

**В.В. Назарова, В.А. Демченко
Л.А. Надточий, В.Н. Замарашкина**

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ



**Санкт-Петербург
2019**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

**В.В. Назарова, В.А. Демченко,
Л.А. Надточий, В.Н. Замарашкина**

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
КОМПЛЕКСАМИ**

РЕКОМЕНДОВАНО К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В УНИВЕРСИТЕТЕ ИТМО
по направлению подготовки 19.03.01 «Биотехнология» в качестве учебно-методического
пособия для реализации основных профессиональных образовательных программ высшего
образования бакалавриата

Санкт-Петербург

2019

Назарова В.В., Демченко В.А., Надточий Л.А. Замарашкина В.Н.
Автоматизированные системы управления биотехнологическими комплексами:
Учебно-метод. пособие – СПб.: Университет ИТМО; 2019. – 45 с.

Представлены методические указания к самостоятельной работе студентов, выполнению лабораторных работ по дисциплине «Автоматизированные системы управления биотехнологическими комплексами», варианты контрольной работы для студентов заочной формы обучения.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов направления бакалавриата 19.03.01 «Биотехнология» очной и заочной форм обучения.

Рецензент: кандидат технических наук, доцент факультета НТЭ Алешичев Сергей Евгеньевич

Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом Университета ИТМО



Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5-100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

©Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2019

© Назарова В.В., Демченко В.А., Надточий Л.А. Замарашкина В.Н. 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Организация самостоятельной работы студентов	5
Методические указания к лабораторным работам	12
Лабораторная работа № 1	14
Лабораторная работа № 2	19
Лабораторная работа № 3	25
Варианты контрольных работ	35
Список литературы	41
Приложение 1 – Ориентировочные положения переключек и соответствующие им значения диапазона измерения и смещения «нуля» выходного сигнала преобразователя	44

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Автоматизированные системы управления биотехнологическими комплексами» относится к вариативной части профессионального цикла дисциплин подготовки по направлению 19.03.01 «Биотехнология».

Дисциплина охватывает круг вопросов, связанных с теоретическими и практическими аспектами производства пищевых продуктов с помощью технических средств автоматизации, созданием машин и оборудования со встроенными микропроцессорными средствами измерения, контроля и регулирования, централизованными структурами управления биотехнологическими производствами.

ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Самостоятельная работа студентов является важной и неотъемлемой частью учебного процесса. Это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Задачами самостоятельной работы студентов являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умения использовать справочную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности ответственности и организованности.

В самостоятельной работе по изучению дисциплины студент должен руководствоваться настоящим учебным пособием. В нем приведено содержание отдельных разделов изучаемой дисциплины, а также указан объем материала, который должен быть отражен в лекциях и закреплен на лабораторных работах. По каждой теме имеются ссылки на литературные источники, приведены вопросы для самопроверки

При изучении дисциплины студентам заочной формы обучения следует руководствоваться учебной программой и вопросами для самопроверки; весьма полезно конспектировать наиболее важные моменты из учебных пособий по дисциплине. Студент представляет контрольную работу, номер варианта которой выбирается по последней цифре номера

зачетной книжки студента. Варианты контрольной работы по дисциплине приведены ниже.

РАЗДЕЛ 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Характеристики СИ. Погрешности СИ и их источники. Нормируемые метрологические характеристики СИ. Градуировка СИ.

Оценка точности рабочих средств измерений. Показатели точности и формы представления результатов. Оценка погрешностей при различных методах измерений. Динамические погрешности.

Способы повышения точности СИ. Методы уменьшения случайной и систематической составляющих погрешности СИ. Тестовые и структурные методы повышения точности СИ. Аналоговая и цифровая форма представления измерительной информации. Информационные характеристики СИ.

Самостоятельная работа студентов – 2,0 ч:

– работа по теме с литературой – [11,13], а также лекционным материалом.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое класс точности прибора и каким образом он обозначается на шкале прибора?

2. Каким образом можно уменьшить случайную составляющую погрешности измерения?

3. Что используется в качестве информационной характеристики средства измерения?

РАЗДЕЛ 2. ТИПОВЫЕ СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Государственная система приборов и средств автоматизации (ГСП). Принципы построения, структура и основные виды устройств и комплексов ГСП. Унифицированные параметры сигналов.

Типовые структуры СИ, измерительных цепей и информационно-измерительных комплексов. Классификация измерительных преобразователей.

Вторичные приборы. Автоматические мосты. Методика расчета мостовых схем. Автокомпенсаторы с дифференциально-

трансформаторными и ферродинамическими измерительными схемами. Автокомпенсаторы с цифровым выходом.

Микропроцессорные измерительные приборы, их структура, узлы и характеристики.

Ввод измерительной информации, приборный интерфейс. Функции, структура, технические характеристики микропроцессорных систем, используемых в средствах и системах измерений. Интеллектуальные системы измерения.

Самостоятельная работа студентов – 2,0 ч:

– работа по теме с литературой – [11,13], лекционным материалом.

Вопросы для самопроверки

1. В чем заключается отличие измерительного преобразователя от измерительного прибора?

2. Приведите структурную схему измерительного преобразователя для измерения давления, имеющего унифицированный выходной электрический сигнал.

3. Почему вторичный прибор следящего уравнивания обеспечивает более высокую точность, чем прибор непосредственной оценки?

4. С какими первичными преобразователями работает дифференциально-трансформаторный вторичный прибор?

РАЗДЕЛ 3. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

Классификация методов и приборов измерения температуры.

Термометры расширения. Манометрические термометры.

Термоэлектрические преобразователи температуры, принцип действия, стандартные градуировки, погрешности. Методы и средства измерения термо-ЭДС, нормирующие преобразователи, основные технические характеристики.

Термопреобразователи сопротивления, стандартные градуировки. Измерительные цепи с термопреобразователями, нормирующие преобразователи, основные технические характеристики.

Метрологическое обеспечение СИ температуры.

Самостоятельная работа студентов – 2,0 ч:

– работа по теме с литературой – [11,13], лекционным материалом.

Вопросы для самопроверки

1. На какую глубину необходимо погружать в контролируруемую среду стеклянные технические и лабораторные термометры расширения?
2. С какими вторичными приборами работают термометры сопротивления?
3. Назовите основные достоинства и недостатки полупроводниковых термометров сопротивления.
4. Какие градуировки имеют платиновые термометры сопротивления?
5. Какие погрешности свойственны манометрическим термометрам?

РАЗДЕЛ 4. ИЗМЕРЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ И УРОВНЯ

Классификация методов и СИ давления, принцип действия и их основные характеристики. Основные сведения о выборе, установке и защите манометрических приборов от агрессивных сред.

Классификация методов и СИ уровня, принцип действия и характеристики уровнемеров. Дополнительные устройства. Особенности измерения уровня сыпучих сред.

Самостоятельная работа студентов – 2,0 ч:

– работа по теме с литературой – [11,13], лекционным материалом.

Вопросы для самопроверки

1. Как влияет взаимное расположение манометра и места отбора импульса на показания прибора, используемого для измерения давления жидкости или газа?
2. Можно ли трубчатый манометр подключать непосредственно к трубопроводу с молоком?
3. Положение поплавка поплавкового и буйкового уровнемера изменяется с изменением уровня контролируемой среды. В чем состоит различие в принципе действия этих приборов?
4. Какие уровнемеры можно использовать для контроля уровня сыпучих сред?
5. В чем заключается отличие между емкостным сигнализатором уровня и емкостным индикатором уровня?

РАЗДЕЛ 5. ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА И КОЛИЧЕСТВА ВЕЩЕСТВ

Классификация методов и СИ расхода и количества веществ. Основные требования к приборам измерения расхода.

Расходомеры переменного перепада давления. Расчет статической характеристики сужающих устройств, оценка погрешности. Специальные сужающие устройства.

Расходомеры переменного перепада давления. Расходомеры обтекания. Классификация, характеристики.

Электромагнитные расходомеры. Крыльчато-тахометрические расходомеры. Счетчики жидкостей и газов.

Измерители расхода и количества сыпучих материалов. Классификация и условные обозначения весового оборудования. Технологические весы, дозирующие устройства. Измерение расхода многофазных и пульсирующих потоков.

Самостоятельная работа студентов – 2,0 ч:

– работа по теме с литературой – [11,13], лекционным материалом.

Вопросы для самопроверки

1. Каким условиям должна удовлетворять контролируемая среда для того, чтобы показания расходомера переменного перепада давления не искажались?

2. Какие требования к электропроводности жидкости предъявляет электромагнитный расходомер?

3. В каких случаях применяют специальные сужающие устройства?

4. Какие счетчики могут быть использованы для измерения количества газа?

5. Объясните принцип действия объемных дозаторов для жидких продуктов.

РАЗДЕЛ 6. ИЗМЕРЕНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

Особенности анализа состава жидкостей в пищевой промышленности. Приборы для измерения жирности молока, содержания белка в молоке. Комбинированные приборы для одновременного анализа содержания жира, СОМО и лактозы в молочных продуктах.

Методы определения плотности. Принцип действия и характеристики плотномеров.

Методы определения вязкости. Классификация, принцип действия и характеристики вискозиметров.

Классификация методов газового анализа. Оптические методы. Газоанализаторы. Принцип действия, устройство, основные характеристики и области применения.

Хроматографические и сорбционные методы и приборы. Характеристики, области применения.

Электрохимические методы и приборы анализа состава газов. Характеристики и области применения.

Электрохимические методы анализа. Физико-химические основы методов. Кондуктометрический метод. Измерительные схемы контактных и бесконтактных кондуктометров, их характеристики и области применения. Электродная система и измерительные схемы рН-метров. Оптические методы анализа, классификация, физические основы

Самостоятельная работа студентов – 2,0 ч:

– работа по теме с литературой – [11,13], лекционным материалом.

Вопросы для самопроверки

1. Почему «мокрый» термометр психрометрического влагомера показывает более низкую температуру, чем «сухой»?
2. Приведите структурную схему хроматографа.
3. Область применения газоанализаторов инфракрасного поглощения.
4. На каком физическом свойстве кислорода основан принцип действия термомагнитного анализатора?
5. Что представляет собой полярограф?
6. Перечислите методы измерения концентрации пыли в воздухе производственных помещений.
7. Перечислите основные операции при контроле концентрации вредных веществ.
8. Какими параметрами оценивается качество воды сточных вод?
9. В чем заключается отличие в методах отбора проб воздуха, содержащего твердые и жидкие аэрозоли и газообразные и парообразные примеси?

РАЗДЕЛ 7. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ

Структура и типовые функции автоматизированных систем контроля (АСК). Построение АСК из стандартных средств измерений.

Использование вычислительной техники в АСК. Логическая структура систем. Методическое, техническое, программное, метрологическое и информационное обеспечение АСК.

Распределенные системы контроля технологических процессов. Структуры, функции.

Самостоятельная работа студентов – 2,0 ч:

– работа по теме с литературой – [11,13], лекционным материалом.

Вопросы для самопроверки

1. Приведите структурную схему АСК для контроля какого-либо параметра технологического процесса.
2. Что понимается под техническим и метрологическим обеспечением АСК?
3. Какие методы передачи информации Вы знаете?
4. Каким образом может быть представлена информация оператору в АСК?

ПОДГОТОВКА И ЗАЩИТА РЕФЕРАТА

Объем реферата – не менее 15 стр. Обязательно использование не менее 7 отечественных и не менее 3 иностранных источников, опубликованных за последние 10 лет.

Обязательно использование электронных баз данных (указаны в разделе «Список литературы»). Процедура защиты реферата: выступление с устной презентацией результатов с последующим групповым обсуждением.

По представлении реферата, устной презентации на семинаре за работу студента начисляются баллы в зависимости от следующих критериев:

- соответствие содержания заявленной теме, отсутствие в тексте отступлений от темы;
- логичность и последовательность в изложении материала;
- способность к работе с литературными источниками, Интернет-ресурсами, справочной и энциклопедической литературой;
- владение иностранными языками, использование иностранных источников;
- способность к анализу и обобщению информационного материала, степень полноты обзора состояния вопроса;
- наличие авторской аннотации к реферату;
- правильность оформления (соответствие стандарту, структурная упорядоченность, ссылки, цитаты, таблицы и т.д.);
- соблюдение объема, шрифтов, интервалов (соответствие оформления правилам компьютерного набора текста);
- владение материалом, правильность ответов на заданные вопросы, способность к изложению собственных мыслей.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Каждая работа начинается с рассмотрения ее цели и теоретической части изучаемой темы. Затем дается перечень необходимого оборудования, приборов, материалов, приводятся задания и порядок выполнения лабораторной работы, краткое ее содержание, методы исследования и требования к оформлению. Список рекомендуемой литературы приведен в конце методических указаний.

К работам в лаборатории студентов допускают после их ознакомления с правилами безопасности (с общими – в начале семестра и с частными – перед каждым занятием).

Допуск к выполнению лабораторной работы происходит при условии положительной оценки ответов студентов на устные вопросы, охватывающие тему лабораторной работы. Полнота ответов студентов оценивается в баллах.

Студенты, не подготовившиеся к занятию, к выполнению задания не допускаются. Отчет по лабораторной работе представляется в рукописном или печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по лабораторной работе (приложение). Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Студент получает максимальное количество баллов при оформлении отчета в соответствии с требованиями и правильных ответах на заданные вопросы.

Основанием для снижения количества баллов является:

- небрежное выполнение отчета;
- низкое качество графического материала (отсутствие указания единиц измерения на графиках и т.д.).

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае отсутствия в нем:

- необходимых разделов;
- необходимого графического материала;
- выводов по результатам работы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИСПЫТАНИЕ МАНОМЕТРИЧЕСКОГО ТЕРМОМЕТРА

Цель работы:

1. Изучить принцип действия, устройство и область применения манометрических термометров.
2. Получить навыки по их применению.

Программа работы:

1. Изучить принцип действия, устройство, технические характеристики и область применения манометрических термометров.
2. Произвести испытания манометрического термометра. Определить погрешность прибора и его тепловую инерционность.
3. Составить отчет.

Указания к выполнению лабораторной работы № 1

Ознакомление с устройством и принципом действия манометрических манометров.

Действие манометрических термометров основано на использовании зависимости давления жидкости, газов или паров, помещенных в вакуумный объем, от температуры. [8].

На рисунке 1.1 показана схема манометрического термометра. Манометрический термометр состоит из: термобаллона 1; манометрической пружины 2; соединительной капиллярной трубки 3 и измерительного устройства 4. Термобаллон, капилляр и упругий чувствительный элемент (пружина) образуют замкнутый объем, наполненный заполнителем (газом, жидкость или паром). Эта система называется манометрической термосистемой. В качестве заполнителя в газовых манометрических термосистемах используется инертный газ (азот, гелий), в жидкостных – жидкость (ртуть, ксилол или метиловый спирт), в паровых (конденсационных) – легкоиспаряющаяся при низких температурах жидкость (хлористый метил, хлористый этил и др.).

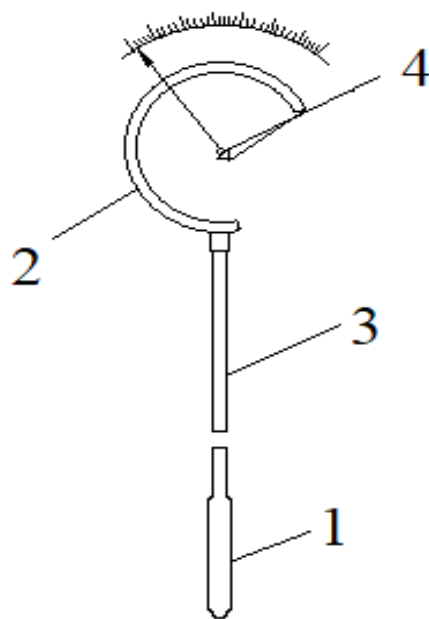


Рис.1.1. Схема манометрического термометра

Для исключения погрешности, вызванной колебанием барометрического давления, и повышения чувствительности измерительного механизма система наполняется заполнителем (термометрическим веществом) под давлением. Для газовых термометров с диапазоном измерения 0-100°С начальное давление $P_n = 38 \text{ кгс/см}^2$ (3,8 Мпа), а с диапазоном измерения 0-600°С $P_n = 15 \text{ кгс/см}^2$ (1,5 Мпа).

В зависимости от типа заполнителя термосистемы манометрические термометры подразделяются на газовые, жидкостные, паровые термометры.

Согласно ГОСТу 16920-93 «Термометры и преобразователи температуры манометрические. Общие технические требования и методы испытаний» область измерений температуры в зависимости от типа заполнителя термосистемы находится в пределах. [6],:

- у газовых термосистем от -200° до +800°С;
- у жидкостных – от -150° до +400°С;
- у конденсационных – от -50° до +300°С

Термобаллоны изготавливают из стали или латуни. Рабочая длина (длина погружаемой части) термобаллонов принята:

- для газовых термометров – 160 до 2000 мм;
- для жидкостных – от 80 до 400 мм;
- для конденсационных – от 10 до 1000 мм.

Дистанционный капилляр (соединительная трубка) манометрической термосистемы выполняется из стали или меди и имеет внутренний диаметр соответственно – 0,2 и 0,36 мм. Для защиты от механических повреждений снаружи капилляр защищен гибких стальным шлангом. Длина капилляра у газовых манометрических термосистем находится в пределах от 0,6 до 60 м, у жидкостный от 0,6 до 10 м, у конденсационных от 0,6 до 25 м.

Чувствительные элементы манометрических термосистем могут быть выполнены в виде одновитковых и многovitковых (плоских и геликоидальных) пружин.

Класс точности у газовых и жидкостных манометрических приборов может быть 0,4, 0,5, 0,6, 1, 1,5, 2, 5

Важным показателем манометрических термометров является показатель их термической инерционности. Под показателем термической (тепловой) инерционности понимают время, необходимое для перехода от одного установившегося значения температуры (соответствующего началу шкалы прибора) к другому установившемуся значению температуры (соответствующему верхнему предельному значению шкалы прибора). Показатели тепловой инерционности приборов приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Показатели тепловой инерционности приборов

Заполнитель термосистемы	Показатели тепловой инерционности, с			
	Среда, окружающая термобаллон			
	воздух или газ		вода или жидкость с близким к ней коэф. теплопередачи	
	спокойная	движущаяся со скоростью 7 м/с	спокойная	движущаяся со скоростью 7 м/с
Газ	500	60	15	3
Жидкость	800	120	30	6
Конденсат	800	120	30	6

Такой термометр обеспечивает высокую точность измерения ($\pm 1 - 2\%$) от диапазона измерения. В качестве наполнителя термобаллона используют эфир, хлористый этил, ртуть. Достоинством является простота конструкции. Недостатки связаны с длиной капиллярной трубки и инерционностью системы, а также отсутствие дистанционного показания.

Факторы, вызывающие погрешность измерений

Для манометрических термометров характерны три вида погрешностей: барометрическая, гидростатическая и температурная.

Барометрическая погрешность связана с нестабильностью барометрического давления. Для ее снижения газовые и жидкостные термометры заполняются при высоком начальном давлении, а конденсационные термометры – рабочей жидкостью с высокой упругостью насыщенных паров для начальной точки шкалы.

Гидростатическая погрешность связана с высотой столба рабочей жидкости в системе, определяемой разным уровнем установок термобаллона и манометрического чувствительного элемента и присуща жидкостным и конденсационным термометрам. Поправка к показаниям термометра может быть определена по формуле:

$$\Delta p = 1 \cdot 10^{-3} \cdot Z \cdot \gamma,$$

где Δp – давление (в Н/м²) столба жидкости высотой Z (м) с удельным весом γ (Н/м³).

Температурная погрешность связана с разницей между температурой окружающей среды, в которой находятся капилляр и манометрическая пружина при измерениях, и температурой окружающей среды, при которой производилась тарировка прибора. Особенно существенна эта ошибка у жидкостных и газовых термометров и незначительна – у конденсационных. Для снижения температурной погрешности применяют полную компенсацию для жидкостных и частичную – для газовых термометров.

Сравнительная характеристика манометрических термометров

Преимуществом газовых манометрических термометров является:

– равномерность шкалы прибора, так как функциональная зависимость $p = f(t)$ линейна,

$$p_t = p_0 [1 + \beta (t - t_0)],$$

где β – термический коэффициент давления, равный для инертных газов $3,38 \cdot 10^{-8}$ на 1°С;

p_t – давление газов при измеряемой температуре t ;

p_0 – давление газа при начальной температуре t_0 ;

– сравнительно большая длина соединительного капилляра (до 60 м);

– возможность установки датчика в любом положении и на различных уровнях с измерительным прибором (отсутствие гидростатического давления).

К недостаткам относятся:

- большие размеры термобаллона;
- значительная тепловая инерционность измерительной термосистемы.

Жидкостные термометры имеют также равномерную шкалу, но обладают большей термической инерционностью (примерно в 2 раза более, чем у газовых термометров) и меньшую длину капилляра (до 10 м).

Конденсационные термометры имеют малую инерционность, но неравномерную шкалу, а в остальном имеют те же характеристики, что и жидкостные манометрические термометры. [11].

Состав отчета

В отчете должны быть приведены:

- краткое описание одного из манометрических термометров;
- данные испытуемого прибора (пределы измерения прибора, заводской номер прибора, класс его точности);
- схема прибора;
- расчет определения его термической инерционности;
- результаты определения погрешности прибора;
- оценка пригодности прибора для эксплуатации.

Контрольные вопросы

1. Принцип действия манометрических термометров.
2. Устройство манометрической термосистемы.
3. Факторы, влияющие на погрешность измерения.
4. Сравнительная характеристика манометрических термометров.
5. Что понимают под понятием термическая инерционности прибора.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ, СЛУЖАЩИХ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ С ПОМОЩЬЮ ТЕРМОМЕТРОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Цель работы:

1. Изучить принцип действия, устройство и область применения термометров сопротивления;
2. Получить навыки по их применению.

Программа работы:

1. Изучить принцип действия, устройство, технические характеристики и область применения термометров сопротивления;
2. Определить абсолютной погрешности показаний прибора;
3. Составить отчет.

Указания к выполнению лабораторной работы № 2

Ознакомление с устройством и принципом действия термометров сопротивления

Испытание электрических измерительных приборов

Приборы, служащие для контроля автоматического регулирования температуры с помощью термометров сопротивления, состоят из первичного преобразователя (датчика), преобразующего изменение контролируемого параметра, температуры – в изменение электрического параметра – сопротивления; и вторичного преобразователя, служащего для усиления сигнала, поступающего с датчика, и согласования его с выходными сигналами измерительного прибора, сигнализирующего устройства или формирователя закона регулирования; источника питания и соединительных приборов. [8,11].

В качестве первичного преобразователя используют термометры сопротивления (медные, платиновые, никелевые) или термопары. Для термометров сопротивления характерно изменение их сопротивления при изменении температуры $R = f(T)$, причем в большом диапазоне температур

эта зависимость нелинейная, а для малых диапазонов ее можно считать линейной

$$R_t = R_0(1 + \delta t),$$

где δ - температурный коэффициент сопротивления;

R_0 - значение сопротивления датчика при 0°C .

Термопреобразователи подключаются к измерительному прибору по двух и трехпроводной схеме.

При такой схеме измерения термопреобразователь подключается к измерительному прибору двумя проводниками, имеющими соответственно $R_{л1}$ и $R_{л2}$. Условия баланса мостовой схемы будет, когда $R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_t$, так $R_{л1}$ и $R_{л2}$ соединены последовательно с R_t , то $R_1 \cdot R_3 = R_2(R_t + R_{л1} + R_{л2})$, где R_t - сопротивление термопреобразователя в точке измерения технологического параметра и $R_{л1}$ и $R_{л2}$ - это погрешность измерения как сопротивление подводящих проводников зависит от температуры. Схема подключения датчика к измерительному прибору показана на рисунке 2.1.

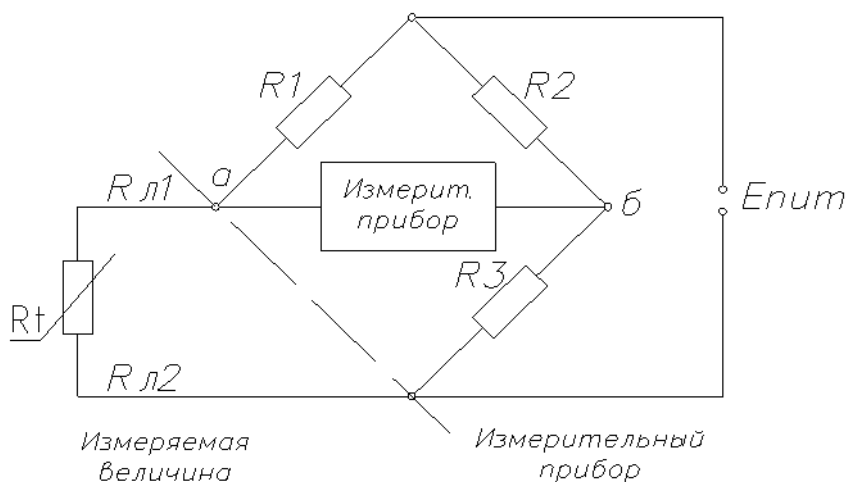


Рис. 2.1. Схема подключения датчика к измерительному прибору

Ознакомление с принципом действия и устройством металлических термометров сопротивления

Принцип действия электрических термометров сопротивления основан на изменении величины электрического сопротивления металлических проводников или полупроводников при изменении температуры их нагрева. Они позволяют осуществлять дистанционный и централизованным контроль температуры во многих точках, что очень важно при автоматизации производственных процессов пищевых производств.

Для изготовления металлических термометров сопротивления используются чистые металлы, в основном – платина и медь, реже – никель и вольфрам.

Кривые изменения сопротивления металлов от температуры представлены на рис. 2.2. Наибольшее применение нашли платиновые термометры сопротивления – ТСП и медные термометры сопротивления – ТСМ.

Платиновые термометры сопротивления могут применяться для измерения температуры в пределах от -200 до +650 °С; медные – в пределах от -50 до +180 °С.

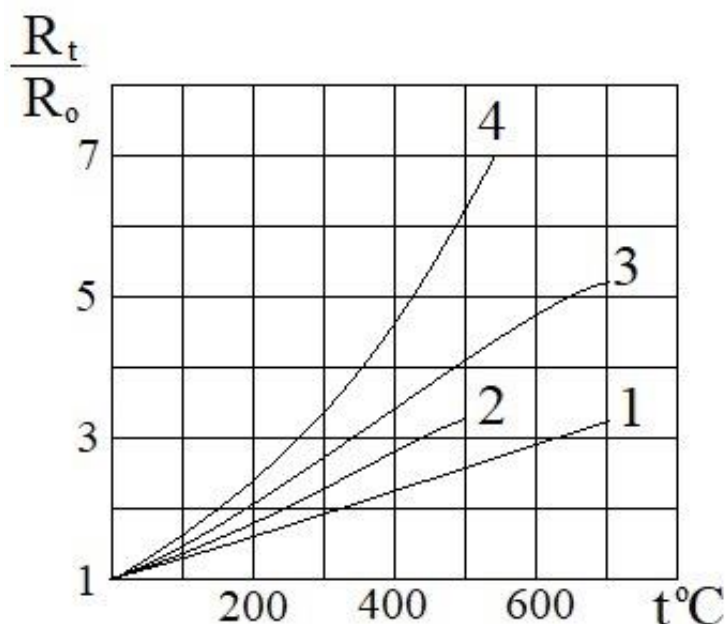


Рис.2.2. Кривые изменения сопротивления металлов от температуры

Аналитическая зависимость величины активного сопротивления платинового термометра от температуры его нагрева имеет вид:

- в диапазоне температур от 0 до +650 °С

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2), \quad (2.1)$$

где $A = 3,97 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$;

$$B = 5,847 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2};$$

R_0 – сопротивление платинового датчика при 0 °С;

- в диапазоне температур от -200 до 0 °С

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2 + Ct^3(t-100)], \quad (2.2)$$

где $C = -4,22 \cdot 10^{-12} \text{ } ^\circ\text{C}^{-3}$;

Коэффициенты A и B – постоянные коэффициенты для данного сорта платины, значение которых определяют градуировкой при температурах плавления льда (0°С), кипения воды (100°С) и кипения серы (444,6°С). Коэффициент C может быть определен дополнительной градуировкой при температуре кипения водорода, равной – 182,97°С.

– для меди в диапазоне температур от -30 до +180 °С

$$R_t = R_0(1 + \alpha t), \quad (2.3)$$

где $\alpha = 4,26 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$;

R_t и R_0 – сопротивление датчика соответственно при температуре t °С и $t = 0$ °С.

Согласно ГОСТу 6651-2009 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний» [9], термометры сопротивления характеризуются следующими техническими характеристиками [7]:

1. Максимальный измерительный ток

Измерительный ток должен быть таким, чтобы самонагрев ТС не приводил к выходу ТС за пределы допуска. Повышение сопротивления ТС, обусловленное самонагревом, не должно превышать 20% допуска. В цепях постоянного тока для ТС номинальным сопротивлением 100 Ом рекомендуется использовать ток 1 мА или менее.

2. Схемы соединения внутренних проводов

Схемы соединения внутренних проводов должны соответствовать показанным в ГОСТе рисункам.

3. Электрическое сопротивление изоляции термопреобразователей сопротивления

Значение электрического сопротивления изоляции ТС при различных температурах должно быть не менее значений, указанных в таблице ГОСТа.

4. Классом допуска датчика

Различают четыре класса допуска - АА, А, В, С.

5. Термоэлектрический эффект

Термоэлектродвижущая сила (ТЭДС) на выводах ТС при максимальной температуре диапазона измерений и максимальном измерительном токе не должна приводить к выходу ТС из класса допуска при двух направлениях тока в измерительной цепи ТС.

6 Устойчивость термопреобразователей сопротивления к изменению температуры

После 10 циклов изменения температуры ТС от верхнего до нижнего предела рабочего диапазона сопротивление при 0°C должно оставаться в пределах допуска соответствующего класса.

7. Гистерезис

Значения сопротивления ТС, измеренные в одной и той же температурной точке, соответствующей рабочего диапазона в условиях нагрева и охлаждения ТС от верхнего до нижнего предела рабочего диапазона, должны оставаться в пределах допуска соответствующего класса.

8. Время термической реакции

Требования к времени термической реакции должны быть установлены техническими документами на ТС конкретных типов. Для нормирования времени термической реакции необходимо указать параметры среды (как правило, вода и воздух), задать процент полного изменения показаний ТС (рекомендуется 10%, 50%, 63,2% или 90%) и указать скорость потока (рекомендуется от 0,1 до 1 м/с в воде, более 3 м/с на воздухе).

9. Электрическая прочность изоляции ТС должна без повреждений выдерживать в течение 1 мин синусоидальное переменное напряжение 250 В частотой 50 Гц.

10. Герметичность и прочность защитного корпуса

Защитный корпус термометра сопротивления должен выдерживать испытание на герметичность и прочность пробным давлением, значение которого следует выбирать в соответствии с требованиями ГОСТ 356.

На корпус ТС или на прикрепленную к нему бирку должна быть нанесена маркировка, включающая в себя следующие данные:

- модификацию ТС по номенклатуре изготовителя;
- число ЧЭ (при наличии двух или более ЧЭ) и условное обозначение НСХ;
- класс допуска;
- схему соединения проводов;
- рабочий диапазон температур.

Для ТС, подлежащих поверке, указывают также серийный номер. [9],

Пример:

ТСПТ 101/2x100 П/В/3/-196... +200, где ТСПТ 101 - модификация ТС; 2 - два ЧЭ; 100 П - обозначение НСХ (100 Ом, платиновый ТС с 0,00391 °С); В - класс допуска; 3 - трехпроводная схема; -196... +200 - рабочий диапазон температур, °С [7].

Состав отчета

В отчете должны быть приведены:

- данные испытуемого прибора (тип термометра сопротивления, пределы измерения прибора, заводской номер прибора, класс его точности);
- электрическая схема прибора и включенных в его внешнюю цепь сопротивлений;
- результат определения абсолютной погрешности показаний прибора;
- оценка пригодности прибора для эксплуатации.

Контрольные вопросы

1. Принцип действия термометра сопротивления.
2. Устройство термометров сопротивления типа ТСП и ТСМ. Аналитические выражения зависимости $R=f(t)$ для ТСП и ТСМ.
3. Технические параметры, характеризующие термометр сопротивления.
4. Порядок подготовки прибора к работе (компенсация сопротивления линий, связывающих датчик с прибором, проверка величины измерительного тока, протекающего через преобразователь, проверка прибора и оценка пригодности его к эксплуатации).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

НАСТРОЙКА И ПОВЕРКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ “САПФИР-22”

Цель работы:

1. Изучить принцип действия, устройство и правила поверки и перенастройки измерительного преобразователя “Сапфир-22”.
2. Получить навыки по их применению.

Программа работы:

3. Изучить принцип действия, устройство, технические характеристики и область применения измерительного преобразователя “Сапфир-22”.
4. Произвести опробование преобразователя.
5. Составить отчет.

Цель работы: изучить устройство, принцип действия, правила поверки и перенастройки измерительного преобразователя “Сапфир-22”.

Технические характеристики и краткое описание преобразователя

Преобразователи типа “Сапфир-22” (в настоящее время выпускаются под маркой “Метран”) используются в системах автоматики для непрерывного преобразования измеряемого разряжения, избыточного, абсолютного, гидростатического давления, а также разности давлений нейтральных и агрессивных сред в унифицированные пропорциональные электрические сигналы постоянного тока 0-5 мА, 0-20 мА, 4-20 мА. [10]

В настоящее время выпускается 21 модель преобразователя, обеспечивая очень широкий диапазон возможных значений измеряемого давления. В данной работе рассматривается преобразователь для измерения избыточного давления “Сапфир-22ДИ”.

Преобразователи избыточного давления выпускаются десяти моделей и позволяют измерять давление в пределах от 250 Па до 100 МПа. Каждая модель преобразователя имеет регулировку диапазона измерений, и прибор может быть настроен на любой из верхних пределов измерений, свойственных для данной модели. Нижний предел измерения может быть равен нулю, но при необходимости имеется возможность перенастроить преобразователь на смещенный диапазон измерений с установкой начального предельного значения выходного сигнала («нуля») в пределах до избыточного давления $0,84 P_{\max}$.

В данной работе исследуется преобразователь избыточного давления модели 2150. Ниже приведены основные технические характеристики этой модели.

Верхние пределы измерения преобразователя составляют 0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5 Мпа.

Предел допускаемой основной погрешности исследуемого преобразователя $\Delta d = 0,25 \%$ от нормирующего значения. За нормирующее значение преобразователей “ДИ” принимается верхний предел измерения входного давления. После перенастройки преобразователя на любой верхний предел измерений, предусмотренный для данной модели, основная погрешность измерения и вариация выходного сигнала не превышают значений, соответствующих избранному пределу.

Вариация выходного сигнала преобразователя не превышает абсолютного значения предела измерения допускаемой основной погрешности Δd .

Зона нечувствительности преобразователя не превышает 0,05 % от диапазона измерений.

Кроме этого, для преобразователя нормируются дополнительные погрешности, связанные с измерением температуры окружающей среды и нагрузочного сопротивления преобразователя:

- изменение значения выходного сигнала преобразователя, вызванное изменением нагрузочного сопротивления от 200 до 2500 Ом, не превышает 0,25% диапазона изменения выходного сигнала;

- изменение значения выходного сигнала преобразователя, вызванное изменением температуры окружающей среды в рабочем диапазоне температур, выраженное в процентах от диапазона изменения выходного сигнала на каждые 10 °С не превышает значений, определяемых формулой

$$\gamma_t = 0,7 \cdot \gamma + 0,3 \cdot \gamma \frac{P_{\max}}{P_t},$$

где $\gamma = 0,25 \%$;

P_{\max} – максимальный верхний предел измерений для данной модели преобразователя;

P_i – действительное значение верхнего предела измерений. [10]

Преобразователь «Сапфир-22ДИ» выполнен в виде единой конструкции, содержащей измерительный блок и электронное устройство (унифицированное для всех моделей). [1,2] Измеряемое давление подается в камеру измерительного блока и линейно преобразуется в деформацию чувствительного элемента и изменение электрического сопротивления тензорезисторов тензопреобразователя, размещенного в измерительном

блоке. Электронное устройство преобразует это изменение сопротивления в унифицированный выходной сигнал.

Чувствительным элементом тензопреобразователя является пластина из монокристаллического сапфира с кремниевыми пленочными тензорезисторами, прочно соединенными с металлической мембраной тензопреобразователя. На рисунке 1 представлена схема измерительного преобразователя модели 2150. Мембранный тензопреобразователь 3 размещен внутри основания 9. Внутренняя полость тензопреобразователя заполнена кремнийорганической жидкостью и отделена от измеряемой среды металлической гофрированной мембраной 6, приваренной по наружному контуру к основанию 9. Полость 10 сообщается с окружающей атмосферой. Измеряемое давление подается в камеру фланца 5, который уплотнен прокладкой 8.

Измеряемое давление воздействует на разделительную мембрану 6 и вызывает ее прогиб. Давление через жидкость передается на мембрану тензопреобразователя, вызывая ее деформацию и изменение сопротивления тензорезисторов. Электрический сигнал от тензопреобразователя передается из измерительного блока 1 по проводам через гермовывод 2.

Электронное устройство смонтировано на трех платах, размещенных внутри специального корпуса, закрытого двумя крышками. Под крышками находятся органы настройки диапазона преобразователя, показанные на рисунке 2. Корректоры 1 и 2 служат для плавной настройки соответственно диапазона измерения и «нуля» выходного сигнала. Перемычка 3 предназначена для ступенчатого смещения «нуля», перемычка 4 – для ступенчатого изменения настройки выходного сигнала, а перемычки 5 и 6 – для изменения направления смещения «нуля».

Питание прибора осуществляется постоянным током $36 \pm 0,72$ В. Нагрузочное сопротивление $R_{\text{н}} = 0,2 \div 2,5$ кОм. Потребляемая мощность преобразователя – не более 0,5 В А.[13,14]

Поверка преобразователя «Сапфир-22ДИ»

Поверка преобразователя должна производиться в соответствии с методическими указаниями завода-изготовителя МИ 333-83 [3].

Поверка включает в себя следующие операции:

1. Внешний осмотр.
2. Опробование.
3. Определение герметичности.

4. Определение основной погрешности и вариации выходного сигнала.

Внешний осмотр. При проведении внешнего осмотра имеет ли поверяемый преобразователь внешние повреждения, препятствующие его применению. [13,14]

Опробование. При проведении опробования проверяется работоспособность преобразователя и функционирование корректора нуля.

Работоспособность преобразователя проверяется путем изменения измеряемого давления от нижнего предельного значения до верхнего. При этом должно наблюдаться изменение выходного сигнала.

Функционирование корректора нуля проверяется при любом значении измеряемого давления. При повороте корректора нуля по часовой стрелке должно наблюдаться изменение выходного сигнала. Если затем корректор нуля повернуть против часовой стрелки, должно происходить изменение выходного сигнала в другую сторону.

Определение герметичности. Герметичность преобразователя проверяется при подаче в его измерительную камеру избыточного давления, равного верхнему пределу измерений. Прибор считается герметичным, если после перекрытия канала, подводящего давление, и трехминутной выдержки под этим давлением в течение последующих двух минут не наблюдается изменение выходного сигнала

Определение основной погрешности и вариации преобразователя.

Одним из предлагаемых в методических указаниях способов определения основной погрешности преобразователя является способ, при котором по образцовому прибору на входе преобразователя устанавливается нужное значение измеряемого параметра, а по другому образцовому прибору измеряют выходной сигнал преобразователя (в мА или в мВ). Схема включения образцового прибора (образцового манометра) при поверке представлена на рисунке 3.

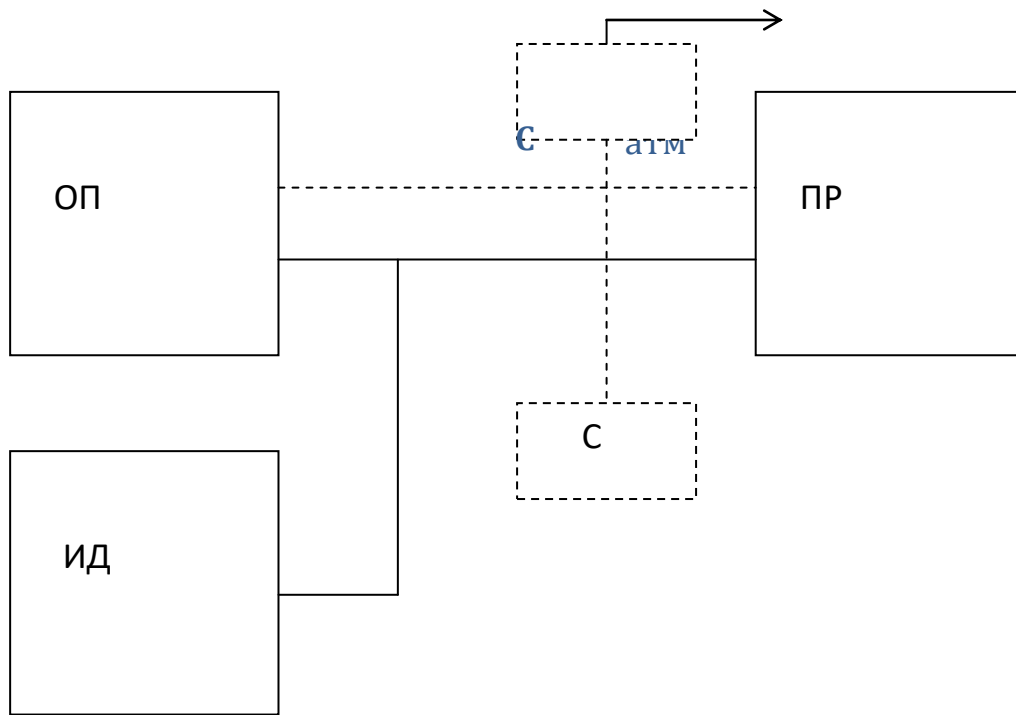


Рис. 3. Схема подключения образцового прибора:

ПР – поверяемый преобразователь, ОП – образцовый прибор,
ИД – источник давления, С – дополнительные емкости объемом от 1 до 50 л

Схемы включения приборов для измерения выходного сигнала преобразователя с пределами изменения выходного сигнала 0-5 мА приведены на рисунках 4 и 5. Различие этих схем заключается в том, что использование схемы (рис. 4) позволяет измерять выходной сигнал в мВ по падению напряжения на образцовом сопротивлении R2, а в схеме на рис.5 выходной параметр измеряется непосредственно в мА по показаниям миллиамперметра. [13,14]

При выборе образцового прибора для поверки должно быть соблюдено неравенство

$$\left(\frac{\Delta P}{P_{\max}} + \frac{\Delta I}{I_{\max}} \right) \cdot 100 \leq \frac{1}{4} \cdot \Delta_{\partial a} \quad (1)$$

или

$$\left(\frac{\Delta P}{P_{\max}} + \frac{\Delta U}{U_{\max}} + \frac{\Delta R}{R_{\text{об}}} \right) \cdot 100 \leq \frac{1}{4} \cdot \Delta_{\partial} \quad (2)$$

где ΔP , ΔI , ΔU , ΔR - пределы допустимых абсолютных значений погрешностей соответственно образцового манометра, миллиамперметра, милливольтметра и образцового сопротивления; P_{\max} , I_{\max} , $U_{\max} = I_{\max} \cdot R_{\text{об}}$, $R_{\text{об}}$ - значения давления, тока, напряжения и образцового сопротивления, соответствующие верхнему пределу контролируемого параметра.

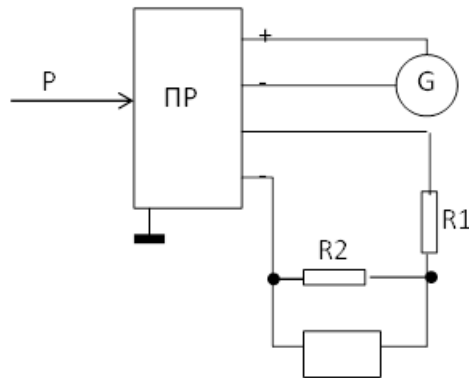


Рис. 4. Схема включения преобразователя при измерении выходного сигнала по падению напряжения на образцовом сопротивлении:
 ПР – преобразователь, G – источник питания постоянного тока, R1 – резистор, R2 – образцовый резистор, ИП – милливольтметр

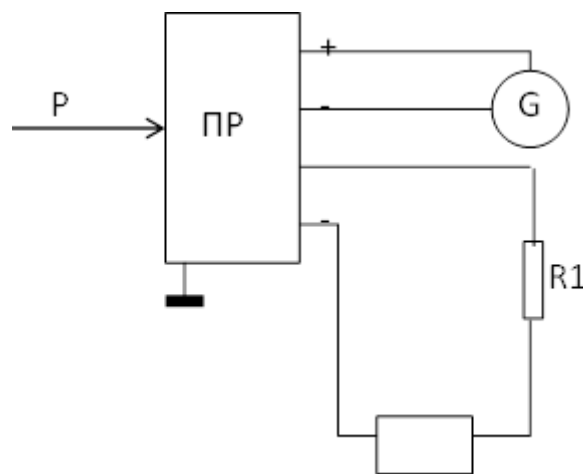


Рис.5. Схема включения преобразователя при измерении выходного сигнала в мА:
 ИП - миллиамперметр, остальное – то же, что и на рис.4.

Основная погрешность преобразователя находится сравнением действительного значения выходного сигнала с его расчетным значением. Расчетное значение выходного параметра для заданного значения измеряемого давления находится по следующей формуле:

$$I_p = \frac{P}{P_{\max}} \cdot I_{\max} , \quad (3)$$

где P – значение измеряемого давления.

Расчетное значение выходного сигнала, выраженное в напряжении постоянного тока, определяется по формуле:

$$U_p = I_p \cdot R_{об}.$$

Основная погрешность определяется не менее чем в пяти точках шкалы, достаточно равномерно распределенных по ней, в том числе в точках, соответствующих нижнему и верхнему предельным значениям выходного сигнала, при подходе к каждой точке как при подъеме давления, так при его понижении (т.е. при прямом и обратном ходе). Перед проверкой при обратном ходе преобразователь выдерживается в течение 5 мин под воздействием верхнего предельного значения измеряемого давления, соответствующего предельному значению сигнала. При вычислении основной погрешности пользуются формулой

$$\Delta_{\partial} = \frac{I - I_p}{I_{\max}} \cdot 100 \quad (4)$$

или

$$\Delta_{\partial} = \frac{U - U_p}{U_{\max}} \cdot 100 \quad , \quad (5)$$

где I , U – действительное значение выходного сигнала (среднее арифметическое действительных значений выходного сигнала при многократных измерениях) при измерении на выходе соответственно тока или падения напряжения на образцовом сопротивлении.

Вариация выходного сигнала определяется как разность между значениями выходного сигнала (при многократных измерениях между средними арифметическими значениями), соответствующими одному и тому же значению измеряемого давления, полученными при прямом и обратном ходе. Для вычисления вариации (в процентах от нормирующего значения) пользуются формулой

$$\Delta_{\varepsilon} = \left| \frac{I - I^{\circ}}{I_{\max}} \right| \cdot 100 \quad (6)$$

или

$$\Delta_{\varepsilon} = \left| \frac{U - U^{\circ}}{U_{\max}} \right| \cdot 100 \quad (7)$$

где I , I' , U , U' - действительные значения выходного сигнала (средние арифметические действительных значений выходного сигнала при многократных измерениях) на одной и той же точке при изменении на выходе тока или напряжения при прямом и обратном ходе соответственно. [14].

Настройка преобразователя

Перенастройка преобразователя на новый диапазон измерений или смещение «нуля» выходного сигнала производится с помощью элементов ступенчатой и плавной настройки – переключателей 3-6 и корректоров 1 и 2 (рисунок 2). Ориентировочные положения переключателей и соответствующие им значения диапазона измерения и смещения «нуля» выходного сигнала преобразователя приведены в таблице 1. [14].

Изменение положения переключателя 3, определяющей положение «нуля» выходного сигнала, приводит к параллельному смещению градуировочной характеристики преобразователя (рисунок 6, характеристики 2 и 3) относительно первоначального положения (рисунок 6, характеристика 1) при сохранении неизменным диапазона измерения прибора. Величина смещения (P_1 и P_2 на рисунке 6) зависит от номера положения переключателя и может колебаться от -10% до 90% от наибольшего диапазона измерения преобразователя.

Изменение положения переключателя 4, отвечающей за диапазон измерения преобразователя приводит к изменению наклона градуировочной характеристики прибора (рисунок 7, характеристики 2 и 3) относительно ее первоначального положения (рисунок 7, характеристика 1) при неизменном положении «нуля» выходного сигнала. Минимальный диапазон измерения составляет 16% от наибольшего диапазона измерения данной модели.

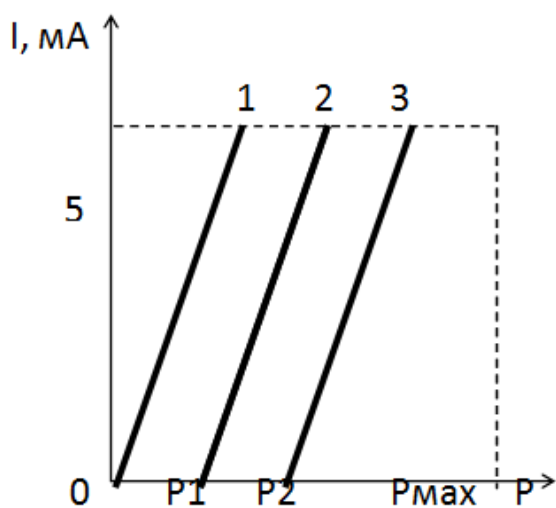


Рис.6. Настройка «нуля» выходного сигнала преобразователя

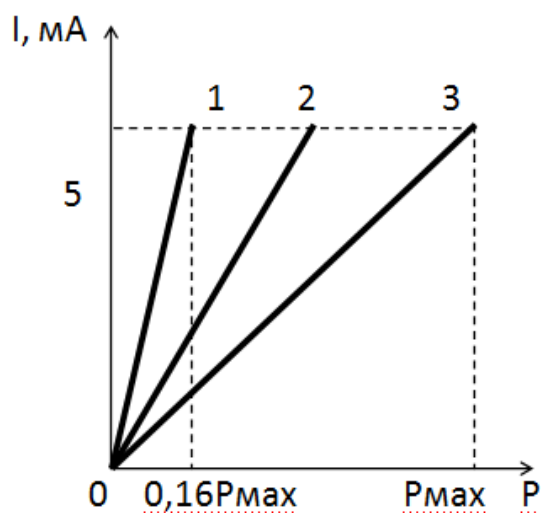


Рис.7. Настройка диапазона измерения преобразователя

Настройка преобразователя производится следующим образом.

1. Освободить доступ к корректору «нуля» (поз.2 рисунок 2) и корректору диапазона (поз.1 рисунок 2) [14].

2. Собрать одну из схем включения преобразователя, приведенных на рисунках 4 или 5.

3. Снять крышку и установить в соответствии с выбранными по табл.1 значениями диапазона измерений и смещения «нуля» положения переключателей 3-6 (рисунок 2).

4. Установить значение выходного сигнала преобразователя, соответствующее нижнему предельному значению измеряемого давления. Для этого необходимо подать в преобразователь давление, равное нижнему предельному значению, и установить с помощью корректора «нуля» 2 соответствующее ему значение выходного сигнала. Если корректор «нуля» не обеспечивает достижения заданного значения выходного сигнала, нужно поменять положение переключателя 3 на соответствующее соседнее, отключив на это время питание.

5. Настроить диапазон изменения выходного сигнала, для чего увеличить измеряемое давление до верхнего предельного значения и установить с помощью корректора диапазона 1 соответствующее ему предельное значение выходного сигнала преобразователя. Если корректор диапазона 1 не обеспечивает достижение заданного диапазона изменения выходного сигнала, поменять положение переключателя 5 на соответствующее соседнее, отключив на это время питание.

6. Уменьшить измеряемое давление до нижнего предельного значения и с помощью корректора «нуля» вновь установить заданное значение выходного сигнала, соответствующее этому давлению.

7. Выполнить операции по пп. 4-6 несколько раз, пока предельные значения выходного сигнала не будут установлены с требуемой точностью.

При нижнем и верхнем предельных значениях измеряемого параметра значения выходного сигнала должны быть равными соответствующим предельным значениям [14].

Например, при смещении положения «нуля» выходного сигнала на минус 10 % от P_{\max} и диапазоне измерения, равном 100 % от P_{\max} модели, переключатели 3 – 6 согласно таблице 1 должны находиться в положениях: переключатель 3 – положение 1, переключатель 4 – положение 6, переключатель 5 - положение АА и переключатель 6 – положение ВВ. При этом точкам $-10\% P_{\max}$ и $+90\% P_{\max}$ должны соответствовать значения выходного сигнала 0 и 5 мА. Первоначальная (1) и смещенная (2) характеристики преобразователя представлены на рисунке 8.

При смещении положения «нуля» выходного сигнала на $-10\% P_{\max}$ и диапазона измерения, равном $40\% P_{\max}$, переключки 3 – 6 должны быть установлены в положения: переключка 3 – положение 1, переключка 4 – положение 5 или 4, переключка 5 – положение АА, переключка 6 – положение ВВ. Точкам $-10\% P_{\max}$ и $30\% P_{\max}$ должны соответствовать значения выходного сигнала 0 и 5 мА (характеристика 3 на рисунке 8). [14].

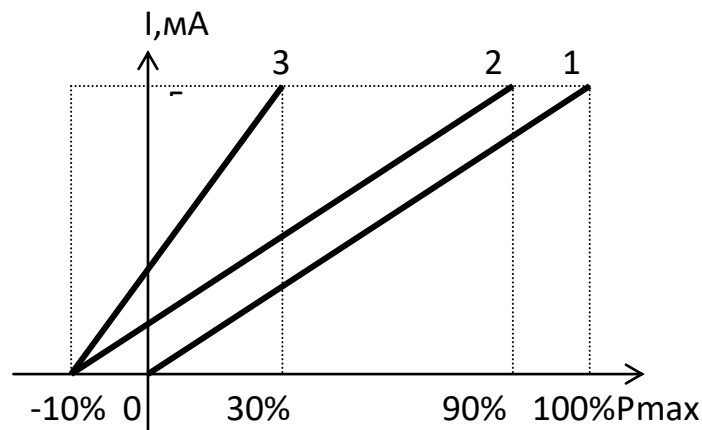


Рис.8. Градуировочные характеристики преобразователя

8. Поставить крышку на место.

9. Проверить основную погрешность преобразователя в соответствии с разделом. После перенастройки преобразователя на другой диапазон измерения с пределами, предусмотренными для данной модели, основная погрешность и вариация выходного сигнала не должны превышать значений, предусмотренных для соответствующих пределов измерения.

Составление отчета

1. Собрать поверочную схему.
2. Убедиться в правильности выбора образцовых средств измерения.
3. Произвести опробование преобразователя.
4. Установить предел измерения преобразователя по указанию преподавателя.
5. Найти фактическое значение основной погрешности измерения Δd и вариации Δv .
6. Оценить пригодность прибора к применению.

Контрольные вопросы

1. Какие технологические параметры могут быть измерены с помощью преобразователя «Сапфир-22»?
2. Как выглядит поверочная схема с использованием миллиамперметра и милливольтметра?
3. Какими основной и дополнительными погрешностями обладает преобразователь «Сапфир-22ДИ»?
4. Объясните правильность неравенства (1).
5. Каким образом можно произвести перенастройку преобразователя на новый диапазон измерения?
6. Каким образом можно произвести смещение «нуля» выходного сигнала преобразователя «Сапфир-22ДИ»?
7. Назначение корректоров нуля и диапазона измерения.

ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Вариант № 1

- 1.1 Приведите структурную схему локальной системы автоматического контроля и укажите функциональное назначение ее блоков.
- 1.2 Приведите структурную схему локальной системы автоматического регулирования и укажите функциональное назначение блоков. [2]
- 1.3 Назовите функции автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП).
- 1.4 Укажите входные и выходные параметры полупроводникового термометра сопротивления и приведите в прямоугольной системе координат характер этой зависимости.
- 1.5 Поясните принцип работы тензорезисторного первичного преобразователя давления.
- 1.6 Укажите входные и выходные параметры емкостного первичного преобразователя влажности и приведите в прямоугольной системе координат характер этой зависимости.
- 1.7 Поясните принцип работы электромагнитного (индукционного) расходомера.
Поясните назначение цифро-аналогового преобразователя (ЦАП).

1.8 Поясните понятие «стандартные градуировки термометров сопротивления» на примере имеющейся градуировки – «10М».

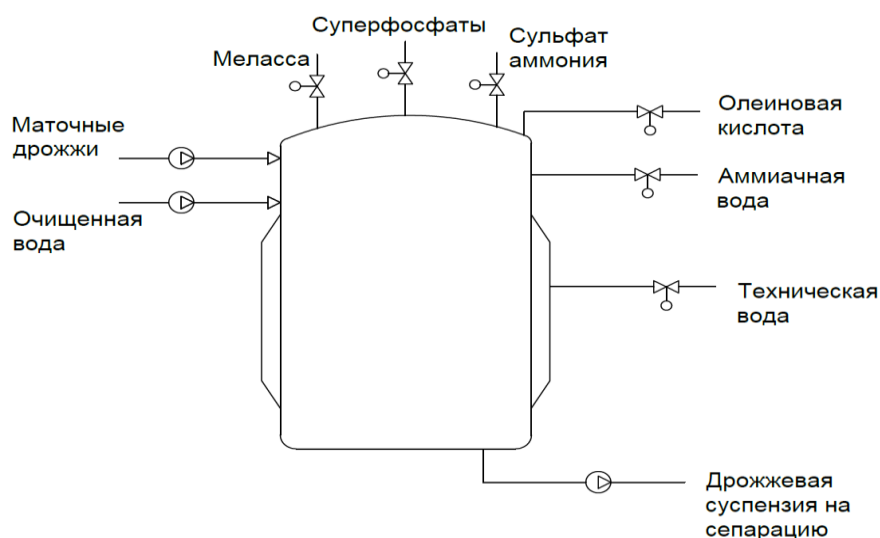
1.9 Поясните принцип работы вибрационного вискозиметра [2]

1.10 При каких условиях необходимо трехпроводное подключение термометра сопротивления к измерительному преобразователю (микроконтроллеру)?

1.11 Приведите вид внутреннего возмущающего воздействия, характерного для теплообменного аппарата.

1.12 Приведите наиболее определяющий выходной параметр (регулируемый параметр) для аппарата тепловой обработки молока.

1.13 На технологической схеме производства дрожжей расположите приборы, обеспечивающий местный контроль основных параметров технологического процесса.



Вариант № 2

2.1 Приведите структурную схему локальной системы автоматического контроля и укажите функциональное назначение ее блоков.

2.2 Назовите задачи автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП).

2.3 Приведите структуру АСУТП на базе локальных систем (работающей без программно-технического комплекса) с указанием назначения ее блоков [2]

2.4 Укажите входные и выходные параметры термоэлектрического первичного преобразователя температуры (термопары).

2.5 Опишите принципы потенциометрического метода измерения pH.

2.6 Укажите, наличие какого электрического параметра жидкости позволяет измерять ее расход электромагнитным (индукционным) расходомером.

2.7 Укажите входные и выходные параметры кондуктометрического первичного преобразователя влажности.

2.8 Поясните назначение аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

2.9 Поясните понятие «стандартные градуировки термометров сопротивления» на примере имеющейся градуировки – «10П».

2.10 Поясните принцип работы автоматической системы контроля наличия пламени.

2.11 При каких условиях необходимо трехпроводное подключение термометра сопротивления к измерительному преобразователю (микроконтроллеру)?

2.12 Укажите вид внутреннего возмущающего воздействия, характерного для технологического аппарата (оборудования) для измельчения овощей.

2.13 Укажите определяющий выходной параметр (регулируемый параметр) технологического процесса сушки [2].

2.14 Приведите пример внешних возмущающих воздействий на объект управления, например, теплообменный аппарат.

Вариант № 3

3.1 Приведите структурную схему локальной системы автоматического регулирования (САР) и укажите функциональное назначение ее основных функциональных блоков [2]

3.2 Назовите функции автоматизированной системы управления техническими процессами (АСУТП).

3.3 Укажите входные и выходные параметры термометра сопротивления медного (ТСМ) и приведите в прямоугольной системе координат характер этой зависимости.

3.4 Опишите (поясните) принцип работы конденсационного гигрометра точки росы.

3.5 Опишите принцип действия поляриметра.

3.6 Укажите входные и выходные параметры тензорезисторного первичного преобразователя давления.

3.7 Приведите структурную схему микропроцессорного программируемого контроллера с указанием назначения его блоков.

3.8 Поясните принцип работы вибрационного вискозиметра [2]

3.9 Поясните понятие «стандартные градуировки термометров сопротивления» на примере имеющейся градуировки – «50М».

3.10 Поясните понятие «стандартные градуировки термометров сопротивления» на примере имеющейся градуировки – «100П».

3.11 Приведите вид внутреннего возмущающего воздействия, характерного для технологического аппарата для измельчения мяса.

3.12 Приведите наиболее характерный выходной параметр (регулируемый параметр) в технологическом процессе измельчения мяса.

Вариант № 4

4.1 Укажите входные и выходные параметры термопары сопротивления платинового и приведите в прямоугольной системе координат характер этой зависимости [2]

4.2 Опишите (поясните) принцип работы психрометрического гигрометра.

4.3 Приведите рабочие вещества, которые применяются в термобаллонах манометрических первичных преобразователей температуры.

4.4 Опишите (поясните) принцип работы ротационного вискозиметра.

4.5 При каких условиях необходимо внесение поправки в измерительную схему вторичного преобразователя (микроконтроллера) на температуру холодного спада термопары (термоэлектрического первичного преобразователя)?

4.6 Поясните обозначение стандартной градуировки термометра сопротивления – «100М».

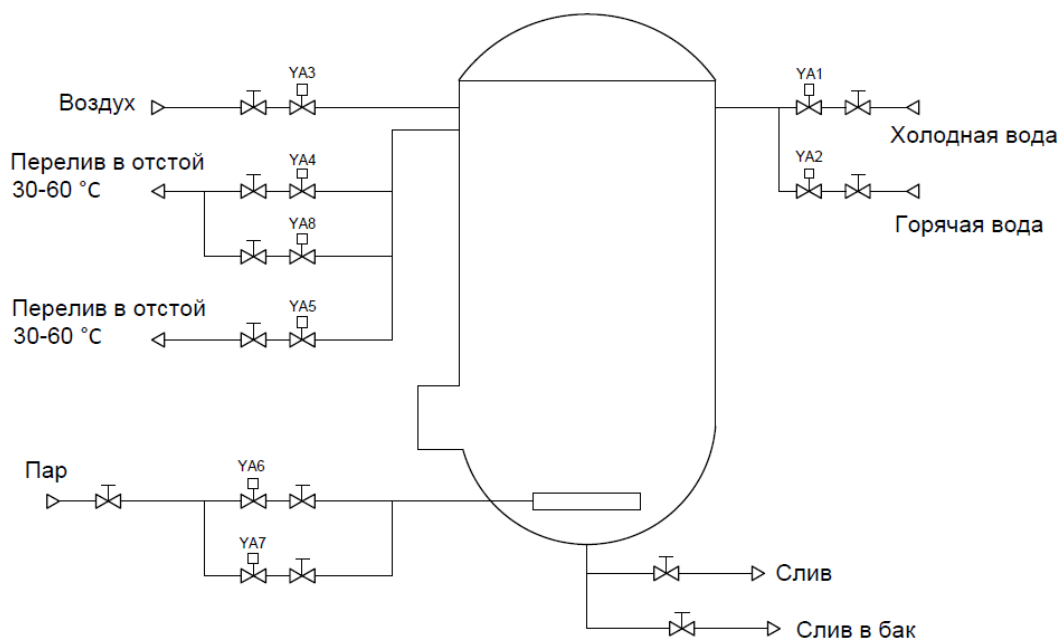
4.7 Поясните принцип работы биметаллического первичного преобразователя температуры.

4.8 Укажите вид внутреннего возмущающего воздействия, характерного при холодильной обработке смеси мороженого во фризере.

4.9 Укажите определяющий выходной параметр (регулируемый параметр) при холодильной обработке смеси мороженого во фризере [2]

4.10 При каких особенностях отдельных операций, формирующих технологический процесс, возможно применение программного автоматического управления?

4.11 На технологической схеме автоклава расположите приборы, обеспечивающий местный контроль основных параметров технологического процесса.



Вариант № 5

5.1 Укажите входные и выходные параметры манометрических первичных преобразователей температуры и приведите примеры рабочих веществ, применяющихся для заполнения термобаллонов ПП температуры.

5.2 Опишите принцип работы сорбционных первичных преобразователей влажности воздуха [2]

5.3 Укажите входные и выходные параметры емкостного первичного преобразователя влажности и приведите в прямоугольной системе координат характер этой зависимости.

5.4 Опишите принцип работы ультразвукового расходомера

5.5 При каких условиях необходимо трехпроводное подключение термометра сопротивления к измерительному преобразователю (микроконтроллеру)?

5.6 Приведите структурную схему микропроцессорного программируемого контроллера с указанием назначения его блоков.

5.7 Расскажите принцип работы исполнительных механизмов с электромагнитным приводом.

5.8 Поясните обозначение стандартной градуировки термометра сопротивления – «100П».

5.9 Поясните принцип работы автоматической системы контроля наличия пламени [2]

5.10 Поясните принцип работы вибрационного вискозиметра

5.11 Приведите вид внутреннего возмущающего воздействия, характерного для морозильной камеры (холодильного шкафа).

5.12 Приведите наиболее характерный выходной параметр (регулируемый параметр) в технологическом процессе тепловой обработки продукта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алешичев С.Е., Абугов М.Б., Балюбаш В.А., Стегаличев Ю.Г. Контроль и автоматизированное управление качеством продукции. Санкт-Петербург, ИТМО, 2014. – 48 с.
2. Балюбаш, В.А., Добряков, В.В. Назарова. Автоматизированные системы управления технологическими процессами [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие, НИУ ИТМО, 2012. — 28 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/43758>.
3. Благовещенская М.М., Злобин Л.А. Информационные технологии систем управления технологическими процессами. – М.; Высшая школа, 2005. – 708 с.
4. Болтон У. Справочник инженера-метролога. – М.; Издательский дом «Додэка» - XXI, 2002. – 383 с.
5. Брусиловский Л.П., Вайнберг А.Я. Приборы технологического контроля в молочной промышленности. – М. ВО «Агропромиздат» 1993. – 363 с.
6. ГОСТ 16920-93 «Термометры и преобразователи температуры манометрические. Общие технические требования и методы испытаний»
7. ГОСТ 6651-2009 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний».
8. Данин В.Б. [и др.]. Техника измерений холодильных установок и пищевых производств [Электронный ресурс] : учебное пособие / Электрон. издан. — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2015. — 197 с.
9. Неверова О.А. Пищевая биотехнология продуктов из сырья растительного происхождения [Текст]: Учебник для вузов /О.А. Неверова, А.Ю. Просеков, Г.А. Гореликова, В.М. Позняковский. – М: ИНФРА-М, 2014. – 318с.
10. Паспорт. Преобразователь измерительный Сапфир-22. Техническое описание и инструкция по эксплуатации 08919030 ТО.
11. Селевцов Л.И. – Автоматизация технологических процессов. – М., «Издательский центр «Академия», 2014. – 352 с.
12. Тартаковский Д. Ф., Ястребов А. С. Метрология, стандартизация и технические средства измерений. – М.; Высшая школа, 2002. – 198 с.
13. Усачев Ю.А., Замарашкина В.Н. Технологические измерения и приборы отрасли. Рабочая программа, методические указания и варианты

заданий на выполнение контрольных работ для студентов заочного факультета специальности 210200. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2000.

14. Усачев Ю.А., Замарашкина В.Н. Настройка и поверка измерительного преобразователя Сапфир-22. Методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов специальностей 210200, 270300, 270500, 270800, 270900, 271100. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2000.

Электронные библиотечные системы

1 Электронные ресурсы открытого доступа библиотеки Университета ИТМО: http://lib.ifmo.ru/free_res/Free_Electronic_Resources.htm

2. Электронный каталог ИХиБТ Университета ИТМО:
http://lib.ifmo.ru/cat_ihbt/cat_ihbt.htm

3. Научная электронная библиотека: <http://elibrary.ru>

4. Библиотека. Единое окно доступа к образовательным ресурсам:
<http://window.edu.ru>

5. Информационно-интерактивный портал «Российские электронные библиотеки»: <http://www.elbib.ru>

6. Электронная библиотека издательства «Лань»:
<http://e.lanbook.com/>

7. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: <http://docs.cntd.ru/gost>

Форма отчета по лабораторной работе
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

Учебная группа _____

Ф.И.О. студента _____

« _____ » _____ Г.

О Т Ч Е Т
по лабораторной работе

(наименование работы)

Перечень используемого оборудования и приборов

Задание

Полученные результаты

Выводы

Работу выполнил.

Работу принял

« _____ » _____ Г. « _____ » _____ Г.

(подпись) (подпись)

Таблица

Ориентировочные положения переключателей и соответствующие им значения диапазона измерения и смещения «нуля» выходного сигнала преобразователя

Значение смещения «нуля» выходного сигнала, в % от наибольшего диапазона измерения модели	Положение переключателя 3 (рис.2)	Положение переключателя 4 (рис.2)					Положение переключателей 5 и 6 (рис.2) для преобразователей с возрастающей характеристикой выходного сигнала
		Значение требуемого диапазона измерений, в % от наибольшего диапазона измерения модели					
		100	63	40	25	16	
От минус 10 до плюс 7	1	6	6 или 5	5 или 4	4 или 3	3 или 2	АА и ВВ
От плюс 7 до плюс 24	2	6	6 или 5	5 или 4	4 или 3	3 или 2	
От плюс 24 до плюс 41	3	-	6 или 5	5 или 4	4 или 3	3 или 2	
От плюс 41 до плюс 58	4	-	-	5 или 4	4 или 3	3 или 2	
От плюс 58 до плюс 75	5	-	-	-	4 или 3	3 или 2	
От плюс 75 до плюс 90	6	-	-	-	-	3 или 2	
От минус 10 до минус 27	2	6	6 или 5	5 или 4	4 или 3	3 или 2	АВ и АВ
От минус 27 до минус 44	3	6	6 или 5	5 или 4	4 или 3	3 или 2	
От минус 44 до минус 61	4	6	6 или 5	5 или 4	4 или 3	3 или 2	
От минус 61 до минус 78	5	6	6 или 5	5 или 4	4 или 3	3 или 2	
От минус 78 до минус 100	6	6	6 или 5	5 или 4	4 или 3	3 или 2	

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ

Назарова Виктория Владимировна
Демченко Вера Артемовна
Надточий Людмила Анатольевна
Замарашкина Вероника Николаевна

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Подписано к печати

Заказ №

Тираж

Отпечатано на ризографе