

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра автоматизации технологических процессов
и производств

ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И ПРИБОРЫ. ЧАСТЬ 1.

*Методические указания к лабораторным работам для студен-
тов направления подготовки 15.03.04*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2023

УДК 004.5;

ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И ПРИБОРЫ. ЧАСТЬ 1. Методические указания к лабораторным работам для студентов / *А.А. Кульчицкий, С.А. Мартынов*. Санкт-Петербургский горный университет. СПб, 2023. 43 с.

Изложен порядок выполнения лабораторных работ для студентов по дисциплине «Технические измерения и приборы». Рассмотрены принцип работы и особенности приборов измерения температуры и давления. Методические указания к лабораторным работам для студентов направления подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

Ил. 20. Библиогр.: 5 назв.

Научный редактор декан факультета переработки минерального сырья Горного университета П.А. Петров

Рецензент: к.т.н., В.В. Булатов, доцент кафедры электромеханики и робототехники Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения

© Санкт-Петербургский горный университет, 2023 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Работа 1. Изучение принципа работы датчиков давления	7
Работа 2. Изучения работы преобразователей температуры	28
Библиографический список.....	44

Введение

Для проведения лабораторных работ используется стенды для изучения приборов измерения давления и температуры. Лабораторные занятия проводятся в специализированной аудитории кафедры автоматизации технологических процессов и производств.

Лабораторные занятия дают возможность:

- закрепить на практике теоретические сведения по средствам измерения давления и температуры;
- подробно ознакомиться с устройством и характеристиками наиболее распространенных средств измерения давления и температуры;
- овладеть практическими навыками настройки оптических средств контроля давления и температуры;
- получить практические навыки оценки метрологических характеристики датчиков давления и температуры;
- освоить технику проведения экспериментального исследования промышленных средств измерения давления и температуры;
- выработать умение рассуждать о рабочих свойствах и степени пригодности исследованных датчиков для решения производственных задач.

Перед тем как приступить к выполнению заданий, студент должен пройти инструктаж у преподавателя. На лабораторных занятиях студенту, во избежание порчи дорогостоящих приборов, следует строго руководствоваться прилагаемыми методическими указаниями. К работе в лабораториях допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности, после соответствующей отметки в специальном журнале.

При выполнении лабораторных работ все требования инструкции по безопасности должны выполняться неукоснительно:

1. Перед началом каждой лабораторной работы необходимо проверить исправность изоляции;
2. Для питания распределительных блоков и датчиков используйте напряжение $U_{п}=24\text{ В}$;
3. Для электрических соединений используйте кабели со штекерами безопасности;

4. Если при прикосновении к какой-либо части оборудования ощущается напряжение, то необходимо прекратить работу, выключить ток и вызвать преподавателя;

5. Если до или в ходе работы обнаружена неисправность оборудования, следует прекратить работу, отключить напряжение и сообщить преподавателю или инженеру о неполадках в работе. Устранять неполадки собственными силами запрещается. Запрещается оставлять включенные электрические схемы без надзора;

6. Перед началом работы следует распределить между членами группы обязанности с таким расчетом, чтобы обеспечить соблюдение правил техники безопасности;

7. Запрещается переносить приборы с одного места на другое.

8. Запрещается трогать оборудование, не используемое в данной работе.

Порядок проведения лабораторных занятий

1. Студент должен ознакомиться с описанием соответствующей лабораторной работы и установить, в чем состоит основная цель и задачи работы.

2. Внимательно изучить теоретические положения по выполняемому заданию. Помимо сведений, приводящихся в методических указаниях, необходимо освоить теоретическую часть, относящуюся к выполняемой лабораторной работе, опираясь на лекционный курс и литературные источники.

3. Снять показания и занести их в рабочую тетрадь. В случае обнаружения неполадок в работе установок необходимо обращаться к преподавателю.

4. Произвести обработку результатов, построить необходимые графики зависимостей и написать выводы по проведенной работе.

Результаты выполнения лабораторных работ обучающиеся представляют в виде отчетов.

Отчеты выполняются на листах бумаги размера А4 (верхнее и нижнее поле 2, левое 2,5, правое 1,5) Нумерация со второй страницы в правом нижнем углу. Стил ь текста: шрифт набора Times New Roman; размер шрифта – 14 кегль, межстрочный ин-

тервал 1,5. На титульном листе указывается наименование предмета, специальность, шифр, фамилия, имя и отчество студента.

Отчет по проведению работы сдается индивидуально каждым студентом в сроки, указанные преподавателем. Результаты защиты (зачет или незачет) проставляются преподавателем в журнале учета выполнения лабораторных работ. Отчет по защищаемой работе не возвращается.

РАБОТА 1. ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПА РАБОТЫ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ

Цель работы: изучения принципа действия приборов измерения давления.

Основные теоретические сведения

Для проведения лабораторных работ используется стенд для изучения приборов измерения давления.

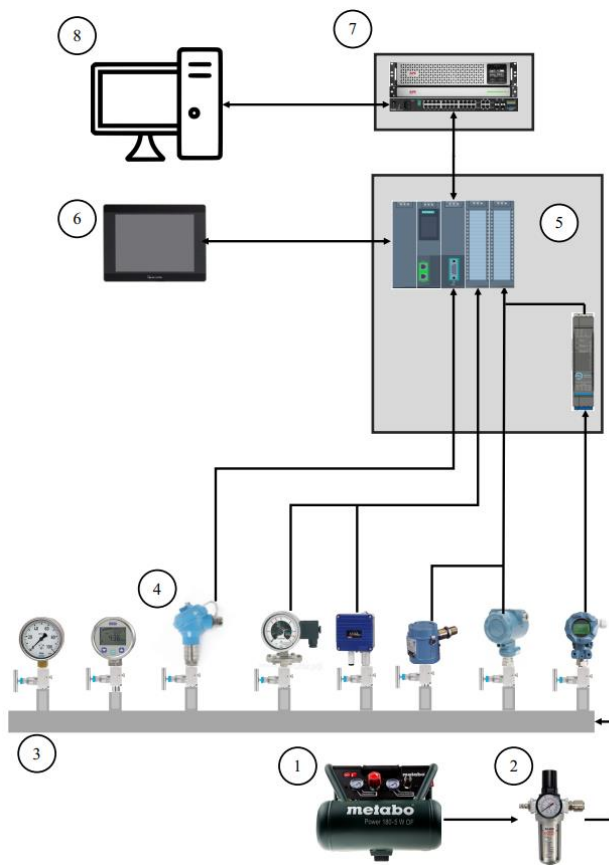


Рис. 1. Структурная схема стенда для изучения средств измерения давления

Учебный стенд для изучения измерения давления (рис. 1) состоит из:

1. Компрессора;
2. Газового редуктора;
3. Коллектора;
4. Преобразователей давления;
5. Распределённой системы управления (программируемый логический контроллер);
6. Панель оператора;
7. Источника бесперебойного питания и коммутатора;
8. Системы обработки данных.

На учебном стенде измерения давления осуществляется изучение:

- приборов для измерения давления – реле давления (электроконтактный манометр), манометров и преобразователей давления;
- особенностей общепромышленного и взрывозащищённого исполнения приборов: взрывонепроницаемая оболочка (Exd), искробезопасная цепь (Exi) и барьеров искрозащиты;
- особенностей измерения давления агрессивных сред и (или) загрязнённых сред, включающих в себя абразивы, сред склонных к налипанию, кристаллизации или загустеванию;
- особенностей измерения давления пульсирующих сред и методы борьбы с пульсацией;
- особенностей измерения давления среды с высокой температурой (более 250°C);
- организации передачи данных с преобразователей давления промышленным протоколом ModBus RTU на программируемый логический контроллер;
- особенности схем подключения с «активным» и «пассивным» датчиками;
- изучение особенностей обеспечения работы контрольно-измерительных приборов в условиях крайнего севера (температуры ниже -50°C);
- обработки сигналов на программируемом логическом контроллере и его конфигурации;

- передачи данных по протоколу Modbus RTU на HMI (панель оператора), конфигурирование HMI;
- настройки нескольких уровней доступа к панели оператора.

Рассмотрим основные компоненты стенда для изучения средств измерения давления.

Датчик давления Метран 55 в комплекте с мембранным разделителем и петлевой прямой трубкой

Датчики давления Метран-55 предназначены для работы в различных отраслях промышленности, системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами и обеспечивают непрерывное преобразование измеряемых величин - давления избыточного, абсолютного, давления-разрежения, гидростатического давления в выходной сигнал.

Таблица 1

Технические характеристики

Тип измеряемого давления	избыточное
Верхний предел измерения, МПа:	1,0 МПа
Вид климатического исполнения по ГОСТ 15150	У1, предельные значения температур окружающего воздуха, минус 40...70 °С
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности	±, %: 0,5 %
Выходной сигнал	4-20 мА
Кабельный ввод	сальниковый ввод для кабеля с наружным диаметром не более 10 мм
Разделитель сред	BW-3M11-A1A0, штуцерный, резьба M20x1,5(H)/M20x1,5(B)
Петлевая трубка	Прямая, внутренняя M20×1,5 — наружная M20×1,5

Датчики давления Метран-55 (рис. 2) предназначены для работы в различных отраслях промышленности, системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами и обеспечивают непрерывное преобразование измеряемых величин - давления избыточного, абсолютного, давления-разрежения, гидростатического давления в выходной сигнал.



Рис. 2. Разделительная мембрана, петлевая трубка и датчик давления метран-55

Петлевые трубки предназначены для защиты измерительных приборов от пульсации измеряемой среды и перегрева. Отборные устройства давления (петлевые трубки) предназначены для охлаждения измеряемой среды, поступающей в рабочие полости манометров, а также для их присоединения к технологическим сетям с измеряемой средой с условным рабочим давлением среды до 25 МПа и максимальной температурой до 300 °С. Отборные устройства давления могут иметь как прямое, так и угловое исполнение в зависимости от места монтажа манометра.

Разделитель сред штуцерный сварной BW-3M11-A1A0 предназначен для защиты прибора измерения давления (манометра, датчика или реле давления) от воздействия негативных факторов рабочей среды: высокой вязкости, коррозионной активности, высокой температуры, пульсаций давления и т.д. В зависимости от типа присоединения к процессу делятся на штуцерные, фланцевые, тубусные, встроенные, пищевые и другие типы.

Конструктивные особенности: Конструкция разделителя — сварная с внутренним расположением металлической мембраны. Благодаря сварной конструкции хорошо подходит для измерения давления высокотемпературных сред. Данное изделие заполняется жидкостью с помощью вакуумного оборудования.

Датчик давления Метран 150 TGR

Датчики давления серии Метран 150 (рис. 3) предназначены для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности, в том числе в пищевой. Обеспечивают непрерывное преобразование измеряемых величин - давления избыточного, абсолютного, давления-разрежения, разности давлений, гидростатического давления нейтральных и агрессивных сред в унифицированный токовый выходной сигнал и цифровой сигнал на базе HART-протокола.

Таблица 2

Технические характеристики

Диапазон измерений:	(-101,3) кПа...5,515 МПа
Технологическое соединение	1/2" NPT, внутренняя резьба
Материал разделительной мембраны, материал деталей, контактирующих с рабочей средой	нержавеющая сталь 316L SST
Заполняющая жидкость	кремнийорганическая
Выходной сигнал	4-20мА/HART
Для специального применения	сертификация взрывобезопасности
Сборка с одной разделительной мембраной	Rosemount 1199
Кабельный ввод	с резьбой M20x1,5, материал кабельного ввода - никелированная латунь, тип кабеля - небронированный кабель диаметром 6,1-13 мм, "Взрывонепроницаемая оболочка"
Предел допускаемой основной погрешности	±0,2%
Индикатор	ЖК-дисплей



Рис. 3. Датчик давления Метран 150 TGR

Датчик Давления Метран 150 TAR

Датчики давления серии Метран 150 (рис. 4) предназначены для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности, в том числе в пищевой. Обеспечивают непрерывное преобразование измеряемых величин - давления избыточного, абсолютного, давления-разрежения, разности давлений, гидростатического давления нейтральных и агрессивных сред в унифицированный токовый выходной сигнал и цифровой сигнал на базе HART-протокола.

Таблица 3

Технические характеристики

Тип измеряемого давления	абсолютное
Диапазоны измерений давления	от 0 до 5,515 МПа
Технологическое соединение	M20x1,5 внешняя по ГОСТ 25164 исп.1
Материал мембраны	Нержавеющая сталь 316
Заполняющая жидкость	Кремнийорганическая
Выходной сигнал	4-20 мА с цифровым сигналом на базе протокола HART
Исполнение по взрывозащите	1ExdIICT6, 1ExdIICT5 и 0ExiaIICT4
Предел допускаемой основной погрешности	$\pm 0,075\%$

Манометр деформационный с трубчатой пружиной PGS23.100 с электроконтактом 821.2

Манометр 233.50.100 — измеритель избыточного давления. Веществами пригодными для измерения служат — жидкости и газы. Существует ряд немаловажных требований к среде измерения — не содержать взвеси и дисперсные частицы, не кристаллизоваться. При соблюдении данных параметров гарантируется долговечное и надежное использование манометра давления.

Отличается от модели 232.50.100 наличием заполнения полости прибора. На выбор две демпфирующих жидкости — глицерин и силиконовое масло.

Принцип работы и классификация. 233.50.100 Wika относится к манометрам гидравлическим, с повышенной защитой от вибраций и динамических нагрузок. Тип — аналоговый (стрелочный) коррозионностойкий. Подходит для агрессивных сред — аммиак, хлор, щелочи, кислоты разной концентрации. Работа манометра давления основана на принципе уравнивания двух сил — давление измеряемой среды и растяжения пружины. Изобретателем столь простой и надежной системы является Бурдон. В честь ученого назван главный измерительный элемент манометра — трубчатая пружина (трубка Бурдона).

Манометр гидравлический 233.50.100 (рис. 5) общеприменим в химическом, нефтяном оборудовании. Часто эксплуатируется в гидравлических установках и системах с повышенными динамическими нагрузками с жесткими требованиями к материалам изделия.



Рис. 5. Манометр тип 233.50.100 с мембранным разделителем сред

Конструкция представляет собой круглый корпус с выходящим монтажным элементом — штуцером. Корпус изготавливается из нержавеющей стали. Номинальный диаметр 100 мм. В полости контрольно-измерительного прибора располагается передаточный механизм и трубка Бурдона, изготовленные из нержавеющей стали. Внутренние механизмы закрыты циферблатом из сплава алюминия. Указательная стрелка — алюминиевая, черного цвета. На циферблат нанесены символы черного цвета, указывающие на давление. Штуцер из нержавеющей стали служит для монтажа на производственном участке, благодаря наружному резьбовому соединению G1/2. Циферблат закрывает безопасное многослойное стекло (SF — safety glass).

Штуцерный выход может располагаться:

- снизу (радиальный);
- сзади со смещением вниз (эксцентричный штуцер).

Погрешность прибора (класс точности) составляет 1,0% по всему диапазону измерения.

Для корректного снятия показаний давления, температура среды замера не должна превышать +60 С.

Температурные режимы. Согласно нормативной документации, температура окружения должна располагаться в границах от -20 до +60 С.

Таблица 4

Технические характеристики

Тип измеряемого давления	избыточное
Верхний предел измерения	10 Бар
Класс точности	1,0
Диаметр корпуса	100 мм
Материал механизма	нержавеющая сталь
Подключение к процессу	радиальное, с мембранным разделителем 990.22 (DN1 1/2, "Tri-Clamp")
Гидрозаполнение	глицерин

Манометр электроконтактный Wika тип PGS23.100

Модель PGS23.1x0 switch GAUGE (рис. 6) применяется в случаях, когда необходимо одновременно считывать показания давления по месту его измерения и выполнять функцию замыкания и размыкания электрических цепей.

Применение

- Контроль и управление промышленными процессами;
- Управление промышленными установками и переключение электрических цепей;
- Для газообразных и жидких, в том числе агрессивных, сред с низкой вязкостью, не кристаллизующихся, включая применение в агрессивной окружающей среде;
- Технологические процессы: химическая отрасль промышленности, нефтехимия, энергетика, горнодобывающая отрасль промышленности, наземная / морская нефтедобыча, сооружение промышленных объектов.

Особенности:

- Высокая точность переключений и долговечность;
- До 4 электроконтактов на один прибор;
- Возможно исполнение с гидрозаполнением корпуса для работы в условиях значительных вибраций;
- Приборы с сертифицированными (ATEX) индуктивными контактами для использования во взрывоопасных зонах;
- Приборы с электронными контактами для применения с контроллерами;
- Возможно исполнение повышенной безопасности S3.



Рис. 6. Электромонтажный манометр PGS23.100

Переключающие контакты (датчики предельных значений) замыкают или размыкают электрическую цепь управления при достижении стрелкой прибора значения уставки. Значения уставок можно настроить во всем диапазоне шкалы (см. DIN 16085), сами устройства замыкания/размыкания расположены под циферблатом, над циферблатом находятся только их указатели. Стрелка текущего значения давления свободно перемещается по всему диапазону шкалы, независимо от установки электроконтактов.

Стрелка электроконтакта регулируется с помощью съемного регулировочного ключа, закрепленного на соединительной коробке, через стекло прибора.

Для нескольких электроконтактов возможна установка на одно и то же значение. Срабатывание контактов происходит, когда при понижении или повышении давления стрелка прибора проходит через значение уставки.

В качестве электроконтактов возможны контакты с магнитным поджатием, герконовые, индуктивные для взрывоопасных зон или же электронные контакты для управления контроллерами.

Присоединение радиальное вниз, резьба G1/2.

Погрешность у манометра с классом точности 1,0, шкала которого рассчитана на 10 бар имеет абсолютную погрешность $\pm 10 \text{ бар } 1\% / 100\% = \pm 0,1 \text{ бар}$.

Прибор аналоговый, служит для непрерывных измерений избыточного давления.

Модель PGS23.100 предназначен для эксплуатации в промышленных установках. Он работает с газообразными и жидкими рабочими средами низкой вязкости и не подверженными кристаллизации. Предусмотрена возможность применения в агрессивной среде.

Таблица 5

Технические характеристики

Тип измеряемого давления	избыточное
Верхний предел измерения	10 Бар
Класс точности	1,0
Резьба подключения	G 1/2
Диаметр корпуса	100 мм
Материал механизма	нержавеющая сталь
Подключение к процессу	радиальное
В комплекте	Электрический переключающий контакт (один замыкающий контакт)

Электрические переключающие контакты: модель 821, контакт с магнитным поджатием. Переключающие контакты (электрические контакты цепи сигнализации) замыкают или размыкают электрическую цепь управления при достижении указательной стрелкой прибора значения уставки. Переключающие контакты регулируются в полном измерительном диапазоне (см. DIN 16085) и монтируются в основном за циферблатом (иногда в верхней части). Указательная стрелка прибора (стрелка текущего значения) свободно перемещается во всем диапазоне шкалы независимо от настройки. Манометры (и круглые, и монтируемые на панель квадратные) снабжены регулировочным ключом в центре смотрового стекла. Контакты манометров в панельном исполнении подстраиваются на фронтальной рамке отверткой. Несколько контактов одного прибора могут также быть настроены на одно значение уставки. Срабатывание контактов происходит, когда стрелка прибора проходит через значение уставки при повышении или понижении давления.

Цифровой датчик давления ZET 7012-1-VER.3

Датчик давления ZET 7012-1-VER.3 (рис. 7) в штуцерном исполнении при подключении к магистральной линии монтируются в любом положении, удобном для монтажа, для крепления используется манометрическая резьба M20x1,5 мм.

Датчик цифровой, но существует дополнительная возможность передавать измеренные значения по аналоговому интерфейсу.



Рис. 7. Датчик ZET 7012-1-VER.3

Датчики давления состоят из первичного преобразователя и встроенного измерительного модуля. Первичный преобразователь осуществляет преобразование физической величины давления в аналоговый сигнал, далее в измерительном модуле происходит оцифровка аналогового сигнала и уже на выходе датчика давления выдаются значения давления в цифровом виде по интерфейсу передачи данных RS-485 или CAN 2.0.

Датчики давления применяются в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности:

- нефтяная и газовая промышленность;
- металлургическая промышленность;
- энергетическая промышленность;
- строительная промышленность;
- химическая промышленность;
- пищевая промышленность и др.

Таблица 6

Технические характеристики

Тип измеряемого давления:	избыточное давление.
Верхний предел диапазона измерения	1 МПа
Единицы измерения	мм рт ст, МПа, кПа, Па, кгс/см ² , бар, атм, psi.
Рабочая среда эксплуатации	Жидкости и газы неагрессивные к титановому сплаву и нержавеющей сталям
Погрешность измерения	0,1 %.
Скорость обмена	19200 бит/с
Частота обновления данных	1 Гц
Интерфейс передачи данных	RS-485
Протокол обмена	Modbus RTU
Аналоговый интерфейс	Токовый сигнал: 4-20 мА
Сопrotивление нагрузки	от 0 до 250 Ом
Питание устройства	от 9 до 24 В
Мощность потребления	0,5 Вт
Диапазон рабочих температур	от -40 до +80 °C

Преобразователь давления измерительный WIKA CPG500

Преобразователь давления измерительный CPC500 (рис. 8) предназначен для измерения и непрерывного преобразования избыточного или абсолютного давления газообразных и жидких сред.

Принцип действия преобразователя основан на упругой деформации чувствительного элемента. Измеряемое давление вызывает деформацию чувствительного элемента, что приводит к изменению электрических параметров встроенной электронной микропроцессорной схемы, находящейся в контакте с чувствительным элементом. Изменение электрических параметров преобразуется в выходной сигнал, пропорциональный давлению.



Рис. 8. Прибор WIKA CPG500

Преобразователи используются для измерения давления не агрессивных жидкостей и сухих не агрессивных газов, в испытательных стендах и установках, а также при поверке, калибровке и испытаниях различных средств измерения давления.

Таблица 7

Технические характеристики

Измеряемая физическая величина:	абсолютное давление
Диапазон измерения	-1..+16 бар (-0.1..+1,6 МПа)
Погрешность измерения	0,25%
Резьба подключения	G1/4
Дисплей	4 1/2 знака
Доп. функции	подсветка и обнуление
Отображение в единицах давления	бар, psi(фунт силы /кв дюйм), МПа, кПа, кг/см ²
Питание	С двумя батарейками эл питания АА
Степень пылевлагозащиты	IP 67

Преобразователь имеет встроенное программное обеспечение. Встроенное ПО обеспечивает сбор и обработку измерительной информации, а также хранение и отображение результатов измерений. В числе функций встроенного ПО преобразователя реализованы: сохранение в памяти максимальных и минимальных измеренных значений, визуализация на дисплее процесса изменения давления, а также функция автоматического выключения в целях энергосбережения.

Диапазон измерений отрицательного и положительного избыточного давления: -1 – 16 бар. Пределы допускаемой основной приведенной погрешности: 0,25% диапазона изменений. СРG500 позволяет проводить быстрые измерения в процессах, с частотой до 100 измерений в секунду. Резьба – G 1/4.

Электронное реле давления WIKA модели PSD-30

Электронное реле давления с цифровым дисплеем WIKA PSD-30 (рис. 9) предназначено для измерения и непрерывного преобразования избыточного или абсолютного давления жидких или газообразных сред в унифицированный электрический выходной сигнал постоянного тока или напряжения постоянного тока.

Таблица 8

Технические характеристики

Выходной сигнал	два переключающих выхода (PNP) (M)
Единицы измерения	бар (B)
Диапазон измерений	0...10 бар
Присоединение к процессу	G 1/2 В (GD)
Электрическое подключение	Круглый разъем M12x1 4-контактный (M4)
Назначение клемм (распиновка)	UB=1, 0V=3, SP1=4, SP2=2 (S1)
Напряжение питания	15...30 В DC ®
Диапазон рабочих температур (среда)	-20...+85°C (2H)
Погрешность измерения	1,0% от диапазона (D)
Степень пылевлагозащиты	IP 67

В реле предусмотрены две независимые точки срабатывания с нормально замкнутыми или нормально разомкнутыми контактами. Оно предназначено для измерения избыточного (от 0 до 600 бар), абсолютного (от 0 до 25 бар) и мановакуумметрического (от -1 до 24 бар) давления. Также поддерживаются диапазоны вакуума.



Рис. 9. Электронное реле давления PSD-30

Принцип действия преобразователей основан на упругой деформации чувствительного элемента (мембраны). Измеряемое давление вызывает прогиб мембраны преобразователя, что приводит к изменению электрического сопротивления первичного преобразователя, находящегося в контакте с мембраной. Электронный модуль усиливает и преобразует изменение сопротивления первичного преобразователя в унифицированный аналоговый

выходной сигнал. Данный сигнал может быть обработан вторичной аппаратурой.

Преобразователи состоят из чувствительного элемента и электронного модуля, размещенных в корпусе из нержавеющей стали, разъема для электрических подключений и устройства присоединения к процессу.

Все части, контактирующие со средой, давление которой измеряется, изготавливаются из нержавеющей стали.

Модификация PSD-30 имеет стандартный резьбовой штуцер для присоединения к месту измерений давления. Присоединения модификаций PSD-31 и PSA-31 выполнено в виде внешней мембраны, поэтому они могут применяться для измерений давления вязких сред, а также сред, скопление которых внутри стандартного резьбового штуцера недопустимо по условиям технологического процесса. Присоединение модификации PSD-4 может выполняться как в виде стандартного резьбового штуцера, так и в виде внешней мембраны.

Преобразователи имеют светодиодный дисплей для отображения значения измеряемого давления. Часть корпуса, на котором размещен дисплей, может поворачиваться на 300° для удобства индикации.

Внутреннее пространство корпуса залито компаундом, а корпуса выполнены в неразборном исполнении, таким образом, доступ к электронным компонентам полностью исключается.

Термочехол ТЕРМОТЕК для датчика МЕТРАН 150 TGR3



Рис. 10. Защитный термочехол

Термочехлы – быстросъемная термоизоляция многократного применения для приборов разнообразных форм и размеров,

нуждающихся в регулярном доступе и ремонте (рис. 10). Взрывозащищенные термочехлы специально разработаны для российских климатических условий.

Таблица 9

Технические характеристики	
Допустимая зона установки	В-1а, В-1г
Маркировка взрывозащиты	1Ex e d mb IIC «Т4...Т6» Gb X, 2Ex e d mc IIC «Т4...Т6» Gc X, II Gb «Т4...Т6» X
Пожаробезопасность	Г1
Степень пыле- влагозащиты	IP65
Антистатика	менее 109 Ом
Климатическое исполнение по ГОСТ 15150-69	УХЛ 1
Допустимый температурный режим эксплуатации	от -70°C до +60°C (спец. исполнение до 250°C)
Коэффициент теплопроводности	0,036 Вт/(м*К)
Срок службы	не менее 5 лет
Технические условия	ТУ 3468-002-30308592-2012
Напряжение питания электрообогрева	220 В, 50 Гц

Корректно работают в диапазоне температур от -70°C до +90°C. Универсальные в применении термочехлы имеют небольшой вес, обладают высокой степенью надежности.

Компрессор Metabo.

Компрессор представляет собой компактное воздуходувное оборудование (рис. 11). Высокая производительность, а также увеличенный объем ресивера позволяют обеспечить различные пневматические инструменты и устройства в течение продолжительного времени.

Таблица 10

Технические характеристики	
Производительность наполнения	120 л/мин
Макс. давление	10 бар
Номинальная потребляемая мощность	1.5 кВт
Макс. число оборотов	2850 /мин
Размер ресивера	10 л
Размеры	470 x 480 x 348 мм
Напряжение	220 В
Вид компрессора	поршневой



Рис. 11. Компрессор

Фильтр-регулятор давления FESTO

Фильтр-регулятор (рис. 12) предназначен для подготовки сжатого воздуха. Обеспечивает отделение твердых частиц, имеет хорошие регулировочные характеристики с минимальным гистерезисом, фильтр-регулятор этой серии выполнен с манометром и с ручным отводом конденсата. Настройка выполняется вращением поворотной рукоятки, фиксируется её блокировкой.

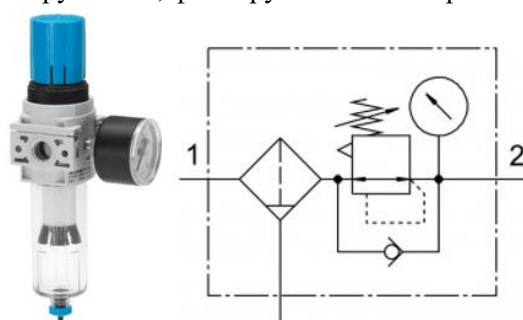


Рис. 12. Фильтр-регулятор

Таблица 11

Технические характеристики

Присоединение манометра	G1/8
Рабочая среда	Инертные газы
Рабочее давление	1,5 bar
Стандартный номинальный расход	$\geq 1200 \text{ l/min l/min}$
Степень фильтрации	$40 \text{ }\mu\text{m}$
Температура окружающей среды	$-5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Тип конструкции	Фильтр-регулятор с манометром
Тип крепления	со сквозным отверстием
Фиксатор привода	Поворотная рукоятка с фиксацией

Методика выполнения работы

1. Прочитать описание каждого прибора измерения давления входящего в состав стенда (в том числе на компрессор и на фильтр-регулятор);

2. Внимательно изучить все приборы, входящие в стенд;

3. Включить компрессор;

4. Задавая шаг 0,1 бар поворотной рукояткой на фильтр-регуляторе, произвести три серии измерений давления в диапазоне 0-5 Бар, фиксируя значения с каждого прибора (PT6 и PGT7 значения отображаются на панели оператора) и заполнить таблицу 12;

Таблица 12

№ п/п	PG1	PG2	PGS3	PS4	PGT5	PT6	PGT7	PGT8
1								
...								

5. Датчик давления PGT7 (Метран 150 TAR с погрешностью 0,075%) принимается за эталонный, необходимо построить график зависимости абсолютной погрешности от величины давления каждого прибора.

6. Рассчитать приведённую погрешность и сделать вывод о том, соответствуют ли полученные значения паспортным;

7. Настроить первый порог реле давления согласно приведённой таблице 13. На электроконтактном манометре выставить стрелку на 1 бар;

Таблица 13

Бар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1 порог	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3
2 порог	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5

8. Не менее 5-ти раз зафиксировать при каком значении произошло включение и выключение выхода реле для обоих порогов (за эталонный принимается PG7);

9. Зафиксировать значения представить в виде табл. 14. Сделать вывод о гистерезисе на дискретных приборах измерения давления;

Таблица 14

	1		2		3		4		5	
	Вкл.	Выкл.	Вкл.	Выкл.	Вкл.	Выкл.	Вкл.	Выкл.	Вкл.	Выкл.
1 порог										
2 порог										

10. После завершения работы на установке **ОБЯЗАТЕЛЬНО** выключить компрессор из сети и спустить давление из технологического трубопровода.

Содержание отчёта

1. Подробно изложить ход проведения лабораторной работы;
2. Привести краткое описание всех компонентов установки;
3. По полученным данным построить зависимость срабатывания реле давления от значения датчика давления PGT7;
4. Сделать вывод о характеристике срабатывания реле давления;
5. Построить на одном графике зависимость приведённой погрешности от измеренного значения для всех приборов измерения давления кроме PGT7;
6. Сделать вывод о точности приборов измерения давления.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какими приборами измеряется давления, основные типы?
2. Что такое пружина Бурдона?
3. Какой принцип работы сильфонных датчиков давления?
4. Какой принцип работы манометрических термометров?
5. Какие основные типы выходных сигналов используются на преобразователях давления и реле давления?
6. Измерение уровня преобразователей давления?
7. Подключения преобразователя давления к технологическому объекту с высокой температурой (выше 200°C), измеряемой среде и (или) высокой пульсацией давления, какое оборудование используется, как это влияние компенсируется?
8. В чем отличие общепромышленного и взрывозащищённого исполнения (минимум 2 вида) приборов измерения давления?
9. Какое исполнение прибора (или чем его можно дополнить) позволяет произвести измерение загрязнённых и (или) вязких сред (пульпа, нефтешламы и т.д.)?
10. Какое исполнение прибора (или чем его можно дополнить) позволяет произвести измерение высоко агрессивных сред (в том числе для измерения давления кислорода)? (Тут также

стоит учесть материал, из которого сделаны части манометра или преобразователя давления, соприкасающиеся со средой)

11. Схема подключения преобразователя давления (не электрическая часть), какие элементы необходимо устанавливать в комплекте с преобразователем давления или манометром?

12. Индикация на приборах измерения давления.

13. Чем отличаются манометры, вакуумметры, мановаку-
умметры, напоромеры, тягомеры, тягонапорометры, дифферен-
циальные манометры (преобразователи давления), барометры?

РАБОТА 2. ИЗУЧЕНИЯ РАБОТЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

Цель работы: изучения принципа действия приборов измерения температуры.

Основные теоретические сведения

Стенд предназначен для проведения лабораторных работ по изучению приборов измерения температуры, изучения особенностей общепромышленного и взрывозащищённого исполнения датчиков измерения температуры, особенностей измерения температуры термометрами сопротивления и термоэлектрическими преобразователями, изучения особенностей измерения температуры механическими приборами. изучение особенностей организации передачи данных промышленным протоколом HART, Modbus RTU и унифицированными аналоговыми и дискретными сигналами, изучение особенностей обработки сигналов на АЦП и визуализации полученных данных на НМІ (панель оператора), изучение организации передачи данных в информационной промышленной сети, связи системы обработки данных и автоматизированного рабочего места оператора. изучение особенностей обеспечения работы контрольно-измерительных приборов в условиях крайнего севера (температуры ниже -50°C), локальных контуров управления обогрева промышленных трубопроводов на открытом воздухе, бесперебойного питания распределённой системы управления.

Стенд учебный стенд измерения температуры состоит из (структурная схема изображена на рис. 13):

1. Терморегулятор;
2. Нагревателя (калорифер) с коллектор, покрытым тепло-изоляцией;
3. Датчики температуры;
4. Подсистема электрообогрева трубопровода;
5. Распределённой системы управления (программируемый логический контроллер);
6. Панель оператора;
7. Источника бесперебойного питания;
8. Системы обработки данных.

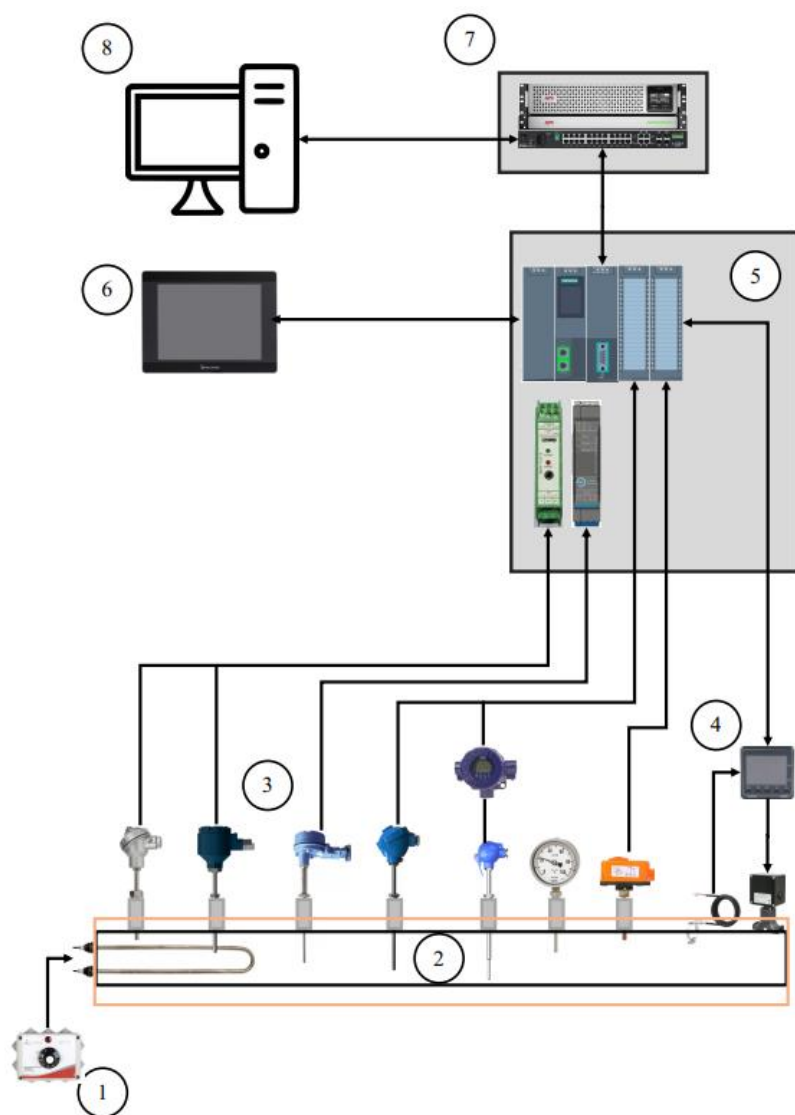


Рис 13. Схема структурная учебного стенд измерения температуры

На учебном стенде измерения температуры осуществляется изучение:

- приборов для измерения температуры – термостат (электрорезистивный термометр), термометр (показывающие приборы), термометров сопротивления, термоэлектрических преобразователей температуры, датчиков температуры с унифицированным сигналом;

- особенностей общепромышленного и взрывозащищенного исполнения приборов: взрывонепроницаемая оболочка (Exd), искробезопасная цепь (Exi) и барьеров искрозащиты;

- особенностей измерения температуры агрессивных сред и (или) загрязнённых сред, включающих в себя абразивы;

- особенностей измерения температуры среды более 1000°C;

- организации передачи данных с преобразователей температуры промышленным протоколом ModBus RTU на программируемый логический контроллер;

- особенностей схем подключения с «активным» и «пассивным» преобразователями температуры с унифицированным выходом;

- особенностей схем подключения термометров сопротивления и термоэлектрических преобразователей;

- настройки локальных контуров управления обогрева промышленных трубопроводов на открытом воздухе;

- обработки сигналов на программируемом логическом контроллере и его конфигурации;

- передачи данных по протоколу Modbus RTU на HMI (панель оператора), конфигурирование HMI;

- настройки нескольких уровней доступа к панели оператора.

Преобразователь термоэлектрический Метран-2000

Преобразователи термоэлектрические (далее ТП) Метран-2000 предназначены для измерения температуры различных сред, температуры поверхностей твердых тел и малогабаритных подшипников в газовой, нефтяной, угольной, энергетической, металлургической, химической, нефтехимической, машиностроительной и металлообрабатывающей, приборостроительной, пищевой, деревообрабатывающей и других областях промышленности, а также в сфере ЖКХ и энергосбережения.

Таблица 15

Технические характеристики

Диапазон измерения температуры	-40...1000°C
Соединительная головка	Тип С1
Тип чувствительного элемента	N нихросил-нисил
Класс допуска	2
Рабочий спай	Изолированный
Количество чувствительных элементов	1
Диаметр арматуры	10 мм штуцер подвижный
Длина монтажной части	60 мм
Длина наружной части	200 мм
Тип выводов чувствительного элемента	ЧЭ без платы DIN
Климатическое исполнение по ГОСТ 15150 обще-промышленное исполнение	У1.1(-55...85)
Защитная гильза	
Тип защитной гильзы	Сварные
Соединение с технологическим процессом	M20x1,5
Соединение с датчиком температуры	M20x1,5
Материал защитной арматуры	ХН78Т
Длина монтажной части	60 мм

Использование ТП допускается в нейтральных, а также агрессивных средах, по отношению к которым материалы, контактирующие с измеряемой средой, являются коррозионностойкими.

По способу контакта с измеряемой средой ТП соответствуют погружаемому или поверхностному исполнениям (в зависимости от конструктивного исполнения), по условиям эксплуатации – стационарному исполнению, по отношению к измеряемой среде – герметичные.

Термометр сопротивления Метран-2000

Термопреобразователи сопротивления (далее ТС) Метран-2000 предназначены для измерения температуры различных сред, температуры в расплавах алюминия и меди, температуры поверхностей твердых тел и малогабаритных подшипников в газовой, нефтяной, угольной, энергетической, металлургической, химической, нефтехимической, машиностроительной и металлообрабатывающей, приборостроительной, пищевой, деревообрабатывающей и других областях промышленности, а также в сфере ЖКХ и энергосбережения. ТС Метран-2000, заказанные с опцией «КТС» (далее комплекты ТС), представляют собой подобранные пары термопреобразователей сопротивления и предназначены

для измерения температуры и разности температур воды в составе теплосчетчиков и других приборов учета и контроля тепловой энергии в системах теплоснабжающих и теплопотребляющих организаций. Использование ТС допускается в нейтральных, а также агрессивных средах, по отношению к которым материалы, контактирующие с измеряемой средой, являются коррозионно-стойкими.

По способу контакта с измеряемой средой ТС соответствуют погружаемому или поверхностному исполнению (в зависимости от конструктивного исполнения), по условиям эксплуатации – стационарному исполнению, по отношению к измеряемой среде – герметичные.

Таблица 16

Технические характеристики

Тип прибора	аналоговый
Диапазон измеряемых температур	-45...+200°C
Класс допуска	В
Тип номинальной статической характеристики ТП	Pt100 рекомендуется применять до 500°C
Схема соединения	4-х проводная
Количество ЧЭ	1
Защитная арматура	диаметр арматуры 10 мм, штуцер подвижный
Длина монтажной части, мм	60
Длина наружной части, мм	80
Соединительная головка	алюминиевый сплав, общепромышленное исполнение
Кабельный ввод	сальниковый
Тип выводов чувствительного элемента	ЧЭ без платы DIN
Климатическое исполнение по ГОСТ 15150	У1.1(-55...85)
Защитная гильза	
Тип защитной гильзы	Сварная
Соединение с технологическим процессом	M20x1,5
Соединение с датчиком температуры	M20x1,5
Материал защитной арматуры	ХН78Т
Длина монтажной части	60 мм



Рис. 14. Метран 2000

Термопреобразователи (ТП) с унифицированным выходным сигналом ТСПУ Метран-276-24

Термопреобразователи (ТП) с унифицированным выходным сигналом предназначены для измерения температуры различных сред путем преобразования сигнала первичного преобразователя температуры в унифицированный выходной сигнал постоянного тока. Использование ТП допускается в нейтральных, а также агрессивных средах, по отношению к которым материал защитной арматуры является коррозионностойким.



Рис. 15. Метран 276

ТП Метран-276-Ех могут применяться во взрывоопасных зонах, в которых возможно образование взрывоопасных смесей газов, паров, горючих жидкостей с воздухом.

Чувствительный элемент первичного преобразователя и встроенный в головку датчика измерительный преобразователь преобразуют измеряемую температуру в унифицированный выходной сигнал постоянного тока, что дает возможность построения АСУТП без применения дополнительных нормирующих преобразователей.

Таблица 17

Технические характеристики

Диаметр арматуры	8 мм
Диапазон измеряемых температур	0...150°C
Тип НСХ	Pt100
Штуцер	подвижный
Резьба	M20x1,5
Исполнение	Exd
Погрешность, приведённая к ВПИ	0,5%
Материал защитной арматуры	12X18Н10Т
Выходной сигнал	4-20 мА
Кабельный ввод	для бронированного кабеля
Температурный класс	T5 по ГОСТ Р 51330.0
Климатическое исполнение	У1.1(-45...70)°C по ГОСТ 15150
Защитная гильза	
Соединение с тех. процессом	M20x1,5
Соединение с датчиком	M20x1,5
Материал защитной гильзы	12X18Н10Т
Длина монтажной части	60 мм

Преобразователь температуры Rosemount 644 с Profibus PA

Термопреобразователи сопротивления Rosemount 0065 предназначены для измерения температуры жидких и газообразных сред, не агрессивных к материалу защитной арматуры.

ТС состоят из измерительной вставки с одним или двумя тонкопленочными или проволоочными платиновыми ЧЭ преобразователя, соединительной головки (или без нее), удлинителя (или без него) с различными видами присоединений к объектам измерений. Для измерения температуры при высоких давлениях и скоростях потока предусмотрены защитные гильзы, конструкция которых зависит от параметров измеряемой среды.

На боковой поверхности соединительной головки ТС расположен кабельный ввод для подключения к ТС внешних цепей.

Измеряемая температура передается измерительной вставке, находящейся в контакте с измеряемой средой и являющейся

измерительным узлом. С помощью измерительной вставки измеряемая температура преобразуется в изменение омического сопротивления чувствительного элемента. Свободные концы чувствительного элемента подключены к контактам клеммной колодки или оставлены свободными в зависимости от заказа.



Рис. 16. Строение преобразователя температуры

ТС выдерживают циклическое изменение температуры от верхнего до нижнего предела рабочего диапазона измерений. Циклическое изменение температуры не вызывает выхода сопротивления при 0 °C за пределы допуска соответствующего класса

Таблица 18

Технические характеристики

Схема соединения	4-х проводная
Выходной сигнал	Profibus PA
Исполнение	Искробезопасная цепь
Количество ЧЭ	1
Конструкция измерительной вставки	с клеммным блоком стандарта DIN 43762
Тип НСХ	Pt100, 4х проводная схема
Класс допуска	B
Диапазон измеряемых температур	от -50 до 450°C
Материал защитной оболочки	AISI 316/ AISI 321
Материал защитной гильзы	сварная, нержавеющая сталь AISI 316
Способ крепления ТС на объекте	неподвижный штуцер, M18x1,5, 1/2" A6NPT
Способ контакта с измеряемой средой	погружаемый
Допускаемое отклонение сопротивления ТС при 0 °C (ΔR_0) от ном.	$\pm 0,12$

Пределы допускаемых значений основной погрешности ТС
 $\Delta_d: \pm (0,3+0,005|t|)$

Минимальная глубина погружения ТС не менее 60 мм.

Надежность ТС характеризуется следующими значениями показателей надежности:

а) вероятность безотказной работы за 2000 ч не менее 0,8.
Показатели безотказности устанавливаются для номинальной температуры применения, составляющей 75 % от верхнего предела измерений;

б) средний срок службы при номинальной температуре применения не менее 15 лет.

Переключатель температуры (термопреобразователь сопротивлений) TSD-30

Принцип действия ТС с выходным унифицированным сигналом основан на свойстве платины изменять электрическое сопротивление с изменением температуры и преобразованием в выходной унифицированный сигнал, а также в модификации TSD-30 осуществляется индикация измеренных значений температуры на встроенном дисплее вторичного преобразователя.

Основной частью ТС с выходным унифицированным сигналом является пленочный чувствительный элемент из платины, помещенный в гильзу из нержавеющей стали.



Рис. 17. Термостат TSD-30

Конструктивно ТС с выходным унифицированным сигналом выполнен в едином корпусе и включает в себя термопреоб-

разователь сопротивления и вторичный преобразователь, в котором сигнал от чувствительного элемента ТС – линейаризуется, масштабируется и преобразуется в выходной унифицированный сигнал силы или напряжения постоянного тока, линейный по отношению к температуре и сопротивлению.

Термопреобразователи сопротивлений с выходным унифицированным сигналом предназначены для измерения температуры жидких и сыпучих сред и вывода измеренных значений в виде выходного сигнала силы постоянного тока в диапазоне 4-20 мА и могут использоваться в различных отраслях промышленности во взрывоопасных и взрывобезопасных зонах.

Таблица 19

Метрологические и технические характеристики

НСХ термопреобразователя сопротивлений	Pt100
Диапазон измерений	от -20 до +120°C
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности чувствительного элемента	класс А
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности встроенного вторичного преобразователя в настроенном диапазоне температуры	$\pm(0,005 \cdot t_{max} - t_{min})^{\circ}C$
Дисплей	Поворотный 14-ти сегментный, 4х разрядный, с кнопками настройки
Коммутация выходного сигнал	Два PNP контакта
Длина штока	100 мм
Подключение к процессу	G1/2
Напряжение питания постоянным током	15-35 В
Потребляемая мощность, не более	2,45 Вт
Электрический разъем	M12x1
Схема подключения	3-х проводная
Температура окружающего воздуха	от -20 до +40 °C
Относительная влажность окружающего воздуха	до 75%
Наработка на метрологический отказ	95000 ч
Средний срок службы	12 лет
Взрывозащита	нет

Биметаллический термометр TG54

Биметаллический термометр разработан и изготовлен в соответствии со стандартом EN 13190 (модель TG54) и ASME

В40.200 (модель TG53) и отвечают строгим промышленным требованиям.



Рис. 18. Биметаллический термометр

Принцип действия термометров основан на различии температурных коэффициентов линейного расширения двух прочно соединенных между собой и примерно одинаковых по толщине металлов. При изменении температуры биметалл изгибается в сторону материала с меньшим коэффициентом расширения, изгиб передается на указатель шкалы и служит для определения температуры.

Таблица 20

Технические характеристики

Диапазон измерения	0...120°C
Класс точности	1,0
Материал корпуса	нержавеющая сталь
Диаметр	100 мм
Степень пылевлагозащиты	IP66
Тип штока	поворотный
Подключение к процессу	резьбой M20x1,5
Длина штока	80 мм

Биметаллические термометры используются для измерения температуры в химической, нефтехимической, нефтяной и газовой промышленности, а также в энергетической и судостроительной промышленности.

Прибор для измерения температуры, изготовленный из нержавеющей стали, особенно успешно применяется в химической, нефтехимической, нефтегазовой промышленности, в энергетике и судостроении.

Контроллер температуры WIKA CS4R.

Модель CS4R (рис. 19) представляет собой компактный цифровой регулятор температуры для отображения, контроля и мониторинга температуры.

Таблица 21

Технические характеристики

Тип крепления	На дин-рейку
Дисплей	Светодиодный, 4-разрядный
Характеристика контура управления	ПИД
Автоподстройка параметров контура управления	поддерживается
Вход	Универсальный вход (с возможностью перенастройки)
Настройки входного сигнала	Pt100, термопары K/J/R/S/B/E/T/N/PL-II/C, 0/4...20 мА, 0...1/5/10 В, 1...5 В
Управляющий выход	Реле
Источник питания	100...240 В перем. тока, 50...60 Гц
Сетевой интерфейс	RS-485

Контроллер оснащен многофункциональным входом, что означает возможность настройки конфигурации входа датчика. Таким образом, значительно повышается гибкость регулятора температуры и упрощается хранение. В стандартную комплектацию также входит аварийный выход для контроля фактического значения.



Рис. 19. Регулятор температуры CS4R

Параметры управления могут быть установлены в широком диапазоне. Можно активировать автоматическую настройку, которая облегчает поиск оптимальных параметров управления.

Регуляторы температуры предназначены для монтажа на DIN-рейку. Управляющий выход может быть установлен либо как реле (для медленного управления), либо как логический уровень для управления электронными твердотельными реле (для быстрого управления и больших токовых нагрузок), либо как непрерывный 4... Выход 20 мА.

Версии с 4... Управляющий выход 20 мА может быть пере-настроен пользователем и работать как передатчик с 4... Выход-ной сигнал 20 мА.

Опционально доступны сигнализация перегорания нагрева-теля для контроля тока нагревателя и последовательный интер-фейс RS-485.

Промышленный фен MELTPLAST3400

Промышленный фен MELTPLAST3400 (рис. 20) оснащен двойной изоляцией, постоянным контролем температуры и плав-ной регулировкой. Отвечает всем известным мировым стандар-там в области сварки полимерных материалов. Поставляется в комплекте с насадкой 70 мм.

Таблица 22

Технические характеристики

Тип	прямой
Мощность	3400 Вт
Тип двигателя	щеточный
Режим холодной продувки	да
Регулировка температуры	плавная
Расход воздуха	360 л/мин
Вес нетто	1,9 кг
Рабочая температура	20-600 °С



Рис. 20. Промышленный фен MELTPLAST3400

Методика выполнения работы

1. Прочитать описание каждого прибора измерения температуры входящего в состав стенда (в том числе на промышленный фен);
2. Внимательно изучить все приборы, входящие в стенд;
3. Включить фен на заданную преподавателем мощность (красным поворотным регулятором мощности в торце прибора);
4. Фиксировать температуру каждого прибора с интервалом в одну минуту до завершения переходного процесса (порядка 50 минут). Значения с датчиков ТЕ1 и ТТ3 отображаются на панели оператора, у остальных датчиков значения отображаются на ЖК-дисплее или шкале, значение ТЕ2 отображается на регуляторе в шкафу управления. Заполнить таблицу 23;

Таблица 23

№ п/п	ТЕ1	ТЕ2	ТТ3	TGT4	TS5	TG6
1						
...						

5. После проведения измерений регулятор мощности фена необходимо установить на значение 0 и продуть в течение 10-15 минут. Затем отключить его от сети.

Содержание отчёта:

1. Изложить краткое описание всех компонентов установки, в том числе тип термопары и термометра сопротивления;

2. Подробно изложить ход проведения работы и таблицу с результатами измерений.

3. Построить график, на котором отобразить показания термометра сопротивления, термопары и биметаллического термометра.

4. Сделать вывод о точности термометров сопротивления и термоэлектрических преобразователей с учётом их диапазонов рабочих температур.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. В чем заключается физический принцип работы термометры сопротивления?

2. В чём отличия двух-, трёх-, четырёх проводной схемы подключения термометров сопротивления?

3. На основе какого физического явления работают термоэлектрические преобразователи температуры?

4. Что такое НСХ для термометров сопротивления и термопар?

5. Какие основные типы термометров сопротивления на сегодняшний день имеют наиболее широкое распространение?

6. Какие основные типы термоэлектрических преобразователей температуры на сегодняшний день имеют наиболее широкое распространение?

7. По какому принципу формируется название термопар и термометров сопротивления? (также стоит указать наименование термопар, используемых в западных странах)

8. Что такое нормирующей преобразователь, принцип работы и места установки?

9. В чем отличие общепромышленного и взрывозащищённого исполнения (минимум 2 вида) приборов измерения температуры?

10. Необходимость применения защитных гильзы (применяемые материалы)?
11. Особенности измерения температуры выше 1000°C (дымовых газов, в частности).
12. Индикация на приборах измерения температуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шишмарев В. Ю. Технические измерения и приборы. М.: Академия, 2012.
2. Харазов В.Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами. СПб.: Профессия, 2011, 592 с.
3. Келим Ю.М. Типовые элементы систем автоматического управления. Учебное пособие. М.: Форум-инфра-М, 2009, 383 с.
4. Измерение в промышленности: Справочник в 3 книгах./Под ред. Профоса П., М.: Металлургия, 1990, 491 с.
5. Бишард Е.Г. Аналоговые электроизмерительные приборы./Киселева Е.А., Лебедев Г.П. и др. М.: Высшая школа, 1991, 415 с.