

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет
им. Г. И. Носова»
Многопрофильный колледж



УТВЕРЖДАЮ
Директор
/ С.А.Махновский
«09» февраля 2022г

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ
ПМ.04 Участие в организации технологического процесса
МДК.04.01 Организация технологического процесса (по отраслям)
Т.04.01.01 Средства контроля технической диагностики и обслужива-
ния гидропневмосистем**

для обучающихся специальности

**44.02.06 Профессиональное обучение (по отраслям). Техническая
эксплуатация гидравлических машин, гидроприводов и
гидропневоавтоматики**

Магнитогорск, 2022

ОДОБРЕНО

Предметно-цикловой комиссией
Механического и гидравлического оборудования
Председатель О.А. Тарасова
Протокол № 5 от 19.01.2022.

Методической комиссией
Протокол №4 от 09.02.2022 г.

Составитель:

преподаватель ФГБОУ ВО МГТУ МпК В.И. Шишняява

Методические указания по выполнению практических занятий разработаны на основе рабочей ПМ.04 Участие в организации технологического процесса программы подготовки специалистов среднего звена

Содержание практических занятий ориентировано на формирование общих и профессиональных компетенций программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 44.02.06 Профессиональное обучение (по отраслям). Техническая эксплуатация гидравлических машин, гидроприводов и гидропнеумоавтоматики, МДК.04.01 Организация технологического процесса (по отраслям): организация и выполнение монтажа, наладки, испытаний, технического обслуживания и ремонта гидравлических и пневматических устройств, систем и приводов Т.04.01.01 Средства контроля технической диагностики и обслуживания гидропневмосистем.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ВВЕДЕНИЕ.....	4
2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.....	7
Практическое занятие № 1	7
Практическое занятие № 2	384
Практическое занятие № 3	341
Практическое занятие № 4	382
Практическое занятие № 5	33
Практическое занятие № 6	557
Практическое занятие № 7	43
Практическое занятие № 8	71
Практическое занятие № 9	72
Практическое занятие № 10	75
Практическое занятие № 11	77
Практическое занятие № 12	82

1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки студентов составляют практические занятия и лабораторные работы.

Состав и содержание практических занятий и лабораторных работ направлены на реализацию действующего федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью *практических занятий* является формирование практических умений - профессиональных (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных (умений решать задачи по математике, физике, химии, информатике и др.), необходимых в последующей учебной деятельности по профессиональным модулям.

В соответствии с рабочей программой ПМ.04 Участие в организации технологического процесса программы подготовки специалистов среднего звена МДК.04.01 Организация технологического процесса (по отраслям): организация и выполнение монтажа, наладки, испытаний, технического обслуживания и ремонта гидравлических и пневматических устройств, систем и приводов. Т.04.01.01 Средства контроля технической диагностики и обслуживания гидропневмосистем.

В результате их выполнения, обучающийся должен *уметь*:

- У₁. осуществлять текущее планирование деятельности первичного структурного подразделения
- У₂. разрабатывать основную и вспомогательную технологическую и техническую документацию
- У₃. разрабатывать и проводить инструктажи по технике безопасности
- У₄. обеспечивать соблюдение технологической и производственной дисциплины
- У₅. обеспечивать соблюдение техники безопасности
- У₆. осуществлять приемку и оценку качества выполненных работ

Содержание практических занятий ориентировано на формирование общих компетенций по профессиональному модулю программы подготовки специалистов среднего звена по специальности:

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

ОК 2 Организовывать собственную деятельность, определять методы решения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3 Оценивать риски и принимать решения в нестандартных ситуациях.

ОК 4 Осуществлять поиск, анализ и оценку информации, необходимой для постановки и решения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности.

ОК 6 Работать в коллективе и команде, взаимодействовать с руководством, коллегами и социальными партнерами.

ОК 9 Осуществлять профессиональную деятельность в условиях обновления ее целей, содержания, смены технологий.

ОК 10 Осуществлять профилактику травматизма, обеспечивать охрану жизни и здоровья обучающихся.

ОК 11 Строить профессиональную деятельность с соблюдением правовых норм ее регулирующих.

И овладению профессиональными компетенциями:

ПК 4.1. Участвовать в планировании деятельности первичного структурного подразделения

ПК 4.2. Участвовать в разработке и внедрении технологических процессов

ПК 4.3. Разрабатывать и оформлять техническую и технологическую документацию

ПК 4.4. Обеспечивать соблюдение технологической и производственной дисциплины

ПК 4.5. Обеспечивать соблюдение техники безопасности

Выполнение студентами *практических работ* по ПМ.04 Участие в организации технологического процесса программы подготовки специалистов среднего звена МДК.04.01 Организация технологического процесса (по отраслям): организация и выполнение монтажа, наладки, испытаний, технического обслуживания и ремонта гидравлических и пневматических устройств, систем и приводов. Т.04.01.01 Средства контроля технической диагностики и обслуживания гидропневмосистем, направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам междисциплинарных курсов;

- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;

- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;

- приобретение навыков работы с различными приборами, аппаратурой, установками и другими техническими средствами для проведения опытов;

- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;

- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Выполнение студентами *лабораторных работ* по ПМ.04 Участие в организации технологического процесса программы подготовки специалистов среднего звена МДК.04.01 Организация технологического процесса (по отраслям): организация и выполнение монтажа, наладки, испытаний, технического обслуживания и ремонта гидравлических и пневматических устройств, систем и приводов. Т.04.01.01 Средства контроля технической диагностики и обслуживания гидропневмосистем, направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам междисциплинарных курсов;

- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;

- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;

- приобретение навыков работы с различными приборами, аппаратурой, установками и другими техническими средствами для проведения опытов;

- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;

- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Продолжительность выполнения практической, лабораторной работы составляет не менее двух академических часов и проводится после соответствующего занятия, которое обеспечивает наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Т.04.01.01 Средства контроля технической диагностики и обслуживания гидропневмосистем

Тема 1.1 Диагностические устройства для поиска неисправностей и определения текущего технического состояния агрегатов и узлов гидроприводов

Практическое занятие № 1

Обнаружение дефектов методом люминесцентной дефектоскопии

Формируемые компетенции:

- ПК 4.1. Участвовать в планировании деятельности первичного структурного подразделения
- ПК 4.2. Участвовать в разработке и внедрении технологических процессов
- ПК.4.3. Разрабатывать и оформлять техническую и технологическую документацию
- ПК.4.4 Обеспечивать соблюдение технологической и производственной дисциплины
- ПК.4.5. Обеспечивать соблюдение техники безопасности

Цель работы: формирование умений обнаружения герметичности в гидросистемах агрегатов .

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- обнаруживать течи в гидросистемах агрегатов .

Материальное обеспечение:

1. Методические указания по выполнению практических занятий и лабораторных работ

Задание:

Изучить люминесцентный метод контроля герметичности дефектоскопии

Краткие теоретические сведения:

Этим методом испытывают открытые или закрытые изделия, в том числе емкости, элементы гидравлических и газовых систем и др. При люминесцентном методе используется способность некоторых веществ

(люминофоров) светиться видимым светом под действием ультрафиолетового излучения.

Физическая сущность люминесценции веществ.

Цвет свечения зависит от вида люминофора. Все используемые вещества обладают достаточно низкой вязкостью, высокой проникающей способностью и могут достаточно ярко светиться под действием ультрафиолетового излучения. Основными недостатками жирорастворимых люминофоров являются следующие: желто-голубое свечение не соответствует максимальной чувствительности человеческого глаза; цвет светящегося люминофора одинаков с цветом жировых загрязнений, имеющихся на контролируемой поверхности, что затрудняет поиск течей; примеси серы, имеющиеся в люминофорах, загрязняют топливо в топливных системах.

Жирорастворимые люминофоры, применяемые при контроле герметичности изделий представлены в таблице.

Люминофор	Цвет при люминесценции	Максимум полосы люминесценции, мкм
Керосин	Голубой	0,4...0,24
Минеральное масло	Светло-голубой	
Трансформаторное масло	Розовый	-
Дефектоль в антраценовом масле	Желто-зеленый	0,5
Дефектоль в бензине или бензоле	Светло-синий	0,6
Канифоль	Светло-голубой	0,6
Парафин	Желто-зеленый	-
Нориол	Светло-желтый	0,5

Кроме указанных веществ применяют люминесцирующие жидкости типа ЛЖ. Люминофоры растворяют в растворителях на основе керосина, бензина, лигроина и других органических веществ. Применяют также люминесцирующие вещества на водной основе, например 0,05%-ный водный раствор динатриевой соли флуоресцина (C₂₀H₁₂O₅).

После проведения испытаний люминесцирующие растворы обесцвечивают, добавляя в них суспензию хлорной извести в воде и сульфата натрия (3 л хлорной извести и 180 г сульфата натрия на 100 л обесцвечивающего раствора).

В качестве источников ультрафиолетового излучения применяют ртутные лампы типов ПРК, ДРШ и др. Для освещения сравнительно небольших поверхностей с хорошим доступом наиболее рационально применение маломощных источников излучения. Крупногабаритные объек-

ты и поверхности с плохим доступом требуют использования более мощных источников.

Время выдержки (ч) при люминесцентном контроле герметичности элементов энергетических установок:

Величина течи, мм ³ · МПа/с	Толщина стенки, мм			
	5	10	20	40
8,3 · 10 ⁻³	0,25	0,5	1	2
1,6 · 10 ⁻⁵	1,5	3	6	12
8,3 · 10 ⁻⁶	1,75	3,5	7	14

Различают два способа люминесцентного контроля – капиллярный и люминесцентно-гидравлический.

При капиллярном способе на одну из поверхностей изделия наносят раствор люминесцирующей жидкости. Через определенное время, установленное ТУ на изделие, на противоположную поверхность в темноте воздействуют ультрафиолетовым излучением. Места течей определяют по свечению люминофоров. Для лучшей выявляемости дефектов на исследуемую поверхность изделия наносят порошок оксида магния или талька, который пропитывается контрольной жидкостью, увеличивая размер светящихся пятен в местах течей.

Для повышения чувствительности иногда над контролируемой поверхностью создают разрежение порядка $5 \cdot 10^4$ Па в течение 5...10 с аналогично компрессионно-вакуумному способу. Обычно чувствительность капиллярного способа составляет (1...5) 10⁻² мм³ · МПа/с. Время выдержки при испытаниях зависит от требований к изделию и для изделий с толщиной стенок до 4 мм составляет 15 мин, а с толщиной свыше 4 мм — до 30 мин. Его следует увеличивать на 3...5 мин на каждый миллиметр толщины стенки. При контроле объектов сложной формы, а также объектов, изготовленных из литого или многослойного материала, время выдержки достигает одного или даже нескольких часов.

Люминесцентно-гидравлический способ испытаний заключается в том, что крупногабаритные закрытые изделия заполняют контрольной жидкостью, содержащей люминесцирующие вещества. После установления испытательного давления, определяемого ТУ на изделие, объект выдерживают под давлением определенное время, после чего места контроля подвергают воздействию ультрафиолетового излучения.

Испытания проводят при температуре окружающей среды не ниже 10 °С и относительной влажности воздуха не выше 70%. Допускается проведение испытаний при относительной влажности воздуха до 90%, но при этом разность температур контрольной жидкости и окружающей

среды не должна превышать 5 °С. Иногда вместо создания в изделии избыточного давления применяют вакуумирование его контролируемых поверхностей.

По окончании испытаний засохший люминесцирующий состав удаляют водным раствором аммиака. При повторных испытаниях изделия время выдержки под давлением должно составлять не менее 60 мин. Обычно чувствительность такого способа контроля составляет (1...5) 10-1 ммЗ · МПа/с.

Люминесцентный метод контроля имеет следующие недостатки: при осмотре больших поверхностей из-за усталости и ослабления внимания контролер может пропустить дефекты; метод не обеспечивает высокой чувствительности вследствие низкой разрешающей способности человеческого зрения; практически невозможно автоматизировать операции осмотра и регистрации дефектных мест и размеров течей.

Эти недостатки в значительной степени могут быть устранены при фотоэлектрическом люминесцентном контроле, когда в качестве первичных индикаторов лучистой энергии используют фотоэлектрические преобразователи, с помощью которых лучистая энергия преобразуется в электрическую. Фотоэлектрические датчики во много раз чувствительнее человеческого глаза. Они вырабатывают электрические сигналы, величина которых пропорциональна величине неплотности.

Контроль деталей

Детали, подлежащие контролю, проходят последовательно следующие операции:

- подготовку контролируемой поверхности;
- нанесение индикаторной жидкости;
- удаление индикаторной жидкости;
- нанесение проявителя;
- осмотр деталей;
- удаление проявителя после контроля.

Таблица 1 – Характеристики различных методов капиллярной дефектоскопии

Метод	Обозначение чувствительности	Преимущества	Недостатки
Люминесцентный АЮМ-А	Особо высокая чувствительность 1 мкм и более	Высокая чувствительность и надежность, хорошая технологичность, возможность автоматизации	Повышенная токсичность

Люми- несцент- ный АЮ М-Б	Понижен- ная чувстви- тельность 2-5 мкм	Низ- кая токсичность, хорош ая технологичность	Повышен- ная пожароопас ность, повы- шенные требо- вания к чистоте поверхности
Люмине- сцентно- цветной АЭРО- 12А	Высокая 1 мкм и более при ульт- рафиолетовом свете, понижен- ная (5- 7 мкм) при види- мом свете	Хорошая чувстви- тельность, пониженная ток- сичность, возможность автоматизации	Повышенный остаточный фон, понижен- ная надежность за счет низкой стабильности технологии
Цвет- ной с исполь- зовани- ем Ком- плектов кра- сок К и М	Высокая 1-2 мкм	Хорошая чувстви- тельность, пониженный остаточный фон, воз- можность контро- ля труднодоступных ме- ст	Повышенная токсич- ность, труд- ность автоматиз ации

При проведении контроля следует соблюдать время проведения операции и межоперационных промежутков.

Одним из наиболее важных факторов при контроле деталей любым из капиллярных методов является качество подготовки контролируемой поверхности. Детали должны быть очищены от окалины, ржавчины, лако-красочных покрытий и других видов покрытий и загрязнений. Непосредственно перед контролем детали необходимо обезжирить в бензине или в ацетоне.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить методические указания по выполнению работы.
2. Изучить метод люминесцентной дефектоскопии
3. Краткое описание методики контроля деталей капиллярными методами.
4. Состав применяемых материалов при капиллярных методах контроля.
5. Заполнить таблицу «Характеристики различных методов капиллярной дефектоскопии»

6. Выполнить отчет

Форма представления результата:

1. Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ.
2. Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием.
3. Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем.

Практическое занятие № 2 **Радиационный метод контроля**

Формируемые компетенции:

- ПК 4.1. Участвовать в планировании деятельности первичного структурного подразделения
- ПК 4.2. Участвовать в разработке и внедрении технологических процессов
- ПК 4.3. Разрабатывать и оформлять техническую и технологическую документацию
- ПК 4.4 Обеспечивать соблюдение технологической и производственной дисциплины
- ПК 4.5. Обеспечивать соблюдение техники безопасности

Цель работы: формирование умений определять внешние и внутренние дефекты радиационным методом контроля

Выполнив работу, Вы будете:

- уметь:
- применять радиационный метод контроля

Материальное обеспечение:

1. Методические указания по выполнению практических занятий и лабораторных работ

Задание:

- заполнить таблицу

Краткие теоретические сведения:

Радиационный неразрушающий контроль - это вид неразрушающего контроля, основанный на регистрации и анализе ионизирующего излучения после его взаимодействия с объектом контроля. Этот вид кон-

троля играл и продолжает играть важную роль при определении качества материалов и изделий и поиске оружия и взрывных устройств в тех или иных конкретных ситуациях.

Радиационный неразрушающий контроль в основном использует фотонное, нейтронное и электронное излучения.

Он активно применяется при контроле:

- качества материалов (выявление дефектов в слитках, литых изделиях, сварных и паяных соединениях);
- качества функционирования узлов и механизмов.

Рассмотрим радиационный контроль сварных соединений.

Радиационный неразрушающий контроль представляет собой обязательное использование трех основных элементов: источника ионизирующего излучения, объекта контроля, устройства, регистрирующего дефектоскопическую информацию (детектора).

Сущность радиационных методов контроля заключается в просвечивании объекта контроля ионизирующим излучением и фиксирование выходящего пучка на детектор. Ионизирующее излучение, проходя через изделие (вещество), взаимодействует с атомными ядрами и электронными оболочками, поглощаясь и рассеиваясь, и вследствие этого испытывает ослабление. При этом у каждого вещества своя степень поглощения и ослабления излучения. Наличие в объекте контроля дефектов приводит к резкому изменению энергии или интенсивности излучения выходящего пучка. Поэтому зафиксированный детектором пучок излучения несет в себе информацию о наличии и размерах дефектов (рис. 1). Степень ослабления зависит от толщины δ и плотности ρ контролируемого объекта, а также интенсивности I и энергии E излучения. В общем виде закон ослабления имеет вид:

$$I_1 = I_0 \exp(-\mu_0 \delta),$$

где I_1 - интенсивность потока излучения в данной точке пространства, прошедшего через изделие; I_0 - интенсивность потока излучения в той же точке перед изделием; μ_0 - линейный коэффициент ослабления, характеризующий ослабление излучения на единицу длины пути в данном материале.

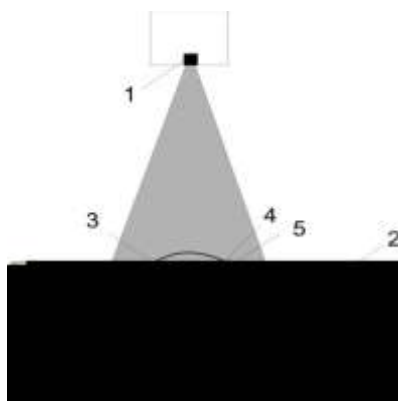


Рисунок 1 - . Схема контроля радиационными методами с картиной распределения интенсивности рентгеновского излучения. 1 – Источник рентгеновского излучения; 2 – Контролируемый образец (сварной шов, металл); 3 – Дефект (пора, шлаковые включения, наличие воздушной прослойки); 4 – Дефект (включение вольфрама,); 5 – Подрез; 6 – Рентгеновская пленка

Методы радиационного контроля различают по детекторам и источникам ионизирующих излучений. По детекторам радиационные методы контроля подразделяют на:

- радиографический,
- радиоскопический,
- радиометрический.

Радиографические методы радиационного неразрушающего контроля основаны на преобразовании радиационного изображения контролируемого объекта в радиографический снимок или запись этого изображения на запоминающем устройстве с последующим преобразованием в световое изображение. На практике этот метод наиболее широко распространен в связи с его простотой и документным подтверждением полученных результатов. В зависимости от используемых детекторов различают пленочную радиографию и ксерора-диографию (электрорадиографию). В первом случае детектором скрытого изображения и регистратором статического видимого изображения служит фоточувствительная пленка, во втором - полупроводниковая пластина, а в качестве регистратора используют обычную бумагу.

В зависимости от используемого излучения различают несколько разновидностей промышленной радиографии: рентгенографию, гаммаграфию, ускорительную и нейтронную радиографию. Каждый из пере-

численных методов имеет свою сферу использования. Этими методами можно просвечивать стальные изделия толщиной 1..700 мм.

Радиоскопический метод (радиационная интроскопия) - метод основанный на преобразовании радиационного изображения контролируемого объекта в световое изображение на выходном экране радиационно-оптического преобразователя, причем полученное изображение анализируется в процессе контроля.

Чувствительность этого метода несколько меньше, чем радиографии, но его преимуществами являются повышенная достоверность получаемых результатов благодаря возможности стереоскопического видения дефектов и рассмотрения изделий под разными углами; экспрессность и непрерывность контроля.

Радиометрическая дефектоскопия - метод получения информации о внутреннем состоянии контролируемого изделия, просвечиваемого ионизирующим излучением, в виде электрических сигналов (различных величины, длительности или количества).

Этот метод обеспечивает наибольшие возможности автоматизации процесса контроля и осуществления автоматической обратной связи контроля и технологического процесса изготовления изделия. Преимуществом метода является возможность непрерывного высокопроизводительного контроля качества изделия, обусловленная высоким быстродействием применения аппаратуры. По чувствительности этот метод не уступает радиографии.

По источникам ионизирующих излучений радиационные методы контроля различают на:

рентгеновские - генерирующие рентгеновское излучение;

гамма методы - при которых генерируются радиоизотопными источниками гамма излучения;

методы, в которых применяют специальные ускорители электронов для получения рентгеновского излучения большой мощности.

Имеются и другие источники ионизирующих излучений, которые не нашли широкого применения в дефектоскопии.

Физические основы метода.

Рентгеновское и гамма-излучения (γ -излучений) относят к ионизирующим излучениям, которые при прохождении через вещество ионизируют его молекулы и атомы. Ионизирующее излучение имеет электромагнитную природу. Длина волн рентгеновских лучей составляет $6 \cdot (10^{-13} \dots 10^{-9})$ мм, -излучений $10^{-13} \dots 4 \cdot 10^{-12}$ мм.

В связи с вышеперечисленным, обладая большой энергией, рентгеновское и -излучение легко проникают через металл, теряя при этом часть энергии в зависимости от толщины и плотности этого металла.

Рентгеновские лучи возникают тогда, когда поток быстролетящих электронов встречает на своем пути материю. При резком торможении часть энергии летящих электронов переходит в энергию рентгеновских лучей. Все эти процессы осуществляются в специальных вакуумных приборах, называемых рентгеновскими трубками.

В современной рентгентехнике используются высоковакуумные (порядка 10^{-4} Па) трубки с двумя (катод, анод) и более электродами. Трубка средней мощности состоит обычно из вакуумно-плотной колбы, изготовленной из стекла или по металлокерамической технологии (рис. 2.) Для этих целей обычно используется боросиликатное стекло (B_2O_3 , SiO_2), которое позволяет применять стеклянно-металлические вводы на основе ковара, имеющего коэффициент теплового линейного расширения, как и у стекла. Трубки со стеклянным баллоном чувствительны к тепловым и механическим ударам. Баллон металлокерамических трубок представляет собой металлический цилиндр, закрытый с обеих сторон керамическими дисками обычно из окиси алюминия. Высокие изоляционные характеристики такой керамики позволяют уменьшить размеры излучателей.

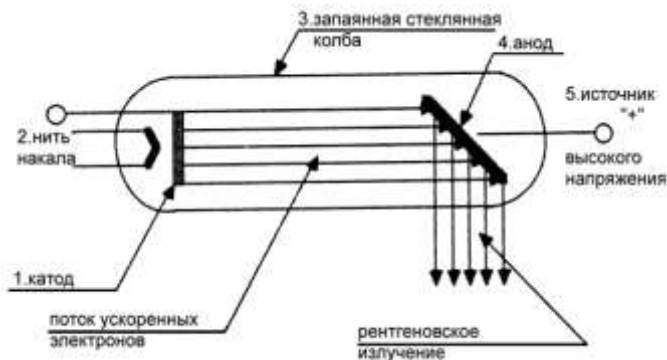


Рисунок 2 - Схема рентгеновской трубки: 1 – катод; 2 – нить накала катода; 3 – стеклянная колба; 4 – анод; 5 – источник высокого напряжения

Катодный узел (катод) включает вольфрамовую нить накала, закрученную, как правило, в спираль и окруженную металлическим электродом, создающим вокруг нее такую конфигурацию электрического поля, при которой электроны, выходящие из катода, движутся к аноду в виде узкого электронного пучка. Нить обычно питается переменным током (50 Гц) от отдельного регулируемого трансформатора. Ток нити накала находится в пределах 1 ... 10 А. Ток трубки лежит в диапазоне несколько десятков микроампер, у микрофокусных трубок - до 20 мА.

Анод рентгеновских трубок изготавливают из материала, обладающего высокой удельной теплопроводностью, например из меди, а мишень анода – из вольфрама или молибдена. Мишень плотно располагается в медном аноде для обеспечения высокой теплопроводности.

Принцип работы рентгеновской трубки:

Катод является источником электронов, а анод представляет собой мишень, бомбардируемую пучком электронов с катода. Как видно из рис.1, катод имеет форму чашки (фокусирующая чашка), в которой находится вольфрамовая спиральная нить накаливания. Под действием проходящего через нить электрического тока нить накаливается и испускает электроны. Количество испускаемых электронов пропорционально величине электрического тока, проходящего через нить. Ток измеряется в миллиамперах (мА). Таким образом величина тока (измеряемого в миллиамперах), проходящих через нить, определяет интенсивность рентгеновского излучения, испускаемого мишенью. Увеличение тока через нить (увеличение мА) приводит к увеличению количества испускаемых электронов, что, в свою очередь, ведет к увеличению интенсивности тормозного и характеристического рентгеновского излучения.

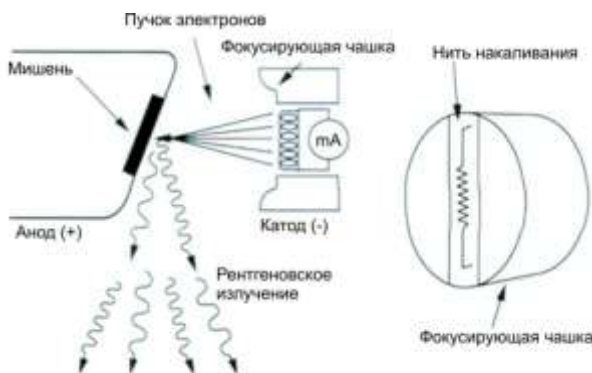


Рис. 1. Схематичное представление рентгеновской трубки

Фокусирующая чашка катода фокусирует электроны в пучок, направленный на мишень анода. На лицевой стороне анода, обращенной к катоду, имеется массивная вольфрамовая пластина, называемая мишенью. Маленький участок мишени, в которую попадает пучок электронов, называется фокусным пятном. Этот участок является источником тормозного и характеристического рентгеновского излучения. Большая часть энергии электронов, попадающих в мишень, преобразуется в тепло и лишь небольшой процент превращается в тормозное и характеристическое рентгеновское излучение.

Катод заряжен отрицательно, анод — положительно. Напряжение между ними выражается в пиковых киловольтах и называется пиковым киловольтажем (кВп). Величина напряжения определяет скорость пучка электронов. При увеличении напряжения увеличивается скорость пучка электронов, бомбардирующих мишень, что, в свою очередь, ведет к увеличению энергии формируемого мишенью тормозного и характеристического рентгеновского излучения, т.е. качества излучения.

Все органы управления элементами рентгеновской трубки расположены вне ее (снаружи) и подключены к катоду и аноду. Таймер контролирует время, в течение которого катод формирует пучок электронов. Полное количество электронов, образуемых катодом и достигающих анода, определяется произведением силы тока (в миллиамперах, мА) на длительность экспозиции в секундах (с).

Пучок рентгеновского излучения, облучающего объект, формируется специальным окошком, которое находится в металлическом кожухе, окружающем стеклянную колбу рентгеновской трубки. Этот пучок включает тормозное и характеристическое рентгеновское излучение разной длины волны и проникающей способности, определяемое величиной пикового киловольтажа (кВп), выбранного для данной экспозиции. Суммарное количество рентгеновского излучения в пучке на выходе рентгеновской трубки зависит от тока (мА), времени и выбранного пикового киловольтажа (кВп).

Рентгеновское излучение, прошедшее через объект, образует на детекторе (пленке) изображение. Пучок рентгеновского излучения, входящий образец, характеризуется равномерным распределением интенсивности излучения в зависимости от длины волны. Рентгеновское излучение, попавшее в объект, частично поглощается или проходит практически без поглощения в зависимости от того, что находится на пути пучка (дефекты: поры, подрезы, шлаковые и вольфрамовые включения или повышенное усиление). В результате на выходе из объекта излучения (образца) возникает специфическая картина распределения интенсивности рентгеновского излучения (именуемое выборочным ослаблением излучения). Это распределение интенсивности рентгеновского излучения несет в себе всю диагностическую информацию об образце. Эта информация затем фиксируется на детекторе (смотри рис. 2).

Тормозное излучение имеет непрерывный спектр в отличие от характеристического (или фотонного), имеющего дискретный (прерывистый) спектр. Характеристическое излучение возникает в результате изменения энергетического состояния атомов вещества. При выбивании электрона с внутренней оболочки атома под действием тормозного излучения последний переходит в возбужденное состояние (рис. 6.7). Освобожденное в оболочке место мгновенно заполняется другим электроном с

более удаленных оболочек. При переходе атома в нормальное (устойчивое) состояние испускается квант характеристического излучения, которое нашло применение при рентгеноструктурном анализе. В зависимости от энергии фотоны характеристического излучения объединяют в серии. Наибольшей энергией обладают фотоны К-серии, затем следуют L, M и другие (рис. 3).



Рисунок 3 - Схема возникновения характеристического излучения

Электромагнитное -излучение образуется при распаде ядер радиоактивных элементов (изотопов) вследствие естественного радиоактивного распада. При этом кроме электромагнитного -излучения существует еще несколько типов излучений при самопроизвольном распаде неустойчивых ядер изотопов: альфа-распад (ядра испускают α -частицы) и бета-распад (ядра испускают β -частицы — электроны или позитроны, обладающие энергиями от нулевого до некоторого, характерного для данного изотопа значения). Наибольшую энергию при распаде ядер изотопов имеет электромагнитное -излучение, которое и используется при контроле качества.

В результате ядерных превращений радиоактивные ядра становятся ядрами стабильных изотопов, и их общее число в изотопе убывает. Число таких превращений в единицу времени называют активностью радиоактивного источника. В системе СИ единица ее измерения c^{-1} . На практике часто употребляют другую единицу активности — Кюри (1 Кюри равен $3,7 \cdot 10^{10} c^{-1}$ и соответствует активности 1 г радия).

Активность радиоизотопных источников уменьшается со временем по закону

$$Q(t) = Q_0 \cdot 2^{-t/T_{1/2}} = Q_0 e^{-0.693t/T_{1/2}},$$

где Q_0 — первоначальная активность источника в известный момент времени, $Q(t)$ — активность источника через время t , $T_{1/2}$ — период полураспада (то есть промежуток времени, в течение которого активность источника уменьшается вдвое).

Основные единицы измерения ионизирующего излучения.

Единицей измерения энергии ионизирующего излучения в Международной системе единиц (СИ) служит джоуль (Дж). 1 Дж эквивалентен механической работе силы в 1 Н, перемещающей тело на расстояние 1 м в направлении действия силы.

Часто энергию рентгеновского и γ -излучений выражают в килоэлектрон-вольтах (кэВ) или мегаэлектрон-вольтах (МэВ). Электрон-вольт равен энергии, которую приобретает заряженная частица, несущая один элементарный заряд (заряд электрона), при перемещении в электрическом поле между двумя точками с разностью потенциалов в 1 В.

Активность радиоактивного изотопа в источнике (любом объекте, содержащем какое-либо количество радиоактивного вещества) определяется числом атомов, распадающихся в единицу времени. Активность радиоактивного изотопа равна произведению постоянной распада на общее

число радиоактивных атомов: $A_N = \omega_p N$.

Активность изотопа в источнике определяется числом распадов в секунду и в СИ измеряется в беккерелях (Бк). На практике широко применяют внесистемную единицу активности - кюри (Ки). Кюри - активность такого количества радиоактивного вещества, в котором происходит $3,7 \cdot 10^{10}$ распадов/с. Такое число распадов в секунду происходит в 1 г радия.

Отношение активности изотопа в радиоактивном источнике к массе или объему источника называют соответственно удельной или объемной активностью изотопа.

Из определения активности следует, что чем больше радиоактивного вещества находится в источнике, тем выше активность последнего, и чем больше период полураспада изотопа, тем больше радиоактивного вещества необходимо взять для получения данной активности.

Интенсивностью ионизирующего излучения (или плотностью потока энергии) называют энергию излучения, падающую в единицу времени на единицу площади, расположенной перпендикулярно к направлению излучения. Единицей интенсивности служит $\text{Вт}/\text{м}^2$. 1 $\text{Вт}/\text{м}^2$ эквивалентен энергии излучения в 1 Дж, падающей на поверхность площадью 1 м^2 в течение 1 с.

Для излучения с частотой ν интенсивность I определяется по формуле $I = N_k h\nu$, где N_k - число квантов энергии, падающих на поверхность площадью 1 м² в 1 с; $h\nu$ - энергия кванта.

В радиационной дефектоскопии для большей части расчетов можно принять рентгеновский излучатель или источник γ -излучений за точечный источник, т.е. за такой источник излучения, линейные размеры которого значительно меньше расстояния между ними и местом регистрации излучения. В таком случае к источникам рентгеновского и γ -излучений применим закон, согласно которому интенсивность излучения обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника: $I_1/I_2 = r_2^2/r_1^2$

Для оценки действия ионизирующего излучения в какой-либо среде служат так называемые дозовые характеристики поля излучения. Одна из этих характеристик - поглощенная доза излучения $D_{\text{п}}$ - представляет собой энергию ионизирующего излучения, отнесенную к единице массы облучаемого вещества. Единица поглощенной дозы - грэй (Гр). 1 Гр - это доза излучения, при которой облученному веществу массой 1 кг передается энергия ионизирующего излучения в 1 Дж. Внесистемная единица поглощенной дозы - радиан.

Мощностью поглощенной дозы называют дозу, поглощенную в единицу времени. За единицу мощности поглощенной дозы любого вида ионизирующего излучения принят Гр/с, внесистемная единица - рад/с.

Эквивалентная доза излучения определяет биологическое воздействие излучения на организм человека. Эквивалентная доза излучения равна произведению поглощенной дозы $D_{\text{п}}$, излучения в биологической ткани на коэффициент качества K этого излучения: $D_{\text{экв}} = K D_{\text{п}}$. Коэффициент качества K служит для сравнения различных видов ионизирующего излучения по ожидаемому биологическому эффекту.

За единицу эквивалентной дозы излучения принят зиверт (Зв). Внесистемная единица эквивалентной дозы - бэр. 1 бэр численно равен 1 рад, деленному на коэффициент качества K . Единицами мощности эквивалентной дозы излучения являются Зв/с и бэр/с.

Экспозиционная доза - характеристика, основанная на ионизирующем действии излучения в сухом атмосферном воздухе. Единица экспозиционной дозы - Кл/кг. 1 Кл/кг соответствует экспозиционной дозе рентгеновского или γ -излучений, при прохождении которого через 1 кг воздуха в результате всех ионизационных процессов в воздухе образуются ионы, несущие заряд в 1 Кл электричества каждого знака.

Внесистемная единица экспозиционной дозы - рентген (Р). Рентген - это экспозиционная доза рентгеновского и γ -излучений, при прохождении которых через $1,293 \cdot 10^{-3}$ г в воздухе в результате завершения всех ионизационных процессов появляются ионы, несущие заряд в одну электростатическую единицу количества электричества каждого знака.

Мощность экспозиционной дозы (МЭД), т.е. экспозиционная доза фотонного излучения, отнесенная к единице времени, выражается в А/кг или Р/с. Ампер на килограмм равен мощности экспозиционной дозы рентгеновского и γ -излучений, при которой за 1 с сухому атмосферному воздуху передается экспозиционная доза 1 Кл/кг.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить методические указания по выполнению работы.
2. Получить у преподавателя исходные данные для выполнения работы в соответствии с вариантом.
3. Изучить радиационный неразрушающий контроль
- 4 Изучить и зарисовать схему рентгеновской трубки
5. Заполните табл. 1.

Таблица 1

№ образца	Дефекты, увиденные визуально	Дефекты радиационного неразрушающих контроля
1		
2		
3		

6. Заполните табл. 2.

Таблица 2

№ п/п	Дефекты	Причина возникновения	Меры устранения

7. Ответить на вопросы

Природа и свойства рентгеновского излучения?

Устройство рентгеновских аппаратов, работа электрической схемы.

Действие усиливающих экранов.

Как определяются координаты дефекта?

8. Выполнить отчет

Форма представления результата:

1. Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ.
2. Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием.
3. Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем.

Практическое занятие № 3

Выбор диагностических параметров. Диагностика состояния гидросистемы

Формируемые компетенции:

- ПК 4.1. Участвовать в планировании деятельности первичного структурного подразделения
- ПК 4.2. Участвовать в разработке и внедрении технологических процессов
- ПК 4.3. Разрабатывать и оформлять техническую и технологическую документацию
- ПК 4.4. Обеспечивать соблюдение технологической и производственной дисциплины
- ПК 4.5. Обеспечивать соблюдение техники безопасности

Цель работы: формирование умений производить диагностику состояния гидросистемы

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выполнять диагностику состояния гидросистемы

Материальное обеспечение:

1. Методические указания по выполнению практических занятий

Порядок выполнения работы:

1. Изучить методические указания по выполнению работы.
2. Изучить характерные неисправности гидропривода
3. Составить дефектационную ведомость.
4. Определить вероятную неисправность, которая могла возникнуть в данной гидросистеме.

5. Сделать вывод по основным проверяемым показателям гидро-аппаратуры.

Форма представления результата:

1. Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ.
2. Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием.
3. Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем.

Тема 1.2 Контрольно-измерительные приборы

Практическое занятие № 4

Проверка пружинного манометра, логометра

Формируемые компетенции:

- ПК 4.1. Участвовать в планировании деятельности первичного структурного подразделения
- ПК 4.2. Участвовать в разработке и внедрении технологических процессов
- ПК.4.3. Разрабатывать и оформлять техническую и технологическую документацию
- ПК.4.4 Обеспечивать соблюдение технологической и производственной дисциплины
- ПК.4.5. Обеспечивать соблюдение техники безопасности

Цель поверки: определяется назначением прибора. Если прибор технический, то при поверке устанавливают принадлежность прибора к присвоенному ему классу точности. Класс точности удостоверяется клеймом на циферблате манометра. Если прибор лабораторный, то целью поверки является определение величин поправок Δp , компенсирующих основную систематическую погрешность при различных показаниях p прибора. В этом случае результат поверки оформляют в виде графика (тарировочного) зависимости $\Delta p = f(p)$.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выполнять поверку пружинного манометра

Материальное обеспечение:

1. Методические указания по выполнению практических занятий и лабораторных работ

Задание:

1. Проверить на образцовом грузопоршневом манометре пружинный манометр:
 - а) снять показания с поверяемого манометра и сравнить их с показаниями контрольного образцового манометра;
 - б) вычислить максимальную абсолютную систематическую погрешность и дать заключение о соответствии прибора своему классу точности.
2. Построить поправочную кривую.

Краткие теоретические сведения:

Давление, отсчитываемое от нулевого давления, называется абсолютным давлением $P_{абс}$. Давление, превышающее атмосферное и отсчитываемое от атмосферного давления, называется избыточным давлением $P_{изб}$. Давление, которое меньше атмосферного и отсчитываемое от атмосферного давления, называется вакуумметрическим давлением $P_{вак}$ (рис. 1.1).

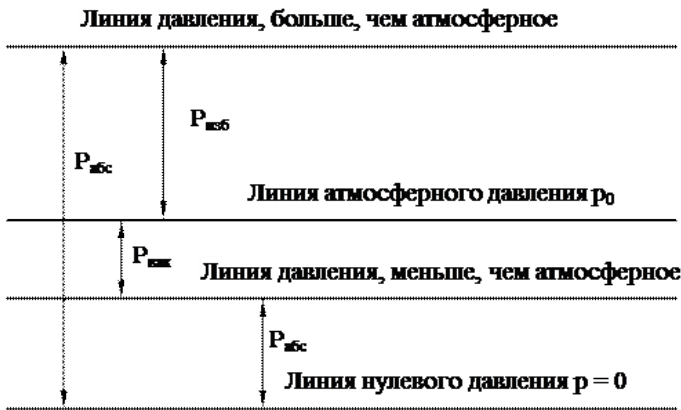


Рис. 1.1 К понятию избыточного давления и вакуума.

Приборы для измерения давления весьма разнообразны. Они классифицируются по различным признакам.

По характеру измеряемой величины приборы разделяют на группы:

1. Приборы для измерения атмосферного давления рат — барометры.

2. Приборы для измерения разности абсолютного и атмосферного давлений, т. е. избыточного давления при вакууме p_v . Приборы, измеряющие избыточное давление, называют манометрами; приборы, измеряющие вакуум, — вакуумметрами. Приборы, которыми можно измерять избыточное давление и вакуум, называют мановакуумметрами.

3. Приборы для измерения абсолютного давления p — манометры абсолютного давления. Абсолютное давление можно измерять также с помощью барометра и манометра, если измеряемое давление больше атмосферного ($p = p_{ат} + p_i$), а также барометра и вакуумметра, если измеряемое давление меньше атмосферного ($p = p_{ат} - p_v$). Манометры абсолютного давления обычно применяют для измерения малых абсолютных давлений.

4. Приборы для измерения разности давлений — дифференциальные манометры.

5. Приборы для измерения малого избыточного давления и вакуума — микроманометры.

По принципу действия различают приборы жидкостные, пружинные, поршневые, электрические, комбинированные:

- К жидкостным относятся приборы, основанные на гидростатическом принципе действия, заключающимся в том, что измеряемое давление уравнивается давлением, создаваемым весом столба жидкости, высота которого служит мерой давления.

- Действие пружинных манометров основано на применении закона Гука. Сила давления деформирует упругий элемент прибора — пружину, которая может представлять собой полую трубку, мембрану, сильфон и т. п. Деформация упругого элемента, вызванная давлением, по закону Гука пропорциональна давлению и служит его мерой.

- В основу измерения давления поршневыми приборами положен закон равновесия твердого тела, находящегося под воздействием жидкости. Сила измеряемого давления жидкости, приложенная к поршню прибора, уравнивается внешней силой, величина которой служит мерой давления. В том случае, когда внешней силой является вес грузов, нагружающих поршень, приборы называются грузопоршневыми.

- Действие электрических приборов основано на использовании пропорциональности между изменением некоторых электрических свойств материалов и изменением давления.

Например, омическое сопротивление некоторых сплавов пропорционально давлению окружающей среды; это свойство используется при измерении высоких давлений. Величина электрических зарядов, появляющихся на поверхности кристаллического диэлектрика при сжатии и растяжении кристалла, пропорциональна действующему давлению; это свойство используется при измерении быстропеременных давлений.

- К комбинированным относятся приборы, принцип действия которых носит смешанный характер (например, электромеханические приборы).

Манометры разделяют на классы по точности. Установлены следующие классы точности приборов для измерения давления: 0,005; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,5; 1,0; 2,0; 2,5; 4,0; 6,0. Приборы классов точности 0,5 - 6 используют как рабочие, классов 0,005 – 0,4 – как образцовые.

Основными характеристиками приборов, измеряющих давление, являются класс точности, диапазон измеряемых давлений, чувствительность, линейность и быстродействие.

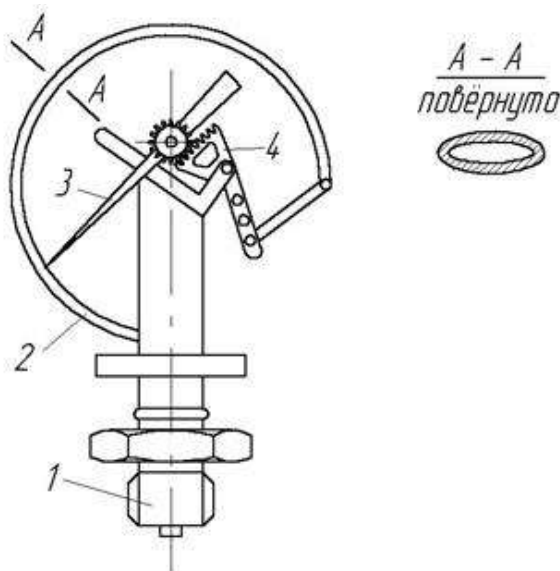


Рис. 1.2. Схема пружинного манометра

Чувствительным элементом манометра (рис 1.2) является изогнутая латунная трубка эллиптического сечения 2, один конец которого соединен с подводящим штуцером 1, а другой запаян. Под действием давления эллиптическая трубка стремится распрямиться, при этом запаянный конец трубки через тягу и секторный механизм 4 перемещает подпружинную стрелку 3 на некоторый угол, пропорциональный измеряемому давлению.

Основным недостатком пружинных приборов является нестабильность их показаний, вызываемая рядом причин: упругим последствием деформируемого элемента; постепенным изменением упругих свойств этого элемента; возможным возникновением остаточных дефор-

маций в нем; износом передаточного механизма. Указанный недостаток вынуждает периодически поверять пружинные приборы, чтобы подтвердить класс точности или определить поправки, компенсирующие систематические погрешности приборов.

Абсолютная погрешность измерений – это разность между значениями величины, полученной при измерении, и ее истинным значением, выражаемая в единицах измеряемой величины.

Относительная погрешность измерения – это отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины.

Предельная погрешность – диапазон погрешностей измерения, за который не должны выходить значения относительной погрешности.

Проверка пружинного манометра

При проверке любого прибора сравнивают показания поверяемого прибора с показаниями образцового.

При выборе образцового прибора для проверки учитывают следующие требования: 1) верхний предел образцового прибора должен превышать верхний предел поверяемого прибора; 2) максимальная абсолютная погрешность образцового прибора должна быть, по крайней мере, в четыре раза меньше максимальной абсолютной погрешности поверяемого прибора.

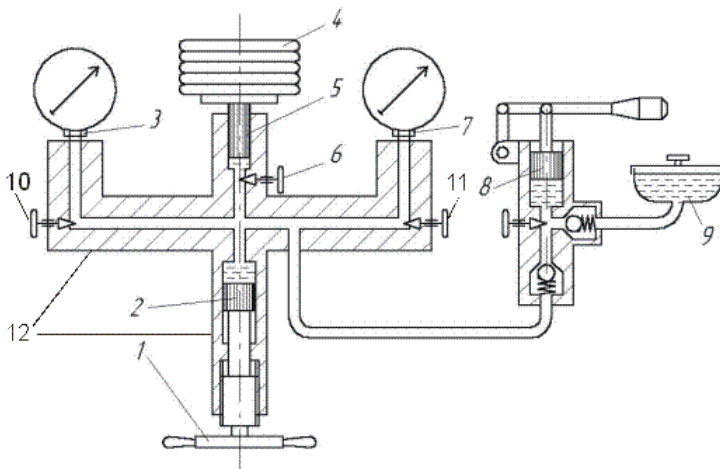


Рисунок 1.3 Схема установки для проверки пружинного манометра

Установка для проверки пружинного манометра (рис. 1.3) состоит из грузопоршневого манометра 12 с грузами 4 и вентилями 6, 10, 11 прессового устройства 2 с маховиком 1, двух присоединительных гнезд 3

и 7 для подключения поверяемого и образцового манометров, бачка 9 и ручного насоса 8.

При выполнении поверки пружинного манометра по показаниям образцового пружинного манометра необходимо соблюдать следующее:

1) установка должна располагаться в месте, свободном от вибраций;

2) температура в помещении не должна выходить за пределы 17–23°C;

3) перед поверкой манометров, предназначенных для измерения давления $p > 0,16 \text{ МПа}$ (1,6 ат), из жидкости, заполняющей установку, необходимо удалить воздух; манометры для измерения давления

$p < 0,16 \text{ МПа}$ (1,6 ат) следует поверять на установке, заполненной воздухом;

4) включать и выключать приборы необходимо путем медленного открывания и закрывания кранов;

5) отсчет показаний приборов должен производиться после легкого постукивания по прибору пальцем;

6) при отсчете луч зрения наблюдателя должен быть перпендикулярен циферблату прибора и при этом проходить через указательный конец стрелки;

7) при поверке лабораторных и образцовых манометров показания прибора должны отсчитываться с точностью до 0,1 деления шкалы.

Порядок выполнения работы:

1. Поверяемый и образцовый прибор присоединяют к установке (см. рис. 1.3).

2. Перед началом работы поршень 2 должен находиться в положении, близком к крайнему выдвинутому, для чего открывают кран 6 и вращением маховика 1 поршень 2 устанавливают в крайнее левое положение. Цилиндр прессового устройства с помощью ручного насоса 8 заполняют маслом, до того момента, когда плунжер 5 всплывет и расположится на уровне совмещения риски.

3. Назначают поверяемые точки шкалы прибора. Последние должны быть равномерно распределены по шкале. Число поверяемых точек зависит от класса точности прибора. Манометры классов 4 — 6 поверяют в трех точках, классов 1 — 2,5 в пяти, классов 0,5 и выше в десяти точках.

4. Груз, соответствующий давлению в первой точке, назначенной для поверки (вес груза определяют по поверочному свидетельству образцового грузопоршневого манометра), помещают на грузоприемную тарелку. Под плунжером образцового грузопоршневого манометра создают давление, равное давлению в первой точке, назначенной для поверки. Для этого поршень прессового устройства вводят в цилиндр (за счет враще-

ния маховика) до положения, при котором плунжер всплывет и тарелка расположится на уровне совмещения риски (см. рис. 1.3).

5. Подключают образцовый манометр, для чего открывают кран (вентиль) 10. Фиксируют показания образцового манометра.

6. Поршень 2 устанавливают в крайнее левое положение и кран 10 закрывают.

7. Поршень прессового устройства вводят в цилиндр (за счет вращения маховика) до положения, при котором плунжер всплывет и тарелка расположится на уровне совмещения риски.

8. Подключают поверяемый манометр, для чего открывают кран 11. Фиксируют показания поверяемого манометра

9. Операции с 4 по 8 повторяют для всего ряда последовательно возрастающих давлений, соответствующих намеченным для поверки точкам.

По достижении максимального давления образцовый и поверяемый манометры выдерживают под давлением в течение 5 мин. Затем поверку производят при тех же, но последовательно снижающихся давлениях.

10. Заполняют табл. 1.1.

Таблица 1.1

№ измерения	Показание образцового манометра p_{0i}	Показания поверяемого манометра, МПа	Абсолютная погрешность Δi	Вариация показаний δ
при повышении p_p	при понижении p_n	при повышении p'_p	при понижении p'_n	

Поверка логометра

Задание:

- изучить назначение, устройство, принцип работы логометра;
- заполнить таблицу

Краткие теоретические сведения

Измерительные механизмы, предназначенные для измерения не какой-либо величины, а отношение двух величин (обычно двух токов), называются логометрами (логос – отношение)

В логометре (рис. 1) противодействующий момент создается не механическим способом, а электрическим. Для этого подвижная часть выполняется в виде двух жестко скрепленных между собой рамок 1 и 2, по обмоткам которых протекают токи I_1 и I_2 . Пружинки для создания механического противодействующего момента не ставятся, а ток к обмоткам

подводится с помощью безмоментных токоподводов, выполняемых в виде тонких неупругих ленточек.

Направления токов в обмотках выбираются так, чтобы моменты M_1 и M_2 , создаваемые рамками, действовали навстречу друг другу. Один из моментов может считаться вращающим, второй – противодействующим, кроме того, хотя бы один из моментов должен зависеть от угла поворота. Значит один из параметров, определяющих величину момента, является функцией угла α . Технически индукцию проще сделать зависящей от угла поворота $B=f(\alpha)$. Для этого магнитное поле в зазоре должно быть неравномерным, что достигается эллипсоидальной формой сердечника. Если через рамки проходят токи I_1 и I_2 , то моменты, направленные навстречу друг другу, равны:

$$M_1 = B_1 s_1 w_1 I_1 = I_1 f_1(\alpha) \quad M_2 = B_2 s_2 w_2 I_2 = I_2 f_2(\alpha)$$

Так как равновесие наступает при M_1 и M_2 , то $I_1 f_1(\alpha) = I_2 f_2(\alpha)$, откуда $I_1 / I_2 = f_2(\alpha) / f_1(\alpha) = f(\alpha)$.

Если обе цепи имеют один источник питания, то колебания напряжения этого источника не влияют на показания прибора, так как токи изменяются в одном и том же отношении. Логометры применяются для измерения сопротивлений (омметры) и неэлектрических величин: температуры, давления и т.д.

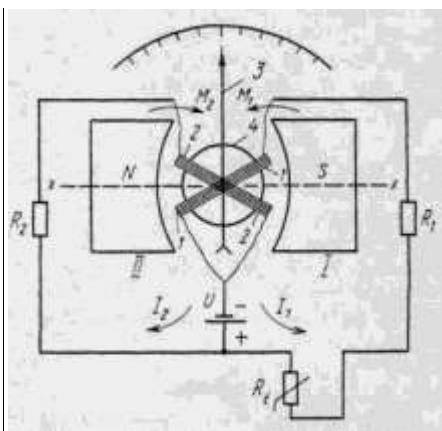


Рисунок 1 – Схема магнитоэлектрического логометра

На лабораторном стенде (рисунок 2) смонтированы: автоматический показывающий и самопишущий мост КСМ2 (градуировка 50П, шкала 0 – 200 Ом, класс точности 0,5), показывающий логометр Ш69000 (градуировка 21, шкала 0–1500С, класс точности 1,5), магазин сопротивлений К4830/2(класс точности 0,9), тумблер подачи напряжения.

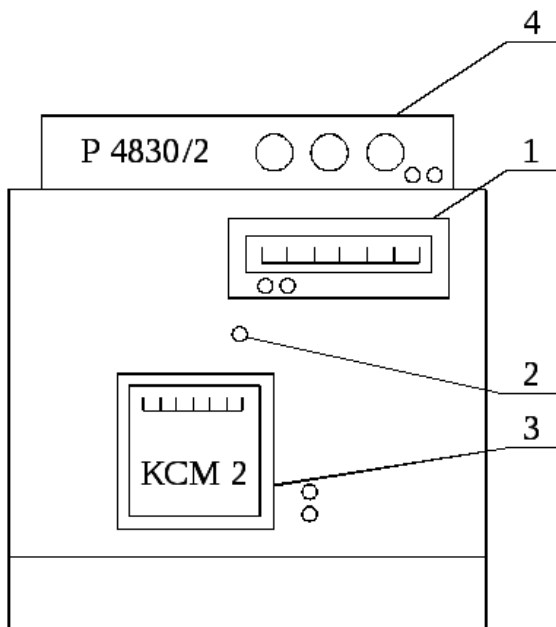


Рисунок 4.3– Схема лабораторного стенда:

1 – логометр Ш69000, 2 – тумблер подачи напряжения на стенд, 3 – автоматический мост КСМ2, 4 – магазин сопротивлений Р 4830/2

Порядок выполнения работы:

- 1) Ознакомиться с лабораторным стендом и установленными на нем приборами.
- 2) Проверить работоспособность автоматического моста КСМ2.
- 3) Проверить работоспособность логометра Ш69000.

Методика выполнения работы

Проверка работоспособности автоматического уравновешенного моста КСМ2 и логометра Ш69000 заключается в сравнении их показаний на оцифрованных отметках со значениями градуировочных характеристик соответствующих термопреобразователей сопротивления (см. таблицы 4.1, 4.2), определении максимальной приведенной погрешности и срав-

нении ее с классом точности проверяемых приборов. Проверка производится с помощью магазина сопротивлений Р 4830/2, который имитирует термопреобразователь сопротивления R_t и подключается вместо него к входным клеммам КСМ2 и Ш69000.

Таблица 1 – Температурная характеристика термопреобразователя сопротивления. Градуировка 50П

$t, ^\circ\text{C}$	0	40	80	120	160	200
R_t , Ом	50	57,895	65,694	73,396	81,003	88,516

Таблица 2 – Температурная характеристика термопреобразователя сопротивления. Градуировка 21

$t, ^\circ\text{C}$	0	30	60	90	120	150
R_t , Ом	46	51,45	56,86	62,21	67,52	72,78

При расчете погрешностей автоматического моста и логометра под «А» в формулах (2.1), (2.3), (2.5) понимается величина электрического сопротивления.

Порядок выполнения работы

1. Подайте напряжение на стенд тумблером, расположенным на панели управления.
2. Подключите образцовый магазин сопротивления Р4830/2 к автоматическому мосту КСМ2.
3. Ручками магазина сопротивления Р4830/2 « $\times 10\Omega$ », « $\times 1\Omega$ », « $\times 0,1\Omega$ » установите стрелку КСМ2 на проверяемую отметку шкалы и занесите в таблицу 4.3, результаты измерений (сумму показаний декад магазина сопротивления, Ом и показания автоматического моста). Проведите те же операции для всех оцифрованных отметок шкалы КСМ2 при прямом и обратном ходе.
4. Подключите образцовый магазин сопротивления Р 4830/2 к логометру Ш69000.
5. Проведите те же операции (см. пункт 3) для оцифрованных отметок шкалы Ш69000.
6. Заполните таблицу 3.

Таблица 3 – Протокол испытаний приборов КСМ2 и Ш69000

№ п/п	Град. температур	Сопротив. ЭТП Ом	Сопротив. МСР – 54 при $t^0\text{C}$, Ом		Абсолютная погрешность		относительная погрешность	
			Пря	Об-	Пря-	Об-	Пря-	Об-

			мой ход	рат- ный ход	мой ход	рат- ный ход	мой ход	рат- ный ход
1	0	46,00						
2	20	49,64						
3	50	55,06						
4	80	60,43						
5	110	65,76						
6	140	71,03						
7	170	76,26						
8	190	79,72						
9	200	81,44						

Форма представления результата:

Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ.

Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием.

Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем.

Практическое занятие № 5 **Изучение конструкции ротаметров**

Формируемые компетенции:

ПК 4.1. Участвовать в планировании деятельности первичного структурного подразделения

ПК 4.2. Участвовать в разработке и внедрении технологических процессов

ПК 4.3. Разрабатывать и оформлять техническую и технологическую документацию

ПК 4.4. Обеспечивать соблюдение технологической и производственной дисциплины

ПК 4.5. Обеспечивать соблюдение техники безопасности

Цель работы: формирование умений применения расходомеров постоянного перепада давления

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- пользоваться ротаметром

Материальное обеспечение:

1. Методические указания по выполнению практических занятий и лабораторных работ

Задание:

- изучить назначение, устройство, принцип работы ротаметров

Краткие теоретические сведения:

Расходомеры обтекания

Принцип действия расходомеров обтекания основан на зависимости перемещения тела, находящегося в потоке и воспринимающего динамическое давление обтекающего его потока, от расхода вещества. Широко распространенными расходомерами обтекания являются расходомеры постоянного перепада давления — ротаметры, поплавковые и поршневые. Принцип действия расходомеров постоянного перепада давления основан на зависимости от расхода вещества вертикального перемещения тела — поплавок, находящегося в потоке и изменяющего при этом площадь проходного отверстия прибора таким образом, что перепад давления по обе стороны поплавка остается постоянным.

В некоторых расходомерах обтекания, называемых расходомерами обтекания компенсационного типа, перемещение тела обтекания измеряется по величине давления, создающего усилие, приложенное к телу и уравнивающее динамическое давление потока на него.

Ротаметры

Расходомеры постоянного перепада давления – ротаметры - применяются для измерения расходов однородных потоков чистых и слабозагрязненных жидкостей и газов, протекающих по трубопроводам и не подверженных значительным колебаниям. Ротаметры имеют большой диапазон измерения

$$\frac{Q_{\max}}{Q_{\min}} = \frac{10}{1}$$

Ротаметр (рис. VIII.4) представляет собой длинную коническую трубку 1, располагаемую вертикально, вдоль которой под действием движущегося снизу вверх потока перемещается поплавок 2. Поплавок перемещается до тех пор, пока площадь кольцевого отверстия между поплавком и внутренней поверхностью конусной трубки не достигнет такого размера, при котором перепад давления по обе стороны поплавка не станет равным расчетному. При этом действующие на поплавок силы

уравновешиваются, а поплавок устанавливается на высоте, соответствующей определенному значению расхода.

На поплавок сверху вниз действуют две силы: сила тяжести G_1 и сила от давления потока на верхнюю плоскость поплавка.

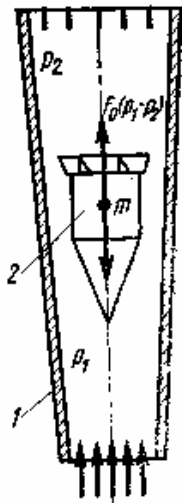


Рисунок 1 – Функциональная схема ротометра

Сила тяжести $G_1 = V \cdot \rho_1 \cdot g$,

где V – объём поплавка, ρ_1 – плотность материала поплавка, g – ускорение свободного падения. Сила от давления потока на верхнюю

плоскость поплавка равна $\delta_2' \cdot S$, где δ_2' – среднее давление потока на единицу площади верхней поверхности поплавка, S – площадь наибольшего поперечного сечения поплавка.

Снизу вверх на поплавок действуют сила от давления потока на нижнюю плоскость поплавка $\delta_1' \cdot S$ и сила трения потоков о поплавок

$k \cdot v_k^n \cdot S_a$, где k – коэффициент сопротивления, зависящий от числа Рейнольдса и степени шероховатости поверхности, v_k – средняя скорость потока в кольцевом канале, охватывающем боковую поверхность поплавка, S_a – площадь боковой поверхности поплавка, n – показатель,

зависящий от скорости. При равновесии поплавка справедливо равенство:

$$G_1 V \cdot \rho_1 \cdot g + \delta_2' \cdot S = k \cdot v_k^n \cdot S_{\dot{a}} + \delta_1' \cdot S$$

$$\Rightarrow \delta_1' - \delta_2' = \frac{V \cdot \rho_1 \cdot g}{S} - \frac{k \cdot v_k^n \cdot S_{\dot{a}}}{S}$$

Формула для расчёта расхода несжимаемой жидкости имеет вид:

$$Q = \alpha_1 \cdot S_k \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot V \cdot (\rho_1 - \rho)}{\rho \cdot S}}$$

где ρ – плотность измеряемой среды,

$$\alpha_1 = \alpha \cdot \sqrt{\frac{g \cdot (V \cdot \rho_1 - S \cdot l \cdot \rho) - k \cdot S_{\dot{a}} \cdot v_k - \varphi \cdot \rho \cdot \frac{v_1^2}{2}}{g \cdot V \cdot (\rho_1 - \rho)}}$$

коэффициент расхода, определяется опытным путём.

При расчёте расхода газа вводят поправочный коэффициент ε .

Достоинства: относительная простота в конструкции, широкий диапазон измерения расходов ($1:5$; $1:10$).

Недостатки: невысокие рабочие давления измеряемых сред для ротаметров со стеклянной трубкой (не более 0,58 МПа), невозможность регистрации показаний для ротаметров с металлической конусной трубкой, невозможность передачи показаний на расстояние, недостаточная чёткость шкал, градуировка ротаметров производится по конкретным средам (вода и воздух), низкая точность $1 \div 4\%$.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить методические указания по выполнению работы.
2. Получить у преподавателя исходные данные для выполнения работы в соответствии с вариантом.
3. Изучить назначение, устройство, принцип работы ротаметров
4. Выполнить функциональную схему ротаметра
5. Произвести измерения
6. Определить расход
7. Записать достоинства и недостатки измерения ротаметром
8. Выполнить отчет

Форма представления результата:

1. Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ.
2. Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием.
3. Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем.

Практическое занятие № 6

Расчет расхода вещества по показаниям дифманометра

Формируемые компетенции:

- ПК 4.1. Участвовать в планировании деятельности первичного структурного подразделения
- ПК 4.2. Участвовать в разработке и внедрении технологических процессов
- ПК.4.3. Разрабатывать и оформлять техническую и технологическую документацию
- ПК.4.4 Обеспечивать соблюдение технологической и производственной дисциплины
- ПК.4.5. Обеспечивать соблюдение техники безопасности

Цель работы: формирование умений определения расхода и массы жидкости

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- определять расход и массу жидкости

Материальное обеспечение:

1. Методические указания по выполнению практических занятий и лабораторных работ

Задание:

- определить расход и массу жидкости

Краткие теоретические сведения:

1. Основные сведения об измерении расхода и массы веществ

Измерение расхода и массы веществ (жидких, газообразных.) широко применяется при контроле, регулировании и управлении технологическими процессами в промышленности.

Расход вещества - это масса или объем вещества, проходящего через данное сечение канала средства измерения расхода в единицу времени. В

зависимости от того, в каких единицах измеряется расход, различают объемный расход или массовый расход. Объемный расход измеряется в м³/с (м³/ч и т. д.), а массовый - в кг/с (кг/ч, т/ч и т. д.).

Расход вещества измеряется с помощью расходомеров, представляющих собой средства измерений или измерительные приборы расхода. Многие расходомеры предназначены не только для измерения расхода, но и для измерения массы или объема вещества, проходящего через средство измерения в течение любого, произвольно взятого промежутка времени. В этом случае они называются расходомерами со счетчиками или просто счетчиками. Масса или объем вещества, прошедшего через счетчик, определяется по разности двух последовательных во времени показаний отсчетного устройства или интегратора.

По принципу действия разделяются на следующие основные группы: переменного перепада давления; обтекания - постоянного перепада давления; тахометрические; электромагнитные; переменного уровня; тепловые; вихревые; акустические. Кроме того, известны расходомеры, основанные на других принципах действия: резонансные, оптические, ионизационные, меточные и др. Однако многие из них находятся в стадии разработки и широкого применения пока не получили.

Расходомеры переменного перепада давления

Одним из наиболее распространенных средств измерений расхода жидкостей и газов (паров), протекающих по трубопроводам, являются расходомеры переменного перепада давления, состоящие из стандартного сужающего устройства, дифманометра, приборов для измерения параметров среды и соединительных линий. В комплект расходомерного устройства также входят прямые участки трубопроводов до и после сужающего устройства с местными сопротивлениями.

Сужающее устройство расходомера является первичным измерительным преобразователем расхода, в котором в результате сужения сечения потока измеряемой среды (жидкости, газа, пара) образуется перепад (разность) давления, зависящий от расхода. В качестве стандартных (нормализованных) сужающих устройств применяются измерительные диафрагмы, сопла, сопла Вентури и трубы Вентури. Диафрагма - тонкий диск с отверстием круглого сечения, центр которого лежит на оси трубопровода (используются в трубах от 50 мм до 2 м). Сопло - выполнено в виде насадки с круглым концентрическим отверстием, имеющим плавную сужающую часть на входе и развитую цилиндрическую часть на выходе. Сопло Вентури - состоит из цилиндрического входного участка, плавно сужающейся части, переходящей в короткий цилиндрический участок, и расширяющейся конической части (диффузора).

Достоинствами диафрагм являются: простота изготовления, дешевизна изготовления, простота проверки конструкции. Недостатками явля-

ются: малый срок службы, большая остаточная потеря давления $40 \div 60\%$ ().

К достоинствам сопел относятся: маленькая потеря давления, способность при одном и том же перепаде давлений измерять больший расход. Недостатками являются: сложность в изготовлении и проверке.

В качестве измерительных приборов применяются различные дифференциальные манометры, снабженные показывающими, записывающими, интегрирующими, сигнализирующими и другими устройствами, обеспечивающими выдачу измерительной информации о расходе в соответствующей форме и виде.

Измерительная диафрагма представляет собой диск, установленный так, что центр его лежит на оси трубопровода (рис. 1). При протекании потока жидкости или газа (пара) в трубопроводе с диафрагмой сужение его начинается до диафрагмы. На некотором расстоянии за ней под действием сил инерции поток сужается до минимального сечения, а далее постепенно расширяется до полного сечения трубопровода. Перед диафрагмой и после нее образуются зоны завихрения. Давление струи около стенки вначале возрастает из-за подпора перед диафрагмой. За диафрагмой оно снижается до минимума, затем снова повышается, но не достигает прежнего значения, так как вследствие трения и завихрений происходит потеря давления $p_{\text{пот}}$.

Таким образом, часть потенциальной энергии давления потока переходит в кинетическую. В результате средняя скорость потока в суженном сечении повышается, а статическое давление в этом сечении становится меньше статического давления перед сужающим устройством. Разность этих давлений (перепад давления) служит мерой расхода протекающей через сужающее устройство жидкости, газа или пара.

Из рисунка 1 видно, что давление по оси трубопровода, показанное штрихпунктирной линией, несколько отличается от давления вдоль стенки трубопровода только в средней части графика. Через отверстия 1 и 2 производится измерение статических давлений до и после сужающего устройства.

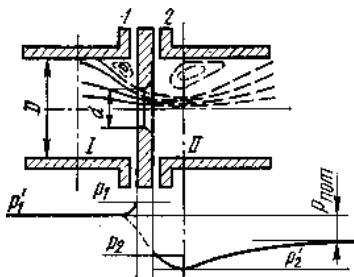


Рисунок 1 – Схема распределения статического давления в потоке при установке в трубопроводе сужающего устройства - диафрагмы

При этом расход для несжимаемых жидкостей находится по формулам:

$$Q = \alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot (p_1 - p_2)} \left(\frac{i^3}{\tilde{n}} \right)$$

или

$$Q = \alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot (p_1 - p_2)} \left(\frac{\epsilon \tilde{a}}{\tilde{n}} \right),$$

где ρ – плотность вещества $\left(\frac{\epsilon \tilde{a}}{i^3} \right)$, S_0 – площадь поперечного сечения отверстия диафрагмы (сужающее устройство), Q – расход вещества, p_1 – абсолютное давление до сужающего устройства, p_2 – абсолютное давление после сужающего устройства,

$$\alpha = \frac{\mu \cdot \sqrt{\psi}}{\sqrt{\xi + k_2 - k_1 \cdot m^2 \cdot \mu^2}}$$

коэффициент расхода учитывает неравномерное распределение скоростей по сечению потока, обусловленное вязкостью вещества и трением о стенки трубопровода.

Этот коэффициент для разных сужающих устройств определяется опытным путём. Здесь

$$\mu = \frac{S_2}{S_0} -$$

коэффициент сужения струи (S_2 – площадь поперечного сечения наиболее суженного участка струи), k_1, k_2 – поправочные коэффициенты на неравномерность распределения скоростей в сечениях I и II,

$$m = \frac{v_1}{v_0}$$

(v_1 – средняя скорость вещества в сечении I, v_0 – средняя скорость вещества в отверстии диафрагмы), ξ – местное сопротивление потоку.

При измерении расхода сжимаемых жидкостей и газов (паров) необходимо учитывать уменьшение плотности ρ вследствие понижения давления при прохождении вещества через сужающее устройство, в результате чего массовый и объёмный расходы уменьшаются. Поэтому для расчёта расхода используют следующие формулы:

$$Q = \alpha \cdot \varepsilon \cdot S_0 \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho_1} \cdot (p_1 - p_2)} \left(\frac{\dot{V}}{\dot{n}} \right)^{\frac{3}{n}}$$

или

$$Q = \alpha \cdot \varepsilon \cdot S_0 \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_1 \cdot (p_1 - p_2)} \left(\frac{\partial \ddot{a}}{\dot{n}} \right),$$

где ε – коэффициент расширения измеряемой среды, ρ_1 – плотность среды перед входом потока в отверстие диафрагмы. Две последние формулы применимы только в том случае, если скорость потока в сужающем устройстве меньше скорости звука (критическая скорость) в измеряемой среде.

Дифманометры выбирают из ряда: 10, 16, 25, 40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1600, 2500, 4000, 6300, 10000, 16000, 25000 Па и 0,04; 0,063; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63 МПа. За максимальный расход принимают наибольший из ряда: 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8; 10 и т.д.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить методические указания по выполнению работы.
2. Получить у преподавателя исходные данные для выполнения работы в соответствии с вариантом.
3. Изучить конструкцию измерительной диафрагмы, зарисовать ее схему.
4. Произвести измерения
5. Выполнить расчет определения расхода и массы жидкости
6. Выполнить отчет

Форма представления результата:

Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ.

Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием.

Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем.

Практическое занятие № 7

Изучение конструкции промышленного тахометра

Формируемые компетенции:

- ПК 4.1. Участвовать в планировании деятельности первичного структурного подразделения
- ПК 4.2. Участвовать в разработке и внедрении технологических процессов
- ПК 4.3. Разрабатывать и оформлять техническую и технологическую документацию
- ПК 4.4. Обеспечивать соблюдение технологической и производственной дисциплины
- ПК 4.5. Обеспечивать соблюдение техники безопасности

Цель работы: формирование умений пользоваться прибором для определения скорости вращения вала.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- определять скорости вращения вала.

Материальное обеспечение:

1. Методические указания по выполнению практических занятий

Задание:

1. Получить у преподавателя исходные данные для выполнения работы
2. Изучить конструкции тахометра разных типов
3. Заполнить таблицу

Краткие теоретические сведения:

Измерительный преобразователь – это техническое устройство, построенное на определенном физическом принципе действия, выполняющее одно частное измерительное преобразование. Работа измерительных преобразователей протекает в сложных условиях, так как объект измерения – это, как правило, сложный, многогранный процесс, характеризующийся множеством параметров, каждый из которых действует на измерительный преобразователь совместно с остальными параметрами. Нас же интересует только один параметр, который называем измеряемой величиной, а все остальные параметры процесса считаем помехами.

Тахометр — прибор, измеряющий скорость вращения. Тахометры могут быть электрическими — которые используют малое напряжение и стробоскопическими — которые работают, используя источники света; постоянно установленными или переносными.



Рисунок 1 – Промышленный тахометр

Скорость вращения валов некоторых машин должна тщательно наблюдаться. Значительная разница в проектной и измеренной скорости вращения вала оборудования может сигнализировать о проблеме, т.к. большинство вращательного оборудования выполняется для вращения с определенной скоростью или в диапазоне определенных скоростей.

Для некоторых насосов с паровым двигателем и устройств с двигателями внутреннего сгорания, скорости вращения валов, которые оказались значительно ниже нормальных скоростей, могут быть признаком перегрузки — условия, которое может послужить причиной поломки оборудования при продолжении работы на нем.

Принцип действия тахометра

Вращательное движение — это движение вокруг фиксированной центральной оси. Скорость вращения измеряется количеством полных оборотов, которые вал делает в единицу времени. Одним из подобных значений скорости вращения является число об/мин (от сокр. — оборотов в минуту). Когда измеряется очень высокая скорость вращения, то могут быть использованы об/сек.

Вращение колес автомобиля или вентилятора измеряются в оборотах за единицу времени. В промышленности некоторое оборудование, например, двигатели и насосы используют вращательное движение вала в работе.

По методу определения различат:

1. Оптический тахометр (рисунок 2)

В наиболее простой форме оптический тахометр состоит из источника света и оптического приемника — фотодиода или фототранзистора.

Вращающееся тело либо снабжают отражающими метками расположенными регулярно по окружности, на которые направляется световой пучок, либо соединяют с диском, имеющим попеременно прозрачные и непрозрачные сектора, который располагается между источником и приемником света. Получая модулированный скачкообразными изменениями отражения или пропускания поток, фотоприемник выдает электрический сигнал с частотой, пропорциональной скорости вращения, и с амплитудой, не зависящей от этой скорости.

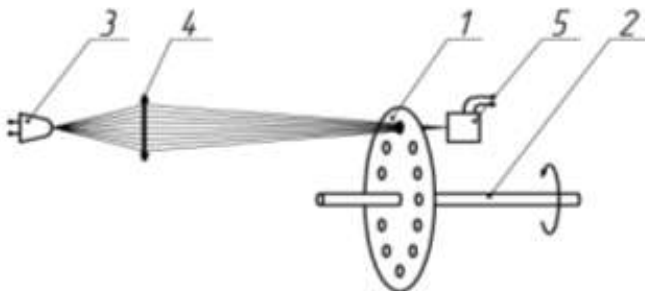


Рисунок 2 – Принципиальная схема оптического тахометра

Диапазон измеряемых скоростей зависит, с одной стороны, от числа скачков оптических свойств (риски, щели, прозрачные сектора, нанесенные на диск или на вращающееся тело), а с другой — от полосы пропускания приемника и связанных с ним электрических схем. Для измерений малых скоростей используются диски с большим числом щелей (от 500 до нескольких тысяч); в измерениях больших скоростей, например $10^5 - 10^6$ об/мин в случае ультрацентрифуг, диск имеет только одну щель, и максимальная измеряемая скорость определяется верхней граничной частотой электрической цепи.

Достоинства оптического тахометра: простота конструкции, линейная зависимость между входным и выходным сигналом, независимость выходного сигнала фотоприемника от скорости вращения, широкий диапазон измерений.

Недостатки: возможно загрязнение отражающих меток или секторов диска, малая надежность, громоздкость, сложность изготовления.

2 Центробежные тахометры

Центробежные тахометры выполняются в двух вариантах: конический (рисунок 3) и кольцевой (рисунок 4).

В коническом тахометре на шарнирах, вращающихся вместе с осью, установлены грузы m , которые под действием центробежных сил расходятся, перемещая вдоль оси муфту 1 и сжимая пружину 2.

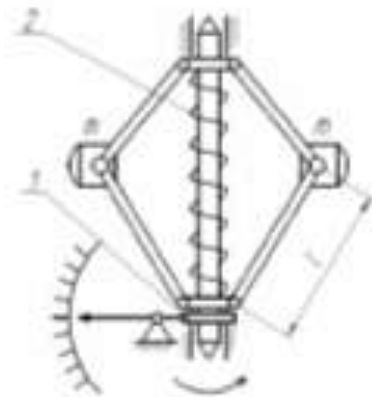


Рисунок 3 – Принципиальная схема конического тахометра

Если обозначить y - перемещение муфты и y_0 - начальную длину пружины (при $\omega = 0$), то зависимость y от угловой скорости ω будет иметь вид

$$y = S\omega^2$$

где $S = nmy_0(1 + 2r_0 / \sqrt{4l^2 - y_0^2}) / 4c_1$ - чувствительность прибора;

n , m , r_0 и c_1 - соответственно число грузов, масса груза, радиус муфты и коэффициент жесткости пружины.

Из выражения (1) следует, что центробежный тахометр имеет квадратичную характеристику.

В кольцевом тахометре при не вращающейся оси ($\omega = 0$) плоскость кольца наклонена по отношению к оси на угол α_0 (рисунок 3). При вращении оси кольцо стремиться занять положение, перпендикулярное оси вращения, однако этому препятствует пружина 2. Перемещение муфты 1 пропорционально приращению угла отклонения кольца

$$a = S\omega^2 \quad (2)$$

где $S = mr^2 \sin^2 2\alpha_0 / 2c_1$ – чувствительность кольцевого тахометра;

m , r , c_1 – соответственно масса и радиус кольца, коэффициент жесткости пружины.

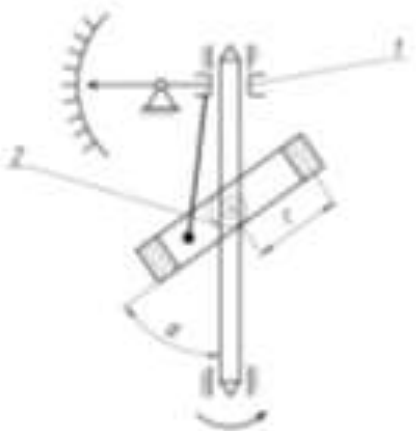


Рисунок 4 – Принципиальная схема кольцевого тахометра

Достоинства центробежных тахометров: показание не зависит от направления вращения; достаточные по величине силы, сообщающие движение стрелочному механизму, допускают приведение в действие дополнительных управляющих и регулирующих устройств.

Недостатки центробежных тахометров: недистанционность, значительные погрешности и технологические трудности изготовления и регулировки, показания такого вида тахометров начинаются не от нулевого, а от некоторого минимального значения.

Максимальная частота вращения серийно выпускаемых центробежных тахометров составляет $10000 \text{ об} \cdot \text{мин}^{-1}$.

3. Датчики с переменным магнитным сопротивлением (рисунок 5)

В датчиках такого типа измерительная катушка снабжается магнитным сердечником, на который воздействует поток индукции постоянного магнита. Катушка помещена перед диском (полюсное колесо) или

перед вращающимся ферромагнитным телом. Последовательность скачков магнитных свойств (зубья, щели, отверстия) диска или вращающегося тела вызывает периодическое изменение магнитного сопротивления в магнитной цепи катушки, которое наводит в ней ЭДС с частотой, пропорциональной скорости вращения. Амплитуда этой ЭДС также зависит от расстояния между катушкой и вращающимся телом и от скорости вращения.

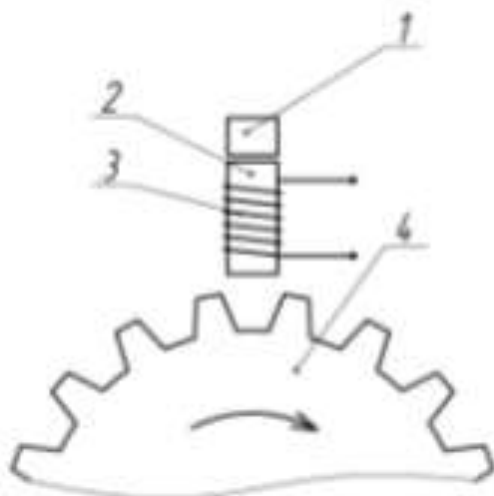


Рисунок 5 – Принципиальная схема датчика с переменным магнитным сопротивлением

Диапазон измерений зависит от числа p скачкообразных изменений магнитных свойств вращающегося тела, например, от числа зубьев колеса.

Минимальная измеряемая скорость тем меньше, чем больше p , тогда как максимальная измеряемая скорость тем выше, чем меньше p . Типичные диапазоны измерения составляют от 50 до 500 об·мин⁻¹ для колеса с 60 зубьями и от 500 до 10 000 об·мин⁻¹ для колеса с 15 зубьями.

Достоинствами такого типа датчиков являются: простота конструкции, широкий диапазон измерений.

Недостатки датчиков с переменным магнитным сопротивлением: при малых скоростях амплитуда может быть недостаточной для обнаружения, вследствие чего появляется «мертвая зона», в которой невозможны никакие измерения; амплитуда ЭДС быстро падает с увеличением зазора между катушкой и вращающимся телом.

4 Электрические тахометры постоянного тока

Электрические тахометры работают путем выработки малого напряжения, пропорционального скорости вращения вала. Индикатор тахометра измеряет напряжение, вырабатываемое тахометром и преобразует его в показание обороты в минуту.

Для выработки напряжения должны присутствовать три фактора: проводник с током, обычно катушка из провода; магнитное поле, обеспечиваемое в некоторых случаях постоянным магнитом; и относительное движение между выше указанными двумя факторами.

Установленный в электрическом тахометре индикатор измеряет напряжение и преобразовывает его в показание скорости вращения в оборотах на единицу времени (об/мин, например). Увеличение скорости вращения увеличивает напряжение, создаваемое в катушке. Увеличение напряжения отображается на индикаторе как увеличенное показание скорости вращения.

Электрические тахометры постоянного тока (рисунок 6) включают тахогенератор постоянного тока и гальванометр. Тахогенераторы бывают двух типов: с ограниченным (рисунок 5 а) и неограниченным (рисунок 5 б) углом поворота ротора.

Тахогенератор с ограниченным углом поворота выполняется с неподвижной статорной обмоткой 2, внутри которой помещается постоянный магнит 1, связанный с валом, скорость вращения которого контролируется. Наводимая в статорной обмотке ЭДС равна

$$e = kB\omega, \quad (3)$$

где k – коэффициент, зависящий от геометрических и обмоточных данных;

B – магнитная индукция в зазоре, являющаяся функцией угла поворота ротора φ . Обычно

$$B = B_0 \cos(\pi\varphi / 2\varphi_0). \quad (4)$$

Тахогенераторы подобного типа применяются в качестве датчиков угловой скорости и скоростной обратной связи в системах управления полетом. Их достоинство – отсутствие коллектора и щеток, малая масса и габаритные размеры.

Тахометр постоянного тока состоит из тахогенератора с неограниченным углом поворота ротора и гальванометра. Основными элементами тахогенератора являются постоянные магниты 3 с соответствующими магнитопроводами, обмотка якоря 4 и коллектор 5 со щетками 6. Снимаемое с коллектора напряжение постоянного тока измеряется галь-

ванометром, рамка которого имеет сопротивление R_p . В схему включается добавочное сопротивление R_d .

Если e - ЭДС на зажимах генератора, то подобно (4)

$$e = k B \omega, \quad (5)$$

где B - магнитная индукция;

ω - измеряемая угловая скорость.

Сила тока в рамке гальванометра будет:

(6)

где R_B — внутреннее сопротивление якоря.

В целях уменьшения влияния нагрузки на показания прибора

$$R_B \leq R_p + R_d$$

должно быть удовлетворено условие $R_B \leq R_p + R_d$. Поскольку угол отклонения рамки гальванометра пропорционален силе тока, то шкала прибора будет равномерна.

Из выражения (6) видно, что погрешности тахометра возникают из-за непостоянства магнитной индукции в зазоре B , сопротивления рамки R_p и внутреннего сопротивления якоря R_B . Уменьшение погрешности, вызванной изменением B , достигается применением термомагнитного шунта. Для уменьшения погрешности от непостоянства R_p применяется добавочное сопротивление R_d и другие схемы компенсации.

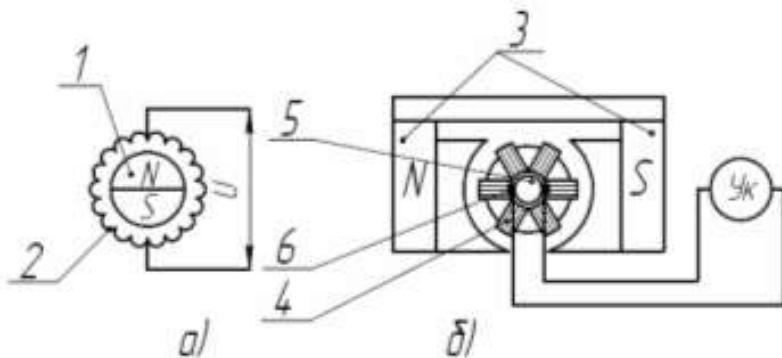


Рисунок 6 – Принципиальные схемы электрических тахометров постоянного тока

Диапазон измерений серийно выпускаемых тахогенераторов постоянного тока составляет от 0,1 до 6000 об·мин⁻¹.

К достоинствам электрических генераторов постоянного тока относятся: линейная зависимость между входным и выходным сигналом; малые габаритные размеры; небольшая масса; отсутствие фазовой по-

грешности; возможность возбуждения постоянными магнитами, что позволяет обойтись без источника питания.

Недостатки генераторов постоянного тока: сложность конструкции; наличие скользящего контакта между щетками и коллектором, что приводит к снижению надежности тахогенератора и к нестабильности выходной характеристики; наличие зоны нечувствительности; помехи радиоприему.

5 Индукционный тахометр

Тахогенератор такого прибора (рисунок 7) представляет собой электрическую машину асинхронного типа, состоящую из внешнего 1 и внутреннего 2 магнитопроводов, в зазоре между которыми располагаются статорная обмотка 3 (состоящая из обмотки возбуждения и сигнальной обмотки) и алюминиевый тонкостенный ротор 4, выполненный в виде цилиндра. Оси обмоток (катушек) возбуждения и сигнальной взаимно перпендикулярны.

К обмотке возбуждения подводится переменное U_{Π} напряжение частотой 1 кГц, а с сигнальной обмотки снимается напряжение U_c той же частоты, амплитуда которого пропорциональна угловой скорости вращения полого ротора ω . При неподвижном роторе и полной электрической и магнитной симметрии статора напряжение в сигнальной обмотке не индуцируется.

При вращениях ротора с угловой скоростью ω в сигнальной обмотке индуцируется напряжение

$$U_c = k B \omega f \sin 2\pi f t, \quad (7)$$

где f – частота питающего напряжения ($f=400$ Гц);

B – магнитная индукция, создаваемая в зазоре питающим напряжением.

Таким образом, в рассматриваемом тахометре напряжение несущей частоты f модулируется измеряемой угловой скоростью ω . Для измерения угловой скорости необходимо осуществить демодуляцию сигнала U_c и подать демодулированное напряжение на измеритель.

Поскольку принцип действия индукционного тахометра основан на наведении питающим напряжением в роторе вихревых токов, которые в свою очередь наводят ЭДС в сигнальной обмотке, то погрешности прибора вызываются непостоянством амплитуды и частоты питающего напряжения, непостоянством сопротивления ротора для вихревых токов, непостоянством нагрузки.

Для уменьшения погрешностей от непостоянства U_{Π} и f можно применить схемы стабилизации этих величин. Стабилизация сопротивления ротора достигается путем выбора материала с малым температурным

коэффициентом. Для устранения погрешности от непостоянства нагрузки должно быть удовлетворено условие работы тахогенератора в режиме холостого хода.

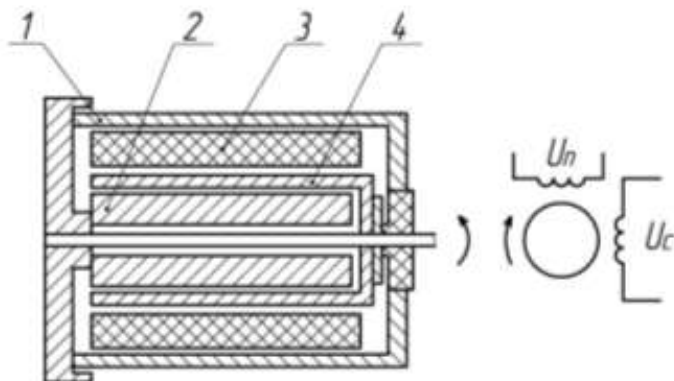


Рисунок 7 – Принципиальная схема индукционного тахометра

Недостатки индукционного тахометра: необходимость в источнике питания, сложность изготовления, значительные погрешности.

Достоинства индукционного тахометра: дистанционность передачи выходного сигнала; у тахометра такого типа почти отсутствует «мертвая зона», в которой невозможно проводить измерения, поэтому его можно применять для измерения малых скоростей.

За основу дальнейшей разработки индукционного тахометра выбран датчик с переменным магнитным сопротивлением. По сравнению с другими рассмотренными преобразователями он является одним из простых с точки зрения конструкции. Преобразователь не содержит дорогостоящих деталей. Он удобен с точки зрения взаимозаменяемости и ремонта. Преобразователь данного типа можно выполнить в закрытом исполнении, что позволяет использовать его в неблагоприятных условиях. Еще одним преимуществом данного преобразователя является жесткое скрепление его вала с валом объекта, частоту вращения которого необходимо. Его конструкция позволяет использование как в лабораторных условиях, так и на производстве.

6. Стробоскопический тахометр

Тахометр (рисунок 8) предназначен для бесконтактного измерения частоты вращения и колебаний подвижных частей механизмов и машин с индикацией результата на цифровом четырехразрядном табло.

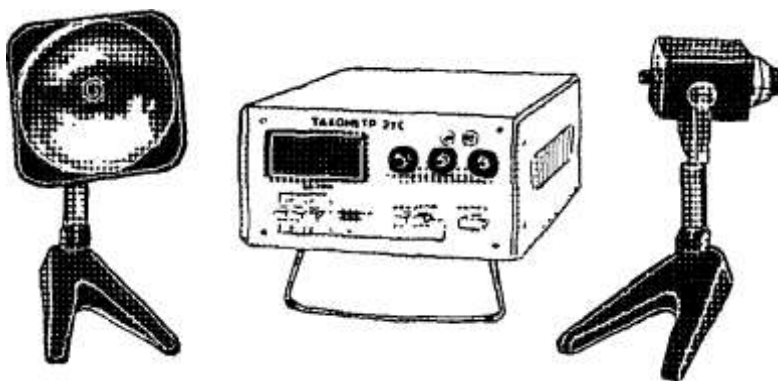


Рисунок 8 - Тахометр стробоскопический типа 2ТСт

Возможны два режима измерения частоты вращения: режим ЛАМПА для повторно-кратковременных измерений и режим ДАТЧИК для продолжительных измерений.

Принцип работы тахометра в режиме ЛАМПА основан на стробоскопическом эффекте, при котором вращающийся объект освещается световыми импульсами. В режиме ДАТЧИК принцип работы тахометра основан на подсчете количества импульсов, поступающих от фотоэлектрического первичного преобразователя, за 1 с.

Тахометр состоит из конструктивно самостоятельных узлов: электронного блока, осветителя и датчика.

Электронный блок (рис. 8) выполнен в виде настольного прибора. На лицевой панели блока размещены: цифровое четырехразрядное табло; блок переключателей поддиапазонов измерения и блок переключателей режимов работы. На задней панели электронного блока находятся два разъема ДАТЧИК и ЛАМПА для подключения при соответствующем режиме работы.

В электронный блок вмонтированы следующие функциональные устройства: генератор задающий, измеритель частоты, умножитель частоты и блок питания. На передней панели расположены: три ручки управления УСТАНОВКА ЧАСТОТЫ, предназначенные для грубой и точной настройки прибора в режиме ЛАМПА, блок переключателей, две кнопки ЛАМПА и ДАТЧИК для переключения режимов работы тахометра; кнопка КОНТРОЛЬ для определения первой стробоскопической остановки. На задней панели находятся: сетевой тумблер СЕТЬ ВКЛ., разъемы ДАТЧИК и ЛАМПА, клемма "Земля"

Стробоскопический метод сличения частот двух периодических процессов основан на свойстве глаза удерживать некоторое время зри-

тельное впечатление от предмета, уже скрывшегося из поля зрения (зрительное последствие), поэтому при освещении вращающегося объекта прерывистым светом изображение объекта кажется неподвижным при совпадении частоты световых импульсов с частотой вращения. На вращающийся объект измерения при этом наносится элемент асимметрии-метка.

Стробоскопическая остановка наблюдается и тогда, когда частота вращения больше, чем частота вспышек в K раз.

Если частота вращения объекта в 2 раза больше частоты вспышек, кажущуюся остановку называют вторичной единичной стробоскопической остановкой.

Исходя из этого за первую единичную стробоскопическую остановку следует принимать ту единичную кажущуюся остановку, после которой при увеличении частоты вспышки в 2 раза наблюдается двойная стробоскопическая остановка.

Показание тахометра при первой единичной стробоскопической остановке соответствует частоте вращения объекта в оборотах в минуту.

Принцип работы тахометра в режиме ДАТЧИК основан на подсчете количества импульсов, поступающих от фотоэлектрического первичного преобразователя, за 1 с.

Фотоэлектрический первичный преобразователь состоит из излучающего светодиода и фотодиода.

Технические характеристики

Поддиапазоны измерения в режиме: ЛАМПА 250 ...

999.9 об/мин, 1000 ... 3000 об/мин; 3000 ... 9999 об/мин;

10000 ... 30000 об/мин; ДАТЧИК 150 ... 500 об/мин, 500... 5000 об/мин, 5000 ... 99990 об/мин.

Предел основной допустимой погрешности тахометра 0,2% верхнего предела измерения соответствующего поддиапазона.

Показания отсчитываются на цифровом четырехразрядном табло.

Питание-от сети переменного тока: напряжение 220 В, частота 50 Гц.

Потребляемая мощность 25 В-А.

Габаритные размеры: электронного блока 110x197x325 мм; осветителя 226x140x115 мм; датчика 195x150x80 мм. Масса, соответственно: 3,5 кг; 0,7 кг; 0,8 кг. Среднее время восстановления работоспособного состояния тахометра 60 мин.

Полный средний срок службы не менее 10 лет. Установленный срок службы не менее 5 лет.

Тахометр нормально функционирует при температуре окружающего воздуха -10 ... +40° С и относительной влажности 30 ... 80% при 25°С.

Порядок выполнения работы:

1. Получить у преподавателя исходные данные для выполнения работы
2. Изучить конструкцию и кинематическую схему токарно-винторезного станка
3. Выполнить сравнительную характеристику видов тахометров и заполнить таблицу:

Наименование	Принцип работы	Достоинство и недостаток

Ход работы:

1. Выполнить конспект с необходимыми расчетами
2. Защитить практическую работу

Форма представления результата:

Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ.

Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием.

Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем.

Практическое занятие № 8

Измерение уровня громкости звука (шума)

Формируемые компетенции:

- ПК 4.1. Участвовать в планировании деятельности первичного структурного подразделения
- ПК 4.2. Участвовать в разработке и внедрении технологических процессов
- ПК 4.3. Разрабатывать и оформлять техническую и технологическую документацию
- ПК 4.4. Обеспечивать соблюдение технологической и производственной дисциплины
- ПК 4.5. Обеспечивать соблюдение техники безопасности

Цель работы: формирование умений определения уровня шума.

Выполнив работу, Вы будете:
уметь:

- производить измерение уровня громкости звука (шума)

Материальное обеспечение:

1. Методические указания по выполнению практических занятий и лабораторных работ

Задание:

- изучить назначение, устройство, принцип работы шумомера

Краткие теоретические сведения:

Шумомер является электронным измерительным прибором, реагирующим на звук аналогично человеческому слуху и обеспечивающим объективное и воспроизводимое измерение уровней звука или звукового давления.

Воспринимаемый шумомером звук преобразуется его микрофоном в пропорциональный электрический сигнал. Так как амплитуда этого сигнала весьма мала, еще до его подачи на стрелочный измерительный прибор или цифровой индикатор необходимо соответствующее усиление. Усиленный предусмотренным на входе шумомера усилительным каскадом электрический сигнал может подвергаться частотной коррекции в блоке, содержащем стандартные корректирующие схемы. А, В, С и/или D, или фильтрации внешними полосовыми (например, октавными или третьоктавными} фильтрами (рис. 1). Усиленный соответствующим усилительным каскадом электрический сигнал затем подается на блок детектора и от его выхода на стрелочный измерительный прибор или после преобразования на цифровой индикатор. Блок детектора стандартного шумомера содержит среднеквадратичный детектор, но может быть также снабжен пиковым детектором. Стрелочный измерительный прибор или цифровой индикатор показывает уровни звука или уровни звукового давления в Дб.



Рис.1

Среднеквадратичное значение (СКЗ) является математически точно определенным специальным средним значением, относящимся к энергии исследуемого процесса. Это особенно важно в акустике, так как среднеквадратичное значение пропорционально количеству энергии измеряемого шумомером звука или шума. Пиковый детектор дает возможность измерения пикового значения кратковременных и импульсных звуков, в то время как применение запоминающего устройства (схемы удерживания) способствует фиксации максимального пикового или среднеквадратичного значения, измеряемого в импульсном режиме шумомера (рис. 2).

Предпочтительным методом калибровки шумомеров является акустический метод, основывающийся на применении прецизионного и, возможно, портативного акустического калибратора. По существу акустический калибратор является комбинацией прецизионного генератора и громкоговорителя, генерирующей звук с точно определенным уровнем.) Так как шумомер является прецизионным измерительным прибором, в его конструкции предусмотрена возможность повторной калибровки и проверки его параметров с целью обеспечения высокой точности и надежности результатов измерения.

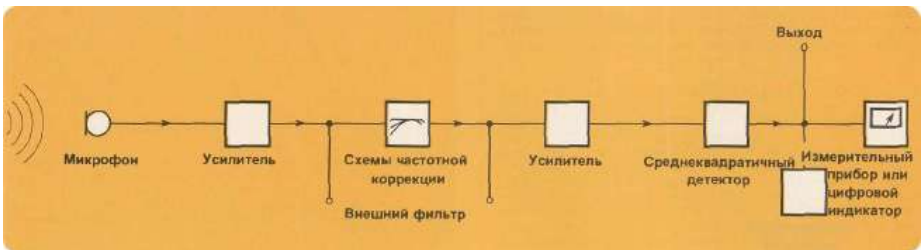


Рис. 2

Динамическая характеристика шумомера

При измерении звука с изменяющимся уровнем нужно, чтобы отклонение стрелки измерительного прибора шумомера точно соответствовало этим изменениям. Однако слишком быстрые изменения уровня измеряемого звука могут быть причиной так быстрых флуктуаций стрелки измерительного прибора, что снятие показаний становится затруднительным или даже невозможным. По этой причине международными рекоменда-

циями и стандартами установлены две основные динамические характеристики шумомеров; "быстро" - характеристика, соответствующая быстрому реагированию прибора. При быстрых флуктуациях стрелки измерительного прибора (см. верхний рисунок) при работе в режиме «быстро» более предпочтительно установить шумомер в режим «медленно». При слишком больших флуктуациях стрелки измерительного прибора шумомера, работающего в режиме «медленно», необходимо определить среднее значение отклонений стрелки и отметить в соответствующем протоколе максимальное и минимальное показания измерительного прибора. При измерении кратковременных и импульсных звуков нужен импульсный шумомер. Некоторые рекомендации и стандарты предъявляют требования к измерению пиковых значений, в то время как другие определяют необходимость применения режима с динамической характеристикой «импульс». Отметим, что возможность фиксирования показания измерительного прибора или индикатора шумомера эффективна и удобна при измерении всякого рода кратковременных звуков. При измерении звука с изменяющимся уровнем нужно, чтобы отклонение стрелки измерительного прибора шумомера точно соответствовало этим изменениям. Однако слишком быстрые изменения уровня измеряемого звука могут быть причиной так быстрых флуктуаций стрелки измерительного прибора, что снятие показаний становится затруднительным или даже невозможным. По этой причине международными рекомендациями и стандартами установлены две основные динамические характеристики шумомеров; "быстро" - характеристика, соответствующая быстрому реагированию прибора. При быстрых флуктуациях стрелки измерительного прибора (см. верхний рисунок) при работе в режиме «быстро» более предпочтительно установить шумомер в режим «медленно». При слишком больших флуктуациях стрелки измерительного прибора шумомера, работающего в режиме «медленно», необходимо определить среднее значение отклонений стрелки и отметить в соответствующем протоколе максимальное и минимальное показания измерительного прибора. При измерении кратковременных и импульсных звуков нужен импульсный шумомер. Некоторые рекомендации и стандарты предъявляют требования к измерению пиковых значений, в то время как другие определяют необходимость применения режима с динамической характеристикой «импульс». Отметим, что возможность фиксирования показания измерительного прибора или индикатора шумомера эффективна и удобна при измерении всякого рода кратковременных звуков.

Распространение звуковых волн (рис.3).

Распространение звуковых волн в воздухе аналогично распространению волн в воде. Звуковые волны распространяются равномерно во всех направлениях, и их амплитуда уменьшается с увеличением расстояния от источника. Увеличению вдвое расстояния в воздухе соответствует умень-

шение наполовину амплитуды звуковой волны, т.е. уменьшение уровня на 6дБ. Следовательно, увеличив расстояние между источником звука и наблюдателем вдвое, уровень воспринимаемого последним звукового давления уменьшится на 6 дБ. Увеличению расстояния в 4, 8 и т.д. раз соответствует уменьшение уровня соответственно на 12 дБ, 18 дБ и т.д. Однако, вышесказанное действительно только в отсутствии объектов, отражающих или поглощающих звук. Такие идеальные условия называются условиями свободного звукового поля. Находящиеся в звуковом поле объекты в большей или меньшей мере отражают, поглощают и пропускают звуковые волны. Количество отражаемой, поглощаемой и пропускаемой звуковой энергии определяется физическими свойствами отдельных объектов, в частности коэффициентом поглощения и размерами, и длиной волны звука. В общем, только объекты, размеры которых больше длины волны звука, серьезно нарушают звуковое поле. Например, длина волны звука с частотой 10 кГц составляет всего 34мм, так что даже небольшие объекты (например, измерительный микрофон) будут нарушать звуковое поле. Наоборот, звукоизоляция и поглощение в области высоких частот являются относительно простыми задачами. Совсем противное справедливо в области низких частот (длина волны звука с частотой 100Гц равна 3,4м), где звукоизоляция становится сложной проблемой прикладной акустики. Подтверждением вышесказанного может быть распространяющаяся из соседнего помещения музыка - басовые тоны практически нельзя задержать.



Рис.3

Безэховые (поглощающие звук) камеры

Если нужно измерение в свободном звуковом поле, т.е. в отсутствии отражающих звук объектов, исследования или испытания необходимо осуществлять или на открытом воздухе с микрофоном на конце длинного и тонкого вертикального стержня, или в безэховой камере. Стены, потолок, и пол безэховой камеры покрыты поглощающим звук материалом, параметры и конструкция которого исключают отражения звуковых волн. Следовательно, в безэховой камере можно измерять распространяющийся в любом направлении от источника звук без нарушений звукового поля объектами, отражающими звуковые волны.

Реверберационные (отражающие звук) камеры (рис. 4).

Реверберационная камера противоположна безэховой камере в отношении свойств и конструкции. Все поверхности реверберационной камеры как можно тверды и гладки с целью обеспечения возможно большого отражения звуковых волн. Чтобы обеспечить нужное угловое распределение звука, поверхности реверберационной камеры не расположены параллельно друг другу. Образующее в реверберационной камере звуковое поле называется диффузным и отличается равномерным распределением звуковой энергии во всех его точках. В реверберационных камерах можно измерять мощность излучаемого разными источниками звука и шума, но попытка измерять уровни звука или уровни звукового давления в определенном направлении относительно источника приводит ввиду отражений звуковых волн к ошибочным и практически бессмысленным результатам. Отметим, что из-за более низкой стоимости реверберационных камер (по сравнению с безэховыми камерами) они находят широкое применение в технической акустике, в частности при исследованиях генерируемого и излучаемого машинами и оборудо-

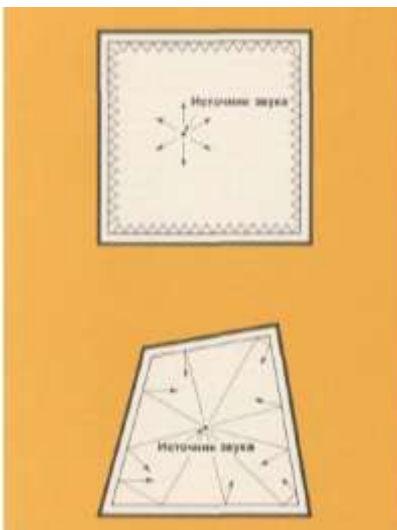


Рис.4

Акустические параметры нормальных помещений

Большинство практических измерений звука не осуществляется ни в безэховых, ни реверберационных камерах, а в помещениях, акустические параметры которых находятся где-то в середине между параметрами упомянутых выше специальных камер. При измерении генерируемого и излучаемого определенным источником звука или шума не исключены разные ошибки. Небольшие изменения положения находящегося на малом расстоянии от источника звука микрофона звукоизмерительной аппаратуры могут сопровождаться большими изменениями уровней звука или звукового давления. Такая ситуация не исключена на расстояниях, меньших большего из следующих двух значений: длина волны составляющей с самой низкой частотой генерируемого и излучаемого источником звука и увеличенный в два раза максимальный размер источника звука. Определяемое таким образом звуковое поле называется ближним полем. Отметим, что по упомянутым выше причинам не рекомендуется измерение уровней звука или звукового давления в ближнем звуковом поле.

Даже при измерениях на больших расстояниях от источника звука не исключены определенные ошибки, в частности ошибки из-за отражений от стен помещения и других отражающих звук объектов. Поле, в котором интенсивность отраженного звука может почти равняться интенсивности распространяющегося непосредственно от источника звука, называется реверберационным. Где-то между реверберационным полем и ближним полем находится свободное звуковое поле, границы которого можно найти согласно его определению: удвоению расстояния в свободном поле должно соответствовать уменьшение уровня на 6 дБ. Акустические измерения рекомендуется осуществлять в свободном звуковом поле или как можно близких ему условиях. В протоколе измерений нужно отметить не только результирующий уровень звука или звукового давления, а также расстояние между микрофоном и источником звука, направление микрофона и его высоту.

Измерительный микрофон в звуковом поле (рис. 5).

Измерительный микрофон должен удовлетворять ряду строгих требований.

Прежде всего, он должен быть высококачественным и надежным. Далее, он должен обладать ровной и равномерной частотной характеристикой, т.е. его чувствительность должна быть идентична или почти идентична на всех частотах. Он должен также быть всенаправленным, т.е. иметь идентичную или почти идентичную чувствительность во всех направлениях. Фирма Брюль и Кьер изготавливает и выпускает прецизионные измерительные микрофоны с оптимальными характеристиками в свободном звуковом поле, при измерении давления и в диффузном звуковом поле. Микрофоны, предназначенные для применения в свободном звуковом поле, имеют ровную частотную характеристику по отношению к звуку, отражающему звуковое



Рис.5.

Используемый в диффузном звуковом поле или поле случайно падающих звуковых волн микрофон должен быть всенаправленным. Общим правилом можно принять, что чем меньше размеры микрофона, тем лучше его характеристика направленности, т.е. тем ближе он идеальному всенаправленному микрофону (рис. 6). Однако, чувствительность малых микрофонов относительно мала, что может исключать возможность их применения в относительно тихих условиях. Решением этой проблемы

является применение чувствительного микрофона с оптимальной характеристикой в свободном звуковом поле, т.е. однодвоймового микрофона, снабженного специальным приспособлением, называемым диффузором и придающим ему почти всенаправленную характеристику. Однако, если высокая чувствительность однодвоймового микрофона не нужна, предпочтение отдается применению предназначенных для эксплуатации в диффузном звуковом поле микрофонов меньших размеров, т.е. микрофонов диаметром 1/2 дюйма или менее. Следует подчеркнуть, что присутствие корпуса измерительного прибора и оператора в диффузном звуковом поле может препятствовать распространению звуковых волн в определенных направлениях и, следовательно, существенно ухудшать иначе хорошую всенаправленную характеристику микрофона. Именно поэтому рекомендуется закреплять микрофон на удлинительном стержне или при применении удлинительного микрофонного кабеля на прочной опоре, находящейся на расстоянии от корпуса измерительного прибора и оператора и ненарушающей звуковое поле.

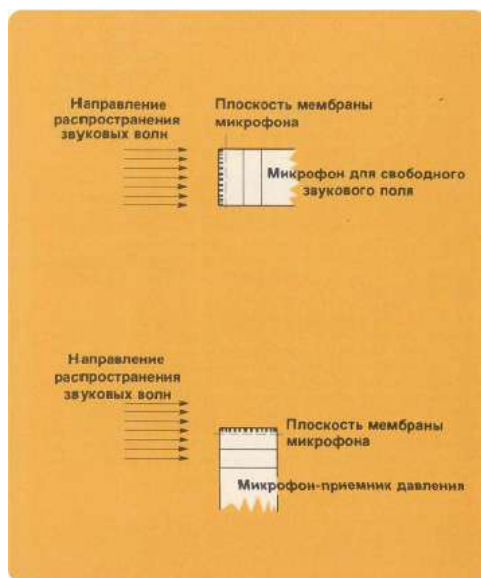


Рис. 6.

Шум окружающей среды

До сих пор в данной брошюре рассматривался звук и шум, генерируемый и излучаемый одним источником, например, машиной, в частности с целью описания акустических параметров данного источника и определения параметров звука и их зависимости от расстояния. Совсем другим

видом акустических исследований являются измерение, анализ и оценка звука или шума в определенном месте, причем звуковое поле могут создавать разные источники и их комбинации.



Рис. 7.

Шум на рабочем месте является примером шума внешней среды. Измерение и анализ такого шума осуществляются в нормальном рабочем месте, не принимая в расчет, находится ли это место в ближнем или дальнем звуковом поле соответствующего оборудования, создается ли звуковое поле только данным оборудованием или определенной комбинацией и т.д. Действительные условия, отдельные источники шума и т.д. учитываются на этапе борьбы с шумом, но при измерении и оценке дозы воздействующего на человека шума они не являются существенными. Так как общий шум внешней среды в большинстве случаев образуется звуковыми волнами от разных источников и т.д., микрофон используемый при измерениях шумомера должен быть всенаправленным. Следовательно, комплект шумомера с микрофоном должен обладать идентичной чувствительностью во всех направлениях и его показания не должны зависеть от расположения образующих звуковое поле источников. Другими при-

мерами шума внешней среды могут служить шум в жилых помещениях, в окрестности промышленных комплексов, в конторах, театрах и т.д.

Влияние присутствия измерительного прибора и оператора (рис. 8).

При всякого рода измерениях звука и шума нужно позаботиться о том, чтобы присутствие звукоизмерительной аппаратуры и оператора не нарушало измеряемое звуковое поле. Следует учитывать то, что корпус измерительного прибора и тело оператора могут не только препятствовать распространению звуковых волн в определенных направлениях, а также обуславливать нарушающие звуковое поле отражения звуковых волн. С первого взгляда тело человека не кажется объектом, хорошо отражающим звуковые волны. Однако экспериментальные исследования показали, что на частотах около 400 Гц отражения от тела человека могут быть причиной ошибок порядка 6 дБ при измерениях на расстоянии менее 1 м от тела оператора.



Рис. 8.

С целью доведения до минимума отражений от корпуса звукоизмерительных приборов шумомеры фирмы Брюль и Кьер снабжены специальным конусообразным фасадом. Вместе с большинством этих шумометров можно применять гибкий удлинительный стержень, способствующий удалению микрофона от шумомера и, следовательно, уменьшению общей погрешности измерений. Кроме того, предусмотрена возможность при-

менения микрофонных удлинительных кабелей в тех случаях, когда нужно совершенное исключение нарушения звукового поля из-за присутствия корпуса звукоизмерительного прибора.

Отражения звуковых волн от тела оператора и их влияние на результаты измерений можно в большинстве случаев довести до минимума путем правильной установки шумомера. Шумомер следует держать на расстоянии натянутой руки или, предпочтительнее, закрепить его на треножнике или другой прочной опоре, не нарушающей звуковое поле. Во всяком случае, рекомендуется применение гибкого удлинительного стержня. Еще более совершенным с точки зрения уменьшения ошибок из-за присутствия оператора является крепление микрофона на расстоянии от шумомера и их взаимное соединение соответствующим микрофонным удлинительным кабелем.

Шум фона (вычитание уровней), рис. 9.



Рис. 9.

Другим важным фактором, влияющим на общую погрешность результатов акустических измерений, является шум фона, в частности отношение его уровня к уровням измеряемого звука или шума. Понятно, что уровень шума фона не должен превышать уровни подлежащего измерению процесса. На практике можно пользоваться правилом, определяющим необходимость превышения уровня шума фона уровнями измеряемого звука или шума на 3дБ или больше. Однако даже при удовлетворении требованию этого правила нужно внесение соответствующей поправки с тем, чтобы добиться правильных результатов с минимальной погрешностью. Методика измерения и вычисления уровня генерируемого определенным

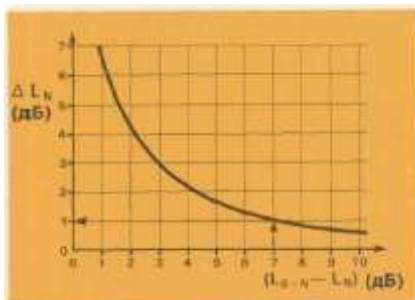
источником (например, машиной) звука или шума в присутствии шума фона с относительно высоким уровнем следующая:

- Измерить общий уровень звука или шума (L_{s+m}) с включенным источником.
- Измерить уровень шума фона (L_n) после выключения источника.
- Вычислить разность результатов описанных выше измерений. В случае если эта разность меньше 3 дБ, шум фона необходимо считать чрезмерно интенсивным и препятствующим обеспечению точных результатов. При разности в пределах от 3 до 10 дБ нужно внесение соответствующей поправки. Внесением поправки можно пренебречь в случае, если упомянутая выше разность превышает 10 дБ
- Поправка на шум фона определяется по приведенной на рисунке справа номограмме. На горизонтальной оси номограммы нужно найти точку, соответствующую вычисленной в п. 3 разности уровней. Из этой точки следует вести вертикальную линию вверх так, чтобы определить точку ее пересечения жирной кривой. Горизонтальная линия из этой точки ведется к вертикальной оси номограммы. Точка пересечения определяет значение ΔL_n в дБ.
- Вычесть определенное по вертикальной оси номограммы (см., п. 4 выше) значение ΔL_n из измеренного в п. 1 общего уровня звука или шума. Результатом этой операции является искомый уровень генерируемого и излучаемого исследуемым источником звука или шума.

Пример:

- Общий уровень шума = 60 дБ
- Уровень шума фона - 53 дБ
- Разность уровней - 7 дБ
- Определенная на основе номограммы поправка - 1 дБ
- Искомый уровень шума источника = $60 - 1 = 59$ дБ

Сложение уровней



В случае если индивидуально измерены уровни излучаемого двумя источниками звука или шума и нужно определение общего уровня звука или шума при одновременной работе обоих этих источников, необходимо сложение соответствующих уровней. Однако применение логарифмической шкалы и дБ исключает возможность непосредственного сложения уровней звука или шума.

- Сложение осуществляется путем внесения соответствующей поправки, определяемой или путем вычисления, или на основе номограммы, например, приведенной на рисунке справа номограммы.

Рабочая методика следующая:

- Измерить индивидуально уровни звука или шума обоих источников, например, машин 1 и 2.
- Вычислить разность результатов описанных выше измерений.
- Найти на горизонтальной оси номограммы точку, соответствующую вычисленной в п. 3 разности уровней. Вести из этой точки вертикальную линию так, чтобы определить точку ее пересечения жирной кривой. Горизонтальная линия из этой точки к вертикальной оси номограммы определяет новую точку пересечения и соответствующее ей значение ΔL в дБ.
- Прибавить определенное по вертикальной оси номограммы (см. п. 3 выше) значение к большему уровню, определенному в п. 1. Результатом этой операции является искомый общий уровень, т.е. сумма уровней, генерируемого двумя источниками звука или шума.

Основные методы борьбы с шумом (рис.10).

В случае если результаты акустических измерений сигнализируют о слишком высоких и превышающих допустимые пределы уровнях шума, необходимо принимать все соответствующие меры по их снижению. Хотя методы и средства борьбы с шумом часто сложны, ниже кратко описываются соответствующие основные мероприятия.

- Уменьшение шума в его источнике, например, применением специальных технологических процессов, модификацией конструкции оборудования, дополнительной акустической обработкой деталей, узлов и поверхностей оборудования или применением нового и менее шумного оборудования.
- Блокировка путей распространения звуковых волн. Этот метод, основывающийся на применении дополнительных технических средств, заключается в снабжении оборудования звуконепро-

нищаемым покрытием или акустическими экранами и его подвеске на амортизаторах вибраций. Шум на рабочих местах можно уменьшать покрытием стен, потолка и пола поглощающими звук и уменьшающими отражения звуковых волн материалами.

- Применение средств индивидуальной защиты там, где другие методы по той или иной причине не эффективны. Однако применение этих средств нужно считать только временным решением проблемы.
- Прекращение эксплуатации шумного оборудования является самым радикальным и последним методом, принимаемым в учет в специальных и серьезных случаях. На данном месте нужно подчеркнуть возможность сокращения времени эксплуатации шумного оборудования, перемещения шумного оборудования в другое место, выбора рационального режима труда и отдыха и сокращения времени нахождения в шумных условиях и т.д.

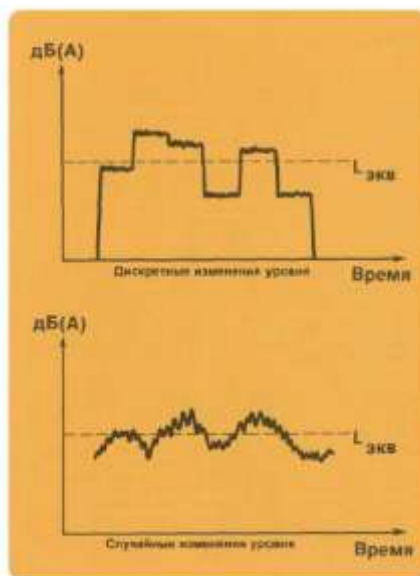


Рис. 10.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить методические указания по выполнению работы.
2. Ознакомиться с указаниями рекомендаций и стандартов, устанавливающих соответствующие методы и предъявляющих требования к используемой измерительной аппаратуре.
3. Проверить состояние внутреннего батарейного источника питания шумомера и подготовить запасный набор качественных элементов. Отметим, что при хранении шумомера на складе, в частности в течение длительного времени, необходимо устранение элементов, содержащихся нормально в батарейном источнике питания. Проверить шумомер и при необходимости произвести его калибровку. Во всяком случае, рекомендуется осуществляемая по регулярным интервалам времени калибровка акустическим калибратором.
4. Определить соответствующую условиям и целям измерения схему частотной коррекции. Отметим, что в большинстве нормальных случаев используется корректирующая схема А.
5. Снабженный микрофоном с оптимальной характеристикой в свободном звуковом поле шумомер нужно держать на расстоянии вытянутой руки, причем микрофон должен быть направлен к источнику звука или шума
6. В диффузном звуковом поле и поле со случайным падением звуковых волн важно применение микрофона и метода крепления прибора, гарантирующих всенаправленность снабженного микрофоном шумомера .
7. Определить динамическую характеристику шумомера, т.е. "быстро" или «медленно», соответствующую условиям измерения и исключающую ошибки отсчета. Отметим, что при измерении импульсных звуков нужен специальный импульсный шумомер
8. В тех случаях, когда определение обуславливающего показание стрелочного прибора или цифрового индикатора шумомера источника звука затруднительно, соединяемые с выходом шумомера наушники могут оказаться ценным помощником. Отметим, что применение наушников возможно только в случае, если шумомер снабжен соответствующим выходным гнездом. Во время измерения необходимо принимать во внимание следующее:
 - а) достаточное расстояние между микрофоном шумомера и отражающими звук объектами
 - б) соответствующее условиям измерения и типу звукового поля расстояние между шумомером и измеряемым источником звука или шума

- в) уровень шума фона
 - г) присутствие объектов, способных блокировки распространения звуковых волн от источника к шумомеру
 - д) необходимость применения ветрозащитного колпака при работе на открытом воздухе
 - е) необходимость исключения результатов измерения при перегрузке шумомера или его индикатора
9. Составить соответствующий протокол измерения



10. Ответить на контрольные вопросы

1. Дать определение акустического шума. Действие шума на организм человека.
2. Дать определение среднегеометрической частоты и октавных полос. Почему используется такой частотный масштаб?
3. Что называют спектром шума при его нормировании?
4. Что такое звуковое давление, интенсивность шума, пороговые значения звукового давления и интенсивности?

Форма представления результата:

1. Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ.
2. Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием.
3. Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем.

Тема 1.3 Диагностические стенды

Практическое занятие № 9

Исследование рабочих характеристик с универсального диагностического стенда

Формируемые компетенции:

- ПК 4.1. Участвовать в планировании деятельности первичного структурного подразделения
- ПК 4.2. Участвовать в разработке и внедрении технологических процессов
- ПК 4.3. Разрабатывать и оформлять техническую и технологическую документацию
- ПК 4.4. Обеспечивать соблюдение технологической и производственной дисциплины
- ПК 4.5. Обеспечивать соблюдение техники безопасности

Цель работы: формирование умений снятия характеристик с универсального диагностического стенда

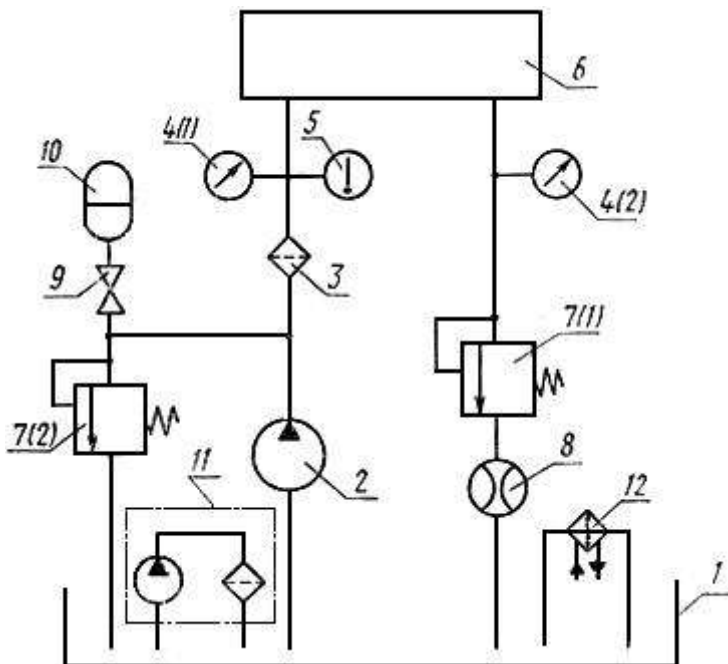
Материальное обеспечение:

1. Методические указания по выполнению практических занятий и лабораторных работ
2. Лабораторный стенд

Задание:

- Произвести исследование рабочих характеристик с универсального диагностического стенда

Краткие теоретические сведения



1 - гидробак; 2 - насос; 3 - фильтр; 4 - манометр; 5 - термометр; 6 - испытываемый гидроаппарат; 7 - переливной гидроклапан; 8 - расходомер (или мера вместимости); 9 - вентиль; 10 - гидроаккумулятор; 11 - фильтрующая установка; 12 - теплообменный аппарат.

Рисунок 1 - Схема стенда для проверки зависимости расхода от вязкости рабочей жидкости, зависимости расхода от разности давлений на входе и выходе, минимального расхода, допускаемого отклонения расхода

1. Проверка расхода жидкости, проходящей через вспомогательный клапан редукционного гидроклапана непрямого действия

Проверку расхода через вспомогательный клапан проводят при максимальной разности между давлением на входе и редуцируемым давлением.

2. Проверка зависимости расхода от вязкости рабочей жидкости

$$Q = f(\nu)$$

1. Перепад давления рабочей жидкости на испытываемом гидроаппарате во время испытания должен быть наибольшим.

2. Испытания необходимо проводить не менее чем при пяти значениях расхода рабочей жидкости в пределах диапазона регулирования с равным интервалом (в том числе при минимальном стабильном расходе). Вязкость рабочей жидкости меняют изменением ее температуры.

Типовая форма графика зависимости расхода от вязкости рабочей жидкости при различных величинах расхода приведена на рис. 2.

3. Проверка зависимости расхода от разности давлений на входе и выходе

де
$$Q = f(p_{\text{вх}} - p_{\text{вых}})$$

1. Испытания необходимо проводить не менее чем при пяти значениях расхода рабочей жидкости в пределах диапазона регулирования с равным интервалом (в том числе при минимальном расходе). Типовая форма графика зависимости расхода от разности давлений на входе и выходе при различных значениях расхода приведена на рис. 2.

14. Проверка минимального расхода

1. Стабильность минимального расхода проверяют измерением этого расхода при изменении перепада давления и температуры рабочей жидкости в пределах установленных диапазонов. Расход следует измерять не менее чем через 30 с после установления давления в течение не менее 60 с. Допускаемое значение отклонения расхода должно быть указано в стандартах или технических условиях на конкретные аппараты.

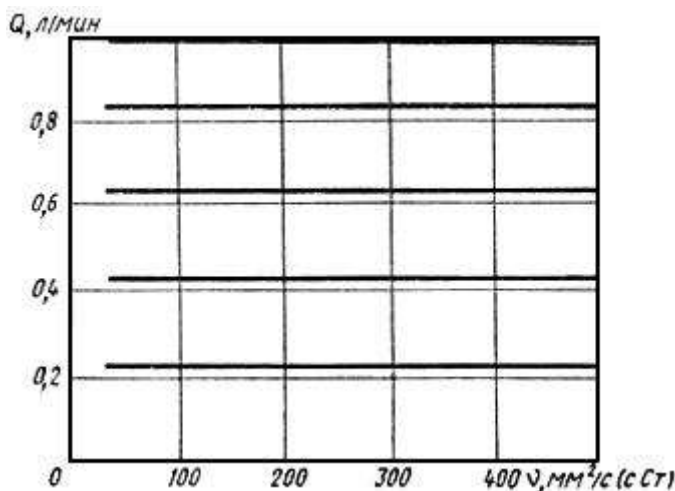


Рисунок 2 - Типовая форма диаграммы зависимости расхода от вязкости рабочей жидкости при различных значениях расхода

Рабочая жидкость _____

ГОСТ _____

Порядок выполнения работы:

1. Изучить методические указания по выполнению работы.
2. Вычертить гидросхему
3. Включить лабораторный стенд и убедиться в его работоспособности. Произвести начальную установку переключателей и кнопок на передней панели прибора.
4. Произвести исследование рабочих характеристик с универсального диагностического стенда
5. Выполнить анализ работы системы.
6. Сделать вывод

Форма предоставления результата

Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ.

Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием.

Ответы на контрольные вопросы необходимо дать письменно.

Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем по контрольным вопросам.

Практическое занятие № 10

Диагностирование гидронасоса по температуре. Диагностирование гидроцилиндров

Формируемые компетенции:

- ПК 4.1. Участвовать в планировании деятельности первичного структурного подразделения
- ПК 4.2. Участвовать в разработке и внедрении технологических процессов
- ПК 4.3. Разрабатывать и оформлять техническую и технологическую документацию
- ПК 4.4. Обеспечивать соблюдение технологической и производственной дисциплины
- ПК 4.5. Обеспечивать соблюдение техники безопасности

Цель работы: формирование умений снятия характеристик гидронасоса и гидроцилиндра по температуре и обработки результатов.

Материальное обеспечение:

- 1. Методические указания по выполнению практических занятий и лабораторных работ
- 2. Лабораторный стенд

Задание:

- произвести исследование рабочих характеристик с универсального диагностического стенда

Испытание гидравлического цилиндра Ц-90

- 1) Установить гидроцилиндр Ц-90 на специальном кронштейне и присоединить его шлангами высокого давления к распределителю Р-75, установленному на стенде КИ-4200.
- 2) Проверить давление свободному перемещению поршня в цилиндре. Для этого установить рукоятку распределителя попеременно в положения «подъем» и «опускание» и проверить по манометру стенда давление свободного перемещения поршня в цилиндре. Максимальное давление масла, необходимое для перемещения поршня без нагружения цилиндра, не должно превышать 0,5... 1,0 МПа. Продолжительность испытания - не менее пяти двойных ходов. Время выдвижения и (или) втягивания штока

гидроцилиндра не должно превышать 2,5 с. При этом утечка масла через уплотнения цилиндра не допускается.

3) Проверить герметичность наружных уплотнений цилиндра при давлении 12,5 МПа в течение не менее 30 с при выдвинутом и втянутом (крайних) положениях его штока. Просачивание масла в местах соединений и уплотнений не допускается.

4) Проверить герметичность уплотнения поршня. Перед началом проверки надо выдвинуть шток гидроцилиндра в крайнюю позицию до упора. Установить рукоятку распределителя в нейтральное положение. Отсоединить шланг передней (штоковой) полости цилиндра от штуцера распределителя и опустить его свободный конец в мерную мензурку, а штуцер распределителя следует заглушить пробкой - заглушкой. Установить рукоятку распределителя в положение «подъем», включить привод стенда, дросселем создать по манометру давление 10 МПа, и замерить утечку масла из штоковой полости в течение 3 минут.

Величина утечки масла, накопленного в мензурке в течение 3 минут не должна превышать 0,5 см³.

По результатам испытаний гидроцилиндра заполните таблицу 3, сделайте соответствующие выводы и напишите заключение о его техническом состоянии и пригодности для эксплуатации, а также способах восстановления герметичности поршня.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить методические указания по выполнению работы.
2. Вычертить гидросхему стенда
3. Ознакомиться с оснащением рабочего места.
4. Изучить устройство стенда КИ-4200
5. Произвести испытание и регулировку распределителя.
6. Произвести испытание гидроцилиндра, результаты занести в таблицу «Результаты испытаний гидроцилиндра»

Наименование показателей	Давление масла в магистрали, МПа	Величина показателей по ТУ при испытании
Время хода поршня, сек		
Герметичность наружных уплотнений цилиндра, см ³		
Герметичность уп-		

лотнения поршня, см ³		
----------------------------------	--	--

7. Оформить отчет по результатам испытания и регулировок агрегатов гидросистемы.

8. Ответить на вопросы:

1. По какому показателю определяется герметичность золотниковой пары?
2. Как производится проверка давления срабатывания предохранительного клапана?
3. Причины возникновения трещин в нижней крышке распределителя. Способы ремонта крышек.
4. По каким причинам золотник может не фиксироваться в различных положениях? Как установить эту неисправность

Практическое занятие № 11

Диагностирование гидравлических приводов по состоянию рабочей жидкости

Формируемые компетенции:

- ПК 4.1. Участвовать в планировании деятельности первичного структурного подразделения
- ПК 4.2. Участвовать в разработке и внедрении технологических процессов
- ПК.4.3. Разрабатывать и оформлять техническую и технологическую документацию
- ПК.4.4. Обеспечивать соблюдение технологической и производственной дисциплины
- ПК.4.5. Обеспечивать соблюдение техники безопасности

Цель работы: формирование умений снятия характеристик приводов по состоянию рабочей жидкости и обработки результатов.

Материальное обеспечение:

1. Методические указания по выполнению практических занятий и лабораторных работ
2. Лабораторный стенд

Задание:

- произвести диагностирование приводов по состоянию рабочей жидкости

Краткие теоретические сведения

1. Испытания должны проводиться на рабочей жидкости вязкостью 30-35 мм/с (сСт).

Если испытания аппарата проводят на рабочей жидкости, вязкость которой обеспечить в указанном интервале невозможно (вода, эмульсия), параметры проверяют при температуре этой жидкости 20-50 °С.

Если в стандартах или технических условиях параметры указаны при вязкости рабочей жидкости, отличной от установленной выше, допускается проводить испытания на рабочей жидкости с вязкостью, оговоренной в стандартах или технических условиях.

2. Комбинированные аппараты, состоящие из двух или нескольких аппаратов, выполняющих самостоятельные функции (например, регулятор расхода с предохранительным клапаном), следует испытывать по методике, установленной для каждого аппарата.

3.. Испытания аппаратов должны проводиться на стендах, оборудованных кондиционерами рабочей жидкости. Класс чистоты рабочей жидкости по [ГОСТ 17216-71](#)* при испытании должен быть указан в стандартах или технических условиях на аппарат. Вязкость и класс чистоты рабочей жидкости должны проверяться не реже чем через 750 ч работы стенда (но не реже одного раза в три месяца). Стенды должны иметь формуляр и техническое описание по ГОСТ 2.601-68.

Требования к средствам измерений - по [ГОСТ 17108-86](#).

1. Перед проведением типовых испытаний должно быть проверено соответствие деталей и сборочных единиц гидроаппаратов рабочим чертежам, а также проведен микрометрический обмер основных деталей.

2. Перед проведением испытаний должны быть определены перепады давлений на участках гидролиний гидросистемы стенда, которые должны учитываться при измерении параметров испытываемого аппарата.

3. Испытательные стенды и условия проведения испытаний должны удовлетворять требованиям безопасности по [ГОСТ 12.2.086-83](#)*.

1. Проверка функционирования

1. В зависимости от типа гидроаппарата проверяют: проход рабочей жидкости в линиях, предусмотренных схемой гидроаппарата; характер и величину перемещения рабочих элементов гидроаппарата; регулирование расхода, давления, времени и т.д.

2. Проверка функционирования должна проводиться в два этапа:

- 1 - в начале испытаний при минимальном давлении;
- 2 - после проверки наружной герметичности и прочности при минимальном и максимальном давлениях управления и номинальном давлении в основных гидрелиниях.
3. При типовых и периодических испытаниях функционирование необходимо проверять при максимальной температуре рабочей жидкости, а также при других температурах, указанных в стандартах или технических условиях на конкретные аппараты.

2. Проверка прочности

1. Проверке должны подвергаться все полости, в которых во время функционирования гидроаппарата возможно создание избыточного давления. Схема стенда для проверки прочности см. рис.1.

2. Прочность проверяют одновременным подводом рабочей жидкости к различным линиям гидроаппарата при давлении не менее 1,5 для каждой из этих линий с выдержкой не менее 3 мин. При этом потение наружных поверхностей, течь по резьбам и стыкам не допускаются.

3. Проверка наружной герметичности

1. Проверке должны подвергаться все полости, в которых во время функционирования гидроаппарата возможно создание избыточного давления.

2. Наружную герметичность проверяют давлением не менее, а также при других давлениях, указанных в технической документации, утвержденной в установленном порядке. Продолжительность проверки при предварительных, приемочных, типовых и периодических испытаниях - не менее 3 мин, при приемосдаточных - не менее 30 с.

Для гидроаппаратов, в которых имеются подвижные выходящие наружу элементы, испытания должны проводиться после выполнения не менее пяти полных циклов. При этом потение наружных поверхностей, течь по резьбам и стыкам не допускаются. Схема стенда для проверки прочности см. рис.1.

4. Проверка внутренней герметичности

1. Проверку проводят при номинальном давлении, а также при других давлениях, указанных в стандартах или технических условиях на конкретные аппараты в каждом из положений рабочего элемента гидроаппарата. Внутреннюю герметичность напорных гидроклапанов проверяют при давлении настройки, равном номинальному, при номинальном расходе и давлении на входе, указанном в стандартах или технических условиях на конкретные аппараты. Если давление на входе не указано проверку следует проводить при давлении, равном не менее 0,8.

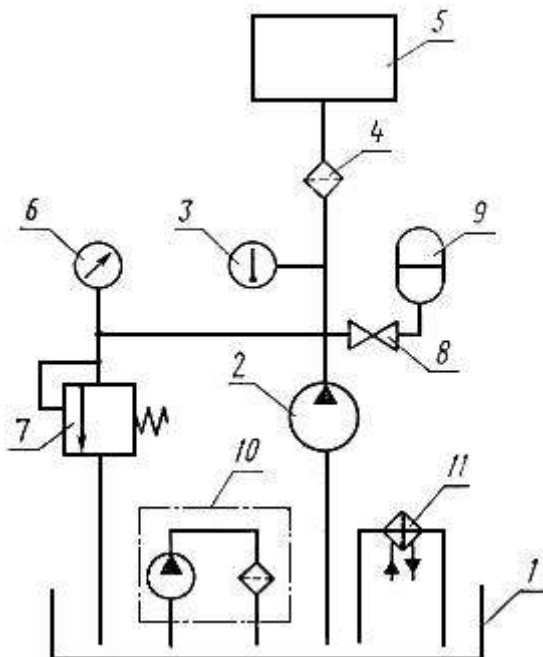
2. Утечки, за исключением случаев, предусмотренных в стандартах или технических условиях, измеряют:- для распределителей, обратных кла-

панов и гидрозамков - после пяти циклов переключения не менее чем через 60 с после окончания последнего цикла и установления заданного значения давления;

- для клапанов давления и гидроаппаратов управления расходом - не менее чем через 30 с после установления заданного значения давления.

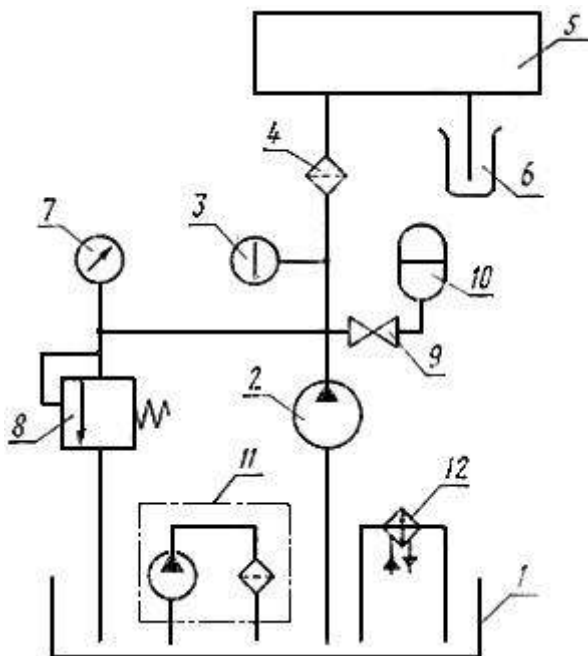
Измерения проводят в течение не менее 60 с.

Схема стенда для проверки внутренней герметичности приведена см. рис.2.



1 - гидробак; 2 - насос; 3 - термометр; 4 - фильтр; 5 - испытываемый гидроаппарат; 6 - манометр; 7 - переливной гидроклапан; 8 - вентиль; 9 - гидроаккумулятор; 10 - фильтрующая установка; 11 - теплообменный аппарат.

Рисунок 1- Схема стенда для проверки прочности и наружной герметичности



1 - гидробак; 2 - насос; 3 - термометр; 4 - фильтр; 5 - испытуемый гидроаппарат; 6 - мензурка; 7 - манометр; 8 - переливной гидроклапан; 9 - вентиль; 10 - гидроаккумулятор; 11 - фильтрующая установка; 12 - теплообменный аппарат.

Рисунок 2 - Схема стенда для проверки внутренней герметичности

Порядок выполнения работы:

1. Изучить методические указания по выполнению работы.
2. Вычертить гидросхему
3. Включить лабораторный стенд и убедиться в его работоспособности. Произвести начальную установку переключателей и кнопок на передней панели прибора.
4. Выполнить диагностирование приводов по состоянию рабочей жидкости
5. Выполнить анализ работы системы.
6. Сделать вывод

Форма предоставления результата

Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ.

Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием.

Ответы на контрольные вопросы необходимо дать письменно.

Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем по контрольным вопросам.

Практическое занятие № 12

Изучение стенда для измерения звуковой мощности источника шума

Формируемые компетенции:

- ПК 4.1. Участвовать в планировании деятельности первичного структурного подразделения
- ПК 4.2. Участвовать в разработке и внедрении технологических процессов
- ПК 4.3. Разрабатывать и оформлять техническую и технологическую документацию
- ПК 4.4. Обеспечивать соблюдение технологической и производственной дисциплины
- ПК 4.5. Обеспечивать соблюдение техники безопасности

Цель работы: Изучить аппаратуру для измерения уровня шума, провести измерение фонового уровня шума в помещении, провести измерения уровня шума при включенном электромеханическом или электронном устройствах, определить его звуковую мощность, рассчитать уровень шума в расчетной точке.

Материальное обеспечение:

1. Методические указания по выполнению практических занятий и лабораторных работ
2. Лабораторный стенд

Задание:

- Изучить принципы нормирования уровня шума в производственном помещении;
- Измерить шумовые характеристики помещения учебной лаборатории и сравнить их с требованиями санитарных норм;

- Измерить дополнительные шумы вносимые электромеханическим или электронным устройством и определить шумовую характеристику этого устройства;
- Рассчитать дополнительные шумы, вносимые в рабочую точку источниками дополнительных шумов.

Краткие теоретические сведения

Характеристика шума и методика акустического расчета

Шумом называют всякий нежелательный (мешающий) для человека звук.

Защита человека от шума является одной из актуальных проблем по ослаблению действия вредного фактора на его здоровье. Шум действует на центральную нервную систему, оказывая неблагоприятное влияние на организм человека. Центральная нервная система является информационной системой организма и требует для своего функционирования достаточно много энергии.

Если поток информации стационарен, то происходит привыкание (аккомодация) к стационарным условиям и затраты на поддержание функционирования центральной нервной системы резко снижаются. Шум не является стационарным процессом, он контрастирует с полезным звуковым информационным полем и потому происходит дополнительная перегрузка деятельности центральной нервной системы. Лишние траты энергии организма на реакцию организма на шум приводят к утомляемости, результатом чего становится увеличение числа ошибок в работе, возникновению травм, прогрессирующая потеря слуха при длительных шумовых воздействиях.

С позиций физики шум (звук) - это акустические продольные волны в диапазоне слышимых частот 20Гц ...20кГц, характеризующиеся перепадом давления Δp относительно атмосферного $p_{атм} = 101$ кПа.

Звуковое давление Δp (Па) – разность между мгновенным значением полного давления в воздухе и средним статическим давлением, которое наблюдается в среде при отсутствии звукового поля (атмосферным - в обычных условиях). В фазе сжатия звуковое давление положительно, а в фазе разрежения – отрицательно. Измерительный датчик звукового давления в шумомере – микрофон.

При распространении звуковой волны происходит перенос энергии. Поток звуковой энергии E (Дж) в единицу времени t (с), отнесенный к поверхности S (m^2), нормальной к направлению распространения волны, называется *интенсивностью звука* I ($Вт/m^2$). Для звуковой волны, распространяющейся в виде плоского фронта, имеем следующие соотношения:

$$I = E/tS = \Delta p^2 / \rho c, \quad (1)$$

где ρ - плотность среды, кг/м^3 .
 c - скорость звука в среде, м/с .

Для воздуха при температуре 20°C : $\rho = 1,20 \text{ кг/м}^3$, $c = 344 \text{ м/с}$;

ρc - удельное сопротивление среды, для воздуха при нормальных атмосферных условиях $\rho c = 410 \text{ Па}\cdot\text{с} / \text{м}$.

С физиологической стороны шум (звук) представляет собой ощущение продольных деформаций упругой среды (сжатия и разряжения среды) в виде звуковых образов. Зависимость звукового ощущения Λ от интенсивности звука I сформулирована Фехнером:

$$\Lambda = C \lg(I/I_0),$$

здесь I_0 - порог слышимости, определяемый минимальным значением интенсивности звука, при которой она ощущается звуком, C - некоторая постоянная.

Источник шума характеризуется мощностью W (Вт), т.е. количеством звуковой энергии, излучаемой источником шума в окружающее пространство за единицу времени (Дж/с). Звуковая мощность источника шума W (Вт) связана с интенсивностью шума I (Вт/м^2) следующим соотношением:

$$W = \int I(S) dS$$

где S - поверхность, через которую проходит поток звуковой энергии.

Если источник шума принять за точечный, что допустимо при расстояниях R от источника много больших геометрических размеров самого источника, то при его расположении на полу (т.е. при излучении в полусферу) звуковая мощность равна:

$$W = I_{\text{ср}} S = I_{\text{ср}} 2\pi R^2, \quad (2)$$

где $I_{\text{ср}}$ - интенсивность звука, усредненная по измерениям звукового давления по нескольким точкам на измерительной поверхности S в виде полусферы радиусом R .

Как физиологическое явление звук ощущается органами слуха в диапазоне частот $20\text{Гц} \dots 20\text{кГц}$. Вне этих пределов находятся неслышимые человеком инфра - и ультразвуки.

При нормировании шума используют октавные полосы частот. Полоса частот, в которой верхняя граничная частота $f_{\text{верх}}$ в два раза больше нижней $f_{\text{нижн}}$, называется *октавной*. *Среднегеометрическая частота* $f_{\text{ср}}$ октавной полосы выражается соотношением $f_{\text{ср}} = \sqrt{f_{\text{нижн}} f_{\text{верх}}}$. Изме-

рения, акустические расчеты, нормирование производятся в полосах со среднегеометрическими частотами 31, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Степень восприятия зависит от амплитуды звукового колебания. Так на частоте 1000 Гц ощущение звука начинается с перепадов давления с амплитудой $\Delta p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па. Величину Δp_0 называют порогом слышимости. Тогда интенсивность звука (1), соответствующая порогу слышимости, равна $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м².

Для объективной оценки характеристики шума были введены логарифмические величины :*уровень интенсивности* L_I , *уровень звукового давления* L_p , что соответствует закону Фехнера,

$$L_I = 10 \cdot \lg(I_{cp}/I_0), \quad I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2 \quad (3a)$$

$$L_p = 10 \cdot \lg(\Delta p/\Delta p_0)^2, \quad \Delta p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \quad (3b)$$

Для характеристики звуковой мощности источника шума используется уровень мощности шума L_W

$$L_W = 10 \cdot \lg(W/W_0), \quad W_0 = 10^{-12} \text{ Вт} \quad (3c)$$

При нормальных атмосферных условиях $L_I = L_p = L$. Поэтому для краткости используют термин *уровень шума* L , опуская индексы I , p . Уровень шума характеризует степень ощущения или степень информационного воздействия энергии шума на человека.

Приборы, измеряющие уровень шума, основаны на измерении звукового давления Δp в определенной точке. Чувствительным элементом, реагирующим на изменение давления Δp , является микрофон. Измеряемое звуковое давление зависит от мощности источника шума и от расстояния от этого источника.

Уровень мощности шума источника L_W характеризует мощностные шумовые свойства источника и является величиной, независимой от расстояния, так как W и W_0 постоянные величины.

Характеристиками источника шума, которые указываются в технической документации на изделие, являются:



Рис.1

шума L_{cp} на поверхности S , в качестве которой обычно применяют площадь полусферы радиусом R (рис.1)

$$L_W = L_{cp} + 10 \cdot \lg(S/S_0) = L_{cp} + 10 \cdot \lg(2\pi R^2), \quad (4)$$

где L_{cp} - средний уровень измеренного звукового давления по ряду точек на измерительной поверхности S (m^2), $S_0 = 1 m^2$.

При проектировании и эксплуатации промышленных помещений рассчитывают ожидаемые уровни шума L_p , которые будут на рабочих местах (в расчетных точках) с тем, чтобы сравнить их с нормами допустимого уровня шума и в случае необходимости принять меры к тому, чтобы этот шум не превышал допустимого. Акустический расчет проводится в каждой из восьми октавных полос с точностью до десятых долей децибел. Результат округляется до целого числа.

Для помещений с источником шума расчет включает:

- а) выявление n -ого количества источников шума и значений L_{Wi} их шумовой мощности в октавных полосах частот;
- б) выбор расчетных точек и определение расстояний r_i от i -того источника шума до расчетной точки (рабочего места);
- в) вычисление или определение по справочным данным постоянной B анализируемого помещения для каждой октавной полосы.
- г) расчет уровня шума L_p в расчетной точке.

Звуковые волны от источника шума в помещениях многократно отражаются от стен, потолка и различных предметов. Отражения обычно увеличивают шум по сравнению с шумом того же источника на открытом воздухе. Интенсивность шума I в расчетной точке помещения складывается из интенсивности прямой звуковой волны от источника $I_{пр}$ и интенсивности отраженного звука $I_{отр}$:

$$I = I_{пр} + I_{отр} = \frac{W}{2\pi \cdot r^2} + \frac{4W}{B},$$

1. Уровни мощности шума L_W в октавных полосах частот.

2. Характеристики направленности излучения источника шума.

В основе расчетной формулы для определения L_W лежит выражение (2) Для точечного источника шума значение L_W определяют по результатам нескольких измерений уровня

где В - постоянная помещения (см. Прилож. 2).

Для помещения, в котором установлено несколько источников (n) шума с одинаковой звуковой мощностью W, интенсивность в расчетной точке равна:

$$I = \sum_{i=1}^n \frac{W}{2\pi \cdot r_i^2} + \frac{4nW}{B} = W \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{2\pi \cdot r_i^2} + \frac{4n}{B} \right) \quad (5)$$

где r_i - расстояние от акустического центра i -того источника шума до расчетной точки. Акустический центр источника шума определяется координатами проекции геометрического центра источника на горизонтальную плоскость.

Значение уровня шума L в расчетной точке получим, разделив выражение (5) на $I_0 = W_0 S_0$ ($S_0 = 1 \text{ м}^2$) и логарифмируя:

$$L = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0} = L_W + 10 \cdot \lg \left(\sum_{i=1}^n \frac{S_0}{2\pi \cdot r_i^2} + \frac{4nS_0}{B} \right), \quad (6)$$

При наличии акустических волн от n некоррелированных источников шума, которые создают в расчетной точке среднеквадратическое давление Δp равное сумме парциальных давлений Δp_i ($i = 1, 2, \dots, n$)

$$\Delta p^2 = \sum_{i=1}^n \Delta p_i^2$$

Уровень звукового давления для нескольких источников равен:

$$L_p = 10 \lg (\Delta p / \Delta p_0)^2 = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n \frac{\Delta p_i^2}{\Delta p_0^2} \right) = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_{pi}} \right)$$

где L_{pi} уровень звукового давления от i -того источника в расчетной точке.

Пример: Рассчитать уровень шума L_p в расчетной точке, который создается шумовым фоном $L_\phi = 50$ дБ и шумом от источника $L = 57,2$ дБ.

$$L_p = 10 \lg (10^{0,1 L_\phi} + 10^{0,1 L}) = 10 \lg (10^{0,1 \cdot 50} + 10^{0,1 \cdot 57,2}) = 58 \text{ дБ}. \quad (7)$$

Указания по технике безопасности

1. Не включать стенд без проверки преподавателем.
2. При обнаружении неисправности в работе источника шума или шумомера прекратить работу и сообщить об этом преподавателю.

Описание лабораторной установки и приборов

На лабораторном стенде установлен источник шума (электродвигатель, принтер, электровентилятор или другой тип источника). На расстоянии 1,1 м от источника шума находится микрофон, укрепленный на металлической штанге. Вращением штанги изменяют положение микрофона по одной из траекторий сферы вокруг источника шума.

Измеритель уровня шума ИШВ-1 в лабораторной работе предназначен для измерения действующих значений уровня звукового давления в октавных полосах частот. Инструкция для работы с шумомером находится при стенде.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить методические указания по выполнению работы.
2. Ознакомиться с инструкцией по использованию шумомера.

Включить шумомер и убедиться в его работоспособности. Произвести начальную установку переключателей и кнопок на передней панели прибора:

✓ Для сглаживания шумовых всплесков в лаборатории, рекомендуется установить переключатель **Род работы** в положение **S**.

✓ Переключатель **ФЛТ, Hz** установить в положении **ОКТ**.

✓ Все кнопки в нижнем ряду должны быть отжаты.

✓ При нажатой кнопке выбора частотного диапазона включаются фильтры среднегеометрических частот в «Гц», при отжатой кнопке – в кГц.

3. Измерить уровень шума (шумовой фон) L_{ϕ} в октавных полосах частот при отключенном источнике шума в лабораторной работе. Пользуясь инструкцией по использованию шумомера произвести измерение уровня шумового фона L_{ϕ} для октавных полос при вертикальном положении штанги с микрофоном. Результаты занести в табл. 1.

4. Включить источник шума и измерить уровни шума L_{pi} ($j = 1, 2, \dots$) при различных (не менее трех) положениях микрофона относительно источника шума. Результаты занести в табл. 1. Вычислить средний уровень шума L_{cp} для октавных полос.

5. По значениям L_{cp} и L_{ϕ} вычислить уровень шума $L_p = L_{cp} - L_{\phi}$, создаваемого источником в каждой октавной полосе частот по формуле (7). Результаты занести в табл. 1.

6. Для каждой октавной полосы рассчитать уровень мощности шума источника L_w по формуле (4). Результаты занести в табл. 1.

Таблица 1

Измеренные и расчетные параметры	Среднегеометрические частоты октавных частотных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_{Φ} , дБ								
L_{p1} , дБ								
L_{p2} , дБ								
L_{p3} , дБ								
L_{cp} , дБ								
$L_p = L_{cp} - L_{\Phi}$, дБ								
L_W , дБ								

4. Вычислить уровень шума L от n источников шума (с характеристиками аналогичными источнику шума на стенде лабораторной работы) в расчетной точке (на рабочем месте), находящейся на расстояниях r_i . При расчетах воспользоваться выражением (6) и данными о характеристике помещения лаборатории в таблице ПРИЛОЖЕНИЯ 2. Данные о количестве источников n и расстояниях r_i взять из табл.3 согласно номеру бригады исполнителей лабораторной работы. Результаты расчета занести в табл.2.

5. Учесть уровень фона L_{Φ} из табл.1 и по формуле (7) рассчитать реальный уровень звукового давления L_p в расчетной точке. Результаты расчета занести в табл.2.

6. Из таблицы ПРИЛОЖЕНИЯ 1 взять допустимые значения шума на рабочем месте $L_{доп}$, соответствующие помещению учебной лаборатории, занести их в табл.2.

7. По оси абсцисс нанести значения частоты и по оси ординат - значения шума в дБ – построить графики $L_p(f)$ и $L_{доп}(f)$. Для этого рассчитать границы октавных частотных полос и нанести их равномерно на ось частот f . В каждой октавной полосе обозначить в виде горизонтальной полосы соответствующее значение L_p или $L_{доп}$.

8. Сравнить полученные расчетным путем уровни шума с допустимым уровнем шумов по ГОСТ 12.1.003.83. Сделать выводы.

Таблица 2

Расчетные параметры	Среднегеометрические частоты октавных частотных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_W , дБ								
B , м ²								
L , дБ								

$L_{\text{ф}}, \text{дБ}$								
$L_{\text{р}}, \text{дБ}$								
$L_{\text{доп}}, \text{дБ}$								
$L_{\text{р}} - L_{\text{доп}}, \text{дБ}$								

Таблица 3

Задание для выполнения акустического расчета (n – количество источников шума в помещении объемом $V = 288 \text{ м}^3$, r_i – расстояния от источника шума до расчетной точки.)

N бригады	n	$r_1, \text{м}$	$r_2, \text{м}$	$r_3, \text{м}$	$r_4, \text{м}$	Хар-ка. Помеще- ния. (табл. 5)
1	4	3,0	5,0	7,0	9,0	1
2	4	3,2	3,2	5,5	5,5	2
3	4	3,1	3,1	7,8	7,8	3
4	3	3,0	5,5	6,5	-	4
5	3	3,5	4,8	4,8	-	5
6	3	4,0	6,4	8,0	-	6
7	2	4,0	8,0	-	-	7

Форма предоставления результата

Отчет должен содержать:

1. Результаты измерения спектров шума (табл. 1).
2. Вычисления среднего уровня звукового давления в каждой октавной полосе по результатам измерений шума в 3-х точках (табл. 1).
3. Сравнение полученных средних уровней звукового давления с уровнем шумового фона в каждой октавной полосе. Для дальнейшего расчета уровня звуковой мощности выделить средние уровни звукового давления шума электровентиллятора, превышающие уровни звукового давления шумового фона на 3 дБ.

4. Вычисления уровней звуковой мощности в каждой октавной полосе для выделенных уровней (см. п 3). Эти данные занести в табл.1.
5. Графическую зависимость уровня звуковой мощности от среднегеометрической частоты октавных полос.
6. Результаты акустического расчета и соответствующие графики.