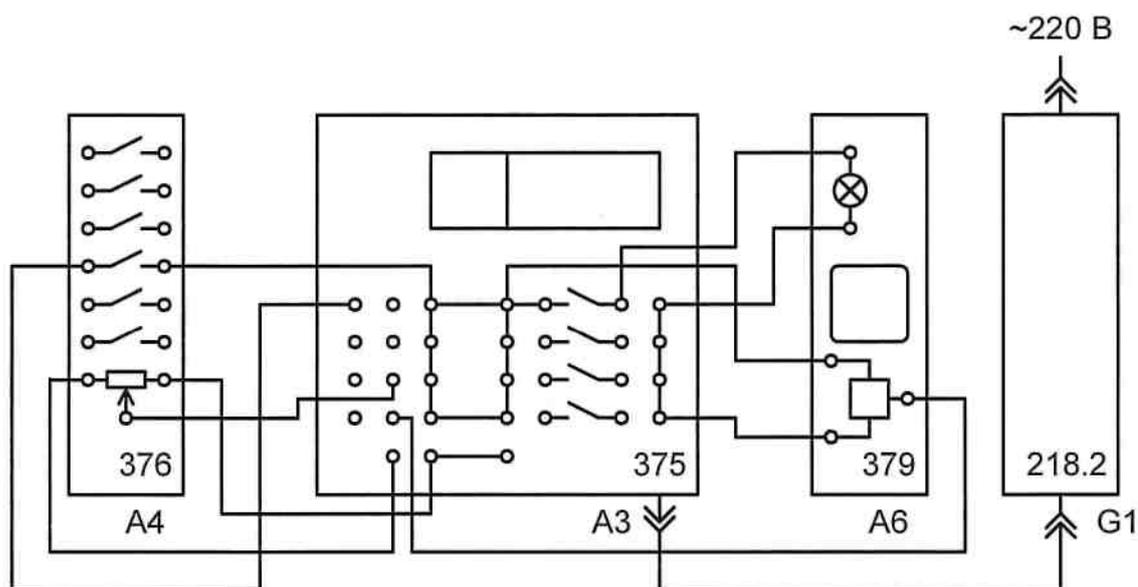


Рисунок 3.7 – Схема соединений системы автоматического регулирования температуры

Однофазный источник питания G1 предназначен для безопасного питания блока программируемого реле A3.

Кнопка с фиксацией поста управления A4 предназначена для включения (отключения) системы.

Переменный резистор в poste управления A4 используется как делитель напряжения для формирования регулируемого аналогового сигнала от 0 до 10 В, пропорционального уставке температуры воздуха в диапазоне от 40 °С до 60 °С.

Датчик температуры в модели отапливаемого помещения A6 формирует сигнал пропорциональный температуре воздуха в нем.

Лампа накаливания в модели отапливаемого помещения A6 играет роль

нагревательного элемента.

Коммутационная программа показана на рисунке 3.8. В коммутационной программе использованы функции, приведенные в таблице 3.5.

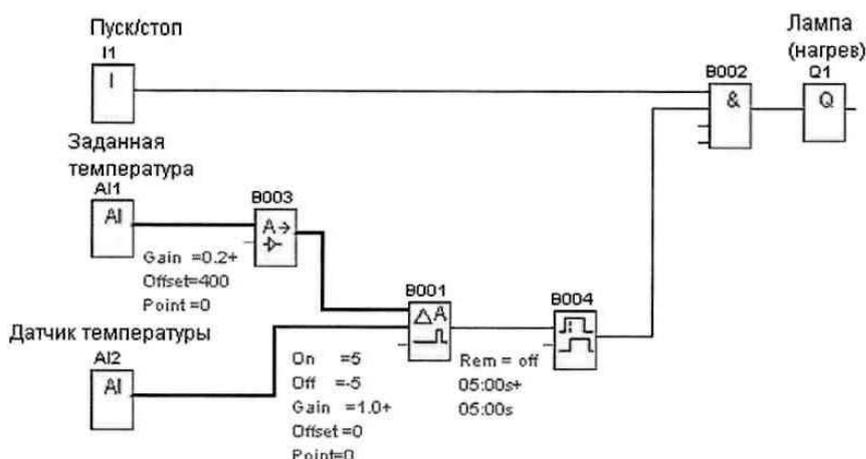


Рисунок 3.8 – Коммутационная программа

Таблица 3.5 – Функции коммутационной программы

УГО	Функция
	I1 - вход (список Co). Управляет включением/выключением системы (0 - выключена, 1 - включена).
	AI1, AI2 (I7, I8) - аналоговые входы реле A1 (список Co). На вход AI1 подается сигнал задания температуры с переменного сопротивления (от 0 до +10 В). На вход AI2 подается сигнал датчика температуры.
	B003 - аналоговый усилитель (список SF). Для блока установлен коэффициент усиления Gain=0.2 и смещение Offset=400. Выходной сигнал усилителя вычисляется по формуле $AI \times Gain + Offset$ , т.е. $AI \times 0.2 + 400$ .
	B001 - аналоговый компаратор (список SF). Установлены порог включения On=5 и выключения Off=-5. Пороги определяются как разность аналоговых сигналов верхнего (по рисунку) и нижнего входов компаратора.
	B004 - задержка включения/выключения (список SF). При переходе сигнала на входе 0→1 или 1→0 аналогичный переход сигнала на выходе происходит спустя заданный промежуток времени (в данном случае 5 с, установленные в параметрах блока).
	B002 - функция И (список GF).
	Q1 - выход программируемого реле (список Co). Контакты выхода управляют нагревателем (лампой).

### 3.5.2 Работа программы:

1) Сигнал 0 на входе I1 блокирует работу программы – выход реле Q1 находится в состоянии 0, и нагреватель отключен.

2) Программа переходит в режим регулирования температуры при 1 на входе I1.

3) В заданном диапазоне регулирования температуры (от 40 °С до 60 °С) выходное напряжение датчика температуры изменяется от 4,00 В до 6,00 В. В коммутационной программе данному диапазону напряжений будут соответствовать числа от 400 до 600 на выходе AI2.

4) Сигнал задания температуры на входе реле AI1 меняется от 0 до 10 В, что соответствует диапазону изменения сигнала от 0 до 1000 на выходе блока AI1 коммутационной программы. Аналоговый усилитель (V003) преобразует входной сигнал с диапазоном от 0 до 1000 в сигнал диапазона от 400 до 600, согласованный с диапазоном изменения температуры. Для выполнения этого преобразования в качестве параметров блока аналогового усилителя V003 заданы коэффициент усиления  $Gain=0.2$  и смещение  $Offset=400$ . Выходной сигнал усилителя вычисляется по формуле  $AI1 \times Gain + Offset$ , т.е.  $AI1 \times 0.2 + 400$ .

5) Аналоговый компаратор (V001) вычисляет разность заданного и измеренного значений температуры. Если разность превышает порог включения (параметр  $Op=5$ ), то выход компаратора устанавливается в 1. С учетом масштаба аналоговых сигналов в коммутационной программе установленный порог соответствует 50 мВ или 0,5 °С. Спустя 5 секунд сигнал 1 появляется на выходе блока задержки включения/выключения V004, выходе V002 и Q1. Включается лампа нагрева. Временная задержка введена для исключения многократных включений и отключений лампы при медленном переходе температуры через заданный порог срабатывания.

6) Когда измеренная температура превышает заданную на величину порога выключения компаратора (параметр  $Off=-5$ ), выход компаратора переходит в состояние 0. Спустя время задержки блока V004 (5 секунд) значение 0 устанавливается на выходах V004, V002 и Q1. Лампа нагревателя отключается. При снижении температуры нагреватель вновь включается, и т. д.

Таблица 3.6 - Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218.2	~220 В /16 А
A3	Блок программируемого реле	375	6 цифровых входов 2 цифровых (аналоговых) входа 4 релейных выхода
A4	Пост управления	376	3 кнопки без фиксации 3 кнопки с фиксацией Потенциометр
A6	Модель отапливаемого помещения	379	Лампа накаливания 24 В Датчик температуры от 0 до 10В

### 3.5.3 Указания по проведению эксперимента

1) Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.

2) Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений.

3) Включите устройство защитного отключения и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

4) Включите выключатель «СЕТЬ» блока программируемого реле A3.

5) Переведите реле в режим отображения «Главного меню» (состояние STOP).

6) Загрузите или введите в реле коммутационную программу. При вводе программы вручную номера блоков зависят от выбранной вами последовательности их включения в программу, и могут отличаться от указанных в приведенной выше программе. Для правильного соединения необходимо указать на схеме номера блоков вашей программы. Задайте параметры блоков B001 (On=5, Off=-5), B003 (Gain=0.2, Offset=400), B004 (On=05:00, Off=05:00). Запустите программу на исполнение (пункт Start «Главного меню»).

7) Протестируйте работу схемы под управлением реле. Проверьте состояние кнопки включения/отключения системы (кнопка с фиксацией поста управления A2). Установите её в состояние «замкнуто» - на вход П1 подан высокий уровень, система включена. Протестируйте работу схемы под управлением реле и убедитесь, что система функционирует в соответствии с заданным алгоритмом. При необходимости, скорректируйте схему и коммутационную программу. За состоянием входов и вы-

ходов удобно следить на экране их состояния (входы I - цифровые, AI - аналоговые, выходы - Q) (переход из «Меню запуска» нажатием кнопки ►).

8) По завершении эксперимента остановите коммутационную программу (**ESC>Stop>Yes**), отключите выключатель «СЕТЬ» блока программируемого реле А3 и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

#### 3.5.4 Содержание отчета

- 1) Название работы.
- 2) Цель и задачи работы.
- 3) Результаты работы в виде собранной рабочей схемы.
- 4) Выводы о проделанной работе.

#### 3.5.5 Вопросы к защите работы

- 1) Какой датчик используется для проведения данных исследований?
- 2) Какие функции использованы в коммутационной программе?
- 3) Для чего предназначены кнопка с фиксацией поста управления А4?
- 4) Какой элемент выполняет роль нагревательного элемента в модели отапливаемого помещения?
- 5) С помощью чего удобно следить за состоянием входов и выходов?

### **3.6 Контрольные вопросы**

- 1) Что такое механизация?
- 2) Какую цель преследует механизация?
- 3) Что такое автоматизированный технологический процесс?
- 4) Что такое система автоматического контроля?
- 5) Что такое система автоматического управления?
- 6) Что такое система автоматического регулирования?
- 7) Что такое система программного управления?
- 8) Что такое система автоматического слежения?
- 9) Что такое система оптимального управления?

- 10) Что такое адаптивная система автоматического управления?
- 11) Что такое система экстремального управления?
- 12) В чем заключается принцип управления по возмущению?
- 13) В чем заключается принцип управления по отклонению?
- 14) В чем заключается комбинированный принцип управления?
- 15) Чем отличаются одноконтурные и многоконтурные САУ?
- 16) Что такое положительная и отрицательная обратная связь?
- 17) Чем отличаются жесткая и гибкая обратная связь?
- 18) Что такое статическая система?
- 19) Что такое астатическая система?

## Список использованных источников

1 Селевцов, Л.И. Автоматизация технологических процессов : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Л.И. Селевцов, А. Л. Селевцов. — 3-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2014. — 352 с. ISBN 978-5-4468-0615-7

2 Евсюков, В. Н. Система управления технологическими процессами пищевых производств [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов / В. Н. Евсюков; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ГОУ ОГУ, 2010. - 178 с. : ил. - Библиогр.: с. 175. - Прил.: с. 176-177. - ISBN 978-5-7410-1011-2.

3 Евсюков, В. Н. Теория автоматического управления [Текст] : учеб. пособие / В. Н. Евсюков; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т".- 2-е изд., перераб. и доп. - Оренбург : ИП Осиночкин Я.В., 2012. - 260 с. : ил. - Библиогр.: с. 259-260.

4 Шишмарёв, В.Ю. Автоматика : учебник для студ. сред. проф. образования / В.Ю. Шишмарёв. 4-е изд. стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2013. — 288 с. — ISBN 978-5-4468-0409-2.

5 Автоматизация технологических процессов пищевых производств/ под ред. Е.Б. Карпина. — 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1985. -536 с.

6 Евсюков, В.Н. Основы теории автоматического управления. Линейные системы: учебное пособие для студентов вузов / В.Н. Евсюков. — Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ. 2006. — 561 с.

7 Евсюков, В.Н. Системность процесса управления: учебное пособие для студентов вузов / В.Н. Евсюков., А.М. Пищухин. — Оренбург: ИПК Оренбургского гос. ун-та., 2000. — 64 с.

8 Евсюков, В.Н. Методика работы над кандидатской диссертацией: учебное пособие для аспирантов технических специальностей / В.Н. Евсюков. - 2-е издание, перераб. и доп. — Оренбург: ИПК Оренбургского гос. ун-та., 2002. — 466 с.

9 Котов, К.И. Автоматическое регулирование и регуляторы: учебник для тех-

никумов / К.И. Котов, М.А. Шершевер; - М.: Металлургия, 1987. – 384 с.

10 Благовещенская, М. М. Информационные технологии систем управления технологическими процессами: учеб. для вузов / М. М. Благовещенская, Л. А. Злобин. - М. : Высш. шк., 2005. - 768 с. : ил. - Библиогр.: с. 752. - Предм. указ.: с. 753-759. - ISBN 5-06-004863-2.

11 Парк, Д. Сбор данных в системах контроля и управления = Practical Data Acquisition for Instrumentation and Control Systems: практ. рук. / Д. Парк, С. Маккей. - М. : Группа ИДТ, 2006. - 504 с. - Парал. тит. л. англ. - Прил.: с. 405-499. - Предм. указ.: с. 500-503. - ISBN 5-94833-021-4.

12 Меньков, А. В. Теоретические основы автоматизированного управления: учеб. для вузов / А. В. Меньков, В. А. Острейковский. - М. : Оникс, 2005. - 640 с. : ил. - Библиогр.: с. 609-610. - ISBN 5-488-00129-8.

13 Жежера, Н. И. Технические средства "Метран" в АСУ ТП / Н. И. Жежера; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - М. : ГОУ ОГУ, 2007. - 327 с. : ил. - Библиогр.: с. 327. - ISBN 978-5-7410-0752-5.

14 Мазин, В. Д. Датчики автоматических систем. Метрологический анализ: учеб. пособие / В. Д. Мазин. - СПб. : СПбГТУ, 2000. - 80 с.

15 Клаассен, К. Основы измерений. Датчики и электронные приборы: учеб. пособие / К. Клаассен; пер. с англ. Е. В. Воронова, А. Л. Ларина.- 3-е изд. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. - 352 с. : ил. - Предм. указ.: с. 336-344. - Библиогр.: с. 345-346. - ISBN 978-5-91559-001-3.

16 Соснин, О. М. Основы автоматизации технологических процессов и производств: учеб. пособие для вузов / О. М. Соснин . - М. : Академия, 2007. - 240 с. - (Высшее профессиональное образование. Автоматизация и управление). - Прил.: с. 203-236. - Библиогр.: с. 237. - ISBN 978-5-7695-3623-6.

17 Иванов А. А. Автоматизация технологических процессов и производств: учебное пособие / А.А. Иванов - Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 224 с.

18 Ившин, В. П. Современная автоматика в системах управления технологическими процессами : учебное пособие / В.П. Ившин, М.Ю. Перухин - НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 400 с.

19 Шишов, О. В. Технические средства автоматизации и управления [Комплект] : учеб. пособие / О. В. Шишов. - М. : ИНФРА-М, 2012. - 397 с. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - (Высшее образование). - Прил.: с. 389-390. - Библиогр.: с. 391-394. - ISBN 978-5-16-005130-7.

20 Автоматизация технологических процессов и производств: учебное пособие / А.А. Иванов. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 224 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-91134-948-6.

21 Автоматизация технологических процессов: учебное пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2015. - 377 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование). (п) ISBN 978-5-16-010309-9.

22 Кузьмин, А, В. Теория систем автоматического управления: учеб. для вузов / А. В. Кузьмин, А. Г. Схиртладзе. - Старый Оскол : ТНТ. 2009. - 224 с.

23 Основы расчета и проектирования систем автоматического управления в машиностроении: учеб. пособие для вузов/ О.И. Драчев [и др.]- Старый Оскол: ТНТ, 2009. - 168 с.