

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Бутакова Оксана Стефановна  
Должность: директор  
Дата подписания: 16.05.2024 08:46:00  
Уникальный программный ключ:  
92ebe478f3654efe030354ec9c160360cb17a169

Министерство образования и науки Республики Саха (Якутия)  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Республики Саха (Якутия) «Ленский технологический техникум»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ  
ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

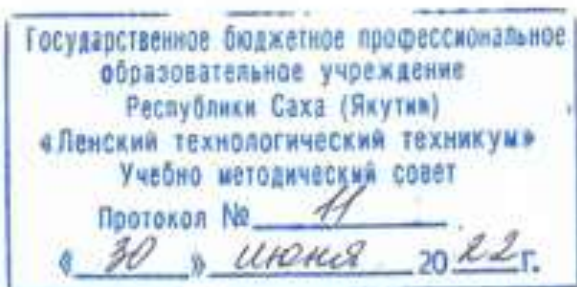
**Дисциплина: ОП.07 Контрольно- измерительные приборы и автоматика  
Профессия: 18.01.27 Машинист технологических насосов и компрессоров**

Методические рекомендации по выполнению практических занятий составлены на основе требований Федерального государственного образовательного стандарта по профессии среднего профессионального образования **18.01.27 Машинист технологических насосов и компрессоров** к содержанию и уровню подготовки выпускника в соответствии учебным планом и рабочей программой дисциплины ОП.07 «Контрольно- измерительные приборы и автоматика», утвержденных ГБПОУ РС (Я) «Ленский технологический техникум».

## РЕКОМЕНДОВАНО

Учебно-методическим советом

ГБПОУ РС (Я) «Ленский технологический техникум»



## РАССМОТРЕНО

на заседании ПЦК «Общепрофессиональных дисциплин»

Протокол № 11 «29» июня 2022 г.,

Председатель ПЦК

И.Л. Паршутина /Паршутина И.Л./  
(подпись)

Автор: Кнутов Леонид Владимирович, преподаватель ГБПОУ РС(Я) «Ленский технологический техникум».

## Содержание

Пояснительная записка.....	2
Практическая работа №1 .....	11
Системы автоматического контроля. Классификация систем контроля. Машины централизованного контроля. ....	11
Практическая работа №2 .....	12
Средства измерений. Виды средств измерений. ....	12
Практическая работа №3 .....	13
Классификация приборов для измерения давления .....	13
Практическая работа №4 .....	13
Измерение количества жидкости и газа. Скоростные, объёмные, барабанные, ротационные счётчики. ....	13
Практическая работа №5 .....	14
Термометры расширения и манометрические термометры. Биметаллические термометры .....	14
Практическая работа №6 .....	15
Измерение концентрации растворов. Измерение плотности жидкостей. Измерение влажности газов. Метод точки росы. . ....	15
Практическая работа №7 .....	16
Дифференцированный зачет. Тестовое задание. ....	16
Перечень учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы .....	33

## Пояснительная записка

Методические рекомендации для проведения практических работ по учебной дисциплине составлены на основе перечня практических занятий, приведённого в программе по учебной дисциплине и предназначено для студентов, обучающихся по профессии: 18.01.27 Машинист технологических насосов и компрессоров.

### Цель методических рекомендаций:

- оказание помощи студенту в выработке общих и профессиональных компетенций
- оказание помощи студенту при обобщении, систематизации, углублении, закреплении полученных теоретических знаний
- оказание помощи студенту в применении теоретических знаний, полученных при изучении предмета, позволяющие решать конкретные задачи
- оказание помощи студентам в выполнении практических занятий по дисциплине
- оказание помощи студентам в выработке, при решении поставленных задач, таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Содержание практического занятия (лабораторной работы) соответствует теоретическому материалу изучаемого раздела рабочей программы.

Продолжительность лабораторной работы или практического занятия проводится в учебном кабинете (лаборатории). Продолжительность – не менее 2-х академических часов.

Практическая (лабораторная) работа выполняется каждым студентом группы самостоятельно или бригадой, состоящей из двух студентов, при этом отчет оформляется каждым студентом.

В начале занятия преподаватель раздаёт студентам задание на практическую (лабораторную) работу в котором указывается:

1. Название работы
2. Тема рабочей программы, по которой производится работа
3. Список общих и профессиональных компетенций, которые студент должен освоить при выполнении этой работы
4. Перечень рекомендуемых источников информации
5. Список контрольных вопросов, позволяющих студенту произвести самоконтроль своей готовности выполнять работу

Каждая лабораторная (практическая) работа должна содержать:

1. Титульный лист

2. Основная часть - «Таблица выполнения этапов работы», схема установки с выбором контрольных точек замеров, расчет предполагаемой величины параметра в контрольной точке, величина, измеренная на практике, оценка результата работы

3. Выводы о достижении цели работы

При оценивании результата работы преподавателем будут учитываться по пятибалльной шкале следующие критерии:

1. Правильность разбиения всей работы на этапы
2. Правильность соответствия компетенций этапам работы
3. Правильность составления схемы установки
4. Правильность расчета параметров контрольной точки
5. Правильность монтажа установки и выполнения измерений
6. Правильность интерпретации результатов работы
7. Правильность и аккуратность оформления отчета

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен владеть **общими компетенциями:**

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов ее достижения, определенных руководителем.

ОК 3. Анализировать рабочую ситуацию, осуществлять текущий и итоговый контроль, оценку и коррекцию собственной деятельности, нести ответственность за результаты своей работы.

ОК 4. Осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, клиентами.

ОК 7. Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей).

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен владеть **профессиональными компетенциями:**

Техническое обслуживание и ремонт технологических компрессоров и насосов, компрессорных и насосных установок, оборудования для осушки газа.

ПК 1.1. Выявлять и устранять неисправности в работе оборудования и коммуникаций.

ПК 1.2. Выводить технологическое оборудование в ремонт, участвовать в сдаче и приемке его из ремонта.

ПК 1.3. Соблюдать правила безопасности при ремонте оборудования и установок.

Эксплуатация технологических компрессоров и насосов, компрессорных и насосных установок, оборудования для осушки газа.

ПК 2.1. Готовить оборудование, установку к пуску и остановке при нормальных условиях.

ПК 2.2. Контролировать и регулировать режимы работы технологического оборудования с использованием средств автоматизации и контрольно- измерительных приборов.

ПК 2.3. Вести учет расхода газов, транспортируемых продуктов, электроэнергии, горюче-смазочных материалов.

ПК 2.4. Обеспечивать соблюдение правил охраны труда, промышленной, пожарной и экологической безопасности.

А также студент должен овладеть знаниями и умениями, представленные в таблице:

Код элемента оценивания	Описание знаний и умений	Основные показатели для оценки результата (ОПОР) (освоенные умения, усвоенные знания)
1	2	3
У1	основы техники измерений;	умение самостоятельно владеть техникой измерений
У2	виды и способы технических измерений;	умение самостоятельно производить измерения прямым и косвенным методом
У3	классификацию средств измерений;	самостоятельно определять классификацию средств измерений
У4	использовать контрольно-измерительные приборы;	самостоятельно использовать контрольно-измерительные приборы
У5	основные понятия и определения метрологии, стандартизации и сертификации;	владеть основными понятиями и определениями метрологии, стандартизации и сертификации.
У6	уметь:	уметь производить настройку и сборку

	производить настройку и сборку простейших систем автоматизации;	простейших систем автоматизации.
У7	использовать в трудовой деятельности средства механизации и автоматизации производственного процесса;	уметь использовать в трудовой деятельности средства механизации и автоматизации производственного процесса
31	основы техники измерений	знать основные техники измерений
32	виды и способы технических измерений	знать виды и способы технических измерений
33	классификацию средств измерений	знать классификацию средств измерений
34	контрольно-измерительные приборы;	знать контрольно- измерительные приборы.
35	основные понятия и определения метрологии и стандартизации	знать основные понятия и определения метрологии и стандартизации
36	способы сборки и настройки средств измерений	знать способы сборки и настройки средств измерений
37	средства автоматизации и механизации производственного процесса	знать средства автоматизации и механизации производственного процесса

### Критерии оценки практических работ

#### Показатели оценивания результатов тестирования

Наименование ОПОР	25 баллов	20 баллов	15 баллов	10 баллов
1) Владение знаниями терминологии и	Знает и понимает термины и определения	Знает и понимает термины и определения, но допускает незначительные ошибки	В целом понимает, но допускает ошибки в знании терминологии и определений, исправляет после замечаний	Не раскрывает содержание термина, неуместно применяет термины
2) Правильность выбора ответа или ответов	Ответы выбраны- верно, в срок	Ответы выбраны- верно, с небольшими недочетами, своевременно	Студент с недочетами и с небольшой задержкой во времени выполняет задания	Большинство ответов выбраны не верно и несвоевременно
3) скорость и	Студент самостоятель	Студент самостоятельно,	Студент самостоятельно, в	Студент с помощью

техничность выполнения тестовых заданий	но, в срок и верно выполняет тестовые задания	в срок, с небольшими недочетами выполняет тестовые задания	срок, с недочетами выполняет тестовые задания	преподавателя, несвоевременно, с недочетами выполняет тестовые задания
4) Оформление заданий	Задания оформляет аккуратно в соответствии с требованиями преподавателя	Задания оформляет аккуратно, но имеются замечания	Задания выполняет неаккуратно, со значительными замечаниями	Оформление не соответствует требованиям преподавателя
5) Время на выполнение задания	Соблюдение время и подготовки задания, сроков сдачи заданий.	Превышение времени выполнения на 10 %	Превышение времени выполнения на 20%	Превышение времени выполнения на 30 и более %

Общее количество вопросов принимается за 100%. Оценка выставляется по значению соотношения правильных ответов к общему количеству вопросов в процентах.

#### Критерии оценок

1. Оценка «5» (отлично) – от 85 до 100% правильных ответов;
2. Оценка «4» (хорошо) – от 75 до 84 % правильных ответов;
3. Оценка «3» (удовлетворительно) – от 55 до 74 % правильных ответов;
4. Оценка «2» (неудовлетворительно) – менее 55% правильных ответов

#### Критерии оценивания

Количество баллов	Уровень сформированности	Оценка
85 – 100	повышенный	«отлично»
70 – 84	достаточный	«хорошо»
50 – 69	пороговый	«удовлетворительно»
менее 50	компетенция не сформирована	«неудовлетворительно»

#### Показатели оценивания практической работы

Наименование ОПОР	25 баллов	20 баллов	15 баллов	10 баллов
1. Владение знаниями терминологии	Знает и понимает термины и определения	Знает и понимает термины и определения, но допускает	В целом понимает, но допускает ошибки в знании терминологии и	Не раскрывает содержание термина, неуместно



		незначительные ошибки	определений, исправляет после замечаний	применяет термины
2.Результативность информационного поиска	Информация найдена- верно, небольшие недочеты исправляются студентом сразу, помогает в поиске информации одногруппникам	Информация найдена не полная с неточностями, которые студент исправляет самостоятельно	Студент самостоятельно, в срок, с недочетами выполняет задания, с помощью преподавателя делает выводы	Информация найдена не полная с неточностями, которые студент не может исправить без помощи преподавателя
3.Скорость и техничность выполнения заданий	Студент самостоятельно, в срок и верно выполняет задания, делает выводы, помогает одногруппникам	Студент самостоятельно, в срок, с небольшими недочетами выполняет задания, делает выводы, помогает одногруппникам	Студент самостоятельно, в срок, с недочетами выполняет задания, с помощью преподавателя делает выводы	Студент с помощью преподавателя, несвоевременно, с недочетами выполняет задания, с помощью преподавателя делает выводы
4.Оформление заданий	Задания оформляет аккуратно в соответствии с требованиями преподавателя, в соответствии с ГОСТ	Задания оформляет аккуратно, но имеются замечания	Задания выполняет неаккуратно, со значительными замечаниями	Оформление не соответствует требованиям
5.Аргументированность суждений, широта кругозора	В письменной и устной речи приводит примеры, факты, описывает явления, производит сравнения, анализ, делает выводы	В письменной и устной речи приводит примеры, факты, описывает явления, производит сравнения, анализ, делает выводы, но затрудняется в построении логического изложения материала	Приводит примеры, описывает явления, факты, но затрудняется в логическом изложении, анализе, сравнении, выводах	Приводит примеры, факты, описывает явления, не делает выводы, сравнения
6.Поиск, обработка и предоставление информации	Работает с литературой, поисковыми системами, подготовленная	Работает с литературой, поисковыми системами, подготовленная	Недостаточно проведен сбор и обработка информации, предоставление	Проведен поиск и сбор информации, тема не раскрыта, или не

по изучаемому материалу	информация соответствует темам задания, полно раскрыта, отображена, при необходимости сопровождается наглядностью (схемами, рисунками), предоставляется логично в соответствии с требованиями, даются ссылки на источники	информация соответствует темам задания, полно раскрыта, предоставление информации не в полной мере соответствует требованиям	информации не соответствует требованиям	соответствует заданию
7.Использование учебно-лабораторного оборудования для решения практических задач (измерительные приборы и инструменты)	Знает устройство, назначение, методы работы с учебно-лабораторным оборудованием, производит работы с применением учебно-лабораторного оборудования в соответствии с требованиями и технологией, соблюдает технику безопасности, бережно относится к оборудованию. Может оказать помощь в работе одноклассникам	Знает устройство, назначение, методы работы с учебно-лабораторным оборудованием, но допускает ошибки в работе с учебно-лабораторным оборудованием, соблюдает технику безопасности, бережно относится к оборудованию	Не в полной мере владеет знаниями устройства, назначения, методами работы с учебно-лабораторным оборудованием. Производит работы с замечаниями, соблюдает технику безопасности	Не в полной мере владеет знаниями устройства, назначения, методами работы с учебно-лабораторным оборудованием. Производит работы с нарушением технологии, принципов работы, имеет замечания по технике безопасности
8.Время на выполнение задания	Соблюдение время и подготовки задания, сроков сдачи заданий.	Превышение времени выполнения на 10 %	Превышение времени выполнения на 20%	Превышение времени выполнения на 30 и более %

### Критерии оценивания

Количество баллов	Уровень сформированности	Оценка
180 – 200	повышенный	«отлично»

179– 140	достаточный	«хорошо»
80 - 139	пороговый	«удовлетворительно»
менее 80	компетенция не сформирована	«неудовлетворительно»

**Внимание!** Если в процессе подготовки к практическим работам или при решении задач у Вас возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения разъяснений или указаний в дни проведения дополнительных занятий.

### Перечень тем практических работ

Номер и наименование темы	Наименование практического занятия	Кол-во час	Коды формируемых компетенций	Форма контроля
Тема 1. Системы автоматического контроля. Классификация систем контроля. Машины централизованного контроля. Составление опорного конспекта.	Ознакомление с системами автоматического контроля. Классификацией систем контроля. Машинами централизованного контроля.	2	У1-У7, 31-37, ОК1-ОК7, ПК2.2- ПК2.3	Письменная
Тема 2. Средства измерений. Виды средств измерений. Составление опорного конспекта	Ознакомление с средствами измерений, видами средств измерений.	2	У1-У7, 31-37, ОК1-ОК7, ПК2.2- ПК2.3	Письменная
Тема 3. Классификация приборов для измерения давления. Составление опорного конспекта.	Ознакомление с классификацией приборов измерения давления.	2	У1-У7, 31-37, ОК1-ОК7, ПК2.2- ПК2.3	Письменная

Тема 4. Измерение количества жидкости и газа. Скоростные, объёмные, барабанные, ротационные счётчики. Составление опорного конспекта.	Ознакомление с методами измерения количества жидкости и газа, скоростными, объёмными, барабанными, ротационными счётчиками.	2	У1-У7, 31-37, ОК1-ОК7, ПК2.2- ПК2.3	Письменная
Тема 5. Термометры расширения и манометрические термометры. Биметаллические термометры. Составление опорного конспекта.	Ознакомление с термометрами расширения и манометрическими термометрами, биметаллическими термометрами.	2	У1-У7, 31-37, ОК1-ОК7, ПК2.2- ПК2.3	Письменная
Тема 6. Измерение концентрации растворов. Измерение плотности жидкостей. Измерение влажности газов. Метод точки росы. Составление опорного конспекта.	Ознакомление с измерениями концентрации растворов, измерением плотности жидкостей, измерением влажности газов, методом точки росы.	2	У1-У7, 31-37, ОК1-ОК7, ПК2.2- ПК2.3	Письменная
Тема 7. Дифференцированный зачёт. Выполнение тестовых заданий.	Дифференцированный зачёт. Выполнение тестовых заданий.	2	У1-У7, 31-37, ОК1-ОК7, ПК2.2- ПК2.3	Письменная

## **Практическая работа №1. Системы автоматического контроля. Классификация систем контроля. Машины централизованного контроля.**

Цель работы:

1. Получить предварительные представления об системах автоматического контроля, классификациях систем контроля, машинах централизованного контроля.
2. Изучить определенные системы автоматического контроля, классификации систем контроля, машины централизованного контроля.

### **Объект и средства изучения.**

Объектом исследования являются системы автоматического контроля, классификации систем контроля, машины централизованного контроля.

### **Теоретическая часть.**

Системой автоматического контроля называют систему, состоящую из объекта контроля и различных устройств, выполняющих функции измерения. Под объектом контроля понимают агрегат или процесс, в котором одну или несколько величин измеряют.

В большинстве случаев система автоматического контроля одной величины включает четыре элемента:

- объект,
- чувствительный элемент,
- линию связи,
- измерительное устройство.

Чувствительный элемент устанавливают непосредственно в объекте контроля, он воспринимает величину контролируемого (измеряемого) параметра и преобразует ее в соответствующий сигнал, поступающий по линии связи к измерительному устройству.

Элементы характеризуются сигналами на входе и выходе, называемыми также входными и выходными сигналами. Здесь передача сигнала идет в одном направлении, т. е. от объекта к измерительному устройству. Такие системы автоматического контроля называют разомкнутыми. В некоторых системах контроля чувствительный элемент является элементом измерительного устройства. В этом случае линия связи между чувствительным и измерительным элементами отсутствует.

Системы автоматического контроля подразделяются на местные, дистанционные и телеизмерительные.

Системы контроля, в которых измерительные устройства расположены вблизи объекта (вблизи места установки чувствительного элемента), называются местными. Автоматический контроль можно осуществлять и на расстоянии от контролируемого объекта, удлинив линию связи между чувствительным элементом и измерительным устройством. В этих случаях система местного контроля усложняется введением в измерительное устройство преобразователя для преобразования результата измерения в пропорциональный пневматический или электрический сигнал.

Последний содержит информацию о величине измеряемого параметра и по соответствующей линии связи передает ее другому измерительному устройству, расположенному на расстоянии от объекта контроля. Во втором измерительном приборе осуществляется обратное преобразование сигнала, переданного по линии связи, в результат измерения. Подобная система автоматического контроля называется дистанционной. Таким образом, дистанционная система контроля имеет два измерительных устройства: первичный и вторичный приборы.

В зависимости от вида используемой энергии дистанционные системы подразделяются на пневматические, электрические и гидравлические.

В пневматических системах используется энергия сжатого воздуха. К первичному прибору подводится воздух под постоянным избыточным давлением 0,14 МПа (1,4 кгс/см<sup>2</sup>), а на его выходе давление изменяется в зависимости от величины измеряемого параметра в пределах от 0,02 до 0,1 Мпа (от 0,2 до кгс/см<sup>2</sup>). В электрических системах используется электроэнергия.

В первичном приборе результат измерения преобразуется в силу или напряжение постоянного электрического тока или напряжение переменного электрического тока, величины которых пропорциональны результату измерения. В электрических системах дистанционной передачи используются также частотные преобразователи, которые преобразуют результат измерения в пропорциональную величину частоты переменного тока.

В химической, нефтехимической и промышленности по производству минеральных удобрений в основном применяют пневматические дистанционные системы автоматического контроля. Электрические системы используют значительно реже, а гидравлические не применяют вообще.

Для передачи результатов измерения на расстояние десятков и сотен километров применяют телеизмерительные системы контроля. В таких системах результат измерения при помощи преобразователя в первичном приборе преобразуется в кодированные, обычно дискретные сигналы, передаваемые по каналу (линии) связи. Во вторичном приборе, установленном на другом конце канала связи, эти сигналы преобразуются в результат измерения и фиксируются в цифровой или аналоговой форме.

В сфере управления сложными производственными процессами находят применение системы централизованного контроля. В этом случае вторичные приборы устанавливают на центральном щите. В крупных цехах с большим числом точек контроля центральный щит может достигать десятков метров в длину и становиться недоступным для обозрения оператора. Для наилучшей организации централизованного контроля применяют специальные машины — машины централизованного контроля (МЦК), которые собирают и автоматически обрабатывают информацию при контроле сложных производственных процессов.

Выходная информация, которая используется для воздействия на контролируемый процесс, называется оперативной. Чтобы сократить выходную информацию о большинстве контролируемых величин, ее можно заменить сигнализацией, которая включается только тогда, когда какая-либо контролируемая величина достигает некоторого наперед заданного значения. Обычно при отклонении контролируемого параметра от заданного значения машина выдает световой (зажигание или мигание лампочки) или звуковой (звонок, гонг) сигнал. Значения контролируемых величин могут быть также получены оператором по вызову. Отклонения контролируемых параметров от установленных пределов измерения по вызову регистрируются в непрерывной или цифровой форме.

#### **Задание к практической работе.**

Ознакомиться с видами систем автоматического контроля, классификацией систем контроля и машинами централизованного контроля. Составить опорный конспект в объеме- 4 страницы машинописного текста Times New Roman 14, межстрочный интервал 1,5.

#### **Отчет о работе №1.**

Цель работы

---

---

---

---

---

---

---

---

---

#### **Контрольные вопросы.**

1. Что называют системой автоматического контроля?
2. Где устанавливается чувствительный элемент систем автоматического контроля?

3. Как классифицируются системы автоматического контроля по расположению датчиков?

4. Для каких целей используются преобразователи?

5. Применяются ли гидравлические системы контроля?

Группа \_\_\_\_\_ Учащийся \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

## **Практическая работа №2. Средства измерений. Виды средств измерений.**

### **Цель работы:**

Изучить виды и методы измерений физических величин

### **Объект и средства изучения.**

Объектом исследования являются виды и методы измерений физических величин.

### **Теоретическая часть.**

**Виды средств измерений.** Средства измерений представляют собой совокупность технических средств, используемых при различных измерениях и имеющих нормированные метрологические характеристики.

**К средствам измерений** относят меры и измерительные приборы, измерительные преобразователи, а также измерительные установки, измерительные системы.

**Меры** представляют собой средства измерений, служащие для воспроизведения физической величины заданного размера. Мерами являются, например, гири, катушка сопротивления. К мерам относятся также стандартные образцы и образцовые вещества.

**Стандартный образец** — мера для воспроизведения единицы величины, характеризующей свойства или состав веществ и материалов. Например, стандартный образец ферромагнитных материалов с аттестованным содержанием химических элементов.

**Образцовое вещество** — мера, представляющая собой вещество с известными свойствами, воспроизводимыми при соблюдении условий приготовления, указанных в утвержденной спецификации. Например, чистые газы, чистые металлы, чистая вода. При помощи стандартных образцов и образцовых веществ осуществляют наладку и контроль технологических процессов.



**Измерительный прибор** — это средство измерения, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для восприятия наблюдателем.

**Измерительная установка** — средство измерения, представляющее собой совокупность функционально объединенных измерительных приборов измерительных преобразователей и других вспомогательных устройств, расположенных в одном месте и связанных единством конструктивного исполнения.

Примером измерительной установки может служить рНметр, состоящий из первичного преобразователя (комплекта электродов) вторичного прибора (потенциометра) и вспомогательного устройства (высокоомного усилителя).

Кроме рассмотренных средств измерений существуют измерительные системы, представляющие собой совокупность средств измерений и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связи и предназначенные для получения измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и использования в автоматизированных системах управления.

**Вторичное измерительное устройство (вторичный прибор)** — средство измерений, предназначенное для работы в комплекте с измерительными приборами, а также с некоторыми видами первичных и промежуточных преобразователей.

Измерительные приборы очень разнообразны и различаются принципом действия, конструкцией и др. Общим для всех измерительных приборов является наличие отсчетных устройств. По способу отсчета значений измеряемых величин приборы подразделяются на показывающие, т. е. допускающие только отсчитывание показаний, и регистрирующие, в которых предусмотрена регистрация показаний. К показывающим относят аналоговые и цифровые приборы.

Отсчетные устройства аналоговых приборов состоят из шкалы и указателя-стрелки; показания прибора являются непрерывной функцией измеряемой величины.

Цифровой измерительный прибор автоматически вырабатывает дискретные сигналы измерительной информации, показания прибора представлены в цифровой форме.

Приборы, в которых предусмотрена регистрация показаний в форме диаграммы, называют самопишущими.

При шкальном отсчете шкалы могут быть неподвижными и подвижными (шкала перемещается относительно неподвижного указателя). Отметки на шкалах располагаются вдоль прямой линии или по дуге окружности на плоской или цилиндрической поверхности.

Шкалы, нулевая отметка которых совпадает с началом или концом шкалы, называются **односторонними**. Шкала называется **двусторонней**, если нулевая отметка не совпадает с

началом или концом шкалы (например, термометр расширения с пределом показаний от  $-50$  до  $+50$  °С).

**Делением шкалы** называется промежуток между осями или центрами двух смежных отметок. Длины делений равномерных шкал — одинаковые; неравномерных шкал — неодинаковые.

**Самопишущие (регистрирующие) приборы** имеют приспособления для автоматической записи на бумажной ленте или диске текущего значения измеряемой величины во времени.

Ленточные диаграммы бывают двух типов: с прямолинейным движением пера прибора и с движением пера по дуге окружности. Дисковые диаграммы могут быть с равномерными и неравномерными делениями.

**Государственная система приборов.** Построение Государственной системы приборов (ГСП) основано на определенных системно-технических принципах, позволяющих наиболее рационально решить проблему обеспечения техническими средствами разнообразных систем контроля регулирования и управления технологическими процессами.

ГСП представляет собой совокупность нормализованных рядов унифицированных блоков, приборов и узлов, составленных из минимального числа блоков-модулей, на основе которых собирается любое устройство, входящее в ГСП. ГСП предусматривает преобразование измеряемых параметров (температуры, давления и т. п.) в единую форму информации, удобную для передачи на расстояние.

Устройства ГСП по роду используемой вспомогательной энергии носителя сигналов в канале связи, применяемой для приема и передачи информации и команд управления, делятся на электрические, пневматические и гидравлические.

В ГСП входят также устройства, работающие без использования вспомогательной энергии (приборы и регуляторы прямого действия). Устройства, питающиеся при эксплуатации энергией одного рода, образуют единую структурную группу в Государственной системе приборов (ветвь ГСП).

По функциональному признаку изделия ГСП разделяются на следующие группы устройств, предназначенные для: получения информации о состоянии процесса; приема, преобразования и передачи информации по каналам связи; преобразования, хранения и обработки информации и формирования команд управления; использования командной информации для воздействия на процесс и связи с оператором.

Для обеспечения информационного сопряжения между блоками, приборами и установками ГСП применяют унифицированные сигналы (УС). Унифицированный сигнал (УС)



2. Изучить принципы работы приборов измерения давления.

### **Объект и средства изучения.**

Объектом для изучения являются приборы для измерения давления. Средствами измерительные приборы для измерения давления -манометры, и письменные принадлежности

### **Теоретическая часть.**

**Давление** — один из важнейших параметров технологических процессов. За единицу измерения давления в Международной системе единиц (СИ) принят паскаль (Па). Однако до настоящего времени используют также внесистемные единицы: Н/м<sup>2</sup>, мм. вод. ст. и бар. Эти единицы связаны следующими соотношениями: 1 кгс/см<sup>2</sup> = 98 066,5 Па; 1 мм вод. ст. = 9,80665 Па; 1 мм рт. ст. = 133,322 Па; 1 бар = 105 Па. При измерении давления необходимо различать абсолютное, избыточное и атмосферное давление, а также вакуум. Абсолютное давление  $P_a$  — параметр состояния вещества (жидкостей, газов и паров). Избыточное давление  $P_i$  — разность между абсолютным давлением  $P_a$  и атмосферным давлением  $P_b$  (т. е. давлением окружающей среды).  $P_i = P_a - P_b$ , (3.1) Если абсолютное давление ниже атмосферного, то  $P_v = P_b - P_a$ , (3.2) где  $P_a$  — давление (разрежение), измеряемое вакуумом.

По ГОСТ 2405–88 приборы для измерения давления классифицируются по принципу действия и по роду измеряемой величины. По принципу действия приборы для измерения давления подразделяются на следующие:

- **жидкостные**, основанные на уравнивании измеряемого давления давлением соответствующего столба жидкости;
- **деформационные**, измеряющие давление по величине деформации различных упругих элементов или по развиваемой силе;
- **грузопоршневые**, в которых измеряемое давление уравнивается внешней силой, действующей на поршень; – электрические, основанные или на преобразовании давления в одну из электрических величин, или на изменении электрических свойств материала под действием давления.

По роду измеряемой величины приборы для измерения давления делятся на:

- **манометры** — приборы для измерения абсолютного и избыточного давления; – вакуумметры — приборы для измерения вакуума;
- **мановакуумметры** — приборы для измерения избыточного давления и вакуума; – дифференциальные манометры — приборы для измерения разности двух давлений, ни одно из которых не является давлением окружающей среды; – барометры — приборы для измерения давления атмосферного воздуха;

- **напоромеры (микроманометры)** — приборы для измерения малых избыточных давлений;
- **тягомеры (микроманометры)** — приборы для измерения малых разрежений;
- **тягонапоромеры (микроманометры)** — приборы для измерения малых давлений и разрежений.

**Жидкостные манометры** отличаются простотой конструкции и сравнительно высокой точностью измерения. Их широко применяют как в качестве переносных (лабораторных), так и технических приборов для измерения давления. Переносный U-образный манометр, представляющий собой согнутую в виде буквы П стеклянную трубку. Трубка закреплена на доске со шкалой, расположенной между коленами трубки, и заполнена жидкостью (спиртом, водой, ртутью). Один конец трубки соединен с полостью, в которой измеряется давление, другой конец трубки сообщается с атмосферой.

Под действием измеряемого давления жидкость в трубке перемещается из одного колена в другое до тех пор, пока измеряемое давление не уравновесится гидростатическим давлением столба жидкости в открытом колене. Если давление в полости, с которой соединен прибор, ниже атмосферного, то жидкость в коленах переместится в обратном направлении и высота ее столба будет соответствовать вакууму. Присоединив оба колена трубки к полостям с различными давлениями  $P_1$  и  $P_2$ , можно определить разность давлений. Манометр заполняют жидкостью до нулевой отметки шкалы. Для определения высоты столба жидкости необходимо сделать два отсчета (снижения в одном колене и подъема в другом) и суммировать их величины, т. е.  $H = h_1 - h_2$ . Промышленные манометры MVI и MVL из нержавеющей стали содержат вертикальный столб жидкости, предназначенный для точного измерения отрицательных или очень низких положительных давлений и перепада давления (DP) воздуха или нейтрального газа. Они используются во всех отраслях промышленности и особенно рекомендуются в областях услуг качества, метрологии и калибровки.

Чашечный манометр, являющийся разновидностью П-образного. Одно из колена чашечного манометра выполнено в виде сосуда (чашки), диаметр которого больше диаметра трубки, представляющей собой другое колено. Полость с измеряемым давлением (больше атмосферного) соединяется с чашечкой, а трубка соединяется с атмосферой. Так как площадь сечения чашки больше площади сечения трубки, жидкость под действием давления в чашке опускается на высоту, которая меньше высоты подъема в трубке.

Обычно площадь сечения чашки значительно больше сечения трубки, поэтому величиной понижения уровня жидкости в чашке пренебрегают и результат отсчитывают только по высоте столбца жидкости в трубке от начального значения. Однако при этом возникает погрешность, вызванная понижением уровня жидкости в чашке, что изменяет положение нуля шкалы.

Например, при диаметре чашки, в десять раз большем диаметра трубки, получим  $h_2 = 0,01 h_1$ , т. е. относительная погрешность составит 1 %. Таким образом, погрешность прибора зависит от отношения площадей сечений трубки и чашки и может быть сколь угодно малой. На практике площади сечений чашки и трубки - выбирают обычно такими, чтобы отношением  $5/5$  можно было пренебречь. В основном для чашечных приборов  $s/S \leq 1/400$ .

**Микроманометр с наклонной трубкой.** При измерении малых давлений и разрежений порядка миллиметров или десятков миллиметров столба жидкости ошибка отсчета становится весьма значительной.

Например, при высоте столба жидкости, равного 10 мм, ошибка отсчета 0,5 мм дает погрешность измерения, равную 5 % измеряемой величины. Поэтому при измерении малых давлений приходится применять приборы, обеспечивающие большую точность измерения, чем U-образные или чашечные манометры. Одним из наиболее распространенных приборов этого типа является манометр с наклонной трубкой. Прибор состоит из стеклянного сосуда, к которому припаяна стеклянная трубка, наклоненная под некоторым углом к горизонту. Сосуд с трубкой укреплен на деревянной доске со шкалой, градуированной в миллиметрах водяного столба. Для удобства шкала сделана подвижной, чтобы при заполнении прибора жидкостью можно было совместить нуль шкалы с мениском жидкости в трубке. При измерении давления ниже атмосферного (разрежения) к пространству присоединяют конец трубки. Для точной установки в горизонтальной плоскости прибор снабжен уровнем. Поскольку трубка наклонена, высота столба жидкости, уравнивающая измеряемое давление, будет равна:  $h = n \sin \alpha$ , (3.4) где  $n$  — перемещение мениска жидкости в трубке, отсчитанное по шкале. Таким образом, цена деления шкалы в  $1/\sin \alpha$  раз больше высоты столба жидкости. Изменение уровня жидкости в сосуде  $3$  при подъеме жидкости в трубке учитывается при градуировке шкалы и поэтому не вносит ошибки в измерение. Микроманометры с наклонной трубкой изготавливают обычно для измерения давления в интервале 1,57–980 Па.

**Деформационные приборы.** В промышленной практике измерения давления и разности давлений широкое применение получили деформационные (с упругим чувствительным элементом) приборы. В этих приборах давление определяется по деформации упругих чувствительных элементов или по развиваемой ими силе, которые преобразуются передаточными механизмами в угловое или линейное перемещение указателя по шкале прибора.

В качестве упругих элементов используют трубчатые пружины, мембраны, мембранные коробки и сильфоны. По виду упругого чувствительного элемента пружинные приборы делятся на следующие группы:

- 1) приборы с трубчатой пружиной;

2) мембранные приборы, упругим элементом которых служит мембрана, мембранная коробка, блок мембранных коробок;

3) пружинно-мембранные с гибкой мембраной;

4) приборы с упругой гармониковой мембраной (сильфоном);

5) пружинно-сильфонные. Приборы с чувствительными элементами в виде гофрированных мембран, мембранных коробок и мембранных блоков применяют для измерения небольших избыточных давлений и разрежений (манометры, напоромеры и тягомеры), а также перепадов давления (**дифференциальные манометры**).

Зависимость прогиба мембраны от измеряемого давления в общем случае нелинейна. Число, форма и размеры гофра зависят от назначения прибора, пределов измерения и других факторов. Чтобы увеличить прогиб в приборах для малых давлений, мембраны попарно соединяют в мембранные коробки, а коробки — в мембранные блоки.

Мембранные коробки могут быть anerоидными и манометрическими. Anerоидные коробки, применяемые в барометрах, герметизированы и заполнены воздухом или инертным газом при давлении 1 Па. Деформация anerоидной коробки происходит под воздействием разности давления окружающей ее среды и давления в полости коробки. Так как давление в полости коробки очень мало, можно считать, что ее деформация определяется атмосферным давлением.

Деформация anerоидной или манометрической коробки равна сумме деформаций составляющих ее мембран. Третий вид упругих элементов манометров составляют особые гофрированные коробки, называемые сильфонами. Сильфон представляет собой цилиндрический тонкостенный сосуд, на боковой поверхности которого выдавлены глубокие параллельные волны. При воздействии осевой нагрузки, внешнего или внутреннего давления длина сильфона изменяется, увеличиваясь или уменьшаясь в зависимости от направления приложенной силы.

**Манометр с трубчатой пружиной** — один из наиболее распространенных видов деформационных приборов. Чувствительным элементом такого прибора является согнутая по дуге круга и запаянная с одного конца трубка эллиптического или овального сечения. Открытым концом трубки через держатель и ниппель присоединяют к источнику измеряемого давления. Свободный (запаянный) конец трубки через передаточный механизм соединен с осью стрелки, перемещающейся по шкале манометра. Трубки манометров, рассчитанных на давление до 500 кПа (50 кгс/см<sup>2</sup>), изготавливают из меди, а трубки манометров, рассчитанных на большее давление, — из стали. Свойство изогнутой трубки некруглого сечения изменять величину изгиба при изменении давления обусловлено изменением формы сечения. Под действием давления внутри

трубки эллиптическое или овальное сечение, деформируясь, приближается к круговому, что приводит к раскручиванию трубки, т. е. к угловому перемещению ее свободного конца.

Это перемещение в определенных пределах пропорционально измеряемому давлению. Поэтому максимальное рабочее давление манометра должно быть ниже предела пропорциональности с некоторым запасом прочности. В соответствии с этим шкалу манометра (верхний предел измерения) выбирают таким образом, чтобы рабочий предел измерения (наибольшее рабочее давление) был не менее  $3/4$  верхнего предела измерения при постоянном давлении и не менее  $2/3$  верхнего предела измерения при переменном давлении.

Верхние пределы измерения манометра выбирают из ряда:  $(1; 1,6; 2,5; 4; 6) \cdot 10^n$  где  $n$  — любое целое положительное или отрицательное число. Перемещение свободного конца трубки под действием давления весьма невелико, поэтому в конструкцию прибора введен передаточный механизм, увеличивающий масштаб перемещения конца трубки. Зубчато- передаточный механизм состоит из зубчатого сектора, шестерни, сцепляющейся с сектором, и спиральной пружины. На оси шестерни, закреплена указывающая стрелка манометра. Пружина одним концом прикреплена к оси шестерни, а другим — к неподвижной точке платы механизма. Пружина, выбирая зазоры в зубчатом зацеплении и шарнирных соединениях передаточного механизма, исключает люфт стрелки.

**Манометр с трубкой Бурдона** применяется в неблагоприятных эксплуатационных условиях, при пульсации и вибрации, для исследования газообразных и жидких сред, не агрессивных к медным сплавам, в гидравлике, компрессорах и судостроении.

**Мембранный манометр.** Упругим элементом манометра является гофрированная мембрана, края которой зажаты между фланцами чашек. Чашка имеет ниппель, которым манометр присоединяют к измеряемому давлению. Верхняя чашка представляет собой одно целое с корпусом манометра. В центре мембраны закреплена стойка, шарнирно соединенная с поводком. Последний соединен с сектором зубчато-секторного передаточного механизма.

Наиболее удобны мембранные манометры для измерения давления вязких жидкостей или химически агрессивных сред

**Грузопоршневой манометр.** Принцип действия поршневого манометра основан на уравнивании сил, создаваемых, с одной стороны, измеряемым давлением, а с другой стороны — грузами, действующими на поршень, помещенный в цилиндр. Прибор состоит из колонки с цилиндрическим шлифованным каналом и поршня, несущего на своем верхнем конце тарелку для нагружения ее эталонными грузами. Поршень винтового пресса служит для подъема и опускания поршня так, чтобы при любых нагрузках поршень был погружен в цилиндр примерно на  $2/3$  своей высоты. Камеру поршневого манометра заполняют трансформаторным, вазелиновым или касторовым маслом через воронку.



Давление в системе создают с помощью винта с маховиком и поршня. Штуцеры служат для установки поверяемого и образцового манометров. Вентиль предназначен для слива масла. с сектором зубчато-секторного передаточного механизма. В процессе измерений для устранения вредных сил трения поршня 6 о стенки цилиндрического канала колонки 7 поршень 6 вручную приводят во вращение. Поршневой манометр может быть использован для поверки манометров как с помощью грузов, так и с помощью образцового манометра.

**Электрические манометры.** Тензорезисторные измерительные преобразователи ИП «Сапфир» обеспечивают непрерывное преобразование давления в унифицированный электрический токовый сигнал дистанционной передачи.

Действие прибора основано на использовании тензометрического эффекта в полупроводниковом материале. Воздействие измеряемого параметра, преобразованное в усилие, вызывает изменение напряженного состояния тензорезисторов, жестко соединенных (нанесенных в виде монокристаллической пленки) с чувствительным элементом тензомодуля, который размещен внутри измерительного блока первичного преобразователя.

Изменение сопротивления тензорезисторов, пропорциональное изменению величины измеряемого параметра, преобразуется встроенным электронным устройством в токовый выходной сигнал (4–20 мА) первичного преобразователя. Сигнал 4–20 мА передается по искробезопасной двухпроводной линии дистанционной передачи к блоку питания БП324 (по этим же проводам подается питание), где преобразуется в унифицированный токовый выходной сигнал (0–5; 0–20 или 4–20 мА) в зависимости от исполнения прибора. ИП «Сапфир» состоит из двух конструктивных блоков: первичного преобразователя и блока питания типа БПЗ-24, связанных двухпроводной линией связи. Первичные преобразователи включают измерительный блок, встроенное унифицированное электронное устройство и различаются лишь конструкцией измерительных блоков. Измерительные блоки выполнены на основе тензомодулей двух типов (в зависимости от пределов измерения): рычажно-мембранного и мембранного.

Тензомодуль рычажно-мембранного типа размещен внутри основания в заполненной полиметилсилоксановой жидкостью замкнутой полости и отделен от измеряемой среды металлическими гофрированными мембранами. Мембраны по наружному контуру приварены к основанию и соединены между собой центральным щитком 3, который связан с концом рычага тензомодуля.

Разность давлений вызывает прогиб мембран и тензомодуля, а также изменение сопротивления тензорезисторов. Электрический сигнал с тензомодуля передается из полости высокого давления во встроенное электронное устройство 6 по проводам через герметичный вывод. При односторонней перегрузке рабочим давлением мембрана после дополнительного перемещения ложится на профилированную подушку, поэтому измерительный блок

выдерживает эту перегрузку, не разрушаясь. В преобразователях избыточного давления, разрежения и избыточного давления — разрежения используются одни и те же измерительные блоки, которые отличаются от измерительных блоков преобразователей разности давлений конструкцией фланцев.

Промышленность выпускает следующие типы ИП «Сапфир»: 651 ДИ и 652 Ди для избыточного давления; 651 ДА и 652 ДА — для абсолютного давления; 651 ДВ — для разрежения; 651 ДД и 652 ДД — для разности давления, 651 ДГ — для гидростатического давления. Для измерения давления неагрессивных жидких и газообразных сред и сигнализации при его отклонении от заданного интервала используют приборы типа МП4-III.

Измерительный блок разности давлений состоит из четырех основных узлов

- узла измерения величины давления,
- трибко-секторного механизма,
- контактного устройства,
- сигнального блока.

Перемещение свободного конца манометрической пружины через тягу, сектор и трибку преобразуется в поворот показывающей стрелки относительно шкалы. Вместе с показывающей стрелкой поворачивается ведущий поводок, который перемещает подвижные контактные поводки. Сигнальный блок питается от сети переменного тока через однополупериодный выпрямитель Д1 и стабилизатор Д2. Нагрузкой предельных контактов 3 и 8 являются электромагнитные реле Р1 и Р2, служащие для коммутации внешних цепей. Когда величина измеряемого параметра находится в пределах, заданных сигнальными указателями, контакты поводкового контактного устройства разомкнуты: нормально замкнутые контакты реле Р1 и Р2 замыкают цепь выдачи сигнала «Норма». При выходе величины измеряемого параметра за пределы, установленные сигнальными указателями, замыкаются соответствующие контакты поводкового контактного устройства, нормально разомкнутые контактные реле Р1 и Р2 замыкают цепь выдачи сигнала «Минимум» или «Максимум».

**Пневматические манометры** Манометр абсолютного давления сильфонный пневматический МАС-П предназначен для непрерывного преобразования абсолютного давления газа в пропорциональный пневматический сигнал дистанционной передачи. Выпускается двух типоразмеров (МАС-П1 и МАС-П2) на одиннадцать различных пределов измерения. Датчик дифманометра ДС-П состоит из блока сдвоенных сильфонов, полости которых заполнены кремнийорганической жидкостью. Полости сильфонов сообщаются между собой каналом, который перекрывается клапаном при увеличении деформации сильфонов выше предельной рабочей деформации. При нарушении герметичности мембраны одновременно закрываются оба клапана сильфонных чувствительных элементов, обеспечивая надежную защиту от выброса

наружу измеряемой среды в случае разрушения сильфонов, что особенно важно при измерениях перепада давления токсичных и взрывоопасных сред.

МП4-У с пневматической передачей показаний на расстояние. Принцип действия измерительной части прибора основан на уравнивании величины измеряемого давления силой упругой деформации одновитковой трубчатой пружины, а принцип действия пневматической части — на компенсации сил.

Изменение давления, передаваемого во внутреннюю полость трубчатой пружины, вызывает перемещение ее свободного конца, которое преобразуется передаточным механизмом (тяги, рычага и трибкосекторной пары) в движение стрелки относительно шкалы. Одновременно перемещение конца манометрической пружины передается на заслонку пневмопреобразователя через тягу, рычажный механизм и цилиндрическую пружину. Заслонка может перемещаться относительно сопла. Пневмопреобразователь работает следующим образом. Питающий воздух под давлением  $140 \pm 14$  кПа, которое контролируется манометром, поступает через входное отверстие в усилительное пневмореле, где редуцируется шариковым клапаном напора давления 2 до 3–4 кПа и через камеру давления командного воздуха А, а также дроссель поступает в линию сопла. При полном открытии сопла заслонкой избыточное давление в линии перед соплом равно нулю, так как отверстие сопла значительно больше отверстия дросселя, а давление командного воздуха определяется силами пружин и составляет 4 кПа.

Увеличение давления в линии перед соплом при закрывании его передается на мембрану, и шариковый клапан сброса приоткрывает отверстие для выпуска воздуха в атмосферу, а мембрана, воздействуя на шариковый клапан напора давления, открывает входное отверстие питания. При этом в камере давления командного воздуха давление возрастает на величину повышения давления в линии перед соплом; это давление передается во внутреннюю полость трубчатой пружины обратной связи и на выход прибора.

Давление воздуха контролируется по манометру. Под действием давления, передаваемого во внутреннюю полость трубчатой пружины обратной связи, пружина деформируется, отводит заслонку от сопла на расстояние, обеспечивающее поддержание в системе давления воздуха, пропорционального измеряемому параметру. Как только заслонка останавливается, увеличение давления в камере давления командного воздуха прекращается, на дросселе устанавливается прежний перепад давления, а вся система уравнивается. При уменьшении измеряемого прибором давления среды заслонка отходит от сопла, что приводит к уменьшению давления в линии перед соплом, а следовательно, и в камере командного воздуха, так как мембраны перемещаются так, что открывается клапан сброса давления и перекрывается клапан напора. Сброс давления будет продолжаться до прекращения движения заслонки, т. е. до установления нового равновесия сил на мембранах. Уменьшенное давление в камере давления командного

воздуха будет передано на выход прибора и во внутреннюю полость пружины обратной связи, которая, деформируясь, приблизит заслонку к соплу на расстояние, обеспечивающее поддержание в системе давления, пропорционального измеряемой величине. Приборы выпускаются с классами точности 1,0 и 1,5. Интервал изменения выходного сигнала 20–100 кПа (0,2– 1,0 кгс/см<sup>2</sup>).

### **Задание к практической работе.**

Ознакомиться с классификацией приборов для измерения давления. Составить опорный конспект объемом- 4 страницы машинописного текста Times New Roman 14, межстрочный интервал 1,5.

### **Отчет о работе № 3**

#### 1. Цель работы

---

---

---

---

---

---

Студент \_\_\_\_\_ Преподаватель \_\_\_\_\_

#### **Контрольные вопросы:**

1. Разновидностью какого типа манометра является чашечный манометр?
2. На разности каких величин основан принцип работы дифференциальных манометров
3. На каком принципе основана работа пневматического манометра абсолютного давления?
4. На чем основана работа грузопоршневого манометра?
5. Изменение какой электрической величины преобразуется в электрических манометрах в сигнал?

#### **Практическая работа №4. Измерение количества жидкости и газа. Скоростные, объёмные, барабанные, ротационные счётчики.**

Цель работы:

1. Изучить методы и приборы для измерения жидкостей и газов.
2. Изучить виды скоростных, объёмных, барабанных, ротационных счетчиков.

## Объект и средства изучения

Объектом исследования являются приборы и методы измерения количества жидкостей и газов, скоростные, объемные, барабанные, ротационные счетчики.

### Теоретическая часть.

Количество жидкости или газа можно измерить счетчиками. По принципу действия счетчики подразделяются на объемные, массовые и скоростные. Для измерения количества жидкости применяют преимущественно объемные и скоростные счетчики, для измерения объема газа — объемные счетчики. Для каждого счетчика существует определенный минимальный расход, ниже которого резко возрастает основная погрешность.

Номинальным расходом называется наибольший длительный расход, при котором погрешность измерения не выходит за пределы установленных норм, а потеря напора не создает в счетчике усилий, приводящих к быстрому износу его деталей. 65 Характерным расходом называется количество вещества, которое проходит через счетчик за 1 час при установившемся потоке и потере напора 0,1 МПа.

Характерный расход является условной величиной и служит мерой оценки счетчиков различных конструкций. Потери напора представляют собой разность давлений на входе в счетчик и выходе из него. Калибром счетчика называется диаметр условного прохода входного патрубка, выраженный в миллиметрах.

**Скоростные счетчики.** Эти счетчики служат для измерения количества жидкостей. Они основаны на принципе измерения средней скорости движущегося потока. Количество жидкости связано со средней скоростью движущегося потока соотношением  $Q = v_{ср} S$ , (4.1) где  $v_{ср}$  — средняя скорость движения вещества, м/с;  $S$  — поперечное сечение потока, м<sup>2</sup>. О количестве жидкости, прошедшей через прибор, судят по числу оборотов лопастной вертушки, расположенной на пути потока. Считается, что скорость вращения вертушки пропорциональна средней скорости потока  $n = C v_{ср}$ ; (4.2) с учетом уравнения (4.1)  $n = c (Q \setminus S)$ , (4.3) где  $n$  — число оборотов вертушки;  $c$  — коэффициент пропорциональности, характеризующий механические и гидравлические свойства прибора. По форме вертушки скоростные счетчики разделяются на две группы: с винтовой вертушкой и крыльчатые.

Винтовые вертушки размещают параллельно измеряемому потоку, крыльчатые — перпендикулярно ему. В корпусе, снабженном фланцами для присоединения к трубопроводу, установлена вертушка с лопастями, изогнутыми по винтовой линии. Вертушку изготавливают из пластмассы при рабочей температуре до 30 °С и из латуни при более высоких температурах. Вертушку делают полой для уменьшения ее веса и давления на цапфы. На ось вертушки перед

задним закрытым подшипником V, закрепленным в крестовине, насажен червяк, сцепляющийся с червячной шестерней, передающей вращение передаточному механизму.

От механизма движение передается оси, проходящей через сальник, и счетному механизму. Перед вертушкой со стороны входа жидкости установлен струевыпрямитель, состоящий из нескольких радиально закрепленных прямых пластин. Конец одной из пластин струевыпрямителя поворачивается вокруг вертикальной оси, образуя лопасть, служащую для регулирования счетчика через рычажный привод.

В струевыпрямителе закреплен передний подшипник оси вертушки. Механическое сопротивление (трение в подшипниках, сальнике и т. п.) влияет на скорость вращения вертушки, а при некоторой минимальной скорости потока вертушка будет неподвижна. В зависимости от способа подвода жидкости счетчики с крыльчатой вертушкой подразделяются на одноструйные и многоструйные.

Как в одноструйных, так и в многоструйных счетчиках жидкость подводится тангенциально к лопастям вертушки. Счетчики с крыльчатой вертушкой устанавливают на горизонтальных участках трубопроводов. Счетчики с винтовой вертушкой применяют при давлении жидкости до 1,0 МПа и при длительной нагрузке до 600 м<sup>3</sup> /ч. Погрешность счетчиков  $\pm 2-3$  % действительного значения.

**Объемные счетчики.** Принцип работы объемных счетчиков заключается в измерении определенного объема жидкости, вытесняемого из измерительной камеры под воздействием разности давлений. Для применения на напорных технологических линиях выпускают объемные лопастные счетчики типа ЛЖ.

Принцип действия лопастных счетчиков основан на том, что поток измеряемой жидкости, поступая через входной патрубок, проходит через измерительную камеру, где теряет часть напора на создание крутящего момента, приводящего во вращение ротор с выдвигаемыми лопастями. Измерение объемного количества жидкости происходит при периодическом отсекании определенных объемов жидкости, заключенных в полости между двумя лопастями и цилиндрическими поверхностями измерительной камеры и барабана. За один полный оборот ротора отсекаются четыре объема, сумма которых равна емкости измерительной камеры. В обозначении типа счетчика первое число после букв — диаметр условного прохода счетчика, второе число — рабочее давление, на которое рассчитан счетчик. Лопастные счетчики с обозначением ЛЖА предназначены для агрессивных жидкостей.

**Барабанные счетчики.** Работа этих счетчиков основана на непрерывном отмеривании и отсчете равных объемных порций газа. Число этих объемов регистрируется счетным механизмом.

В герметичном цилиндрическом кожухе, заполненном несколько более чем наполовину затворной жидкостью, вращается концентрично расположенный барабан, разделенный четырьмя радиальными и одной цилиндрической перегородками на пять камер I — V. Камеры I — IV сообщаются с пространством кожуха 1 щелями a, b, c, d и с внутренней камерой V через щели a1, b1, c1 и d1. В камеру V через полую ось входит подающая газ труба 3, а в верхней части кожуха установлена отводящая труба – специальный манифольд отделяет счетчик от измерительной камеры;

- малые потери давления;

- простая конструкция ротора:

- лопасти очень легко меняются, имеют низкую стоимость, что снижает эксплуатационные расходы;

- коррекция расхода для поддержания хорошей точности на всем протяжении года;

- измерение вязких продуктов.

Радиальные перегородки и соединяющие щели расположены так, что газ последовательно заполняет камеры I — IV. Перепад давлений в трубах заставляет барабан вращаться по часовой стрелке. Входная и выходная щели каждой камеры никогда не могут быть одновременно над уровнем жидкости, следовательно, прямой переток газа из трубы в трубу исключается. Каждая камера заполняется определенным постоянным объемом газа, вытесняемым из камеры в кожух прибора при выходе выпускной щели из-под уровня запирающей жидкости.

Вращение барабана передается счетному механизму, расположенному снаружи кожуха. За один оборот через барабан проходит объем газа, равный сумме объемов камер, отсекаемых жидкостью. Запирающей жидкостью служит обычно вода. В случае опасности замерзания воды используют водный раствор хлорида магния или глицерин. Барабанные счетчики применяют для измерения светильного, газогенераторного, коксового и других нейтральных газов, заметно не растворяющихся в затворной жидкости и не воздействующих на материал счетчика. Обязательным условием работы барабанных газовых счетчиков является постоянство уровня жидкости в кожухе счетчика. Для контроля уровня жидкости счетчик снабжают водомерным стеклом или устройством для поддержания постоянства уровня. Барабанные счетчики газа представляют собой очень точные приборы, их погрешность не превышает  $\pm 0,2\%$ . Однако они редко выпускаются производительностью более 3 м<sup>3</sup> /ч, так как при большой производительности габариты их слишком велики.

**Ротационные счетчики.** Счетчики газа ротационные типа РГ предназначены для измерения объемного количества очищенных неагрессивных горючих газов, Газовые

барабанные счетчики используемых в установках коммунальных и промышленных предприятий (природного, сланцевого, генераторного, водяного, коксового, доменного, светильного, масляного, смешанного, пропан-бутана).

Ротационные счетчики состоят из трех основных узлов: корпуса, счетного механизма и дифференциального манометра. В корпусе размещены два ротора восьмеричной формы, удерживаемые во взаимно перпендикулярном положении двумя парами шестерен, которые смонтированы на шейках роторов. При протекании газа через счетчик давление на выходе несколько ниже, чем на входе, поэтому роторы вращаются в одном направлении. За каждый оборот роторов счетчик пропускает постоянный объем газа. Вращательное движение роторов передается счетному механизму, установленному на передней крышке счетчика. Счетный механизм показывает объем прошедшего через счетчики газа в кубометрах. Для наблюдения за нормальной работой счетчика служит дифференциальный манометр, разность уровней подкрашенной воды которого показывает потерю напора в счетчике.

### **Задание к практической работе**

Ознакомиться с методами и приборами для измерения жидкостей и газов, объемными, барабанными, ротационными счетчиками. Составить опорный конспект объемом- 4 страницы машинописного текста Times New Roman 14, межстрочный интервал 1,5.

### **Отчет о работе № 4**

#### 1.Цель работы

---

---

---

---

---

---

---

---

Группа \_\_\_\_\_ Студент \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

#### **Контрольные вопросы:**

1. Перечислить какие приборы используются для измерения жидкостей?
2. Назовите принцип работы скоростных счетчиков.



3. Описать принцип работы объемных приборов для измерения жидкостей.
4. Описать принципы работы барабанных.
5. Описать принцип работы ротационных счетчиков.

### **Практическая работа №5. Термометры расширения и манометрические термометры. Биметаллические термометры.**

Цель работы:

1. Изучить виды и принцип действия термометров расширения, манометрических и биметаллических термометров

#### **Объект и средства изучения**

Объектом изучения являются термометры расширения, манометрические термометры и биметаллические термометры.

#### **Задание к практической работе**

Ознакомиться видами и принципом действия термометров расширения, манометрических и биметаллических термометров. Составить опорный конспект объемом- 4 страницы машинописного текста Times New Roman 14, межстрочный интервал 1,5.

#### **Теоретическая часть.**

**Термометры расширения.** Это такие приборы, в которых используется наблюдаемое при изменении температуры изменение объема или линейных размеров тел. В зависимости от вида термометрических веществ термометры расширения подразделяются на жидкостные и термометры, основанные на расширении твердых тел. Измерение температуры жидкостными стеклянными термометрами основано на различии коэффициентов объемного расширения жидкостями материала оболочки термометра. Показания жидкостного термометра принято характеризовать коэффициентом расширения жидкости в стекле, определяемым уравнением. Для изготовления термометров применяют стекла специальных сортов (термометрические), обладающие малым значением коэффициента. В зависимости от интервала измеряемых температур в качестве рабочей жидкости в жидкостных термометрах применяют пентан (от  $-190$  до  $+20$  °С), петролейный эфир (от  $-130$  до  $+25$  °С), этиловый спирт (от  $-100$  до  $+75$  °С), толуол (от  $-90$  до  $+100$  °С) и ртуть (от  $-30$  до  $+700$  °С).

Наибольшее распространение получили ртутные стеклянные термометры. Коэффициент расширения ртути мало изменяется при изменении температуры, поэтому шкала ртутного термометра до  $200$  °С практически линейна. Термометры с органическими жидкостями из-за ряда

недостатков применяют только для измерения низких температур. Из всех таких термометров наибольшее распространение получили спиртовые. Несмотря на большое разнообразие конструкций, все жидкостные стеклянные термометры относятся к одному из двух основных типов: палочные и со вложенной шкалой.

Палочные термометры имеют толстостенный капилляр наружным диаметром 6–8 мм, нижний конец которого образует резервуар для жидкости. Шкалу наносят на внешнюю поверхность капилляра.

Термометры со вложенной шкалой имеют тонкостенный капилляр с расширенным резервуаром для ртути. Шкалу наносят на пластинку из молочного стекла, которая вместе с капилляром заключена в стеклянную оболочку, прикрепленную к резервуару термометра.

В зависимости от назначения ртутные стеклянные термометры подразделяются на образцовые (1-го и 2-го разрядов), лабораторные и технические. Образцовые термометры 1-го разряда изготавливают только палочного типа, а образцовые 2-го разряда и лабораторные — палочного типа или со вложенной шкалой. Технические термометры изготавливают только со вложенной шкалой. Технические и лабораторные термометры могут иметь шкалы с различными пределами.

Разновидностью ртутных являются контактные термометры, используемые в основном для сигнализации о нарушении заданного температурного режима. Одноконтактный термометр с контактами из платиновой проволоки, впаянными в нижнюю часть капилляра на уровне отметки, соответствующей той температуре, о которой нужно сигнализировать или которую необходимо поддерживать постоянной. К контактам припаяны проводники из медной проволоки, которые через соответствующие реле включены в цепь электрического нагревателя или сигнализации.

В тот момент, когда оба контакта соединяются столбиком ртути, происходит замыкание электрической цепи реле, которое выключает электрический нагреватель или включают сигнализацию. Контактные термометры бывают с двумя и тремя контактами, с переменным положением верхнего контакта и т. д. Если термометр, градуированный при полном погружении в среду, по условиям эксплуатации не может быть полностью погружен в измеряемую среду, то резервуар его и жидкостный столбик будут находиться при разных температурах. Поправку на выступающий столбик вычисляют по формуле

$\Delta t = n \beta t_1, t_2 (t_2 - t_1)$ , где  $n$  — число градусов на выступающем столбике;

$\beta t_1, t_2$  — коэффициент расширения жидкости в стекле (для ртути 0,00016, для спирта 0,001);

$t_2$  — температура, показываемая термометром;

Контактные термометры 135 t1 — средняя температура выступающего столбика, измеряемая вспомогательным термометром, резервуар которого прикреплен к середине выступающего столбика основного термометра. Если температура выступающего столбика ниже измеряемой, то поправка  $\Delta t$  имеет положительный знак, а если выше — отрицательный. Ошибки, вызванные выступающим столбиком, могут достигать значительной величины, и пренебрегать ими не следует. Ртутные стеклянные термометры широко применяют в лабораторной и производственной практике.

**Биметаллические термометры.** Чувствительным элементом таких термометров является биметаллическая пластинка. Обычно внутренний слой этой пластинки изготовляют из металла, имеющего большой коэффициент линейного расширения, а наружный — из металла с малым коэффициентом (из инвара).

При повышении температуры пластинка разгибается. Деформация пластинки через тягу, зубчатый механизм и шестеренку передается стрелке. Верхний предел измерения этих термометров ограничивается пределом упругости материалов. Основная область их применения — автоматическое регулирование температуры и сигнализация предельных значений температур. Биметаллические элементы применяют также для защиты электрических цепей от перегрузок. В этом случае биметаллическая пластинка при повышении тока нагрузки сверх допустимого значения деформируется и разрывает электрическую цепь пускателя, отключающего нагрузку.

**Манометрические термометры.** Действие манометрических термометров основано на изменении давления рабочего вещества, заключенного в емкость постоянного объема, при изменении его температуры.

Прибор состоит из термобаллона, капиллярной трубки и манометрической части. Всю систему прибора (термобаллон, капилляр, манометрическая пружина) заполняют рабочим веществом. Термобаллон помещают в зону измерения температуры. При нагревании термобаллона давление рабочего вещества внутри замкнутой системы увеличивается.

Увеличение давления воспринимается манометрической пружиной, которая воздействует через передаточный механизм на стрелку или перо прибора. Манометрическая пружина выполняется как в виде одно- или многовитковой пружины, так и в виде сильфона (как у рассмотренных выше манометров).

Длина и диаметр термобаллона могут быть различными. Термобаллоны обычно изготовляют из стали или латуни, обладающей высокой теплопроводностью, а капилляр — из медной или стальной трубки с внутренним диаметром от 0,15 до 0,5 мм. Длина капилляра может быть различной (от 0,25 см до 60 м). Для защиты от механических повреждений капилляр часто помещают в защитную оболочку из оцинкованного стального провода.

Манометрические термометры широко применяют в химических производствах. Этими приборами можно измерять температуру в интервале от  $-120$  до  $+600$  °С. Различают манометрические термометры следующих типов:

1) газовые, вся система которых заполнена газом под некоторым начальным давлением; в качестве заполнителя применяют азот, аргон, гелий;

2) жидкостные, система которых заполнена жидкостью; в качестве заполнителя используют полиметилсилоксановые жидкости;

3) конденсационные, в которых термобаллон частично заполнен низкокипящей жидкостью, а остальное его пространство заполнено парами этой жидкости; термосистемы заполняют ацетоном, метилом хлористым, фреоном.

Устройство манометрических термометров всех типов аналогично. Они бывают показывающими, самопишущими и контактными. Основная погрешность манометрических термометров всех видов равна  $\pm 1,5$  % от максимального значения шкалы при нормальных условиях. При отклонении условий от нормальных возникают дополнительные погрешности, которые рассчитывают или компенсируют.

Работа газового манометрического термометра основана на законе Шарля, устанавливающего прямую зависимость между давлением и температурой идеального газа  $P_t = P_0 [1 + \beta (t - t_0)]$ , (6.3) где  $\beta = 1/273,15$  — термический коэффициент расширения газа,  $1/^\circ\text{C}$ ;  $t$  — конечная температура, °С;  $t_0$  — начальная температура, °С. Шкала термометра получается равномерной, что является его преимуществом.

Отклонение температуры окружающей среды от  $+20$  °С вызывает погрешность измерения, которую можно рассчитать по приближенной формуле:  $\Delta t_m = (V_m / V_\sigma) (t_m - t_0)$ , (6.4) где  $V_m$  — объем манометрической пружины;  $V_\sigma$  — объем термобаллона;  $t_m$  — температура среды, окружающей манометр, °С;  $t_0$  — температура градуировки прибора ( $20$  °С). Погрешность от нагревания капиллярной трубки  $\Delta t_k = (V_k / V_\sigma) (t_k - t_0)$  (6.5) где  $V_k$  — объем капиллярной трубки;  $t_k$  — температура среды, окружающей капилляр, °С. Из формулы (6.5) видно, что погрешность возрастает пропорционально объему, а следовательно, и длине капилляра.

Ее можно уменьшить, увеличив объем термобаллона при той же длине капилляра. Обычно объем термобаллона составляет 90 % общего объема термометра. При правильно выбранном соотношении объема термобаллона, капилляра и трубчатой пружины термометры с достаточной точностью могут работать без температурной компенсации при длине капилляра до 40 м. Во всех случаях при эксплуатации необходимо предохранять манометр и капилляр от действия теплового излучения окружающих нагретых предметов.

Иногда для компенсации погрешностей от колебания температуры манометра применяют компенсационное устройство в виде биметаллической спирали, встроенной в передаточный механизм манометра. Биметаллическая спираль при изменении температуры манометра действует в обратном направлении относительно основной пружины. 140 К специфическим недостаткам газовых манометрических термометров относится их значительная тепловая инерция, обусловленная низким коэффициентом теплоотдачи от стенки термобаллона к наполняющему его газу и малой теплопроводностью последнего.

Действие жидкостных манометрических термометров основано на зависимости изменения давления от температуры  $\Delta P = (\beta / \mu) \Delta t$ , (6.6) где  $\Delta P$  — изменение давления, МПа;  $\beta$  — коэффициент объемного расширения жидкости,  $1/^\circ\text{C}$ ;  $\mu$  — коэффициент сжимаемости жидкости,  $\text{см}^2 / \text{кг}$ ;  $\Delta t$  — изменение температуры,  $^\circ\text{C}$ . Из уравнения 6.5 видно, что изменение объема жидкости является линейной функцией температуры. Это определяет равномерность шкалы жидкостных термометров. Следует отметить, что погрешности от колебания температуры окружающей среды для жидкостных термометров больше, чем для газовых. Эти погрешности вычисляют по тем же формулам, что и для газовых термометров.

Особенно значительные погрешности получаются при колебании температуры капилляра, поэтому при значительной его длине необходимо применять компенсационное устройство.

Схема компенсационного устройства, имеющего рядом с основным капилляром дополнительный (компенсационный) капилляр. Один конец у термобаллона запаян, а другой соединен со вспомогательной (компенсационной) пружиной.

Термометр манометрический SW15 142 заполнены одной и той же рабочей жидкостью и имеют одинаковые характеристики. С изменением температуры окружающей среды давление жидкости в обоих капиллярах и в обеих пружинах изменяется, поэтому вспомогательная пружина действует в направлении, противоположном действию основной пружины и тем самым исключается влияние температуры окружающей среды на показания прибора.

Для жидкостных термометров следует также учитывать погрешность, вызванную различным положением термобаллона относительно манометра по высоте; эту погрешность можно скомпенсировать, корректируя нуль после установки прибора. В конденсационных манометрических термометрах термобаллон обычно заполнен на  $\frac{2}{3}$  объема низкипящей жидкостью.

В замкнутой системе термометра всегда существует динамическое равновесие одновременно протекающих процессов испарения и конденсации. При повышении температуры усиливается испарение жидкости и увеличивается упругость пара, а следовательно, усиливается также и процесс конденсации.

В результате этого насыщенный пар достигает некоторого определенного давления, строго отвечающего температуре. Изменение давления насыщенного пара непропорционально изменению температуры, поэтому шкала конденсационного термометра получается неравномерной. Это один из его недостатков.

Манометрические термометры всех видов характеризуются значительным запаздыванием показаний, зависящим от физического состояния наполнителей и их теплофизических характеристик.

Газовые термометры имеют наибольшее запаздывание, а парожидкостные — наименьшее (примерно в 2,5 раза меньше, чем газонаполненные); жидкостные термометры занимают промежуточное положение. При измерении температуры агрессивных сред или продуктов в аппаратах, работающих при высоких давлениях, термобаллон манометрического термометра устанавливают в защитную гильзу.

Для работы со вторичными приборами изготавливают манометрические термометры с электрической и пневматической дистанционной передачей показаний. Приборостроительная промышленность выпускает термометры манометрические различных видов.

## Отчет о работе № 5

### 1. Цель работы

---

---

---

---

---

---

---

---

Студент \_\_\_\_\_ Преподаватель \_\_\_\_\_

### Контрольные вопросы

1. Каков принцип действия способ применения термометров расширения?
2. Каков принцип действия способ применения манометрических термометров?
3. Каков принцип действия и способ применения биметаллических термометров?
4. На чем основано действие жидкостных манометрических термометров?
5. Для каких целей используется компенсационное устройство в виде биметаллической спирали?

## **Практическая работа №6. Измерение концентрации растворов.**

### **Измерение плотности жидкостей.**

### **Измерение влажности газов.**

### **Метод точки росы.**

#### **Цель работы:**

1. Изучить методы и средства измерения концентрации растворов.
2. Изучить методы и средства измерения плотности жидкостей.
3. Изучить методы и средства измерения влажности газов.
4. Изучить метод точки росы

#### **Объект и средства изучения**

Объектом изучения являются методы и средства измерения концентрации растворов, плотности жидкостей, влажности газов и метод точки росы.

### **Теоретическая часть**

Для контроля концентрации растворов наиболее широкое применение нашли следующие методы:

- **кондуктометрический**, основанный на измерении электропроводности электролитов;
- **оптический**, основанный на изменении оптических свойств жидкостей в зависимости от концентрации определяемого вещества;
- **электрометрический**, основанный на измерении разности потенциалов специальных электродов, погруженных в контролируемую среду, и зависящий от ее кислотности или щелочности (рНметрия).

Кондуктометрический метод. Измерение концентрации растворов электролитов по их электропроводности (кондуктометрия) широко применяют как в лабораторной практике, так и при определении зависимости удельной электропроводности электролитов от концентрации для непрерывного автоматического контроля в промышленных условиях. При использовании кондуктометрического метода анализа мерой концентрации раствора является электропроводность.

Для оценки электропроводности растворов различных веществ В. Кольрауш ввел понятие эквивалентной электропроводности, которая определяется как электропроводность раствора,

содержащего 1 грамм-эквивалент вещества на 1 см<sup>3</sup> раствора:  $183 \lambda = \sigma / \eta$ , (7.1) где  $\lambda$  — эквивалентная электропроводность раствора;  $\sigma$  — удельная электропроводность раствора, См/см;  $\eta$  — эквивалентная концентрация растворенного вещества, г-экв/см<sup>3</sup>.

Эквивалентная электропроводность всех электролитов увеличивается по мере разбавления раствора вследствие увеличения диссоциации. Предельного значения она достигает при полной диссоциации (т. е. при бесконечном разбавлении). Зависимость между удельной электропроводностью раствора, природой растворенного электролита и его концентрацией определяется законом Кольрауша:  $\sigma = \alpha \eta (u_k + v_a)$ , где  $v$  — подвижность ионов (катионов  $u_k$  и анионов  $v_a$ ) при бесконечном разбавлении, т. е. скорость их перемещения в электрическом поле с градиентом напряжения 1 В/см, выраженная в см/с;  $\alpha$  — степень электролитической диссоциации.

При увеличении концентрации удельная электропроводность раствора сначала быстро возрастает, достигая некоторой максимальной величины, зависящей от природы электролита, а затем уменьшается. Следовательно, для получения однозначной зависимости электропроводности от концентрации необходимо производить измерения в пределах концентраций, расположенных с одной стороны от максимума.

Из рассмотрения зависимостей видно, что кривые слева от максимума имеют бóльшую крутизну. Следовательно, в этой области концентраций кондуктометрический метод имеет наибольшую чувствительность. Кроме того, в значительной области измерения концентраций как слева, так и справа от максимума зависимости близки к линейным.

Зависимости удельной электропроводности электролитов от концентрации. В электродной кондуктометрии применяют измерительные ячейки, состоящие из двух электродов, установленных на определенном расстоянии один от другого в сосуде с контролируемым раствором.

Измерительная ячейка характеризуется электрическим сопротивлением (в Ом):  $R = (l / \sigma S)$ , (7.3) где  $S$  — площадь электродов;  $l$  — расстояние между электродами;  $\sigma$  — удельная электрическая проводимость раствора. В практике кондуктометрических измерений это отношение получило название константы измерительной ячейки  $K$ , которую определяют из опыта.

Электропроводность можно измерять, используя как постоянный, так и переменный ток промышленной или повышенной частоты. Большинство отечественных промышленных кондуктометров работают на токе промышленной частоты. Наряду с двухэлектродной измерительной ячейкой, которую применяют в большинстве кондуктометрических концентратометров, используют ячейки с четырьмя электродами.



В этой ячейке два электрода являются токовыми, к ним подводится напряжение от внешнего источника, и между ними через раствор протекает ток. Два других электрода представляют собой потенциометрические зонды, которыми измеряется падение напряжения в определенном объеме контролируемого раствора. Падение напряжения пропорционально сопротивлению контролируемого раствора, т. е. его концентрации. Использование такой ячейки и компенсационного метода измерения напряжения позволяет почти полностью избавиться от влияния поляризации на получаемые результаты и практически устранить возникновение емкостной составляющей при измерении.

Это обусловлено тем, что индикаторные электроды освобождены от токовой нагрузки и все связанные с ней побочные электрохимические процессы происходят на токовых электродах.

При использовании четырехэлектродной ячейки в качестве измерительных приборов служат серийные автоматические потенциометры.

Схема кондуктометра с уравновешенной мостовой измерительной схемой В два смежных плеча моста включены постоянное сопротивление  $R_1$  и сопротивление измерительной ячейки  $R_x$ . В два других плеча наряду с постоянными сопротивлениями  $R_2$  и  $R_3$  включен реохорд  $R_p$  для уравновешивания моста.

Напряжение с диагонали моста  $ab$  подается на вход электронного усилителя ЭУ, выполняющего функции нульиндикатора. Если мостовая схема находится в равновесии, сигнал на входе электронного усилителя равен нулю и включенный на его выходе реверсивный двигатель РД остается неподвижным.

При изменении концентрации контролируемого раствора изменяется сопротивление измерительной ячейки и мост разбалансируется. Сигнал разбаланса, пропорциональный изменению концентрации, поступает на вход усилителя ЭУ и после усиления — на реверсивный двигатель. Двигатель перемещает движок реохорда до наступления нового состояния равновесия мостовой схемы.

При изменении температуры электролита изменяется на 1,5–2,5 % его удельная электропроводность. Температура большинства технологических растворов изменяется в довольно значительных пределах, поэтому все промышленные кондуктометрические концентратометры имеют автоматические компенсаторы влияния температуры контролируемых растворов на результаты измерений.

**Оптические методы.** Эти методы анализа растворов нашли широкое применение в химической промышленности. Они универсальны и высокочувствительны. Из большого числа оптических методов рассмотрим лишь основные.

**Колориметрический метод** количественного анализа основан на свойстве окрашенных растворов неодинаково поглощать проходящий через них поток света.

Количественные соотношения определяются законом Ламберта — Бера. Фотоэлектрические колориметры предназначены для работы в видимом участке спектра. Концентрация измеряется по интенсивности окраски анализируемого вещества, отсюда и название приборов («колор» — цвет). Чтобы увеличить чувствительность и избирательность измерений, в фотоколориметрах широко применяют светофильтры. Для регистрации интенсивности световых потоков в фотоэлектрических колориметрах в качестве приемников используют фотоэлементы, фотосопротивления и фотоумножители различных типов.

В автоматических фотоколориметрах обычно применяют двухканальные (дифференциальные) схемы. Эти схемы не чувствительны к колебаниям источника света, внешней освещенности и температуры, так как измерения производятся сравнительным методом. В двухканальных фотоколориметрах сравниваются величины фототоков двух фотоэлементов, при этом один из токов пропорционален прошедшему через контролируемый раствор световому потоку, а другой — световому потоку, прошедшему через эталонный раствор.

При равенстве оптических свойств эталонной и исследуемой жидкостей освещенность обоих фотоэлементов одинакова и ток в диагонали моста отсутствует. Если концентрация исследуемой жидкости отличается от эталонной (жидкость слабее или сильнее окрашена), то в диагонали моста появляется ток, величина которого функционально зависит от концентрации.

**Рефрактометрический метод** использует зависимость коэффициента преломления света, проходящего из воздуха в контролируемую среду, от концентрации анализируемого компонента в последней.

Существует несколько методов определения показателя преломления, основными из которых являются спектрометрический метод и метод полного внутреннего отражения. Спектрометрический метод основан на определении показателя преломления по углу наименьшего отклонения светового потока в стеклянных призмах, заполненных контролируемым раствором.

**Автоматический рефрактометр.** Луч от источника света проходит через конденсорную линзу, диафрагму и попадает в кювету. Если концентрация контролируемого раствора равна концентрации сравнительного раствора, то луч проходит через кювету без отклонения и равномерно освещает оба фотосопротивления  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ . При этом сигнал на выходе равен нулю. При изменении концентрации анализируемого раствора луч света отклоняется в ту или иную сторону, и равенство освещенностей фотосопротивлений нарушается.

В результате этого на вход электронного усилителя ЭУ подается сигнал, знак и величина которого определяются отклонением концентрации контролируемого раствора от концентрации сравнительного раствора. Этот сигнал усиливается в ЭУ и приводит во вращение реверсивный

двигатель РД, который через систему передач поворачивает компенсационную пластину 5 до тех пор, пока равенство освещенностей не восстановится.

При этом угол поворота пластины и связанной с ней отсчетной системы прибора пропорционален изменению концентрации контролируемого раствора. Изменяя толщину пластины 5, можно изменять пределы измерения прибора. Кювета, состоящая из двух камер, автоматически обеспечивает температурную компенсацию результатов измерения, если сравнительная (эталонная) жидкость имеет тот же 190 температурный коэффициент показателя преломления, что и контролируемая. Поляриметрический метод.

Этот метод определения концентрации основан на свойстве некоторых оптических активных веществ вращать плоскость поляризации проходящего через них поляризованного света. Для растворов, содержащих оптически активные вещества, угол вращения плоскости поляризации пропорционален концентрации при постоянной толщине слоя раствора.  $\alpha = \alpha_0 / C$ , где  $\alpha_0$  — удельное вращение плоскости поляризации, зависящее от температуры и длины волны поляризованного света.

Таким образом, зная величину, по измеренному значению угла вращения можно определить концентрацию  $C$ .

**Автоматический поляриметр.** Обозначение  $\uparrow E$  выражает состояние поляризации в разных точках оптической системы в положении баланса.

Излучение от источника свет, сформированное линзой в пучок, близкий к параллельному, пройдя интерференционный фильтр, становится монохроматическим. Поляризатор превращает это излучение в линейно поляризованное с определенным азимутом. Модулятор (например, ячейка Фарадея) изменяет азимут поляризации с частотой  $f$  на одинаковую величину от среднего положения. Анализатор установлен в скрещенное положение, т. е. под углом  $90^\circ$  к среднему положению азимута поляризации, и на фотоприемник поступает излучение с амплитудной модуляцией удвоенной частоты ( $2f$ ) изменения азимута поляризации.

Фотоприемник преобразует излучение в электрический сигнал. Питание фотоприемника осуществляет блок питания. Если между модулятором и анализатором поместить оптически активный объект, то среднее положение азимута поляризации будет повернуто на определенный угол  $\alpha$ , и на фотоприемник поступит излучение частоты  $f$ . Электрический сигнал частоты вызовет в электронной системе сигнал рассогласования, который поступит в исполнительный механизм, имеющий жесткую связь с анализатором.

В зависимости от фазы сигнала рассогласования исполнительный механизм будет поворачивать анализатор в ту или иную сторону вокруг оптической оси системы. Это будет продолжаться до тех пор, пока вновь не установится скрещенное положение и частота излучения за анализатором не станет равна  $2f$ . Угол поворота анализатора равен углу вращения азимута

поляризации оптически активным объектом. Результат измерения виден на отсчетном устройстве 12, связанном с анализатором через исполнительный механизм. Поляризационно-оптические методы практически безынерционны и обладают высокой точностью.

**Измерение плотности.** Плотность является одним из параметров, характеризующих качество получаемой продукции.

Плотностью называется отношение массы тела к его объему:  $\rho = m / V$ , где  $m$  и  $V$  — соответственно масса и объем тела.

Плотность жидкостей зависит от температуры. Эта зависимость приближенно выражается формулой  $\rho_t = \rho_{t'} [1 - \beta (t - t')]$ , где  $\rho_t$  — плотность жидкости при рабочей температуре;  $\rho_{t'}$  — плотность жидкости при некоторой температуре, отличной от рабочей;  $\beta$  — средний коэффициент объемного теплового расширения жидкости в интервале температур от  $t'$  до  $t$ .

Принято указывать плотность жидкостей при нормальной температуре (20 °С). Эту плотность подсчитывают по формуле  $\rho_{20} = \rho_t [1 - \beta (20 - t)]$ .

Наибольшее применение из плотномеров для измерения плотности жидкостей получили поплавковые, массовые, гидростатические и радиоизотопные. Поплавковые плотномеры. Работа поплавковых плотномеров основана на законе Архимеда. Поплавковые плотномеры подразделяют на приборы с плавающим и погруженным в жидкость поплавком. Плотномер с плавающим поплавком, состоит из основного сосуда, в котором плавает металлический поплавок.

Жидкость по входной трубе поступает в переливной сосуд постоянного напора, и далее по трубе — в основной сосуд тоже с переливным устройством. Избыточная жидкость стекает по отводящей трубе. На выходном конце подводящей трубы имеются отражательные пластины, предохраняющие поплавок от завихрений в потоке жидкости.

Скорость потока устанавливают при помощи диафрагмы на трубе, а также взаимным смещением по вертикали сосудов. Изменение плотности жидкости вызывает перемещение поплавка и связанного с ним сердечника, (в первичных катушках индукционного моста.

. Таким образом, различной плотности измеряемой жидкости соответствует разная глубина погружения поплавка, а следовательно, и положение сердечника в индукционных катушках электрического преобразователя, которое приводит к изменению сигнала, передаваемого на вторичный прибор.

Плотномер с плавающим поплавком Вторичный прибор (показывающий или регистрирующий) градуируется в единицах плотности. Температурная компенсация осуществляется термометром сопротивления 5, включенным в мостовую схему. Погрешность плотномеров с плавающим поплавком составляет порядка  $\pm 1$  %.

**Массовые плотномеры.** Действие массовых плотномеров основано на том, что масса жидкости при неизменном ее объеме прямо пропорциональна плотности. Массовые плотномеры используют обычно для измерения плотности суспензий и жидкостей, содержащих твердые включения.

Поплавковый плотномер массового плотномера с пневматическим преобразователем, в котором используется принцип уравнивания. Исследуемая жидкость поступает в прибор по трубе и выходит по трубе. Входная и выходная трубы через гибкие резиновые патрубki или металлические сильфоны соединены с петлеобразной трубой из нержавеющей стали. Для чистки петли предусмотрено съемное колено.

Петлеобразная труба укреплена в вилке, которая может свободно поворачиваться на оси скобы. Петля тягой соединена с рычагом, который поворачивается на оси. На правом плече рычага помещены противовес, уравнивающий систему, когда петля заполнена водой, и тяга, связанная с сильфоном обратной связи пневматического преобразователя.

В пневматический преобразователь по трубке непрерывно поступает под давлением 140 кПа сжатый воздух, который, пройдя через дроссель, выходит через зазор между соплом и заслонкой. Одновременно воздух заполняет полость сильфона обратной связи и трубку, идущую к манометру. Рычаг находится в равновесии, когда по петле протекает жидкость плотностью 1 г/см<sup>3</sup>.

При плотности, превышающей 1 г/см<sup>3</sup>, вес петли увеличивается, рычаг поворачивается против часовой стрелки, зазор между соплом и заслонкой уменьшается, давление воздуха в преобразователе увеличивается, сильфон растягивается и, воздействуя на тягу, опускает правый конец рычага до тех пор, пока не восстановится его равновесное положение. Ход рычага ограничен упорами.

Пределы измерения регулируются при помощи дополнительных грузов, навешиваемых на надрезы. Давление воздуха в сильфоне, изменяющееся пропорционально изменению плотности жидкости, измеряется вторичным прибором, шкала которого 200 проградуирована в единицах плотности. Прибор измеряет плотность жидкости при фактической ее температуре.

**Гидростатические плотномеры.** Принцип действия гидростатических плотномеров основан на том, что давление  $P$  в жидкости на некоторой глубине  $H$  от поверхности равно весу столба жидкости высотой  $H$ , т. е.  $P = H \times g \times \rho$ ,  $\rho$  — плотность жидкости;  $g$  — ускорение свободного падения. Из формулы следует, что давление столба жидкости постоянной высоты  $H$  является мерой плотности жидкости.

Давление столба жидкости может быть непосредственно измерено, например, мембранным манометром, если его чувствительный элемент поместить в нижнюю часть сосуда 201 (с постоянным уровнем), через который протекает исследуемая жидкость. Чтобы исключить

влияние колебаний уровня жидкости на точность намерений, применяют дифференциальный метод, в соответствии с которым измеряют разность давлений двух столбов жидкости разной высоты. На основании выражения можно записать  $P_1 - P_2 = \rho g (H_1 - H_2)$ , (7.14) где  $P_1$  и  $P_2$  — давления столбов жидкости;  $H_1$  и  $H_2$  — соответственно высота столбов жидкости, или  $\Delta P = \rho g / H$ ). Отсюда следует, что перепад давления жидкости в двух горизонтальных слоях, расстояние между которыми  $H$  остается постоянным, является мерой плотности жидкости.

**Радиоизотопные плотномеры.** Изменение плотности радиоизотопными приборами основано на определении изменения интенсивности пучка  $\gamma$ -лучей после прохождения их через измеряемую среду.

В технологическом трубопроводе установлены источник радиоактивного излучения (и приемник излучения;  $\gamma$ -лучи от источника проходят через стенки сосуда и слой жидкости, а затем попадают в приемник излучения. Электрический сигнал приемника, являющийся функцией измеряемой плотности, формируется блоком и передается на вход электронного усилителя-преобразователя, куда поступает также сигнал от дополнительного устройства.

Дополнительное устройство включает в себя радиоизотопный источник излучения, металлический клин, приемник излучения и формирующий блок. Источник и приемник излучения дополнительного устройства такие же, как в первичном преобразователе.

**Измерение влажности газов и твердых материалов.** Содержание влаги в любом теле характеризуется его абсолютной или относительной влажностью. Под абсолютной влажностью газа понимают массу водяного пара в 1,0 м<sup>3</sup> газовой смеси при нормальных условиях.

Абсолютная влажность измеряется в г/м<sup>3</sup> (сух.) и г/м<sup>3</sup> (вл.). Под относительной влажностью  $\phi$  газа понимают отношение массы (объема) водяного пара, заключающегося в 1,0 м<sup>3</sup> смеси, к максимально возможной массе (объему) водяного пара в 1,0 м<sup>3</sup> при той же температуре. Относительная влажность — величина безразмерная, иногда ее выражают в процентах.

Под влажностью твердых тел  $W$  понимают отношение массы влаги, содержащейся в теле, к массе влажного материала. Отношение же массы влаги в теле к массе абсолютно сухого материала называют влагосодержанием.

К наиболее известным и применяемым методам измерения влажности газов относятся: Диапазон измеряемых температур: от  $-40$  до  $+85$  °С. Диапазон измеряемых вязкостей: от 1,5 до 200 мм<sup>2</sup>/с (сСт).

«Плот-3» питается от источника постоянного тока, установленного вне взрывоопасной зоны через искрозащитный барьер «Бастион» (АУТП.468243.001 ТУ). При напряжении на входе плотномера от 6,5 до 15 В ток потребления не более 20 мА. «Плот-3» принимает управляющие команды и выдает измеренные плотности, температуры и вязкости жидкости по каналу

последовательного обмена типа «токовая петля» в виде импульсов тока с уровнем логической «1» от 5 до 20 мА и логического «0» от 0 до 0,1 мА со скоростью передачи 2400 бит/с.

Прибор обладает минимальными габаритными размерами и массой, четырехпроводной линией связи до 2000 м длиной, малым энергопотреблением, импортной элементной базой. Межповерочный интервал прибора составляет 2 года.

**1. Психрометрический метод**, основанный на психрометрическом эффекте, т. е. на зависимости скорости испарения влаги в окружающую среду от влажности этой среды.

**2. Метод точки росы**, заключающийся в определении температуры, до которой необходимо охладить (при неизменном давлении) насыщенный газ для того, чтобы довести его до состояния насыщения.

**3. Сорбционный метод**, основанный на поглощении влаги из анализируемой среды каким-либо гигроскопичным веществом.

**4. Кондуктометрический метод**, основанный на зависимости электрических свойств материалов от влагосодержания.

**5. Спектрометрический метод**, который использует зависимость поглощения излучений от влажности исследуемого газа.

**6. Электрохимический метод (метод К. Фишера)**, основанный на измерении электрического потенциала, возникающего в специальном растворе (растворе Фишера).

**7. Метод теплопроводности, основанный на различии теплопроводностей сухого и влажного газа.** Наибольшее применение получили первые три метода. Основой метода является взаимная связь между нормальным давлением (упругостью) водяного пара и разностью показаний сухого термометра  $t_c$  и термометра, поверхность которого смачивается водой  $t_m$  (мокрый термометр). Разность между показаниями сухого и мокрого термометров называется психрометрической разностью.

### **Задание к практической работе**

Ознакомиться видами и методами измерения концентрации растворов, плотности жидкостей, влажности газов и метод точки росы. Составить опорный конспект объемом- 4 страницы машинописного текста Times New Roman 14, межстрочный интервал 1,5.

### **Отчет о работе № 6**

Цель работы:

---

---

---

---

---

---

Студент \_\_\_\_\_ Преподаватель \_\_\_\_\_

### **Контрольные вопросы**

1. Какие методы нашли для определения концентрации растворов?
2. На чем основан психрометрический метод определения влажности?
3. Каков принцип действия радиоизотопного уровнемера?
4. На чем основан гидростатический метод определения плотности?
5. Каков принцип действия массовых плотномеров?

### **Практическая работа №7. Дифференцированный зачет. Тестовые задания.**

#### **Цель работы:**

1. Выполнить тестовое задания по дисциплине Контрольно- измерительные приборы.

#### **Задание к практической работе**

Выполнить тестовое задание по дисциплине

### **ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ**

по предмету

**«Контрольно- измерительные приборы**

#### **I вариант**

##### **1. Атмосферное давление — это:**

- A) давление в каком-либо замкнутом объеме сверх атмосферного;
- B) сумма барометрического и избыточного давлений;
- C) давление, оказываемое атмосферой на все предметы, находящиеся в ней;
- D) давление со знаком «минус»;
- E) выше нет правильного ответа.

##### **2. Единицы измерения давления:**

- A) мм рт. ст.; т/ч; кПа;



- В) кг/м<sup>3</sup>; кг/час; Н/м<sup>2</sup>;
- С) Н/м<sup>2</sup>; мм рт. ст.; Па;
- Д) л; %; кг;
- Е) все перечисленные.

**3. В этих приборах измеряемое давление**

**Уравновешивается давлением, создаваемым массой поршня или груза:**

- А) жидкостные приборы;
- В) грузопоршневые приборы;
- С) деформационные приборы;
- Д) электрические манометры;
- Е) выше нет правильного ответа.

**4. Замкнутая цепь, состоящая из двух разнородных металлов, называется:**

- А) пирометр;
- В) логометр;
- С) ротаметр;
- Д) термопара;
- Е) ареометр.

**5. Из какого материала изготавливают сильфон?**

- А) Латунь;
- В) Алюминий;
- С) Резина;
- Д) Пластмасса;
- Е) Золото.

**6. Принцип работы манометрических термометров основан на:**

- А) изменении объема или линейных размеров тел;
- В) изменении давления рабочего вещества при постоянном объеме с изменением температуры;
- С) использовании зависимости электрического сопротивления чувствительного элемента от температуры;
- Д) выше нет правильного ответа;
- Е) все перечисленное.

**7. К международной шкале относится шкала:**

- A) градусов Цельсия;
- B) градусов Кельвина;
- C) градусов Фаренгейта;
- D) Па;
- E) кг/м<sup>3</sup>

**8. Вертушки скоростных счетчиков подразделяются на:**

- A) перпендикулярные, параллельные;
- B) статические, динамические;
- C) винтовые, крыльчатые;
- D) металлические, пластмассовые;
- E) все перечисленное.

**9. Расход делится на следующие виды:**

- A) линейный, дуговой;
- B) объемный, массовый;
- C) цифровой, аналоговый;
- D) кинематический, динамический;
- E) все перечисленное.

**10. Пирометры относятся к:**

- A) контактными термометрам;
- B) бесконтактными термометрам;
- C) термометрам расширения;
- D) термометрам сопротивления;
- E) выше нет правильного ответа.

**11. Разность между действительным и истинным значениями называется:**

- A) точность;
- B) чувствительность;
- C) погрешность;
- D) работоспособность;

Е) измерение.

**12. Как называются вторичные приборы, работающие с термометрами сопротивления?**

- А) Мосты и логометры.
- В) Ареометры, ротаметры.
- С) Потенциометры, милливольтметры.
- Д) Счетчики, расходомеры.
- Е) Выше нет правильного ответа.

**13. Поперечное сечение пружинной трубки деформационного манометра представляет собой:**

- А) квадрат;
- В) овал;
- С) круг;
- Д) сечения нет;
- Е) ромб.

**14. Что измеряет ротаметр?**

- А) Уровень жидкости в емкости.
- В) Расход жидкости или газа.
- С) Плотность жидкости.
- Д) Температуру воздуха.
- Е) Выше нет правильного ответа.

**15. Виды измерений:**

- А) нулевые, прямые, косвенные;
- В) прямые, косвенные, совместные;
- С) косвенные, прямые;
- Д) точные, случайные;
- Е) все перечисленное.

**16. Что является чувствительным элементом термоэлектрического термометра?**

- А) Сопротивления медного и платинового провода,
- В) намотанного на катушку чувствительного элемента.

- В) Пайка двух проводов из различных металлов и сплавов.
- С) Биметаллическая пластина из различных металлов.
- Д) Трубка Бурдона.
- Е) Все перечисленное.

**17. Расходомеры переменного перепада давления имеют в своей конструкции:**

- А) сужающее устройство для создания перепада давления жидкости;
- В) вертушку или крыльчатку, помещенную в измеряемый поток;
- С) стеклянную трубку;
- Д) выше нет правильного ответа;
- Е) все перечисленное.

**18. Атмосферное давление измеряют:**

- А) манометры;
- В) барометры;
- С) вакуумметры;
- Д) тягомеры;
- Е) диффманометры.

**19. Какие температурные шкалы вы знаете?**

- А) Динамическая, кинематическая.
- В) Международная, термодинамическая.
- С) Термодинамическая, техническая.
- Д) Статическая, динамическая.
- Е) Все перечисленное.

**20. Эти счетчики имеют мерные камеры с перемещающимися стенками, которые вытесняют измеряемый объем газа:**

- А) объемные;
- В) вытесняющие;
- С) барабанные;
- Д) скоростные;
- Е) ротаметры.

**21. В качестве рабочей жидкости в жидкостных манометрах используют:**

- А) глицерин;
- В) ртуть;
- С) ксилол;
- Д) пентан;
- Е) бензин.

**22. Для чего предназначен автоматический потенциометр?**

- А) Для измерения, записи и регулирования давления, преобразуемого термопарой в напряжение постоянного тока.
- В) Для измерения, записи и регулирования температуры, преобразуемой термопарой в напряжение постоянного тока.
- С) Для измерения, записи и регулирования температуры, преобразуемой манометрическим термометром в напряжение переменного тока.
- Д) Все перечисленное.
- Е) Выше нет правильного ответа.

**23. Из каких материалов может быть изготовлена термопара?**

- А) Золото, сталь.
- В) Алюминий, платина.
- С) Сталь, бронза.
- Д) Пластмасса, железо.
- Е) Латунь, инвар.

**24. Для измерения избыточного давления применяются:**

- А) барометры;
- В) манометры;
- С) вакуумметры;
- Д) термометры;
- Е) ротаметры.

**25. Как включают в электрическую цепь вольтметры?**

- А) Параллельно.
- В) Последовательно.
- С) Комбинированно.
- Д) Всеми перечисленными способами.

Е) Выше нет правильного ответа.

## II вариант

### 1. Как включаются в электрическую сеть амперметры?

- А) Параллельно.
- В) Последовательно.
- С) Комбинированно.
- Д) Всеми перечисленными способами.
- Е) Нет правильного ответа.

### 2. На каком принципе построена работа ротаметра?

- А) На принципе перепада давления на выходе и входе сужающего устройства.
- В) На принципе изменения кольцевой щели между поплавком и стенками конусной трубки.
- С) На принципе перепада давления на поплавке.
- Д) На изменении сопротивления при изменении расхода.
- Е) Выше нет правильного ответа.

### 3. На чем основана работа манометрических термометров?

- А) На использовании зависимости давления при постоянном объеме, от температуры.
- В) На использовании зависимости объема или линейных размеров тел от температуры.
- С) На изменении электрического сопротивления тел в зависимости от температуры.
- Д) Выше нет правильного ответа.
- Е) Все перечисленное.

### 4. Что такое термопара?

- А) Система спаянных двух разнородных проводников, преобразующая температуру в термо-ЭДС.
- В) Система спаянных двух однородных проводников, преобразующая температуру в термо-ЭДС.
- С) Тонкая платиновая или медная проволока, намотанная на каркас или свернутая в спираль, помещенная в каналы защитного каркаса.
- Д) Биметаллическая пластина.
- Е) Все перечисленное.

**5. Как называются приборы, с которыми электрически соединяются термопары?**

- A) Измерительные мосты, логометры.
- B) Амперметры, вольтметры.
- C) Милливольтметры, потенциометры.
- D) Все перечисленное.
- E) Выше нет правильного ответа.

**6. Каков принцип работы пирометров?**

- A) Измерение способности нагретого тела излучать энергию в виде инфракрасных и ультрафиолетовых лучей.
- B) Измерение способности нагретого тела поглощать энергию в виде световых и тепловых лучей.
- C) Измерение способности нагретого тела излучать энергию в виде световых и тепловых лучей.
- D) Тонкая платиновая или медная проволока, намотанная на каркас или свернутая в спираль, помещенная в каналы защитного каркаса.
- E) Выше нет правильного ответа.

**7. Абсолютное давление — это:**

- A) разность между атмосферным и остаточным давлением;
- B) давление, отсчитанное от нуля;
- C) сумма атмосферного и избыточного давлений;
- D) давление ниже атмосферного;
- E) выше нет правильного ответа.

**8. Работа пружинного манометра основана на:**

- A) деформации мембранной коробки;
- B) деформации измерительной трубки;
- C) деформации U-образной трубки;
- D) изменении температуры жидкости;
- E) выше нет правильного ответа.

**9. Что называется расходом?**

- A) Высота заполнения вещества в единицу времени;

- В) Зависимость количества вещества от единицы времени;
- С) Количество газа или жидкости, протекающее через поперечное сечение трубопровода в единицу времени.
- Д) Степень нагретости тела.
- Е) Выше нет правильного ответа.

**10. На какие типы делятся деформационные манометры?**

- А) Стеклянные, ртутные.
- В) Жидкостные, газовые, конденсационные.
- С) Сильфонные, мембранные.
- Д) Контактные, бесконтактные.
- Е) Выше нет правильного ответа.

**11. По какому принципу работают стеклянные жидкостные термометры?**

- А) Изменение давления при постоянном объеме под действием температуры.
- В) Объемное расширение жидкости в расширителе под действием температуры.
- С) Изменение термо-ЭДС в цепи под действием температуры.
- Д) Все перечисленное.
- Е) Выше нет правильного ответа.

**12. Физическая величина, характеризующая степень нагретости тела — это:**

- А) давление;
- В) плотность;
- С) температура;
- Д) расход;
- Е) вязкость.

**13. В каких единицах измеряется давление во внесистемных единицах измерения?**

- А) Па.
- В) К (Кельвин).
- С) кгс\см<sup>2</sup>, мм рт. ст.
- Д) °С, °К
- Е) л, м.

**14. Что называется атмосферным давлением?**



- А) Параметр состояния вещества.
- В) Гидростатическое давление, оказываемое атмосферой на все находящиеся в ней предметы.
- С) Разность между абсолютным давлением и разрежением.
- Д) Давление ниже нуля.
- Е) Выше нет правильного ответа.

**15. Какое соотношение связывает абсолютное, избыточное и атмосферное давления?**

- А) Абсолютное давление  $P_{абс}$  — это сумма Атмосферного и избыточного давлений:  
 $P_{абс} = P_{атм} + P_{изб}$  .
- В) Абсолютное давление  $P_{абс}$  — это разность Атмосферного и избыточного давлений:  
 $P_{абс} = P_{атм} - P_{изб}$  .
- С) Абсолютное давление  $P_{абс}$  — это произведение атмосферного и избыточного давлений:  
 $P_{абс} = P_{атм} \times P_{изб}$  .
- Д) Все перечисленное.
- Е) Выше нет правильного ответа.

**16. Работа этого прибора основана на термоэлектрическом эффекте:**

- А) термопара;
- В) ротаметр;
- С) пирометр;
- Д) счетчик;
- Е) выше нет правильного ответа.

**17. Работа скоростного счетчика основана на:**

- А) измерении средней скорости движущегося потока;
- В) отмеривании равных объемов жидкости, проходящей через прибор;
- С) измерении температуры движущейся жидкости;
- Д) выше нет правильного ответа;
- Е) все перечисленное.

**18. На какие виды подразделяются расходомеры?**

- А) Расходомеры с переменным перепадом давления;
- В) Расходомеры с постоянным перепадом давления;
- С) Электромагнитные расходомеры;
- Д) Все перечисленное;
- Е) Выше нет правильного ответа.

**19. На какие виды подразделяются манометрические термометры?**

- А) Газовые, электрические, электромагнитные.
- В) Газовые, жидкостные, конденсационные.
- С) Жидкостные, биметаллические, манометрические.
- Д) Контактные, бесконтактные, жидкостные.
- Е) Выше нет правильного ответа.

**20. Что относится к сужающим устройствам?**

- А) Трубка Бурдона, термopара, манометр.
- В) Баллон, капилляр, манометрическая часть.
- С) Термopара, ротаметр, пирометр.
- Д) Диафрагма, сопло, трубка Вентури.
- Е) Выше нет правильного ответа.

**21. Какие жидкости применяются в жидкостных манометрах?**

- А) Ртуть, спирт, вода.
- В) Вода, толуол, азот.
- С) Спирт, пентан, бензол.
- Д) Платина, алюминий, рений.
- Е) Выше нет правильного ответа.

**22. Единицы измерения расхода — это:**

- А) м<sup>3</sup>/сек, кг/мин, л/час;
- В) т/час, м/с, м<sup>3</sup>/сек;
- С) кг/сут, Па, м;
- Д) мм рт. ст., л/с, м<sup>3</sup>/год;
- Е) К, С.

**23. Какую величину измеряют ротаметром?**

- А) Температуру.
- В) Давление.
- С) Расход.
- Д) Уровень.
- Е) Вязкость.

**24. На какие виды подразделяются термометры сопротивления?**

- А) ТПП, ТХА.
- В) ТСП, ТСМ.
- С) ТСП, ТВР.
- Д) ТСМ, ТХК.
- Е) АВР, АСР.

**25. Что является чувствительным элементом термоэлектрического термометра?**

- А) Сопротивления медного и платинового проводов, намотанных на катушку чувствительного элемента.
- В) Пайка двух проводов из различных металлов и сплавов.
- С) Биметаллическая пластина из различных металлов.
- Д) Трубка Бурдона.
- Е) Выше нет правильного ответа.

### **III вариант**

**1. Сумма барометрического и избыточного давлений называется:**

- А) атмосферное давление;
- В) избыточное давление;
- С) абсолютное давление;
- Д) вакуумное давление;
- Е) выше нет правильного ответа.

**2. Н/м<sup>2</sup>; мм рт. ст.; Па — это единицы измерения:**

- А) расхода;
- В) температуры;
- С) уровня;

- D) давления;
- E) выше нет правильного ответа.

**3. В этих приборах измеряемое давление уравнивается давлением, создаваемым массой поршня или груза:**

- A) жидкостные приборы;
- B) грузопоршневые приборы;
- C) деформационные приборы;
- D) электрические манометры;
- E) выше нет правильного ответа.

**4. К термодинамической шкале относится шкала:**

- A) градусов Цельсия;
- B) градусов Кельвина;
- C) градусов Фаренгейта;
- D) Па;
- E) кг/м<sup>3</sup>.

**5. К контактными термометрам относятся:**

- A) пирометр;
- B) ротаметр;
- C) трубка Бурдона;
- D) термopара;
- E) трубка Вентури.

**6. Расходомеры переменного перепада давления имеют в своей конструкции:**

- A) сужающее устройство для создания перепада давления жидкости;
- B) вертушку или крыльчатку, помещенную в измеряемый поток;
- C) стеклянную трубку;
- D) выше нет правильного ответа;
- E) все перечисленное.

**7. Эти счетчики имеют мерные камеры с перемещающимися стенками, которые вытесняют измеряемый объем газа:**

- A) объемные;

- В) вытесняющие;
- С) барабанные;
- Д) скоростные;
- Е) ротаметры.

**8. На каком принципе работают ротаметры?**

- А) Перепада давления на выходе и входе сужающего устройства.
- В) Изменения кольцевой щели между поплавком и стенками конусной трубки.
- С) Перепада давления на поплавке.
- Д) Изменения сопротивления при изменении расхода.
- Е) Выше нет правильного ответа.

**9. Что такое термопара?**

- А) Система спаянных двух разнородных проводников, преобразующая температуру в термо-ЭДС.
- В) Система спаянных двух однородных проводников, преобразующая температуру в термо-ЭДС.
- С) Тонкая платиновая или медная проволока, намотанная на каркас или свернутая в спираль, помещенная в каналы защитного каркаса.
- Д) Биметаллическая пластина.
- Е) Все перечисленное.

**10. Количество газа или жидкости, протекающее через поперечное сечение трубопровода в единицу времени, называется:**

- А) температура;
- В) давление;
- С) расход;
- Д) уровень;
- Е) плотность;

**11. На какие типы делятся деформационные манометры?**

- А) Стекланные, ртутные.
- В) Жидкостные, газовые, конденсационные.
- С) Сильфонные, мембранные.
- Д) Контактные, бесконтактные.

Е) Выше нет правильного ответа.

**12. К чувствительным элементам расходомеров переменного перепада давления относятся:**

- А) мембрана, сильфон, трубка Бурдона;
- В) сопло, диафрагма, трубка Вентури;
- С) сильфон, трубка Бурдона, диафрагма;
- Д) трубка Вентури, термомпара, ротаметр;
- Е) все перечисленное.

**13. Физическая величина, характеризующая степень нагретости тела — это:**

- А) давление;
- В) плотность;
- С) вязкость;
- Д) расход;
- Е) выше нет правильного ответа.

**14. Принцип работы этого прибора основан на термоэлектрическом эффекте:**

- А) термомпара;
- В) ротаметр;
- С) пирометр;
- Д) счетчик;
- Е) выше нет правильного ответа.

**15. Какие виды счетчиков вы знаете?**

- А) объемные;
- В) скоростные;
- С) барабанные;
- Д) ротационные;
- Е) все перечисленные.

**16. На какие виды подразделяются манометрические термометры?**

- А) Газовые, электрические, электромагнитные.
- В) Газовые, жидкостные, конденсационные.
- С) Жидкостные, биметаллические, манометрические.

Д) Контактные, бесконтактные, жидкостные.

Е) Выше нет правильного ответа.

**17. Какие жидкости применяются в жидкостных термометрах?**

А) Ртуть, спирт, толуол.

В) Вода, толуол, азот.

С) Спирт, пентан, бензол.

Д) Платина, алюминий, рений.

Е) Выше нет правильного ответа.

**18. На какие виды подразделяются термоэлектрические термометры?**

А) ТПП, ТХА.

В) ТСП, ТСМ.

С) ТСП, ТВР.

Д) ТСМ, ТХК.

Е) АВР, АСР.

**19. Единицы измерения расхода:**

А) м<sup>3</sup>/сек, кг/мин, л/час;

В) т/час, м/с, м<sup>3</sup>/сек;

С) кг/сут, Па, м;

Д) мм рт. ст., л/с, м<sup>3</sup>/год;

Е) К, С.

**20. Работа скоростного счетчика основана на:**

А) измерении температуры движущейся жидкости;

В) отмеривании равных объемов жидкости, проходящей через прибор;

С) измерении средней скорости движущегося потока;

Д) выше нет правильного ответа;

Е) все перечисленное.

**21. Какой прибор относится к расходомерам постоянного перепада давления?**

А) ротаметр;

В) термопара;

С) пирометр;

- D) ареометр;
- E) вольтметр.

**22. На какие виды подразделяются манометры по принципу работы?**

- A) Электрические.
- B) Грузопоршневые.
- C) Жидкостные.
- D) Деформационные.
- E) Все перечисленные.

**23. Формула для расчета давления:**

- A)  $P = F / S$ ;
- B)  $F = P / S$ ;
- C)  $P = S / F$ ;
- D)  $T = t + 273,16$ ;
- E)  $P = F * S$ .

**24. Какое соотношение связывает абсолютное, избыточное и атмосферное давления?**

- A) Абсолютное давление Рабс — это сумма атмосферного и избыточного давлений:  $Рабс = Ра_{атм} + Ри_{изб}$ .
- B) Абсолютное давление Рабс — это разность атмосферного и избыточного давлений:  $Рабс = Ра_{атм} - Ри_{изб}$ .
- C) Абсолютное давление Рабс — это произведение атмосферного и избыточного давлений  $Рабс = Ра_{атм} \times Ри_{изб}$ .
- D) Все перечисленное.
- E) Выше нет правильного ответа.

**25. Каков принцип работы пирометра?**

- A) Измерение способности нагретого тела излучать энергию в виде инфракрасных и ультрафиолетовых лучей.
- B) Измерение способности нагретого тела поглощать энергию в виде световых и тепловых лучей.
- C) Измерение способности нагретого тела излучать энергию в виде световых и тепловых лучей.



Д) Тонкая платиновая или медная проволока, намотанная на каркас или свернутая в спираль, помещенная в каналы защитного каркаса.

Е) Выше нет правильного ответа.

#### **IV вариант**

Вопрос № 1

**Выберете правильное**

1.  $1 \text{ атм} = 1 \text{ кгс/см}^2 = 1 \text{ МПа} = 760 \text{ мм рт ст} = 10 \text{ м вод ст} = 100 \text{ КПа}$  соотношение единиц измерения давления:
2.  $1 \text{ атм} = 0,1 \text{ кгс/см}^2 = 0,1 \text{ МПа} = 760 \text{ мм рт ст} = 10 \text{ м вод ст} = 100 \text{ КПа}$
3.  $1 \text{ атм} = 1 \text{ кгс/см}^2 = 0,01 \text{ МПа} = 760 \text{ мм рт ст} = 100 \text{ м вод ст} = 10 \text{ КПа}$
4.  $1 \text{ атм} = 1 \text{ кгс/см}^2 = 0,1 \text{ МПа} = 760 \text{ мм рт ст} = 10 \text{ м вод ст} = 100 \text{ КПа}$

Вопрос № 2

**Как часто манометры должны проходить Государственную поверку?**

1. 1 раз в год
2. 1 раз в полгода
3. 1 раз в месяц
4. 1 раз в квартал

Вопрос № 3

**Манометр подбирается так, чтобы рабочее давление было:**

- В первой трети шкалы
- Во второй трети шкалы
- В третьей трети шкалы
- Посередине шкалы

Вопрос № 4

**В каком случае манометр не допускается к применению?**

1. Отсутствует пломба или клеймо о проведенной поверке
2. При отсутствии красной черты
3. Если установлен на высоте более 2 м
4. Если установлен на штуцере или трубопроводе между сосудом и запорной арматурой

Вопрос № 5

**Какой должен быть класс точности манометра при давлении в аппарате до 2,5 МПа?**

1. Не ниже 1,5
2. Не ниже 2,5
3. Не ниже 3
4. Не ниже 4

Вопрос № 6

**Каких расходомеров не бывает?**

1. Электромагнитных
2. Деформационных
3. Ультразвуковых
4. Пневмометрических

Вопрос № 7

**Какое давление называется избыточным**

1. Давление, выше давления насыщенных паров
2. Давление, выше рабочего давления
3. Давление, выше предельно допустимого давления
4. Давление, выше атмосферного

Вопрос № 8

**К каким видам термометров относятся стеклянные термометры?**

1. Термопарам
2. Термометрам сопротивления
3. Манометрическим термометрам
4. Термометрам расширения

Вопрос № 9

**С какой шкалой должен выбираться манометр для измерения рабочего давления:**

1. Чтобы предел измерения находился в одной трети шкалы

2. Чтобы предел измерения находился во второй трети шкалы
3. Чтобы предел измерения находился в конце шкалы
4. Чтобы предел измерения не превышал двукратное рабочее давление
5. Чтобы предел измерения не превышал полуторакратное рабочее давление

Вопрос № 10

**Какой прибор предназначен для измерения объемного количества воды?**

1. Счетчик воды вихревой ультразвуковой
2. Счетчик воды переменного перепада давления TOP
3. Расходомер турбинный TOP
4. Счетчик воды электромагнитный типа НОРД

Вопрос № 11

**В зависимости от вида и величины измеряемого давления манометры условно подразделяются на:**

1. Манометры избыточного давления, барометры, электрические манометры, дифференциальные манометры, вакуумметры
2. Барометры, дифференциальные манометры, вакуумметры, мановакуумметры
3. Мановакуумметры, манометры избыточного давления, барометры, вакуумметры, дифференциальные манометры
4. Манометры избыточного давления, барометры, грузопоршневые манометры, вакуумметры

Вопрос № 12

**Что является датчиком?**

1. Это прибор по месту на трубопроводе или аппарате
2. Техническое устройство, которое воспринимает изменение параметра, при этом изменяется какое-то его свойство
3. Это регулирующий клапан
4. Это регулятор технологического параметра

Вопрос № 13

**По показаниям какого прибора определяется величина напряжения:**

1. Фазометра
2. Амперметра
3. Вольтметра

#### 4. Счетчика

#### Вопрос № 14

##### **Что такое класс точности манометра?**

1. Абсолютная погрешность измерения
2. Диапазон шкалы
3. Процент ошибки показания прибора
4. Истинное значение давления

#### Вопрос № 15

##### **Для чего предназначены сигнализаторы?**

1. Для выдачи сигналов на пульт управления о предельно- допустимых значениях температуры, давления, уровня, расхода
2. Для измерения уровня жидкости в емкостях, сосудах, резервуарах
3. Для сигнализирования предельно- допустимых значений температур
4. Для выдачи сигнала на пульт управления о величине расхода

#### Вопрос № 16

##### **В каких единицах измеряется кинематическая вязкость?**

1. Па\*сек
2. м<sup>2</sup> /сек
3. Пуаз
4. Градусах ВУ

#### Вопрос № 17

##### **Вязкость жидкости это:**

1. Это внутренне трение жидкостей
2. Свойство жидкости не сопротивляться перемещению ее частиц под воздействием приложенной силы
3. Это внешнее трение жидкостей
4. Свойство жидкости – не перемещаться ее частицам под воздействием приложенной силы

#### Вопрос № 18

##### **В каком случае манометр не допускается к применению?**

1. Отсутствует пломба или клеймо о проведенной поверке

2. При отсутствии красной черты
3. Если установлен на высоте более 2м
4. Если установлен на штуцере или трубопроводе между сосудом и запорной арматурой

Вопрос № 19

**Какой прибор предназначен для измерения объемного количества воды?**

1. Счетчик воды вихревой ультразвуковой
2. Счетчик воды переменного перепада давления ТОР
3. Расходомер турбинный ТОР
4. Счетчик воды электромагнитный типа НОРД

Вопрос № 20

**Как часто манометры должны проходить контрольную проверку?**

1. 1 раз в год
2. 1 раз в полгода
3. 1 раз в месяц
4. 1 раз в квартал

Вопрос № 21

**Каких расходомеров не бывает?**

1. Электромагнитных
2. Деформационных
3. Ультразвуковых
4. Пневмометрических

Вопрос № 22

**Какова периодичность проверок исправности предохранительной, регулирующей и запорной арматуры?**

1. Ежедневно с регистрацией в специальном журнале
2. Ежедневно с оформлением акта
3. По графику с занесением результатов в вахтовый журнал
4. Ежедневно для отчета руководству

Вопрос № 23

**Что такое класс точности манометра?**

1. Абсолютная погрешность измерения
2. Диапазон шкалы
3. Процент ошибки показания прибора
4. Истинное значение давления

**Вопрос № 24**

**В каких единицах измеряется подача центробежного насоса?**

1. М.вод.ст
2. Куб м / час
3. Киловатт
4. Процентах

**Вопрос № 25**

**Вязкость жидкости это:**

1. Это внутренне трение жидкостей
2. Свойство жидкости не сопротивляться перемещению ее частиц под воздействием приложенной силы
3. Это внешнее трение жидкостей
4. Свойство жидкости – не перемещаться ее частицам под воздействием приложенной силы

**Вопрос № 26**

**Контрольно-измерительные приборы подразделяются на:**

1. Образцовые, рабочие, технические
2. Образцовые, лабораторные, технические
3. Образцовые, рабочие
4. Рабочие, лабораторные, технические

**Вопрос № 27**

**Выберете правильное соотношение единиц измерения давления:**

1.  $1\text{атм} = 0,1\text{ кгс/см}^2 = 0,1\text{МПа} = 760\text{мм рт ст} = 10\text{м вод ст} = 100\text{ КПа}$
2.  $1\text{атм} = 1\text{ кгс/см}^2 = 0,01\text{МПа} = 760\text{мм рт ст} = 100\text{м вод ст} = 10\text{ КПа}$
3.  $1\text{атм} = 1\text{ кгс/см}^2 = 0,1\text{МПа} = 760\text{мм рт ст} = 10\text{м вод ст} = 100\text{ КПа}$
4.  $1\text{атм} = 1\text{ кгс/см}^2 = 1\text{МПа} = 760\text{мм рт ст} = 10\text{м вод ст} = 100\text{ КПа}$

Вопрос № 28

**На какое давление манометры НЕ выпускаются?**

1. От 1 до 500 атмосфер
2. От 1 до 1000 атмосфер
3. От 1 до 350 атмосфер
4. Свыше 1000 атмосфер

Вопрос № 29

**Манометр подбирается так, чтобы рабочее давление было:**

1. В первой трети шкалы
2. Во второй трети шкалы
3. В третьей трети шкалы
4. Посередине шкалы

Вопрос № 30

**Для чего предназначены сигнализаторы?**

1. Для выдачи сигналов на пульт управления о предельно- допустимых значениях температуры, давления, уровня, расхода
2. Для измерения уровня жидкости в емкостях, сосудах, резервуарах
3. Для сигнализирования предельно- допустимых значений температур
4. Для выдачи сигнала на пульт управления о величине расхода

**Перечень учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы**

**Основные источники:**

1. Зайцев С.А. и др. Контрольно-измерительные приборы и инструменты: учебник. М.: Академия, 2020г.
2. Молдабаева М. Н. Контрольно- измерительные приборы и основы автоматике: учебник. М.: Инфра-Инженерия, 2019 г.